

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

**SUTURA Y ANUDADO LAPAROSCÓPICO ASISTIDO POR ROBOT: ESTUDIO
COMPARATIVO DE LA CURVA DE APRENDIZAJE**

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

Tutor: Alexis Sánchez Ismayel

Liumariel Vegas Silva

Caracas, junio 2012

DR. GUSTAVO BENÍTEZ
DIRECTOR DEL CURSO DE POSTGRADO DE CIRUGÍA GENERAL

DR. JAVIER CEBRIÁN
COORDINADOR DEL CURSO DE POSTGRADO DE CIRUGÍA GENERAL

DR. ALEXIS SÁNCHEZ ISMAYEL
TUTOR

DRA. OMAIRA RODRIGUEZ
ASESORA

LIC. DOUGLAS ANGULO
ASESOR ESTADISTICO

ÍNDICE DE CONTENIDO

RESUMEN	4
INTRODUCCIÓN	5
MÉTODOS	15
RESULTADOS	17
DISCUSIÓN	18
CONCLUSIONES	26
REFERENCIAS	27
ANEXOS	31

Resumen

SUTURA Y ANUDADO LAPAROSCÓPICO ASISTIDO POR ROBOT: ESTUDIO COMPARATIVO DE LA CURVA DE APRENDIZAJE

Liumariel Vegas, CI. 15.394.394, E-mail: liuma2000@yahoo.es. Telf: 0212-6067279. Dirección: Hospital Universitario de Caracas.

Curso de Especialización en Cirugía General

Tutor: **Alexis Sánchez**, CI. 11.308.682, E-mail: dralexissanchez@hotmail.com.

Telf: 0212-6067279. Dirección: Hospital Universitario de Caracas.

Especialista en Cirugía General

RESUMEN

Objetivo: Comparar la curva de aprendizaje de sutura y anudado intracorpóreo en cirugía laparoscópica convencional y asistida por Robot. **Método:** Se evaluó a 5 individuos en laparoscopia convencional y asistida por robot para la realización de sutura y anudado intracorpóreo en modelo inanimado, los cuales fueron valorados según la escala de GOALS. **Resultados:** Se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas en relación al tiempo y al puntaje obtenido en la escala de GOALS en laparoscopia asistida por robot sobre la laparoscopia convencional. **Conclusión:** Las prácticas de tareas laparoscópicas complejas en sistemas robóticos mejoran y acortan la curva de aprendizaje en sujetos sin experiencia previa en laparoscopia avanzada.

PALABRAS CLAVE: cirugía robótica, cirugía laparoscópica, curva de aprendizaje, anudado intracorpóreo, GOALS.

ABSTRACT

LAPAROSCOPIC SUTURE AND TIE-AIDED ROBOT: A COMPARATIVE STUDY OF LEARNING CURVE

Objective: To compare the learning curved suture and intracorporeal knotting in conventional laparoscopic and robot assisted. **Method:** We evaluated 5 individuals in conventional laparoscopic and robotic assisted to perform intracorporeal suturing and tying in inanimate model, which were measured at the scale of GOALS. **Results:** There were statistically significant differences in relation to time and score on the scale of GOALS in robot-assisted laparoscopy over conventional laparoscopy. **Conclusion:** The practice complex laparoscopic tasks robotic systems improve and shorten the learning curve in subjects without previous experience in advanced laparoscopy.

KEY WORDS: robotic surgery, laparoscopic surgery learning curve, intracorporeal knotting, GOALS.

INTRODUCCIÓN

El advenimiento de la cirugía laparoscópica constituyó, para la década de los noventa, un gran cambio en cuanto a la concepción mundial de la cirugía moderna, con grandes ventajas sobre la cirugía abierta como mínimo daño al tejido y rápida recuperación, pero con largos procesos para la adquisición de habilidades.

La incorporación de nuevas tecnologías a la cirugía ha permitido un gran desarrollo de las técnicas de enseñanza conocidas hasta ahora. La laparoscopia, en líneas generales, ha revolucionado el campo de la cirugía; sin embargo tiene limitaciones, entre ellas la visión bidimensional, el efecto *fulcrum*, la restricción del rango de movimiento, la disminución de la háptica y pobre ergonomía constituyen dificultades que el cirujano debe enfrentar al realizar procedimientos de cirugía mínimamente invasiva ⁽¹⁾.

La introducción de la cirugía robótica surge como un intento de reducir muchas de las limitaciones de la laparoscopia, mientras mantiene su naturaleza mínimamente invasiva, permite superar algunas de las dificultades al mejorar la visión, aumentar los grados de libertad y la ergonomía⁽¹⁾. El impacto de esta tecnología en la realización de tareas complejas, como la sutura y anudado intracorpóreo, son el objetivo de este estudio.

Planteamiento y delimitación del problema

El éxito de los procedimientos depende en su mayoría de la habilidad del cirujano para realizar cada maniobra asociada al procedimiento⁽²⁾. Un consenso emergente en las especialidades quirúrgicas, es que la adquisición de habilidades técnicas debe tener gran énfasis durante el proceso de entrenamiento quirúrgico. Reconociendo la importancia de la

práctica y el entrenamiento como medida fundamental para disminuir el riesgo de daño y lesión al paciente, algunos educadores quirúrgicos insisten en la necesidad de realizar cursos dirigidos tanto a la enseñanza didáctica como a largos bloques de tiempo de práctica⁽³⁾.

El objetivo del entrenamiento simulado es proporcionar el mejor nivel posible de habilidades al entrenado, antes de que éste inicie la experiencia clínica⁽⁴⁾. El entrenamiento en pruebas quirúrgicas parciales ha sido aplicado en formas básicas de cirugía abierta, tales como suturas en superficies blandas o el anudado a un objeto fijo; sin embargo el advenimiento de la cirugía mínimamente invasiva, trajo consigo cambios técnicos que han requerido sofisticados niveles prácticos. Así operar a través de pequeñas incisiones, con largos instrumentos, guiados por una cámara de video donde se altera la visión de profundidad, disminuye la retroalimentación táctil y el movimiento de las manos se asocia con un movimiento paradójico de las pinzas, ha requerido la creación de nuevas y sofisticadas plataformas prácticas para la adquisición de habilidades que aumentan la seguridad y eficacia de las cirugías⁽³⁻⁵⁾.

El dominio de una habilidad en particular, ocurre luego de cumplir una serie de repeticiones de la misma tarea, hasta alcanzar un punto donde la tarea se realiza sin siquiera considerar que los pasos realizados para la consecución de la misma sean los correctos. Algunos individuos aprenden más rápido que otros, lo cual varía en relación a habilidades innatas y la velocidad para la interiorización del objetivo, lo cual se evidencia incluso en grupos con niveles similares de experiencia clínica. Sin embargo, el punto de corte donde la mayoría de los sujetos adquieren una habilidad determinada, se considera como la curva de aprendizaje para esa tarea en particular⁽⁶⁾.

Hay quienes estiman, tal y como se refleja en el estudio realizado por Stefanidis y colaboradores en 2009, que las dificultades de la cirugía laparoscópica se ven superadas en el sistema robótico⁽¹⁾, dado por la capacidad de este último para proporcionar una visión tridimensional del área de trabajo y los grados de libertad de sus brazos, disminuyendo de esta manera la curva de aprendizaje lo cual constituye el objetivo del presente estudio.

Justificación e importancia

La oportunidad de adquirir nuevas habilidades, requeridas para la cirugía laparoscópica, en un ambiente eficiente, efectivo y que no arriesga la seguridad del paciente, es crítico para los recientes programas de entrenamiento. El programa MISTELS (McGill Inanimate System for Training and Evaluation of Laparoscopic Skills), basado en cajas negras de adiestramiento, fue desarrollado para estandarizar la enseñanza y evaluación de fundamentos laparoscópicos básicos en un ambiente seguro⁽⁷⁾.

Tal y como se refleja en el trabajo publicado por Avinash aunque el mejor campo de entrenamiento estaba representado por la Sala de Operaciones, someter al paciente a una situación de alto riesgo y por tanto éticamente inaceptable, impulsó el auge de los modelos de entrenamiento⁽⁸⁾.

Ahora bien, aun existe gran disyuntiva en relación al método de entrenamiento más idóneo para la adquisición de esas habilidades fundamentales para el residente en formación al momento de enfrentarse al trabajo del día a día. Algunos autores han sugerido que la falta de háptica en la cirugía endoscópica asistida por Robot, conduce a la prolongación de la curva de aprendizaje; mientras que aquellos que apoyan la cirugía robótica sostienen que esta deficiencia es solventada por la calidad de visión tridimensional

ofrecida por el sistema robótico, la cual es capaz de disminuir los tiempos, tasas de error y mejorar tasas de desempeño tanto en cirujanos endoscopistas expertos como inexpertos, si esto es comparado con la visión tradicional en dos dimensiones de la cirugía mínimamente invasiva ⁽⁹⁾.

El HUC se ha convertido desde el 2009 en uno de los primeros centros de enseñanza a nivel mundial que ofrece a residentes en formación la oportunidad de entrenarse en cirugía robótica. En este sentido se nos plantea la necesidad de evidenciar la realización de tareas complejas en nuestro personal en formación, estableciendo de esta manera la primera experiencia nacional en esta materia, que servirá de punto de partida para una interesante línea de investigación en beneficio de la cirugía robótica, en la enseñanza de técnicas quirúrgicas mínimamente invasivas.

Antecedentes

El entrenamiento quirúrgico ha evolucionado a lo largo de generaciones para incorporar un marco de la evaluación basada en la competencia y el progreso. Desde los tiempos de Halsted, el entrenamiento y la práctica quirúrgica ha sido cuestionada como resultado de diferentes factores ⁽¹⁰⁾.

Los cursos de adquisición de habilidades laparoscópicas básicas y avanzadas, cuentan con mejores herramientas tales como simuladores de vídeo laparoscópica y de realidad virtual laparoscópica. La formación basada sobre estos dispositivos ha demostrado mayor validez en un número creciente de estudios, siendo capaz de discriminar entre principiantes y expertos al momento de evaluar el rendimiento durante una tarea específica ⁽¹¹⁾.

Los avances tecnológicos, junto con los cambios económicos y políticos a nivel global, han dado lugar a cambios importantes en la educación quirúrgica. El desarrollo de modelos de entrenamiento, simuladores de alta fidelidad aunado a la amplia disponibilidad de Internet, han permitido aprender, lo que a su vez ha sido transferido a la sala de operaciones ⁽¹²⁾.

Hasta ahora el entrenamiento quirúrgico, se había basado tradicionalmente en el uso de modelos inanimados o bien en la práctica sobre modelos animales; razón por la cual se hizo indispensable la introducción de otros medios de enseñanza, basados fundamentalmente en la ciencia de la computación, que a través del uso de gráficos interactivos, realidad virtual y tecnología robótica, hicieron posible la obtención de instrumentos de aprendizaje considerablemente más baratos y de alta fidelidad para la representación de la anatomía humana ⁽³⁾.

La simulación quirúrgica rápidamente se convirtió en parte integral de la educación de residentes de postgrados quirúrgicos, por lo que numerosas presiones socioeconómicas llenaron el presente interés en métodos alternativos de entrenamiento en cirugía ⁽⁴⁾.

Así, la simulación tuvo el potencial de proveer herramientas rápidas de competencia técnica en la sala de operaciones, una importante consideración al valorar la restricción horaria de los residentes quirúrgicos ⁽¹³⁾. Los simuladores ofrecían a los residentes la oportunidad de practicar técnicas y procedimientos con los cuales no estaban familiarizados, en ambientes virtuales, reduciendo potencialmente los errores quirúrgicos en la sala de operaciones; situación a la que tuvieron que hacer frente escuelas de medicina,

sociedades científicas, así como organizaciones académicas y clínicas, con el objetivo de elevar el nivel de preparación de los profesionales de la salud ⁽³⁾.

Los modelos de entrenamiento fueron entonces aplicables a los diferentes campos de la cirugía, como fue demostrado por Sánchez y colaboradores al presentar el impacto de su modelo de entrenamiento en la adquisición de habilidades durante la exploración laparoscópica de la vía biliar ⁽¹⁴⁾; por Sotelo y colaboradores en 2009 al desarrollar un modelo utilizando molleja de pollo para simular la realización de anastomosis uretrovesicales por vía laparoscópica, dada su similitud con las condiciones en las cuales se realiza este procedimiento en humanos ⁽¹⁵⁾; o bien por Pedrón y colaboradores en el 2010, al diseñar un modelo de entrenamiento para apendicectomías durante el abordaje laparoscópico por un solo puerto ⁽¹⁶⁾.

Marco teórico

A lo largo de la historia de la cirugía, el hombre en constante evolución, se ha valido de diferentes métodos de aprendizaje, siendo el tradicional “ve uno, haz uno y enseña uno” el estándar de la enseñanza para la mayor parte de los procedimientos quirúrgicos. El desarrollo de modernas tecnologías, hacia el final del segundo milenio, ha contribuido significativamente en la evolución de diferentes campos, muy especialmente el campo de la cirugía mínimamente invasiva. Con el advenimiento de nuevas tecnologías computarizadas, se ha contribuido significativamente tanto en la parte diagnóstica como en la aplicación de procedimientos terapéuticos.

El énfasis tradicional por el entrenamiento, ha llevado a introducirse en ambientes clínicos controlados por largos períodos de tiempo, lo cual tuvo sus inicios incluso antes del

advenimiento del siglo veinte; así por ejemplo el Dr. William Halsted alrededor de 1892, fue el primero en establecer un sistema prolongado y organizado de entrenamiento quirúrgico, haciendo hincapié en el aprendizaje de las ciencias quirúrgicas y disciplinas relacionadas, al mismo tiempo que introducía a los entrenados en ambientes supervisados con diferentes grados de responsabilidades; lo cual en la actualidad constituye la base fundamental de los sistemas de residencia americanos ⁽⁶⁾. Como muchas cosas a lo largo de la evolución, este sistema ha sufrido modificaciones con la introducción de novedosas tecnologías. Uno de los principales objetivos, ha sido la adquisición de habilidades técnicas que de alguna forma habían sido olvidadas en el pasado, dando sus primeros pasos sobre la década de los setenta cuando se introdujeron cursos de habilidades motoras para residentes, marcando un paradigma en cuanto a la aceptación del entrenamiento simulado como herramienta de aprendizaje. De igual forma en 1999 la Academia Nacional del Instituto de Ciencias de la Medicina, publicó un documento titulado “Errar es de Humanos” donde se resaltaban más de 98000 muertes al año atribuidas al error médico, las cuales fueron catalogadas como prevenibles; lo cual se traducía como incremento en estancias hospitalarias, con incremento de los costos en más del 600% ⁽⁶⁾.

La robótica médica surge como una ciencia emergente, cobrando cada vez mayor importancia y aceptación en el campo de la cirugía; además de ofrecer un enorme potencial, el cual puede brindar avances significativos en procedimientos clínicos para diversas patologías quirúrgicas. La evolución de robots quirúrgicos aunado al reciente desarrollo en tecnología de la información, ha abierto nuevos horizontes en el campo de entrenamiento de habilidades quirúrgicas. Así, surge el sistema robótico Sistema Da Vinci®, que teniendo como antecesor a AESOP, está constituido por tres componentes: la

consola del cirujano, donde se encuentra el sistema computarizado y sistema de visión en tres dimensiones; la torre, que contiene los elementos de video y el insuflador de neumoperitoneo; y el sistema de brazos robóticos donde se articulan la cámara e instrumentos quirúrgicos ⁽¹⁷⁾. (Ver Anexo Figura N° 1)

Los sistemas robóticos han mostrado ser instrumentos que pueden ser fácilmente utilizables, incluso para aquellos que nunca han utilizado uno, lo cual es efectivo en el perfeccionamiento de habilidades quirúrgicas sin generar ningún daño o exposición del paciente a ningún riesgo ⁽³⁾.

Por tal motivo el objetivo de los simuladores quirúrgicos de entrenamiento es ayudar a la adquisición de entrenamiento y refinar las habilidades técnicas y cognitivas, necesarias para realizar tanto procedimientos quirúrgicos simples como complejos; habilidades que han sido empleadas tanto en la industria aérea como militar. Existen diferentes tipos de simuladores disponibles para el desarrollo de habilidades, los cuales pueden ser divididos en dos tipos: de alta fidelidad y de baja fidelidad. La fidelidad de un simulador está determinada por su capacidad para proporcionar realismo, por medio de diferentes características tales como: imagen visual, presentaciones táctiles, capacidad de retroalimentación e interacción con el usuario ⁽⁴⁾.

Diferentes programas han sido creados para asumir estas realidades, donde las herramientas para la adquisición de habilidades quirúrgicas han probado ser inequívocamente efectivas; a pesar de ello muchas interrogantes han surgido, lo que ha llevado a plantear las razones por las cuales se logra el aprendizaje. En este sentido han surgido diferentes modelos, como la Andragogía de Knowles o el modelo Constructivista

de Dreyfus, que promulgan el aprendizaje por etapas intercalando el conocimiento y la práctica ⁽⁶⁾.

Más allá de la simple valoración métrica, han surgido diversas herramientas, fundamentadas en la valoración y evaluación por observadores expertos, dirigidas a la valoración objetiva de determinadas tareas; entre ellas: OPRS (*Operative Performance Rating System*) descrita por Larson, la cual emplea diferentes escalas para valorar el desempeño de los residentes en 10 procedimientos específicos; OSATS (*Objective Structured Assessment of Technical Skills*) desarrollada por Winckel, utilizada en conjunto para valorar el desempeño de los residentes fuera de la sala de operaciones con una lista de tareas específicas; y el GOALS (*Global Operative Assessment in Laparoscopic Skills*), similar a sus antecesoras, y creada con el propósito de proveer evaluaciones formativas específicas útiles para la valoración de los programas de residencias quirúrgicas ⁽¹⁸⁾, método que utilizaremos en el presente estudio.

El GOALS en particular, fue desarrollado para evaluar habilidades laparoscópicas intraoperatorias por observación directa, el cual fue inicialmente validado durante la disección de la vesícula biliar del lecho hepático, siendo entonces considerado una herramienta factible y válida para medir destrezas técnicas en el set de operaciones. Esta escala global mide el desempeño en cinco dominios, tres de los cuales son específicos a la cirugía laparoscópica (percepción de profundidad, destreza bimanual, maniobrabilidad de los tejidos), y dos más genéricos (eficiencia y autonomía). Cada dominio es valorado en una escala del 1 al 5, con una puntuación total que va del 5 al 25, según el desempeño ⁽⁷⁾.

En estudios previos se ha señalado, tal y como se evidencia en el trabajo de Gauger y colaboradores, que la delimitación de tareas específicas, con reporte periódico del progreso obtenido durante el entrenamiento sobre modelos simulados, mejora el desempeño temprano dentro de la sala de operaciones ⁽¹⁰⁾. De la misma manera, hemos demostrado su utilidad a la hora de evaluar procedimientos quirúrgicos en modelos inertes ⁽¹⁶⁾.

Objetivo general

Comparar la curva de aprendizaje de sutura y anudado intracorpóreo en cirugía laparoscópica convencional y asistida por robot.

Objetivos específicos

1. Seleccionar cinco individuos con similar experiencia en cirugía laparoscópica básica, sin conocimientos de procedimientos laparoscópicos avanzados como sutura y anudado intracorpóreo.
2. Determinar mediante el uso de la escala GOALS y el tiempo empleado en la tarea, el desempeño de los individuos al realizar sutura y anudado intracorpóreo en un modelo de entrenamiento tanto en Laparoscopia Convencional como Asistida por Robot.
3. Realizar seis prácticas tanto en Laparoscopia Convencional como Asistida por Robot y evaluar el desempeño en cada una de las sesiones realizadas utilizando la escala de GOALS y el tiempo empleado en la tarea de Laparoscopia Convencional versus la Asistida por Robot.
4. Comparar las curvas obtenidas en las sesiones de entrenamiento.
5. Desarrollar habilidades en Cirugía Laparoscópica Convencional y Asistida por Robot.

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

Estudio Prospectivo, comparativo, basado en la realización de sutura y anudado intracorpóreo en modelo inanimado, realizado tanto en Caja de Entrenamiento con pinzas laparoscópicas convencionales como en el Sistema Da Vinci® S.

Población y muestra

La población tomada en cuenta en este estudio estuvo conformada por residentes del postgrado de Cirugía General del Servicio de Cirugía III, los cuales fueron evaluados tanto en el área de entrenamiento en Cirugía Laparoscópica del servicio de Cirugía III, como en el ambiente correspondiente al Quirófano “I” asignado al Programa de Cirugía Robótica del Hospital Universitario de Caracas (HUC), en el período comprendido entre los meses de mayo y septiembre de 2010. La muestra estuvo conformada por cinco (5) residentes con habilidades en cirugía laparoscópica básica, sin experiencia en sutura y anudado intracorpóreo.

Procedimiento

Cada una de las sesiones se llevó a cabo sobre un modelo de entrenamiento desarrollado para tal fin (Ver Anexo Figura N° 2), donde cada uno de los individuos realizó tanto en Laparoscopia Convencional como en la Asistida por Robot una tarea predeterminada, la cual consistía en un anudado inicial con Vicryl 3-0 de 8 cms cada una, seguido por dos pases de sutura continua, para culminar con un anudado final. (Ver Anexo Figura N° 3)

Los resultados obtenidos fueron valorados según la escala GOALS (Global Operative Assessment of Laparoscopic Skills), la cual evalúa por medio de 5 parámetros (Percepción de Profundidad, Destreza Bimanual, Maniobrabilidad del Tejido, Eficiencia y Autonomía) con una puntuación mínima de 5 y máxima de 25 puntos, el desempeño y habilidad del participante para la realización de tareas específicas (Ver Anexo Figura N° 4 y 5).

Tratamiento estadístico adecuado

Se calculó la media y la desviación estándar de las variables continuas; en el caso de las variables nominales se calculó sus frecuencias y porcentajes. Los contrastes entre el procedimiento laparoscópico respecto al robótico se basó en la prueba no paramétrica U de Mann-Whitney. Se consideró un valor significativo de contraste si $p < 0,05$. Los datos se analizaron con SPSS 20.

RESULTADOS

Se evaluaron un total de cinco individuos en un total de seis sesiones prácticas tanto en laparoscopia convencional como la asistida por robot, en relación a lo cual los datos obtenidos se ven reflejados en el Tablas N° 1 y 2 (Ver Anexos: Tablas y Gráficos); precisando el tiempo empleado para la consecución de la tarea, el desempeño durante la realización de la misma, evaluado según la escala de GOALS, y comparando los resultados entre sí.

Para evaluar las diferencias entre los tiempos obtenidos en laparoscopia convencional y asistida por robot se utilizó la prueba no paramétrica U de Mann-Whitney. En este sentido, puede notarse una diferencia estadísticamente significativa desde la primera práctica, volviéndose cada vez más representativos en la misma medida en que progresaban las prácticas.

Al igual que anteriormente, para la comparación de los resultados obtenidos de acuerdo a la escala de GOALS se utilizó la prueba no paramétrica U de Mann-Whitney; evidenciando gran significancia desde la primera práctica, lo cual se mantiene en forma sostenida hasta la sexta sesión.

DISCUSIÓN

El advenimiento de la cirugía laparoscópica constituyó, para la década de los noventa, un gran cambio en cuanto a la concepción mundial de la cirugía moderna, representado esto por procedimientos quirúrgicos mínimamente invasivos y contrarrestando en parte lo que hasta ese momento venía dado por “grandes incisiones, para grandes cirujanos” ⁽¹⁹⁾. Así este abordaje aporta ventajas en relación con menor dolor postoperatorio, rápida recuperación, menor estancia hospitalaria y mejores resultados desde el punto de vista estético ⁽²⁰⁻²¹⁾. Sin embargo también se asocian importantes limitaciones para el cirujano como la pérdida de la sensación táctil, disminución de la concepción de profundidad, aunado a la percepción de imágenes en dos dimensiones y el efecto *fulcrum*, que obliga a realizar movimientos en sentido inverso a lo que normalmente se haría en cirugía a cielo abierto, y alterando la correcta coordinación ojo-mano, originando en última instancia pérdida de destreza ⁽²²⁾. Añadido a esto, los cirujanos en formación siempre han tenido que adquirir experiencia operativa a través del "ensayo y error supervisado" en pacientes reales ⁽¹⁹⁾, estimulando la búsqueda, cada vez mayor, de programas y herramientas educativas para el aprendizaje en ambientes seguros y evitar el daño al paciente.

La aparición, con el nuevo milenio, de la tecnología robótica aplicada a la cirugía supuso un espectacular empuje en diferentes campos, calando rápidamente en la esfera urológica y posteriormente en procedimientos ginecológicos y en cirugía general, donde su creciente popularidad está marcando la pauta ⁽²³⁾. Con la introducción de dichos sistemas robóticos, se pretende superar dificultades técnicas ⁽²⁴⁾.

Estudios indican que la háptica es de vital importancia en simuladores laparoscópicos, siendo capaz de incrementar la efectividad de sistemas de entrenamiento de realidad virtual; sin embargo, este hecho constituye un punto controversial en el diseño de simuladores de realidad virtual debido a lo difícil y complicado de la incorporación de retroalimentación háptica realista en estos sistemas. A pesar de ello, diferentes estudios destacan que tanto el realismo como la familiarización con los tejidos no necesariamente disminuye la experiencia del entrenamiento, así que, si bien es cierto que la habilidad de apreciar presentaciones táctiles de los objetos es un componente esencial de aprendizaje, no hay evidencia contundente que lo apoye ⁽⁵⁾. A diferencia de lo anterior en los simuladores de realidad aumentada, como es el caso de las cajas de entrenamiento, este punto no constituye un tema álgido debido a la naturaleza del sistema ⁽²⁵⁾.

El uso de la simulación en el currículo de adiestramiento quirúrgico se ha convertido en el método más aceptado de entrenamiento, por su capacidad de proveer un régimen de evaluación objetivo y la retroalimentación derivada de sus resultados. La retroalimentación parece ser un elemento clave en la adquisición de habilidades, así de acuerdo al trabajo publicado por Botden y colaboradores esta retroalimentación puede dividirse en dos grandes categorías a considerar: una retroalimentación intrínseca dada por la información que está directamente disponible al sistema sensorial del individuo, tales como la háptica y la información visual del movimiento de las pinzas durante la prueba desarrollada; y por otro lado una retroalimentación extrínseca, la cual es suministrada por una fuente externa, teniendo dos roles fundamentales: facilitar los resultados y tasas de éxito en la realización de cada tarea, y por otro lado motivar la continuidad del entrenamiento como herramienta para la consecución de la meta ⁽²⁶⁾.

La adquisición de destrezas técnicas, forma parte de los objetivos principales del entrenamiento quirúrgico, sin embargo la medición objetiva para acceder a estas habilidades adquiridas del entrenamiento es aún debatida. En el modelo tradicional de entrenamiento quirúrgico los residentes realizan diferentes procedimientos, en los cuales son supervisados por un instructor, que es quien determina que ha alcanzado la destreza quirúrgica para actuar independientemente; método que actualmente es considerado subjetivo y poco práctico. A la luz de los nuevos avances en técnicas de adquisición de habilidades, los programas de residencias quirúrgicas deben ser capaces de evaluar de forma objetiva estas habilidades de sus residentes, desde su ingreso al programa hasta su graduación. Así en el año 1997, la Sociedad Americana de Cirujanos Gastrointestinales y Endoscopistas (SAGES) lanza un programa certificado, el *Fundamental of Laparoscopic Skills* (FLS), dirigido a evaluar el desempeño de los cirujanos en técnicas laparoscópicas básicas. El programa, que involucraba un grupo de tareas basadas en el *McGill Inanimate System for Training and Evaluation of Laparoscopic Skills* (MISTELS), incluía actividades como patrones de corte, anudado extra e intracorpóreo, incluyendo además elementos didácticos para cubrir los conceptos laparoscópicos básicos; programa que ha sido adoptado como requisito indispensable de algunos programas de entrenamiento ⁽⁷⁾. Por otro lado, Lord Ara Darzi y colaboradores, del Colegio Imperial en Londres, realizaron procedimientos en un teatro de operaciones simulado con equipo quirúrgico estándar, cuyo objetivo fundamental era simular, con un alto nivel de realismo, las interacciones y el desempeño del equipo. Es de esta forma, que en 2006, inspirado en el trabajo de Darzi y colaboradores, se construye el primer centro de simulación en el Centro de Simulación y Habilidades Carl J. Shapiro de Boston ⁽²⁶⁾.

La simulación ha tenido cabida no solo en el campo médico, de la misma forma como en el campo quirúrgico, ha logrado aportes invaluableles en otros campos como deportes, música, ajedrez y la aviación; precisamente en éste último su introducción, entre 1920 y 1930, disminuyó los costos relacionados a accidentes y mejoró dramáticamente la seguridad aérea; sin embargo la complejidad del cuerpo humano, con su variable anatomía, fisiología y estados patológicos, que enmarcan un rango de situaciones impredecibles, constituyen todo un reto para el desarrollo de estas tecnologías ⁽⁶⁾.

En nuestro servicio diferentes modelos han sido empleados para la evaluación del desempeño en técnicas laparoscópicas como apendicectomías y la exploración laparoscópica de la vía biliar ⁽¹⁴⁾, pero parece ser la técnica de anudado intracorpóreo el procedimiento avanzado de mayor complejidad. Largas curvas de aprendizaje, aunado a las presiones del horario de trabajo y el ojo público sobre el error médico, han impulsado el desarrollo de técnicas de enseñanza en el laboratorio, donde han sido analizadas diversas técnicas de instrucción de habilidades en laparoscopia, así como factores predictivos asociados, entre ellos habilidades visoespaciales, sexo, experiencia en videojuegos y reconocimiento de errores ⁽²⁷⁾. En todo caso el objetivo que se persigue con el entrenamiento adecuado, es la realización de procedimientos quirúrgicos más seguros y efectivos.

La cirugía robótica dio cabida a un nuevo medio para la adquisición de habilidades quirúrgicas a través de la simulación de diversos procedimientos quirúrgicos ahora realizables por vía robótica, haciendo factible que los cirujanos pudiesen practicar las operaciones con simulaciones en tres dimensiones, realidad virtual e incluso con modelos visuales para recrear las texturas de los tejidos ⁽¹⁹⁾.

Como se demostró en el trabajo de Sánchez y colaboradores, el uso de modelos inertes como parte del entrenamiento del equipo quirúrgico, favorece el éxito y la seguridad en determinado procedimiento quirúrgico, muy particularmente en el ámbito de la robótica, donde el objetivo principal sería lograr intervenciones de gran precisión y eficacia ⁽²⁸⁾.

Si bien es cierto que el principio básico de los sistemas robóticos está basado en las mismas pautas de la cirugía laparoscópica, es decir, en instrumentos rectos introducidos en una cavidad a través de pequeñas incisiones hechas por el cirujano; la visión en tres dimensiones, la ergonomía de la consola de trabajo, los siete grados de libertad en la articulación de los instrumentos, sumado esto a la reproducción de movimientos milimétricos de la mano del cirujano hasta el paciente, a través de un poderoso procesador, parecen constituir la pieza clave para el continuo desarrollo de este tipo de tecnologías ⁽²⁹⁾.

Los beneficios potenciales del sistema robótico incluyen reducción de la fatiga del cirujano durante la cirugía, un mejor rendimiento y seguridad en la realización de anudado intracorpóreo, reducción de complicaciones postoperatorias, así como disección más nítida y más meticulosa; convirtiendo al HUC en el único centro público de Latinoamérica en contar con esta tecnología. Sin embargo, el costo más alto del sistema robótico sigue siendo un obstáculo para su amplia distribución, por lo que muchos problemas socioeconómicos quedan por resolver en el futuro. Además, aún son necesarias pruebas más concretas sobre los beneficios tanto para el paciente como para el cirujano, en comparación con la laparoscopia convencional ⁽³⁰⁾.

En virtud de lo antes mencionado, y tal como se ve reflejado en el trabajo publicado por Anderberg y colaboradores, las tareas realizadas por medio del sistema robótico

parecen ser ejecutadas con mayor facilidad, que aquellas efectuadas por vía laparoscópica convencional, incluso por aquellas personas sin experiencia alguna en cirugía laparoscópica⁽²⁹⁾.

En este sentido, parece importante definir el concepto de curva de aprendizaje que puede ser la cantidad de práctica, en términos de tiempo o número de repeticiones, necesaria para alcanzar un cierto nivel de habilidad para completar una tarea específica, cuyos parámetros de análisis generalmente vienen dados por el tiempo para completar la tarea, el número de errores cometidos y las acciones requeridas⁽²⁹⁾. En la práctica diaria, la tasa de conversión, tiempo de operación, la pérdida de sangre, la morbilidad y la estancia hospitalaria se utilizan para evaluar la curva de aprendizaje para un procedimiento específico. En este sentido muchos procedimientos endoscópicos avanzados se caracterizan por una larga curva de aprendizaje, traduciéndose en algunos casos en un aumento excesivo de los costos⁽²⁹⁾.

Es aquí donde surgen las teorías del aprendizaje entre las que destaca la teoría del constructivismo donde el estudiante crea normas de referencia y conceptos basados en sus propias interpretaciones; o bien la teoría del Novato a Experto, que se asemeja un poco más a la técnica que se utilizará en el presente estudio, donde el estudiante es principiante en una materia determinada, pero la experiencia de expertos en dicho campo disminuirán progresivamente las diferencias entre ambos grupos por medio de capacitación y experiencia⁽³¹⁾. Bien lo resumen Fitts y Posner en su modelo de adquisición de habilidades cognitivas, donde el aprendizaje se realiza de forma escalonada, pasando por tres fases fundamentales: cognitiva, integración y automatismo (Ver Anexo Figura N° 6)⁽³²⁾.

En nuestro estudio se puede evidenciar que, a pesar de ser individuos sin experiencia en laparoscopia avanzada, desde la misma primera práctica el tiempo empleado para alcanzar la tarea en el anudado asistido por robot, es considerablemente menor (16 min Vs 10,8 min) que con la laparoscopia convencional, con una diferencia estadísticamente significativa.

De hecho en la publicación de Stefanidis y colaboradores, basada en técnicas de anudado intracorpóreo asistido por robot, los autores informaron que el rendimiento de los participantes en esta tarea mejora considerablemente, acortando así la curva de aprendizaje, en comparación con el rendimiento en cirugía laparoscópica que no mejora sino hasta después de tres repeticiones de la tarea ⁽¹⁾. Por tal motivo es de suponer que estos sistemas mejoren significativamente la curva de aprendizaje, permitiendo a los alumnos adquirir habilidades quirúrgicas en corto tiempo, mientras se reduce el error quirúrgico, disminuyendo la morbilidad traducida en el paciente ⁽¹⁹⁾.

Por otra parte pudiese ser un factor a considerar, de acuerdo al trabajo publicado por Schaafsma y colaboradores, y considerando que durante la fase inicial del proceso de adquisición de nuevas habilidades, los cursos de formación en presencia de un experto parecen ser útiles, la retroalimentación por parte de laparoscopistas expertos durante la realización, por parte de cirujanos novatos, de tareas avanzadas, como el anudado intracorpóreo, lo cual puede generar cambios en el rendimiento y realización de cada tarea, optimizando el desempeño; aunque esto no formó parte de los objetivos del presente estudio y pudiese ser considerado como una variable asociada ⁽³³⁾.

Igual relevancia, para el análisis de la eficacia en la consecución de un ejercicio determinado, merece el uso de una escala que permita determinar en forma objetiva y estructurada el desempeño de un individuo en una tarea determinada, indistintamente de su nivel de experiencia, por lo cual el GOALS sirve como herramienta para el fortalecimiento de las debilidades en programas de entrenamiento ⁽³⁴⁾.

Sin embargo, de acuerdo a los datos obtenidos en nuestro trabajo, la facilidad con que el sistema robótico permite desarrollar una tarea, esto valorado según el puntaje conseguido en la Evaluación Global de Habilidades Laparoscópicas (GOALS), parece ser indiscutible aún sin contar con la presencia de retroalimentación por parte de expertos (Práctica 1= 7 Vs 21,2 puntos).

Así, y como ha sido demostrado por diferentes publicaciones, si la cirugía robótica permite un mejor y mucho más rápido dominio de tareas avanzadas, como el anudado intracorpóreo, con iguales o mejores resultados que la cirugía laparoscópica, con el consecuente acortamiento de las curvas de aprendizaje y de los costos inherentes a la consecución de las mismas; la cirugía robótica pudiese considerarse una opción eficaz para entrenamiento quirúrgico, con gran relevancia clínica tanto en cirujanos expertos como en novatos ⁽²⁹⁾.

Por otro lado, y fundamentándonos en la data disponible, tal como se muestra en la experiencia de Corcione y colaboradores, la cirugía robótica es factible y puede realizarse de forma segura, siendo necesarios alrededor de diez procedimientos robóticos, de acuerdo a las investigaciones de dicho grupo, necesarios para lograr el dominio del sistema ⁽³⁵⁾;

aunque en contraste con nuestra investigación, incluso pudiesen ser menos las prácticas necesarias para lograr la curva de aprendizaje.

Sin embargo, y a pesar de lo que parece una sólida evidencia, estudios para comparar las curvas de aprendizaje entre cirugía robótica y laparoscopia convencional, resultan escasos; los parámetros de estudio presentan gran diversidad, no estando en algunos de los casos bien definidos; sesgándose un poco la experiencia, debido a la experiencia previa laparoscópica de los cirujanos participantes en la mayoría de las series clínicas, y limitando la evaluación objetiva de la curva de aprendizaje ⁽²⁴⁾.

El presente es el primer estudio latinoamericano que involucra residentes del postgrado de cirugía general en análisis de aprendizaje para una tarea en cirugía mínimamente invasiva, demostrando las ventajas de la enseñanza y realización de ejercicios complejos en laparoscopia.

CONCLUSIONES

Las prácticas de tareas laparoscópicas complejas en sistemas robóticos mejoran y acortan la curva de aprendizaje en sujetos sin experiencia previa en laparoscopia avanzada.

REFERENCIAS

1. Stefanidis D, Wang F, Korndorffer J, Dunne JB, Scott DJ. Robotic Assistance Improves intracorporeal Suturing Performance and Safety in the Operating Room while Decreasing Operator Workload. *Surg Endosc* 2010; 24:377–382.
2. Kohls-Gatzouls J, Regehr G, Hutchinson C. Teaching Cognitive Skills Improves learning in Surgical Skills Courses: a blinded, prospective, randomized study. *Can J Surg* 2004; 47(4): 277-283.
3. Di Lorenzo N, Coscarella G, Faraci L, Konopacki D, Pietrantuono M, Achille L. Robotic Systems and Surgical Education. *JLS* 2005; 9:3-12.
4. Hammoud M, Nathalapaty F, Goepfert A, Casey P, Emmons S, Espey E, et al. To the point: Medical Education Review of the role of simulators in surgical training. *AJOG* 2008; 338-343.
5. Kanumuri P, Ganai S, Wohaibi E, Bush R, Grow D, Seymour N. Virtual Reality and Computer-Enhanced Training Devices Equally Improve Laparoscopic Surgical Skills in Novices. *JLS* 2008; 12: 219-226.
6. Tsuda S, Scott D, Doyle J, Jones D. Current Problems in Surgery: Surgical Skills Training and Simulation. *Curr Probl Surg* 2009; 46(4): 271-370.
7. Sroka G, Feldman L, Vassiliou M, Kaneva P, Fayed R, Fried G. Fundamental of Laparoscopic Surgery Simulator Training to Proficiency Improves Laparoscopic Performance in the Operating Room- A Randomized Controlled Trial. *J Am J Surg* 2010; 199: 115-120.
8. Avinash S. Laparoscopic Training in India: Need for criterion-based training and objective assessment of surgical skills. *Natl Med J India* 2009; 22:188-191.

9. Van der Meijden O, Schijven M. The value of haptic feedback in conventional and robot-assisted minimal invasive surgery and virtual reality training: a current review. *Surg Endosc* 2009; 23:1180–1190.
10. Powell A, Nelson J, Massarweh N, Brewster L, Santry H. The Modern Surgical Lifestyle. *Am Col Surg* 2009; 94: 31-37.
11. Gauger P, Hauge L, Andreatta P, Hamstra S, Hillard M, Arble E, et al. Laparoscopic simulation training with proficiency targets improves practice and performance of novice surgeons. *J Am J Surg* 2010; 199: 72–80.
12. Pugh C, Watson A, Bell R, Brasel K, Purcell G, Weber S, et al. Surgical Education in the Internet Era. *JSR* 2009; 156: 177-182.
13. Van Hove C, Perry K, Spight D. Predictors of Technical Skills Acquisition Among Resident Trainees in a Laparoscopic Skills Education Program. *World J Surg* 2008; 32: 1917-1921.
14. Sánchez A, Rodríguez O, Sánchez R. Impacto de la Práctica en un modelo de Entrenamiento en la Adquisición de Habilidades para la Exploración Laparoscópica de la Vía Biliar. Rev venez cir 2010;63(3):121-127.
15. Sotelo R, Astigueta J, Carmona O, De Andrade R, Moreira O. Molleja de pollo: un nuevo modelo para entrenamiento laparoscópico de la anastomosis uretrovesical. *Actas Urol Esp* 2009; 33: 1083-1087.
16. Pedrón C. Apendicectomía Laparoscópica Mediante Abordaje de una sola Incisión. Modelo de Entrenamiento para la Adquisición de Habilidades. [Trabajo Presentado para optar al título de Especialista en Cirugía General]. Caracas 2010.
17. Ballantyne G. Robotic Surgery, Telerobotic Surgery, Telepresence, and Telementoring. *Surg Endosc* (2002) 16: 1389-1402.

18. Doyle J, Webber E, Sidhu R. A Universal Global Rating Scale for the Evaluation of Technical Skills in the Operating Room. *J Am J Surg* 2007; 193: 551-555.
19. Morris B. Robotic Surgery: Applications, Limitations, and Impact on Surgical Education. *MedGenMed*. 2005; 7(3): 72.
20. Morales S, Gómez J, Cano A, Sánchez I, Valdés J, Díaz M, Pérez A, Bellido J, Fernández P, Pérez R, López J, Martín M, Cantillana J. Ventajas y Peculiaridades del Abordaje Laparoscópico en el Anciano. *Cir Esp*. 2005;78(5):283-92
21. Lera J. Reflexiones sobre el Pasado, Presente y Futuro de la Cirugía Minimamente Invasiva. *An. Sist. Sanit. Navar*. 2005; 28 (Supl. 3): 7-10.
22. Martínez C. Robótica y Cirugía Laparoscópica. *Cir Esp*. 2006; 80(4): 189-94.
23. Tan G, Goel R, Kaouk J, Tewari A. Avances Tecnológicos en Cirugía Laparoscópica Asistida por Robot. *Urol Clin N Am* 2009; 36: 237-249.
24. Olthof E, Nio D, Bemelman W. The Learning Curve of Robot-Assisted Laparoscopic Surgery. www.i-techonline.com.
25. Botden S, Buzink S, Schijven M, Jakimowicz J. Augmented versus Virtual Reality Laparoscopic Simulation: What is the Difference? *World J Surg* 2007; 31: 764-772.
26. Botden S, de Hingh I, Jakimowicz J. Suturing Training in Augmented Reality: gaining proficiency in suturing skills faster. *Surg Endosc* 2009; 23:2131-2137.
27. Bingener J, Boyd T, Van Sickle K, Jung I, Saha A, Winston J, et al. Randomized Double-Blinded Trial Investigating The Impact of a Curriculum focused on Error Recognition on Laparoscopic Suturing Training. *Am J Surg* 2008; 195: 179-182.
28. Sánchez A, Dávila H, Rodríguez O, Valero R, Otaño N, Sánchez R, Visconti M. Entrenamiento en Cirugía Robótica: Propuesta de un Modelo de Entrenamiento para la Cirugía Laparoscópica de la Vía Biliar Principal Asistida por el sistema

DaVinci®. Academia Biomédica Digital [Internet]. 2010 [citado 4 Abr 2011];41.

Disponible en: <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3217673>

29. Anderberg M, Larsson J, Kockum C, Arnbjörnsson E. Robotics versus Laparoscopy - An Experimental Study Of The Transfer Effect In Maiden Users. ASIR 2010, 4:3.
30. Kim N, Khang J. Optimal Total Mesorectal Excision for Rectal Cancer: the Role of Robotic Surgery from an Expert's View. J Korean Soc Coloproctol 2010; 26(6): 377-387
31. Blain J, McClure N. How we Learn New Skills. The Obstetrician & Gynaecologist 2002; 4: 101-106.
32. Reznick R, MacRae H. Teaching surgical skills- changes in the wind. N Engl J Med 2006; 355(25): 2664-9.
33. Schaafsma B, Hiemtra E, Dankelman J, Jansen F. Feedback in laparoscopic skills acquisition: an observational study during a basic skills training course. Gynecol Surg 2009; 6:339–343.
34. Vassiliou M, Feldman L, Andrew C, Bergman S, Leffondré K, Stanbridge D, Fried G. A Global Assessment tool for Evaluation of Intraoperative Laparoscopic Skills. J Am J Surg 2005; 190: 107-113.
35. Corcione F, Esposito C, Cuccurullo D, Settembre A, Miranda N, Amato F, Pirozzi F, Caiazzo P. Advantages and Limits of Robot-Assisted Laparoscopic Surgery. Surg Endosc 2005; 19: 117–119.

ANEXOS

Anexo N° 1

Figura N° 1: Componentes del Sistema Robótico Da Vinci®. A-. Consola del Cirujano. B-. Torre con elementos de Video e Insuflador. C-. Sistema de Brazos Robóticos



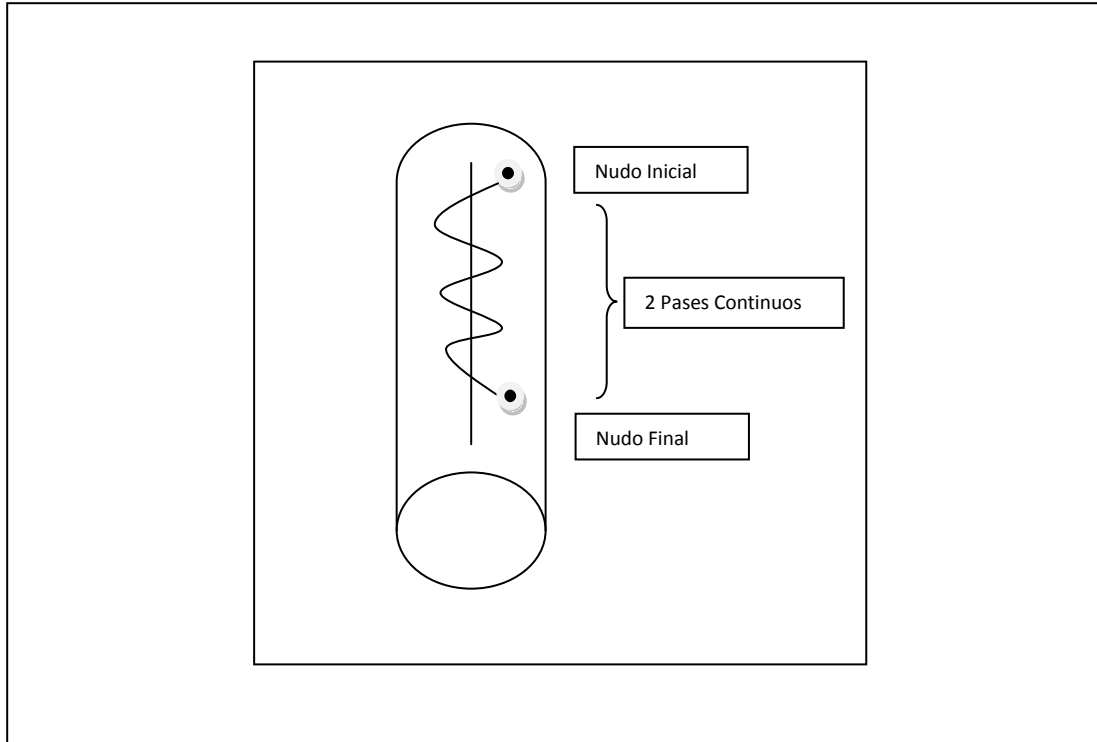
Anexo N° 2

Figura N° 2: Modelo de Entrenamiento. Construido sobre una base firme (cartón), a la cual se adhieren 2 cilindros de Foami, que semejan asas intestinales, con 3 incisiones sobre las que se realizará el anudado intracorpóreo.



Anexo N° 3

Figura N° 3: Tarea de Anudado Intracorpóreo. Construido sobre una base firme (cartón), a la cual se adhieren 2 cilindros de Foami, que semejan asas intestinales, con 3 incisiones sobre las que se realizará el anudado intracorpóreo.



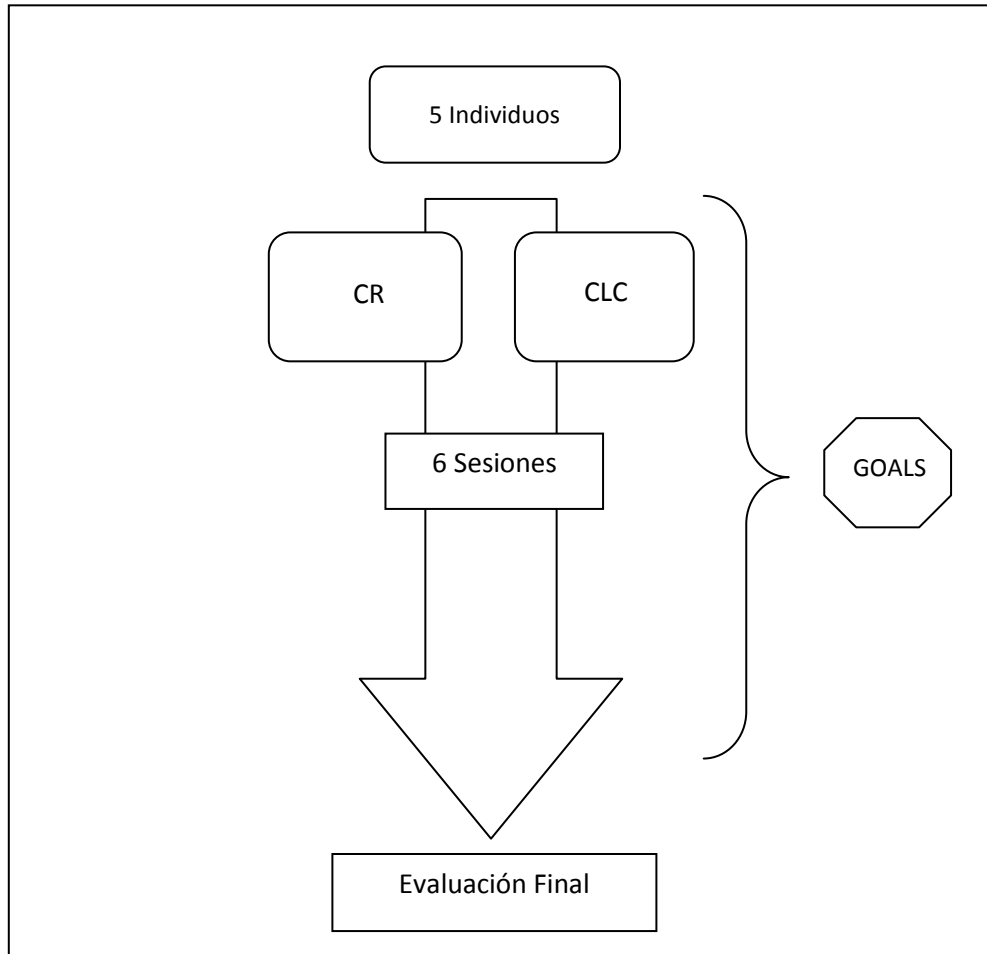
Anexo N° 4

Figura N° 4: Escala GOALS. Valora cinco parámetros donde la puntuación puede variar entre un número de 5 para la puntuación mínima y 25 para la puntuación máxima.

Escala de GOALS					
Percepción de Profundidad	1	2	3	4	5
Destreza Bimanual	1	2	3	4	5
Maniobrabilidad del Tejido	1	2	3	4	5
Eficiencia	1	2	3	4	5
Autonomía	1	2	3	4	5

Anexo N° 5

FIGURA N° 5: Esquema de Trabajo: CR: Cirugía Robótica. CLC: Cirugía Laparoscópica Convencional. GOALS: Global Operative Assessment of Laparoscopic Skills.



Anexo N° 6

TABLA N° 1

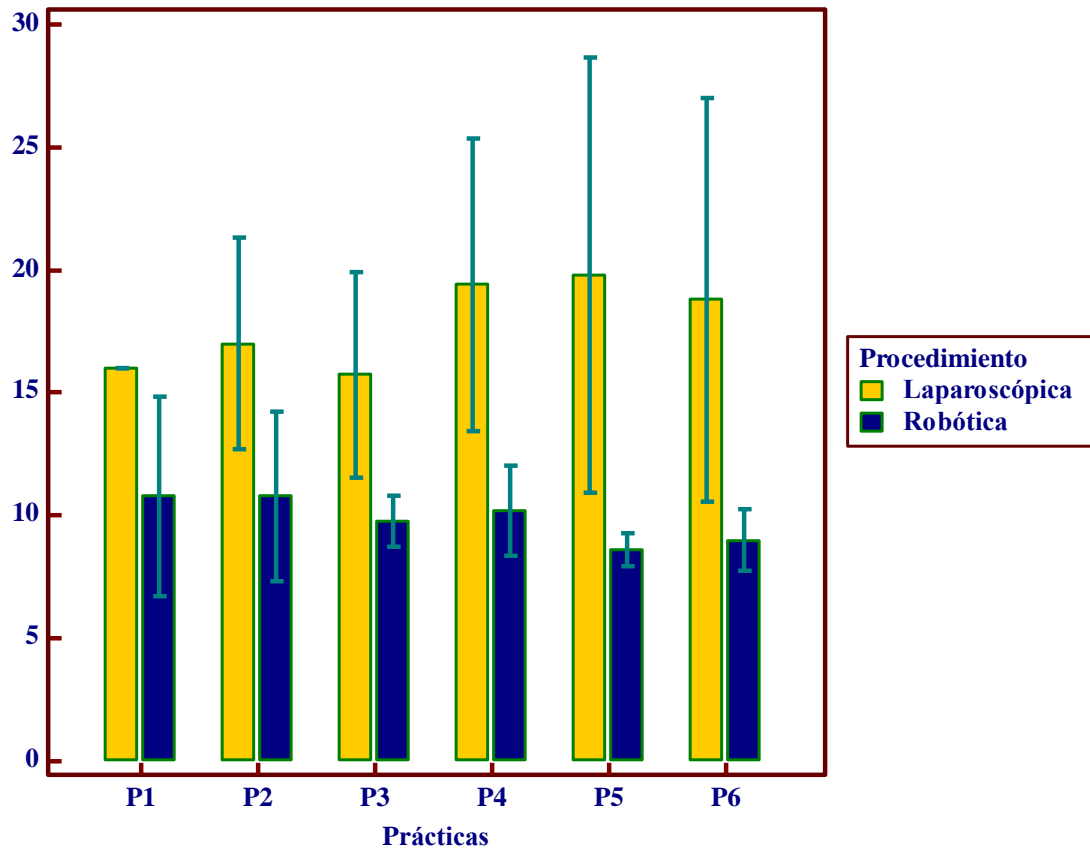
Tiempo en realizar la tarea por los individuos evaluados.

Práctica	Laparoscópica	Robótica	d	p
1	16,00	10,8 ± 3,3	5,20	0,024
2	17,00	10,8 ± 2,8	6,20	0,008
3	15,75	9,8 ± 0,8	5,95	0,000
4	19,40	10,2 ± 1,4	9,20	0,000
5	19,80	8,6 ± 0,5	11,20	0,000
6	18,80	9,0 ± 1,0	9,80	0,000

d = diferencia del valor referencia respecto a la media de la práctica

GRAFICO N° 1

Tiempo en realizar la tarea por los individuos evaluados.



Fuente: Tabla 1.

Anexo N° 8

TABLA N° 2

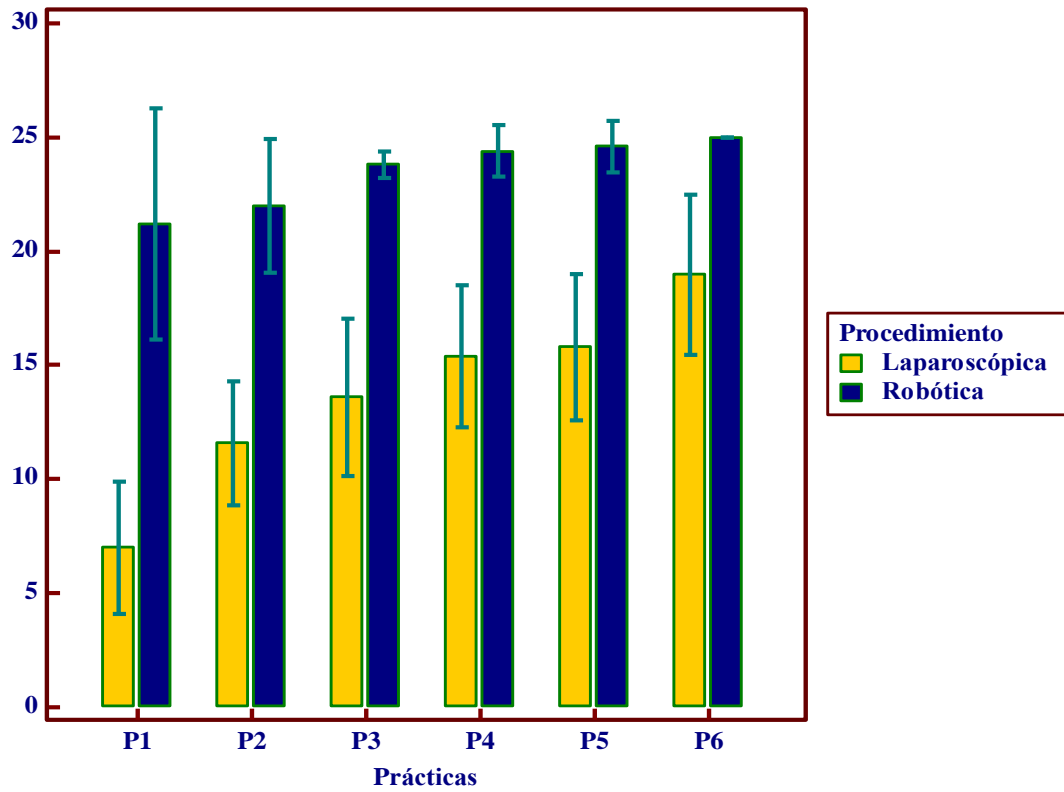
Comparación de los puntajes obtenidos según la escala de GOALS

Práctica	Laparoscópica	Robótica	D	p
1	7,00	21,2 ± 4,1	14,20	0,000
2	11,60	22,0 ± 4,1	10,40	0,000
3	13,60	23,8 ± 0,4	10,20	0,000
4	15,40	24,4 ± 0,9	9,00	0,001
5	15,80	24,6 ± 0,9	8,80	0,000
6	19,00	25,0 ± 0,0	6,00	0,000

d = diferencia del valor referencia respecto a la media de la práctica

GRÁFICO N° 2

GOALS.



Comparación de los puntajes obtenidos según la escala de GOALS

Fuente: Tabla 2.

Anexo N° 10

Figura N° 6 Modelo de Fitts y Posner

FASES	DESEMPEÑO	META
<i>Cognitiva</i>	ERRATICO, PASO A PASO	ENTENDER LA MECANICA
<i>Integración</i>	MAS FLUIDO, CON POCAS INTERRUPCIONES	MAYOR COMPRESION
<i>Automatismo</i>	CONTINUO, FLUIDO, MAS REFINADO	MEJORAR VELOCIDAD, PRECISION Y EFICIENCIA