

Desarrollo de un simulador de bajo costo para la adquisición de destrezas básicas en cirugía artroscópica

GABRIEL O. ALONSO CUÉLLAR, LAURA N. COGUA COGUA,
FRANCISCO J. CAMACHO GARCÍA Y MICHELLE CORTÉS BARRÉ

*Grupo de Investigación del Centro Latinoamericano de Investigación
y Entrenamiento en Cirugía de Mínima Invasión CLEMI, Bogotá, Colombia*

RESUMEN

Introducción: El propósito del estudio fue desarrollar, bajo parámetros de expertos y evaluación de idoneidad por el usuario final, un simulador mecánico de bajo costo, que permita desarrollar destrezas básicas, pero fundamentales, en el aprendizaje de la artroscopia.

Materiales y Métodos: El trabajo se dividió en tres fases; en la primera, se encuestaron expertos y se establecieron criterios para el desarrollo del simulador artroscópico. Luego, se desarrolló el prototipo del simulador usando, además de los criterios mencionados, las características del instrumental y los objetivos de cada ejercicio planeado. Por último, se llevaron a cabo pruebas, usando el simulador final, con ortopedistas que realizaron el entrenamiento.

Resultados: Se obtuvieron algunos criterios de importancia para el desarrollo del simulador, que se emplearon en el desarrollo del modelo final, cuyo costo estuvo por debajo de los 300 dólares estadounidenses. En cuanto a la aplicación práctica, se obtuvo una satisfacción del 100% y una idoneidad del 97,4% por parte de los ortopedistas que realizaron el entrenamiento.

Conclusiones: Desarrollar procesos de entrenamiento es una labor fundamental de los centros de aprendizaje quirúrgico. El simulador ArtroCLEMI II probó ser una herramienta útil en el desarrollo de destrezas básicas de artroscopia, con costos mínimos y alta versatilidad. Es necesario fortalecer los procesos curriculares aplicados a las curvas de aprendizaje quirúrgico.

PALABRAS CLAVE: Entrenamiento. Artroscopia. Simulador. Destrezas. Colombia.

DEVELOPMENT OF A LOW-COST SIMULATOR TO ACQUIRE BASIC ARTHROSCOPIC SKILLS

ABSTRACT

Background: The purpose of the study was to develop, within the parameters of experts and specialists, the suitability of a low cost mechanical simulator, which allows developing basic arthroscopy skills.

Methods: The methodology was divided into three phases; in the first one, experts were surveyed and criteria were established in the development of an arthroscopic simulator. After that, we developed the prototype of the simulator using, in addition to the above criteria, instrumental characteristics and objectives of each exercise. Finally, tests were performed with orthopedic surgeons using the final simulator.

Results: We obtained some important criteria in the development of the simulator, which were used to develop the final model. The cost was less than US\$300. In terms of practical application, the rate of satisfaction was 100% and that of suitability was 97.4% according to the orthopedists who conducted the training.

Conclusions: To develop training processes is a fundamental task of surgical learning centers. The ArtroCLEMI II simulator proved to be a useful tool in the development of basic skills in arthroscopy with minimal costs and high versatility. It is necessary to strengthen curriculum processes applied to surgical learning curves.

Key words: Training. Arthroscopy. Simulator. Skills. Colombia.

Introducción

La cirugía artroscópica es un tipo particular de cirugía mínimamente invasiva en ortopedia que, por sus características únicas y por los retos que plantea su correcta im-

*Recibido el 21-11-2013. Aceptado luego de la evaluación el 15-3-2014.
Correspondencia:*

Dr. GABRIEL O. ALONSO CUÉLLAR
montbeliarde@gmail.com

plementación, le exige al cirujano interesado en incluirla en su práctica, el desarrollo de nuevas destrezas manuales.¹ La artroscopia requiere que el cirujano observe el campo quirúrgico a través de un monitor bidimensional, con la subsecuente pérdida de percepción de profundidad y la imposibilidad de ver el movimiento de las manos; además, lo obliga a ingresar el instrumental a través de incisiones pequeñas, con limitación del rango de movilidad del instrumental y del cirujano.^{2,3}

Las nuevas destrezas que la artroscopia exige pueden dividirse en dos tipos: 1) destrezas específicas, necesarias para efectuar grupos de técnicas (por ejemplo, la capacidad de realizar nudos extracorpóreos asistidos por artroscopia para la reconstrucción del manguito rotador en el hombro), y 2) destrezas básicas o transversales, necesarias y fundamentales para llevar a cabo cualquier procedimiento artroscópico, entre ellas, la coordinación visomotora, la capacidad de triangulación adecuada del instrumental, la percepción de profundidad en un campo bidimensional y la adopción de posturas ergonómicas.^{2,4}

El método de entrenamiento quirúrgico de la era moderna se fundamenta en el principio de “mirar-hacer-enseñar”, propuesto por William Halsted, del Hospital John Hopkins, donde el cirujano –viendo, ayudando y haciendo– iba adquiriendo experiencia en su práctica quirúrgica hasta lograr las destrezas que le permitieran enseñar a nuevos cirujanos.⁴ Si bien este método es importante en etapas avanzadas del proceso de entrenamiento quirúrgico, ya que le permite al cirujano en formación adquirir ciertas competencias en el entorno real, en las instancias actuales de avance del conocimiento y desarrollo tecnológico, los postulados halstedianos, al menos en las primeras instancias de la curva de aprendizaje, generan costos y riesgos asociados inaceptables.^{2,5,6} Varios estudios confirman este impacto negativo; un informe del Instituto de Medicina de los Estados Unidos, en 1999⁷ reveló una cifra de 98.000 muertes relacionadas con el error médico, el cual constituye una de las mayores causas de mortalidad en ese país. Si bien estos errores tienen causas variadas, algunas de ellas podrían deberse a fallas en el entrenamiento o al hecho de realizar una curva de aprendizaje directamente sobre los pacientes –que, en nuestro entorno, alcanza cifras de hasta el 69,6%.³ En relación con el costo del entrenamiento quirúrgico, un estudio reportó un valor cercano a los 53 millones de dólares invertidos en la formación quirúrgica de 1014 residentes, que se graduaron en los Estados Unidos, en 1997.⁸

En este orden de ideas, es necesario desarrollar métodos de entrenamiento más pertinentes, adecuados y asequibles para la formación de cirujanos en estas nuevas técnicas. Estos métodos deben garantizar la seguridad de pacientes y cirujanos, y además, deben impartirse en centros especializados de entrenamiento –lejos de las “costosas” salas quirúrgicas–,^{2,3,8,9} bajo la tutoría de un cirujano experto y enmarcados en un proceso curricular que tenga en cuenta

el aprendizaje kinestésico¹⁰ y los nuevos modelos para la adquisición de habilidades manuales.^{11,12}

Una alternativa para desarrollar habilidades en cirujanos nóveles y estimular la adquisición de destrezas específicas en expertos, particularmente en técnicas mínimamente invasivas y sobre todo, cirugía laparoscópica y artroscópica, ha sido la simulación quirúrgica. Los simuladores ofrecen una opción segura, ética y eficiente de entrenamiento en habilidades quirúrgicas, tanto básicas como complejas.¹³⁻¹⁶

Los simuladores quirúrgicos, de acuerdo con sus características y propósitos, se clasifican en mecánicos y virtuales.¹⁷ Si bien los simuladores virtuales ofrecen mayores ventajas en lo referente a la fidelidad anatómica y a la posibilidad de obtener estructuras con patologías específicas,^{6,18,19} el alto costo aún limita su uso. Por su parte, los simuladores mecánicos permiten, a través de procesos hápticos, la adquisición de destrezas y el perfeccionamiento de habilidades en cirugía endoscópica, de una manera segura, económica y efectiva.^{3,4,16}

El propósito de este trabajo fue diseñar, bajo criterios de evaluación de expertos y validación de idoneidad por el usuario final, un simulador de bajo costo, que permita la adquisición de destrezas básicas necesarias en cirugía artroscópica.

Materiales y Métodos

Con el fin de desarrollar un simulador de bajo costo para la adquisición de destrezas artroscópicas básicas se diseñó un estudio en tres fases: 1) valoración por la comisión de evaluación, 2) desarrollo del prototipo, 3) aplicación en médicos ortopedistas en entrenamiento. El objetivo de la primera fase fue determinar los criterios que se deben tener en cuenta para el desarrollo del simulador artroscópico y su grado de importancia, para lo cual se tuvo en cuenta la opinión de médicos ortopedistas expertos en artroscopia. Para la segunda fase, que consistió en el diseño y desarrollo del simulador, se incluyeron, además de los criterios de los expertos, las características físicas y ergonómicas del instrumental de trabajo y las mejoras propuestas luego de una prueba piloto con los mismos expertos. Finalmente, en la tercera fase, se realizó una encuesta a ortopedistas y residentes de ortopedia que efectuaron ejercicios utilizando el simulador como herramienta en la adquisición de destrezas básicas, con el fin de determinar su grado de satisfacción frente a la idoneidad y aplicabilidad práctica del simulador.

Fase 1. Valoración por la comisión de evaluación

Se conformó una comisión de evaluación integrada por un grupo de expertos con el fin de determinar los criterios técnicos necesarios para el desarrollo del simulador. Con el ánimo de lograr una comisión de evaluación integrada por cirujanos con experiencia y reconocimiento científico, la Sociedad Colombiana de Cirugía Ortopédica y Traumatología, a través de su capítulo de artroscopia, buscó en su base de datos los especialistas que cumplieran con los criterios definidos (Tabla 1).

A los expertos que cumplieron con los criterios de selección se les realizó una encuesta escrita compuesta por preguntas relacionadas con: datos personales, años de experiencia en artroscopia, cantidad y tipo de procedimientos realizados. Se les solicitó que indicaran los criterios que ellos consideraban relevantes para el diseño de un simulador y el grado de importancia que le atribuían a cada uno de esos aspectos, en una escala de 1 a 5, donde 1 corresponde a la mínima importancia y 5, a la máxima importancia. Asimismo, se formularon preguntas abiertas sobre las fallas en los procesos educativos en cirugía artroscópica y

sobre la importancia del desarrollo de habilidades básicas en simuladores en seco, cuyas respuestas se aplicaron en el diseño del entorno didáctico del propio entrenamiento.

Fase 2. Desarrollo del prototipo

Se desarrolló un modelo de simulador artroscópico para entrenamiento básico en cirugía artroscópica. Para ello, se tuvo en cuenta la opinión de médicos ortopedistas expertos en artroscopia que destacaron los requerimientos mínimos en cuanto a tamaño (similitud con el tamaño de la articulación y, por tanto, limitación en el movimiento del instrumental), desempeño (capacidad del simulador como herramienta para la adquisición de destrezas básicas) y precio (valor monetario en función de herramientas análogas). Además, se tomaron las características físicas del instrumental de artroscopia que se empleará en el simulador –lente de 120 mm de longitud y 4 mm de diámetro, y pinzas de agarre de 175 mm de longitud y 2,5 mm de diámetro (Fig. 1)–, de manera que el simulador permitiera el paso del instrumental y su aprehensión, así como una visión adecuada de los elementos de los ejercicios. Como parámetros de costo, se tuvieron en cuenta los simuladores no virtuales disponibles en el mercado.

Para finalizar esta etapa se llevó a cabo, con el apoyo científico de los expertos que participaron en la primera fase, una prueba piloto, en la cual cada uno de los especialistas realizó la totalidad de los ejercicios propuestos, en un prototipo de simulador. Algunos de ellos solicitaron diferentes modificaciones menores, en pro de un mejor desempeño del dispositivo, que fueron incorporadas y estuvieron presentes en el simulador final.

Fase 3. Aplicación en médicos ortopedistas en entrenamiento

Esta fase se realizó en el período comprendido entre julio de 2011 y febrero de 2013. Se tuvieron en cuenta únicamente los médicos ortopedistas o residentes de ortopedia que asistieron,

Tabla 1. Criterios de selección de los expertos

Área	Criterios
Títulos académicos	Médico ortopedista Especialista en artroscopia
Sociedades científicas	Miembro del Capítulo de Artroscopia de la Sociedad Colombiana de Cirugía Ortopédica y Traumatología
Experiencia	Mínimo 10 años de experiencia en artroscopia Mínimo 200 procedimientos artroscópicos realizados utilizando una de las siguientes técnicas o varias de ellas: <ul style="list-style-type: none"> • Condrolastía y sutura meniscal • Reconstrucción de ligamento cruzado anterior • Reconstrucción de ligamento cruzado posterior • Reparación del manguito rotador con acromioplastia • Reparación con resección de clavícula y Bankart (SLAP)



Figura 1. Lente de artroscopia estándar de 30° y 4 mm de diámetro para rodilla y hombro, y pinza de agarre de 175 mm de longitud para practicar ejercicios básicos en el simulador (Richard Wolf GmbH, Knittlingen, Alemania).

en las instalaciones del Centro, al entrenamiento básico, desarrollado bajo un esquema de curso tipo taller, con permanente asesoría de un instructor experto, con tareas encaminadas a lograr las destrezas básicas de artroscopia: triangulación, coordinación mecánico-visual, ergonomía aplicada, manejo del instrumental, percepción de profundidad en un campo bidimensional y anudado extracorpóreo.^{19,20} Cada uno de los ejercicios fue practicado en el simulador desarrollado bajo los criterios de las fases 1 y 2.

Al final del entrenamiento, se realizó una encuesta con preguntas relacionadas con la edad, la experiencia quirúrgica en la especialidad y con algún entrenamiento previo. Por último, se formularon varias preguntas enfocadas a la aplicabilidad, idoneidad, analogía del simulador y cumplimiento de las expectativas del entrenamiento (Tabla 2). Las opciones de calificación de estas preguntas fueron: 5 (totalmente satisfecho), 4 (parcialmente satisfecho), 3 (ni satisfecho ni insatisfecho), 2 (parcialmente insatisfecho) y 1 (totalmente insatisfecho).

Resultados

Fase I

De los 63 ortopedistas invitados a participar en el estudio, seis cumplieron los criterios de selección y respondieron la encuesta. A este mismo número de cirujanos se les realizó la encuesta. De acuerdo con el nivel de importancia dado por cada experto, se encontraron los criterios descritos en la Tabla 3.

Fase II

Según los resultados de la fase I, se desarrolló el simulador ArthroCLEMI II con una estructura elaborada en polimetilmetacrilato y las características que se describen a continuación. En sus dimensiones externas, se obtuvo una altura de 150 mm, una profundidad 130 mm y un ancho de 180 mm. Todas las medidas internas corresponden a 10 mm menos que las externas, debido al grosor del acrílico.

Con relación a sus lados funcionales, se determinaron: una cara frontal, dos laterales y una cubierta en la parte superior (Fig. 2).

En la vista frontal, hay dos puertos de entrada; la distancia entre ellos corresponde al promedio de las distancias entre los sitios de ingreso de los portales cráneo-lateral y cráneo-medial de la rodilla, reportadas por los expertos. Esta distancia permite realizar, de manera adecuada, una triangulación y el acomodamiento de las pinzas y la cámara, además de protegerlas de una manipulación inadecuada, que puede ocurrir en el proceso de aprendizaje de

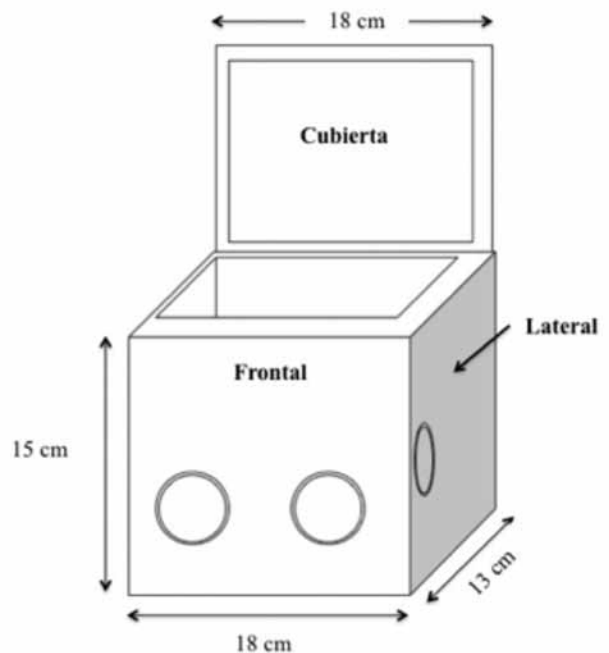


Figura 2. Dimensiones externas del simulador. Sus dimensiones internas, que corresponden a 10 mm menos que las externas, permiten una movilidad y un alcance de las paredes del simulador y, por lo tanto, la práctica de los ejercicios.

Tabla 2. Segmento de la encuesta dirigido a los participantes de la actividad de entrenamiento básico

Preguntas	Opciones de respuesta
¿Ha tenido entrenamiento previo en técnicas de artroscopia?	Sí - No
Grado de satisfacción con: • La aplicabilidad práctica y la calidad de los ejercicios en el simulador • La idoneidad y analogía de los simuladores	5 (totalmente satisfecho) 4 (parcialmente satisfecho) 3 (ni satisfecho ni insatisfecho) 2 (parcialmente insatisfecho) 1 (totalmente insatisfecho)
¿El entrenamiento en general cumplió con sus expectativas?	Sí - No

los cirujanos. El punto de ingreso está hecho con un material de caucho que presenta una textura más suave que el acrílico y permite una mejor movilidad del instrumental. El diámetro de estas cubiertas es de 40 mm (Fig. 3).

Las caras laterales dispuestas al lado derecho e izquierdo cuentan con un único puerto de ingreso. La ubicación del sitio de entrada (puerto) permite hacer una analogía con los portales que el cirujano va a encontrar en las técnicas de artroscopia de hombro. Además, le da la posibilidad al estudiante de adquirir posiciones ergonómicas en el proceso de aprendizaje y realizar ejercicios de triangulación más complejos. El puerto tiene el mismo material de los puertos ubicados en la cara frontal y el mismo diámetro (Fig. 4).

La cubierta es móvil y permite el intercambio de los ejercicios, aspecto interesante del diseño del ArtoCLEMI II, ya que las paredes internas sirven para montar sobre una tabla de acrílico de 10 mm de espesor un ejercicio diferente cada vez. Esto hace que el número de ejercicios sea

ilimitado y que el simulador sea muy versátil. Para esto, cuenta con unas barreras de polimetilmetacrilato, que permiten el deslizamiento de los ejercicios. Estos soportes se ubican a lo largo de cada una de las paredes internas del simulador (derecha, izquierda y posterior) (Fig. 5).

Los ejercicios propuestos se centran en el desarrollo de destrezas relacionadas con la triangulación, la profundidad y la coordinación mecánico-visual. Las tablas de acrílico con los ejercicios se montan sobre los soportes de los simuladores y, al intercambiarse de manera secuencial, logran que, paso a paso, el participante adquiera la destreza o desarrolle la habilidad propuesta. El primero consiste en atravesar un aro de goma por un alambre delgado, que está sostenido en una de las paredes laterales, logrando de esta manera la capacidad de triangulación (Fig. 6). En el segundo, el participante debe intentar ubicar aros de colores en unos ganchos ubicados en la pared posterior (Fig. 7). Por último, se monta sobre los ganchos utilizados en el ejercicio 2, ahora ubicados en las caras laterales

Tabla 3. Grado de importancia de los criterios establecidos por los expertos para el desarrollo del simulador de artroscopia

Criterios		Características	Grado de importancia (promedio)
Anatómico	Tamaño	El simulador debe ser acorde con el tamaño de la articulación.	4,5
	Textura	Los elementos que simulan los tejidos deben tener un grosor y una textura similares a los de los tejidos humanos.	4,5
	Configuración	El simulador debe poder contener un medio acuoso.	3
Equipos	Artroscopio	El artroscopio utilizado con el simulador debe ser real y completo.	5
	Instrumental	El instrumental debe ser completo y debe permitir efectuar todo tipo de técnicas y abordajes.	5
Desempeño	Facilidad de uso	El simulador y los ejercicios son fáciles de realizar de acuerdo con las indicaciones del instructor.	2
	Versatilidad	El simulador permite hacer diferentes ejercicios relacionados con las articulaciones.	1
	Reproducibilidad	El simulador contiene ejercicios altamente reproducibles.	3
	Disponibilidad	El simulador, por sus características, puede estar disponible no sólo en centros de entrenamiento, sino en diferentes lugares, como un consultorio.	5
Costo	Razonable	Los costos del simulador son asequibles para un ortopedista en entrenamiento.	4

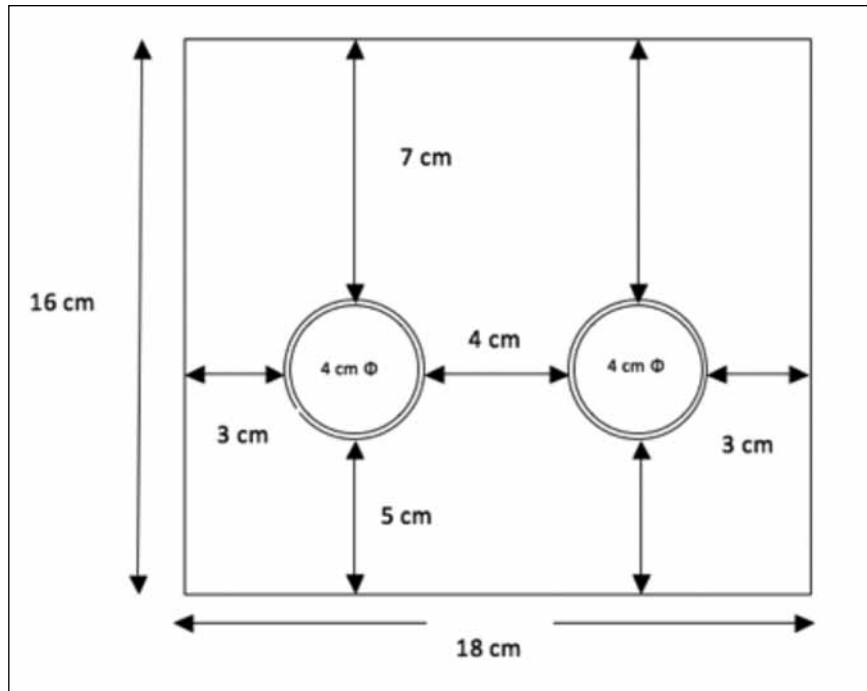


Figura 3. Esquema de la cara frontal del simulador. Esta cara cuenta con dos puertos de ingreso. En cada uno de ellos, se ubica, según el ejercicio propuesto, el artroscopio o la pinza de agarre.

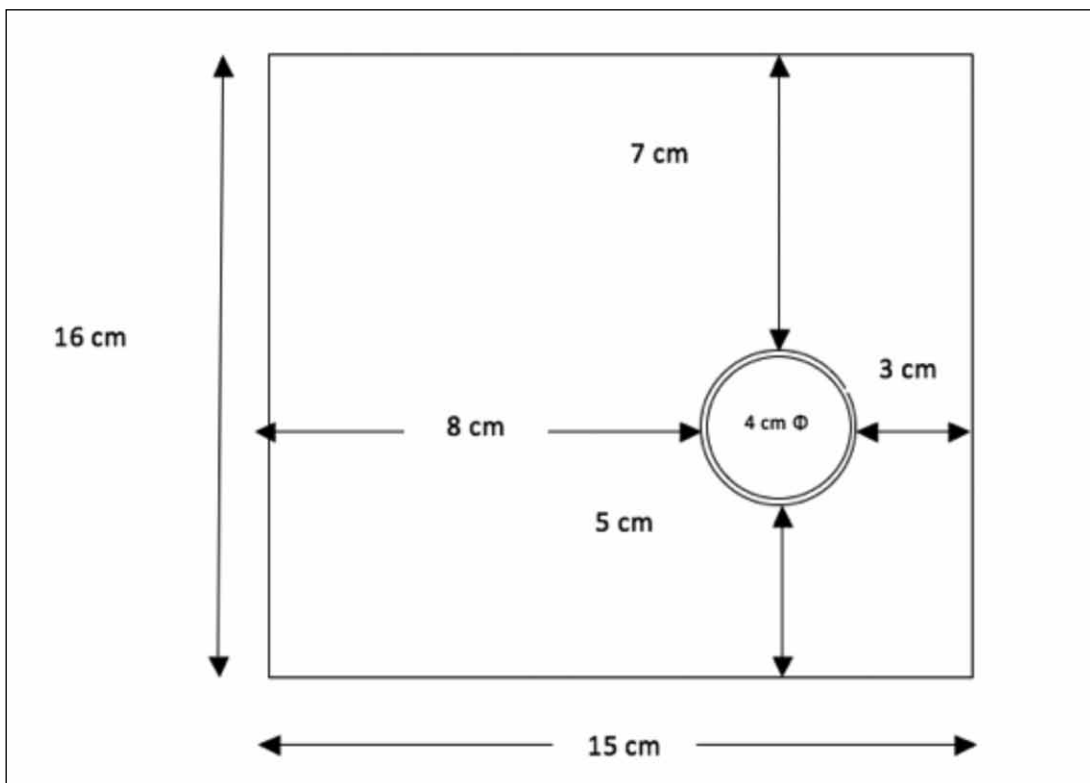


Figura 4. Esquema de la cara lateral del simulador. Esta cuenta con un puerto de ingreso, que permite la colocación del artroscopio o la pinza, según el ejercicio propuesto.

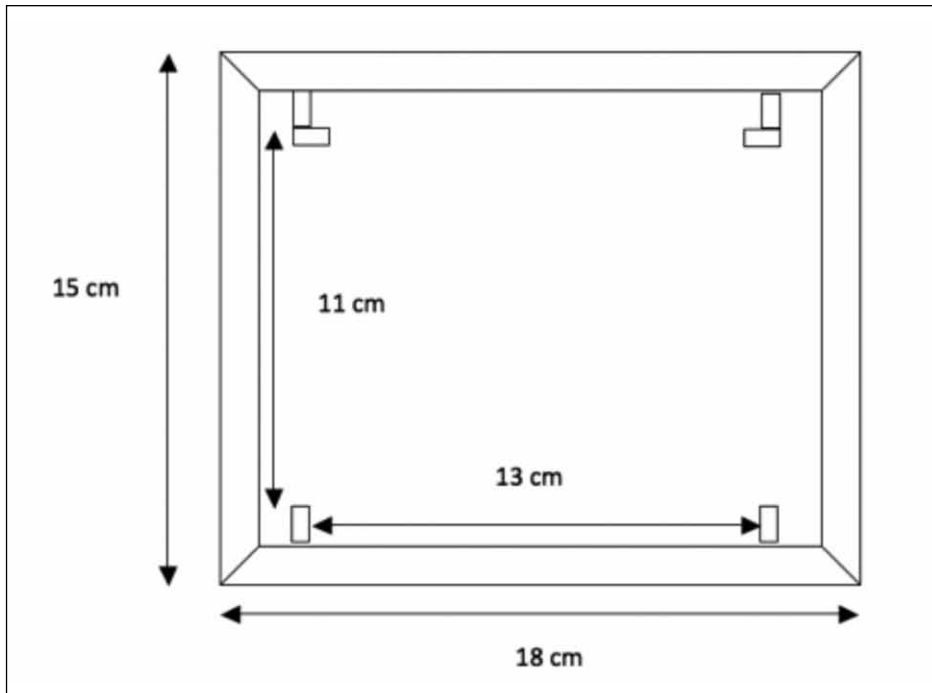


Figura 5. Esquema de la vista superior del simulador. En cada una de las paredes, cuenta con unos soportes que sostienen las paredes “falsas” que contienen los ejercicios intercambiables.

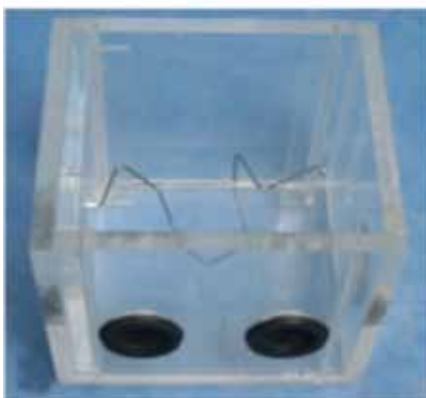
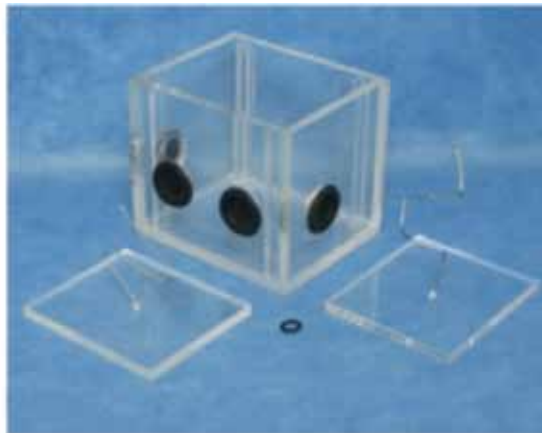


Figura 6. Primer ejercicio del simulador. **A.** Simulador con las paredes “falsas” que sostienen el alambre por el cual se pasará la goma circular. **B.** Simulador con el ejercicio ubicado en su lado izquierdo, con el propósito de realizar la manipulación del instrumental con la mano derecha. **C.** Paso del aro a través del alambre con la mano derecha.

del simulador, una goma que sirve de soporte para realizar ejercicios de nudos extracorpóreos artroscópicamente asistidos (Fig. 7).

El costo total de la elaboración del ArthroCLEMI II en 2009 fue de 500.000 pesos colombianos (USD\$277).

Fase III

Durante el tiempo del estudio, se realizaron 33 cursos de artroscopia con ArthroCLEMI II y se aplicó la encuesta a 119 cirujanos. Se excluyeron tres encuestas por no ser especialistas en cirugía ortopédica (neurocirugía 2; instrumentación quirúrgica 1). La edad promedio de los 116 ortopedistas fue de 35,7 años (desviación estándar = 8,363 años). Un 64,7% no tenía entrenamiento previo en artroscopia. El promedio de años de experiencia en ortopedia fue de 0,8 años (desviación estándar = 2,058 años) con valores de entre 0 y 15 años; el 74,1% (n = 86) de los encuestados no tenía experiencia en la especialidad, frente a un 25,9% (n = 30) que informó tener una experiencia de entre 1 y 15 años.

Con respecto a las preguntas relacionadas con el ArthroCLEMI II, se encontró que el 100% de los participantes consideraron que este tiene una adecuada aplicabilidad práctica; de ellos, el 84,5% (n = 98) estuvo totalmente satisfecho y el 15,5% (n = 18) estuvo parcialmente satisfe-

cho. En cuanto a la idoneidad y analogía de los ejercicios en el simulador, el 97,4% de los ortopedistas reportaron un grado de satisfacción total o parcial, 85,3% y 12,1% de la muestra, respectivamente. En cambio, el 1,7% de los encuestados expresaron no estar ni satisfechos ni insatisfechos y el 0,9% estaba parcialmente insatisfecho y desaprobaba la idoneidad del simulador.

Por último, frente a la satisfacción del entrenamiento, el 100% de los participantes respondió que sí se habían cumplido sus expectativas.

Discusión

El desarrollo de un simulador de bajo costo para la adquisición de habilidades básicas en artroscopia permite generar actividades de formación quirúrgica en centros de entrenamiento dedicados específicamente a este fin, con un menor impacto presupuestal sobre las instituciones y especialistas interesados en realizar su curva de aprendizaje en artroscopia. La capacidad de los simuladores para la adquisición de habilidades ha sido determinada en estudios anteriores,^{16,18} y han sido considerados como un recurso de alta importancia en los procesos de aprendizaje por el 80% de los directores de programas de Ortopedia.⁹



Figura 7. Ejercicios 2 y 3 del simulador. **A.** Simulador con las paredes “falsas” que contienen los ganchos, separados entre sí por un centímetro. **B.** Colocación de gomas de colores en los ganchos dispuestos en las paredes. **C.** Ejercicio de nudos extracorpóreos artroscópicamente asistidos.

El simulador para cirugía artroscópica desarrollado en este estudio, de acuerdo con los criterios de diseño y sus costos asociados, probó ser una herramienta de entrenamiento de destrezas básicas con una alta satisfacción de los médicos ortopedistas que lo emplearon en su proceso de aprendizaje; además, el ArthroCLEMI II cumplió con los criterios establecidos por los expertos. Entre sus características cabe anotar que es un dispositivo de fácil manejo, alta disponibilidad, que podría llegar a ser una herramienta que, como parte de un modelo de entrenamiento, permita al estudiante el desarrollo de destrezas básicas, fundamentales en sus primeras etapas de formación.

En cuanto a los costos relacionados con los modelos de entrenamiento, que no son un problema exclusivo de los países en vías de desarrollo, un estudio de la American Academy of Orthopaedic Surgeons, realizado en 2013, en los Estados Unidos,¹⁹ determinó que una de las principales barreras relacionadas con los procesos de entrenamiento está en la dificultad de obtener recursos. En este sentido, al desarrollar un simulador con un valor inferior a 300 dólares estadounidenses –y cuyo valor trasladado al especialista en formación sería cercano a 3 dólares estadounidenses, teniendo en cuenta que, en nuestra institución, se ha estado utilizando a lo largo de 3 años– permitirá a los cirujanos en formación de América Latina tener un acceso más fácil a los procesos de entrenamiento, a través de una secuencia más ética y coherente con los procesos de aprendizaje de habilidades manuales. De igual forma, al compararlo con los precios de los simuladores disponibles en el mercado, así como con el empleo de cadáveres o modelos experimentales, podría ser una herramienta más económica en el entrenamiento de destrezas básicas.

Entre los factores limitantes del ArthroCLEMI II, se puede citar la necesidad de una torre artroscópica completa para poder realizar los ejercicios; esto aumenta el costo asociado del entrenamiento y limita la posibilidad de masificar el uso del simulador en centros privados como método de reentrenamiento continuo. Sin embargo, este

fue un criterio de alta importancia para los expertos, pues ellos consideraron que este aspecto permite tener una realidad más cercana a la experiencia en el quirófano.

No cabe duda de que, en este campo, se hacen necesarias investigaciones posteriores, que se dirijan hacia los procesos de estandarización de los ejercicios y la determinación de competencias quirúrgicas, y de esta manera, establecer un currículo específico, diseñado para la adquisición de habilidades a través de simuladores, aspecto de importancia mayor en este tipo de procesos.^{9,21} Por otra parte, es necesario, en el futuro, realizar un estudio que permita medir la adquisición de la destreza, de una manera más objetiva, con evaluaciones pareadas antes del entrenamiento mediante el simulador y después de este, así como investigaciones que comparen las diferentes herramientas y probar así la capacidad de lograr destrezas transferibles al ámbito quirúrgico de manera efectiva.

Conclusiones

Las técnicas mínimamente invasivas, entre ellas, la artroscopia, han revolucionado, de manera positiva, todos los aspectos relacionados con el quehacer quirúrgico, por ejemplo, el entrenamiento. Por lo tanto, es labor de los centros de aprendizaje quirúrgico desarrollar procesos de aprendizaje y entrenamiento que asuman estos nuevos retos económicos, sociales y tecnológicos. El impacto económico y en salud pública del aprendizaje quirúrgico debe ser tenido en cuenta y, por tanto, es preciso procurar un mayor y mejor acceso de los especialistas en formación a centros de simulación quirúrgica. El simulador desarrollado en esta investigación, denominado ArthroCLEMI II, probó ser una herramienta útil en el desarrollo de destrezas básicas de artroscopia, con costos mínimos y alta versatilidad. Por último, es necesario determinar modelos educativos que permitan el fortalecimiento de los procesos curriculares aplicados a las curvas de aprendizaje quirúrgicas.

Agradecimientos

Los autores agradecen muy especialmente a la Sociedad Colombiana de Cirugía Ortopédica y Traumatología, a su capítulo de artroscopia y a sus directivas por facilitarnos los espacios para el desarrollo de este trabajo.

Bibliografía

1. Pedraza HM, Stetten ML. Arthroscopy education. *Orthopedics* 1987;10(11):1601-3.
2. Hodgins JL, Veillette C. Arthroscopic proficiency: methods in evaluating competency. *BMC Med Educ* 2013;13:61.
3. Camacho FJ, Herrera DP, Peralta MC, Rodríguez GP, Cortés M, Alonso GO, et al. Estandarización de un nuevo método de entrenamiento para la adquisición de habilidades en cirugía endoscópica mediante el empleo de simuladores. *Rev Méd Unisanitas* 2010;13(1):40-5.

4. **Camacho FJ, Ramírez JF, Herrera DP, Cortés DM.** Curso Básico de Entrenamiento en Habilidades para Cirugía Endoscópica: grado de satisfacción de los profesionales en formación. *Rev Col Or Tra* 2009;23:16-20.
5. **Rodríguez-García J, Turienzo-Santos E.** Formación quirúrgica con simuladores en centros de entrenamiento. *Cir Esp* 2006;79(6):342-8.
6. **Jones DB.** Video trainers, simulation and virtual reality. *Asian J Surg* 2007;30(1):6-12.
7. **Kohn L.** *To Err is Human. Building a Safer Health System.* Washington, D.C.: National Academies Press; 1999.
8. **Bridges M, Diamond DL.** The financial impact of teaching surgical residents in the operating room. *Am J Surg* 1999;177(1):28-32.
9. **Karam MD, Pedowitz RA, Natividad H, Murray J, Marsh JL.** Current and future use of surgical skills training laboratories in orthopaedic resident education: a national survey. *J Bone Joint Surg Am* 2013;95(1):e4.
10. **Dubrowski A, Backstein D.** The contributions of kinesiology to surgical education. *J Bone Joint Surg Am* 2004;86(12):2778-81.
11. **Peyton JW, Allery L.** The learning cycle. En: **Peyton JW (ed.)** *Teaching & Learning in Medical Practice.* Guildford: Manticore Europe Limited; 1998.
12. **Lake FR, Hamdorf JM.** Teaching on the run tips 5: teaching a skill. *Med J Aust* 2004;181(6):327-8.
13. **Kitson J, Blake SM.** A model for developing psychomotor skills in arthroscopic knot tying. *Ann R Coll Surg Engl* 2006;88:501-5.
14. **Andersen C, Winding TN, Vesterby MS.** Development of simulated arthroscopic skills. *Acta Orthop* 2011;82(1):90-5.
15. **Schout BM, Hendriks AJ, Scheele F, Bemelmans BL, Scherpbier AJ.** Validation and implementation of surgical simulators: a critical review of present, past, and future. *Surg Endosc* 2010;24(3):536-46.
16. **Butler A, Olson T, Koehler R, Nicandri G.** Do the skills acquired by novice surgeons using anatomic dry model transfer effectively to the task of diagnostic knee arthroscopy performed on cadaveric specimens? *J Bone Joint Surg Am* 2013;15(1):1-8.
17. **Cerrolaza M, Miquirena R, Urbina B, Prado A, Navas H.** Realidad virtual para entrenamiento en cirugía laparoscópica. *Rev Venez Cir* 2006;59(2):2-4.
18. **Pedowitz RA, Esch J, Snyder S.** Evaluation of a virtual reality simulator for arthroscopy skills development. *Arthroscopy* 2002;18(6):e29.
19. **Hasson HM, Kumari N V, Eekhout J.** Training simulator for developing laparoscopic skills. *JLSLS* 2001;5(3):255-65.
20. **Howells NR, Brinsden MD, Gill RS, Carr AJ, Rees JL.** Motion analysis: a validated method for showing skill levels in arthroscopy. *Arthroscopy* 2008;24(3):335-42.
21. **Martín S, María M.** Formación y adiestramiento en traumatología y cirugía ortopédica. *Rev Esp Cir Osteoart* 2007;42(232):139-80.