



Simulador de artroscopia de rodilla para desarrollar habilidades artroscópicas en los residentes de ortopedia y traumatología

Knee arthroscopy simulator to develop arthroscopic skills in orthopedic and trauma residents

José Félix Vilchez-Cavazos,* Mario Alberto Simental-Mendía,* Víctor Manuel Peña-Martínez,* Carlos Acosta-Olivo,* Alejandro Quiroga-Garza,† Rodrigo Enrique Elizondo-Omaña,‡ Santos Guzmán-López‡
*Servicio de Ortopedia y Traumatología, Hospital Universitario «Dr. José Eleuterio González», Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, Nuevo León, México; †Departamento de Anatomía Humana, Facultad de Medicina, Universidad Autónoma de Nuevo León.

Resumen

Introducción: La cirugía artroscópica de rodilla es una técnica quirúrgica de mínima invasión. La práctica y experiencia a base de repeticiones ha sido el método más común de aprendizaje; sin embargo, la cantidad necesaria es incierta y subjetiva, por lo que se buscan modelos repetibles, medibles y comparables, convirtiendo a los simuladores de artroscopia en una excelente opción, ya que la constante repetición de esta técnica quirúrgica favorece el adiestramiento del operador. **Objetivo:** Evaluar las habilidades artroscópicas obtenidas mediante el uso del simulador de artroscopia de rodilla en residentes de ortopedia y traumatología. **Material y métodos:** Se llevó a cabo un curso práctico de artroscopia de rodilla con el simulador de capacitación médica «VirtaMed ArthroS™», en el cual participaron seis residentes. Se dividió en tres etapas y en cada una se evaluó a cada residente al inicio y al final, en donde se practicó el recorrido diagnóstico. Se registraron los siguientes parámetros: tiempo empleado en el recorrido diagnóstico, tiempo de desalineación telescópica respecto al horizonte visual, daño al cartilago femoral y daño al cartilago tibial medido en porcentaje. Los seis residentes fueron divididos por pares, cada uno practicando dos horas por etapa durante tres meses consecutivos. **Resultados:** En cuanto al tiempo empleado en realizar el recorrido artroscópico se obtuvo una disminución estadísticamente significativa entre el inicio de la primera y tercera etapa ($p \leq 0.01$) y el final de la primera y tercera etapa ($p \leq 0.05$). Se obtuvo una disminución estadísticamente significativa con respecto al porcentaje de desalineación telescópica en el horizonte visual entre el inicio y el final de la segunda etapa ($p = 0.035$). No se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas en cuanto al porcentaje de daño del cartilago femoral y tibial. **Conclusión:** El curso práctico realizado con simulación artroscópica permite desarrollar y mejorar significativamente las habilidades artroscópicas de los residentes de ortopedia y traumatología. La evaluación objetiva de las habilidades artroscópicas en el simulador de artroscopia de rodilla puede ser empleado para medir el impacto del entrenamiento y la mejoría adquirida posterior a un curso práctico de simulación en residentes de ortopedia y traumatología.

Palabras clave: Simulador, artroscopia, entrenamiento artroscópico, rodilla, traumatología.

Abstract

Introduction: Arthroscopic knee surgery is a minimally invasive surgical technique. The practice and experience based on repetitions have been the most common method of learning, however, the necessary amount is uncertain and subjective, so repeatable, measurable, and comparable models are sought, making arthroscopy simulators an excellent option, since the constant repetition of this surgical technique favors the training of the operator. **Objective:** To evaluate the arthroscopic skills obtained through the use of the knee arthroscopy simulator in orthopedic and trauma residents. **Material and methods:** A practical knee arthroscopy simulator course was conducted with the «VirtaMed ArthroS™» knee medical training simulator in which six residents participated. It was divided into three stages. In each of the three stages, each resident was evaluated at the beginning and end of each stage, where the diagnostic tour was carried out. The following parameters were recorded: time spent in the diagnostic tour, time of telescopic misalignment with respect to the visual horizon,

Correspondencia:

José Félix Vilchez-Cavazos

E-mail: vilchez.doctor@gmail.com

Citar como: Vilchez-Cavazos JF, Simental-Mendía MA, Peña-Martínez VM, Acosta-Olivo C, Quiroga-Garza A, Elizondo-Omaña RE, et al. Simulador de artroscopia de rodilla para desarrollar habilidades artroscópicas en los residentes de ortopedia y traumatología. Orthotips. 2022; 18 (2): 127-134. <https://dx.doi.org/10.35366/105502>

Recibido: 17-12-2021. Aceptado: 05-01-2022.

damage to the femoral cartilage and damage to the tibial cartilage measured in percentage. The six residents were divided into pairs, each one practicing 2 hours per stage for 3 consecutive months. **Results:** Regarding the time used to carry out the arthroscopic journey, a statistically significant decrease was obtained between the beginning of the first and third stages ($p \leq 0.01$), and the end of the first and third stages ($p \leq 0.05$). A statistically significant decrease was obtained in relation to the percentage of telescopic misalignment of the visual horizon between the beginning and end of the second stage ($p = 0.035$). No statistically significant differences were obtained regarding the percentage of damage to the femoral and tibial cartilage. **Conclusion:** The practical course conducted with arthroscopic simulation allows to develop and significantly improve the arthroscopic skills of orthopedic and trauma residents. The objective evaluation of arthroscopic skills in the knee arthroscopy simulator can be used to measure the impact of training and the improvement acquired after a practical simulation course in orthopedic and trauma residents.

Keywords: Simulator, arthroscopy, arthroscopic training, knee, traumatology.

Introducción

La cirugía artroscópica de rodilla es una técnica quirúrgica de mínima invasión, puede ser utilizada para el diagnóstico y el tratamiento de distintas patologías de rodilla. A pesar de ser una técnica quirúrgica descrita desde 1912, no fue hasta la década de 1980 que empezó a verse como una técnica superior a la artrotomía. Su abordaje por pequeñas incisiones reduce el daño a los tejidos blandos, permite mejor visualización de estructuras intraarticulares y cuenta con un periodo de recuperación más corto.^{1,2} No obstante, la artroscopia de rodilla no está exenta de riesgos y complicaciones. Se ha reportado una prevalencia cercana a 9% de complicaciones intraoperatorias (daño intraarticular, ruptura de ligamentos, lesión vascular o neurológica, síndrome compartimental, entre otros)³⁻⁵ y alrededor de 1-8% de complicaciones postoperatorias (dolor, infección articular, hemartrosis, trombosis venosa profunda, tromboembolismo pulmonar).⁵⁻⁹ Un porcentaje importante de estos puede ser por un desconocimiento de la anatomía y errores en la técnica quirúrgica.¹⁰ El cirujano debe tener amplio conocimiento anatómico de la región y dominar la técnica quirúrgica para prevenir errores, por lo que una buena capacitación y entrenamiento es fundamental en su formación.

No existe un método perfecto para adquirir las habilidades artroscópicas necesarias. La práctica y experiencia a base de repeticiones ha sido el método más común; sin embargo, la cantidad necesaria es incierta y subjetiva, por lo que se busca modelos repetibles, medibles y comparables.^{11,12} El cadáver ha sido el estándar de oro para practicar procedimientos quirúrgicos.² No obstante, es considerado un recurso limitado en áreas de aprendizaje, aunado al tiempo reducido para llevar a cabo la capacitación, el daño de tejidos con la repetición y el elevado costo. Además, existe una escasez de cadáveres y

fondos para mantener los laboratorios de disección de anatomía para su uso en el área de docencia e investigación.¹³

La integración del enfoque tradicional y tecnológico se ha convertido en una alternativa para adquirir habilidades en esta área.¹⁴ La creciente demanda de seguridad del paciente y el control de calidad en la capacitación ha convertido a los simuladores de artroscopia en una excelente opción, en particular a nivel de la especialidad médica.¹⁵ Los modelos son capaces de recopilar datos, que a su vez permiten analizar curvas de aprendizaje y evaluar programas de formación con el objetivo de mejorar la calidad de la enseñanza de la artroscopia.^{16,17}

La curva de aprendizaje descrita a nivel macroscópico incluye dos categorías: aprendizaje laboral y organizacional.¹⁸⁻²⁰ La constante repetición de este procedimiento quirúrgico mejora la adaptación de los movimientos necesarios para ganar velocidad y favorecer el adiestramiento del operador.^{18,21}

El objetivo de este estudio fue evaluar las habilidades artroscópicas obtenidas mediante el uso del simulador de artroscopia de rodilla en residentes de ortopedia y traumatología.

Material y métodos

Se realizó un estudio prospectivo, transversal y observacional, con un muestreo por conveniencia, en el cual participaron seis residentes de ortopedia y traumatología del último año (cuarto año) durante la contingencia sanitaria por COVID-19. Se llevó a cabo un curso práctico de artroscopia de rodilla con el simulador de capacitación médica «VirtaMed ArthroS™», dividido en tres etapas (una etapa por mes), en las cuales los seis residentes fueron divididos por pares, cada uno practicando dos horas por etapa (una hora como primer cirujano y otra hora como ayudante) durante tres meses consecutivos.

Cuestionario previo

Se les aplicó un cuestionario para conocer las bases prácticas y la experiencia del residente previo al inicio del curso. La siguiente información fue registrada:

1. Meses de rotación en el módulo de rodilla durante toda la residencia.
2. Conocimiento del recorrido básico de exploración de rodilla antes del inicio del curso de simulación.
3. Número global de artroscopias de rodilla realizadas en donde hayan realizado el recorrido básico durante la residencia.
4. Cantidad de cirugías artroscópicas realizadas durante la residencia como primer cirujano y como cirujano ayudante (meniscectomías, suturas meniscales, plastias de ligamento cruzado anterior [LCA]).

Evaluación práctica con el simulador

En cada una de las tres etapas se evaluó a cada residente al inicio y al final de cada etapa, en donde se practicó el recorrido diagnóstico (*Figura 1*), el cual consiste en identificar 14 estructuras (rótula, bolsa suprapatelar, inserción del poplíteo, surco troclear, corredera medial, cuerno anterior del menisco medial, parte media del menisco medial, cuerno posterior del menisco medial, ligamento cruzado posterior, ligamento cruzado anterior distal, ligamento cruzado anterior proximal, cuerno posterior del menisco lateral,

parte media del menisco lateral y cuerno anterior del menisco lateral).

El simulador registra de manera ciega la adecuada visualización de cada una de estas estructuras. De igual manera, registra los siguientes parámetros:

1. Tiempo: es la duración que tarda en realizar el recorrido diagnóstico, en donde se identifican las 14 estructuras, de inicio a fin.
2. Desalineación telescópica respecto al horizonte visual: es el porcentaje de desalineación del lente del artroscopio respecto al horizonte visual del simulador.
3. Daño al cartílago femoral: medido en porcentaje, el cual puede presentarse al efectuar las maniobras de extensión, flexión, varo y valgo forzados durante la identificación de las estructuras en el recorrido diagnóstico.
4. Daño al cartílago tibial: medido en porcentaje, el cual puede presentarse al efectuar las maniobras de extensión, flexión, varo y valgo forzados durante la identificación de las estructuras en el recorrido diagnóstico.

Posterior al recorrido diagnóstico, en donde se identificaron las 14 estructuras y se midieron los parámetros anteriormente descritos, se asignaron distintos recorridos acorde al programa, los cuales fueron realizados entre el inicio y final de cada etapa:

1. Etapa 1 (primer mes): se realizaron ejercicios de destreza básicos (ej. alineación y triangulación



Figura 1:

Se muestran las estructuras en color verde, identificadas durante el recorrido diagnóstico realizado en el simulador de capacitación médica de rodilla «VirtaMed ArthroS™».

mediante ejercicios de capturar objetos con pinzas artroscópicas, con el palpador, alineación de la cámara, entre otros).

2. Etapa 2 (segundo mes): se realizaron ejercicios de diagnóstico (ej. recorrido completo para valoración inicial de la articulación, identificación de lesión meniscal, sinovitis, lesiones condrales, cuerpos libres).
3. Etapa 3 (tercer mes): se realizaron ejercicios de tratamiento (ej. meniscectomías, extracción de cuerpos libres, resección sinovial).

Análisis estadístico

Se empleó la prueba de Kolmogorov-Smirnov para analizar la distribución de los datos. Las pruebas no paramétricas fueron utilizadas cuando los datos no siguieron una distribución normal. La comparación entre los valores iniciales y finales de cada uno de los cuatro parámetros evaluados en cada etapa se analizó mediante la prueba de rango con signo de pares coincidentes de Wilcoxon. A su vez, la comparación de los

valores entre cada una de las tres etapas se analizó con la prueba de Friedman seguida de la prueba de comparación múltiple de Dunn cuando se encontrara un resultado significativo. En todos los casos, un valor de $p \leq 0.05$ se consideró como estadísticamente significativo. Se utilizó el programa GraphPad Prism (GraphPad Software, Inc.) versión 5.00 para Windows para realizar el análisis estadístico.

Resultados

Cuestionario previo

Los seis residentes rotaron durante seis meses en el módulo de rodilla durante su residencia en el hospital y conocían el recorrido básico de exploración de rodilla antes del inicio del curso de simulación. Los datos respecto a las cirugías artroscópicas realizadas se muestran en la *Tabla 1*.

Evaluación práctica con el simulador

Siguiendo los valores reportados en la *Tabla 2*, se puede apreciar que el tiempo empleado para realizar el recorrido diagnóstico disminuyó de manera progresiva conforme se avanzó en cada etapa. Los tiempos registrados al final de cada etapa fueron menores que los tiempos iniciales. Al comparar los tiempos de los recorridos iniciales y finales entre sí, pudimos observar que el inicio de la tercera etapa fue significativamente menor con respecto al de la primera ($p < 0.01$). A su vez, los tiempos de los recorridos finales en la segunda y tercera etapa fueron significativamente menores que el de la primera etapa ($p < 0.05$). Se observó una disminución significativa entre los tiempos inicial y final de la etapa 2 ($p = 0.031$).

Tabla 1: Conocimientos y habilidades del residente previo a la realización del curso llevado a cabo en la contingencia sanitaria por COVID-19.

Procedimiento	Cantidad de procedimientos (n)	
	Primer cirujano	Ayudante
Recorrido básico	8.16 ± 8.18	No aplica
Meniscectomías	1.00 ± 0.89	12.5 ± 13.79
Suturas meniscales	0.16 ± 0.40	1.66 ± 1.36
Plastias de ligamento cruzado anterior	0.66 ± 1.21	12.83 ± 11.61

Tabla 2: Tiempo empleado durante el recorrido diagnóstico en las tres etapas.

	Primera etapa		Segunda etapa		Tercera etapa	
	Inicio 1	Final 1	Inicio 2	Final 2	Inicio 3	Final 3
Valor mínimo	3.00	1.58	2.25	1.49	2.07	1.41
Percentil 25%	3.09	2.13	2.30	1.50	2.09	1.43
Mediana	3.33*	2.46*	2.41*	1.82*	2.14*	1.50*
Percentil 75%	4.42	3.12	3.44	2.18	2.57	2.17
Valor máximo	4.57	3.46	3.48	2.36	3.31	2.41

Valores reportados en minutos.

* Valores con disminución estadísticamente significativa: inicio y final de la segunda etapa ($p = 0.03$); inicio de la primera y tercera etapa ($p < 0.01$); fin de la primera y segunda etapa ($p < 0.05$); fin de la primera y tercera etapa ($p < 0.05$).

Tabla 3: Porcentaje respecto al tiempo de desalineación telescópica en el horizonte visual.

	Primera etapa		Segunda etapa		Tercera etapa	
	Inicio 1	Final 1	Inicio 2	Final 2	Inicio 3	Final 3
Valor mínimo	5.00	4.00	2.00	1.00	1.00	2.00
Percentil 25%	5.75	4.75	2.75	1.00	3.25	2.00
Mediana	10.50	8.50	4.50*	2.00*	5.00	3.00
Percentil 75%	16.50	15.75	17.00	5.50	15.00	5.00
Valor máximo	21.00	33.00	23.00	10.00	15.00	5.00

Valores reportados en porcentajes.

* Valores con disminución estadísticamente significativa: inicio y final de la segunda etapa ($p = 0.0355$).

Tabla 4: Porcentaje de cartílago femoral dañado.

	Primera etapa		Segunda etapa		Tercera etapa	
	Inicio 1	Final 1	Inicio 2	Final 2	Inicio 3	Final 3
Valor mínimo	8.00	8.00	8.00	7.00	7.00	8.00
Percentil 25%	8.75	8.00	8.00	7.75	7.75	8.00
Mediana	9.00	9.00	8.00	8.00	8.00	8.00
Percentil 75%	9.25	9.50	9.00	8.25	9.25	9.00
Valor máximo	10.00	11.00	9.00	9.00	10.00	9.00

Valores reportados en porcentajes.

Valor meta $\leq 8\%$ (establecido por el equipo de simulación).

Tabla 5: Porcentaje de cartílago tibial dañado.

	Primera etapa		Segunda etapa		Tercera etapa	
	Inicio 1	Final 1	Inicio 2	Final 2	Inicio 3	Final 3
Valor mínimo	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Percentil 25%	1.00	2.50	1.00	1.75	1.75	1.75
Mediana	4.00	3.50	2.00	3.50	4.00	4.50
Percentil 75%	5.00	5.50	4.00	5.00	7.00	6.25
Valor máximo	5.00	7.00	4.00	5.00	7.00	7.00

Valores reportados en porcentajes.

Valor meta $\leq 3\%$ (establecido por el equipo de simulación).

www.medigraphic.org.mx

Respecto al porcentaje de tiempo de desalineación telescópica en el horizonte visual, se observó una disminución progresiva conforme se avanzó en cada etapa. Los porcentajes registrados al final de cada una fueron menores que los porcentajes iniciales. Se observó una disminución significativa entre el porcentaje inicial y final de la etapa 2 ($p = 0.035$). Al comparar los

porcentajes de los recorridos iniciales y finales entre sí, pudimos observar una disminución en el inicio de la segunda etapa respecto a la primera y en el final de la segunda etapa respecto a la primera. Sin embargo, no se observaron diferencias significativas (Tabla 3).

En cuanto al porcentaje de daño del cartílago femoral, no se observó diferencia entre el inicio y final

de cada una de las tres etapas. Al comparar el daño del cartílago entre los recorridos iniciales y finales entre sí, se observó una disminución en el inicio de la segunda y tercera etapa respecto a la primera; y en el final de la segunda y tercera etapa respecto a la primera. No obstante, no se observaron diferencias significativas (Tabla 4).

En cuanto al porcentaje de daño del cartílago tibial, se observó una disminución entre el inicio y final de la etapa 1. Al comparar el daño del cartílago entre los recorridos iniciales y finales entre sí, se observó una disminución en el inicio de la segunda etapa respecto a la primera; y en el final de la segunda etapa res-

pecto a la primera. Sin embargo, no se observaron diferencias significativas (Tabla 5).

En la Figura 2 se muestran los gráficos de dispersión de cada uno de los parámetros evaluados.

Discusión

Uno de los principales resultados de este estudio fue la mejoría significativa en cuanto al tiempo empleado en realizar el recorrido artroscópico, específicamente en el inicio de la primera etapa en comparación con el inicio de la tercera etapa ($p \leq 0.01$), en donde el tiempo disminuyó considerablemente de

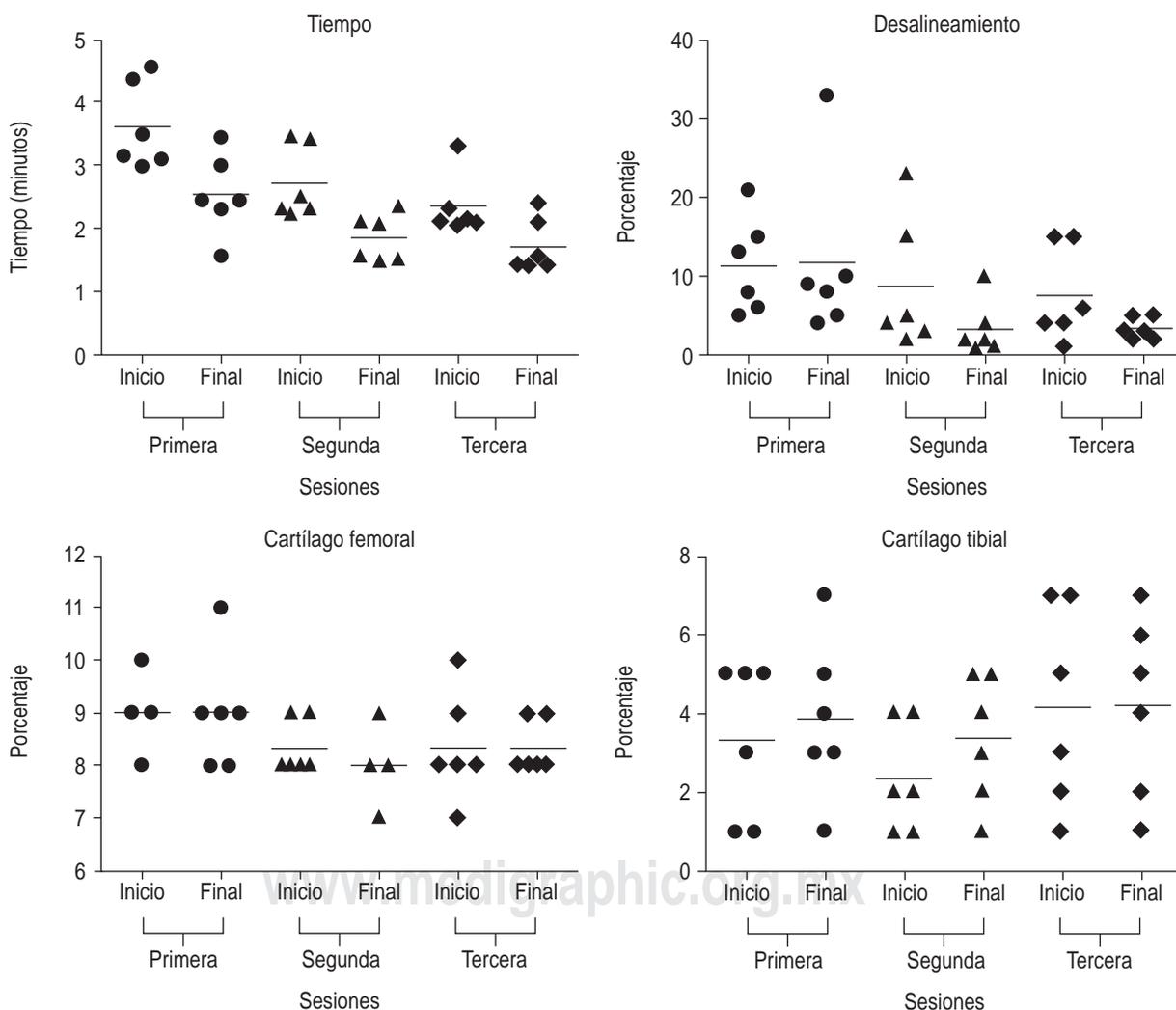


Figura 2: Análisis de los parámetros evaluados durante el curso de simulador de artroscopia. Se muestran los gráficos de dispersión de cada uno de los parámetros: tiempo, desalineación del horizonte visual, daño al cartílago femoral y al cartílago tibial. En cada uno de los parámetros se incluye el inicio y final de cada una de las tres etapas.

manera global, permitiendo identificar las 14 estructuras en un menor lapso de tiempo.

En cuanto a la desalineación del horizonte visual, se obtuvo una mejoría estadísticamente significativa entre el inicio y final de la segunda etapa ($p = 0.0355$).

No se observó una mejoría significativa en cuanto al porcentaje de daño del cartílago femoral y del cartílago tibial. No obstante, esto puede estar influenciado por la falta de pericia del ayudante para efectuar en tiempo las maniobras de flexión, extensión, varo y valgo forzados; o bien por la alta sensibilidad del *software* de simulación para medir daño al cartílago.

Se sugiere implementar programas de simulación para la capacitación de los residentes con la intención de reducir los riesgos en los pacientes y la reducción de costos en quirófano. La cirugía de rodilla por medio de artroscopia requiere de una amplia curva de aprendizaje para asegurar buenos resultados. Los simuladores representan una herramienta clave para el aprendizaje de procedimientos quirúrgicos y la eficiencia de los residentes en formación, aumentando la seguridad de los pacientes y disminuyendo costos.²²⁻²⁶

Estos resultados muestran la relevancia de llevar a cabo un curso con simulador de artroscopia de rodilla para residentes de ortopedia y traumatología. Dichas capacitaciones mejoran no sólo el entrenamiento quirúrgico, sino la seguridad en el quirófano. Un modelo simulado permite la adquisición de las destrezas de manera sistemática y reproducible con una medición objetiva para evaluar su progresión. Los entornos artroscópicos simulados exhiben altos niveles de validez interna y consistencia para tareas artroscópicas simples; sin embargo, aún no se ha establecido la capacidad de transferir habilidades complejas al quirófano.^{27,28}

Distintos autores²⁹⁻³³ han reportado repetidamente las ventajas demostradas de los simuladores de artroscopia de rodilla; no obstante, la validación objetiva de los nuevos simuladores en el mercado sigue siendo necesaria para confirmar su contribución a la mejora de las habilidades.^{17,34} Estudios prospectivos son necesarios para evaluar la retención de las habilidades y la comparación de complicaciones entre grupos control y experimentales.

Una limitación de nuestro estudio fue la muestra, con un pequeño número de residentes y de una sola institución, lo que podría haber llevado a sesgos o resultados no significativos.

Conclusión

Con base en los resultados de este estudio, se demuestra que la implementación de un programa de simulación de artroscopia de rodilla aplicado en residentes de ortopedia y traumatología disminuye el tiempo empleado para realizar el recorrido diagnóstico. De igual manera, las habilidades artroscópicas básicas, como el porcentaje de tiempo de desalineación telescópica en el horizonte visual, demuestra una disminución progresiva conforme se avanza en cada etapa. El simulador de artroscopia de rodilla es una herramienta accesible que puede ser implementada dentro del área formativa de los residentes y resulta en un mejor desempeño dentro del quirófano debido a la experiencia desarrollada a base de repeticiones.

Referencias

1. Macmull S, Gupte CM. Basic knee arthroscopy: a brief history, surgical techniques and potential complications. *Orthop Trauma*. 2015; 29 (1): 6-11.
2. Jackson RW. A history of arthroscopy. *Arthroscopy*. 2010; 26 (1): 91-103.
3. Almazán A, Miguel A, Odor A, et al. Intraoperative incidents and complications in primary arthroscopic anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy*. 2006; 22 (11): 1211-1217.
4. Mondino JA. Local anesthesia on knee arthroscopy. *Rev Argent Artrosc*. 2006; 13: 102-110.
5. Pierzchala A, Kusz D, Widuchowski J. Complication of arthroscopy of the knee. *Wiad Lek*. 2003; 56 (9-10): 460-467.
6. Hagino T, Ochiai S, Watanabe Y, et al. Complications after arthroscopic knee surgery. *Arch Orthop Trauma Surg*. 2014; 134 (11): 1561-1564.
7. Jameson SS, Dowen D, James P, et al. The burden of arthroscopy of the knee: a contemporary analysis of data from the English NHS. *J Bone Joint Surg Br*. 2011; 93 (10): 1327-1333.
8. Salzler MJ, Lin A, Miller CD, et al. Complications after arthroscopic knee surgery. *Am J Sports Med*. 2014; 42 (2): 292-296.
9. Reigstad O, Grimsgaard C. Complications in knee arthroscopy. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2006; 14 (5): 473-477.
10. Cahill DR, Leonard RJ. Missteps and masquerade in American medical academe: Clinical anatomists call for action. *Clin Anat*. 1999; 12 (3): 220-222.
11. Hodgins JL, Veillette C, Biau D, et al. The knee arthroscopy learning curve: Quantitative assessment of surgical skills. *Arthroscopy*. 2014; 30 (5): 613-621.
12. O'Neill PJ, Cosgarea AJ, Freedman JA, et al. Arthroscopic proficiency: A survey of orthopaedic sports medicine fellowship directors and orthopaedic surgery department chairs. *Arthroscopy*. 2002; 18 (7): 795-800.
13. Quiroga-Garza A, Reyes-Hernández CG, Zarate-Garza PP, et al. Willingness toward organ and body donation among anatomy professors and students in Mexico. *Anat Sci Educ*. 2017; 10 (6): 589-597.
14. Elizondo-Omaña RE, Guzmán-López S, De Los Angeles García-Rodríguez M. Dissection as a teaching tool: Past, present, and future. *Anat Rec B New Anat*. 2005; 285 (1): 11-15.

15. Braman JP, Sweet RM, Hananel DM, et al. Development and validation of a basic arthroscopy skills simulator. *Arthroscopy*. 2015; 31 (1): 104-112.
16. Baumann Q, Hardy A, Courage O, et al. Lessons taught by a knee arthroscopy simulator about participants in a European arthroscopy training programme. *Orthop Traumatol Surg Res*. 2019; 105 (8): S287-291.
17. Stunt JJ, Kerkhoffs GMMJ, Van Dijk CN, et al. Validation of the ArthroS virtual reality simulator for arthroscopic skills. *Knee Surgery, Sport Traumatol Arthrosc*. 2015; 23 (11): 3436-3442.
18. Yelle LE. The learning curve: historical review and comprehensive survey. *Decis Sci*. 1979; 10 (2): 302-328.
19. Rebolledo BJ, Hammann-Scala J, Leali A, et al. Arthroscopy skills development with a surgical simulator: a comparative study in orthopaedic surgery residents. *Am J Sports Med*. 2015; 43 (6): 1526-1529.
20. Hirschmann WB. Profit from the Learning Curve. *Harv Bus Rev*. 1964; 42 (1): 125-139.
21. Spence AM. The Learning Curve and Competition. *Bell J Econ*. 1981; 12 (1): 49.
22. Garcia-Melchor E. Problemas de los residentes: ¿cómo podemos solucionarlos? *Semin la Fund Esp Reumatol*. 2009; 10 (3): 100-103.
23. Bridges M, Diamond DL. The financial impact of teaching surgical residents in the operating room. *Am J Surg*. 1999; 177 (1): 28-32.
24. Acosta-Morón JA, Muñoz-Vargas EA. Simulación virtual con tecnología háptica: entrenamiento para la cirugía de rodilla. *Rev Repert Med y Cirugía*. 2011; 20 (4): 245-250.
25. Farnworth LR, Lemay DE, Wooldridge T, et al. A comparison of operative times in arthroscopic ACL reconstruction between orthopaedic faculty and residents: the financial impact of orthopaedic surgical training in the operating room. *Iowa Orthop J*. 2001; 21 (505): 31-35.
26. Boex JR, Boll AA, Franzini L, et al. Measuring the costs of primary care education in the ambulatory setting. *Acad Med*. 2000; 75 (5): 419-425.
27. Hodgins JL, Veillette C. Arthroscopic proficiency: Methods in evaluating competency. *BMC Med Educ*. 2013; 13 (1): 1-9.
28. Gonzalez-Navarro AR, Quiroga-Garza A, Acosta-Luna AS, et al. Comparison of suturing models: the effect on perception of basic surgical skills. *BMC Med Educ*. 2021; 21 (1): 1-11.
29. Gomoll AH, Pappas G, Forsythe B, et al. Individual skill progression on a virtual reality simulator for shoulder arthroscopy: A 3-year follow-up study. *Am J Sports Med*. 2008; 36 (6): 1139-1142.
30. Howells NR, Gill HS, Carr AJ, et al. Transferring simulated arthroscopic skills to the operating theatre: a randomised blinded study. *J Bone Joint Surg Br*. 2008; 90 (4): 494-499.
31. Modi CS, Morris G, Mukherjee R. Computer-simulation training for knee and shoulder. *Arthroscopy*. 2010; 26 (6): 832-840.
32. Pedowitz RA, Esch J, Snyder S. Evaluation of a virtual reality simulator for arthroscopy skills development. *Arthroscopy*. 2002; 18 (6): E29.
33. Tuijthof GJM, Visser P, Sierevelt IN, et al. Does perception of usefulness of arthroscopic simulators differ with levels of experience? *Clin Orthop Relat Res*. 2011; 469 (6): 1701-1708.
34. Martin KD, Patterson DP, Cameron KL. Arthroscopic training courses improve trainee arthroscopy skills: a simulation-based prospective trial. *Arthroscopy*. 2016; 32 (11): 2228-2232.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no obtener ningún beneficio económico o comercial por la realización de este estudio. Asimismo, los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.