



ORIGINAL

[Artículo traducido] Modelo de simulación de retirada de yesos para el entrenamiento de residentes

F. Moller-Macherone^{a,b}, M. Lobos-Urbina^{a,c}, I. Cañete-Campos^{a,b}, C. Vidal-Olate^a, F. Hodgson-Ovalle^{a,b}, P. Murati-Carrasco^{a,b}, M.A. Ibañez-León^a y M.J. Figueroa-Gatica^{a,b,*}

^a Orthopedics Department, Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile

^b Pediatrics Orthopedics, Hospital Sótero del Río, Santiago, Chile

^c Orthopedics Department, Hospital Dr. Ernesto Torres Galdames, Iquique, Chile

Recibido el 13 de noviembre de 2024; aceptado el 23 de febrero de 2025

Disponible en Internet el 9 de junio de 2025



PALABRAS CLAVE

Iatrogénico;
Yeso;
Sierra;
Modelo de
simulación;
Educación de
residentes

Resumen

Objetivo: Las complicaciones del retiro de yeso son poco frecuentes, pero pueden causar secuelas cutáneas. La formación de esta habilidad es limitada durante la residencia. Este estudio tuvo como objetivo desarrollar un modelo de simulación para la extracción de yeso para el entrenamiento de residentes.

Métodos: Estudio cuasi-experimental. Se diseñó un modelo de antebrazo pediátrico con sensores de temperatura para simular la extracción de yeso del antebrazo. Se evaluaron seis residentes de primer año de ortopedia sin experiencia previa en la extracción de yeso y dos expertos. Los residentes realizaron una evaluación inicial, seguida de una sesión de instrucción y una evaluación final. El rendimiento se evaluó mediante una escala específica de evaluación (EEE), la guía *Objective Structured Assessment of Technical Skills* (OSATS), el tiempo del procedimiento y la medición de la temperatura. Se informaron medianas con rangos y se compararon los rendimientos pre y post-entrenamiento mediante la prueba de Wilcoxon. Las puntuaciones de los expertos se compararon con las de los residentes mediante la prueba de Mann-Whitney. La significación estadística se estableció en $p < 0,05$.

Resultados: Se observaron mejoras significativas en las puntuaciones de OSATS (pre 22 puntos [rango: 20-24]; post-entrenamiento 25 [rango: 25-28], $p = 0,03$) y EEE (pre 8,5 puntos [rango: 7-9]; post 10 puntos [rango: 8-10], $p = 0,02$). No se encontraron diferencias en la temperatura ($p = 0,50$) ni en el tiempo del procedimiento ($p = 0,09$). Al comparar las puntuaciones post-entrenamiento de los residentes con las de los expertos, no se encontraron diferencias significativas en OSATS ($p = 0,16$), en EEE ($p = 0,11$), en medición de temperatura ($p = 0,50$) ni en el tiempo del procedimiento ($p = 0,09$).

Véase contenido relacionado en DOI:

<https://doi.org/10.1016/j.recot.2025.02.021>

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: mufiguer@uc.cl (M.J. Figueroa-Gatica).

<https://doi.org/10.1016/j.recot.2025.06.005>

1888-4415/© 2025 SECOT. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Este es un artículo Open Access bajo la CC BY-NC-ND licencia (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

KEYWORDS

Iatrogenic;
Cast;
Saw;
Simulation model;
Resident education

Conclusiones: El modelo de simulación para la extracción de yeso demostró ser una herramienta de entrenamiento efectiva para los residentes, permitiéndoles alcanzar un nivel de competencia comparable al de los expertos. Se observaron mejoras significativas en las puntuaciones de OSATS y EEE tras el entrenamiento, lo que resalta el impacto positivo de la intervención en el desarrollo de esta habilidad.

© 2025 SECOT. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Este es un artículo Open Access bajo la CC BY-NC-ND licencia (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Plaster cast removal simulation model for resident training

Abstract

Purpose: Complications from cast removal are infrequent but can cause permanent skin sequelae. Formal training in cast removal is limited during residency. This study aimed to develop a plaster cast removal simulation model for resident training.

Methods: Quasiexperimental study. A pediatric forearm phantom with temperature sensors was designed to simulate forearm cast removal. Six first-year orthopedic residents with no prior cast removal experience and two experts were evaluated. The residents underwent an initial evaluation, followed by an instruction session, and a final evaluation. Performance was assessed using a specific ratings scale (SRS), the Objective Structured Assessment of Technical Skills (OSATS) guideline, procedure time, and temperature measurement. Median scores with ranges were reported, and pre- and posttraining performances were compared using the Wilcoxon test. Experts scores were compared with resident scores using the Mann-Whitney test. The statistical significance was set at $P < .05$.

Results: Significant improvements in OSATS [(pre 22 points (range: 20-24); posttraining 25 (range: 25-28) ($P = .03$)] and SRS [pre 8.5 points (range: 7-9); post 10 points (range: 8-10) ($P = .02$)] were observed. No differences were found in temperature ($P = .50$) and procedure time ($P = .09$). When comparing residents' post-training scores with those of experts, no significant differences were found in OSATS ($P = .16$), SRS ($P = .11$), temperature measurement ($P = .50$), or procedure time ($P = .09$).

Conclusions: The plaster cast removal simulation model proved to be an effective training tool for residents, enabling them to achieve expert-level competency. Significant improvements were observed in OSATS and SRS scores post-training, highlighting the positive impact of the intervention on this skill.

© 2025 SECOT. 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

La aplicación y retirada subsiguiente de yesos son procedimientos comunes en ortopedia pediátrica. Sin embargo, este procedimiento no está exento de complicaciones, siendo las quemaduras y las abrasiones los efectos adversos más comunes, que se producen con una prevalencia que oscila del 0,1 al 0,72%^{1,2}. Además del daño directo causado a los pacientes, dichas lesiones originan costes indirectos sustanciales, que se estima que oscilan entre 15.898 y 445.144\$ USA por paciente y año^{1,3}.

La lesión térmica puede producirse cuando la fricción entre el yeso y la cuchilla se eleva por encima de 50 °C⁴. Por otro lado, las abrasiones se producen cuando la presión ejercida sobre el yeso no permite que oscile la piel subyacente, por lo que la piel se vuelve inmóvil y susceptible de ser cortada por la cuchilla⁵. Aunque diversos factores contribuyen a la incidencia de quemaduras y abrasiones durante la retirada del yeso, los estudios han revelado que son considerablemente más frecuentes cuando el procedimiento es realizado por residentes en la unidad de urgencias, con tasas de incidencia hasta ocho veces superiores². De manera sorprendente,

a pesar del incremento del riesgo y de la frecuencia de complicaciones, una encuesta sobre diez programas formativos en Estados Unidos encontró que normalmente se dedica menos de una hora de formación formal a esta competencia esencial⁶.

La formación con simulación proporciona una oportunidad valiosa a los estudiantes de practicar y desarrollar habilidades necesarias en un entorno seguro y controlado, mitigando los riesgos a los pacientes⁷. Incorporando la simulación a la formación sobre retirada de yesos, los residentes pueden mejorar su competencia en este procedimiento y reducir la probabilidad de complicaciones. En términos de costes, Bae et al. han demostrado que una formación con simulación de 2,5 h para residentes de cirugía ortopédica fue efectiva a la hora de reducir las lesiones causadas por las sierras, lo cual tuvo una alta rentabilidad teórica sobre la inversión⁸. Otros estudios se han centrado en las quemaduras por temperatura de la cuchilla. Por ejemplo, Brubacher et al. demostraron que la experiencia clínica fue un factor predictivo de la reducción de generación de calor durante la retirada del yeso⁹, y Ruder et al. reflejaron que tras una sesión educativa existe una reducción significativa de

la temperatura¹⁰. Por otro lado, Liles et al. se habían centrado en la abrasión, mostrando que existe diferencia en este aspecto entre los novatos y los expertos en la hendidura de la sierra¹¹. No se centraron en ambos aspectos de las quemaduras, ni tampoco esclarecieron el currículo junto a sus criterios de evaluación.

El objetivo del estudio fue desarrollar un modelo de simulación para formación en retirada del yeso para los residentes de cirugía ortopédica, junto con criterios de evaluación.

Métodos

Participantes

Se invitó a participar en el curso a los residentes de primer año de cirugía ortopédica, como parte de un entrenamiento en el primer mes de residencia. Ellos se inscribieron voluntariamente, y proporcionaron su consentimiento informado. Se excluyó del estudio a los residentes con experiencia previa en retirada del yeso, así como a aquellos que no completaron la formación durante el primer mes de residencia. Se seleccionaron como expertos los cirujanos ortopédicos pediátricos con más de cinco años de experiencia en el campo. El equipo experto se dividió en grupos diferentes, para garantizar la cobertura de todas las facetas del modelo. Los cuatro expertos evaluaron la validez del aspecto y del contenido, que se centró en el diseño y la presentación visual, mientras que dos expertos participaron en una única sesión formativa en la que se evaluó su rendimiento. Esto garantiza una evaluación detallada y precisa del diseño y de la experiencia visual del modelo, sin la influencia del conocimiento técnico relacionado con su formación.

Ética

El protocolo del estudio fue aprobado por el Comité de Ética (ID 200821001).

Modelo de simulación y sesión de formación

Nuestro objetivo fue desarrollar una sesión formativa con simulación, en la cual los residentes de primer año de cirugía ortopédica adquirieran habilidades básicas sobre retirada del yeso. A tal fin diseñamos un modelo de retirada de yeso que fue primeramente evaluado por expertos, que también realizaron una sesión formativa. A continuación se probó el modelo en residentes de primer año antes y después de la instrucción formativa. Un autor supervisor registró y evaluó las sesiones.

Diseño del modelo de retirada del yeso

El modelo de retirada de yeso consiste en un simulador de antebrazo pediátrico, que fue seleccionado por su bajo coste, ya que había sido utilizado en otros estudios⁹⁻¹¹. Antes de colocarse el yeso, se adhirieron cinta negra a la piel que simulaba la zona de corte, que se utilizó porque era fácil de distinguir el daño. En la misma zona se instalaron ocho sensores de temperatura que se conectaron a un modelo electrónico para la obtención de resultados (fig. 1). Seguidamente se colocó el yeso en el antebrazo utilizando un



Figura 1 Modelo de simulación de retirada de yeso. El sensor de temperatura está instalado en un simulador de antebrazo pediátrico cubierto por cinta negra.



Figura 2 Modelo de retirada de yeso completado con aplicación de yeso en el antebrazo, listo para la simulación de la retirada.

soporte tubular, una capa de 10 cm × 2,7 m de cinta elástica con 50% de solapamiento, y tres capas con el 50% de solapamiento de vendaje de escayola de 10 cm × 3 m (fig. 2). Se dejó que los yesos secan durante tres días, ya que se consideró que ese era el tiempo de secado conforme al estudio de Szostakowski et al.¹².

Para el sensor de temperatura, se utilizó un panel electrónico de diseño digital programable en C++, junto con LCD de 5" (pantalla de cristal líquido) y un conjunto de ocho sensores digitales de temperatura denominados DS18B20. Utilizamos C++ porque se trata de un lenguaje de programación versátil y de alto rendimiento que combina la eficiencia de C con características modernas orientadas al objeto, haciéndolo ideal para el desarrollo de un amplio rango de aplicaciones, incluyendo este modelo. Cada sensor contiene un número hexadecimal único para identificación. Los datos de temperatura recopilados por cada sensor son redirigidos a la pantalla LCD, que representa gráficamente la imagen de un antebrazo con ocho puntos dispuestos en zigzag junto con la férula. La imagen proyectada muestra la temperatura detectada y las variaciones de color a tiempo real, en virtud de la lectura térmica (fig. 3).

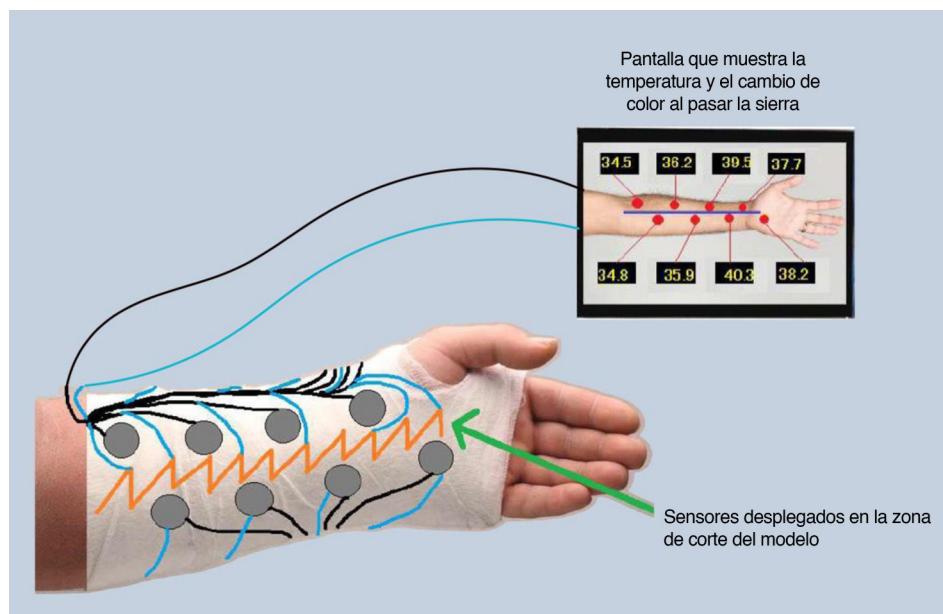


Figura 3 Diseño del modelo de sensor de temperatura, que consta de ocho sensores para la zona de corte y una pantalla que permite leer la temperatura. Cuando la sierra pasa cerca del sensor cambia el color de la pantalla.

Tabla 1 Evaluación de los expertos de la validez del aspecto y contenido del modelo

Validez del aspecto^a

- ¿Cómo considera el tamaño del modelo?
- ¿Cómo considera el espesor del yeso con relación al espesor real?
- ¿Cómo considera la sensación del corte con relación a la sensación real?
- ¿Cómo considera la sensación térmica con relación a la sensación real?
- ¿Cómo considera la duración de la prueba de corte?

Validez del contenido^b

- ¿Considera este modelo de utilidad para aprender a retirar yesos?
- ¿Piensa que este modelo podría mejorar la habilidad de retirar yesos de los residentes?
- ¿Introduciría este modelo formativo en sus residentes?

^a Escala Likert de 1 a 5, que abarca de «muy mal» a «excelente».

^b Escala Likert de 1 a 5, que abarca de «totalmente en desacuerdo» a «totalmente de acuerdo».

Validez del aspecto y del contenido

Para evaluar la validez del aspecto y del contenido, se administró una encuesta de tipo Likert consistente en ocho preguntas a los cuatro cirujanos ortopédicos pediátricos que probaron el modelo. Las preguntas de la encuesta se incluyen en la **tabla 1**.

Sesión formativa

Los residentes fueron sometidos a una evaluación inicial grabada, entraron en una consulta donde una persona del equipo de investigación fue presentada como padre del

paciente y preguntó sobre el procedimiento al residente. No se recibió instrucción sobre la técnica de la sierra.

Seguidamente, recibieron instrucción formativa de uno de los expertos, centrándose en lo que se define como una «buena técnica»: utilizar un movimiento de sierra para yeso «de dentro afuera» revisando frecuentemente la temperatura de la cuchilla y enfriando la misma con una gasa húmeda^{9,13}. Esto se realizó con una presentación de 10 min, y una demostración de la técnica correcta y de los principales errores, aclarando seguidamente el experto cualquier duda. La sesión tuvo una duración de 25 min. A continuación asistieron a otra sesión grabada que fue analizada como evaluación final. Los expertos realizaron un procedimiento grabado de retirada del yeso, que fue utilizado para comparar con los residentes.

Las sesiones formativas fueron evaluadas mediante la escala modificada *Objective Structured Assessment of Technical Skill* (OSATS)¹³ (**tabla 2**), una escala de evaluación específica (EEE) (**tabla 3**), el tiempo utilizado para realizar el procedimiento y la medición de la temperatura con el sensor. La escala EEE fue creada mediante consenso de los autores. Todos los vídeos fueron evaluados por uno de los investigadores, a quien se ocultó el estudiante, aunque sabía si era novato o experto y si se trataba de la primera o de la segunda sesión.

Análisis estadístico

Dado que las variables eran no paramétricas y el pequeño tamaño muestral, se reportaron las medianas y su rango. Se compararon los desempeños previo y posterior a la formación mediante la prueba de Wilcoxon, analizándose las puntuaciones de expertos frente a residentes mediante la prueba de Mann-Whitney. Se consideró estadísticamente significativo un valor *p* inferior a 0,05.

Tabla 2 Escala Objective Structured Assessment of Technical Skill (OSATS) modificada

	1	2	3	4	5
Respeto del tejido	Utilizó a menudo una fuerza innecesaria sobre el tejido, o causó daño por uso inadecuado de los instrumentos	–	Manejo cuidadoso del tejido, aunque ocasionalmente causó daño inadvertido	–	Manejó consistente y adecuadamente el tejido, con mínimo daño
Tiempo y movimiento	Muchos movimientos innecesarios	–	Eficacia de tiempo/movimiento, aunque algunos movimientos innecesarios	–	Economía de movimiento y máxima eficacia
Manejo del instrumento	Hace movimientos tentativos o extraños repetidos con los instrumentos	–	Uso competente de los instrumentos, aunque ocasionalmente pareció rígido y raro	–	Movimientos fluidos con los instrumentos sin cosas raras
Flujo de la operación	Paró con frecuencia la operación y pareció inseguro con el siguiente movimiento	–	Demostró cierta planificación prospectiva con progresión del procedimiento razonable	–	Obviamente planificó el curso de la operación con flujo natural de un movimiento a otro
Conocimiento del procedimiento específico	El conocimiento deficiente necesitó alguna instrucción específica en muchos pasos operativos	–	Conocía todos los aspectos importantes de la operación	–	Demostró familiaridad con todos los aspectos de la operación

Puntuación OSATS: se evaluó cada ítem de 1 a 5, con una puntuación total de 25 puntos.

Tabla 3 Escala específica de evaluación (EEE)

- Explica el procedimiento al paciente y las personas acompañantes
- Obtiene consentimiento informado de los padres/tutor a cargo
- Reúne los materiales necesarios (sierra oscilante, gasa húmeda, tijeras romas, tenazas)
- Se coloca guantes
- Demuestra la técnica adecuada con la sierra oscilante (utilizando buen movimiento «arriba y abajo»)
- Introduce regularmente las técnicas de enfriado (con gasa húmeda para enfriar la cuchilla de la sierra)
- Utiliza tenazas para abrir el yeso
- Corta los vendajes y el algodón acolchado con tijeras romas
- Retira el yeso y lo arroja en el contenedor de «basura» adecuado
- Da instrucciones tras el procedimiento a los pacientes y personas acompañantes

Puntuación total de EEE: 10 puntos.

Resultados

Validez del aspecto y del contenido

Cuatro expertos evaluaron el modelo mediante una encuesta sobre apariencia y contenido. En cuanto a la validez del aspecto, el ítem mejor calificado fue la sensación de la cizalla (mediana: 5 puntos), y el ítem peor calificado, la sensación térmica (mediana: 4 puntos). En cuanto a la validez del contenido, todos los expertos «estuvieron totalmente de acuerdo» en que el modelo propuesto era un modelo útil, y que lo introducirían en el aprendizaje de sus residentes ([figs. 4 y 5](#)).

Evaluación de la formación

Se evaluó a los residentes ortopédicos de sexto año, ninguno de los cuales tenía experiencia previa en la retirada de yesos. Dos cirujanos ortopédicos pediátricos con más de cinco años de experiencia fueron evaluados como expertos.

Los aprendices demostraron una mejora estadísticamente significativa de las puntuaciones OSATS entre el antes y el después de la formación [22 (RIC: 20-24); post 25 (RIC: 25-28) ($p=0,03$)] y EEE [pre 8,5 (RIC: 7-9) y post: 10 (RIC: 8-10) ($p=0,02$)]. Al comparar la formación posterior de los residentes y los expertos, no existieron diferencias significativas en cuanto a la puntuación OSATS ($p=0,16$), EEE ($p=0,11$), temperatura ($p=0,50$) o tiempo empleado ($p=0,09$).

Discusión

La simulación se ha revelado como una herramienta valiosa para la adquisición de competencia quirúrgica, ofreciendo beneficios tales como mejora de la competencia y de la eficiencia procedimental, y reducción de las complicaciones¹⁵. La formación con simulación ortopédica pediátrica va en aumento. Iniciativas tales como Top Gun en el *International Pediatric Orthopedic Symposium* (IPOS) evalúan diversas habilidades en los residentes¹⁶, habiéndose desarrollado

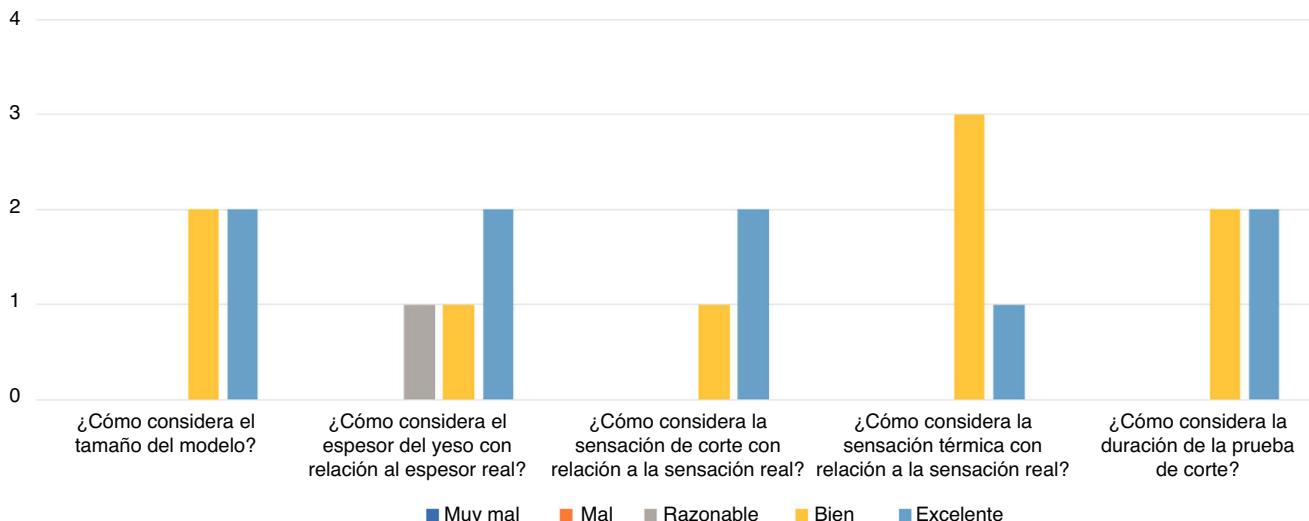


Figura 4 Opinión de los expertos sobre el aspecto.

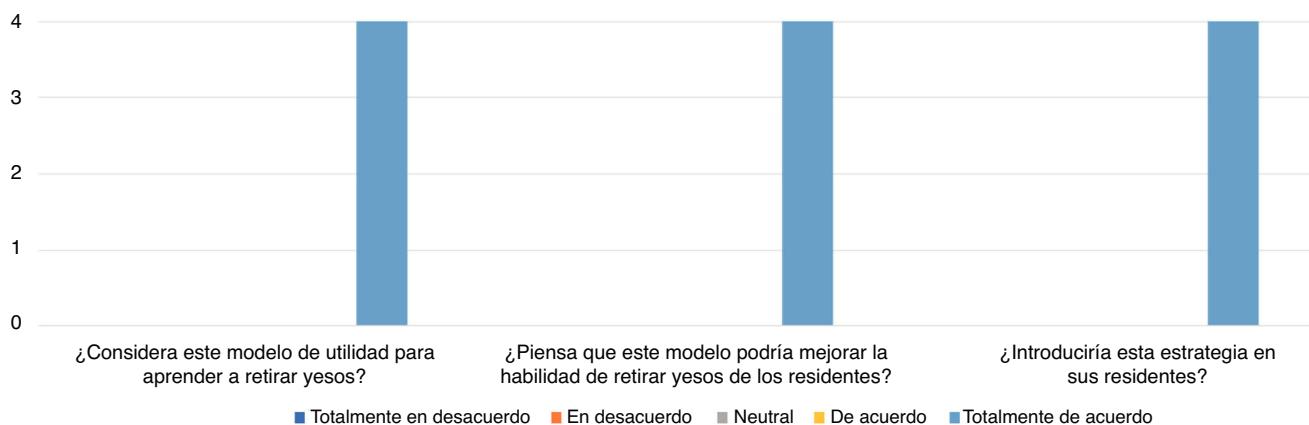


Figura 5 Opinión de los expertos sobre el contenido.

también otros modelos de simulación para procedimientos tales como manejo de fracturas supracondilares¹⁷, colocación de tornillos pediculares en la columna lumbar¹⁸ y corrección de deformidades angulares¹⁹, entre otros. Nuestro estudio introduce un modelo y un programa de formación nuevos que permiten que los residentes sin experiencia previa en retirada de yesos adquieran esta habilidad.

Los comentarios de los expertos sobre la validez aparente de nuestro modelo fueron tremadamente positivos, acordando todos los participantes que sirve como herramienta valiosa para la enseñanza de esta técnica a los residentes. Una encuesta sobre diez programas de residencia en ortopedia reveló que los facultativos reciben normalmente menos de una hora de formación formal sobre aplicación y retirada de yesos²⁰. Por ello, pensamos que nuestro modelo podría contribuir significativamente a reducir la brecha formativa sobre esta cuestión.

Una novedad de nuestro trabajo es que pudimos incluir la evaluación utilizando OSATS y EEE para desempeño, que no habían sido incluidas en estudios previos⁸⁻¹¹. OSATS se basa en la observación directa de los residentes o cirujanos que realizan diversos procedimientos quirúrgicos en modelos de

simulación¹⁴, habiéndose demostrado su fiabilidad y la validez del constructo²¹. Los aprendices mostraron una mejora estadísticamente significativa tanto en OSATS como en EEE. Además, no se encontraron diferencias al comparar las evaluaciones finales de los residentes con las de los expertos. Esto demuestra que estas escalas son herramientas efectivas para evaluar el desempeño.

Decidimos realizar solo dos sesiones formativas, de acuerdo con el estudio de Ruder et al.¹⁰, que reflejó que una única sesión formativa podía reducir la temperatura de la sierra. Sin embargo, fuimos incapaces de demostrar diferencias significativas en cuanto a temperatura de la sierra entre las medidas previas y posteriores de los residentes, ni en la comparación con los expertos. Esto puede deberse al uso del yeso de París en nuestro estudio, mientras que Ruder et al. utilizaron fibra óptica, que podría tener diferentes propiedades de conductividad de calor. Además, el tamaño limitado de la muestra de nuestro estudio puede haber contribuido a la falta de diferencias observada.

Sin embargo, nuestro modelo tiene limitaciones. El pequeño tamaño muestral (seis residentes y dos expertos) limita la generalizabilidad, y la falta de cegamiento puede

introducir sesgos en la evaluación. Además, el estudio utilizó una única sesión previa y posterior, y el uso de múltiples sesiones con medias reforzaría los resultados. Solo se involucró un evaluador. Incluir múltiples evaluadores mientras se evalúa la fiabilidad inter e intra calificadores aportaría datos más robustos. Los estudios futuros deberán abordar dichas limitaciones, incrementar el tamaño de la muestra e incorporar más evaluadores y sesiones para validar adicionalmente el modelo.

El modelo con simulación de retirada de yeso demostró ser una herramienta formativa efectiva para los residentes, permitiendo que estos alcanzaran una competencia al nivel de los expertos. Se observaron mejoras significativas en las puntuaciones OSATS y EEE tras la formación, destacando el impacto positivo de la intervención en esta habilidad, así como la utilidad de estas escalas para evaluar el desempeño. Con un refinamiento adicional podría mejorar considerablemente la competencia del residente y, finalmente, conllevar unos mejores resultados del paciente.

Nivel de evidencia

Nivel de evidencia III.

Financiación

No se recibieron financiaciones, subvenciones ni otro tipo de soportes.

Conflicto de intereses

Los autores declaran la ausencia de conflicto de intereses.

Bibliografía

- Ansari MZ, Swarup S, Ghani R, Tovey P. Oscillating saw injuries during removal of plaster. *Eur J Emerg Med.* 1998;5:37–9.
- Shore BJ, Hutchinson S, Harris M, Bae DS, Kalish LA, Maxwell W, et al. Epidemiology and prevention of cast saw injuries: Results of a quality improvement program at a single institution. *J Bone Jt Surg.* 2014;96:e31 [consultado 15 May 2023]. Disponible en: <https://journals.lww.com/00004623-201402190-00020>
- Shuler FD, Grisafi FN. Cast-saw burns: Evaluation of skin, cast, and blade temperatures generated during cast removal. *J Bone Jt Surg-Am.* 2008;90:2626–30 [consultado 15 May 2023]. Disponible en: <http://journals.lww.com/00004623-200812000-00007>
- Moritz AR, Henriques FC. Studies of thermal injury: II. The relative importance of time and surface temperature in the causation of cutaneous burns. *Am J Pathol.* 1947;23:695–720.
- Halanski MA. How to avoid cast saw complications. *J Pediatr Orthop.* 2016;36 Suppl. 1:S1–5 [consultado 23 Nov 2023]. Disponible en: <https://journals.lww.com/01241398-201606001-00004>
- Killian JT, White S, Lenning L. Cast-saw burns: Comparison of technique versus material versus saws. *J Pediatr Orthop.* 1999;19:683–7.
- Okuda Y, Bryson EO, DeMaria S, Jacobson L, Quinones J, Shen B, et al. The utility of simulation in medical education: What is the evidence? Utility of simulation in medical education. *Mt Sinai J Med J Transl Pers Med.* 2009;76:330–43 [consultado 15 May 2023]. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/msj.20127>
- Bae DS, Lynch H, Jamieson K, Yu-Moe CW, Roussin C. Improved safety and cost savings from reductions in cast-saw burns after simulation-based education for orthopaedic surgery residents. *J Bone Jt Surg.* 2017;99:e94 [consultado 15 May 2023]. Disponible en: <https://journals.lww.com/00004623-201709060-00014>
- Brubacher JW, Karg J, Weinstock P, Bae DS. A novel cast removal training simulation to improve patient safety. *J Surg Educ.* 2016;73:7–11 [consultado 3 Jul 2023]. Disponible en: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1931720415002135>
- Ruder JA, Brighton BK, vander Have KL, Turvey BR, Hsu JR, Scannell BP. Effectiveness of a low fidelity cast removal module in orthopaedic surgical simulation. *J Surg Educ.* 2018;75:1329–32 [consultado 3 Jul 2023]. Disponible en: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1931720417308279>
- Liles J, Wieschhaus K, Wieschhaus K, Adams W, Cappello T, Evans D. Validation of a cost-effective cast saw simulation-based educational module to improve cast removal safety. *J Pediatr Orthop.* 2022;42:70–6 [consultado 3 Jul 2023]. Disponible en: <https://journals.lww.com/10.1097/BPO.0000000000001987>
- Szostakowski B, Smitham P, Khan WS. Plaster of Paris-short history of casting and injured limb immobilization. *Open Orthop J.* 2017;11:291–6 [consultado 23 Dic 2024]. Disponible en: <https://openorthopaedicsjournal.com/VOLUME/11/PAGE/291/>
- Larson JE, Nicolay RW. Cast saw burn prevention: An evidence-based review. *J Am Acad Orthop Surg.* 2021;29:380–5 [consultado 23 Dic 2024]. Disponible en: <https://journals.lww.com/10.5435/JAAOS-D-20-00723>
- Martin JA, Regehr G, Reznick R, Macrae H, Murnaghan J, Hutchison C, et al. Objective structured assessment of technical skill (OSATS) for surgical residents. *Br J Surg.* 1997;84:273–8 [consultado 16 May 2023]. Disponible en: <http://doi.wiley.com/10.1002/bjs.1800840237>
- Bae DS. Simulation in pediatric orthopaedic surgery. *J Pediatr Orthop.* 2015;35 Suppl 1:S26–9 [consultado 18 May 2023]. Disponible en: <https://journals.lww.com/01241398-201507001-00010>
- Shore BJ. Top gun—a novel simulation program to test the skills of pediatric orthopaedic trainees. *J Pediatr Orthop Soc N Am.* 2022;4 Suppl 1:1–9 [consultado 18 May 2023]. Disponible en: <https://www.jposna.org/index.php/jposna/article/view/486>
- Hearty T, Maizels M, Pring M, Mazur J, Liu R, Sarwark J, et al. Orthopaedic resident preparedness for closed reduction and pinning of pediatric supracondylar fractures is improved by e-learning: a multisite randomized controlled study. *J Bone Jt Surg.* 2013;95:e126 [consultado 18 May 2023]. Disponible en: <https://journals.lww.com/00004623-201309040-00018>
- Clifton W, Damon A, Valero-Moreno F, Nottmeier E, Pichelmann M. The SpineBox: A freely available open-access, 3D-printed simulator design for lumbar pedicle screw placement. *Cureus.* 2020;12:e7738 [consultado 18 May 2023]. Disponible en: <https://www.cureus.com/articles/29846-the-spinebox-a-freely-available-open-access-3d-printed-simulator-design-for-lumbar-pedicle-screw-placement>
- Kim E, Moritomo H, Murase T, Masatomi T, Miyake J, Sugamoto K. Three-dimensional analysis of acute plastic bowing deformity of ulna in radial head dislocation or radial shaft fracture using a computerized simulation system. *J Shoulder Elbow Surg.* 2012;21:1644–50 [consultado 18 May 2023]. Disponible en: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1058274612000195>
- Killian JT, White S, Lenning L. Cast-saw burns: Comparison of technique versus material versus saws. *J Pediatr Orthop.* 1999;19:683.
- Niitsu H, Hirabayashi N, Yoshimitsu M, Mimura T, Taomoto J, Sugiyama Y, et al. Using the Objective Structured Assessment of Technical Skills (OSATS) global rating scale to evaluate the skills of surgical trainees in the operating room. *Surg Today.* 2013;43:271–5.