



Revista Chilena de Ortopedia y Traumatología

www.elsevier.es/rchot



ARTÍCULO ORIGINAL

Entrenamiento de habilidades artroscópicas: desarrollo de un simulador efectivo y de bajo costo

Cristóbal Calvo Sánchez^{a,*}, Mario Orrego Luzoro^a, Luis Valenzuela Gangas^a y Francisca Orrego Garbin^b

^a Departamento de Traumatología, Universidad de Los Andes, Hospital Militar, Santiago, Chile

^b Medicina, Universidad de Los Andes, Santiago, Chile

Recibido el 29 de septiembre de 2015; aceptado el 13 de noviembre de 2015

Disponible en Internet el 19 de diciembre de 2015

PALABRAS CLAVE

Artroscopia;
Entrenamiento artroscópico;
Residentes;
Simulación

Resumen

Introducción: Los equipos de simulación artroscópica son costosos y de difícil acceso. El objetivo de este trabajo es desarrollar un modelo de entrenamiento artroscópico básico, efectivo y de bajo costo, para residentes de ortopedia y traumatología.

Materiales y métodos: Se diseñó un simulador con materiales de bajo costo para reproducir y registrar maniobras artroscópicas básicas. Se reclutaron 9 residentes de traumatología, quienes ejecutaron un programa de entrenamiento, incluyendo ejercicios de triangulación, exploración y motricidad fina. Fueron evaluados antes y después del entrenamiento mediante 3 diferentes pruebas orientadas a los ejercicios mencionados, comparando sus resultados, medidos en tiempo (segundos) frente a los obtenidos por un cirujano artroscopista experto. Se consideraron como aprobados aquellos que tardaban menos del 20% sobre el tiempo del experto y no aprobados si tardaban más. Mediante la prueba estadística de MacNemar se evaluó la probabilidad de mejorar habilidades entrenando con el modelo. Se consideró significación estadística un valor $\alpha = 0,05$.

Resultados: Los tiempos promedio de los residentes para cada prueba al inicio y final del entrenamiento fueron respectivamente: triangulación $85 \pm 25,6$ seg y $54,4 \pm 14,2$ seg ($p < 0,001$), cuerpos libres $204,9 \pm 39,5$ seg y $232,4 \pm 82,4$ seg ($p = 0,876$), motricidad fina $81,8 \pm 37,7$ seg y $60,1 \pm 12,7$ seg ($p = 0,054$). El número de aprobados en cada prueba inicial y final fue respectivamente: triangulación 0 y 6 sujetos ($p = 0,0143$), cuerpos libres 5 y 8 ($p = 0,0833$) y motricidad fina uno y 7 ($p = 0,0143$).

Conclusión: El número de residentes que logró aprobar las estaciones aumentó después del entrenamiento en todas las pruebas, mejorando significativamente el tiempo en triangulación y movimientos finos. Se desarrolló un simulador para el entrenamiento simple, de bajo costo y efectivo para habilidades artroscópicas básicas simuladas.

© 2015 Sociedad Chilena de Ortopedia y Traumatología. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: cpcalvo@gmail.com (C. Calvo Sánchez).

KEYWORDS

Arthroscopy;
Arthroscopic training;
Residents;
Simulation

Arthroscopic skills training: Development of an effective and low-cost simulator**Abstract**

Introduction: Arthroscopic training models are expensive and with restricted access. The aim of this work is to develop an effective, low-cost, basic arthroscopic simulator for orthopaedic residents.

Materials and methods: A simulator was designed, with low-cost materials, that was able to reproduce and register basic arthroscopic techniques. We enrolled 9 orthopaedic residents who received a training program including triangulation, exploration, and fine movements exercises. The residents were evaluated before and after the training, and their performances were compared to a senior arthroscopic surgeon. We considered "approved" those residents who took less than 20% over the senior surgeon's time in each test, and "not approved" those who took more than 20%. The MacNemar test was used to determine the probability of improving those skills using this training model. We set the statistical significance at $\alpha = 0.05$.

Results: The resident's performance for each test before and after training were, respectively, triangulation 85 ± 25.6 s and 54.4 ± 14.2 s ($P < 0.001$), loose bodies 204.9 ± 39.5 s and 232.4 ± 82.4 s ($P = 0.876$), fine movements 81.8 ± 37.7 s and 60.1 ± 12.7 s ($P = 0.054$). The number of approved residents for each test before and after were, respectively, triangulation 0 and 6 subjects ($P = 0.0143$), loose bodies 5 and 8 ($P = 0.0833$), and fine movements 1 and 7 ($P = .0143$).

Conclusion: The number of residents who were approved in the stations improved after training in all tests, improving their time in triangulation and fine movements. We developed an effective, low-cost arthroscopic training simulator which improves simulated basic arthroscopic skills.

© 2015 Sociedad Chilena de Ortopedia y Traumatología. Published by Elsevier España, S.L.U. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Introducción

Las ventajas terapéuticas de los procedimientos artroscópicos hacen necesario que los residentes de traumatología adquieran habilidades básicas en esta técnica. El entrenamiento artroscópico *in vivo* es éticamente discutido, y se ha asociado al encarecimiento de la atención en salud¹. Por ello se han desarrollado diversos tipos de simuladores artroscópicos *ex vivo*.

Distintas publicaciones avalan la educación artroscópica *ex vivo* que utiliza una amplia gama de modelos y programas de entrenamiento, como fantasmas, realidad virtual y entrenamiento cadavérico²⁻⁷. Sin embargo, su costo elevado y su disponibilidad limitada siguen constituyendo una barrera de entrada para su difusión.

El objetivo de este estudio piloto es desarrollar un modelo de entrenamiento artroscópico, efectivo y de bajo costo para residentes de traumatología, con el fin de mejorar habilidades básicas.

Materiales y métodos

Se diseñó y fabricó una estación compacta y simple de montar (figs. 1 y 2) compuesta por una caja de entrenamiento cilíndrica semirrígida de 9 cm de diámetro y una cámara USB con luz integrada. Como instrumental de entrenamiento se dispuso de una pinza para extracción de cuerpos libres y un palpador. El costo de producción fue de 98.500 pesos chilenos (aproximadamente 170 \$ americanos).

Para el programa de entrenamiento se elaboraron 3 estaciones de ejercicio orientadas a distintas habilidades:

Estación n.º 1 (triangulación): palpar varillas en el orden y zonas indicadas ([fig. 3A], VuMedi: <http://goo.gl/NlzCJ5>).

Estación n.º 2 (cuerpos libres): búsqueda y extracción de semillas en las cavidades de una esponja ([fig. 3B], VuMedi: <http://goo.gl/SfE8a6>).

Estación n.º 3 (movimientos finos): enhebrar una fibra de elástico a través de una argolla y retirarlo de la caja de entrenamiento ([fig. 3C] VuMedi: <http://goo.gl/2LxNgP>).

El entrenamiento fue estandarizado para 9 residentes voluntarios sin experiencia artroscópica (4 de primer año, 4 de segundo y uno de tercero). Se realizó durante 5 días consecutivos cumpliendo una meta diaria que consistía en 5 repeticiones en la estación n.º 1, 3 repeticiones en la n.º 2 y una sesión de la estación n.º 3. Esto con el fin de emplear un tiempo similar por estación de acuerdo a los resultados previos obtenidos por el experto.

Se midió el tiempo (segundos) requerido por los sujetos para completar cada ejercicio. Las pruebas se realizaron antes de iniciar el entrenamiento y al final de este, modificando sutilmente la secuencia de los ejercicios a fin de evitar la memorización. Las estaciones fueron utilizadas solo con ese fin, y los sujetos no tuvieron acceso a ellas fuera de los episodios de evaluación.

El rendimiento se comparó con un tiempo control obtenido por un artroscopista experto (LVG) en las mismas evaluaciones, para clasificar a cada sujeto en «aprobado» o «no aprobado». Se consideró arbitrariamente aprobado si tardaba menos, igual o hasta un 20% más del tiempo

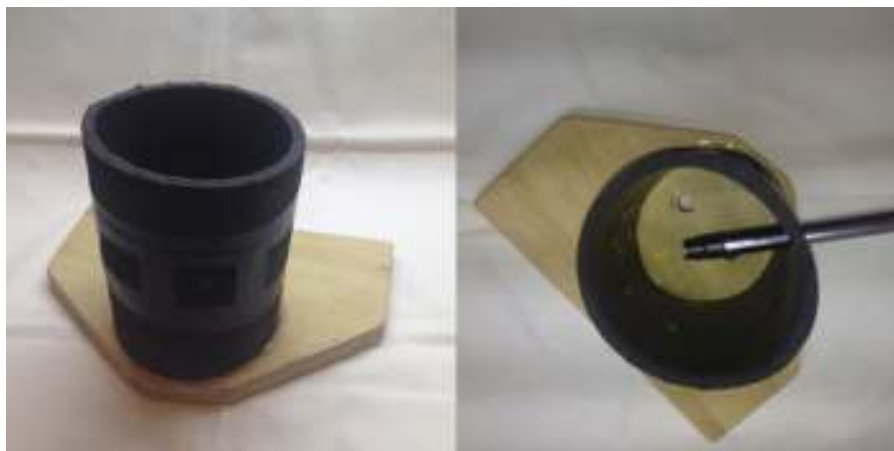


Figura 1 Modelo de la caja de entrenamiento artroscópico diseñado.

registrado por el control⁸. Por ejemplo, si el control tardaba 60 seg en la prueba, para aprobar la estación los sujetos debían tardar un máximo de 72 seg (120% del control).

Para el análisis estadístico se utilizó la prueba de McNemar, que permite determinar la probabilidad de que en una muestra se produzca un cambio de categoría, en este caso el paso de «no aprobado» a «aprobado». Para las conclusiones se consideró una significación de 0,05.

Resultados

En la primera prueba de triangulación los residentes demoraron inicialmente $85 \pm 25,6$ seg, y al final del entrenamiento $54,4 \pm 14,2$ seg ($p < 0,001$). En la estación de cuerpos libres al inicio el tiempo fue de $204,9 \pm 39,5$ seg y al final $232,4 \pm 82,4$ seg ($p = 0,876$). Para la tercera estación de movimientos finos los tiempos fueron $81,8 \pm 37,7$ seg y $60,1 \pm 12,7$ seg ($p = 0,054$). Al comparar el rendimiento por año de residencia no se observó ninguna diferencia significativa.



Figura 2 Montaje y uso del simulador.

El número de residentes que aprobó respecto al control aumentó en las 3 estaciones, obteniéndose diferencias significativas en las pruebas de triangulación y movimientos finos (tabla 1).

Discusión

La simulación artroscópica es recomendable para el entrenamiento artroscópico⁹. El modelo propuesto es económico, compacto y fácil de implementar. Se han descrito prototipos similares^{8,10,11}, en su mayoría de mayor tamaño y desproporcionados. Nuestro trabajo en cambio presenta una caja de entrenamiento de dimensiones similares al espacio articular de una rodilla, permitiendo así practicar algunos ejercicios parecidos a los ejecutados en distintas técnicas artroscópicas en un ambiente más cercano al real. Recientemente se reportó una experiencia similar, en la cual se compara el rendimiento entre residentes entrenados y estudiantes⁸. Este estudio mostró cómo la repetición de ejercicios mejoraba el rendimiento de los sujetos en términos de velocidad y disminución de errores.

En nuestra experiencia, posterior al entrenamiento se logró un mayor número de aprobados en las 3 pruebas. Si bien la meta de aprobación del 20% fue arbitraria, esta se aproxima a valores sugeridos en otros estudios similares^{3,8}. Para evitar sesgos de interpretación de los resultados dicha meta fue definida previo al inicio de las evaluaciones y del entrenamiento. Frente al análisis estadístico resultaron significativas las mejoras en las pruebas de triangulación y de movimientos finos. El aumento del tiempo, tanto en sujetos estudiados como el experto en la estación de cuerpos libres fue mayor. Esto podría explicarse asumiendo que en la prueba posterior al entrenamiento las modificaciones generaron más dificultad. A pesar de esto, se observó un aumento del número de aprobados.

La ventaja de este simulador reside en su bajo costo, tamaño proporcionado y fácil implementación, a diferencia de los modelos cadavéricos, de realidad virtual o de fantasmas, los cuales son de elevado costo y logística compleja.

Las limitaciones residen en que la verosimilitud de los ejercicios aún puede ser mejorada, incluyendo hitos

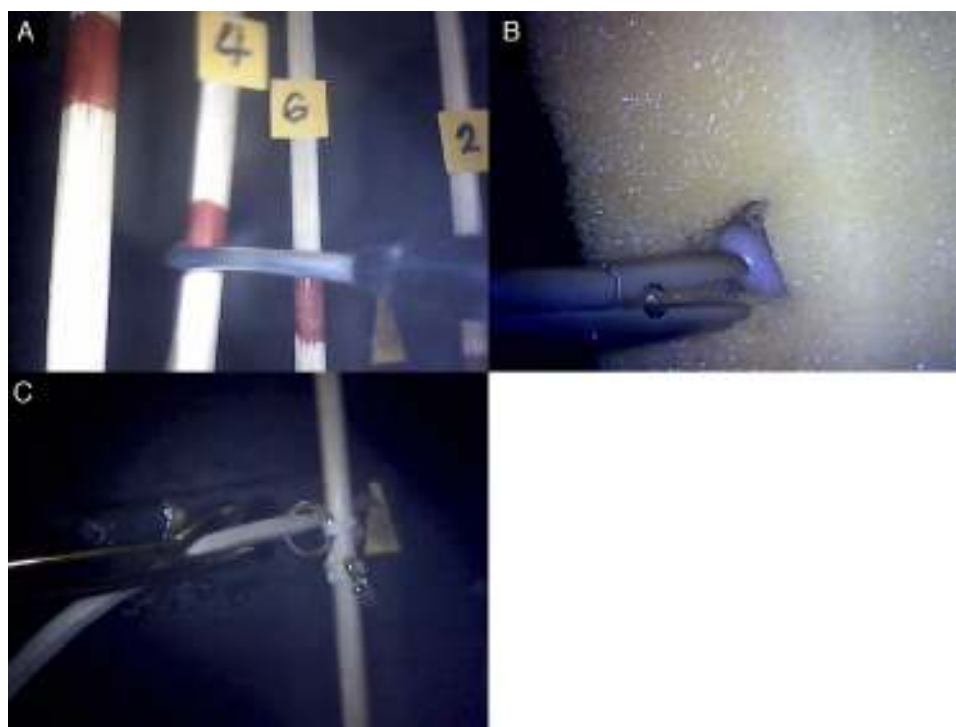


Figura 3 Estaciones de ejercicios del simulador. A: Ejercicio de triangulación con varillas. B: Ejercicio de búsqueda y extracción de cuerpos libres. C: Ejercicio de movimientos finos con fibra de elástico.

Tabla 1 Tiempo y número de residentes aprobados respecto al control

	Antes del entrenamiento			Después del entrenamiento			p ^a
	Residentes	Control	Aprobados ^a	Residentes	Control	Aprobados ^a	
Triangulación	85 ± 25,6 seg	49	0/9	54,4 ± 14,2 seg	55	6/9	0,0143
Cuerpos libres	204,9 ± 39,5 seg	180	5/9	232,4 ± 82,4 seg	225	8/9	0,0833
Movimientos finos	81,8 ± 37,7 seg	33	1/9	60,1 ± 12,7 seg	47	7/9	0,0143

^a Análisis entre aprobados antes y después del entrenamiento.

anatómicos que simulen una experiencia más real. Por otro lado, la cámara utilizada tiene una óptica de 0°, a diferencia del artroscopio clínico, que es de 30° (o 70°). Desde el punto de vista estadístico existen otros métodos y puntuaciones para evaluar el rendimiento de los sujetos entrenados en artroscopia, como son el Task-Specific Checklist, o el Global Rating Scale¹², sin embargo estos incluyen áreas de evaluación que no son aplicables en este diseño.

Conclusiones

Se logró desarrollar un modelo de entrenamiento artroscópico de bajo costo y compacto, mediante el cual se mejoraron habilidades artroscópicas básicas simuladas en residentes de traumatología.

Conflicto de intereses

Para este estudio los miembros del equipo no presentan conflicto de intereses.

Bibliografía

1. Farnworth LR, Lemay DE, Wooldridge T, Mabrey JD, Blaschak MJ, DeCoster TA, 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;21:31–5.
2. Pedowitz RA, Esch J, Snyder S. Evaluation of a virtual reality simulator for arthroscopy skills development. *Arthrosc J Arthrosc Relat Surg Off Publ Arthrosc Assoc N Am Int Arthrosc Assoc.* 2002;18:E29.
3. Fucetese SF, Rahm S, Wieser K, Spillmann J, Harders M, Koch PP. Evaluation of a virtual-reality-based simulator using passive haptic feedback for knee arthroscopy. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2015;23:1077–85.
4. Unalan PC, Akan K, Orhun H, Akgun U, Poyanli O, Baykan A, et al. A basic arthroscopy course based on motor skill training. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc Off J ESSKA.* 2010;18:1395–9.
5. Alvand A, Logishetty K, Middleton R, Khan T, Jackson WFM, Price AJ, et al. Validating a global rating scale to monitor individual resident learning curves during arthroscopic knee meniscal repair. *Arthrosc J Arthrosc Relat Surg Off Publ Arthrosc Assoc N Am Int Arthrosc Assoc.* 2013;29:906–12.

6. Srivastava S, Youngblood PL, Rawn C, Hariri S, Heinrichs WL, Ladd AL. Initial evaluation of a shoulder arthroscopy simulator: Establishing construct validity. *J Shoulder Elb Surg Am Shoulder Elb Surg Al*. 2004;13:196–205.
7. Ziegler R, Fischer G, Müller W, Göbel M. Virtual reality arthroscopy training simulator. *Comput Biol Med*. 1995;25:193–203.
8. Braman JP, Sweet RM, Hananel DM, Ludewig PM, Van Heest AE. Development and validation of a basic arthroscopy skills simulator. *Arthrosc J Arthrosc Relat Surg Off Publ Arthrosc Assoc N Am Int Arthrosc Assoc*. 2015;31:104–12.
9. Frank RM, Erickson B, Frank JM, Bush-Joseph CA, Bach BR, Cole BJ, et al. Utility of modern arthroscopic simulator training models. *Arthrosc J Arthrosc Relat Surg Off Publ Arthrosc Assoc N Am Int Arthrosc Assoc*. 2014;30:121–33.
10. Patil V, Odak S, Chian V, Chougale A. Use of webcam as arthroscopic training model for junior surgical trainees. *Ann R Coll Surg Engl*. 2009;91:161–2.
11. Meyer RD, Tamarapalli JR, Lemons JE. Arthroscopy training using a black box technique. *Arthrosc J Arthrosc Relat Surg Off Publ Arthrosc Assoc N Am Int Arthrosc Assoc*. 1993;9:338–40.
12. Insel A, Carofino B, Leger R, Arciero R, Mazzocca AD. The development of an objective model to assess arthroscopic performance. *J Bone Joint Surg Am*. 2009;91:2287–95.