

Evaluación del mejoramiento de habilidades básicas para cirugía laparoscópica por medio del entrenamiento con un videojuego

Evaluation of Basic Skills Improvement for Laparoscopy by Training with a Video Game

Avaliação do melhoramento de habilidades básicas para cirurgia laparoscópica por meio do treinamento com um videogame

María Fernanda Gómez-Ramírez¹; Juan Carlos Gómez²; Eliana María González-Neira, Ing. MSc.¹; Saúl Rúgeles, MD²; Daniel R. Suárez, Ing. PhD.¹; Lilian Torregrosa, MD²

Recibido: 25 de febrero de 2013 • Aceptado: 04 de diciembre de 2013

Doi: [dx.doi.org/10.12804/revsalud12.esp.2014.02](https://doi.org/10.12804/revsalud12.esp.2014.02)

Para citar este artículo: Gómez-Ramírez MF, Gómez JC, González-Neira EM, Rúgeles S, Suárez DR, Torregrosa L. Evaluación del mejoramiento de habilidades básicas para cirugía laparoscópica por medio del entrenamiento con un videojuego. Rev Cienc Salud 2014;12(Especial): 9-20. doi: [dx.doi.org/10.12804/revsalud12.esp.2014.02](https://doi.org/10.12804/revsalud12.esp.2014.02)

Resumen

Introducción: debido a las crecientes limitaciones éticas y de recursos en el entrenamiento de aprendices en cirugía mínimamente invasiva (CMI, E. G. laparoscopia) en pacientes, se pretende evaluar el efecto de la práctica continua con un videojuego en particular en el desarrollo de las habilidades fundamentales a la hora de ejecutar una de estas cirugías. *Materiales y métodos:* se seleccionaron tres actividades esenciales (corte, sutura y coordinación mano-ojo) por realizar en simuladores laparoscópicos, con el fin de establecer si la práctica con el videojuego es efectiva en el desarrollo de las habilidades necesarias en CMI. Se evaluaron en total ocho variables de desempeño en las tres actividades seleccionadas. Con base en esto, se evaluaron catorce aprendices médicos sin experiencia en laparoscopia, divididos en dos grupos (control e intervención), antes y después de un programa de entrenamiento estandarizado con el videojuego Marblemanía® y una duración de un mes. *Resultados:* se evidenció que la práctica continua con el videojuego Marblemanía® mejoró todas las variables de desempeño. Estos resultados positivos fueron significativamente diferentes a favor del grupo que tuvo acceso al programa de entrenamiento con el videojuego en 3 de las 8 variables de desempeño medidas en las tres actividades seleccionadas:

¹ Departamento de Ingeniería Industrial, Facultad de Ingeniería, Pontificia Universidad Javeriana (Bogotá, Colombia).

² Departamento de Cirugía, Facultad de Medicina, Pontificia Universidad Javeriana (Bogotá, Colombia). Correspondencia: D. R. Suárez. Correo electrónico: d-suarez@javeriana.edu.co.

errores en la actividad de sutura ($p = 0,003$), y el tiempo de ejecución y errores en la actividad coordinación mano-ojo ($p = 0,025$ y $0,001$, respectivamente).

Palabras clave: cirugía mínimamente invasiva, laparoscopia, videojuegos, habilidades básicas de cirugía.

Abstract

Introduction: Due to the growing economical and ethical limitations in surgeons training for minimally invasive surgery (MIS, e.g. laparoscopy), this study aims at evaluating the effect of a continuous practice of a particular videogame on the development of the fundamental and specific skills needed to perform this type of procedure successfully. *Materials and methods:* To evaluate the effectiveness of video game practicing, three essential and common activities were chosen (cutting, suturing, and eye-hand coordination) to be performed in laparoscopic simulators. Eight different indexes or variables of performance were measured in the three activities. Fourteen voluntaries without previous experience in surgery were divided in two groups (intervention and control) and their performance was evaluated before and after a one-month standardized training program with the video game Marble Mania®. *Results:* A general improvement of all the performance variables was observed after one month training in the intervention group. This improvement was significant with respect to the control group in three of the eight variables: suturing errors ($p = 0.003$), and the execution and number of errors in the eye-hand coordination ($p = 0.025$ and 0.001 , respectively).

Key words: minimally invasive surgery, laparoscopy, video games, surgical basic skills.

Resumo

Introdução: devido às crescentes limitações éticas e de recursos no treinamento de aprendizes em cirurgia minimamente invasiva (CMI, e.g. laparoscopia) em pacientes, pretende-se avaliar o efeito da prática contínua com um videogame em particular no desenvolvimento das habilidades fundamentais na hora de executar uma destas cirurgias. *Materiais e métodos:* se selecionaram três atividades essenciais (corte, sutura e coordenação mão-olho), a realizar em simuladores laparoscópicos, com o fim de estabelecer se a prática com o videogame é efetiva no desenvolvimento das habilidades necessárias em CMI. Em total, avaliaram-se oito variáveis de desempenho nas três atividades selecionadas. Com base nisso, avaliaram-se catorze aprendizes médicos sem experiência em laparoscopia, divididos em dois grupos (controles e intervenção), antes e depois de um programa de treinamento estandardizado com o videogame Marblemania® em uma duração de um mês. *Resultados:* se evidenciou que a prática contínua com o videogame Marblemania® melhorou todas as variáveis de desempenho. Estes resultados positivos foram significativamente diferentes a favor do grupo que teve acesso ao programa de treinamento com o videogame em três das oito variáveis de desempenho medidas nas três atividades selecionadas: erros na atividade de sutura ($p = 0.003$), o tempo de execução e erros na atividade coordenação mão-olho ($p = 0.025$ y 0.001 , respectivamente).

Palavras-chave: cirurgia minimamente invasiva, laparoscopia, videojogos, habilidades básicas de cirurgia.

Introducción

Actualmente, la cirugía mínimamente invasiva (CMI) es cada vez más usada en los quirófanos del mundo. Los diversos tipos de CMI, *e. g.* laparoscopia, son empleados para realizar intervenciones quirúrgicas por medio de pequeñas incisiones en el cuerpo del paciente (1). La intervención quirúrgica de este tipo es posible gracias a la creación de un espacio de trabajo por medio de la introducción de CO₂ en el paciente. La visualización de este espacio de trabajo es obtenida mediante una pequeña cámara que se inserta a través de una pequeña incisión y que provee una imagen plana en un monitor. La CMI posee varias ventajas, incluyendo una menor morbilidad, mejores resultados cosméticos y tiempos de hospitalización y recuperación más cortos. Sin embargo, la CMI presenta algunas dificultades para los cirujanos, quienes se ven obligados a interactuar en el campo quirúrgico con reducidos grados de libertad, limitado sentido del tacto y, a su vez, disponiendo visualización solo en dos dimensiones, lo cual implica una coordinación manual-visual diferente a la habitual (2).

La comunidad médica centra gran atención en investigaciones para el desarrollo de técnicas de adquisición, entrenamiento y evaluación de las habilidades que requiere la CMI (3, 4). Se ha sugerido que los videojuegos tienen efectos positivos que pueden conducir a la adquisición de habilidades complejas en diversos campos, incluyendo medicina, ya que podrían favorecer la familiarización con interfaces de pantalla (5). Es así como en diversos estudios, por medio de diferentes técnicas, se ha señalado que existe una relación entre el desempeño de una persona como jugador de videojuegos y como cirujano de CMI (5-9). Se presume que dicha relación se debe a que el uso de consolas de videojuego requiere la manipulación de objetos por medio de pantallas 2D, coordinación mano-ojo y el desarrollo de la habilidad de la muñeca y la

mano. Todas estas tareas son análogas a las usadas durante la ejecución de técnicas quirúrgicas mínimamente invasivas (10). Adicionalmente, existe una cierta evidencia de que el uso de los videojuegos genera capacidades visuales superiores, pues los usuarios de los videojuegos están acostumbrados a observar imágenes originadas en ordenadores y, por lo tanto, pueden tener una ventaja sobre los que no juegan (11).

Este estudio evalúa la evolución, en un grupo de sujetos que no ha tenido entrenamiento previo en CMI, de algunas de las habilidades necesarias para llevar a cabo una laparoscopia exitosamente. En particular, el objetivo es evaluar el efecto de la práctica continua de un videojuego, en particular en el desarrollo de las habilidades analizadas. El videojuego elegido fue *Marblemania*® (Kororinpa, Nintendo Co., 2006) y el progreso de las habilidades fue monitoreado por medio de tres actividades que son reconocidas por su utilidad durante una laparoscopia (sutura, corte y coordinación mano-ojo). Nuestra hipótesis es que la práctica continua del videojuego *Marblemania*® mejora las habilidades de corte, sutura y coordinación mano-ojo, esenciales para el buen desempeño del cirujano durante una intervención quirúrgica.

Materiales y métodos

El experimento:

La evaluación del desarrollo de las habilidades básicas quirúrgicas de catorce aprendices médicos voluntarios y sin experiencia alguna en laparoscopia se llevó a cabo mediante tres actividades dispuestas en simuladores laparoscópicos, antes y después de un programa de práctica regular de un videojuego con una duración de 12 horas (4 semanas, 3 horas por semana). La intensidad y duración del entrenamiento fue elegida de acuerdo con literatura previa (10). Este estudio contó con la aprobación del Comité

de Investigación Local de las Áreas Quirúrgicas y lo declaró como de riesgo mínimo.

Los participantes fueron divididos aleatoriamente en dos grupos: un grupo control (grupo 1), cuyos integrantes se comprometieron a no hacer uso lúdico, ni de ningún tipo, con videojuegos durante el desarrollo de este estudio; y un grupo de intervención (grupo 2), cuyos miembros iniciaron un programa estandarizado de práctica con el videojuego Marblemania® y la consola de Nintendo Wii® (Nintendo Co.,

Japón) en el Centro de Simulación Clínica de la Pontificia Universidad Javeriana (PUJ). La elección del juego fue basada en dos criterios: a) el juego incorpora el uso de habilidades similares a las encontradas durante una cirugía real (e. g., coordinación ojo-mano, desarrollo de profundidad a partir de dos dimensiones y tiempo de reacción mínimo) y b) el juego ya ha sido empleado en estudios similares anteriormente (8, 13). La metodología general del estudio se ilustra en las figuras 1 y 2.



Figura 1. Metodología de entrenamiento para el grupo 1 (control)

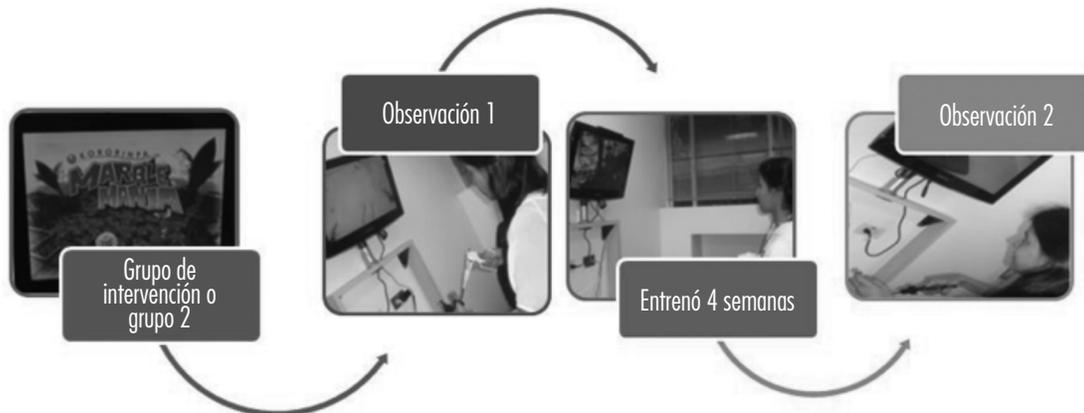


Figura 2. Metodología de entrenamiento para grupo 2 (intervención)

Actividades evaluativas:

Con la ayuda de cirujanos expertos del Hospital Universitario San Ignacio (HUSI) de Bogotá, fueron seleccionadas tres actividades comúnmente usadas durante laparoscopia:

sutura, corte y coordinación mano-ojo. En estas actividades, un total de ocho variables de desempeño fueron medidas antes y después del programa de entrenamiento con el videojuego (tabla 1).

Tabla 1. Variables de desempeño medidas en cada actividad

Actividades	Variables de desempeño
Sutura	Número de intentos fallidos
	Número de armellas suturadas
Corte	Tiempo de ejecución de la actividad
	Número de dedos cortados
	Número de intentos fallidos
Coordinación mano-ojo	Tiempo de ejecución de la actividad
	Número de intentos fallidos
	Número de aros insertados

Actividad 1: sutura

Esta actividad consistía en introducir la sutura a través de los diferentes orificios de las seis armellas que se encontraban en una base de madera (figura 3), y fue efectuada utilizando un portaagujas y una pinza Maryland en forma conjunta. Para ello, la hebra debía dirigirse a través de los orificios de las armellas en forma de zigzag, im-

pulsando la sutura a través de los orificios con un portaagujas. Al cruzar cada uno de los agujeros, se debía recibir la hebra con la pinza Maryland y continuar el proceso hasta formar un zigzag con el hilo. Una vez finalizada la actividad o el tiempo máximo de la prueba (120 segundos), se registró el tiempo de ejecución, el número de intentos fallidos y el número de armellas suturadas.

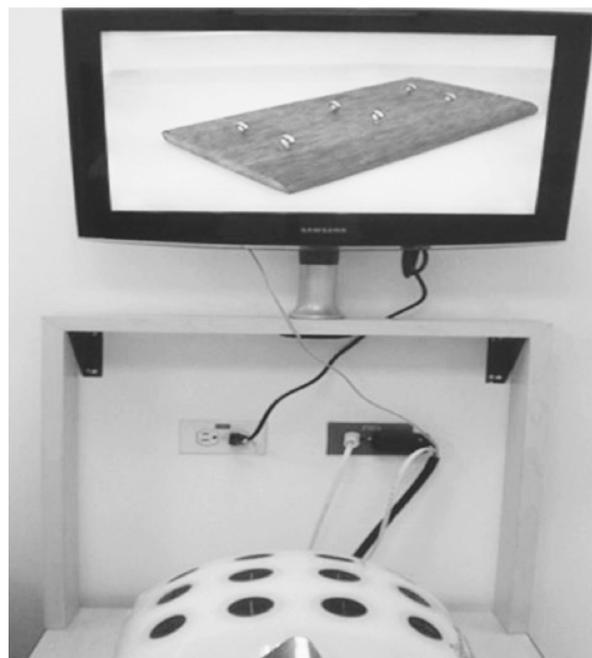


Figura 3. Simulador laparoscópico con actividad de sutura

Actividad 2: corte

En esta actividad, el participante debía cortar los dedos de un guante de látex siguiendo una guía marcada con dos líneas a 1,5 cm de separación (figura 4). Esta actividad debía ser realizada por medio de una tijera laparoscópica en la mano dominante y una pinza Grasping

para sujetar en la mano no dominante. Para efectuar esta tarea, el participante contaba con un tiempo límite de 240 segundos. Una vez finalizada la actividad o el tiempo máximo de la prueba, se registró el tiempo de ejecución, el número de dedos cortados y el número de intentos fallidos.



Figura 4. Simulador laparoscópico con actividad de corte

Actividad 3: coordinación mano-ojo

En esta actividad, el participante debía insertar 10 aros de metal en algunos de los 25 tornillos sujetados al tablero evaluador, esto usando la pinza Grasping (figura 5). Esta acción se hacía primero con la mano dominante y luego con la no dominante. Para efectuarla, el participante contaba con un tiempo límite de 120 segundos

para ejecutar el ejercicio con cada una de las manos. Una vez finalizada la actividad o el tiempo máximo de la prueba, se registró la mano con la que realizó la prueba, el tiempo de ejecución, el número de intentos fallidos y el número de aros insertados. En este estudio, solo se presentan los resultados para la prueba realizada con la mano dominante.



Figura 5. Simulador laparoscópico con actividad de coordinación mano-ojo

Control de fuentes de variación

Para controlar posibles fuentes de variación en las variables de desempeño, las actividades se ejecutaron bajo las siguientes condiciones: único lugar y horario, un único evaluador por actividad y un único video instructivo que se presentó a los participantes antes de cada sesión.

Diseño experimental

Se empleó un análisis de varianza (Anova) con medidas repetidas para encontrar diferencias significativas entre los grupos de control (1) e intervención, (2) puesto que la población objetivo se midió en dos momentos durante el experimento: un momento 1 (antes del entrenamiento) y un momento 2 (cuatro semanas después del inicio del entrenamiento). Se realizó un análisis de varianza por cada variable de

desempeño, debido a que estas eran diferentes para cada actividad. Para la actividad de coordinación mano-ojo, la interacción de la mano elegida (dominante/no dominante) con las variables de desempeño se incluyó en el modelo estadístico. Así mismo, se crearon gráficos de perfil de las interacciones posibles para analizar el comportamiento de los diferentes factores. Para este análisis, se utilizaron los paquetes estadísticos SPSS versión 19 (IBM Corp., Estados Unidos) y Minitab 16 (Instituto Nacional de Estándares y Tecnología, Estados Unidos), con un nivel de confianza del 95% (12).

Resultados

Los resultados para ambos grupos antes y después de la práctica con el videojuego se muestran en la tabla 2.

Tabla 2. Resultados de las actividades antes y después de práctica continua del videojuego. Ocho variables de desempeño fueron evaluadas para las tres actividades (μ : promedio, σ : desviación estándar)

	Actividad de sutura				Actividad de corte				Coordinación mano-ojo							
	Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después				
Grupo 1	17,3	21,7	0,4	1,1	147,4	135,4	5,0	4,6	7,6	10,9	118,2	113,7	5,3	10,2	6,4	7,9
	σ	13,5	13,3	0,8	1,3	41,5	60,4	0,0	1,1	3,0	4,9	12,6	2,3	5,5	3,0	2,2
Grupo 2	μ	18,1	8,4	1,0	1,3	120,6	84,3	4,9	5,0	6,4	116,4	96,2	6,1	3,0	6,2	9,5
	σ	9,2	7,0	1,2	1,3	63,3	47,2	0,4	0,0	5,3	9,1	25,6	4,3	2,6	2,9	1,2

El resultado del análisis de varianza se presenta por medio de los valores P para cada una de las posibles fuentes de diferencia, con un nivel de confianza del 95%. Los valores P para las actividades de sutura y corte se exponen en la tabla 3, y, para la actividad de coordinación mano-ojo, en la tabla 4. Los efectos de las inte-

racciones también se ilustran por medio de los gráficos de perfil en la figura 6.

A manera de resumen, la tabla 5 presenta los valores P para las variables de desempeño que resultaron significativamente diferentes entre los grupos control e intervención luego del entrenamiento con videojuego.

Tabla 3. Valores P de las actividades de sutura y corte

Valor P de las variables de desempeño sutura y corte					
Fuente	Número de intentos fallidos sutura	Número de intentos fallidos sutura	Número de armellas suturadas	Tiempo de dedos cortados	Número de intentos fallidos corte
Sujetos (grupo)	0,005	0,065	0,006	0,5	0,138
Grupo	0,035	0,452	0,162	0,539	0,064
Momento	0,135	0,477	0,068	0,539	0,809
Grupo *Momento	0,003	0,811	0,333	0,23	0,066

Tabla 4. Valores P de la actividad de coordinación mano-ojo

Valor P de las variables de desempeño coordinación mano-ojo			
Fuente	Tiempo de ejecución de la actividad	Número de intentos fallidos	Número de aros insertados
Sujetos (grupo mano)	0,035	0,439	0,012
Grupo	0,056	0,007	0,381
Momento	0,001	0,397	0
Mano	0,43	0,342	0,66
Grupo *Momento	0,025	0,001	0,075
Grupo *Mano	0,649	0,716	0,791
Momento *Mano	0,915	0,918	0,777
Grupo *Momento *Mano	0,191	0,214	0,572

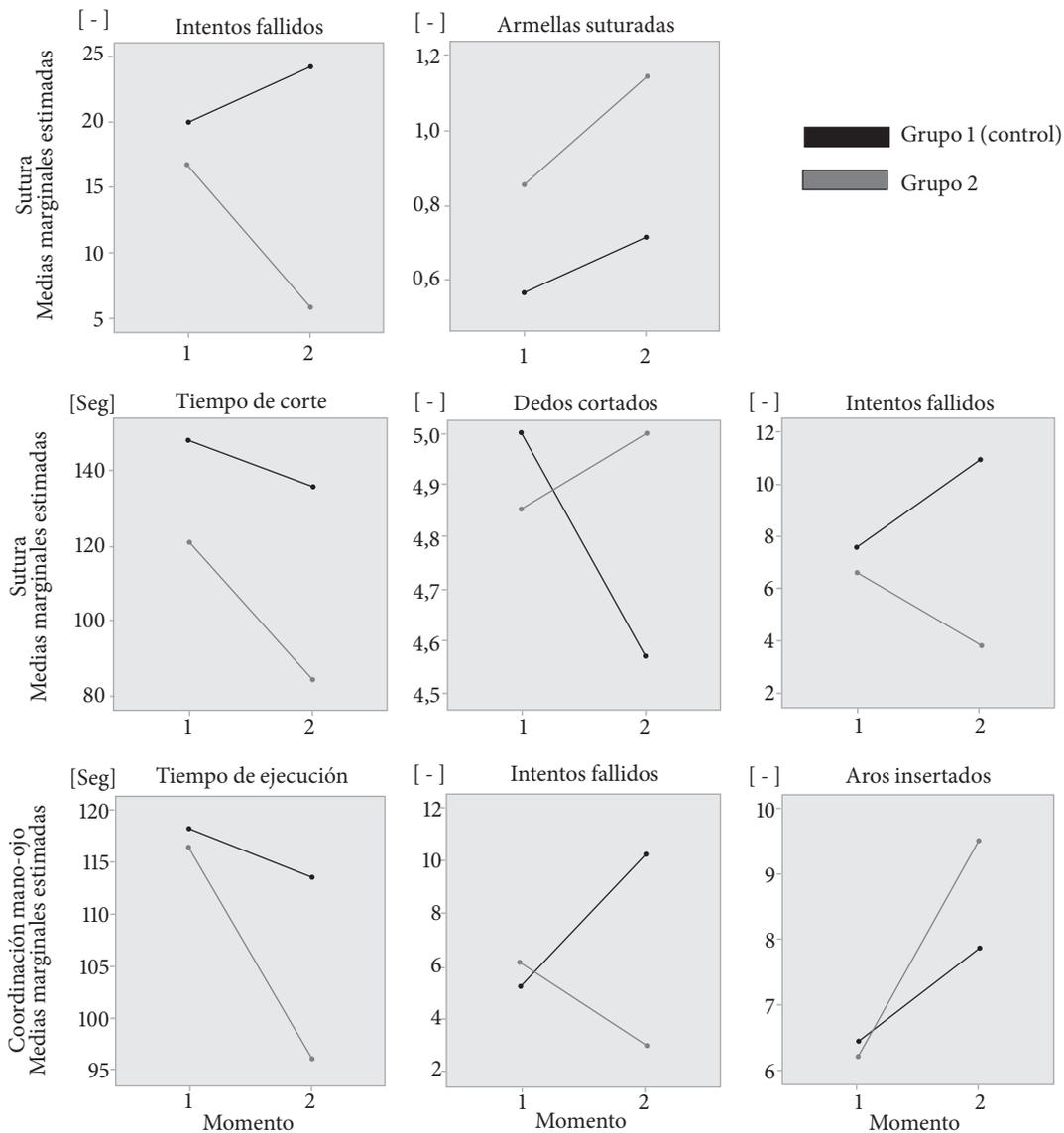


Figura 6. Gráficas de perfil de las variables de desempeño

Tabla 5. Variables de desempeño en las cuales la práctica continua del videojuego tuvo un efecto significativo positivo ($p < 0,05$)

Variable	Valor P
Número de intentos fallidos en la actividad de sutura	0,003
Tiempo de ejecución de la actividad coordinación mano-ojo	0,025
Tiempo de intentos fallidos actividad coordinación mano-ojo	0,001

Discusión

Al evaluar la influencia del entrenamiento con el videojuego Marblemanía® durante 12 horas en un mes, se encontró que en 3 de 8 habilidades básicas de laparoscopia (sutura, corte y coordinación mano-ojo) se tuvo un efecto positivo significativo. La diferencia significativa entre el grupo de control y el de intervención (nivel de significancia del 5%) se dio en el número de intentos fallidos en la actividad de sutura ($p = 0,003$), el tiempo de ejecución y el número de intentos fallidos en la actividad coordinación mano-ojo ($p = 0,025$ y $0,001$, respectivamente).

En los gráficos de perfil, se puede evidenciar el valor promedio de las variables de desempeño para cada uno de los grupos en el momento de medición 1 (antes del entrenamiento) y el momento de medición 2 (un mes después de la práctica continua del videojuego).

Para la actividad de sutura, el grupo 1 (control) tendió a cometer más errores en la segunda medición, mientras el grupo 2 (intervención) redujo el número de intentos fallidos (figura 6). Ambos grupos mejoraron en la variable 'armellas suturadas' en la segunda medición, sin embargo, la mejora fue levemente más pronunciada para el grupo 2 (intervención). El número de errores cometido en la actividad de sutura luego de la práctica del videojuego fue significativamente menor en el grupo 2 (intervención).

Para la actividad de corte, aun cuando el tiempo de ejecución de la tarea disminuyó en ambos grupos después del entrenamiento, la reducción fue más evidente en el grupo 2 (de 120,6 a 84,3 segundos) que en el grupo 1 (de 147,4 a 135,4 segundos). La intervención también incrementó el número de cortes efectuados (de 4,9 a 5,0) y disminuyó el número de errores cometidos durante la prueba (de 6,4 a 3,9). El grupo 1, por el contrario, empeoró en estas dos últimas variables de desempeño. No obstante, las diferencias entre el grupo 1 y 2 no fueron significativas en la actividad de corte y es posible que se requiera de una práctica

continua del videojuego por una duración mayor para que estas lleguen a ser significativas.

Para la actividad de coordinación mano-ojo, se encontró que ambos grupos la ejecutaron en un tiempo más corto, pero la reducción fue mejor para el grupo 2 (de 118,2 a 113,7 segundos para el grupo 1 y de 116,4 a 96,2 segundos para el grupo 2). Un mayor efecto positivo también se vio en el número de aros insertados, donde el grupo 1 pasó de 6,4 a 7,9 y el grupo 2 de 6,2 a 9,5. Sin embargo, el efecto positivo del entrenamiento a favor del grupo 2 no fue significativamente diferente en estas dos variables de desempeño. No fue este el caso para el número de intentos fallidos, donde el grupo 1 empeoró (de 5,3 a 10,2) y el grupo 2 mejoró (de 6,1 a 3,0), y esta diferencia sí fue significativa entre los grupos de estudio.

El entrenar con este videojuego en particular durante un período de cuatro semanas no tuvo un efecto significativo en todas las variables de desempeño, pero sí se registró en todas una mejoría con respecto al grupo de control. En particular, el juego Marblemanía® ya había sido empleado para evaluar el desarrollo de habilidades en laparoscopia con resultados similares a los obtenidos en el presente estudio (13). No obstante, dicho estudio ha sido criticado recientemente por su diseño experimental (14).

Finalmente, se podría intuir que el período de entrenamiento no fue suficiente para evidenciar un efecto significativo en el grupo de intervención, como lo afirman otros estudios (5, 8-11, 13). Algunos de estos resultados pueden ser afectados por diferentes factores, como el videojuego elegido, el tiempo de entrenamiento de los participantes, el tamaño de la muestra y las actividades seleccionadas para la evaluación.

La práctica continua del videojuego Marblemanía®, por un período de un mes (3 horas de práctica por semana), mejoró significativamente 3 variables de desempeño de 2 habilidades necesarias para llevar a cabo una laparoscopia o cirugía

mínimamente invasiva exitosamente. Particularmente, la práctica continua del videojuego redujo el número de errores en una actividad de sutura y el número de errores y el tiempo de ejecución de una tarea que requiere una gran coordinación mano-ojo. Aun así, la práctica del videojuego en el tiempo señalado no fue significativa en la mayoría de variables de desempeño analizadas (ocho en total). En particular, ninguna de las variables de desempeño de la actividad de corte cambió significativamente después del período de entrenamiento. Trabajos futuros podrían ahondar el estudio de los posibles beneficios de la práctica de videojuegos en

el entrenamiento de CMI por medio de un tiempo de práctica más largo, el uso de diferentes videojuegos y un mayor número de actividades de evaluación.

Descargos de responsabilidad

Los autores declaran que no tienen ningún conflicto de interés.

Agradecimientos

Al Dr. Adalberto Amaya y el personal del Centro de Simulación Clínica de la Pontificia Universidad Javeriana, por su disposición y ayuda durante la realización de este estudio.

Referencias

1. Cuschieri A. Laparoscopic surgery: current status, issues and future developments. *Surgeon* 2005;3:125-30.
2. Ruiz D, Betancur M, Bustamante J. Cirugía robótica mínimamente invasiva: análisis de fuerza y torque. *Revista de Ingeniería Biomédica* 2010;4(8):84-92.
3. Roberts KE, Bell RL, Duffy AJ. Evolution of surgical skills training. *World J Gastroenterol* 2006;12(20):3219-24.
4. Ritchie WP. Basic certification in surgery by the American Board of Surgery (ABS). What does it mean? Does it have value? Is it relevant? A personal opinion. *Ann Surg* 2004;239(2):133-9.
5. Rosser J, Lynch P, Cuddihy L, Gentile D, Klonsky J, Merelle R. The impact of video games on training surgeons in the 21st century. *Arch Surg* 2007;142(2):181-6.
6. Schlickum MK, Hedman L, Enochsson L, Kjellin A, Felländer-Tsai L. Systematic video game training in surgical novices improves performance in virtual reality endoscopic surgical simulators: a prospective randomized study. *World J Surg* 2009;33(11):2360-7.
7. Rosenberg BH, Landsittel D, Averch TD. Can video games be used to predict or improve laparoscopic skills? *J Endourol* 2005;19(3):372-6.
8. Badurdeen S, Abdul-Samad O, Story G, Wilson C, Down S, Harris A. Nintendo Wii video-gaming ability predicts laparoscopic skill. *Surg Endosc* 2010;24(8):1824-8.
9. Boyle E, Kennedy AM, Traynor O, Hill AD. Training surgical skills using nonsurgical tasks--can Nintendo Wii™ improve surgical performance? *J Surg Educ* 2011;68(2):148-54.
10. Lynch J, Aughwane P, Hammond TM. Video games and surgical ability: a literature review. *J Surg Educ* 2010;67(3):184-9.
11. Kennedy AM, Boyle EM, Traynor O, Walsh T, Hill AD. Video gaming enhances psychomotor skills but not visuospatial and perceptual abilities in surgical trainees. *J Surg Educ* 2011;68(5):414-20.
12. Manterola C, Pineda V. El valor de 'p' y la 'significación estadística': aspectos generales y su valor en la práctica clínica. *Rev Chil Cirugía* 2008;60(1):86-9.
13. Bokhari R, Bollman-McGregor J, Kahoi K, Smith M, Feinstein A, Ferrara J. Design, development, and validation of a take-home simulator for fundamental laparoscopic skills: using Nintendo Wii for surgical training. *Am Surg* 2010;76(6):583-6.
14. Graafland M, Schraagen JM, Schijven MP. Systematic review of serious games for medical education and surgical skills training. *Br J Surg* 2012;99(10):1322-30.