

## ARTÍCULOS ORIGINALES

## Efecto del entrenamiento mental en la capacitación de aprendices en cirugía laparoscópica

JAIME MANTILLA FLÓREZ<sup>1</sup>, ANDREA SUÁREZ<sup>2</sup>, ALFREDO LAVERDE<sup>2</sup>, JOSÉ GONZALO MOROS<sup>3</sup>,  
ELIANA MARÍA GONZÁLEZ-NEIRA<sup>4</sup>, DANIEL R. SUÁREZ<sup>5</sup>

### Resumen

**Introducción:** Este estudio evalúa el efecto de la implementación de la técnica *entrenamiento mental* en la formación, y especialmente en el tiempo de ejecución de tareas, de aprendices de cirugía laparoscópica. **Métodos:** Se realizó un diseño experimental de medidas repetidas con dos grupos de estudio (un grupo control y un grupo con “entrenamiento mental”) con ocho participantes cada uno. A los participantes de ambos grupos se les realizaron tres mediciones, en un periodo de un mes, en cuatro habilidades básicas (corte, disección, desplazamiento y sutura) mediante cuatro pruebas evaluativas dispuestas en cajas de entrenamiento. **Resultados:** Se observó que el grupo con “entrenamiento mental” tuvo una disminución significativa en el tiempo de ejecución de las actividades en tres de las pruebas (desplazamiento, disección y sutura). **Conclusiones:** Este protocolo podría ser usado como complemento del entrenamiento básico que reciben los estudiantes disminuyendo tiempos y costos en un curso de laparoscopia.

1. Ingeniero. Asistente de investigación, Departamento de Ingeniería Industrial, Facultad de Ingeniería, Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia.
2. Médica. Asistente de investigación, Departamento de Cirugía, Facultad de Medicina, Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia.
3. Médico cirujano abdominal de invasión mínima. Profesor ad honorem, Departamento de Cirugía, Facultad de Medicina, Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia.
4. Msc. Profesora instructora. Jefe de la Sección de Investigación de Operaciones, Departamento de Ingeniería Industrial, Facultad de Ingeniería, Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia.
5. PhD. Profesor asociado, Departamento de Ingeniería Industrial, Facultad de Ingeniería, Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia.

Recibido: 19/02/2015

Revisado: 27/05/2015

Aceptado: 01/06/2015

Jaime Mantilla Flórez *et al.* Efecto del entrenamiento mental en la capacitación de aprendices en cirugía laparoscópica

**Palabras clave:** entrenamiento, laparoscopia, destreza motora, análisis de varianza.

## **Title: Effect of Mental Training in Laparoscopic Surgical Skills**

### **Abstract**

**Introduction:** this study assesses the effect of mental training on the tasks execution times of laparoscopic skills training. **Methods:** A Repeated Measures Experimental Design was executed. Two study groups were formed (an intervention group with mental training and a control group). Each group consisted in eight participants. Execution times in four tasks to practice four basic skills were registered three times in a period of one month. Evaluated basic skills were cut, dissection, displacement and suture. **Results:** Intervention group times had a significant reduction on three of the four tasks (displacement, dissection, and suture). **Conclusions:** This protocol could be used as a complement on basic training for novices. It can reduce times and costs in a Laparoscopic course.

**Key words:** training, laparoscopy, motor skills, analysis of variance.

### **Introducción**

La laparoscopia es una técnica quirúrgica que ha logrado disminuir considerablemente el tiempo en la sala de operación y hace parte de las llamadas *técnicas mínimo-invasivas*. Las cirugías mínimamente invasivas (CMI) han ganado popularidad, ya que evitan grandes cortes requeridos por la cirugía abierta o convencional y posibilitan un periodo postoperatorio mucho más rápido y comfortable [1].

La cirugía laparoscópica requiere habilidades específicas que no se comparten con los procedimientos quirúrgicos abiertos más comunes, por lo cual el entrenamiento de los cirujanos debe ser especialmente diseñado y perfeccionado constantemente. En general, estas habilidades específicas consisten en destreza bimanual, comodidad en ambientes con percepción de profundidad, manejo de instrumental de precisión, autonomía en el procedimiento, alta coordinación de mano-ojo, entre las más relevantes [2]. En particular, la adaptación mental a las imágenes bidimensionales y retroalimentación táctil—habilidades que no son ni intuitivas ni intrínsecas a la actividad cotidiana o la cirugía abierta convencional— hacen que la curva de aprendizaje de la técnica sea especialmente larga [3].

Existen diferentes métodos para adquirir las habilidades quirúrgicas necesarias, como las prácticas en cadáver humano, cadáver animal, entrenamiento con animales vivos y el entrenamiento con simuladores de realidad virtual. Sin embargo, en el caso de formación con cadáveres humanos y animales se presentan objeciones éticas y sociales, y en la formación con simuladores de realidad virtual se elevan los costos y su disponibilidad es limitada [4]. Por tales motivos, existe la necesidad de estrategias de formación alternativas, como lo son las prácticas y la simulación de procedimientos en cajas de entrenamiento [2].

El presente proyecto evalúa la influencia de un protocolo de entrenamiento en el tiempo de ejecución de tareas específicas en cajas de entrenamiento en un grupo de estudiantes sin conocimiento o práctica en cirugía. El protocolo propuesto en este estudio incluye el concepto de *entrenamiento mental*, un ensayo cognitivo de una tarea antes de la actuación y que busca mejorar el desempeño del individuo en alguna actividad. Esto se basa en que el simular eventos futuros aumenta la probabilidad de llevar a cabo las acciones deseadas en el futuro, gracias a una memoria “prospectiva” [5,6]. Literatura previa ha demostrado los beneficios del *mental training*, *mental imagery* o simulaciones de *prospective memory* en varios ambientes que van desde los gestos deportivos hasta unos primeros estudios en procedimientos quirúrgicos [7-12]. Estas experiencias positivas han animado incluso a plantear el diseño de nuevos currículos que incluyan esta clase de entrenamiento y prácticas en la formación de nuevos cirujanos [13,14]; sin embargo, es necesaria más evidencia para determinar de manera más concreta bondades y desventajas del método. Por lo anterior, este estudio tiene como hipótesis que un grupo de voluntarios sin experiencia previa se desempeñará mejor al combinar un entrenamiento convencional con un protocolo de entrenamiento mental en pruebas de habilidades básicas para cirugía mínimamente invasiva, que otro

grupo de voluntarios cuyo entrenamiento fue limitado al convencional.

## Metodología y métodos

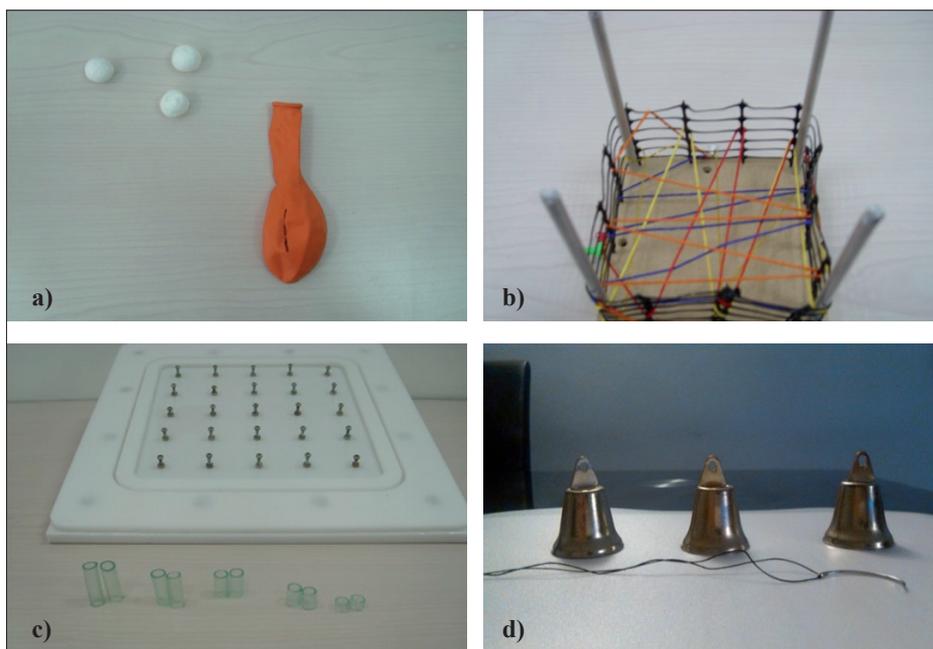
La metodología en este estudio incluye la definición de las pruebas evaluativas, la definición de las actividades de entrenamiento, la definición de las actividades de entrenamiento adicionales para el grupo de intervención o “grupo mental”, el diseño y ejecución de un experimento y el análisis de resultados.

### Definición de las pruebas de evaluación

Después de analizar diferentes ejercicios que simulan habilidades básicas en laparoscopia, se escogieron cuatro ejercicios que simulan las actividades de corte, disección, desplazamiento y sutura, y que previamente han servido para discriminar el grado de competencia de un cirujano [15]. Los ejercicios son de fácil fabricación y su costo es bajo. Estos son:

- Operando un globo-corte (figura 1a): esta actividad requiere sacar de un globo elástico tres esferas de plásticas, después de realizar el corte indicado.
- Diseccionando hilos-disección (figura 1b): esta actividad requiere ingresar con las pinzas a un cubo con hilos tensionados de extremo a extremo, y llegar hasta los tres hilos de color dorado para después cortarlos.

- Desplazando tubos-desplazamiento (figura 1c): esta actividad requiere ordenar los cilindros de izquierda a derecha, y del más grande al más pequeño, en las dos primeras filas de la tabla de madera con unos tornillos como guía.
  - Campanas-sutura (figura 1d): esta actividad requiere amarrar tres campanas después de atravesar con la aguja e hilo sus orificios superiores.
- Actividades de entrenamiento*
- Se plantearon actividades de entrenamiento para todos los participantes en los dos grupos de estudio. Estas son más fáciles de realizar que las pruebas de
- Operando un guante (corte): esta actividad consiste en realizar cortes en el guante por las zonas delimitadas, las cuales asemejan las falanges de los cinco dedos de la mano. El estudiante deberá cortar 2 guantes para terminar su entrenamiento; por lo tanto, realizará 28 cortes. El objetivo de este entrenamiento es aprender a emplear las tijeras y realizar cortes finos.



**Figura 1.** Ejercicios: a) operando un globo: corte, b) diseccionando hilos: disección, c) desplazando tubos: desplazamiento, d) campanas: sutura

- Extraer esferas de una bomba previamente cortada (parte de la habilidad de corte): una vez el estudiante termine los 2 guantes, pasará a la siguiente actividad, que consiste en sacar 3 esferas plásticas de un balón elástico previamente cortado; esto con el fin de adquirir habilidad en el manejo de las pinzas de agarre.
- Desplazando tubos (desplazamiento): esta actividad consiste en pasar los tubos plásticos de la parte izquierda del tablero a la derecha, del más grande al más pequeño, y dejándolos en posición vertical. El objetivo de este entrenamiento es generar destreza en la coordinación mano-ojo, en el uso de la cámara y precisión en el agarre.
- Campanas (sutura): esta actividad consiste en pasar la aguja de la mano no dominante a la mano dominante, dejando esta en posición vertical. Este

procedimiento se realiza 10 veces. Una vez terminado el procedimiento anterior, se introduce una campana a la caja de entrenamiento con el fin de pasar la aguja por el orificio, teniendo en cuenta que la aguja debe siempre estar en posición vertical. Este procedimiento se realizará 10 veces.

### ***Entrenamiento mental para un grupo de intervención***

El entrenamiento mental es el ensayo cognitivo de una tarea antes de la actuación y busca mejorar el desempeño del individuo en alguna actividad. Para este estudio, los participantes del grupo de intervención (más adelante llamado *grupo mental*) tenían que seguir un entrenamiento mental para cada una de las cuatro pruebas evaluativas. En la tabla 1 se muestra la metodología de la técnica entrenamiento mental para este experimento.

**Tabla 1. Componentes del entrenamiento mental para este estudio**

<b>Pasos</b>	<b>Descripción</b>	<b>Duración (minutos)</b>	<b>Métodos</b>
1	Observación externa: el estudiante observa un modelo (sujeto experimentado), quien le muestra cuáles son los pasos que se van a aprender	5	Video
2	Entrenamiento subvocal: la persona evoca la imagen visual de los movimientos enseñados en el primer punto y se los relata a sí misma	5	Relatar a evaluador
3	Entrenamiento por observación interna: el estudiante se visualiza a sí mismo o a otra persona desde una perspectiva externa (como tercera persona) realizando los ejercicios mencionados	5	Indicar al evaluador paso a paso qué debe hacer
4	Entrenamiento ideomotor: el estudiante se visualiza a sí mismo ejecutando el movimiento en perspectiva de primera persona	5	El participante realiza el procedimiento

### ***Experimento***

La hipótesis de este estudio es que el entrenamiento mental permite mejorar el desempeño de aprendices de cirugía laparoscópica, en términos del tiempo de ejecución de las pruebas evaluativas.

Para realizar este experimento se contó con la colaboración de 16 participantes voluntarios, todos ellos estudiantes de la Pontificia Universidad Javeriana (Colombia). Para ser parte de este experimento, los participantes no debían tener experiencia previa en cirugía laparoscópica (criterio de inclusión). Se obtuvo de cada participante un consentimiento informado en el cual se le invitaba a participar en el proyecto de manera voluntaria y se especificaba duración del proyecto y compromisos. Una vez se reclutaron los participantes, se introdujeron los términos y los conceptos clave acerca del proyecto mediante una reunión. Posteriormente, los 16 participantes se dividieron en dos grupos: mental (8) y control (8). Para el grupo mental se dictó una capacitación adicional, en la cual se explicaba la metodología con que se realizaría el entrenamiento mental.

El periodo en el que se llevó a cabo el experimento fue de un mes, dividido en 4 semanas, en las que los participantes se presentaron al Centro de Simulación Clínica de la Pontificia Universidad Javeriana los 5 días hábiles de la semana, es decir, de lunes a viernes, a fin de completar 20 días de entrenamiento. Se

utilizaron 3 días para hacer las pruebas evaluativas (inicial: momento 1 en el día 0; intermedia: momento 2 en el día 10; final: momento 3 en el día 20), y el resto para actividades de entrenamiento.

El tiempo de entrenamiento fue de una hora para el grupo mental y de 40 minutos para el grupo control; esto debido a que al grupo mental se le dieron 20 minutos de práctica mental antes de los procedimientos.

En el experimento se evaluó el tiempo de ejecución de 4 habilidades básicas en cirugía laparoscópica: corte, disección, desplazamiento y sutura. Para ello se escogieron los ejercicios que ya se han mencionado. Se formuló una metodología de entrenamiento y evaluación tanto para el grupo mental como para el grupo control; además, se bosquejó y ejecutó un diseño de medidas repetidas con el cual evaluar el cambio en el tiempo de práctica de cada una de las 4 pruebas en los 3 momentos de medición. Se contó también con la colaboración de 3 evaluadores experimentados, quienes estuvieron presentes en las 3 evaluaciones programadas y tenían la función de tomar los tiempos de ejecución de los participantes en cada una de las actividades evaluativas.

### ***Análisis estadístico***

Para el análisis estadístico se tomó como variable de respuesta del experimento el

tiempo de ejecución de cada una de las pruebas evaluativas. Se llevó a cabo un diseño experimental de medidas repetidas, teniendo en cuenta el factor grupo (control, mental), donde las medidas repetidas fueron cada una de las tres mediciones en el tiempo (inicial, intermedia y final). Se realizaron análisis de varianza (Anova), uno por cada prueba evaluativa, para encontrar los factores que tienen un efecto significativo en el tiempo de ejecución de cada actividad. Se seleccionó un nivel de significancia de 0,05 para probar la hipótesis.

## Resultados

Los valores mínimo, máximo, promedio, y desviación estándar de los tiempos de ejecución de cada una de las pruebas en los 3 momentos de medición se presentan en la tabla 2. Se puede observar que para ambos grupos hubo una disminución en el tiempo promedio de ejecución en todas las actividades conforme se iban realizando las pruebas en diferentes momentos. El grupo mental, sin embargo, ejecuta en menor tiempo las pruebas que el grupo de control. Así mismo, la desviación estándar del tiem-

**Tabla 2. Resumen estadístico de tiempos de ejecución (en segundos) de las actividades en cada uno de los tres momentos de medición**

Actividad	Prueba/ medición	Tiempo (segundos)							
		Grupo control				Grupo mental			
		Mín.	Máx.	Media	DE	Mín.	Máx.	Media	DE
Corte	1	340,00	877,00	657,88	171,77	425,00	840,00	650,50	167,35
	2	290,00	765,00	590,88	161,42	235,00	568,00	418,13	96,91
	3	281,00	689,00	525,25	140,18	214,00	540,00	324,88	107,55
Disección	1	35,00	71,00	58,75	12,71	32,00	94,00	56,13	20,31
	2	38,00	59,00	49,50	7,23	21,00	65,00	37,75	15,43
	3	38,00	58,00	46,63	7,21	21,00	46,00	33,63	8,31
Desplazamiento	1	275,00	670,00	496,25	118,63	234,00	692,00	497,50	139,12
	2	342,00	545,00	439,63	71,73	129,00	523,00	322,25	130,43
	3	256,00	612,00	411,75	110,06	114,00	452,00	254,00	118,57
Sutura	1	475,00	875,00	736,88	148,06	213,00	852,00	510,88	247,32
	2	99,00	761,00	485,88	228,88	65,00	534,00	339,13	154,33
	3	127,00	815,00	486,63	236,06	121,00	478,00	255,63	136,21

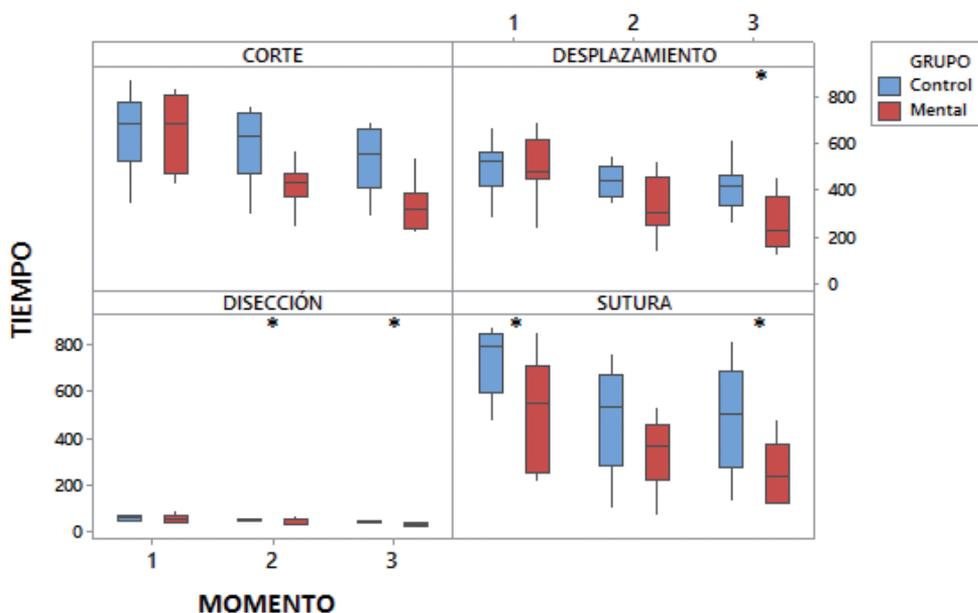
DE: desviación estándar.

po de ejecución de la tarea parece también disminuir más para el grupo mental a medida el experimento transcurre.

Los Anova concluyeron que, efectivamente, hay una diferencia entre los tiempos de ejecución de las pruebas de los grupos de estudio en varios de los momentos de medición. Al concluir la cuarta semana de entrenamiento (momento 3 o final de medición), los tiempos de ejecución fueron significativamente diferentes en las pruebas de disección, desplazamiento y sutura. El grupo mental tuvo también el menor tiempo de ejecución promedio en la prueba de corte; sin embargo, la dife-

rencia con el grupo de control resultó no ser significativa en ese caso (figura 2).

La prueba de sutura tuvo un resultado no esperado en el primer momento de medición, en la cual los 2 grupos de estudio tuvieron resultados significativamente diferentes a pesar de no haber comenzado la intervención o entrenamiento al grupo mental. Se identificaron un par de razones: 1) la prueba fue considerada la más difícil de todas por los voluntarios, lo cual se evidencia en la media y la variabilidad de los resultados, y 2) el experimento de este estudio comenzó con voluntarios del grupo de control realizando la prueba de sutura,



**Figura 2.** Cajas para los tiempos de ejecución de cada una de las pruebas y cada uno de los momentos de medición. Las comparaciones entre el grupo mental y el grupo de control que resultaron ser significativamente diferente se presentan con un asterisco (\*) ( $p < 0,05$ )

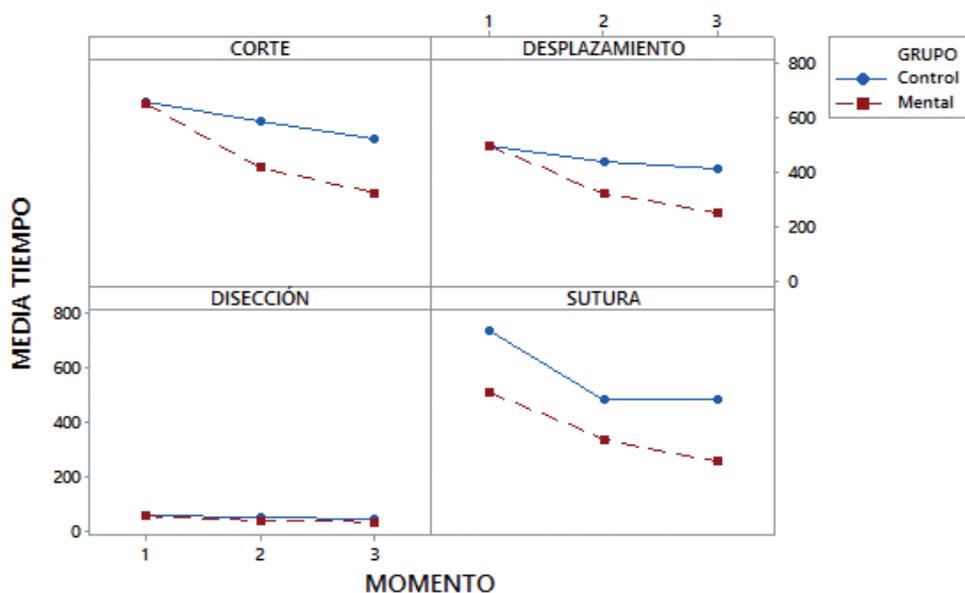
esto es, siguiendo un orden aleatorizado inicialmente, lo cual dio un poco más de tiempo a los voluntarios del grupo mental para familiarizarse con los instrumentos empleados y así obtener un mejor desempeño inicial.

El entrenamiento mental (el cual define el factor “grupo”) no fue el único factor que influyó en el tiempo de ejecu-

ción de las pruebas; otros factores, como los momentos de medición y los sujetos dentro de los grupos, también podrían alterar la variable respuesta (tabla 3). Sin embargo, la interacción entre los factores “grupo” y “momento” no produjo un cambio significativo en las pruebas de disección y sutura. Un gráfico de perfil de los resultados (figura 3) evidencia que la interacción grupo-momento para

**Tabla 3. Valores  $p$  de los Anova para las pruebas evaluativas**

Fuente de variación	Corte	Disección	Desplazamiento	Sutura
Sujetos (grupos)	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Grupos	< 0,001	0,003	< 0,001	< 0,001
Momento	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
Grupo-momento	0,003	0,294	0,014	0,419



**Figura 3.** Perfil para los resultados de las pruebas de corte, disección, desplazamiento y sutura en los tres momentos de medición (inicial: 1, intermedio: 2 y final: 3)

estas 2 pruebas no se da siempre de la misma manera; esto es, la diferencia entre los tiempos de ejecución de los grupos control y mental no necesariamente se incrementa de forma proporcional al pasar de un momento de medición al siguiente, lo que sí sucede en las otras 2 pruebas (de corte y desplazamiento).

Los resultados de todas las pruebas, excepto para la prueba de corte, cumplieron con los supuestos de normalidad de residuos y homogeneidad de varianzas requeridos en el Anova. Para la prueba de corte se realizó, adicionalmente, la prueba no paramétrica de Tamhane. La prueba de Tamhane confirmó que los grupos de estudio, los momentos de medición y la interacción grupos-momentos tienen un efecto significativo en el tiempo de ejecución de la prueba de corte, lo cual valida los resultados del Anova.

## Discusión

De acuerdo con los resultados obtenidos, los grupos de control y de intervención (grupo mental) mostraron una reducción estadísticamente significativa en el tiempo de ejecución de las pruebas en el momento final respecto al momento inicial. Sin embargo, es de destacar que en 3 de las 4 competencias (disecación, desplazamiento y sutura) este mejoramiento fue más alto para el grupo de mental. Por lo tanto, se puede concluir que la intervención realizada (la técnica

entrenamiento mental) resultó tener un efecto positivo, al disminuir en mayor magnitud el tiempo de ejecución en todas las actividades evaluativas luego de un mes de intervención.

El cambio en la ejecución de las tareas, independiente del grupo medido, también resultó significativo. Esto indica que la sola práctica con los simuladores de caja reduce los tiempos que el estudiante necesita para realizar las pruebas evaluativas, lo cual ha sido asociado con una mejora en las competencias básicas de la técnica [15]. Sin embargo, la extrapolación de estos resultados a la demostración de competencias durante cirugías reales es aún controversial [16] y está fuera del alcance del presente trabajo.

Los resultados anteriores concuerdan con literatura previa en el tema. Un primer estudio del efecto de entrenamiento mental en el desempeño quirúrgico también indicó diferencias favorables de un grupo de voluntarios sin experiencia, pero con entrenamiento mental, sobre otro grupo que no tuvo dicho entrenamiento [10]. A diferencia del presente estudio, el trabajo de Arora y cols. [10] fue realizado en simuladores de realidad virtual, en especial en colecistectomía laparoscópica, y limitado a 18 cirujanos voluntarios y 5 días de entrenamiento. Antes [17] también habían estudiado el efecto del entrenamiento mental en colecistectomía laparoscó-

pica en una caja de entrenamiento. En esa ocasión, el efecto fue significativamente positivo, al medir los elementos cognitivos del procedimiento mediante una lista de chequeo; sin embargo, no se encontró diferencia en la evaluación de los elementos netamente motores medidos por una evaluación estructural objetiva. Esto último quizás debido a la corta duración del experimento, que en ese trabajo fue apenas de 2 días. Mucho más recientemente, el efecto del entrenamiento mental también se midió en cirujanos experimentados [18], los cuales mejoraron su desempeño en un escenario de crisis simulado en un modelo porcino, con respecto a un grupo control sin entrenamiento mental.

## Conclusiones

Después de 4 semanas de práctica en cirugía laparoscópica en cajas de entrenamiento con 16 voluntarios sin experiencia previa en cirugía, se concluye que el protocolo de entrenamiento mental tiene un efecto positivo en el tiempo de ejecución en 4 habilidades básicas empleadas en laparoscopia (corte, disección, desplazamiento y sutura) y es significativo en 3 de esas pruebas (disección, desplazamiento, sutura) con un nivel de confianza del 95 %.

Los resultados de este estudio complementan literatura anterior que había concluido sobre efectos positivos del entrenamiento mental en simuladores de

realidad virtual, modelos animales, con participantes con experiencia previa y sin esta en cirugías específicas. El presente estudio, al realizarse con voluntarios sin experiencia en cirugía, en cajas de entrenamiento de bajo costo y evaluando habilidades básicas de cirugía laparoscópica, anima a continuar el estudio del efecto del entrenamiento mental en cirujanos en formación y a diseñar nuevos currículos que incluyan dicho entrenamiento y prácticas.

## Agradecimientos

Al doctor Saúl Rugeles, director del Departamento de Cirugía de la Pontificia Universidad Javeriana, y al doctor Adalberto Amaya, director del Centro de Simulación Clínica de la Pontificia Universidad Javeriana, quienes colaboraron al colocar a disposición el lugar, los materiales y el personal necesario para hacer los experimentos.

## Referencias

1. Rosen M, Ponsky J. Minimally invasive surgery. *Endoscopy*. 2001;33(4):358-66.
2. Gravante G, Venditti D. A systematic review on low-cost box models to achieve basic and advanced laparoscopic skills during modern surgical training. *Surg Laparosc Endosc Percutan Tech*. 2013;23(2):109-20.
3. Tapia-Jurado J. El laboratorio de cirugía en el pregrado de medicina. *Cir Cir*. 2011;79(1):83-91.
4. Gurusamy KS, Aggarwal R, Palanivelu L, et al. Virtual reality training for surgical

- trainees in laparoscopic surgery. *Cochrane database Syst Rev.* 2009;(1):CD006575.
5. Gollwitzer PM. Implementation intentions: Strong effects of simple plans. *Am Psychol.* 1999;54:493-503.
  6. Schacter DL. Adaptive constructive processes and the future of memory. *Am Psychol.* 2012;67:603-13.
  7. Taylor SE, Pham LB, Rivkin ID, et al. Harnessing the imagination: Mental simulation, self-regulation, and coping. *Am Psychol.* 1998;53:429-39.
  8. Cumming J, Hall C. Deliberate imagery practice: the development of imagery skills in competitive athletes. *J Sports Sci.* 2002;20(2):137-45.
  9. Van Meer JP, Theunissen NCM. Prospective educational applications of mental simulation: a meta-review. *Educ Psychol Rev.* 2009;21(2):93-112.
  10. Arora S, Aggarwal R, Sirimanna P, et al. Mental practice enhances surgical technical skills: A randomized controlled study. *Ann Surg.* 2011;253(2):265-70.
  11. Moran A, Guillot A, Macintyre T, et al. Re-imagining motor imagery: building bridges between cognitive neuroscience and sport psychology. *Br J Psychol.* 2012;103(2):224-47.
  12. Marcus H, Vakharia V, Kirkman MA, et al. Practice makes perfect?: The role of simulation-based deliberate practice and script-based mental rehearsal in the acquisition and maintenance of operative neurosurgical skills. *Neurosurgery.* 2013;72 Suppl 1:124-30.
  13. Palter VN, Grantcharov TP. Development and validation of a comprehensive curriculum to teach an advanced minimally invasive procedure: A randomized controlled trial. *Ann Surg.* 2012;256(1):25-32.
  14. Spruit EN, Band GPH, Hamming JF, et al. Optimal training design for procedural motor skills: a review and application to laparoscopic surgery. *Psychol Res.* 2014;78(6):878-91.
  15. Jiménez CP. Propuesta para el diseño de un sistema práctico de evaluación en laparoscopia. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana; 2013.
  16. Zendejas B, Brydges R, Hamstra SJ, et al. State of the evidence on simulation-based training for laparoscopic surgery: a systematic review. *Ann Surg.* 2013;257(4):586-93.
  17. Immenroth M, Bürger T, Brenner J, et al. Mental training in surgical education: A randomized controlled trial. *Ann Surg.* 2007;245(3):385-91.
  18. Louridas M, Bonrath EM, Sinclair DA, et al. Randomized clinical trial to evaluate mental practice in enhancing advanced laparoscopic surgical performance. *Br J Surg.* 2015;102(1):37-44.

---

### Correspondencia

Daniel R. Suárez  
 Departamento de Ingeniería Industrial  
 Facultad de Ingeniería  
 Pontificia Universidad Javeriana  
 Carrera 7 # 40-62, edificio Maldonado  
 Bogotá, Colombia  
 d-suarez@javeriana.edu.co

---