

UNIVERSIDAD AUTONOMA DEL ESTADO DE MÉXICO
FACULTAD DE MEDICINA
COORDINACIÓN DE INVESTIGACIÓN Y ESTUDIOS AVANZADOS
DEPARTAMENTO DE ESTUDIOS AVANZADOS
COORDINACIÓN DE LA ESPECIALIDAD EN CIRUGIA GENERAL
DEPARTAMENTO DE EVALUACIÓN PROFESIONAL



**UTILIDAD DEL SIMULADOR PARA EL DESARROLLO DE HABILIDADES Y
DESTREZAS QUIRURGICAS EN LAPAROSCOPIA EN EL PERIODO DE ENERO -
NOVIEMBRE 2020**

HOPITAL GENERAL ECATEPEC "LAS AMERICAS"

TESIS

PARA OBTENER EL DIPLOMA DE POSGRADO DE LA ESPECIALIDAD DE CIRUGIA
GENERAL

PRESENTA:

M.C. ANTONIO DE JESÚS TOVAR MORENO

DIRECTOR DE TESIS

E. EN C. G. ROGELIO SALVADOR GALICIA

CO-DIRECTOR DE TESIS

TUTOR

REVISORES:

TOLUCA ESTADO DE MÉXICO 2021

TITULO

Utilidad del simulador para el desarrollo de habilidades y destrezas quirúrgicas en laparoscopia.

INDICE

INTRODUCCION.....	5
RESUMEN.....	5
MARCO TEORICO.....	7
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	40
PREGUNTA DE INVESTIGACION.....	40
JUSTIFICACION.....	41
HIPOTESIS.....	42
OBJETIVO GENERAL.....	43
OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	43
METODOLOGIA.....	44
DISEÑO DE ESTUDIO.....	44
DEFINICION OPERACIONAL DE LA ENTIDAD NOSOLOGICA Y/O VARIABLE PRINCIPAL.....	44
DEFINICION DE LA UNIDAD O SUJETO DE ESTUDIO.....	44
PROCEDIMIENTO DE LA FORMA DE OBTENCION DE LAS UNIDADES DE ESTUDIO.....	44
DEFINICION CONCEPTUAL, OPERACIONAL Y ESCALAS DE MEDICION DE LAS VARIABLES.....	45
UNIVERSO DEL TRABAJO Y MUESTRA.....	50
UNIVERSO.....	50

POBLACION OBJETIVO.....	50
TAMAÑO DE LA MUESTRA.....	50
CRITERIOS DE INCLUSION.....	50
CRITERIOS DE EXCLUSION.....	50
MATERIAL Y METODOS.....	51
INTRUMENTO DE INVESTIGACION.....	54
DISEÑO ESTADISTICO.....	54
LIMITES, ESPACIO Y TIEMPO.....	54
IMPLICACIONES ÉTICAS.....	55
ORGANIZACIÓN.....	56
RESULTADO.....	57
DISCUSION.....	63
CONCLUSION.....	64
RECOMENDACIÓN.....	65
BIBLIOGRAFIA.....	66

Introducción: La cirugía laparoscópica ocupa un lugar privilegiado dentro de la cirugía mínimamente invasiva, brindando al paciente y a las instituciones hospitalarias importantes beneficios comparados con la cirugía convencional. Los cirujanos en formación deben contar con un entrenamiento adecuado en cirugía laparoscópica basado en simuladores previo a la práctica con pacientes, disminuyendo la morbimortalidad derivada de la curva de aprendizaje. Este estudio busca describir e identificar los cambios en habilidades y tiempos quirúrgicos antes y después del entrenamiento con simulador de bajo costo y simulador virtual. **Metodología:** Se realizó un estudio observacional, prospectivo, descriptivo comparativo, en el cual se incluyeron a 11 residentes del servicio de cirugía general, quienes recibieron un entrenamiento dirigido para la realización de procedimientos por vía laparoscópica en simuladores. Se aplicó estadística descriptiva, para variables cualitativas ordinales se aplicó proporción y porcentaje, para variables cuantitativas se aplicó media, desviación estándar, valor máximo, valor mínimo. Así mismo, se aplicó estadística inferencial, para variables cuantitativas T pareada. **Resultados:** Se demuestra que, tanto en el simulador de bajo costo, así como el simulador virtual, mostraron diferencia significativa en todos los ejercicios con un valor <0.001 , siendo únicamente en el número de procedimientos exitosos la variable que presentó un valor de 0.024, siendo aún este significativo. **Conclusiones:** El entrenamiento, tanto con el simulador de bajo costo como con el simulador virtual, mejora las habilidades quirúrgicas necesarias para la realización de un procedimiento laparoscópico.

PALABRAS CLAVES: Simuladores, Laparoscopia, Habilidades, Entrenamiento, Residentes

Laparoscopic surgery has a special place in minimally invasive surgery, providing patients and hospital institutions important benefits compared with conventional surgery. Trainee surgeons must have adequate training in laparoscopic surgery based on simulators before practice with patients, reducing mortality and morbidity resulting from the learning curve. This study aims to describe and identify changes in skills and surgical times before and after simulator training, low-cost virtual simulator.

Methodology: An observational, prospective, descriptive comparative study was carried out, in which 11 residents of the general surgery service were included, who received directed training to perform laparoscopic procedures in simulators. Descriptive statistics were applied, for ordinal qualitative variables proportion and percentage were applied, for quantitative variables mean, standard deviation, maximum value, minimum value were applied. Likewise, inferential statistics were applied for quantitative variables T paired. **Results:** It is shown that, both in the low-cost simulator, as well as the virtual simulator, they showed a significant difference in all exercises with a value <0.001 , being only in the number of successful procedures the variable that presented a value of 0.024, still this significant. **Conclusions:** The training simulator both low cost and with the virtual simulator improved surgical skills necessary for performing a laparoscopic procedure.

KEYWORDS: Simulation, Laparoscopy, Skills, Training, Resident

MARCO TEORICO

La cirugía laparoscópica, como la conocemos hoy en día, no es sino el resultado de los esfuerzos repetidos, durante muchas generaciones, de cirujanos visionarios que anhelaban poder ofrecer curación quirúrgica de los padecimientos, sin causar el daño involuntario que se ocasiona al abrir la pared abdominal. Aunque la exploración laparoscópica se ha practicado como tal desde principios de siglo, no fue hasta finales del decenio de 1980 cuando se presentó una difusión explosiva, debido por una parte a los grandes avances tecnológicos y, por otra, a que la videograbación de los procedimientos quirúrgicos ha facilitado su difusión, lo que ha permitido su rápida aceptación y expansión. (1)

Inicialmente la raíz griega *láparos* significaba «suave o flojo» y cambió a *lápara* para referirse a los flancos del abdomen posiblemente por su blandura pero su uso evolucionó finalmente para significar «abdomen». Por su parte, el verbo griego *skopó* significa «mirar u observar». De la combinación de ambos vocablos surge la palabra laparoscopia y significa «ver dentro del abdomen». (2)

En cuanto a su pronunciación, existe cierto debate prosódico. Se debe tener en cuenta que el idioma español no respeta fielmente la acentuación griega original. En España y varios países latinoamericanos pronuncian la palabra «laparoscopia» como si fuera «grave», dándole atributo de diptongo a la terminación «-ia» y por tanto la escriben sin tilde. Sin embargo, en México y algunos otros países latinoamericanos, la palabra «laparoscopia» se divide gramaticalmente en las sílabas «*la-pa-ros-co-pía* », haciendo que la terminación «-ía» no se trate de un diptongo, sino de un hiato (situación gramatical que ocurre cuando dos vocales juntas se pronuncian en dos sílabas distintas) y, por tanto, lleva tilde sobre la vocal tónica, esto es, sobre la «í». (2)

Los primeros registros que existen sobre el interés humano en explorar las cavidades corporales provienen de la antigua cultura griega y de la egipcia. Probablemente de los tiempos de Hipócrates (460-375 a. de C.) provengan los

primeros instrumentos (figura 1) con espejos que se usaron por primera vez para realizar exploraciones de los oídos, la cavidad nasal, el recto o la vagina. (1)(2)

Igualmente, en alguno de los manuscritos que constituyen el Talmud babilónico, escritos hacia 500 d. C., y en otros provenientes de la cultura hindú existen descripciones rudimentarias del uso de instrumentos y espejos que reflejaban la luz ambiental para tratar de hacer exploraciones a través del ano o la vagina. (1)(2)

No obstante, la primera descripción clara del uso de instrumentos para explorar el cuello uterino se atribuye a Abulcasis (Abu-al-Qasim-al-Zahrawi, 936-1013 d. C.). A partir de entonces y hasta finales del siglo XVIII el interés y el desarrollo tecnológico de los instrumentos usados para llevar a cabo estos procedimientos se mantuvo en un nivel relativamente rudimentario.(2)

Si bien la historia de la cirugía de invasión mínima se encuentra llena de controversias y paradigmas, se considera que la laparoscopia moderna tiene su inicio en 1805, cuando Bozzini logró visualizar la uretra y la vejiga urinaria de un animal a través de un tubo y con la ayuda de una vela que reflejaba el rayo luminoso en un espejo, instrumento que llamó conductor de luz. En 1853 Desormeaux perfeccionó el endoscopio de su antecesor añadiendo un sistema de espejos y lentes, empleando como fuente de luz una lámpara de queroseno, dando origen al desarrollo del primer cistoscopio. (1)(2)

Panteleoni utilizó el endoscopio de Desormeaux para extirpar tumores de útero. En ese mismo año Bruck examinó la faringe de sus pacientes con la luz de un hilo de platino incandescente. En 1880 Edison adaptó su bombilla incandescente a la punta de un instrumento. En 1881 Mickulicz construyó el primer gastroscopio y en 1897 Nitze modificó los endoscopios anteriores dotándoles de lentes y en especial de un conducto operatorio para poder introducir instrumentos para dilataciones uretrales para la extracción de cálculos. En 1901 Kelling exploró la cavidad peritoneal de un perro con un cistoscopio y le denominó celioscopia. Fue la primera vez que se exploró una cavidad cerrada con un endoscopio, desarrollando la técnica de neumoperitoneo insuflando aire en la cavidad abdominal con una pera de goma y

un rudimentario manómetro. En 1911 Jacobaeuxs describió la llamada laparotoracoscopía introduciendo un cistoscopio en la cavidad torácica; diseñó un cauterio especial y realizó la primer decorticación pulmonar toracoscópica en pacientes tuberculosos. (1)(2)

En 1929 Heinz Kalk desarrolló un laparoscopio con un complicado sistema de lentes. En 1938 Janos Veress perfeccionó la aguja de punción diseñada años antes por Gotz, con un muelle que permitía saltar la parte punzante de la aguja y ocultarse dentro de la vaina de la misma. La misma aguja se adaptó para crear el neumoperitoneo en la cirugía laparoscópica, misma que continúa usándose en nuestros días. En 1944 Palmer describió la conveniencia de colocar al enfermo en posición de Trendelenburg para exploraciones ginecológicas, reafirmando que debe controlarse la presión de aire en la cavidad abdominal. (1)(2)

En 1960 Kurt Semm publicó sus experiencias y las diferentes novedades y avances por él desarrollados, dando solución a problemas como la presión abdominal, diseñando un insuflador que registra la presión del gas intraabdominal y mide el flujo de inyección. En 1964 montó una fuente externa de luz fría que permitió una mejor visión y eliminó el riesgo de quemaduras por el calor de las fuentes de luz que se empleaban anteriormente. Diez años después introdujo el cable de fibra óptica, aún en uso en nuestros días. Posteriormente desarrolló un sistema de irrigación y aspiración para lavado de cavidades y creó un instrumento que permitía realizar suturas con nudo prefabricado. En 1978 describió la técnica del nudo extracorpóreo; para 1988 desarrolló un simulador para prácticas en cirugía laparoscópica. Además diseñó numerosos instrumentos de corte y disección. Kurt Semm no sólo mejoró las técnicas quirúrgicas ya conocidas sino que realizó nuevos procedimientos. (1)(2)

En 1982 efectuó la primera apendicetomía laparoscópica. En 1971 Hasson desarrolló una técnica para realizar el neumoperitoneo mediante un trocar especial que se introducía en el abdomen a través de una incisión de pocos centímetros. Tenía una vaina en forma de tapón que impedía la pérdida de aire del neumoperitoneo. En 1980 Patrick Steptoe realizó y recomendó que las operaciones laparoscópicas se realizaran en los quirófanos y en condiciones de rigurosa asepsia.

En 1985, Eric Muhe, cirujano alemán, diseñó un nuevo laparoscopio que denominó Galloscope. El diámetro del tubo era mayor, con un sistema de visión indirecta. Muhe realizó la primera colecistectomía laparoscópica. Además del orificio para el Galloscope colocó dos trocares suprapúbicos. En los años siguientes continuó con ésta técnica operando a 94 enfermos. (2)

Al mismo tiempo, Phillipe Mouret desarrolló su actividad en Francia; realizó el diagnóstico por laparoscopia de numerosos pacientes con dolor abdominal. En 1983 efectuó una apendicectomía asistida por una minilaparotomía y en 1987 hizo su primera colecistectomía. En 1988 Dubois conoció la técnica de Mouret y realizó la primera colecistectomía por laparoscopia en abril de 1988, cuando aún no se disponía de vídeo-cámara; desarrolló también nuevas técnicas como la vagotomía en el tratamiento de ulcus en 1989. (2)

En México, el Dr. Leopoldo Gutiérrez realizó en el Distrito Federal, en 1990, la primera colecistectomía por laparoscopia en el Hospital General de Zona No. 8 del Instituto Mexicano del Seguro Social. Otros precursores de la cirugía de invasión mínima fueron los doctores Jorge Cueto García y Alejandro Weber Sánchez, miembros fundadores de la Asociación Mexicana de Cirugía Endoscópica el 26 de junio de 1991 junto con el doctor Alberto Chousleb Kalach. (2)

De las múltiples ventajas conocidas de la cirugía laparoscópica en comparación con la técnica tradicional a cielo abierto, es la disminución de la respuesta metabólica al estrés, que influye en el tiempo de recuperación, estancia intrahospitalaria y reintegración a las actividades cotidianas. (3)

La cirugía laparoscópica ha presentado un desarrollo continuo durante los años pasados, avanzando como una herramienta diagnóstica invasiva, así como un instrumento para el tratamiento de enfermedad benigna y maligna. El entrenamiento continuo, experiencia, y el desarrollo de instrumentos de imagen y laparoscópicos, hacen factible la extensión de las aplicaciones de la cirugía laparoscópica. (3)

La ventaja general de minimizar el trauma a la pared abdominal ha sido reproducible en muchos de los procedimientos laparoscópicos comparados con cirugía abierta. Una convalecencia más rápida, reducción en la estancia intrahospitalaria, y retorno más rápido a las actividades normales son las ventajas más evidentes de la cirugía laparoscópica, el resultado, eficiencia, disminución de infección de heridas, y la reducción de la morbilidad perioperatoria que los procedimientos mínimamente invasivos tienen a través de sus diferentes aplicaciones, p. ej., colecistectomía, funduplicatura, y adrenalectomía. A pesar de la carencia de estudios controlados randomizados que apoyen las aplicaciones laparoscópicas, estos procedimientos son aceptados como el estándar de oro para las intervenciones quirúrgicas. La cirugía laparoscópica puede ser tan prolongada como la abierta. Sin embargo, la duración va disminuyendo con el paso de los años y el aumento de la experiencia y la curva de aprendizaje. (3) (21)

Antecedentes de la simulación en la formación quirúrgica.

La simulación en el entrenamiento quirúrgico ha ganado mucho interés en los años recientes. La práctica quirúrgica simulada engloba cualquier actividad que tenga como objetivo imitar un sistema o entorno con el objetivo de evaluar, informar y modificando habilidades y comportamientos. (4)

La simulación en la práctica quirúrgica incluye tanto modelos operativos como no operativos y puede incorporar escenarios multiespecialidad y multidisciplinarios. Se debe enfatizar que la simulación es solo un complemento y no reemplaza el entrenamiento clínico operativo. (4)

Competencias adquiridas en simuladores de laparoscopia

Los programas de entrenamiento ofrecen habilidades constantes con un objetivo similar de entrenamiento a pesar de la diversidad de tipos de simuladores, metodologías de prácticas y métodos de evaluación. Entre las competencias adquiridas se encuentran tareas simples que se pueden desarrollar en simuladores

convencionales y procedimientos complejos que requieren la utilización de dispositivos con tecnología adicional para la parametrización objetiva. Al examinar un listado de competencias que se pueden adquirir en programas de entrenamiento con simuladores de laparoscopia se hacen evidentes varios aspectos: Hay gran heterogeneidad de métodos por los que poder adquirir una misma competencia, y en igual número hay métodos de evaluación. Las tareas, parámetros y habilidades en común abren la posibilidad de crear consenso respecto a las competencias necesarias con las que se debe culminar un programa de entrenamiento simulado. (4)(6)(10)

Simulación Quirúrgica

La simulación se define como una persona, un dispositivo o un conjunto de condiciones que permite al participante reproducir o representar, en condiciones de ensayo, fenómenos que pueden ocurrir en el desempeño real. Debe haber realismo suficiente para suspender la incredulidad de los participantes. La simulación se ha establecido firmemente en el negocio de las aerolíneas comerciales como el método más rentable en la formación de pilotos. Los pilotos deben alcanzar un cierto nivel de competencia en el simulador antes de que se les permita volar un avión particular y debe pasar regularmente pruebas de competencia en el simulador para mantener sus licencias, al igual que en la industria militar se diseñaron simuladores en condiciones de combate. (4) (7) (10)

Las organizaciones militares utilizan un método similar para la formación en habilidades básicas de vuelo y en la enseñanza de habilidades de combate táctico en situaciones complejas. La simulación quirúrgica por lo tanto, tiene sus raíces en las técnicas y experiencias que se han desarrollado en la aviación comercial y en la industria de la aviación militar. La comunidad médica está utilizando la simulación en diversas áreas para la formación de personal médico-quirúrgico. (4)

El riesgo quirúrgico se puede reducir desde el principio con una adecuada formación, reflejada en la práctica quirúrgica minimizando el tiempo de permanencia

en situaciones críticas. Una de las maneras de lograr esto es a través de la simulación. (10) (11) (14)

Programa de Entrenamiento FLS.

Para que el entrenamiento con un simulador para aprendizaje de cirugías sea exitoso, debe garantizarse que las actividades que se llevan a cabo en la simulación brinden desarrollo de habilidades “estándar” necesarias para realizar cirugías satisfactoriamente. Por esta razón, a finales de la década de 1990, la Sociedad de Cirugía Endoscópica Gastrointestinal Americana (Society of American Gastrointestinal Endoscopic Surgery – SAGES) creó un programa llamado Fundamentos de Cirugía Laparoscópica (Fundamentals of Laparoscopic Surgery – FLS), cuyo objetivo principal era estandarizar un conjunto de habilidades en cirugía laparoscópica básica. El programa es una herramienta educativa y de evaluación con la cual se adquieren conocimientos fundamentales y habilidades técnicas necesarias para efectuar los procedimientos básicos de una cirugía laparoscópica. (4) (13) (14) (15)

Este programa fue lanzado en el año 2005 y su contenido está aprobado por el Colegio Americano de Cirujanos (American College of Surgeons – ACS). El programa de entrenamiento cuenta con información teórica y el aprendizaje consta de 6 módulos educativos. El primero se refiere a consideraciones preoperatorias, el segundo trata consideraciones durante la operación, el tercero describe los procedimientos laparoscópicos básicos, el cuarto se enfoca en complicaciones y cuidados postoperatorios, el quinto es la instrucción y práctica de las habilidades manuales, y el sexto es un repaso final. Las habilidades manuales que se instruyen en el quinto módulo son 5, las cuales han sido planteadas por expertos y ampliamente validadas como las tareas fundamentales que deben dominarse para realizar satisfactoriamente un procedimiento laparoscópico básico. (4) (13) (14) (15)

La primera tarea es la Transferencia Bimanual, y consiste en transportar 6 objetos insertados en un arreglo de clavijas hasta otro a su lado, y luego llevarlos de nuevo a su posición inicial, transfiriendo los objetos de una mano a la otra en el aire, y debe

realizarse en un tiempo máximo de 5 minutos. El ejercicio dos es el Corte Predeterminado, y tiene también un tiempo máximo de 5 minutos; consiste en recortar un círculo dibujado sobre una gaza cuadrada ligeramente tensionada utilizando una pinza en una mano y una tijera en la otra. La tercera tarea se conoce como Endoloop, consiste en atar un hilo pre-anudado alrededor de una guía dibujada en una protuberancia hecha en espuma, y halar un extremo del hilo para ajustar el nudo; el tiempo máximo es de 3 minutos. (20)(23)(27)(28)

La tarea cuatro es la Sutura con Nudo Extracorpóreo y la quinta con Nudo Intracorpóreo, las cuales se realizan sobre un tubo de goma con unas guías de perforación; los tiempos máximos de ejecución para estas tareas son 7 y 10 minutos respectivamente. Ejercicios del programa FLS en la caja de entrenamiento. El programa se evalúa en 2 partes. Primero con una prueba cognitiva que consiste en un formulario de 75 preguntas de opción múltiple acerca de los conceptos en los módulos de aprendizaje, tiene una duración máxima de 90 minutos y se realiza en un computador. La otra parte es para habilidades manuales, las cuales se practican y evalúan, normalmente, en el simulador MISTELS, que es una caja de entrenamiento (trainer box) para llevar a cabo de manera segura y en un entorno inanimado los ejercicios del programa FLS. Esta caja de entrenamiento tiene fijada una cámara con 0° de inclinación y en su tapa se insertan 2 pinzas laparoscópicas a través de un par de trocares fijos; en su interior cuenta con una base para fijar los diferentes objetos de cada ejercicio. Se realizan sesiones de pre entrenamiento y post-entrenamiento para hacer un mejor seguimiento de la evolución de las habilidades del practicante]. La evaluación dura aproximadamente entre 30 y 45 minutos, sumando el tiempo de todas las tareas, las cuales se califican individualmente. El puntaje considera tanto tiempo empleado (eficiencia) como precisión. (20)(23)(27)(28)

Arquitectura general de un simulador para laparoscopia.

En general, los simuladores para laparoscopia tienen una arquitectura similar, sin importar si son físicos, virtuales o robotizados; esto es, contienen: un sistema oculto, para el cirujano, que simula al paciente; un par de interfaces estilo pinzas para

laparoscopia; un sistema de visualización que le muestra al cirujano lo que está realizando y un conjunto de ejercicios de entrenamiento, normalmente intercambiables, que pueden realizarse con el simulador en específico. (5)

Dependiendo del tipo de simulador, se pueden adicionar elementos al sistema, de tal forma que las pinzas pueden ser modificadas para adaptarse a un robot, o el sistema de visión ya no requiera un laparoscopio, porque se realiza una emulación en un mundo virtual, o los ejercicios de entrenamiento puedan ser más especializados y medirse algunas variables sobre ellos.(5)

Interfaces hápticas y laparoscopía

Un simulador virtual de cirugía permite aprender efectivamente el manejo de las herramientas quirúrgicas sólo si es tan realista que permita un entrenamiento igual que con un simulador físico y/o represente fielmente a un paciente real. Para esto se utilizan interfaces hápticas, que son dispositivos bidireccionales que transmiten los movimientos realizados por el usuario al mundo virtual y le permiten a éste sentir fuerzas generadas por el contacto con los objetos 3D. (5)

Características de las Interfaces Hápticas.

Una característica muy importante a considerar cuando se trabaja con dispositivos hápticos es la transparencia o Backdrivability, que consiste en que el dispositivo no debe ejercer fuerzas sobre la mano del usuario si no se interactúa con un objeto virtual, así la realimentación de fuerzas y visual debe ser tan precisa que no permita distinguir entre el escenario virtual y la situación real que representa. Otras son: la fuerza continua, que es la fuerza máxima que el dispositivo puede entregar por un periodo de tiempo largo; la resolución de posición, que se define como el mínimo cambio de desplazamiento que puede percibir el sistema; la rigidez, descrita como la capacidad del dispositivo para oponerse al movimiento del operador; la fricción aparente, que se relaciona con las pérdidas por fricción de la interfaz; además de los grados de libertad (GDL), el espacio o volumen de trabajo, y la máxima fuerza o par mecánico. Algunas de estas características son difíciles de alcanzar debido a

que el hardware háptico presenta retrasos en la realimentación de la fuerza y en la transmisión de los movimientos, lo cual se trata de compensar con programación software. Además se debe tener en cuenta la velocidad de percepción de sensaciones del ser humano. Por ejemplo, para el tacto, se recomiendan velocidades de realimentación a partir de 300Hz, aunque idealmente debe ser de unos 1000Hz] y para la visión entre 20 y 40 Hz. (5)

Interfaces Hápticas y Simuladores de Laparoscopia.

Existen interfaces hápticas diseñadas específicamente para simuladores de cirugía comerciales, pero también es posible desarrollar aplicaciones de simulación quirúrgicas con interfaces orientadas a la industria, la academia o los videojuegos. Algunas alternativas disponibles son: (5)

- Sensable Phantom Devices: En la gama baja están los modelos Omni y Desktop, con 6 GDL y realimentación de fuerzas en 3 de ellos (GDL activos); la gama alta conocida como Premium, pueden ser el 1.5 o el 3.0 de 6 GDL activos, o el modelo de 7 GDL con 6 activos. La fuerza entregada por la gama baja va hasta 7.9N y la alta hasta 37,5N; la resolución para los Premium va desde 860 hasta 3784dpi (dots per inch), y en los modelos Omni y Desktop desde 450 hasta un poco más de 1100dpi. El dispositivo más económico es el Omni, que cuesta alrededor de 2400 USD; los otros modelos tienen precios más elevados: el Desktop 13500 USD, el Premium 1.5 59500 USD y el Premium 2.0, 60500 USD. (5)

- Novint Falcon: Tiene configuración paralela y puede entregar más de 8,89N; ofrece un espacio de trabajo de 4"x4"x4", tiene una resolución de posición de más de 400dpi y cuenta con 3 GDL con realimentación de fuerzas. Por su bajo costo, ha ganado un buen posicionamiento en el mercado, y su precio está alrededor de 250 USD. (5)

- MPB Technologies Freedom 6S: Es una interfaz de 6 GDL activos. Su resolución está alrededor de 2 μ m en las articulaciones de desplazamiento y de 0.02mrad en las rotacionales, y entrega una fuerza máxima de 2.5N. Existe una versión de 7 GDL

que cuenta con un efector final con forma de tijera con realimentación de fuerza y es intercambiable. El precio de la Freedom 6S en el 2011 era de aproximadamente 32000 USD. (5)

- Force Dimension Haptic Devices: Este fabricante cuenta con las series Delta.x, Omega.x y Sigma.x. Las Delta pueden ser de 3 o 6 grados de libertad activos todos, las Omega pueden ser de 3, 6 o 7 GDL donde sólo los 3 GDL de traslación son activos y en el caso de la Omega.7, también el séptimo es activo, el cual se encuentra en el efector final. Por último, la Sigma.7 tiene todos sus 7 GDL activos. Estas interfaces entregan un máximo de 20N y tienen resoluciones alrededor de 0.01mm en sus GDL traslacionales y de 0.09grados o menores en sus GDL rotacionales. Los precios en el 2011 de las Omega oscilaban entre 18000 y 30000 USD, el de las Delta entre 29000 y 55000 USD, y la Sigma 7 costaba aproximadamente 80000 USD. (5)

- Quanser 5 DOF Haptic Wand: Es una interfaz háptica de 5 GDL, 3 traslacionales y 2 rotacionales. Su estructura es de doble pantógrafo. Entrega una fuerza máxima de 9N en sus GDL traslacionales. Su precio en el 2011 estaba alrededor de 65000 USD. (5)

- Mentice Xitact IHP: Interfaz diseñada especialmente para simulación de cirugías laparoscópicas. Tiene 4 GDL con realimentación de fuerzas que recrean los mismos movimientos que se pueden realizar con una herramienta de cirugía real. Cuenta con herramientas intercambiables que agregan un GDL adicional para simular agarres pero no genera fuerzas. Su espacio de trabajo tiene forma cónica de 100° de amplitud y máximo 0.2m de profundidad, y es capaz de realimentar pares mecánicos de hasta 1.8Nxm en sus GDL rotacionales y fuerzas de 30N en el GDL de inserción, que es lineal. La versión de esta interfaz sin realimentación háptica es la Xitact ITP. (5)

Las características de todos los dispositivos hápticos mencionados permiten utilizarlos en diversas aplicaciones, y la selección de uno u otro depende de la cantidad de GDL requeridos, la magnitud de las fuerzas que deben realimentarse y

el presupuesto disponible. Sin embargo, debido al enfoque del presente artículo de revisión, las mejores interfaces hápticas son aquellas que se ajustan mejor a las características de los instrumentos laparoscópicos reales. Las tres características principales son los grados de libertad, las fuerzas de realimentación y el rango de movimiento permitido. En cuanto a los grados de libertad, una interfaz adecuada debe poseer 4 para simular el movimiento de las herramientas reales, los cuales son pitch (rotación sobre el eje horizontal), yaw (rotación sobre el eje vertical), roll (rotación sobre su eje de inserción), y traslación sobre el eje de inserción, el cual se da en mm ya que los otros 3 se miden en grados. También debe poseer un quinto grado de libertad para accionar el extremo de la herramienta, que debe ser un movimiento de apertura y cierre. Otra consideración es el espacio de trabajo, que para laparoscopias tiene forma cónica con ángulo en su vértice de aproximadamente 60° [34-35] y una altura aproximada de 0.15m (o la mitad de la longitud del instrumento que se inserte). Ahora bien, en el caso de la magnitud de las fuerzas de realimentación provocada por la interacción entre los instrumentos y los órganos, está aproximadamente entre 0 y 10-12N. Sin embargo, estos valores no son precisos debido a que la configuración de las herramientas en estas cirugías transforma la pinza en una palanca, de modo que el cirujano puede experimentar fuerzas desde 0.2 hasta 4.5 veces la fuerza real de contacto. Según el tipo de herramienta, su fabricante y la calidad de la misma, la realimentación de la fuerza generada por el agarre de tejidos puede ser también variable, generando desgaste en el médico y tendencias a utilizar fuerzas de agarre excesivas. (5)

También existen cargas adicionales con las que debe lidiar el cirujano, ocasionadas por la fricción de las herramientas con el trocar, que están entre 0 y 3N, y en un estudio mencionado, en el cual se mide la fricción para 6 trocares ampliamente utilizados, resultan fuerzas desde 0.25 hasta 3N. Por último, la dureza de la pared abdominal del paciente, introduce pares que varían entre 0 y $0.7\text{N}\times\text{m}$ según el ángulo de inclinación de la herramienta. Sin embargo, todos los estudios consultados concuerdan en que es difícil obtener la magnitud exacta de las fuerzas experimentadas por los médicos durante las laparoscopias, lo cual hace necesario construir los simuladores a partir de datos recolectados en diferentes

investigaciones, y ajustar luego los valores de fuerza haciendo pruebas con cirujanos y atendiendo sus recomendaciones. (5)

De las interfaces comercialmente disponibles que se consultaron, la Xitact IHP es la más adecuada para implementar un simulador virtual de cirugía ya que está específicamente diseñada para ello. Sin embargo, en un estudio reciente en el que se compara el realismo de las sensaciones percibidas con una interfaz Xitact IHP y una ITP, el 95% de los cirujanos que participaron opinaron que la IHP genera fuerzas muy elevadas comparadas con una intervención real y que su transparencia no es tan buena; y en el caso de la ITP, la mitad de los participantes dijeron que su fricción es muy baja, pero prefieren la interfaz sin realimentación de fuerzas porque es más aproximada a la realidad. (5)

Lo anterior permite pensar que es posible construir un simulador para entrenamiento de habilidades laparoscópicas básicas que brinde una realimentación sensorial similar a la de un simulador físico con interfaces hápticas no muy complejas, las cuales pueden ser interfaces de propósito general o una modificación de las mismas. IV. Simuladores virtuales para laparoscopia Si bien todos los simuladores buscan mejorar las destrezas quirúrgicas de los practicantes, existen algunos que permiten adquirir habilidades básicas de laparoscopia, otros que se enfocan a uno o varios escenarios quirúrgicos específicos y los que ofrecen las 2 posibilidades. (5)

Simuladores para entrenamiento de habilidades básicas.

- Este tipo de simuladores se usan para que el usuario aprenda las bases de los procedimientos quirúrgicos por medio de ejercicios y tareas, que usualmente se reproducen en ambientes didácticos y libres de presión, que permiten afianzar conocimientos teóricos, adquirir destrezas manuales y familiarizarse con las herramientas. Por lo tanto, las actividades que se llevan a cabo en estos simuladores constituyen la primera etapa de entrenamiento simulado ya que el usuario adquiere las habilidades necesarias para operar bien en los complejos entornos quirúrgicos simulados posteriores y luego en las cirugías reales. (5)

- SIMENDO Laparoscopy: producido por la empresa DelltaTech, enfocado principalmente al entrenamiento de la habilidad básica laparoscópica coordinación mano-ojo, por lo cual no cuenta con realimentación de fuerzas. El sistema consiste en el software de simulación y un par de interfaces diseñadas para emular los instrumentos de cirugía. Una ventaja importante es que requiere pocos recursos computacionales. Su costo en el 2007 oscilaba entre 6000 y 10000 USD. (5)
- VBLaST: proyecto de investigación desarrollado en conjunto por el Instituto Tecnológico de Rensselaer, el Instituto Avanzado de Ciencia y Tecnología de Korea y el Grupo de Cirugía General del Centro Médico de Albany. Desarrollado a finales de 2008, fue el primer simulador en replicar los ejercicios propuestos en el programa FLS. Hace uso de 2 interfaces hápticas Omni Phantom modificadas para adaptar pinzas laparoscópicas. En un estudio inicial sobre este simulador los resultados obtenidos indicaban que los participantes preferían utilizar el simulador físico en lugar de esta versión virtual, lo cual se debía a que la realimentación de fuerzas no era precisa. (5)
- SINERGIA: simulador desarrollado dentro del proyecto denominado Red Colaborativa Temática SINERGIA, impulsado por el Ministerio de Salud de España. En este proyecto participaron la Universidad Politécnica de Madrid, el Centro de Cirugía Mini-invasiva de Cáceres, la Universidad Politécnica de Valencia, la Universidad de Valladolid y la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Cuenta con 13 ejercicios que se agrupan en 6 unidades que son orientación, agarre, tracción (pulling), corte, disección y sutura. Fue desarrollado con el lenguaje de programación C++ sobre una plataforma Windows, utilizando la librería WorldToolKit (WTK) para el manejo de gráficos y Blender para el modelado de objetos 3D. (5)
- Simulador de la Universidad Central de Las Villas y la empresa SimPro: simulador para adquirir destreza en el manejo de las pinzas laparoscópicas para lo cual permite realizar diferentes ejercicios. Fue programado usando Ogre y PhysX, hace uso de 2 interfaces Phantom Omni modificadas para recrear las pinzas reales de cirugía, y fue desarrollado dentro del proyecto OpenSurg de CYTED. (5)

Simuladores que recrean una cirugía en particular.

Estos simuladores son los que buscan recrear un escenario quirúrgico específico que permita al cirujano llevar a cabo dicho procedimiento tantas veces como sea necesario y así obtener un manejo avanzado de la cirugía que se simula. (5)

- Empedocles es un simulador virtual desarrollado en Irlanda del Norte entre la Universidad de la Reina de Belfast (Queen's University of Belfast) y el Hospital Real de Belfast para Niños Enfermos (Royal Belfast Hospital for Sick Children) en el año 2011. Sus módulos de entrenamiento incluyen funduplicatura de Nissen, apendectomía y el ejercicio "walking the bowel", en el cual se va sujetando y recorriendo el intestino grueso con las pinzas; permite personalizar escenarios y cargar modelos de órganos 3D distintos de los que vienen por defecto con el software. Posee realimentación háptica por medio de un par de controles con forma de pinzas laparoscópicas, que se conectan a una interfaz Phantom Omni cada una. El sistema se diseñó para ser de bajo costo y poder entrenar en 3D. (5)

- En el Centro Nacional de Animación por Computador de la Universidad de Bournemouth se desarrolló un simulador para laparoscopia rectal, tras realizar un estudio sobre los casos de cáncer rectal y su tratamiento con laparoscopia en el Reino Unido, y encontrar que la falta de cirujanos experimentados no permitía cubrir la demanda de intervenciones de este tipo. El sistema cuenta con el software, un monitor y 2 interfaces hápticas Phantom Omni modificadas. Los escenarios se construyeron con base en imágenes de resonancias magnéticas tomadas de pacientes reales y han sido desarrollados en conjunto con cirujanos expertos, para ser tan realista como se requiere. (5)

- V-Band Simulator es un sistema para entrenamiento en cirugía de banda gástrica ajustable por laparoscopia o Lap Band. Fue desarrollado en el Instituto Politécnico de Rensselaer y cuenta con 2 pinzas de cirugía acopladas a un dispositivo Phantom Omni cada una, las cuales están encerradas dentro de un abdomen hecho en fibra de vidrio, cuya forma imita el estado de insuflación. El simulador hace uso del motor de física Nvidia PhysX. (5)

Simuladores para habilidades básicas y módulos de cirugía.

A continuación se describen simuladores híbridos que permiten entrenar habilidades básicas y también algunas cirugías en particular. (5)

- LapSim de Surgical Science: Cuenta con 2 módulos de aprendizaje que conforman el núcleo del sistema. Uno es el módulo básico en el que se aprende a controlar la cámara y desplazarse con los instrumentos. El otro es el módulo Task Training en el que se pueden practicar 4 ejercicios del FLS (no se simula el anudado extracorpóreo). Además, cuenta con otros módulos adicionales para simular colecistectomía, apendectomía, sutura avanzada y anastomosis, ginecología, histerectomía, nefrectomía y bariatría. (5)

- LAP Mentor de Symbionix Corp: cuenta con módulos de habilidades básicas, similares al programa FLS, pero tiene más ejercicios de sutura y de familiarización con las herramientas. También tiene módulos de procedimientos específicos para colecistectomía, apendectomía, hernia incisional, bypass gástrico, sigmoidectomía, nefrectomía, ginecología básica e histerectomía. Además de este simulador convencional de laparoscopia, la empresa ofrece el modelo LAP Mentor Express, el cual no tiene realimentación táctil pero brinda los mismos escenarios. (5)

- LapVR de CAE Healthcare: Cuenta con dos módulos para aprendizaje de habilidades básicas inspirado en el FLS y ofrece la simulación de colecistectomía, apendectomía, oclusión tubaria bilateral, embarazo ectópico y salpingo-forectomía. La realimentación háptica se hace con interfaces de 6 GDL y su cámara cuenta con 5 GDL. Este simulador fue primero comercializado por Immersion Medicals, pero las líneas de productos de simulación de esta compañía fueron adquiridas por CAE en 2010. (5)

- SEP - SimSurgery Education Platform: producido por SimSurgery y Medical Education Technologies. Sus módulos básicos sirven para entrenar navegación con la cámara, manipulación de tejidos y sutura básica y avanzada. Pero, sus módulos

avanzados son para simulación de colecistectomía, embarazo ectópico, cistectomía ovárica y nefrectomía. (5)

- LapX de Epona: cuenta con un programa de entrenamiento de 4 fases para entrenar desde habilidades básicas hasta habilidades específicas para ginecología, urología y cirugía gastrointestinal. El sistema cuenta con 2 interfaces diseñadas por la compañía que usan instrumentos de cirugía reales. (5)

- En Colombia se diseñó e implementó un simulador de cirugía laparoscópica para entrenamiento en habilidades básicas y colecistectomía en un proyecto de investigación llevado a cabo entre la Universidad EAFIT y la Universidad CES. La interfaz para interactuar con el mundo virtual fue diseñada y hecha con materiales no metálicos para no introducir medidas erróneas a los sensores electromagnéticos que utilizan para medir la posición de los 4 GDL de posicionamiento del instrumento. La realimentación de fuerza la llevan a cabo conectando cada instrumento a una interfaz Phantom Omni. Los escenarios de entrenamiento para habilidades básicas del simulador son navegación, coordinación mano-ojo y sujeción de tejidos. (5)

Impacto de los cursos de entrenamiento laparoscópico.

Múltiples cursos de laparoscopia están disponibles para los cirujanos, quienes busquen mejorar sus habilidades en cirugía de mínima invasión. Estos son cursos cortos que van de 2 a 5 días o bien, programas completos de un año. Estos cursos tienen particularidades y están programados para mejorar metas específicas. (4)(6)(7)

El entrenamiento libre de presiones, en un ambiente cómodo y relajado es esencial para el buen aprendizaje, además de poder realizar el ejercicio cuantas veces sea necesario sin necesidad de instalaciones especiales facilita la adquisición de destreza técnica. (6)(7)(8)

Se debe evolucionar del viejo modelo de la enseñanza tipo aprendices hacia la enseñanza de las habilidades en una manera sistemática y lógica "haciendo más que observando", es una opinión generalizada que los programas actuales de

enseñanza en cirugía deben incluir programas específicos para la adquisición de habilidades específicas en cirugía laparoscópica; para ello se ha retomado el uso de simuladores quirúrgicos.(9)(10)

Por esto se ha enfatizado en la necesidad de centros de entrenamiento práctico fuera del quirófano que compense la necesidad de entrenar a cirujanos, haciendo que los procedimientos se realicen de manera segura para los pacientes. (10)

El uso de simuladores de laparoscopia ha demostrado la transferencia de habilidad obtenida al quirófano fomentando el desarrollo del aprendizaje antes de pasar a situaciones reales en el quirófano. La curva de aprendizaje que es la curva de las complicaciones que disminuyen con la experiencia tiene una pendiente muy similar a la pendiente que se obtiene al evaluar la mejoría técnica con la repetición de ejercicios en el simulador, entendiéndose que quien practica fuera del quirófano hasta aplanar su curva con ejercicio en simuladores tendrá una disminución similar en la probabilidad de tener complicaciones transquirúrgicas.(10)(13)(14)

Se destacan las siguientes ventajas del uso de los simuladores:

- Adquisición de habilidades específicas
- Entrenamiento sin riesgos
- Ejercicios económicos
- Repetición y análisis de resultados
- No se requiere de instalaciones especiales
- Ambiente relajado y sin tensiones
- Se puede practicar a solas (10)(13)(14)(16)

Adiestramiento, formación y certificación del cirujano que realiza laparoscopia.

El desarrollo, la difusión, y la aplicación de la colecistectomía laparoscópica y de otras técnicas son ya reconocidos y aceptados mundialmente. Asimismo, la enseñanza de la cirugía laparoscópica y la acreditación del adiestramiento necesario para ejercerla han captado gran interés en todo el mundo. Esto se debe

en gran medida a que, puesto que su desarrollo inicial se realizó sin un protocolo específico, surgieron múltiples informes de complicaciones consecutivas a lesiones de las vías biliares y de otros órganos, relacionados con los procedimientos laparoscópicos avanzados. (1)

Si bien en un tiempo intentó justificarse este tipo de accidentes quirúrgicos llamándoles “curva de aprendizaje”, en la actualidad los organismos responsables de la enseñanza, supervisión y desarrollo de estas técnicas deben estandarizar la capacitación y observar el desempeño de los cirujanos endoscopistas. (1)

En nuestro país, la Secretaria de Salud consideró importante legislar en el campo de la cirugía de mínima invasión, con el objeto de uniformar los criterios y estrategias, estipulando los requisitos básicos para efectuar este tipo de operaciones. (1)

La Secretaria de Salud dispuso que la utilización del método quirúrgico de invasión mínima solo se lleve a cabo en hospitales de segundo o tercer nivel, que cuenten con el equipo e instrumentos mínimos indispensables, como son: cámara y laparoscopio de 10mm, insuflador automático de CO₂ y equipo de anestesia con oxímetro de pulso y capnógrafo, además de equipo de irrigación y aspiración, y en caso de cirugía de las vías biliares, es deseable contar con equipo de radiología. (1)

Adiestramiento en residencia.

En México, el grupo integrado por autoridades de la Secretaria de Salud, los principales sectores de la atención médica en el sector público, la enseñanza y las academias, consejos y asociaciones relacionadas, al ayudar a elaborar la normatividad de la práctica de estas intervenciones, consideró que el programa de enseñanza de la residencia quirúrgica debe contener los fundamentos y técnicas de la cirugía laparoscópica. Los alumnos deben realizar prácticas de adiestramiento en simuladores y en bioterios adecuados, aprobados por las asociaciones protectoras de animales, y participar en procedimientos de cirugía laparoscópica en forma progresiva y bajo supervisión estricta. (1)

Hoy en día, gracias al número creciente de procedimientos laparoscópicos, los residentes pueden inicialmente recibir adiestramiento en la introducción de agujas de insuflación y trocares y, más tarde, en la manipulación del laparoscopio. Así, los residentes se familiarizan con la cirugía y participan activamente en los procedimientos de laparoscopia diagnóstica, con lo que adquieren habilidad para realizar el neumoperitoneo y la coordinación ojo-mano. (1)

Evaluación objetiva de habilidades técnicas quirúrgicas en cirugía laparoscópica.

Tradicionalmente, el modo habitual de evaluación de habilidades quirúrgicas se llevaba a cabo a través de observaciones directas en el quirófano, resultando en una evaluación subjetiva dependiente de cada observador. En muchas instituciones, se emplea el registro quirúrgico del residente, para evaluar su actividad y determinar si el residente puede avanzar a su siguiente año de formación. Sin embargo, este registro únicamente es una lista numérica de los procedimientos en los que ha participado, resultando en un proceso con una validez dudosa ya que no mide la competencia quirúrgica o la calidad de aprendizaje.(12)(13)(14)(15)(17)

Además, existe una demanda creciente por parte de la sociedad, gobiernos y compañías de seguros, de medidas de calidad claras y transparentes en sanidad. Estos hechos han derivado en un creciente interés en la obtención de métodos objetivos de evaluación de habilidades. (14)

Probablemente, el hecho que más influencia ha tenido en el desarrollo de habilidades fue la introducción en 1975 del “Examen clínico estructurado y objetivo” (OSCE) para procedimientos de cirugía abierta, al evaluar las habilidades técnicas quirúrgicas de los cirujanos, no centrándose únicamente en el conocimiento teórico.(17)(19)

En los últimos años, debido a la destreza técnica requerida en la cirugía de mínima invasión, se han descrito en la literatura varios métodos de evaluación de las habilidades quirúrgicas aplicables a la cirugía laparoscópica, para establecer un

sistema objetivo, valido y fiable que determine la competencia técnica de los cirujanos. Estos métodos, además, serían muy útiles para conocer las deficiencias técnicas de cada aprendiz, permitiendo establecer un programa formativo eficiente y personalizado. (17)(19)(24)

Actualmente, se están empleando distintos métodos de evaluación objetiva de habilidades en programas quirúrgicos para residentes, con el fin de evaluar su destreza y proporcionares los resultados de su entrenamiento. Además, estos métodos son requeridos en determinados casos como herramientas de evaluación, por ejemplo entre diferentes fases de la formación.(4)(17)(18)

La evaluación puede ser “formativa” o “sumativa”. La primera, pretende realizar un seguimiento de un aprendiz o proporcionarle un *feedback* estructurado. Por otro lado, la evaluación “sumativa” se emplea como método de selección y por tanto, requiere unos niveles de resultados o puntuaciones predefinidos, cuya sensibilidad y especificidad debe ser elevada.(4)(13)(17)18)

Los diferentes tipos de evaluaciones existentes valoran parámetros cualitativos y/o cuantitativos de la ejecución de cirugías o de determinados ejercicios. Algunas de las evaluaciones son realizadas por cirujanos expertos y otras corresponden a medidas proporcionadas por sistemas informáticos. (17)(20)

Evaluación en el desarrollo de habilidades.

Validación de Escalas

Aunque está aceptado que en la actualidad no hay ningún modelo simple universalmente recomendado para evaluar la simulación en laparoscopia. Existen diferentes modelos de evaluación dentro de los cuales encontramos: evaluación subjetiva por observador (ITER, Likert), evaluación objetiva por el observador (OSATS, MISTELS, GOALS), sistemas de rastreo mecánico de movimiento (ICSAD, ADEPT) y software de realidad virtual (Lapsim®, LapMentor®). En el estudio se utilizó la escala GOALS (tabla 1) traducida al español (Global Operative Assessment of Laparoscopic Skills), para evaluar el desarrollo de habilidades en la

caja de bajo costo. Esta escala fue desarrollada por el grupo de la Universidad de McGill (Montreal) como una alternativa laparoscópica a la escala OSATS (Objective Structured Assessment of Technical Skills). La escala GOALS se basa en una escala global de calificación presentada por Reznick para cirugía abierta; evalúa percepción de profundidad, destreza bimanual, eficiencia, manejo de tejidos y autonomía. La calificación se otorga en una escala visual análoga. Esta escala ha sido empleada en diferentes estudios para evaluar tanto colecistectomía laparoscópica como la evaluación de diferentes tareas en el desarrollo de habilidades laparoscópicas. (24)(25)(27)(28)

Tabla 1. Evaluación operativa global de las habilidades laparoscópicas.

	1	2	3	4	5
PERCEPCIÓN DE PROFUNDIDAD	Constantemente sobrepasa el objetivo erróneamente, grandes oscilaciones		Algunos excesos, corrige rápidamente		Dirige con precisión instrumentos para objetivo
DESTREZA BIMANUAL	El uso de una mano, ignora mano no dominante		El uso de ambas manos, pero no hace optimizar		Usa ambas manos de manera complementaria para optimizar la exposición
EFICIENCIA	Movimiento incierto, perdido, Cambio constante del enfoque o persistir sin avances		Lento, pero planeado y organizado razonablemente		Confiado y eficiente con conducta segura
MANEJO DE TEJIDOS	Brusco con los tejidos, tracción excesiva, pinza se desliza con frecuencia, mal control de dispositivo de coagulación		Maneja los tejidos razonablemente bien, ocasionales deslizamientos de pinza, daño menor a los tejidos adyacentes (hígado) con fuente de energía		Maneja bien los tejidos con la tracción adecuada, utiliza fuentes de energía eficientemente
AUTONOMÍA	No se puede completar todo el procedimiento		Completa procedimiento con orientación moderada		Capaz de completar la operación, probablemente sin pedir ayuda

Validation and reliability of Global Operative Assessment of Laparoscopic Skills for surgical residents and consultants. J Pak Med Assoc. enero de 2016. (28)

La escala de GOALS comprende 5 variables:

- Percepción de profundidad

Esta variable evaluará la comodidad del residente al trabajar con un sistema óptico monocular, que proporciona una imagen en 2D, en comparación con la 3D proporcionada por la cirugía abierta. La habilidad con los instrumentos se describe como muy oscilantes y sobrepasando el objetivo o con dirección exacta en el plano correcto. (28)

- Destreza bimanual

Esta variable medirá la habilidad que tiene el residente para optimizar el uso de ambas manos. ¿El residente hace completamente caso omiso de la mano no dominante, o proporciona exposición ideal con las dos manos en forma complementaria? Si el residente está preguntando constantemente probablemente no domina la destreza. (28)

- Eficiencia Esta variable mide la fluidez y el progreso del procedimiento. ¿El residente constantemente cambia de un área de la disección a otra, u obtiene el máximo progreso en un área de exposición? (28)

- Manipulación de tejidos

Esta variable mide la correcta manipulación de los tejidos, que también incluye el uso apropiado instrumentos de la laparoscopia. Determina la capacidad del residente para adaptarse al efecto de punto de apoyo a través de los trocares y a la pérdida táctil relativa de retroalimentación. ¿El residente es brusco con los tejidos, o provoca sangrado mediante tracción excesiva? ¿Son los instrumentos utilizados con precaución, y son utilizados adecuadamente dependiendo la calidad de los tejidos en el caso concreto?(28)

- Autonomía Esta última variable se determina mediante la medición de independencia técnica, la cantidad de orientación que necesita el residente para realizar la tarea de forma segura y apropiada. Si el residente no progreso o no pudo realizar el procedimiento con seguridad, esto sería evaluado con una puntuación baja de la autonomía.(28)

Análisis de los sistemas de Evaluación

El sistema de evaluación ideal debe tener los siguientes componentes: fácil de usar, fácil de interpretar, ser exacto y tener validez y fiabilidad; de los sistemas descritos, exceptuando a los sistemas de rastreo mecánico y los equipos con software de realidad virtual, los sistemas de medición objetiva por expertos son los más utilizados y confiables, sin embargo pocos contienen los componentes mencionados. Probablemente los únicos sistemas que incluyen suficiente evidencia son Goals, Mistels y Ocrs. El desarrollo de los ejercicios diseñados para obtener destreza deben seguir un diseño estructurado, con apoyo didáctico y técnico durante el curso, de manera que el objetivo se cumpla fielmente. El papel de los sistemas de evaluación será determinar si se está cumpliendo con lo planeado y el desempeño mejora, disminuyendo tiempos y errores, realizando cada vez ejercicios más complejos.(4)(7)(13)(20)(25)(28)

En términos de docencia en CL, está generalmente aceptada la imposibilidad de adaptarla al sistema de aprendizaje tradicional, es decir, aprender de forma tutorizada en el paciente y sin métodos de evaluación demasiado rigurosos. En esta área, la adquisición de las habilidades fundamentales debe llevarse a cabo fuera de entornos quirúrgicos antes de ponerlas en práctica sobre pacientes. Los objetivos propuestos para LapPlate® y sus características docentes y formadoras, así como nuestro modelo de formación por niveles, del cual formaría parte, están relacionados con dos corrientes adscritas a las teorías modernas de educación para adultos, también denominadas como andragogía. Las referencias bibliográficas que tratan los inicios del aprendizaje laparoscópico o endoscópico, obviamente en adultos, hablan de la necesidad de aprender practicando maniobras nuevas nunca antes realizadas. Por nuestra parte, en el CCMI/CCMIJU, se sigue desde 1995 un programa integral de formación en CMI, que trata de cubrir todas las necesidades formativas anteriormente citadas. Consta de cuatro niveles:

1. Entrenamiento de habilidades básicas y avanzadas practicadas en simulador.(24)(25)
2. Entrenamiento de protocolos anatómico-quirúrgicos y habilidades avanzadas en modelo animal experimental.(24)(25)

3. Aplicación de las nuevas tecnologías como soporte teórico audiovisual.(24)(25)(27)
4. Aplicación clínica de las habilidades adquiridas en el quirófano sobre los pacientes. (24)(25)(27)

Los pioneros en estos métodos fueron Malcom Knowles, los hermanos Hubert y Stuart Dreyfus y George Miller (Pirámide de Miller). Un resumen de las principales características de estos métodos, las cuales se verán citadas a lo largo del presente trabajo, aplicadas a las habilidades médico-quirúrgicas son las siguientes:

- Aprendizaje individualizado: el proceso de formación y evaluación de habilidades debe adaptarse al nivel previo que tenga el aprendiz y, progresivamente, al que se desee que adquiera. (14)(17)(20)
- Retroalimentación/Feedback: los resultados se ven mejorados si se facilita al usuario información gráfica o numérica de los registros para poder evaluar su aprendizaje. (14)(17)(20)
- Objetivos motivacionales: el aprendizaje se mejora si se enfoca a la consecución de unos niveles u objetivos a alcanzar, lo cual motivará al aprendiz/usuario a conseguirlos. (14)(17)(20)
- De novato a experto: los máximos niveles de competencia sólo pueden acometerse de manera gradual y constructiva y con una práctica continuada en el tiempo. (14)(17)(20)

Por todo lo anterior, el proceso de formación en técnicas de cirugía de mínima invasión y, en concreto, de la CL, necesita un aseguramiento de la calidad, el establecimiento de unos estándares formativos mínimos y de un adecuado proceso de acreditación. Este concepto de calidad, al cual los pacientes deben tener acceso, lo expresa acertadamente Cuschieri A. como “Garantía de la Calidad en el Tratamiento Quirúrgico”. Además, determinadas asociaciones y sociedades médicas, como la Society of Gastrointestinal and Endoscopic Surgeons (SAGES), la Society of Laparoendoscopic Surgeons

(SLS), la European Association of Endoscopic Surgeons (EAES), o la Accreditation Council for Graduate Medical Education (ACGME) tienen establecidos unos requisitos mínimos para las diferentes habilidades (de conocimientos, quirúrgicos, profesionalidad, etc.). La importancia de establecer unos requerimientos de calidad en los programas de residencia y de especialidad médica adquirió un gran auge a causa de estudios como el realizado por el Instituto de Medicina de América (IOM), en 1999, en cual se llegaron a estimar entre 43.000-98.000 muertes evitables, de las cuales las derivadas de las intervenciones quirúrgicas contribuían significativamente a ello. Por ello, los programas de formación médica están basados en la evaluación de seis competencias consideradas necesarias para los cirujanos residentes, y los ya formados, que quieran certificarse o recertificarse:

- Habilidades clínicas y cuidado del paciente. En esta se incluye la formación quirúrgica. (21)
- Conocimiento médico. (21)
- Habilidades de comunicación.(21)
- Aspectos éticos y legales.(21)
- Sistema de salud y contexto social.(21)
- Actualización y desarrollo profesional y personal. (21)

A pesar de lo anterior, de las seis competencias actuales resulta sorprendente que no exista ninguna dedicada sólo a la adquisición de habilidades técnicas o manuales, tal y como indica Van Eaton et al., en una amplia y reciente revisión de 2011, sobre los desafíos actuales de la educación del residente. En este trabajo propone que la adquisición de: (a) Práctica en elementos inorgánicos y (b) ejercicios sobre tejidos orgánicos con tutorización de expertos. (20)(21)

Actualmente, se considera un objetivo clave en la formación y evaluación quirúrgicas la certificación de una correcta trayectoria del periodo de aprendizaje. Se necesita, por tanto, disponer de medios tecnológicos que sean los que, hasta cierto punto, acrediten a los cirujanos noveles o incluso revaliden las capacidades

de los laparoscopistas con experiencia. El interés creciente por acreditar que un residente posea determinadas habilidades quirúrgicas, así como en formar adecuadamente a los futuros cirujanos, y en los últimos años, otros colectivos menos usuales como personal de quirófano (enfermería, asistentes de quirófano, etc.) o incluso veterinarios, han originado una activa corriente investigadora sobre la necesidad de implementar métodos de formación y evaluación dotados de un carácter objetivo en cuanto a los registros efectuados y que estén dotados de utilidad como herramienta formativa.(20)(21)

Retomando el concepto de certificación de habilidades quirúrgicas anteriormente expuesto, podemos decir que hoy día los procesos de evaluación quirúrgica se basan en técnicas subjetivas y en general poco fiables. En contraposición, una evaluación objetiva sería muy importante para ofrecer una retroalimentación a los usuarios y para el aprendizaje estructurado de las habilidades quirúrgicas. (22)

Los simuladores, tanto físicos como virtuales, ofrecen un medio de formación y de evaluación de la pericia del cirujano. No obstante, no existe evidencia suficiente de la capacidad de estos simuladores para predecir el desempeño del cirujano en el campo quirúrgico real. Aun así, no cabe duda de que el impacto de la simulación en la educación médico-quirúrgica produce sustanciales beneficios, representando una herramienta consolidada y dotada de un carácter cada vez más necesario en los programas de formación quirúrgica. Esto apunta McGaghie W. et al., como resultado de una revisión crítica del papel de la simulación en la educación médica desde 1969-2009. En ella concluye la importancia de la investigación en formación médica, cuyos resultados en muchas ocasiones son difíciles de coordinar debido a la gran sub-variedad de procedimientos, especialidades y habilidades que deben ser aprendidas. Prueba de ello es que llega a establecer hasta doce características que los docentes en simulación médica deben tener en cuenta para optimizar los beneficios educacionales (feedback, métricas, certificación de habilidades, etc.).(27)

Existen además, otras revisiones que evidencian la idoneidad de utilizar los simuladores como herramientas útiles en la formación de futuros cirujanos, tanto en laparoscopia como en otras disciplinas. Las referencias disponibles que revisan el

estado del arte de métodos de evaluación de los conocimientos médicos y de habilidades quirúrgicas son amplias. (26)

La variable cirujano en la calidad del procedimiento quirúrgico tiene mucho peso específico, hay que entrenarlo y conseguir que sus habilidades sean tan elevadas que esta variable pueda disminuir su peso. Se han evaluado estas habilidades por técnicas subjetivas ante expertos quirúrgicos y en otras, los menos y cada día en mayor desarrollo, por técnicas objetivas. (26)

Con la llegada de la cirugía mínimamente invasiva, los expertos quirúrgicos en técnicas avanzadas son escasos y los quirófanos se utilizan para desarrollar la curva de aprendizaje. Sin embargo, por su elevado coste y los daños iatrogénicos que pueden generar en los pacientes, no debería ser así. Por ello deben existir laboratorios experimentales o centros de entrenamiento y aprendizaje. La estrategia actual de formación se basa en tres modelos educativos: los simulacros de procedimientos, que se correlacionan con el logro de una tarea relacionada con la clínica, los simuladores quirúrgicos y las nuevas tecnologías de la comunicación, técnicas multimedia y tele cirugía. ¿Pero cómo se está desarrollando en la actualidad esta formación? Feliu et al en España y Chiasson et al en Canadá recogen en sus encuestas respuestas indicativas de que no hay pautas definidas en la formación, que no es reglada, carece de criterios previamente establecidos por las universidades o asociaciones profesionales y que la mayor tutela hoy por hoy es bajo cirujanos de amplia experiencia. Ciertos países, como Suecia y Países Bajos, inician programas nacionales de formación basados en los simuladores virtuales quirúrgicos, y es obligado realizar la acreditación en ellos previamente a la realización de la colecistectomía laparoscópica, pero en el resto de los países europeos y en Estados Unidos los programas son específicos de cada centro y no en todos se realizan. En Latinoamérica, la FELAC (Federación Latinoamericana de Cirugía Endoscópica) ha iniciado un programa estructurado de formación en cirugía laparoscópica que, tutelado desde ella, desplaza profesionales expertos a los diversos países para la formación de residentes mediante cursos específicos. Entre todos estos programas estructurados por año de residencia, los hay —como hemos

dicho— que basan toda su enseñanza laparoscópica en la simulación. Otros realizan todas las prácticas quirúrgicas en endotrainer y sin animales. Algunos, como Valentine, aumentan el número de habilidades que adquirir incluyendo el manejo de ultrasonidos, la endoscopia y la atención al paciente politraumatizado (ATLS) y realizan todo en cajas o ambientes virtuales. La Universidad de Yale desarrolla todo un programa basado en la simulación y en un potente programa de multimedios con monitorización a través de la red. Otros incluso van más lejos y, además de todo lo dicho, desarrollan las habilidades con animales y cadáveres humanos. En algunos hospitales se traslada el aprendizaje inicial de las técnicas mínimamente invasivas del quirófano al laboratorio del centro experimental donde, mediante un programa estructurado, residentes han desarrollado habilidades en procedimientos laparoscópicos básicos, en la realización de anastomosis intestinales en endotrainer y procedimientos quirúrgicos en el animal de experimentación, añadiendo a estas otras de microcirugía y endoscopia. Es un programa mixto que usa cajas con vísceras animales ex vivo, animales y, ocasionalmente pero sin estructurar en la actualidad, simuladores virtuales. (25)

Ha llegado el momento en que la valoración de estas habilidades se convierta en parte de la evaluación de la competencia profesional y además deberemos aprender a medir estas habilidades y su implementación en la clínica. (25)

Por ello profesores como Darzi, Hwang y Buess han desarrollado métodos objetivos de medición tanto en el laboratorio como en el quirófano. Se ha estudiado objetivamente tiempos y calidades de las anastomosis intestinales, ejecución técnica con puntuaciones finales en la colecistectomía y la cirugía antirreflujo.(17)

Hemos observado que el residente debe de cumplir al menos 70 h de entrenamiento para dominar la realización de una anastomosis intestinal, que se acerca al experto laparoscopista al realizar 70 anastomosis y que la implementación clínica se pone de manifiesto con la realización de un número alto de procedimientos laparoscópicos durante su residencia. Para muchos autores (Valentine et al, Yule et al y Undre et al), el currículo futuro del residente quirúrgico debería disponer — además de un conocimiento teórico firme—, atención esmerada y eficaz a los

pacientes, comunicación interpersonal fluida y competencia profesional; deberemos dar oportunidad a estos para que se enfrenten a situaciones difíciles en un ambiente simulado, disponiendo de cursos específicos. (12)(16)(17)

La curva de aprendizaje describe que la tasa de complicaciones técnicas para un nuevo procedimiento tiene un porcentaje más alto al principio, antes de alcanzar la competencia, esta situación es inherente a cualquier aprendizaje quirúrgico y es la razón primaria de la existencia de las residencias quirúrgicas. Son numerosos los trabajos de complicaciones y de altas tasas de conversión en colecistectomía laparoscópica al principio de la experiencia. El 90 % de las lesiones graves se producen dentro de las primeras 30 intervenciones. No se han realizados estudios para definir la curva del aprendizaje en los procedimientos avanzados, pero es lógico asumir que es semejante, posiblemente se acorta con la experiencia en laparoscopia básica, pero prolongada por el grado de dificultad. (6)(7)

En cirugía mínimamente invasiva es esencial la educación y capacitación para que la curva del aprendizaje sea menor. Los investigadores japoneses demostraron que las complicaciones resultaron tres veces más frecuentes cuando la capacitación consistió en sólo dos operaciones supervisadas, en lugar de diez. Los cirujanos que asistían a un solo curso introductorio tenían mayor número de complicaciones que los que habían obtenido capacitación adicional. Se insiste desde un principio en que los cirujanos que desean incorporar en su ejercicio hospitalario la cirugía laparoscópica, se sometan a tutoría durante su período inicial de aprendizaje, resulta de gran utilidad que dos o tres cirujanos del servicio se asistan mutuamente hasta haber logrado superar la curva del aprendizaje en cada procedimiento. Nos ha parecido prudente separar las técnicas en dos grandes categorías: básicas y avanzadas. Los básicos requerirán técnicas simples de disección o resección y que se pueden efectuar utilizando las tijeras clips, electro cauterio, y grapas, en tanto que los avanzados requerirán maniobras más complejas y por lo tanto es necesario el tener el dominio de técnicas e instrumental especializado (anudado-síntesis. Endoengrapadoras). (11)

Laparoscopia básica

Las técnicas de laparoscopia básica comprenden: procedimientos diagnósticos, lisis de adherencias, colecistectomía, apendicectomía, herniorrafia. La laparoscopia básica forma parte del plan de enseñanza en nuestra sección y en promedio los residentes se gradúan con un número mínimo de intervenciones durante sus tres años. (18)(20)

Laparoscopia avanzada

Para realizar con seguridad la laparoscopia avanzada se requiere además de un perfecto dominio de la parte básica, un mínimo de procedimientos realizados, el entrenamiento en las suturas endoscópicas, y anudado (intra o extracorpóreo), técnicas que son más difíciles de ejecutar que las similares en su contraparte abierta. En la actualidad los procedimientos avanzados más frecuentemente realizados son la coledocotomía, vagotomías, enterotomías, funduplicaturas, colectomías, histerectomías, esplenectomías, cirugía hepática, pancreática, diferentes tipos de cirugía torácica, y más recientemente, el abordaje del cuello para la cirugía endocrina de la glándula tiroides y paratiroides. (18)(20)

No se está prestando atención a la capacitación adecuada en laparoscopia avanzada en los programas de los residentes, ni se han entrenado los cirujanos que realizan la cirugía laparoscópica básica. Un factor adicional que complica la situación es que la contraparte de estos procedimientos en cirugía abierta se efectúa en menor frecuencia que la colecistectomía laparoscópica, lo que representa un obstáculo para los cirujanos que se están capacitando y logren superar la curva del aprendizaje. Desde luego, hay habilidades comunes a todos los procedimientos avanzados que reducen el número de cada procedimiento individual que han de realizarse para alcanzar las destrezas. Adicionalmente, las complicaciones resultantes de los errores técnicos durante la curva del aprendizaje en la cirugía laparoscópica avanzada (neumotórax, hemorragia masivas, perforaciones gastrointestinales, fugas biliares etc.) son más frecuentes y graves que las que se observan en los procedimientos básicos.(20)(21)

Los criterios para otorgar privilegios para realizar la laparoscopia avanzada deben incluir, en primer lugar la experiencia previa en la cirugía convencional y en laparoscopia básica, a los que han de seguir capacitación didáctica y trabajo en las técnicas laparoscópicas avanzadas. (23)

El entrenamiento en el laboratorio con animales brinda la experiencia técnica inicial. Resulta esencial la realización de una experiencia supervisada en los seres humanos. Esta capacitación se logra realizando un programa de maestría en el propio hospital, bien sea invitando a cirujanos expertos del exterior o en su defecto lograr el entrenamiento de un cirujano del servicio (calificado y con privilegios), que ha realizado de antemano curso de laparoscopia avanzada quien tendrá la función de actuar como preceptor. Debido al inconveniente de lograr un número adecuado de casos supervisados, la manera ideal, para obtener la capacitación requerida será dedicarle un período de entrenamiento en instituciones universitarias de prestigio que manejen un número importante de casos, o bien dedicar un año completo para obtener la membresía. (24)

Los resultados en cirugía laparoscópica (básica o avanzada), como sucede en la cirugía convencional, han de ser sometidos a permanente vigilancia por parte de las autoridades de los hospitales como parte de la valoración del trabajo realizado.(25)

Puede ser necesario asignar preceptores, o exigir capacitación adicional o incluso restringir algunos de los privilegios otorgados cuando se identifiquen tasas altas morbilidad.(25)

El cirujano tiene la responsabilidad personal de tener una educación continua y estar al tanto de la información actualizada en cirugía mínimamente invasiva, porque las variaciones que se producen en los equipos y técnicas son frecuentes y evolucionan con gran rapidez. (26)

El análisis periódico de la morbimortalidad, lo mismo que la revisión sistemática de la literatura publicada, deben servir de guía al cirujano, servicio o

departamento para determinar cuál es la mejor evidencia, de manera de ofrecer o suprimir los procedimientos.(19)

Es necesario desarrollar las técnicas mínimamente invasivas en la cátedra de técnica quirúrgica y que en los diferentes servicios de cirugía y se estimule y se incentive su estudio.(19)

En la actualidad, ha de alentarse su aprendizaje mediante los cubículos de capacitación y en animales de laboratorio, y en un futuro próximo valiéndonos de novedosos programas de computación con sonido y animación (multimedia), y ambientes de realidad virtual. (29)

Hay que reconocer y apoyar el esfuerzo realizado por las cátedras, servicios y departamentos en este sentido e intentar que aumente el número de profesores comprometidos con su enseñanza. Ésta es la única manera de mejorar la calidad no sólo asistencial, sino también docente e investigadora en las universidades.(28)(29)

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El desarrollo de la cirugía laparoscópica ha causado en los últimos años una revolución sin precedentes dentro de la historia de la cirugía moderna. Gracias al avance de la tecnología y el desarrollo de nuevas técnicas en cirugía mínimamente invasiva, los cirujanos en formación deben contar con un entrenamiento adecuado que garantice una experticia para su desempeño en esta tecnología, ya que se ha demostrado que el entrenamiento previo mejora la destreza quirúrgica, disminuyendo así, tiempos quirúrgicos y complicaciones.

Actualmente el programa de postgrado de Cirugía General, no cuenta con un entrenamiento basado en simuladores de laparoscopia previo al manejo intervencionista con los pacientes, desconociendo el impacto que puede tener la implementación de un programa sistemático de entrenamiento en cirugía laparoscópica sobre el desarrollo de habilidades en los residentes, creando la necesidad de construir un espacio programático y didáctico en el cual se puedan adquirir habilidades y destrezas en cirugía laparoscópica.

PREGUNTA DE INVESTIGACION

¿Cómo el entrenamiento con simuladores de laparoscopia genera un cambio en la adquisición de habilidades quirúrgicas en los residentes de un programa de cirugía general?

JUSTIFICACION

La implementación de simuladores de laparoscopia en la formación de residentes de Cirugía General se ha convertido en uno de los pilares en el desarrollo de habilidades en un ambiente seguro minimizando el riesgo para los pacientes. Se considera relevante hacer una medición objetiva de la adquisición de destrezas y habilidades en el estudiante en formación tras la implementación de un nuevo programa de entrenamiento con simuladores con modelo inanimado, previo al contacto con los pacientes. Además de solventar los problemas que plantea el cambio de modelo asistencial para la formación de los profesionales de la salud y de asegurar la intimidad del paciente e incrementar su seguridad, el uso de las simulaciones en educación médica comporta importantes ventajas desde el punto de vista educativo, y que convierten el entrenamiento basado en la simulación en la herramienta ideal para afrontar algunos de los nuevos retos de la educación médica. El uso de las simulaciones acorta el tiempo necesario para el aprendizaje de las habilidades, especialmente porque se puede repetir el entrenamiento tantas veces como sea necesario hasta adquirir las habilidades entrenadas y en un menor tiempo. Por otra parte el entrenamiento basado en la simulación permite corregir la falta de experiencia clínica. Es una formación orientada hacia el que aprende, teniendo en cuenta sus necesidades y su ritmo individual. La enseñanza basada en las simulaciones permite el aprendizaje de experiencias prácticas en diferentes tipos de entornos, desde los más simples a los más complejos, desde los más habituales a los poco comunes.

Aunado a lo previamente expuesto, en la actualidad, derivado de la contingencia provocada por SARS-CoV2, en la gran mayoría de las unidades hospitalarias del país, se disminuyeron de manera drástica las intervenciones quirúrgicas, teniendo un impacto directo en la mejoría de las destrezas de los médicos en formación, por lo que la utilización de simuladores, representa una medida de gran utilidad, evitando el rezago en el aprendizaje.

HIPOTESIS

- Hipótesis nula: no existe diferencia en la ganancia de habilidades de desempeño quirúrgico laparoscópico posterior al entrenamiento con simuladores.
- Hipótesis alterna: existe diferencia en la ganancia de habilidades de desempeño quirúrgico laparoscópico posterior al entrenamiento con simuladores.

OBJETIVO GENERAL

Se determinó el impacto del entrenamiento con simuladores de cirugía laparoscópica en el programa de formación en Cirugía General.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Se describió el desempeño de los residentes antes y después de implementar las herramientas para el desarrollo de habilidades en cirugía laparoscópica en los residentes de Cirugía General.
- Se identificó las diferencias en tiempo quirúrgico antes y después del entrenamiento con simulador en residentes de Cirugía General.

METODOLOGIA

DISEÑO DE ESTUDIO

Se realizó un estudio observacional, prospectivo, descriptivo comparativo

DEFINICION OPERACIONAL DE LA ENTIDAD NOSOLOGICA Y/O VARIABLE PRINCIPAL

Se midió el tiempo quirúrgico antes y después del entrenamiento con simulador.

DEFINICION DE LA UNIDAD O SUJETO DE ESTUDIO

Médicos residentes en proceso de formación de la especialidad de Cirugía General.

PROCEDIMIENTO DE LA FORMA DE OBTENCION DE LAS UNIDADES DE ESTUDIO.

Se incluyó a médicos residentes del servicio de Cirugía General del Hospital General Ecatepec "Las Américas".

DEFINICION CONCEPTUAL, OPERACIONAL Y ESCALAS DE MEDICION DE LAS VARIABLES

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Tipo de variable	Escala de medición
Tiempo quirúrgico antes del entrenamiento	Período determinado durante el que se realiza una acción o se desarrolla un acontecimiento .	Tiempo en minutos requerido para culminar el procedimiento quirúrgico antes del entrenamiento	Cuantitativa discreta	Minutos
Tiempo quirúrgico después del entrenamiento	Período determinado durante el que se realiza una acción o se desarrolla un acontecimiento	Tiempo en minutos requerido para culminar el procedimiento quirúrgico después del entrenamiento	Cuantitativa discreta	Minutos
Procedimientos exitosos antes del entrenamiento	Método o modo de tramitar o ejecutar una cosa. Circunstancia de obtener lo que se desea	Definición de un procedimiento exitoso	Cualitativa nominal	1 Exitoso 0 No exitoso

	en el ámbito profesional, social o económico.			
Procedimientos exitosos después del entrenamiento	Método o modo de tramitar o ejecutar una cosa. Circunstancia de obtener lo que se desea en el ámbito profesional, social o económico.	Definición de un procedimiento exitoso	Cualitativa nominal	1 Exitoso 0 No exitoso
Percepción de profundidad (antes y después)	1. Constantemente sobrepasa el objetivo erróneamente, grandes oscilaciones. 3. Algunos excesos, corrige rápidamente. 5. Dirige con precisión	Puntaje obtenido en la prueba antes y después de la capacitación	Cualitativa ordinal	1 Baja 2 Media 3 Buena

	instrumentos para objetivo.			
Destreza bimanual (antes y después)	<p>1. El uso de una mano, ignora mano no dominante.</p> <p>3. El uso de ambas manos, pero no hace optimizar interacciones entre manos.</p> <p>5. Usa ambas manos de manera complementaria para optimizar la exposición.</p>	Puntaje obtenido en la prueba antes y después de la capacitación	Cualitativa ordinal	<p>1 Baja</p> <p>2 Media</p> <p>3 Buena</p>
Eficiencia (antes y después)	<p>1. Movimiento incierto, perdido, Cambio constante del enfoque o persistir sin avances</p>	Puntaje obtenido en la prueba antes y después de la capacitación	Cualitativa ordinal	<p>1 Baja</p> <p>2 Media</p> <p>3 Buena</p>

		<p>3. Lento, pero planeado y organizado razonablemente</p> <p>5. Confiado y eficiente con conducta segura</p>			
<p>Manejo de tejidos (antes y después)</p>	<p>1. Brusco con los tejidos, tracción excesiva, pinza se desliza con frecuencia, mal control de dispositivo de coagulación</p> <p>3. Maneja los tejidos razonablemente bien, ocasionales deslizamientos de pinza, daño menor a los tejidos adyacentes (hígado) con</p>	<p>Puntaje obtenido en la prueba antes y después de la capacitación</p>	<p>Cualitativa ordinal</p>	<p>1 Baja</p> <p>2 Media</p> <p>3 Buena</p>	

	<p>fuerza de energía</p> <p>5. Maneja bien los tejidos con la tracción adecuada, utiliza fuentes de energía eficientemente</p>			
<p>Autonomía (antes y después)</p>	<p>1. No se puede completar todo el procedimiento.</p> <p>3. Completa procedimiento con orientación moderada.</p> <p>5. Capaz de completar la operación, probablemente sin pedir ayuda</p>	<p>Puntaje obtenido en la prueba antes y después de la capacitación</p>	<p>Cualitativa ordinal</p>	<p>1 Baja</p> <p>2 Media</p> <p>3 Buena</p>

UNIVERSO DEL TRABAJO Y MUESTRA

UNIVERSO

Todos los médicos residentes del servicio de Cirugía General del Hospital General Ecatepec “Las Américas”.

POBLACION OBJETIVO

Médicos residentes en proceso de formación de las áreas quirúrgicas del Hospital General Ecatepec “Las Américas”.

TAMAÑO DE LA MUESTRA

La selección de la muestra fue probabilístico por conveniencia, que incluyó a los residentes del servicio de Cirugía General.

CRITERIOS DE INCLUSION

1. Médicos residentes en proceso de formación como Cirujanos Generales.
2. Médicos residentes que aceptaron participar en el estudio.

CRITERIOS DE EXCLUSION

Médicos residentes que hayan tenido entrenamiento previo certificado en cirugía laparoscópica.

MATERIAL Y METODOS

Este estudio se dividió en tres fases de la siguiente forma:

Fase 1:

Inicialmente se citó a los residentes en la residencia quirúrgica donde se evaluó con el simulador de bajo costo.

Las pruebas en el simulador de bajo costo fueron evaluadas con la escala GOALS que para efectos de estudio será traducida al español y adaptada para la evaluación de las habilidades. También se tuvo en cuenta a medición de tiempo en el desarrollo de cada prueba.

El simulador de bajo costo evaluó 7 pruebas que se describen a continuación:

1. PROCEDIMIENTO ASIGNADO: Desplazar 14 esferas de plástico con la pinza de laparoscopia hacia un punto determinado, utilizando ambas manos.
 - OBJETIVO A DESARROLLAR
 1. Adquirir la habilidad de percepción de profundidad, destreza bimanual y autonomía. El residente debe desplazar esferas de plástico numeradas de color rojo y verde, con la pinza del color correspondiente, a su respectiva ubicación en la plataforma.
2. PROCEDIMIENTO ASIGNADO: pasar 10 cilindros con perforación central a través de una sutura.
 - OBJETIVO A DESARROLLAR
 - 1 .Adquirir la habilidad de percepción de profundidad, destreza bimanual y autonomía. El residente debe insertar 10 cilindros con perforación central de diferente color en una sutura.
3. PROCEDIMIENTO ASIGNADO: Recortar un círculo dibujado en tela

- OBJETIVO A DESARROLLAR 1. Adquirir la habilidad de percepción de profundidad, destreza bimanual, manejo de los tejidos y autonomía. En un fragmento de tela se tendrá la figura de un círculo. El residente debe cortar dicha estructura con una tijera de laparoscopia sin interrumpir la línea demarcada.
4. PROCEDIMIENTO ASIGNADO: Pasar un alambre guía a través de un tubo de mayor calibre el cual se encuentra fijo a la caja simuladora •
- OBJETIVO A DESARROLLAR 1. Adquirir la habilidad de percepción de profundidad, destreza bimanual, manejo de los tejidos y autonomía. El residente debe realizar un corte parcial en una sonda nelaton para canalizarla con una guía metálica hasta una marca predeterminada
5. PROCEDIMIENTO ASIGNADO: Retirar la capa externa de una uva
- OBJETIVO A DESARROLLAR 1. Adquirir la habilidad de percepción de profundidad, destreza bimanual, manejo de los tejidos y autonomía. El residente debe retirar la capa externa de la uva sin involucrar la pulpa de la misma.
6. PROCEDIMIENTO ASIGNADO: Realizar nudos intracorpóreos luego de pasar la sutura por un pad de sutura laparoscópica. •
- OBJETIVO A DESARROLLAR 1. Adquirir la habilidad de percepción de profundidad, destreza bimanual, manejo de los tejidos y autonomía. El residente debe realizar 3 nudos intracorpóreos separados luego de pasar la sutura por un ala de pollo.
7. PROCEDIMIENTO ASIGNADO: Sutura intracorporea con puntos continuos cruzados en un pad de sutura laparoscópica.

- OBJETIVO A DESARROLLAR 1. Adquirir la habilidad de percepción de profundidad, destreza bimanual, manejo de los tejidos y autonomía. El residente debe realizar una sutura continua cruzada de 5 puntos en un pad de sutura laparoscópica.

FASE 2: Posteriormente se citó a los residentes por nivel de formación para implementar el curso de entrenamiento en cirugía laparoscópica básica donde se realizaron conferencias instructivas sobre bases en laparoscopia. Se asignó el espacio para un entrenamiento por 30 horas distribuidas en: 10 horas teóricas, 20 horas en simulador de bajo costo.

FASE 3: Finalmente se citó a los residentes en el laboratorio de simuladores para evaluar de nuevo las variables que se contemplan en cada prueba. De esta forma los datos tomados inicialmente se compararon con los datos finales posterior al entrenamiento propuesto.

IMPLICACIONES ÉTICAS

En el estudio no se presentó riesgo para la integridad física o moral de los residentes, ya que se realizara una investigación basada en la utilización de un simulador laparoscópico.

En base al reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Investigación para la Salud, título sexto, de la Ejecución de la Investigación en las Instituciones de atención a la salud, capítulo único, así como; basados en la declaración de Helsinki de la Asociación Médica Mundial-Principios éticos para las investigaciones médicas en seres humanos. Adoptada por la 18° Asamblea Médica Mundial, Helsinki, Finlandia, junio 1964 y enmendada por la 29° Asamblea Médica Mundial, Tokio, Japón, Octubre 1975, 35° Asamblea Médica Mundial, Venecia, Italia, Octubre 1983, 41° Asamblea Médica Mundial, Hong Kong, Septiembre 1989, 48° Asamblea General de Somerset West, Sudáfrica, Octubre 1996, 52° Asamblea General, Edimburgo, Escocia, Octubre 2000, Nota de Clarificación, agregada por la Asamblea General de la AMM, Tokio 2004, 59° Asamblea General Seúl, Corea, Octubre 2008, 64° Asamblea General, Fortaleza, Brasil, Octubre 2013.

Así también el código Núremberg. Normas éticas sobre experimentación en Seres Humanos en 1997, el código de Núremberg fue publicado el 20 de Agosto de 1947, como producto del juicio de Núremberg (Agosto 1945 a Octubre 1946), en el que, junto con la jerarquía nazi, resultaron condenados varios médicos por gravísimos atropellos a los derechos humanos. Dicho texto tiene el mérito de ser el primer documento que planteó explícitamente la obligación de solicitar el Consentimiento Informado, expresión de la autonomía del paciente.

ORGANIZACIÓN

Persona responsable	Actividad	Momento
1 Investigador	Realización del protocolo de investigación. Explicar y demostrar la correcta realización de los ejercicios para mejora de destrezas laparoscópicas. Analizar y redactar informe.	Enero a Noviembre de 2020
1 Médico adscrito	Técnica quirúrgica	Septiembre a Octubre de 202

RESULTADOS

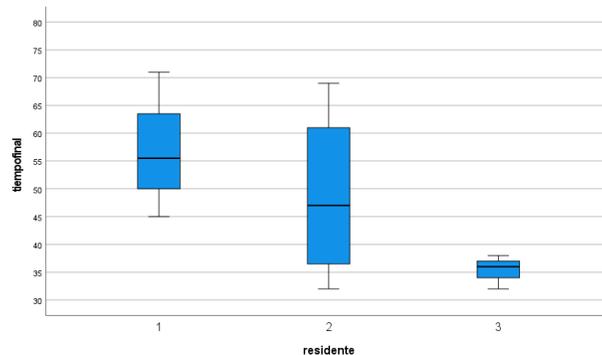
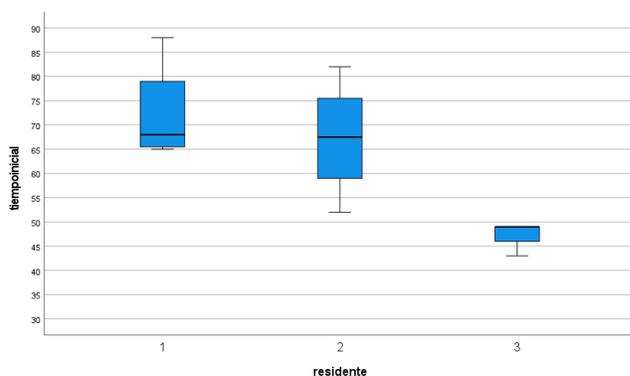
ANALISIS TIEMPO

Para la determinar si existe una diferencia estadísticamente significativa contra el tiempo de prueba y lo pos se utilizó la prueba de T de student emparejada donde

Tiempo inicial	72.25 ±10.72	67.25 ±12.31	47 ±3.46
Tiempo final	56.75 ±10.72	48.75 ±16	35 ±3.05

se obtuvieron los siguientes resultados

Obteniendo un resultado estadísticamente significativo entre los dos tiempos



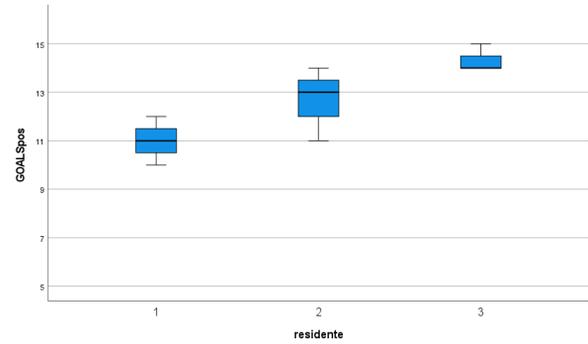
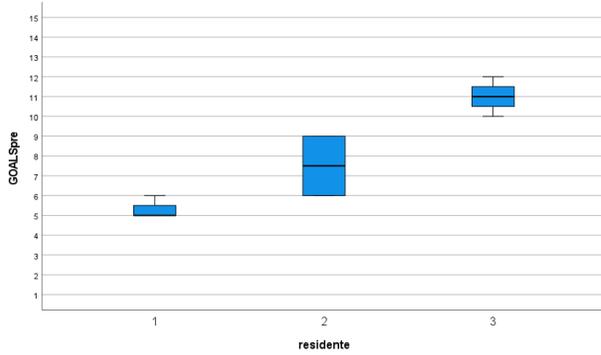
Fuente: base de datos

ANALISIS GOALS

Como se describe la metodología, las categorías utilizadas para medir el desempeño fueron agrupadas en 3 calificaciones según escala GOALS. La categoría 1, 3, 5, la tabla describe el desempeño valorando todos los ejercicios.

GOALS pre	5.25 ±0.5	7.5 ±1.73	11 ±1
GOALS pos	11 ±0.81	12.75 ±1.25	14.33 ±0.57

Observándose el desarrollo de la prueba pre y post entrenamiento las calificaciones correspondiente Donde se observa una diferencia significativa entre los ejercicios



Fuente: base de datos

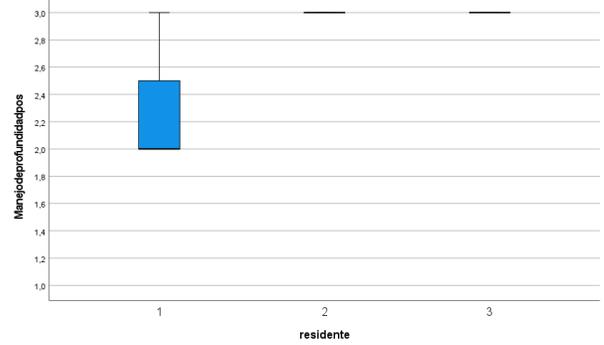
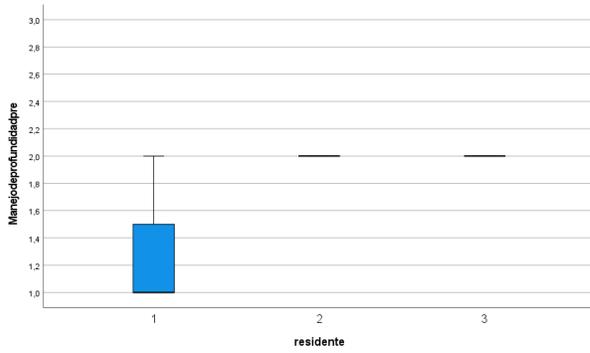
MANEJO DE PROFUNDIDAD

En la tabla se describe el desempeño relacionado con el manejo de la cámara de laparoscopia, y el adecuado acomodo para la identificación de estructuras, sin realizar movimientos desordenados.

Se analiza el manejo pre y post entrenamiento observando los siguientes resultados

Manejo de profundidad pre	1.25 ±0,5	2 ±0	2 ±0
Manejo de profundidad pos	2.25 ±0.5	3 ±0	3 ±0

Donde se observa una diferencia estadísticamente significativa entre ambas.

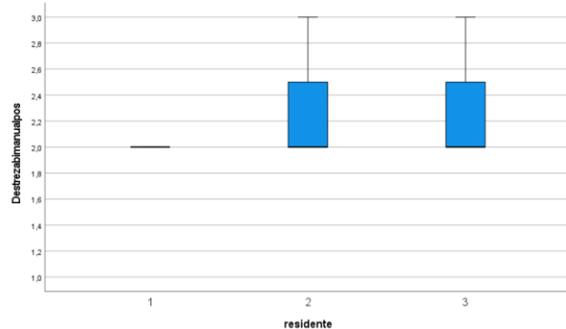
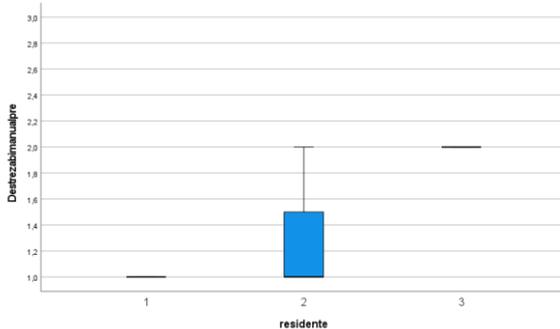


Fuente: base de datos

DESTREZA BIMANUAL

En la tabla se describe los valores encontrados en los ejercicios pre entrenamiento teniendo una media de 1.25, de un total de tres. Teniendo en los resultados pos entrenamiento una mejora significativa en la realización de los ejercicios, con mejora en la utilización de los instrumentos con ambas manos.

Destreza bimanual pre	1 ±0	1.25 ±0.5	2 ±0
Destreza bimanual pos	2 ±0	2.25 ±0.5	2.33 ±0.57



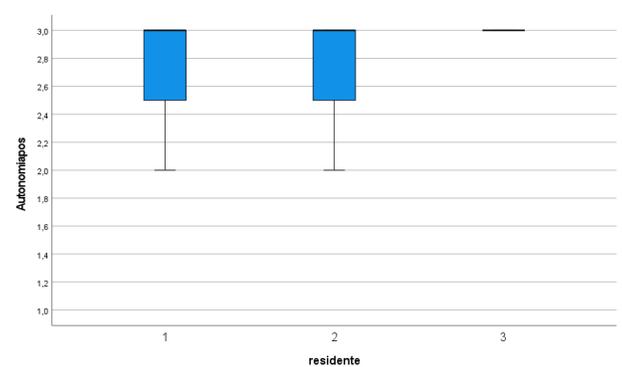
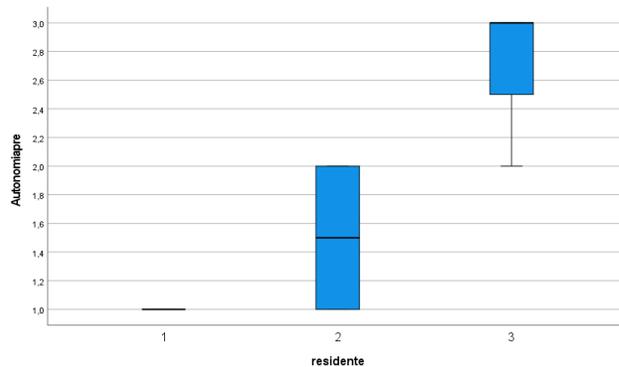
Fuente: base de datos

AUTONOMIA

Se determina mediante la medición de independencia técnica, la cantidad de orientación que necesita el residente para realizar la tarea de forma segura y apropiada.

Se observa diferencia significativa en los puntajes obtenidos en el pre entrenamiento, en el cual se tuvieron que hacer mayor número de correcciones en la realización de los ejercicios, sin que se lograran realizar todos los ejercicios. Siendo en los resultados pos entrenamiento donde se observa mayor autonomía, ya que se disminuyó el número de intervenciones del entrenador.

Autonomía pre	1 ± 0	1.5 ± 0.57	2.67 ± 0.57
Autonomía pos	2.75 ± 0.5	2.75 ± 0.5	3 ± 0

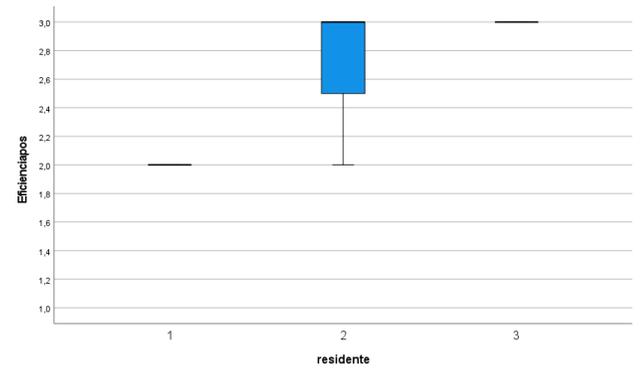
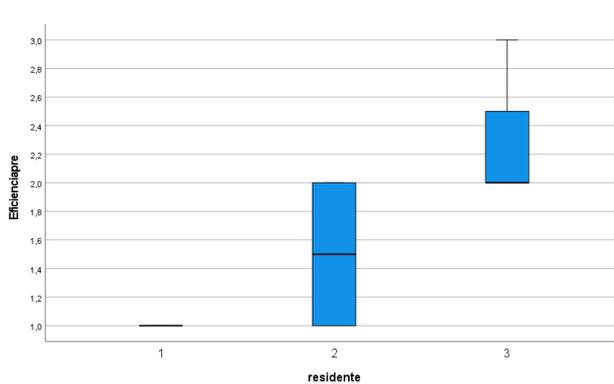


Fuente: base de datos

EFICIENCIA

Se observó una mejora significativa entre el entrenamiento pre y post ejercicio, se aprecia una avance en la fluidez de la realización de los ejercicios así como el progreso de los mismos, obteniendo los siguiente resultados

Eficiencia pre	1 ±0	1.5 ±0.57	2.33 ±0.57
Eficiencia pos	2 ±0	2.75 ±0.5	3 ±0

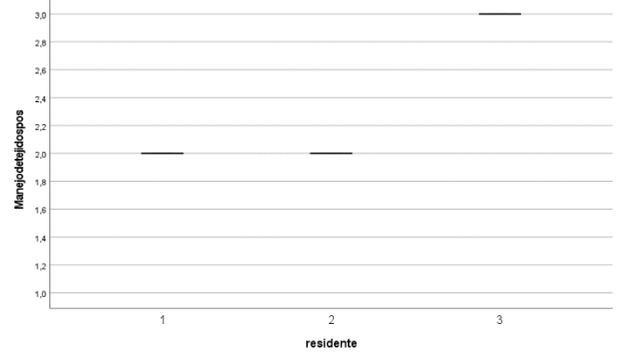
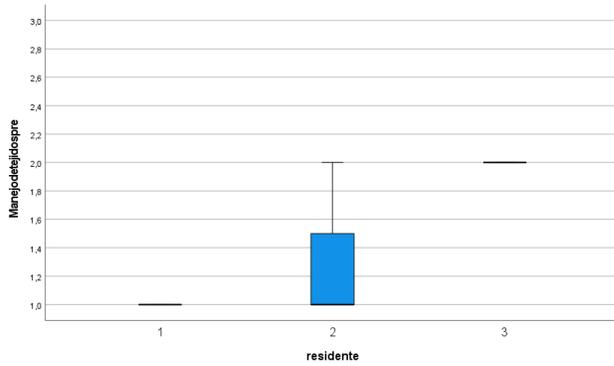


Fuente: base de datos

MANEJO DE TEJIDO

En la tabla se describe el manejo de tejidos durante la prueba pre y post, el resultado de la segunda evaluación fue significativamente mejor a comparación de la primera prueba observándose un mejor desarrollo de la actividad

Manejo de tejidos pre	1 ±0	1.25 ±0.5	2 ±0
Manejo de tejidos pos	2 ±0	2 ±0	3 ±0

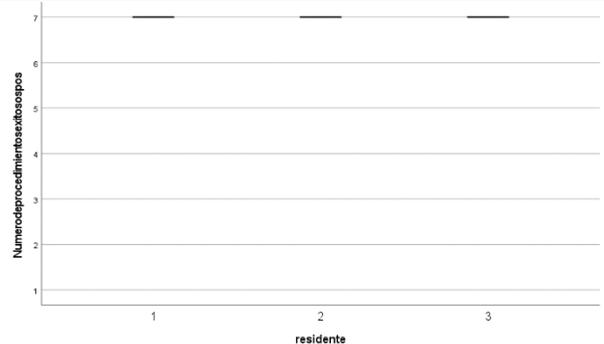
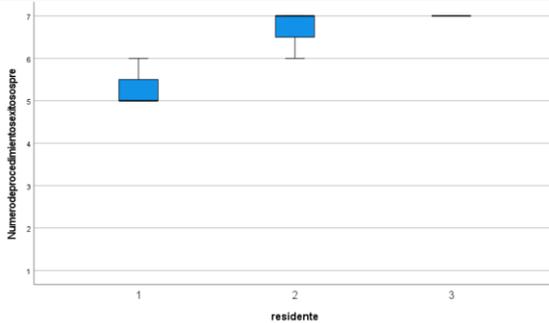


Fuente: base de datos

NUMERO DE PROCEDIMIENTO EXITOSOS

Se analizó el número de procedimiento exitosos pre y post ejercicio observándose una mejora significativa en el número post ejercicio con una mejora de 100% de este al término de la evaluación

Número de procedimientos exitosos pre	5.25 ±0.5	6.75 ±0.5	7 ±0
Número de procedimientos exitosos pos	7 ±0	7 ±0	7 ±0



Fuente: base de datos

DISCUSION

La práctica continua permite una automatización y perfeccionamiento de las habilidades pero debe existir una práctica continua hasta perfeccionar cada una de estas así como Aggarwal refiere que es necesario un espaciamiento en el número de sesiones para desarrollo de habilidades perceptuales que involucren aspectos propioceptivos, y viso espaciales y lograr el posterior desarrollo de habilidades psicomotoras se observó en nuestro estudio que acorde a cada sesión se obtenían mejores resultados.

En este estudio se encontró que tanto el simulador de bajo costo como el simulador virtual muestran mejoría en el desarrollo de destrezas quirúrgicas en los residentes del programa de cirugía general; estos resultados concuerdan con el estudio de Chandramohan. Donde se describe el beneficio del entrenamiento formal con simuladores, demostrando mejoría en habilidades técnicas y psicomotoras de los residentes de la muestra.

Se considera que se podría obtener mayor número de cambios estadísticamente significativos con un tamaño de muestra mayor. Haciendo énfasis en las destrezas de menor rendimiento como la eficacia y el manejo de tejidos, indispensables en la práctica clínica laparoscópica, es necesario intensificar la evaluación y el tiempo de entrenamiento en estas pruebas mediante el desarrollo de ejercicios que fortalezcan estas habilidades.

Este estudio permite establecer al entrenamiento laparoscópico como una herramienta indispensable en un programa integrado de entrenamiento en cirugía mínimamente invasiva ya que mejora las habilidades básicas de los residentes.

CONCLUSIONES

El objetivo de este proyecto es que los médicos en formación deben de tener acceso al conocimiento y al manejo de equipos de alta tecnología para poder enfrentar retos de la especialidad. Lo cual se puede comprobar al ver las primeras destrezas realizadas y la última práctica.

Esto indica que la mayoría de las habilidades deben llevar una curva de aprendizaje y un conocimiento previo para el buen desarrollo de las habilidades posteriores, es necesario llevar una actividad continua para mejorar las habilidades previas.

Como se observa el desarrollo de la destreza quirúrgica puede variar secundario al dominio con el que se cuenta, ya que aunque se cuente con dominio cognitivo la falta de aplicabilidad en el desarrollo de este tipo de simuladores lleva a cometer errores en forma constante por que se encuentran desarrollando sus habilidades de motricidad fina situación que los residentes necesitan para poder trabajar con estos simuladores.

Por lo tanto para el dominio cognitivo, perceptual, motriz e integrativo de las diversas habilidades quirúrgicas es necesario la práctica continua en el que el individuo inicie con el desarrollo de competencias básicas que permitan concientizar , comprender y visualizar cada una de las acciones realizadas hasta lograr la automatización de las mismas y permitirles el desarrollo de actividades más complejas.

RECOMENDACIÓN

Como se demostró en este estudio y apoyándonos en los resultados obtenidos, la simulación puede ser una herramienta de evaluación aceptable y eficaz, apoyándonos en las teorías constructivista, en donde el profesor provee a los estudiantes experiencias relevantes relacionados con su nivel de comprensión, al perfeccionamiento de habilidades adquiridas, pudiendo con esto involucrar al estudiante en su proceso de enseñanza aprendizaje, para fomentar la práctica reflexiva; Los simuladores favorecen ambientes de aprendizaje seguros donde cada uno de los eventos pueden ser programados, repetidos y observados , facilitando la realización de tareas que les permita llevar la transferencia de conocimientos habilidades y destrezas llevándolos a la práctica , así mismo permite a los estudiantes identificar esas brechas de aprendizaje en cualquiera de las competencias , retroalimentarlos, analizar su propio rendimiento.

El desarrollo de habilidades motoras relacionadas con las habilidades quirúrgicas desde el punto de vista de la automatización no es indicativo de que requiera una mayor destreza pero si depende de la eficacia en el dominio de diversas habilidades adquiridas y variables relacionadas con la atención y el medio ambiente; la cantidad de transferencia de habilidades entra tareas depende de las similitud de las mismos lo que implica que las habilidades apropiadas sean aprendidas con el uso de los simuladores y llevados a la práctica quirúrgica real con éxito.

BIBLIOGRAFIA

1. Cueto García, Jorge, Weber Sanchez, Alejandro. Cirugía laparoscópica. Segunda edición. México: McGraw-Hill Interamericana; 1997. 3-7, 53-60 p.
2. Ruiz AG, Rodríguez LG, García JC. Evolución histórica de la cirugía laparoscópica., 2016. pp 93-106.
3. Veenhof A a. FA, Vlug MS, van der Pas MHGM, Sietses C, van der Peet DL, de Lange-de Klerk ESM, et al. Surgical stress response and postoperative immune function after laparoscopy or open surgery with fast track or standard perioperative care: a randomized trial. *Ann Surg.* febrero de 2012;255(2):216-21.
4. Milburn JA, Khera G, Hornby ST, Malone PSC, Fitzgerald JEF. Introduction, availability and role of simulation in surgical education and training: review of current evidence and recommendations from the Association of Surgeons in Training. *Int J Surg.* 2012;10(8):393-8.
5. Ramos Tovar DR, Salinas SA. SIMULADORES VIRTUALES PARA ENTRENAMIENTO DE HABILIDADES PARA LAPAROSCOPIA. *Revista Ingeniería Biomédica.* junio de 2016;10(19):45-55.
6. Ko JKY, Cheung VYT, Pun TC, Tung WK. A Randomized Controlled Trial Comparing Trainee-Directed Virtual Reality Simulation Training and Box Trainer on the Acquisition of Laparoscopic Suturing Skills. *J Obstet Gynaecol Can.* marzo de 2018;40(3):310-6.
7. Shepherd G, von Delft D, Truck J, Kubiak R, Ashour K, Grant H. A simple scoring system to train surgeons in basic laparoscopic skills. *Pediatr Surg Int.* 1 de marzo de 2016;32(3):245-52.

8. Debes AJ, Aggarwal R, Balasundaram I, Jacobsen MB. A tale of two trainers: virtual reality versus a video trainer for acquisition of basic laparoscopic skills. *Am J Surg.* junio de 2010;199(6):840-5.
9. Brinkmann C, Fritz M, Pankratius U, Bahde R, Neumann P, Schlueter S, et al. Box- or Virtual-Reality Trainer: Which Tool Results in Better Transfer of Laparoscopic Basic Skills?-A Prospective Randomized Trial. *J Surg Educ.* agosto de 2017;74(4):724-35.
10. Papanikolaou IG, Haidopoulos D, Paschopoulos M, Chatzipapas I, Loutradis D, Vlahos NF. Changing the way we train surgeons in the 21th century: A narrative comparative review focused on box trainers and virtual reality simulators. *Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol.* abril de 2019;235:13-8.
11. Raghu Prasad MS, Manivannan M, Chandramohan SM. Effects of laparoscopic instrument and finger on force perception: a first step towards laparoscopic force-skills training. *Surg Endosc.* 1 de julio de 2015;29(7):1927-43.
12. de Moura Júnior LG, de Vasconcelos PRL, Fechine FV, de Moura MS, de Moura RLS, Rocha HAL, et al. Endosuture trainer box simulator as a tool for training and teaching in bariatric laparoscopic surgery. *BMC Surg.* diciembre de 2018;18(1):83.
13. Duarte RJ, Cury J, Oliveira LCN, Srougi M. Establishing the minimal number of virtual reality simulator training sessions necessary to develop basic laparoscopic skills competence: evaluation of the learning curve. *Int braz j urol.* septiembre de 2013;39(5):712-9.
14. Veneziano D, Morgia G, Castelli T, Cimino S, Russo G, Privitera S, et al. Evaluation of the «Teaching Guide for Basic Laparoscopic Skills» as a stand-alone educational tool for hands-on training sessions: a pilot study. *World J Urol.* 21 de marzo de 2020.

15. Hardon SF, Horeman T, Bonjer HJ, Meijerink WJHJ. Force-based learning curve tracking in fundamental laparoscopic skills training. *Surg Endosc.* 2018;32(8):3609-21.
16. Suleman R, Yang T, Paige J, Chauvin S, Alleyn J, Brewer M, et al. Hand-Eye Dominance and Depth Perception Effects in Performance on a Basic Laparoscopic Skills Set. *JLS.* 2010;14(1):35-40.
17. Torricelli FCM, Barbosa JABA, Marchini GS. Impact of laparoscopic surgery training laboratory on surgeon's performance. *World J Gastrointest Surg.* 27 de noviembre de 2016;8(11):735-43.
18. Stefanidis D, Hope WW, Korndorffer JR, Markley S, Scott DJ. Initial laparoscopic basic skills training shortens the learning curve of laparoscopic suturing and is cost-effective. *J Am Coll Surg.* abril de 2010;210(4):436-40.
19. Buia A, Stockhausen F, Hanisch E. Laparoscopic surgery: A qualified systematic review. *World J Methodol.* 26 de diciembre de 2015;5(4):238-54.
20. Mulla M, Sharma D, Moghul M, Kailani O, Dockery J, Ayis S, et al. Learning basic laparoscopic skills: a randomized controlled study comparing box trainer, virtual reality simulator, and mental training. *J Surg Educ.* abril de 2012;69(2):190-5.
21. Crochet P, Schmitt A, Rambeaud C, Estrade JP, Karsenty G, Torre A, et al. Mandatory completion of a box trainer curriculum prior to laparoscopic apprenticeship in the OR for surgical residents: A Before and After study. *Journal of Gynecology Obstetrics and Human Reproduction.* 1 de abril de 2018;47(4):157-61.
22. Kowalewski K-F, Minassian A, Hendrie JD, Benner L, Preukschas AA, Kenngott HG, et al. One or two trainees per workplace for laparoscopic surgery training courses: results from a randomized controlled trial. *Surg Endosc.* 2019;33(5):1523-31.

23. Nickel F, Hendrie JD, Kowalewski K-F, Bruckner T, Garrow CR, Mantel M, et al. Sequential learning of psychomotor and visuospatial skills for laparoscopic suturing and knot tying-a randomized controlled trial «The Shoebox Study» DRKS00008668. *Langenbecks Arch Surg.* septiembre de 2016;401(6):893-901.
24. Brinkman WM, Havermans SY, Buzink SN, Botden SMBI, Jakimowicz JJ, Schoot BC. Single versus multimodality training basic laparoscopic skills. *Surg Endosc.* agosto de 2012;26(8):2172-8.
25. Zendejas B, Brydges R, Hamstra SJ, Cook DA. State of the evidence on simulation-based training for laparoscopic surgery: a systematic review. *Ann Surg.* abril de 2013;257(4):586-93.
26. Crochet P, Agostini A, Knight S, Resseguier N, Berdah S, Aggarwal R. The Performance Gap for Residents in Transfer of Intracorporeal Suturing Skills From Box Trainer to Operating Room. *Journal of Surgical Education.* 1 de noviembre de 2017;74(6):1019-27.
27. Yang C, Kalinitschenko U, Helmert JR, Weitz J, Reissfelder C, Mees ST. Transferability of laparoscopic skills using the virtual reality simulator. *Surg Endosc.* 2018;32(10):4132-7.
28. Malik AA, Naeem A, Toor AA, Bhatti S, Mansoor R, Mazhar A, et al. Validation and reliability of Global Operative Assessment of Laparoscopic Skills for surgical residents and consultants. *J Pak Med Assoc.* enero de 2016;66(1):18-21.
29. Guedes HG, Câmara Costa Ferreira ZM, Ribeiro de Sousa Leão L, Souza Montero EF, Otoch JP, Artifon EL de A. Virtual reality simulator versus box-trainer to teach minimally invasive procedures: A meta-analysis. *Int J Surg.* 2019;61:60-8.

