

UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
FACULTAD DE MEDICINA
COMISIÓN DE ESTUDIOS DE POSTGRADO
CURSO DE ESPECIALIZACIÓN EN CIRUGÍA GENERAL
HOSPITAL UNIVERSITARIO DE CARACAS

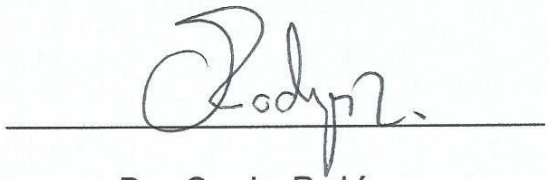
SISTEMA DE ENTRENAMIENTO LAPAROSCÓPICO BASADO EN LA ILUMINACIÓN AL CONTACTO (SELBIC). DESCRIPCIÓN Y VALIDACIÓN

Trabajo Especial de Grado que se presenta para optar al título de Especialista en Cirugía General

José Gerardo Rosciano Paganelli

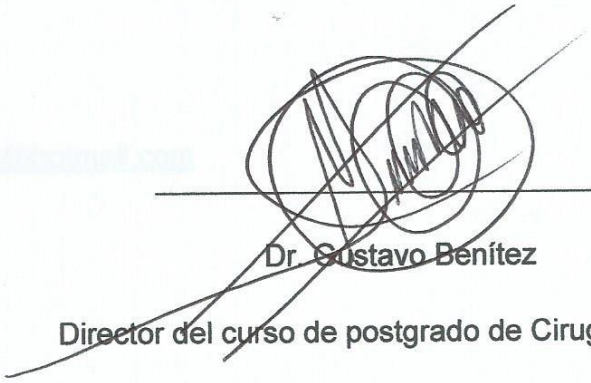
Tutor: Omaira Rodríguez

Caracas, Noviembre 2016



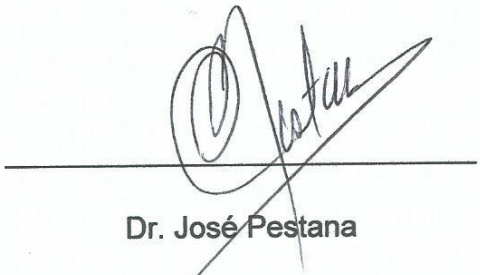
Dra. Omaira Rodríguez

Tutor



Dr. Gustavo Benítez

Director del curso de postgrado de Cirugía General



Dr. José Pestana

Coordinador del curso de postgrado de Cirugía General



Dr. Alexis Sánchez

Asesor

ÍNDICE DE CONTENIDO

RESUMEN	4
INTRODUCCIÓN	6
MÉTODOS	18
RESULTADOS	22
DISCUSIÓN	24
REFERENCIAS	30
ANEXOS	35

SISTEMA DE ENTRENAMIENTO LAPAROSCÓPICO BASADO EN LA ILUMINACIÓN AL CONTACTO (SELBIC). DESCRIPCION Y VALIDACION

José Gerardo Rosciano Paganelli, C.I.: 19.087.513. Sexo: Masculino, E-mail: crosciano@hotmail.com. Telf.: 0412-2717560. Dirección: Ciudad Universitaria, Hospital Universitario de Caracas, Piso 5, Servicio de Cirugía III, Cátedra de Clínica y Terapeútica Quirúrgica "C", Los Chaguaramos, Caracas Venezuela. Curso de Especialización en Cirugía General

Tutor: **Omaira Rodríguez**, C.I.: 13.668.709. Sexo: Femenino, E-mail: r_omaira@hotmail.com. Telf.: 0414-7934646. Dirección: Ciudad Universitaria, Hospital Universitario de Caracas, Piso 5, Servicio de Cirugía III, Cátedra de Clínica y Terapeútica Quirúrgica "C", Los Chaguaramos, Caracas Venezuela. Especialista en Cirugía General

RESUMEN

La cirugía laparoscópica representa un reto para el cirujano quien se ve en la necesidad de superar dificultades como: visión en dos dimensiones, rangos de movimientos disminuidos, sensación táctil disminuida y el efecto *"fulcrum".* La fase de entrenamiento debe realizarse fuera del área quirúrgica; esto se ha logrado creando programas de adiestramiento en "caja negra", modelos animales y simuladores virtuales. Los modelos inanimados en "caja negra" han sido de gran utilidad ya que son de fácil acceso y bajo costo. **Objetivo:** presentar y validar un sistema de entrenamiento laparoscópico basado en los principios de circuitos eléctricos, diseñado con el fin de adquirir habilidades básicas y superar las dificultades propias del abordaje, por medio de tres ejercicios distintos. El sistema aporta además elementos de autoevaluación que permiten establecer metas e incrementan la motivación del cirujano. **Metodología:** Se utilizó la validación constructiva para determinar la eficacia del sistema de entrenamiento, evaluándose un total de dieciséis individuos, que se encontraban divididos en dos grupos, uno de cirujanos expertos y otro de novatos. Se comparó tiempo, número de errores y caídas del objeto. **Resultados:** el grupo de cirujanos expertos realizó los tres ejercicios en

menor tiempo, con menor cantidad de errores y con menor número de caídas de objetos en comparación al grupo de novatos, evidenciándose diferencias estadísticamente significativas entre ambos grupos. **Conclusión:** El modelo descrito demostró ser capaz de diferenciar entre individuos con diferente nivel de experiencia, lo cual lo valida como una herramienta útil en el entrenamiento de cirujanos en formación.

Palabras claves: Cirugía laparoscópica, entrenamiento laparoscópico, SELBIC

ABSTRACT

LAPAROSCOPIC TRAINING SYSTEM BASED ON LIGHT TOUCH (SELBIC). DESCRIPTION AND VALIDATION

The laparoscopic surgery represent a challenge for the surgeon, who is in the need to overcome difficulties as: two-dimensional vision, decreased range of motion, tactile sensation diminished and "fulcrum" effect. The training phase must be performed outside the surgical area; this has been achieved by creating training programs in "black box", animal models and virtual simulators. Inanimate models in "black box" has been very useful since they are easily accessible and low cost. **Objective:** present and validate a laparoscopic training system based on the principles of electrical circuits, designed to acquire basic skills and overcome the difficulties of the approach, through three different exercises. The system also provides self-assessment elements that establish goals and increase the motivation of the surgeon. **Methodology:** constructive validation is used to determine the effectiveness of the training system, evaluating a total of sixteen individuals, who were divided in two groups, expert and novice surgeons. It was compared time, number of errors and falling object. **Results:** The group of expert surgeons performed the three exercises in less time, with fewer errors and fewer falling objects compared to the rookie group, showing statistically significant differences between groups. **Conclusion:** The training model described proved to be able to differentiate between individuals with different levels of experience, which validates it as a useful tool in training novice surgeons.

Keywords: Laparoscopic surgery, laparoscopic training, SELBIC

INTRODUCCIÓN

La cirugía mínimamente invasiva ha sido un gran avance en la cirugía general, esta se ha ganado un papel protagónico dentro del gremio de los cirujanos en los últimos años, imponiéndose como el abordaje de elección para la mayoría de los procedimientos de cirugía intrabadominal.

Si bien es cierto que la cirugía laparoscópica aporta grandes ventajas al paciente, el cirujano se ve en la necesidad de adquirir habilidades particulares, para de esta manera lograr superar ciertas dificultades como son: 1. Visión en dos dimensiones, que conlleva una pérdida de la percepción de la profundidad, 2. Disminución en el rango de movimientos y grados de libertad de los instrumentos cuando se compara con los realizados libremente por codos y muñecas en la cirugía abierta, 3. Disminución de la sensación táctil y 4. La disparidad entre la retroalimentación visual y propioceptiva, que se produce debido a que los movimientos de la mano en una dirección llevan a un resultado contrario en el extremo opuesto del instrumento, conocido como efecto *fulcrum* [1,2].

A medida que ha ido evolucionando la laparoscopia con el pasar de los años, de la misma manera ha ido evolucionando la metodología de entrenamiento. El aprendizaje debe ser escalonado, la enseñanza de la cirugía laparoscópica en el quirófano como tradicionalmente se venía haciendo conduce a prolongación de los tiempos operatorios trayendo como consecuencia el aumento de los costos hospitalarios, sin mencionar las implicaciones éticas y médico legales [3].

Se ha demostrado que en condiciones ideales el entrenamiento debe realizarse fuera de la sala de operaciones; por tal motivo se han ideado programas en caja negra, adiestramiento en modelos animales, modelos inanimados y recientemente con simuladores virtuales, lo cual ha demostrado contribuir con la adquisición de habilidades y destrezas para realizar abordajes laparoscópicos y avanzar en la curva de aprendizaje, permitiendo de esta manera adquirir el conocimiento en un ambiente seguro y así disminuir la morbimortalidad al momento de realizar procedimientos quirúrgicos [4].

El desarrollo de modelos de entrenamiento en “caja negra” de bajo costo y alta disponibilidad es una necesidad en nuestro medio para lograr el entrenamiento adecuado de los cirujanos. Por tal motivo se presenta a continuación un modelo novedoso, de bajo costo, reproducible, que brinda al cirujano novato retroalimentación continua y deseos de superación.

Planteamiento y delimitación del problema

El cirujano en formación tiene a su disposición diversos métodos de entrenamiento como son los modelos animales, estos resultan ideales para la enseñanza de la cirugía, en vista que se trabaja con tejido vivo, y simulan el procedimiento quirúrgico completo, a pesar de sus numerosas e indiscutibles ventajas, se presentan diferentes dificultades, como es el hecho de requerir ambientes especializados para el mantenimiento de los animales, los altos costos que esto representa y el componente ético que juega un papel fundamental en estas situaciones [5]. Por tal motivo y gracias a los avances tecnológicos surge la simulación virtual, la cual ha venido creciendo en los últimos años brindándole al cirujano numerosos aportes, pero de igual manera estos altos niveles tecnológicos se traducen en altos costos [6, 7]. Por lo tanto es indispensable adecuarse a nuestra realidad, donde se requiere el desarrollo de modelos de bajo costo, los cuales puedan estar disponibles para cualquier cirujano. Un elemento que lo convertiría en el modelo de entrenamiento ideal sería el hecho de brindarle al cirujano en formación retroalimentación continua y objetiva, lo cual ayudaría a su deseo de superación personal [8].

En este trabajo presentamos el Sistema de Entrenamiento Laparoscópico Basado en la Iluminación al Contacto (SELBIC). El cual consiste en un circuito eléctrico que en uno de sus extremos se encuentra conectado a un modelo de entrenamiento y este a su vez a un bombillo, el otro extremo se encuentra conectado a las pinzas de laparoscopia; basándonos en los principios de conductividad de energía eléctrica a través de las pinzas de laparoscopia, al estas hacer contacto con

el modelo se cierra el circuito y se enciende el bombillo, representando esto un error para el aprendiz, de esta manera se le brinda al cirujano una evaluación y retroalimentación continua, lo cual permite crearse metas que generan deseos de superación a medida que va practicando.

Para determinar si un modelo de entrenamiento es útil y puede ser utilizado para entrenamiento es indispensable la validación del mismo. Existen diferentes modelos de validación siendo la validación de construcción uno de los modelos más relevantes, ya que brinda la capacidad de establecer diferencias entre distintos niveles de competencia [9], es decir este tiene la capacidad de diferenciar entre novatos y expertos, brindándole al instructor datos fuertes que hablen del desarrollo y adquisición de habilidades del individuo con el pasar de las prácticas, y de tal manera determinar cuándo es el momento óptimo para que el cirujano en formación comience a realizar cirugías en pacientes.

Justificación e importancia

El entrenamiento en cirugía laparoscópica es el pilar fundamental de este abordaje, la importancia de este trabajo de investigación es la validación de un sistema de entrenamiento laparoscópico novedoso, de bajo costo y que brinda un sistema de autoevaluación y retroalimentación continuo, permitiéndole a cirujanos en formación aprovechar la oportunidad de adquirir habilidades y superar las dificultades del abordaje laparoscópico en un ambiente seguro, para de esta manera poderle brindar a sus pacientes las mejores opciones quirúrgicas de mínima invasión.

El modelo más aceptado para la adquisición de habilidades es el de Fitts y Posner donde se describen tres fases en la adquisición de habilidades psicomotoras. La primera fase es la cognitiva, en la cual el cirujano realiza la tarea lentamente paso a paso y de forma errática, con la finalidad de entender la mecánica de los movimientos; con la práctica entra en la segunda fase, de integración, en la cual el cirujano todavía piensa como debe realizar los movimientos pero los realiza de manera más fluida con pocas interrupciones; y por último la fase de automatismo,

donde ya no es necesario pensar en la mecánica, simplemente se hace, lo cual le permite al cirujano enfocarse en otros aspectos del procedimiento. Basándonos en este modelo no cabe duda que las primeras dos fases deberían superarse en un centro de entrenamiento y no en el quirófano [10]. (Tabla 1).

Estudios han demostrado que cuando el cirujano trata de terminar la tarea en menor tiempo, lleva a cabo un mayor número de movimientos por minuto o incluso movimientos bruscos, por lo cual se hace necesario el estudio de otras variables. El uso de escalas de evaluación que incorporan múltiples parámetros en relación con el dominio del método y penalidades por errores cometidos durante el procedimiento pudiera contribuir a una evaluación más fidedigna del desempeño del cirujano [11-12].

Diversos estudios han demostrado que posterior a la práctica en modelos de entrenamiento, y el dominio de algunos pasos *ex-vivo*, el cirujano adquiere las destrezas y habilidades que le permiten tener mejor desempeño en el quirófano, esto es conocido como "transferencia de entrenamiento", disminuyendo la curva de aprendizaje y por ende el tiempo quirúrgico y el porcentaje de complicaciones, traduciendo esto en disminución de los costos para el centro de salud y para el paciente [13-17].

El sistema de entrenamiento que se presenta en este trabajo es de bajo costo reproducible y de fácil acceso, teniendo como principal beneficio e innovación permitir la continua evaluación y retroalimentación con cada práctica, lo cual hace que el individuo se trace metas, fomentando un deseo de superación personal y permitiendo de esta manera estimular la sana competencia entre los cirujanos en formación. El SELBIC se encuentra enfocado para cualquier individuo con deseos de aprender los principios básicos de la cirugía laparoscópica.

Antecedentes

En la literatura se encuentran publicados múltiples sistemas de entrenamiento en laparoscopia, donde se hace referencia a modelos en "caja negra", modelos

animales, modelos inanimados y modelos de entrenamiento de realidad virtual, se demuestra de esta manera el beneficio hacia el cirujano en formación en cuanto a la adquisición de habilidades en laparoscopia y la factibilidad de superar las dificultades que este tipo de cirugía representa.

A lo largo de los años se ha intentado buscar el modelo de entrenamiento ideal en laparoscopia, el cual debe de permitirle al cirujano adquirir las habilidades básicas, generar retroalimentación objetiva y confiable que permita predecir el desempeño quirúrgico; sin pasar por alto que sea accesible para cualquier persona y de bajo costo [18].

Se han descrito modelos de entrenamientos en animales, los cuales brindan numerosas ventajas al cirujano, como es la manipulación de los tejidos y realización de procedimientos quirúrgicos en su totalidad. Este tipo de modelo tiene ciertas limitantes como son la baja disponibilidad, el alto costo y necesidad de ambiente y personal especializado [19]. Sin embargo, en aras de disminuir costos y en pro de conservar parte de los beneficios de los modelos animales se han diseñado modelos *ex – vivo*, en los cuales solo se trabaja con el órgano de interés [20-22]. Como es el caso de la realización de colecistectomía monoportal en modelos ex vivos publicado en nuestro servicio por Sosa, et al [23].

De igual manera se han descrito modelos en cadáveres para el entrenamiento de diversos procedimientos por abordaje laparoscópico. Estos aportan obvias ventajas dadas por la anatomía, en la cual se puede realizar casi cualquier procedimiento por abordaje laparoscópico. Sin embargo, esto representa un alto costo, baja disponibilidad y difícil acceso para lograr realizar el entrenamiento y lograr la curva de aprendizaje [24-25].

Gracias a los avances en la tecnología saltan a la luz los simuladores de realidad virtual, los cuales han evolucionado con el pasar de los años. Permitiéndole al cirujano realizar tareas básicas y simular situaciones y eventos similares a una cirugía en vivo, brindando la oportunidad de evaluar el desempeño y evolución a medida que realiza cada una de las prácticas. La principal limitante que representa

este sistema de entrenamiento es el alto costo de los mismos, y por ende tienden a ser inaccesibles en nuestros centros [26, 27].

Por tal motivo los modelos inanimados de entrenamiento laparoscópico en "caja negra" siguen siendo el caballo de batalla para la adquisición de destrezas en cirugía laparoscópica en diferentes centros especializados en la enseñanza de cirugía general. Ya que estos son modelos de bajo costo, que pueden ser manufacturados artesanalmente y por ende se encuentran a la disponibilidad de cualquier individuo, permitiéndole al cirujano la adquisición de destrezas básicas en este tipo de abordaje sin dejar de brindar la retroalimentación háptica [28].

En nuestro servicio, hemos descrito y validado previamente el uso de modelos que pueden ser utilizados en "caja negra" para cirugías como apendicetomía laparoscópica convencional y monoportal [29, 30], y procedimientos complejos como la exploración de la vía biliar principal tanto para cirugía laparoscópica convencional como asistida por el sistema DaVinci [31, 32].

Marco teórico

La cirugía laparoscópica tiene su origen en Dresde, Alemania, en el año de 1901, cuando George Kelling introduce un citoscopio a través de la pared abdominal de un canino para evaluar los efectos del neumoperitoneo [33]. En el mismo año Von Ott, ginecólogo Ruso de San Petersburgo, describió la "*ventroscopia*" con la que visualizaba el interior de la cavidad abdominal a través de una cánula iluminada por un fotóforo frontal. El término laparoscopia fue empleado por primera vez por el cirujano sueco Hans Christian Jacobaeus, quien inició sus experimentos con modelos animales introduciendo un citoscopio en la cavidad abdominal sin emplear neumeperitoneo; en 1910 reportó su experiencia con 17 laparoscopias y 2 toracoscopias en humanos utilizando la insuflación de gas en la cavidad abdominal y torácica respectivamente [34]. Pero no fue sino hasta el año de 1936 cuando se realiza la primera esterilización tubárica en Suiza; ya para el año de 1981 se realiza la primera apendicectomía laparoscópica en manos del ucraniano Kurst Semm [35],

quien diseñó un gran número de instrumentos de corte, coagulación, ligadura y sutura para poder llevar a cabo estas cirugías; y en 1985 se realiza la primera colecistectomía laparoscópica en manos de Mühe [36-38]. No es sino hasta 1989 cuando comienza a cobrar fuerza y credibilidad dentro de la cirugía, posterior a la publicación de un trabajo por parte de los doctores Reddick y Olsen [39], donde muestran excelentes resultados obtenidos en 25 colecistectomías laparoscópicas en humanos, despertando el interés de los cirujanos generales en este abordaje quirúrgico.

Desde su creación hasta la actualidad la laparoscopia ha ido evolucionando con el pasar de los años, añadiéndose nuevo instrumental quirúrgico e intentando estar siempre a la vanguardia de la tecnología, facilitando de esta manera el trabajo del cirujano, brindándole mayor confort y comodidad, para así disminuir los riesgos operatorios para el paciente.

La cirugía mínimamente invasiva a nivel abdominal ha sido un gran avance en la cirugía general, la cual ha cobrado auge dentro del gremio de los cirujanos en los últimos años; sin embargo, se han presentado numerosos obstáculos en relación a cuál es el entrenamiento adecuado, pero siempre con el objetivo de realizar los procedimientos de manera segura y exitosa.

Cabe destacar que es fundamental que el equipo quirúrgico posea un adecuado adiestramiento para poder obtener un óptimo resultado operatorio, con bajos índices de morbimortalidad [3].

La educación se define ampliamente como el proceso o arte de impartir conocimiento, habilidad y juicio. En una primera instancia la enseñanza de la práctica quirúrgica se realizaba en la sala de operaciones, como lo propuso William Halsted, bajo la supervisión de un cirujano con experiencia, siguiendo la premisa de “mira uno, haz uno y enseña uno”; sin embargo se ha demostrado que en condiciones ideales el entrenamiento debe realizarse fuera de la sala de operaciones; por tal motivo se han ideado programas de entrenamiento en cajas negra, adiestramiento en modelos animales e inanimados y recientemente con simuladores virtuales, lo cual

ha demostrado contribuir con la adquisición de habilidades y destrezas para realizar procedimientos laparoscópicos y permitir avanzar en la curva de aprendizaje [4].

El entrenamiento para cirugía laparoscópica debe ser realizado fuera del área quirúrgica, al igual como los astronautas, aviadores y personal de plantas nucleares deben ser entrenados en ambientes seguros, fuera de su sitio laboral y con la ayuda de simuladores que generen diversas situaciones similares a las que pueden llegar a presentarse al momento de llevar a cabo su actividad, brindándole al individuo la capacidad de adquirir habilidades y solucionar problemas en su ambiente de trabajo [3, 40-42].

A lo largo de los años se ha intentado buscar el modelo de entrenamiento ideal en laparoscopia, el cual debe de permitirle al cirujano adquirir las habilidades básicas en laparoscopia, generar retroalimentación objetiva y confiable que permita predecir el desempeño quirúrgico; sin pasar por alto que sea accesible para cualquier persona y de bajo costo [18].

Se han descrito modelos de entrenamientos en animales, los cuales les brinda numerosas ventajas al cirujano, como es la manipulación de los tejidos que trae beneficios en la háptica, realización de procedimientos quirúrgicos en su totalidad, permitiéndole al cirujano la toma de decisiones y resolución de inconvenientes en momentos de estrés, como un vaso sangrante el cual se deba controlar. De acuerdo al tipo de procedimiento que se vaya a realizar se utiliza un modelo animal distinto intentando brindar la mayor similitud a la anatomía humana, como la colecistectomía en modelos porcinos, apendicetomía en conejos, cirugías del hiato esofágico en modelos de ratas, resecciones hepáticas en modelos con ovejas, entre otros. Este tipo de modelo tiene ciertas limitantes como son la baja disponibilidad, el alto costo y necesidad de ambiente y personal especializado [5, 19, 43, 44].

El uso de modelos de entrenamiento inertes con el fin de disminuir la curva de aprendizaje e incluso con fines de evaluación y certificación de habilidades, ya ha sido ampliamente descrito y estudiado por varios centros mundiales, incluso se han adoptado como métodos de certificación, como es el caso de la integración del

MISTELS (*MgGill inanimate system for training and evaluation of laparoscopic skills*) al curso y evaluación "*Fundamental of Laparoscopy"* (FLS) de la Sociedad Americana de Cirugía Gastrointestinal Endoscópica (SAGES), el cual fue recientemente adicionado como un requisito por el *American Board of Surgery* (ABS) para el reconocimiento de cirujanos [45, 46].

Dentro de los modelos inanimados y gracias a los avances en la tecnología saltan a la luz los simuladores de realidad virtual, los cuales han evolucionado con el pasar de los años. Permitiéndole al cirujano realizar tareas básicas y simular situaciones y eventos similares a una cirugía en vivo, brindando la oportunidad de evaluar el desempeño y evolución a medida que realiza cada una de las prácticas. La principal limitante que representa este sistema de entrenamiento es el alto costo de los mismos, y por ende tienden a ser inaccesibles para cualquier cirujano [26, 27, 47].

Por tal motivo los modelos de entrenamiento laparoscópico en "caja negra" siguen siendo el caballo de batalla para la adquisición de destrezas en cirugía laparoscópica en diferentes centros especializados en la enseñanza de cirugía general. Ya que estos son modelos de bajo costo, que pueden ser manufacturados y por ende se encuentran a la disponibilidad de cualquier individuo, permitiéndole al cirujano la adquisición de destrezas básicas en este tipo de abordaje sin dejar de brindar la retroalimentación háptica [8, 28]. De igual manera se han descrito modelos inanimados para ser utilizados en el entrenamiento de procedimientos especiales como es el caso de la exploración laparoscópica y asistida por el sistema DaVinci de la vía biliar por Sánchez et al. [31, 32] y apendicectomía laparoscópica convencional y por único puerto por Rodríguez et al. [29, 30], validándose estos como una herramienta útil en el entrenamiento y evaluación de los residentes en formación.

Sin embargo, en la literatura no se encuentra descrito un sistema que sea de bajo costo, de fácil acceso, que permita la continua evaluación y retroalimentación con cada práctica. La evaluación permite realizar una retroalimentación inmediata, lo cual es considerado como un importante elemento en el desarrollo de habilidades. Se habla de retroalimentación formativa, en la cual se hace énfasis durante la práctica en identificar cuáles son las áreas que necesitan mejorarse y en corregir los

errores cometidos; y de retroalimentación sumativa, la cual se refiere a aquella que es realizada una vez que la sesión de entrenamiento ha sido completada, con el objetivo de proveer una evaluación final. En cualquiera de los dos casos este proceso idealmente requiere de instrumentos objetivos de evaluación y definitivamente su aplicación se traduce en una mayor motivación para los cirujanos en formación, a la vez que permite determinar el progreso en la adquisición de habilidades en entrenamientos sucesivos, permitiendo establecer una meta en el nivel de destrezas. Las prácticas dirigidas a alcanzar una meta específica, en lugar de un número determinado de sesiones, han demostrado ser de gran utilidad en el entrenamiento de la cirugía mínimamente invasiva, desde el dominio de la cámara de 30 grados hasta procedimientos complejos como la sutura y el anudado laparoscópico, según se demuestra por los estudios realizados por Korndorffer y colaboradores [13].

Para determinar que un modelo es acto para el entrenamiento del cirujano en formación es indispensable su validación. Validez, se define como “la propiedad de ser cierto, correcto y en conformidad con la realidad”, cuando se trata de herramientas de evaluación la validación se refiere a la capacidad del método para evaluar en realidad aquello para lo cual fue diseñado. La validación de los modelos de entrenamiento constituye el parámetro más objetivo para determinar si son confiables y por lo tanto aptos para ser utilizados en el adiestramiento de cirujanos en formación basados en la evaluación de la calidad y el valor de los sistemas como herramientas de entrenamiento. Este proceso incluye múltiples aspectos, tales como accesibilidad, la semejanza con el procedimiento *in vivo*, la posibilidad de obtener datos de fácil interpretación y la capacidad de diferenciar entre cirujanos expertos y en formación, que se traducirá a su vez como herramienta para evaluar el desarrollo de habilidades durante la práctica del mismo. Existen varios parámetros para realizar la validación de simuladores o modelos; dentro de los cuales encontramos la validación de contenido, en la cual se refiere a la asociación del modelo de entrenamiento y la cirugía en vivo, esta tiende a ser un tanto subjetiva y dependerá de la opinión de un panel de expertos en la materia [9].

La validación de criterio por su parte se basa en la comparación de los resultados de la evaluación del modelo con aquellos de las técnicas antiguas para observar el grado de correlación que existe entre ambos. Por su parte la validación concurrente compara los resultados de la evaluación del modelo con el *Gold Standard*, en este caso esto pasa a ser imposible en vista que no se encuentra descrito en la actualidad el *Gold Standard* en cuanto a sistema de entrenamiento. La validez de predicción se refiere a la capacidad que tiene el modelo de predecir el desempeño del individuo al momento de realizar el procedimiento quirúrgico [48].

La validación de construcción es uno de los modelos de validación más relevantes, brinda la capacidad de diferenciar distintos niveles de competencia ante un sistema de entrenamiento; es decir, este debe ser capaz de diferenciar individuos novatos de individuos expertos. Si un simulador no es capaz de detectar diferencias entre los novatos y los expertos este no sería útil para entrenar, en vista que no tendría la capacidad de evaluar los avances del cirujano con el pasar de las prácticas. Esta constituye una de las características más valiosas de método de evaluación, ya que si no es posible detectar la diferencia entre los novatos y los expertos de forma inicial, las mejoras que los novatos realicen a lo largo del entrenamiento resultarían indetectables y no se podrían trazar metas en relación con el desempeño deseado [9, 48-50]. (Tabla 2)

Diversos estudios han demostrado que posterior a la práctica en modelos de entrenamiento, y el dominio de algunos pasos *ex-vivo*, el cirujano adquiere las destrezas y habilidades que le permiten tener mejor desempeño en el quirófano, esto es conocido como “Transferencia de entrenamiento”, disminuyendo la curva de aprendizaje y por ende el tiempo quirúrgico y el porcentaje de complicaciones, traduciendo esto en disminución de los costos para el centro de salud y para el paciente [13-17].

Objetivo general

Determinar la capacidad del sistema de entrenamiento y evaluación propuesto para distinguir individuos con diferente nivel de experiencia, como un factor importante de validación del mismo.

Objetivos específicos

1. Describir el modelo: Sistema de Entrenamiento Laparoscópico Basado en la Iluminación al Contacto (SELBIC)
2. Seleccionar individuos de diferentes niveles de experiencia (novatos y expertos) para la evaluación del desempeño en el modelo propuesto.
3. Determinar el número de errores: cantidad de veces que se enciende el bombillo y número de veces que se deja caer el objeto; de cada uno de los individuos durante la realización del entrenamiento en cada uno de los diferentes modelos
4. Determinar el tiempo empleado por los individuos de cada grupo para realizar el procedimiento
5. Comparar el desempeño de ambos grupos, en cada uno de los parámetros de evaluación planteados: número de errores y tiempo en realizar la tarea
6. Identificar las limitaciones del modelo de entrenamiento

Aspectos éticos

Dado que la presente investigación utilizó modelos inanimados para el desarrollo de los objetivos y no plantea la aplicación de ningún método preventivo, diagnóstico o terapéutico en seres humanos, por ende no está sujeta a los principios formulados en la Declaración de Helsinki de la Asociación Médica Mundial.

MÉTODOS

Tipo de estudio

Este fue un estudio comparativo, transversal, el cual se basó en la validación constructiva del sistema de entrenamiento laparoscópico basado en la iluminación al contacto (SELBIC).

Población y muestra

Se tuvieron dos grupos de trabajo, novatos y expertos, constituidos por ocho integrantes cada uno. Se realizó una práctica con los modelos del SELBIC con cada uno de los participantes. Los individuos pertenecientes al grupo de novatos correspondían a residentes de primer año del post-grado de Cirugía General del Hospital Universitario de Caracas quienes indicaron no haber tenido experiencia previa en la realización de procedimientos laparoscópicos. Los expertos por su parte correspondían a cirujanos generales con más de 250 cirugías laparoscópicas básicas y más de 50 casos complejos. Ambos grupos fueron evaluados en el área de entrenamiento en Cirugía Laparoscópica del servicio de Cirugía III.

Procedimientos

Descripción del sistema de entrenamiento

Para la ejecución del modelo se necesitó una “caja negra” habitualmente utilizada para la práctica de técnicas laparoscópicas, que se encuentra disponible en la mayoría de los centros hospitalarios.

Se ideó el sistema de entrenamiento con materiales que pueden ser conseguidos en una ferretería, que son de bajo costo, y que están a la disponibilidad de cualquier persona. El sistema de entrenamiento se basa en un circuito eléctrico continuo tal como se muestra en el esquema (Fig. 1), en el cual uno de sus extremos

está acoplado a uno de los polos del sócate del bombillo (A) y el otro a una pinza de laparoscopia (B), cuando la pinza toca alguno de los objetos metálicos del modelo de entrenamiento (C) (el cual se encuentra acoplado al otro polo del sócate del bombillo) (D), se cierra el circuito y el bombillo se enciende, cuando esto ocurría el supervisor del entrenamiento tomaba esta señal como un error del sujeto a evaluar.

Es muy importante señalar que todo el sistema se encuentra aislado, es decir, no hay posibilidades de que el sujeto a evaluar recibiera una descarga eléctrica, ni que se realice un "corto circuito", ya que todo se encuentra debidamente organizado y recubierto con goma (en el caso de los cables) y con cinta aislante en el caso de las conexiones realizadas entre los cables.

Para determinar de manera más precisa la cantidad de errores que comete el individuo y que quede registro del mismo, se utilizó una aplicación disponible para la telefonía inteligente que utilizan sistema operativo Android en este caso el "Samsung Galaxy S-4" (Samsung Electronics), el cual es un teléfono de última generación, que presenta una pantalla de 5", una velocidad de CPU de Quad de 1,6 GHz + Quad de 1,2 GHz. En su haber cuenta con los siguientes sensores: Acelerómetro, Sensor geomagnético, Sensor giroscópico, Sensor de luz RGB (El sensor RGB, detecta varios espectros de colores en la luz que irradia en el teléfono para ajustar el brillo en pantalla de forma eficaz y mejorar la nitidez), Barómetro, Sensor de proximidad, Sensor de gestos, Sensor de temperatura, humedad y Sensor de cubierta. Este equipo utiliza el sistema operativo Android. Para este sistema operativo existe la aplicación "Sensor Kinetics Pro" de Innovations, Inc. (Houston TX, USA). Esta aplicación permite verificar, registrar y guardar los datos de los diferentes sensores que tiene el teléfono en su haber, proporcionando una visión global de la dinámica total de las operaciones combinadas de todos los sensores. De igual manera se representan los valores obtenidos en relación al tiempo en visores gráficos para de esta manera medir su comportamiento. Con el cual se puede visualizar las alternancias captadas por el sensor de luz del teléfono, donde cada vez que se encendía el bombillo se generó un pico en la gráfica, de esta manera queda registro del individuo y se pudo evidenciar su progreso (Fig. 2).

Descripción de los diferentes ejercicios

Para este sistema se diseñaron tres ejercicios. En aras de favorecer el aprendizaje del individuo con la realización de diferentes tareas y brindarle diversidad para no caer en la monotonía que eventualmente se traduce en aburrimiento y abandono del entrenamiento por parte del cirujano en formación.

Ejercicios uno y dos

Este consiste en una caja de madera del cual emergen alambres de cobre de manera perpendicular a la caja recubierto de material aislante en su parte proximal, y en su parte distal se encuentran descubiertos y moldeados en forma de aro, el objetivo del modelo es pasar a través de los aros un alambre de cobre, de una pinza a otra, sin que este se caiga, en el menor tiempo posible, generando la menor cantidad de errores, tal como se puede evidenciar en el esquema (Fig. 3). En el primer nivel de dificultad se disponen tres aros de gran tamaño, en el segundo modelo de entrenamiento se dispone de cinco aros de un tamaño mediano, en cada uno de ellos los aros se encuentran dispuestos de manera aleatoria, sin seguir un patrón y en diferentes profundidades. Este ejercicio busca mejorar la percepción de la profundidad, contribuir a la adaptación de trabajar con rangos de movimientos disminuidos, intentar superar el efecto *fulcrum* y el ejercicio como tal obliga a la utilización de ambas manos para completarlo de manera satisfactoria.

Ejercicio número tres

El tercer modelo de entrenamiento consiste en una caja de madera de la cual emerge un alambre de cobre que fue moldeado con la finalidad de presentar diferentes giros a lo largo de su recorrido, este alambre no presenta ningún tipo de material aislante, es decir que cualquier contacto de las pinzas de laparoscopia con el mismo encendería el bombillo, el objetivo del mismo es pasar a través de todo el recorrido un aro, confeccionado de cuerda de algodón de 2 centímetros de diámetro,

en el menor tiempo posible, con la menor cantidad de errores posibles, empleando ambas manos y sin soltar el aro en ningún momento tal como se muestra en el esquema (Fig. 4). Este ejercicio de entrenamiento laparoscópico busca mejorar la percepción de la profundidad, contribuir a la adaptación de trabajar con rangos de movimientos disminuidos, intentar superar el efecto *fulcrum* y el ejercicio como tal obliga a la utilización de ambas manos para completarlo de manera satisfactoria.

Cada individuo tuvo un tiempo máximo de diez minutos para realizar cada uno de los modelos de entrenamiento, en dado caso que se cumpliera el lapso de tiempo y no se haya terminado el ejercicio este se concluyó como “no completado” y se pasó al ejercicio siguiente. Los tres modelos de entrenamiento se realizaron el mismo día y previo a cada ejercicio se dio instrucciones precisas del funcionamiento del sistema de entrenamiento, el objetivo de cada ejercicio y a los novatos se les hizo una breve reseña de la laparoscopia, y de cómo utilizar cada uno del instrumental. Cabe destacar que fue necesario un instructor para el manejo de la cámara, el cual fue el mismo con cada uno de los individuos. Los datos obtenidos fueron transcritos en una tabla de recolección de datos (Fig. 5).

Tratamiento estadístico adecuado

En este trabajo se comparó el número de errores, el número de caídas del objeto y el tiempo empleado para realizar cada uno de los modelos de entrenamiento entre el grupo de especialistas y el grupo de novatos. La comparación entre grupo fue realizado con la prueba de U de Mann-Whitney y la comparación dentro de los grupos con W de Wilcoxon. Fue considerada una diferencia estadísticamente significativa una $p < 0,05$.

RESULTADOS

Se evaluaron un total de 16 individuos, los cuales se encontraban divididos en 2 grupos de 8 participantes cada uno, categorizados como expertos y novatos. En cada grupo había un total de 4 hombres y 4 mujeres.

Posterior a la realización de las prácticas pudimos evidenciar como los cirujanos expertos completaron los ejercicios uno, dos y tres en menor tiempo que los novatos evidenciándose una diferencia estadísticamente significativa ($p < 0,05$) (tabla 3). En el ejercicio 1 los expertos realizaron la práctica en 40.5 ± 26 segundos y los novatos en 250 ± 116.7 segundos (p: 0,001). En el ejercicio 2 los expertos realizaron la práctica en un tiempo total de 114 ± 28.3 segundos y los novatos en 310 ± 131 segundos (p: 0,001); y el ejercicio 3 los expertos en 68.5 ± 37.7 segundos y los novatos 335 ± 110.9 segundos (p: 0,004).

De igual manera los expertos obtuvieron un menor número de errores en comparación a los novatos en los tres ejercicios siendo la diferencia estadísticamente significativa, en el ejercicio 1, p: 0,001, en el ejercicio 2, p: 0,001, y en el ejercicio 3, p: 0,004 (Tabla 4).

En cuanto a la caída de los objetos el grupo de los expertos no presentó caída de los mismos en ninguno de los tres ejercicios, a diferencia en el grupo de novatos. Se evidencia una diferencia estadísticamente significativa entre expertos y novatos en los ejercicios 1 y 3 con una P de 0.021 y 0.004 respectivamente, y sin diferencias estadísticamente significativas entre ambos grupos en el ejercicio 2 con una P de 0.072.

Es importante destacar que todos los participantes del grupo de expertos logró culminar cada uno de los ejercicios propuestos, a diferencia del grupo de los novatos donde de los 8 participantes, 7 lograron culminar el ejercicio 1 y 2; y el ejercicio 3 fue concluido solo por 4 participantes. En la gráfica 1 y 2 se puede evidenciar de igual manera la marcada diferencia que existe entre el grupo de novatos y expertos en cuanto al tiempo de realización de los ejercicios y el número de errores en cada uno

de ellos, donde llama la atención la amplia variabilidad de los resultados obtenidos del grupo de los novatos en comparación al grupo de expertos.

DISCUSIÓN

La cirugía laparoscópica no es algo nuevo, sin embargo se encuentra en continuo desarrollo e innovación, todo con la finalidad de brindarle mejores resultados al paciente, intentado maximizar el desempeño quirúrgico.

Al igual que han existido adelantos en la cirugía laparoscópica, de igual manera se han presentado grandes avances en el entrenamiento de los cirujanos en formación, todo con el fin de superar las dificultades que este abordaje representa como son la visión en dos dimensiones que conlleva pérdida de la percepción de la profundidad, la disminución del rango de movimientos y grados de libertad de los instrumentos cuando se compara con los realizados libremente en la cirugía abierta, la falta de háptica o disminución de la sensación táctil y la disparidad entre la retroalimentación visual y propioceptiva conocido como efecto fulcrum [1,2].

Las metas y los nuevos paradigmas propuestos para lograr los mejores beneficios para el paciente son que el cirujano venza las dificultades de este abordaje quirúrgico fuera de la sala de operaciones, y que sean realizados en ambientes seguros de entrenamiento dispuesto para este fin [3, 40, 41]. Esto con la finalidad de disminuir tiempos operatorios, complicaciones trans-operatorias, que al final se traducen en aumento de costos al sistema de salud [7, 42]. El modelo de Fitts y Posner actualmente es el más aceptado para la adquisición de habilidades psicomotoras, donde se describen tres, como son la fase cognitiva, donde se intenta entender la mecánica de los movimientos, la fase de integración, donde se domina parte de las dificultades básicas pero aún es necesario analizar cómo se debe de realizar los movimientos y por último la fase de automatismo en el cual ya se tiene dominio de la parte mecánica y el cirujano enfoca su atención a detalles propios de la cirugía. Basados en estos principios se concluye que las primeras dos fases tienen que ser superadas en un centro de entrenamiento y no en el quirófano [10].

Posterior a definir como debe ser el entrenamiento en cirugía laparoscópica y la importancia tanto ética como económica de que este se realice en un ambiente seguro, es sumamente importante mencionar como diversos estudios han

demostrado que posterior a la práctica en modelos de entrenamiento animados e inanimados, y el dominio de algunos pasos ex-vivo, el cirujano logra adquirir destrezas y habilidades que permiten tener mejor desempeño en la sala de operaciones, esto se conoce como “transferencia de entrenamiento” [13-17].

Con el pasar de los años se han diseñado diversos modelos de entrenamiento los cuales le permitan al cirujano superar de una manera más rápida y efectiva las dificultades que este abordaje representa y la adquisición de habilidades quirúrgicas, estos sistemas de entrenamiento corresponden a modelos de caja negra, modelos animales, modelos inanimados y recientemente simuladores virtuales [4].

Los modelos de entrenamientos en animales, le brindan al cirujano en formación numerosas ventajas dentro de las cuales destaca la manipulación de tejidos y realización de procedimientos quirúrgicos en su totalidad. Sin embargo, tiene ciertas limitantes como es la baja disponibilidad, el alto costo y necesidad de ambiente y personal especializado para la realización de las prácticas [19]. En aras de disminuir costos y en pro de conservar parte de los beneficios de los modelos animales se han diseñado modelos *ex – vivo*, en los cuales solo se trabaja con el órgano de interés [20]. También podemos encontrar modelos de entrenamientos híbridos donde se pueden asociar modelos *ex - vivos* con modelos inanimados, como el trabajo descrito por Bellorin et al [51] para el entrenamiento en la realización de la miotomía de Heller más la confección de la funduplicatura tipo Dor, como técnica quirúrgica preferida para el tratamiento de la acalasia.

El continuo desarrollo de modelos de entrenamiento lo único que demuestra es que no se ha logrado conseguir el modelo ideal, el cual debe de permitirle al cirujano adquirir las habilidades básicas en cirugía laparoscópica, generar retroalimentación objetiva y confiable que permita predecir el desempeño quirúrgico, sin pasar por alto que sea accesible para cualquier persona y de bajo costo [18], cabe hacer mención que estas características las cumple a cabalidad el Sistema de Entrenamiento Laparoscópico Basado en la Iluminación al Contacto (SELBIC).

El SELBIC es un sistema de entrenamiento inanimado basado en un circuito eléctrico continuo. Este es un sistema de entrenamiento de bajo costo, donde todos los elementos para su confección pueden ser conseguidos en ventas de materiales eléctricos, por ende cualquier cirujano en formación puede reproducir este modelo de una manera sencilla lo cual lo hace bastante accesible. Es de suma importancia resaltar la principal ventaja de este sistema, el cual viene representado por la capacidad de generar retroalimentación objetiva y confiable al sujeto en entrenamiento, esto a su vez genera autoevaluación que permite realizar una retroalimentación inmediata, siendo considerado como elemento fundamental en el desarrollo de habilidades. Esta retroalimentación continua y objetiva se traduce en una mayor motivación para los cirujanos en formación, lo cual genera a su vez deseos de superación, permitiendo determinar el progreso en la adquisición de habilidades en entrenamientos sucesivos y así lograr establecer una meta en el nivel de destrezas.

Las prácticas dirigidas a alcanzar una meta específica, en lugar de un número determinado de sesiones, han demostrado ser de gran utilidad en el entrenamiento de la cirugía mínimamente invasiva, desde el dominio de la cámara de 30 grados hasta procedimientos complejos como la sutura y el anudado laparoscópico, según se demuestra por los estudios realizados por Korndorffer et al [13].

El SELBIC posee tres ejercicios distintos, donde se busca mejorar en el cirujano novato la percepción de la profundidad, contribuir a la adaptación de trabajar con rangos de movimientos disminuidos, intentar superar el efecto *fulcrum* y la utilización de ambas manos para completar estos de manera satisfactoria.

Para poder comprobar que un sistema de entrenamiento es verdaderamente efectivo debe de llevarse a cabo la validación del mismo, la cual constituye el parámetro más objetivo para determinar si estos modelos son confiables y por lo tanto aptos para ser utilizados en el adiestramiento de cirujanos en formación basados en la evaluación de la calidad y el valor de los sistemas como herramientas de entrenamiento. En este trabajo se utilizó para demostrar la eficacia del SELBIC como sistema de entrenamiento laparoscópico la validación de construcción, la cual

es uno de los modelos de validación más relevantes, brindando la capacidad de diferenciar distintos niveles de competencia ante un sistema de entrenamiento; es decir, este debe ser capaz de diferenciar individuos novatos de individuos expertos. Si un simulador no es capaz de detectar diferencias entre ambos grupos este no sería útil para entrenar, en vista que no tendría la capacidad de evaluar los avances del cirujano con el pasar de las prácticas [9, 48-50]. Un punto importante a tomar en consideración es como determinar si un cirujano es experto, este ha sido un dilema constante en la literatura, sin embargo, algunas publicaciones han logrado determinar como cirujano laparoscopista experto aquel que posea más de 250 cirugías laparoscópicas básicas (apendicectomía, colecistectomía, cura operatoria de hernia inguinal por laparoscopia, entre otras) y más de 50 cirugías laparoscópicas complejas (cirugías del hiato esofágico, esplenectomía, hemicolectomía, cirugía bariátrica, entre otras) [52, 53].

Durante las prácticas se pudo evidenciar como los conectores de las pinzas no interrumpían con la realización del ejercicio ni con la maniobrabilidad a la hora de realización de los mismos, conservando la ergonomía otorgada por el abordaje laparoscópico y el entrenamiento en "caja negra" (Fig. 6). Las prácticas se llevaron a cabo sin ningún tipo de complicación, y no fue referido en ningún momento algún inconveniente por parte de los participantes al realizar los diferentes ejercicios (Fig. 7 y 8). Logrando categorizar al SELBIC como un sistema factible y seguro para el entrenamiento en cirugía laparoscópica.

Posterior a la realización de las prácticas con cada uno de los participantes pudimos evidenciar como existen diferencias estadísticamente significativas entre el grupo de expertos y novatos al comparar tiempo y número de errores. Estos resultados eran los esperados, en vista que el novato no cuenta con las nociones básicas en cirugía laparoscópica, lo cual lo lleva a la realización de movimientos erráticos y el no estar familiarizado con el instrumental de trabajo lo hace perder tiempo y en muchas ocasiones lo llevan a cometer mayor cantidad de errores; aunado a esto el desconocimiento del ejercicio y las ansias por terminarlos en el menor tiempo posible restándole importancia en realizarlos de la mejor manera. Es

fundamental hacer mención como la falta de háptica, que representa una de las dificultades del abordaje laparoscópico, hace que la fuerza de prensión de los objetos no sea la más indicada lo cual conlleva a la caída de los mismos. Por otro lado el cirujano experto al ya dominar las dificultades propias de este abordaje, se enfocaba principalmente en entender el ejercicio al cual se enfrentaba, realizando movimientos finos, con agarre preciso de los objetos, lo cual impedía la caída de los mismos, y su meta principal era cumplir cada uno de los objetivos de cada ejercicio en el menor tiempo posible y con la menor cantidad de errores.

Un punto importante a tomar en cuenta es el deseo de auto superación que genera el SELBIC en cada uno de los ejercicios bien sean participantes del grupo de los novatos o expertos, los mismos referían sentirse frustrados por la cantidad de errores cometidos en cada ejercicio y por el tiempo de realización de los mismos, deseando tener una nueva oportunidad para lograr superar sus marcas personales y así mejorar cada vez más.

Como conclusión podemos decir que el SELBIC es un sistema de entrenamiento seguro, factible, reproducible, económico y accesible, el cual se encuentra al alcance de cualquier cirujano que tenga deseos de dominar la cirugía laparoscópica, generando retroalimentación lo cual conlleva a desarrollar deseos de superación en el cirujano en formación, y lo más importante destacar que este método de entrenamiento logra diferenciar cirujanos expertos de novatos, lo cual le valida como una herrmaienta útil para la formación de cirujanos laparoscopistas.

AGRADECIMIENTO

Agradezco al tutor y asesor de la tesis por estimular el desarrollo de este proyecto e impulsarlo hasta niveles inimaginables. A los especialistas y Jefe del servicio, por cada día brindar sus conocimientos para crecer como profesional y mejorar este trabajo. A cada uno de los participantes en este proyecto por aportar su valioso tiempo para la realización del mismo.

REFERENCIAS

1. Scott D, Young W, Tesfay S, Frawley W, Rege R, Jones D. Laparoscopic skills training. Am J Surg 2001; 182(2): 137-42.
2. Smith D, Farrell T, McNatt S, Metreveli R. Assesing laparoscopic manipulative skills. Am J Surg 2001; 181(6): 547-50.
3. Moglia A, Ferrari V, Morelli L, Melfi F, Ferrari M, Mosca F, et al. Distribution of innate ability for surgery amongst medical students assessed by an advanced virtual reality surgical simulator. Surg Endosc 2014; 28: 1830–7.
4. Franzese C, Stringer SP. The Evolution of Surgical Training: Perspectives on Educational Models from the Past to the Future. Otolaryngol Clin N Am 2007; 40: 1227–35.
5. Berber E, Berber I, Avtan L, Ata B, Azamak A, Avc C. Laparoscopic Vagotomy Using Mini-Instruments in the Rat: A New Laparoscopic Small Animal Model. Surg Today 2002; 32: 498–502.
6. Karaliotas C. When Simulation in Surgical Training Meets Virtual reality. Hellenic J Surg 2011; 83(6): 303-15.
7. Nagendran M, Gurusamy KS, Aggarwal R, Loizidou M, Davidson BR. Virtual reality training for surgical trainees in laparoscopic surgery. Cochrane Database of Systematic Reviews 2013; 8: 1-45.
8. Nguyen T, Braga LH, Hoogenes J, Matsumoto ED. Commercial Video Laparoscopic Trainers versus Less Expensive, Simple Laparoscopic Trainers: A Systematic Review and Meta-Analysis. J Urol 2013; 190: 894-9.
9. McDougall EM. Validation of surgical simulators. J Endourol 2007; 21(3): 244-7.
10. Reznick R, MacRae H. Teaching surgical skills. Change in the wind. N Engl J Med 2006; 355(25): 2664-9.
11. Sánchez R, Rodríguez O, Báez V, Salamo O, Di Natale M, Sánchez-Ismayel A. Entrenamiento en cirugía robótica: validación de una escala para la evaluación objetiva de destrezas. Rev Venez Cir 2013; 66 (2): 50-5.
12. Mason J, Ansell J, Warren N, Torkington J. Is motion analysis a valid tool for assessing laparoscopic skill? Surg Endosc 2013; 27(5):1468-77.

13. Korndorffer J Jr, Dunne J, Sierra R, Stefanidis D, Touchard C, Scott D. Simulator training for laparoscopic suturing room performance goals translates to the operating room. J Am Coll Surg 2005; 201(1): 23-9.
14. Scott D, Bergen P, Rege R, Laycock R, Tesfay S, Valentine R, et al. Laparoscopic training on bench models: better and more cost effective than operating room experience?. J Am Coll Surg 2000; 191(3): 272-83.
15. Figert P, Park A, Witzke D, Schwartz R. Transfer of training in acquiring laparoscopic skills. J Am Coll Surg 2001; 193(5): 533-7.
16. 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 jejunojejunostomy in a live porcine model: feasibility of learning advanced laparoscopy in a general surgery residency. Surg Endosc 2012; 26: 3486–94.
17. Hyltander A, Liljegren E, Rhodin O, Lonroth H. The transfer of basic skills learned in a laparoscopic simulator to the operating room. Surg Endosc 2002; 16(9): 1324-8.
18. Woodrum DT, Andreatta PB, Yellamanchilli RK, Feryus L, Gauger P, Minter R. Construct validity of the LapSim laparoscopic surgical simulator. Am J Surg 2006; 191: 28-32.
19. The SH, Hunter JG, Sheppard BC. A suitable animal model for laparoscopic hepatic resection training. Surg Endosc 2007; 21: 1738–44.
20. Strickland A, Fairhurst K, Lauder C, Hewett P, Maddern G. Development of an ex vivo simulated training model for laparoscopic liver resection. Surg Endosc 2011; 25(5): 1677-82.
21. Bhattacharjee H, Buess G, Becerra F, Storz P, Sharma M, Susanu S, et al. A novel single-port technique for transanal rectosigmoid resection and colorectal anastomosis on an ex vivo experimental model. Surg Endosc 2011; 25:1844-57.
22. Martinek J, Suchanek F, Stefanova M, Rotnagloba B, Zavada F, Strsova A, et al. Training on an ex vivo animal model improves endoscopic skills: a randomized, sinlge-blind study. Gastrointes Endosc 2011; 74(2): 367-73.

23. Sosa E, Rodríguez O, Rosciano J, Salamo O, Medina L, Baez V, et al. Colecistectomía laparoscópica por un solo puerto. Modelo ex vivo de entrenamiento. Rev Venez Cir 2013; 66(1): 1-5.
24. Sharma M, Horgan A. Comparison of Fresh-Frozen Cadaver and High-Fidelity Virtual Reality Simulator as Methods of Laparoscopic Training. World J Surg 2012; 36: 1732–7.
25. Giger U, Fresard I, Hafliger A, Bergmann M, Krahenbuhl L. Laparoscopic training on thiel human cadavers: a model to teach advanced laparoscopic procedures. Surg Endosc 2008; 22: 901-6.
26. Tan SC, Marlow N, Field J, Altree M, Babidge W, Hewett P, et al. A randomized crossover trial examining low- versus high-fidelity simulation in basic laparoscopic skills training. Surg Endosc 2012; 26(11): 3207-14.
27. Al-Kadi AS, Donnon T, Paolucci EO, Mitchell P, Debru E, Church N. The effect of simulation in improving students' performance in laparoscopic surgery: a meta-analysis. Surg Endosc 2012; 26(11): 3215-24.
28. Brinkman WM, Tjiam IM, Buzink SN. Assessment of basic laparoscopic skills on virtual reality simulator or box trainer. Surg Endosc 2013; 27: 3584–90.
29. Rodríguez O, Sánchez A, Bellorin O, Paredes J, Sánchez R. Modelo de entrenamiento para la apendicectomía laparoscopica. Rev Venez Cir 2009; 62(1):34-9.
30. Rodríguez O, Pedrón C, Sánchez A, Pena R, Rosciano J. Apendicectomía laparoscópica mediante abordaje por una sola incisión. Modelo de entrenamiento para la adquisición de habilidades. Rev Venez Cir 2012; 65 (1): 1-5.
31. Sánchez A, Otaño N, Rodríguez O, Sánchez R, Benítez G, Schweitzer M. Laparoscopic Common Bile Duct Exploration Four-Task Training Model: Construct Validity. JSLS 2012; 16(1): 10–5.
32. Sánchez A, Rodríguez O, Davila H, Valero R, Benítez G, Sánchez R, et al. Robot-assisted laparoscopic common bile duct exploration: case report and proposed training model. J Robotic Surg 2011; 5(2): 145-8.

33. Lau WY, Leow CK, Li KC. History of Endoscopic and Laparoscopic Surgery. World J Surg 1997; 21: 444–53.
34. Pérez-Albacete M. Historia de la cirugía laparoscópica y de la terapia Mínimamente invasiva. Clín Urol Complut. 2005; 11: 15-44.
35. Semm K. Endoscopic appendectomy. Endoscopy 1983; 15:59–64.
36. Mühe B. The first laparoscopic cholecystectomy. Langenbecks Arch Chir 1986; 369: 804.
37. Litynski GS. Erich Mühe and the Rejection of Laparoscopic Cholecystectomy (1985): A Surgeon Ahead of His Time. JSLS 1998; 2: 341-6.
38. Nakajima k, Milsom JW, Böhm B. History of Laparoscopic Surgery. Milsom JW, Laparoscopic Colorectal Surgery. New York: Springer 2006; 1: 1-9.
39. Reddick EJ, Olsen DO. Laparoscopic laser cholecystectomy. A comparison with mini-lap cholecystectomy. Surg Endosc 1989; 3: 131-3.
40. Wentink M, Stassen L, Alwayn I, Hosman R, Stassen H. Rasmussen's model of human behavior in laparoscopy training. Surg Endosc 2003; 17: 1241–6.
41. Ball CG, Kirkpatrick AW, Feliciano DV, Reznick R, McSwain NE. Surgeons and astronauts: so close, yet so far apart. Can J Surg 2008; 51: 247-50.
42. Badman B, Baido S, Wexner S. Review of available methods of simulations training to facilitate surgical education. Surg Endosc 2011; 25 356-66.
43. King D, Gurry J, Ellis-Pegler B, Brook B. A rabbit model of perforated appendicitis with peritonitis. Brit J Surg 2005; 62(8): 642-4.
44. Bashankaev B, Baido S, Wexner S. Review of available methods of simulation training to facilitate surgical education. Surg Endosc 2011; 25:28-35.
45. Derossis A, Fried G, Abrahamowicz M, Sigman H, Barkun J, Meakins J. Development of a model for training and evaluation of laparoscopic skills. Am J Surg 1998; 175: 482-7.
46. Peters J, Fried G, Swanstrom L, Soper N, Sillin L, Schirmer B, et al. Development and validation of a comprehensive program of education and assessment of the basic fundamentals of laparoscopic surgery. Surgery 2004; 135: 21-7.

47. Sánchez-Peralta LF, Sánchez-Margallo FM, Moyano-Cuevas JL, Pagador JB, Enciso S, Gómez-Aguilera EJ, Usón-Gargallo J. Learning curves of basic laparoscopic psychomotor skills in SINERGIA VR simulator. Int J CARS 2012; 7: 881–9.
48. Moyano-Cuevas JL, Sánchez-Margallo FM, Sánchez-Peralta LF, Pagador JB, Enciso S, Sánchez-González P, et al. Validation of SINERGIA as training tool: a randomized study to test the transfer of acquired basic psychomotor skills to LapMentor. Int J CARS 2011; 6: 839–46.
49. Zhang A, Hunerbein M, Dai Y, Schlag PM, Beller S. Construct validity testing of a laparoscopic surgery simulator (Lap Mentor). Surg Endosc 2008; 22: 1440-4.
50. Schout BM, Hendrikx AJ, Scheele F, Bemelmans BL, Scherpbier AJ. Validation and implementation of surgical simulators: a critical review of present, past, and future. Surg Endosc 2010; 24: 536–46.
51. Bellorin O, Kundel A, Sharma S, Ramirez-Valderrama A, Lee P. Training model for laparoscopic Heller and Dor fundoplication: a tool for laparoscopic skills training and assessment—construct validity using the GOALS score. Surg Endosc 2015.
52. Lin D, Romanelli J, Kuhn J, Thompson RE, Bush RW, Seymour NE. Computer-based laparoscopic and robotic surgical simulators: performance characteristics and perceptions of new users. Surg Endosc 2009; 23: 209–14.
53. Rhee R, Fernandez G, Bush R, Seymour NE. The effects of viewing axis on laparoscopic performance: a comparison of non-expert and expert laparoscopic surgeons. Surg Endosc 2014; 28: 2634–40.

ANEXOS

Tabla 1.- Modelo de adquisición de habilidades de Fitts y Posner

FASES	DESEMPEÑO	META
COGNITIVA	Errático, paso a paso	Entender la mecánica
INTEGRACIÓN	Más fluido, con pocas interrupciones	Mayor comprensión
AUTOMATISMO	Continuo, Fluido, más refinado	Mejorar velocidad, precisión y eficiencia

Fuente: Reznick R, et al. [10]

Tabla 2.- Tipos de validación utilizados para evaluar simuladores quirúrgicos

Validación de contenido	Similitud del modelo con la cirugía en vivo
Validación de criterio	Compara los resultados de la evaluación del modelo con aquellos de las técnicas antiguas para observar el grado de correlación
Validación de construcción	Capacidad que tiene el modelo de detectar diferencias entre grupos de diferentes niveles de competencia
Validación concurrente	Se comparan los resultados de la evaluación del modelo con el *"Gold Standard"*
Validación de predicción	Capacidad del modelo de predecir el desempeño en el procedimiento quirúrgico

Figura 1.- Sistema de Entrenamiento Laparoscópico Basado en la Iluminación al Contacto (S.E.L.B.IC.)

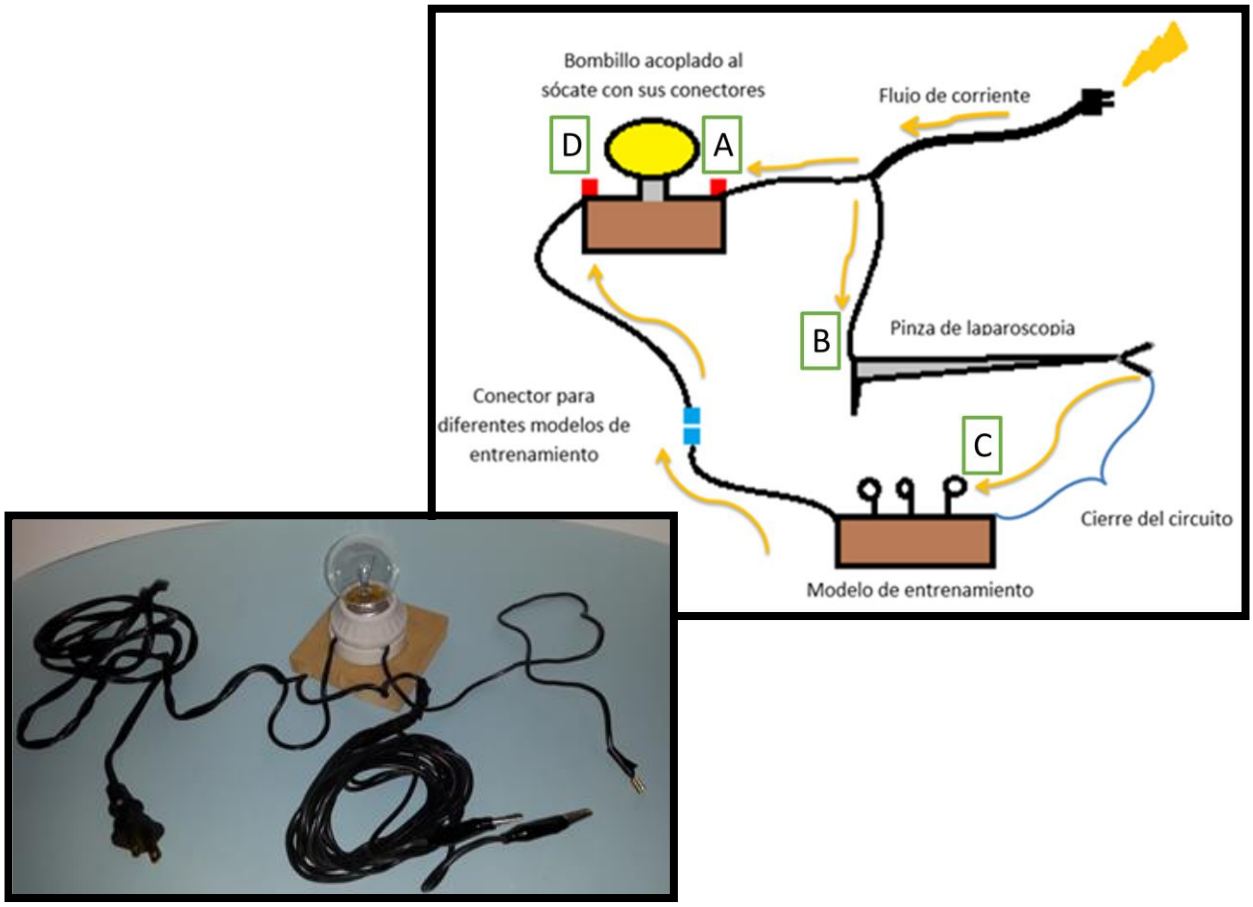


Figura 2.- “Sensor Kinetics Pro” (Innovations, Inc.) del “Samsung ` Galaxy S-4” (Samsung Electronics)

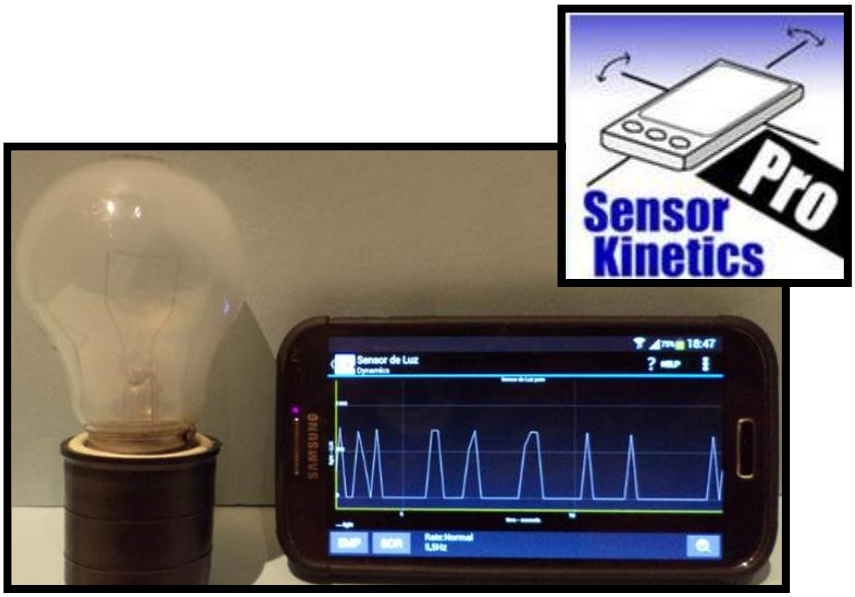


Figura 3.- Ejercicios uno y dos

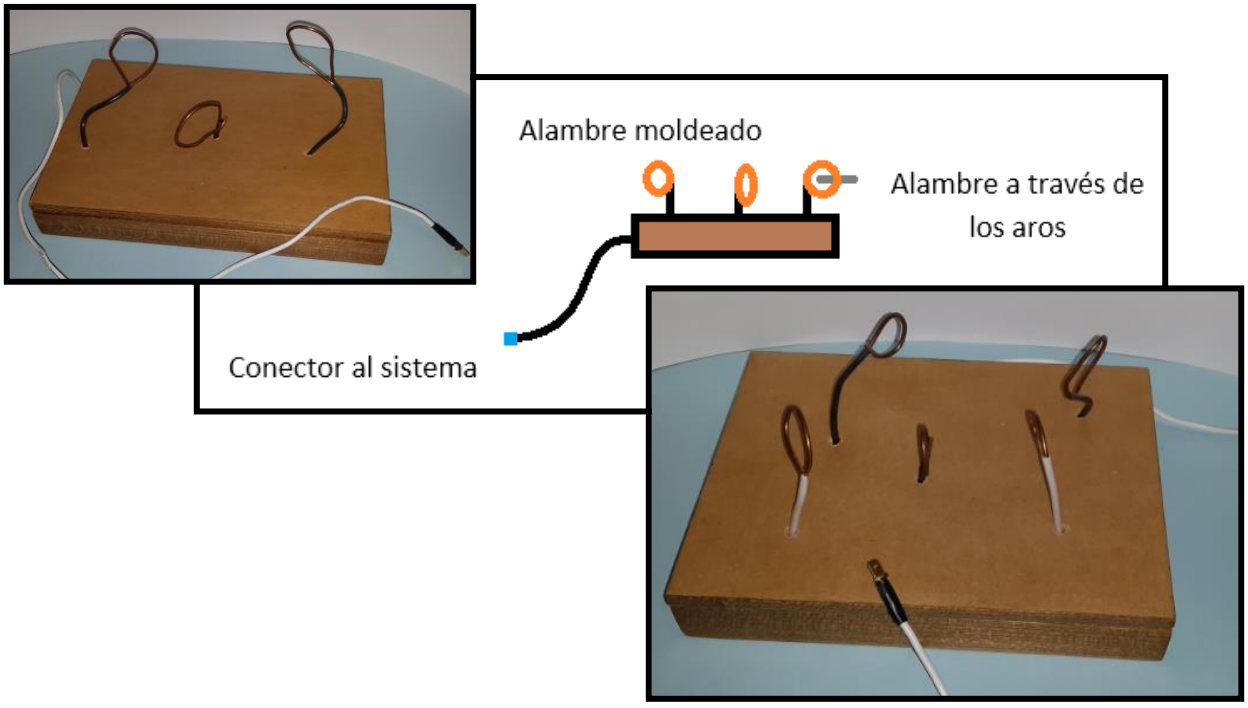


Figura 4.- Ejercicio tres

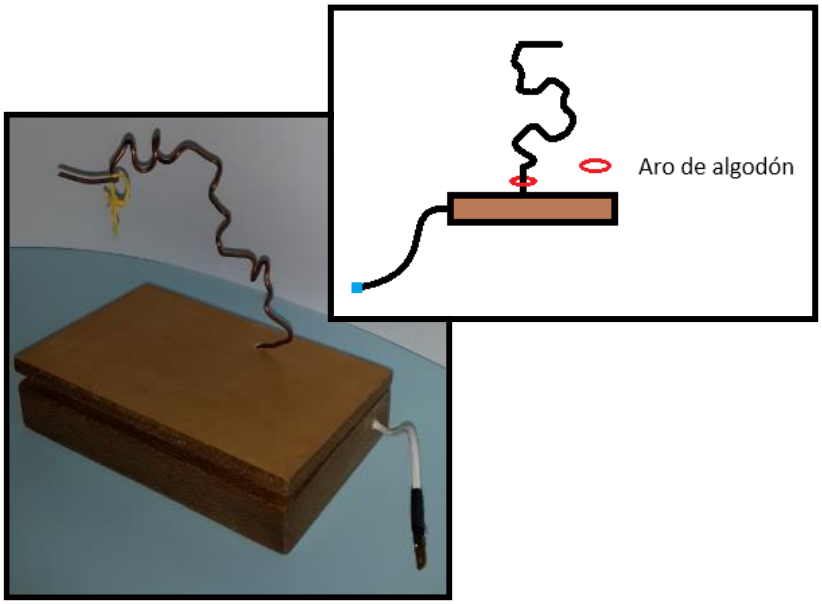


Figura 5.- Formulario de recolección de datos

SISTEMA DE ENTRENAMIENTO LAPAROSCÓPICO BASADO EN LA ILUMINACIÓN AL CONTACTO (S.E.L.B.I.C).

Fecha: _____

Individuo número: _____ Experto: _____ Novato: _____

Edad: _____ Sexo: _____

	Tiempo	Errores	Caídas
Ejercicio 1			
Ejercicio 2			
Ejercicio 3			

Figura 6.- SELBIC acoplado y en funcionamiento

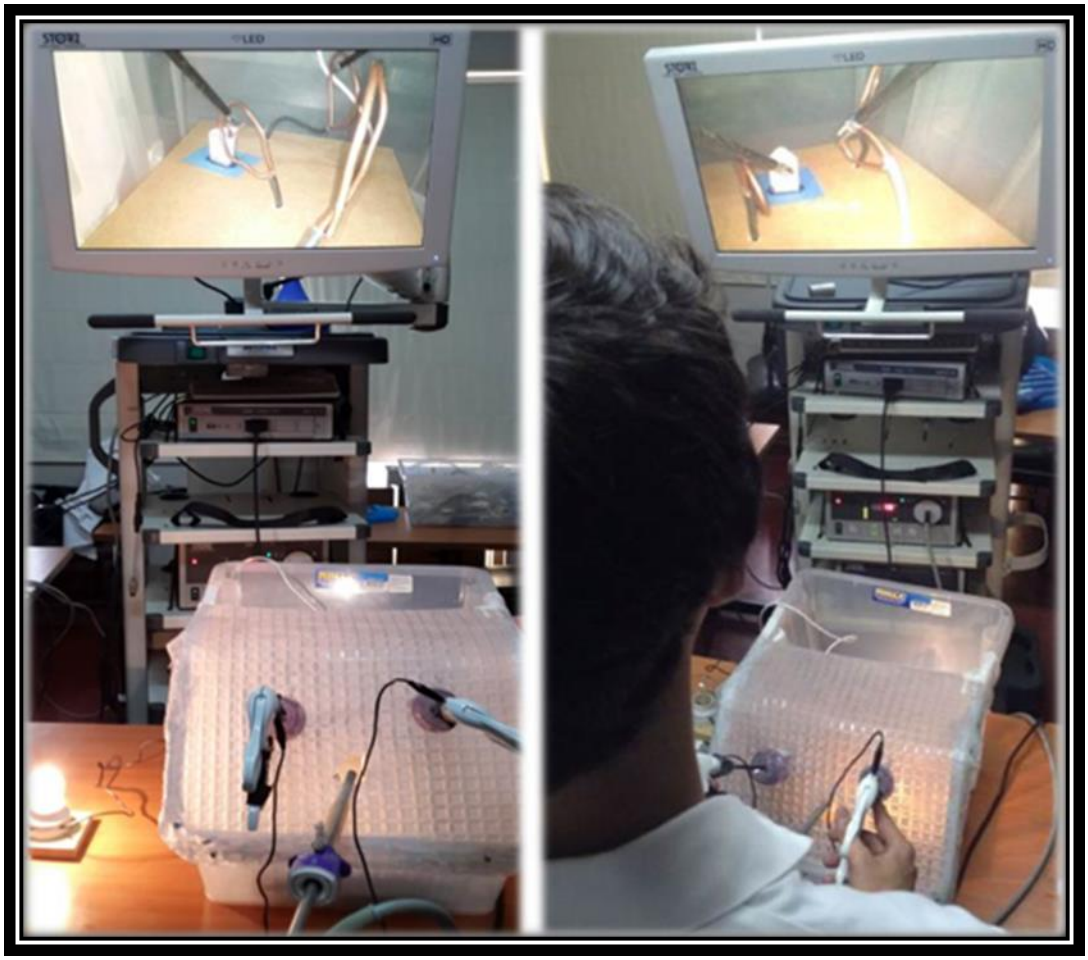


Figura 7.- Ejercicio uno y dos realizado por novatos y expertos



Figura 8.- Ejercicio tres realizado por novatos y expertos



Tabla 3.- Comparación del tiempo empleado para la realización de los ejercicios en ambos grupos

	EXPERTOS	NOVATOS	P
EJERCICIOS	Tiempo (seg)	Tiempo (seg)	Tiempo
1	40,5 ± 26	250 ± 116,7	0,001
2	114 ± 28,3	310 ± 131	0,001
3	68,5 ± 37,7	335 ± 110,9	0,004

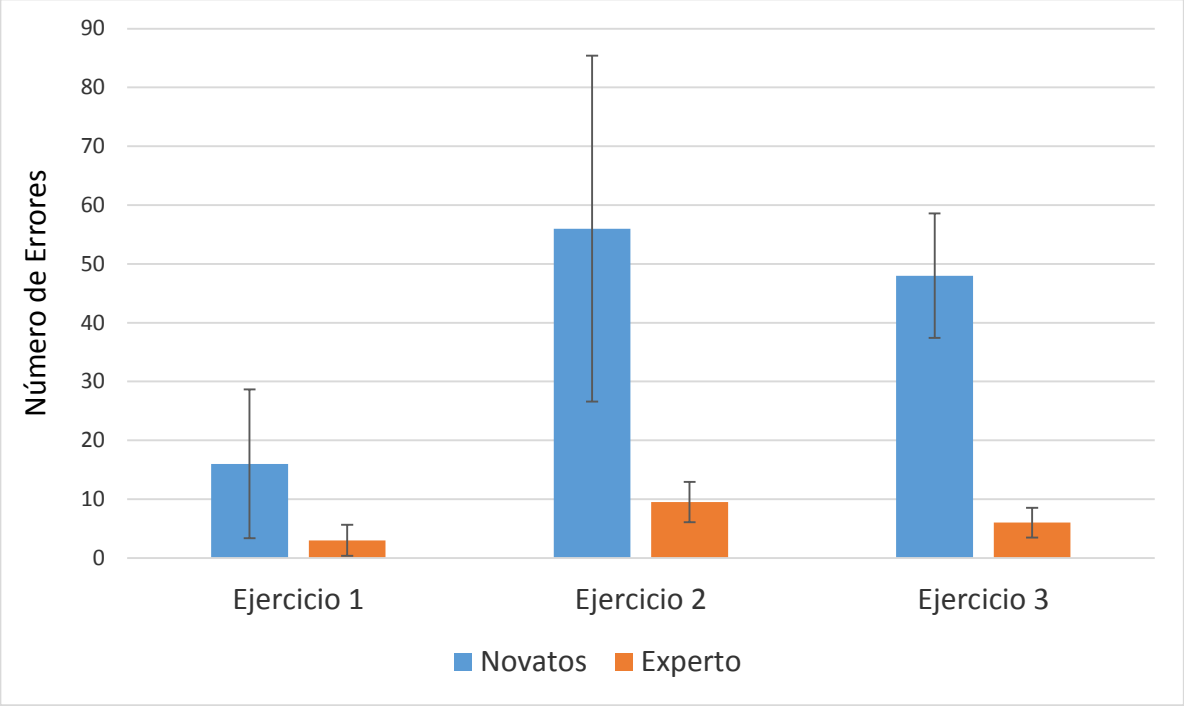
$P < 0.05$

Tabla 4.- Comparación del número de caídas del objeto y errores cometidos en cada ejercicios en ambos grupos

	EXPERTOS		NOVATOS		P	
EJERCICIOS	Errores	Caídas	Errores	Caídas	Errores	Caídas
1	3 ± 2,6	0	16 ± 12,7	2 ± 1,8	0,001	0,021
2	9,5 ± 3,4	0	56 ± 29,4	1 ± 1	0,001	0,072
3	6 ± 2,5	0	48 ± 10,6	5,5 ± 3,3	0,004	0,004

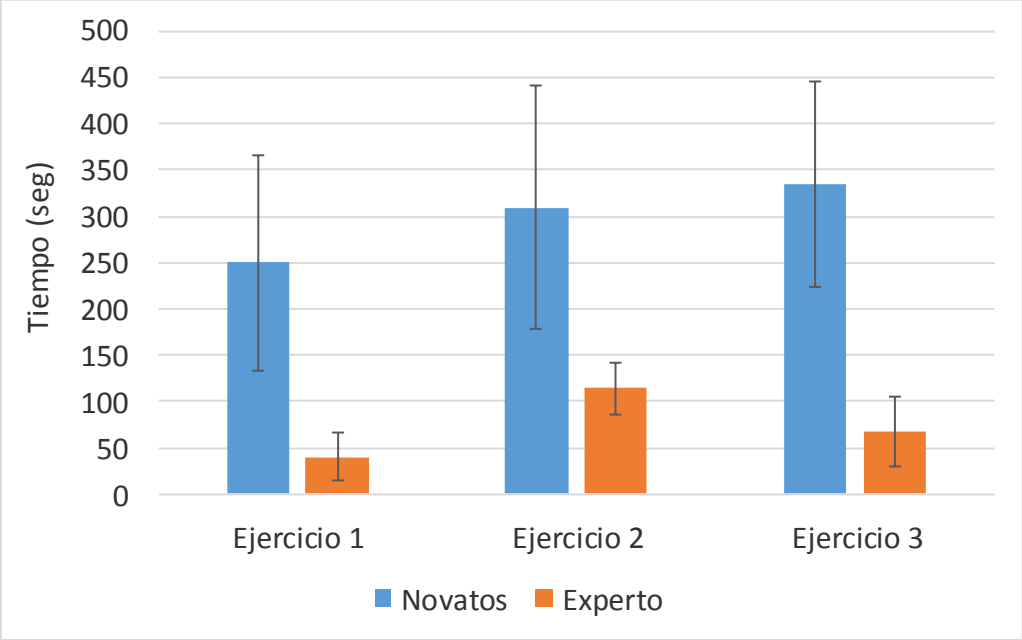
$P < 0.05$

Gráfica 1.- Número de errores cometidos en cada ejercicio en ambos grupos. Servicio de Cirugía III. Hospital Universitario de Caracas. 2015



Fuente: tabla número 4

Gráfica 2.- Tiempo requerido para la realización de los ejercicios en ambos grupos. Servicio de Cirugía III. Hospital Universitario de Caracas. 2015



Fuente: tabla número 3