

Desarrollo y validación de un simulador de bajo costo para la adquisición de destrezas básicas en RCP

Development and validation of a low-cost simulator for basic CPR skills acquisition.

Juan Luis Castagnola^{1,*}, Diego Germán Freille^{2,*}, María del Rosario Barello³, Paola Senatore⁴ y María Delfina Vélez Ibarra⁵

¹ Universidad Católica de Córdoba, Facultad de Ingeniería, Argentina; juancastagnola@ucc.edu.ar, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0140-2074>

² Universidad Católica de Córdoba, Facultad Ciencias de la Salud; germanfreille@curf.ucc.edu.ar, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1718-4630>

³ Universidad Católica de Córdoba, Facultad Ciencias de la Salud; rbarello.med@ucc.edu.ar, ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-3758-2504>

⁴ Universidad Católica de Córdoba, Facultad Ciencias de la Salud; paolasenatore@curf.ucc.edu.ar, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1819-5702>

⁵ Universidad Católica de Córdoba, Facultad de Ingeniería; Universidad Nacional de Córdoba, FaMAF, LaRTE-GDEI; m.velez@ucc.edu.ar, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6768-5313>

* Correspondencia: juancastagnola@ucc.edu.ar, germanfreille@curf.ucc.edu.ar

Recibido: 21/5/24; Aceptado: 3/9/24; Publicado: 5/9/24

Resumen

Introducción: Saber realizar Reanimación Cardiopulmonar (RCP) de calidad puede duplicar o triplicar las probabilidades de contribuir a la supervivencia de una persona que ha sufrido un paro cardíaco súbito. El propósito de este proyecto fue desarrollar, bajo parámetros de expertos y evaluación de idoneidad por el usuario final, un simulador electro-mecánico de bajo costo, que permita desarrollar destrezas básicas, para el entrenamiento en RCP para los futuros médicos y/o población general que necesite entrenamiento para el manejo básico y avanzado del paro cardíaco. **Métodos:** El trabajo se desarrolló en dos etapas. La primera etapa corresponde al diseño e implementación del simulador, donde se describen las actividades realizadas para construir el prototipo. En la segunda etapa se muestran las actividades ejecutadas durante el proceso de validación del simulador. **Resultados:** Se implementó un prototipo que cumple con las características esenciales de los simuladores interactivos y que, además, es de bajo costo. En cuanto a su validación, los resultados obtenidos avalan su desarrollo y efectividad. **Conclusión:** El prototipo del simulador interactivo desarrollado permite capacitar con prácticas interactivas que ayudan a corregir errores en tiempo real, mejorar la técnica aplicada y adquirir confianza. La Reanimación Cardiopulmonar es una habilidad esencial que puede tener un impacto significativo y positivo en la vida de una persona en situación de emergencia. Es una herramienta invaluable que puede marcar la diferencia entre la vida y la muerte. Al aprender RCP, se adquiere la tranquilidad de saber que se está preparado para enfrentar una situación crítica. Además, fomenta una cultura de prevención y primeros auxilios en la comunidad.

Palabras clave: Educación Médica, Simulación, RCP, Retroalimentación

Abstract

Introduction: Knowing how to perform quality Cardiopulmonary Resuscitation (CPR) can double or triple the chances of contributing to the survival of a person who has suffered sudden cardiac arrest. The purpose of this project was to develop, under expert parameters and suitability assessment by the end user, a low-cost electro-mechanical simulator that allows the development of basic skills for CPR training for future physicians and/or the general population that needs training for basic and advanced management of cardiac arrest. **Methods:** The work was developed in two stages. The first stage corresponds to the design and implementation of the simulator, where the

activities carried out to build the prototype are described. The second stage shows the activities executed during the validation process of the simulator. **Results:** A prototype was implemented that meets the essential characteristics of interactive simulators and is also low-cost. Regarding its validation, the results obtained support its development and effectiveness. **Conclusion:** The prototype of the interactive simulator developed allows training with interactive practices that help correct errors in real time, improve the applied technique and gain confidence. CPR is an essential skill that can have a significant and positive impact on the life of a person in an emergency situation. It is an invaluable tool that can make the difference between life and death. By learning CPR, you gain the peace of mind of knowing that you are prepared to face a critical situation. In addition, it fosters a culture of prevention and first aid in the community.

Keywords: Medical Education, Simulation, CPR, Feedback

1. Introducción

A nivel mundial, cada año mueren más personas por enfermedades cardiovasculares que por cualquier otra causa, principalmente por enfermedad cardíaca isquémica. Más de tres cuartas partes de estas muertes se producen en países de bajos y medianos ingresos, donde los casos siguen aumentando (1). La reanimación cardiopulmonar, también conocida como RCP, es un procedimiento diseñado para reanimar a personas que han dejado de respirar o cuyo corazón ha dejado de latir. En esencia, esta técnica combina compresiones en el pecho con ventilación artificial para mantener el flujo sanguíneo y la circulación de oxígeno hacia el cerebro. La correcta aplicación de la RCP marca la diferencia entre ganar tiempo hasta que llegue una ambulancia y se administre un tratamiento más específico, o el fallecimiento.

La Sociedad Americana de Cardiología (AHA) recomienda utilizar dispositivos de retroalimentación audiovisuales durante las prácticas de RCP para la optimización en tiempo real de la efectividad de las maniobras. Los estudios refieren un aumento del 25% en la supervivencia del paro con retroalimentación acústica y visual del ritmo y profundidad de las compresiones (2). Cuando se imparte formación en RCP siguiendo las pautas de la AHA, se deben administrar compresiones en el pecho a una velocidad de 100 a 120 por minuto y con una profundidad mínima de 5-6 centímetros. Para satisfacer los nuevos requisitos del entrenamiento, los dispositivos de retroalimentación deben ser capaces, al menos, de medir y proporcionar retroalimentación en tiempo real, tanto auditiva como visual, sobre la velocidad y la profundidad de las compresiones. Esto permitirá a los estudiantes corregir o validar su desempeño de habilidades de manera inmediata durante el entrenamiento.

Debido al alto costo de los simuladores interactivos, retroalimentados, sumado a la falta de disponibilidad de los mismos en el mercado local, surge la necesidad de generar desarrollos locales. La Facultad de Ingeniería asume este desafío llevar a cabo este proyecto, liderado por docentes y estudiantes. El propósito de este proyecto fue desarrollar, bajo parámetros de expertos y evaluación de idoneidad por el usuario final, un simulador electro-mecánico de bajo costo, que permita desarrollar destrezas básicas, para el entrenamiento en resucitación cardio pulmonar (RCP) para los futuros médicos y/o población general que necesite entrenamiento para el manejo básico y avanzado del paro cardíaco.

2. Métodos

La metodología utilizada para el desarrollo de este trabajo se divide en dos etapas bien definidas, la primera corresponde al diseño e implementación del simulador y la segunda al proceso de validación del mismo.

2.1 Etapa 1: Diseño e implementación del simulador

El primer objetivo propuesto en el proyecto fue diseñar e implementar un simulador médico interactivo de reanimación cardiopulmonar a partir del uso de tecnologías y procesos de bajo costo, con la motivación de desarrollar el mismo accesible a los centros de Salud y las instituciones educativas del país. Para concretar el mismo, fue necesario realizar en primer término un relevamiento de las principales características de los simuladores del mercado, a fin de poder determinar, en conjunto con los colaboradores especialistas en simulación médica, los requerimientos y condicionantes funcionales a contemplar en el diseño. Luego, se definió la funcionalidad de los simuladores, a partir de las maniobras de reanimación requeridas, la capacidad de censado disponible y la manera en que el practicante recibe la realimentación de las maniobras. Para esto se debió tener en cuenta los lineamientos, restricciones y normativas respecto de las recomendaciones internacionales. Una vez definidas las características del simulador, se trabajó en múltiples aspectos en simultáneo, entre los que se destacan: la estructura mecánica; posibles técnicas de moldeado del maniquí con fisonomía humana y prueba de materiales; el sistema de adquisición de datos, sensores y actuadores; y el sistema de comunicación de datos, entre otros. En el prototipo desarrollado, toda la información generada por los sensores se recolecta en un microprocesador embebido en el propio maniquí, que permite implementar los procedimientos de control y respuesta de cada sesión de práctica. Se desarrollaron algoritmos de análisis en tiempo real que permiten detectar la correcta ejecución de los procedimientos de reanimación. Este aspecto constituye uno de los aportes más relevantes del proyecto desde el punto de vista científico. Además de los actuadores propios del muñeco, que permiten indicar si las maniobras fueron realizadas en forma correcta, se desarrolló un sistema de realimentación con una interfaz de usuario que permite el registro y reporte de las maniobras suministradas por medio de una computadora, tablet o teléfono celular. A continuación, se detalla el cronograma de actividades realizadas para el desarrollo y la implementación del prototipo:

- a) **Estudio y análisis de las características de los simuladores comerciales:** Se realizaron actividades y reuniones con especialistas en simulación médica para determinar las características y condicionantes de un simulador RCP y los parámetros básicos de las maniobras a instrumentar. Los parámetros definidos para la interacción con el practicante son: posicionamiento del cuerpo y las manos, profundidad (5 a 6 cm) y frecuencia de las compresiones (100 a 120 veces por minuto).
- b) **Definiciones funcionales del simulador:** A partir de los análisis realizados en la actividad a), se definieron las características funcionales que debía tener el simulador. Se aseguró que las mismas cumplieran con las normas y recomendaciones nacionales e internacionales para la aplicación de las maniobras de RCP. En la figuras 1 y 2 se muestra la posición del cuerpo y de las manos para realizar correctamente las maniobras.
- c) **Diseño y fabricación del maniquí con fisonomía humana:** Se realizó el diseño e implementación del prototipo físico del muñeco que cumple la función de paciente a reanimar. Se trabajó con el objetivo de obtener características similares a una persona humana, como ser el tamaño, partes duras, blandas, posibles movimientos, etc. En esta

instancia se fabricaron piezas a través de tecnología de impresión 3D, mediante el uso de materiales semi-rígidos y blandos. Las figuras 3, 4, 5 y 6 muestran el proceso de fabricación de la piel sintética para el torso del simulador, la misma fue realizada con materiales compuestos.

d) **Diseño e implementación del arreglo estructural:** Por estar compuesto principalmente de materiales semi-rígidos y blandos, el maniquí requirió de piezas mecánicas que le proporcionen rigidez mecánica y, al mismo tiempo, permitan imitar los movimientos reales del cuerpo humano. La resistencia mecánica del tórax se emuló con un conjunto de resortes (figuras 7 y 8). Para su diseño se analizó la bibliografía existente y se obtuvo el valor de la fuerza que el practicante debe aplicar al tórax (40 Kgf. para un adulto de 70 Kg) (9). Además, se midió la resistencia que brinda un simulador comercial, el valor obtenido para una compresión de 6 cm fue 38 Kgf. (figuras 9 y 10). En esta estructura se incorporaron, además, los sensores, actuadores y el sistema computacional que los controla para obtener la respuesta interactiva del simulador.

e) **Instrumentación electrónica:** La selección de los sensores y actuadores (figura 11) incorporados en el simulador se realizó con criterios de robustez y confiabilidad, de forma tal que toleren la realización de maniobras repetitivas y de mucha intensidad. En esta etapa también se diseñaron los circuitos para el acondicionamiento de las señales involucradas y su posterior muestreo y digitalización.

f) **Desarrollo del software embebido:** El software de control de la plataforma de microcontrolador se implementó con la capacidad de adquirir las variables asociadas a las maniobras resucitación, correr algoritmos de análisis en tiempo real para la detección de la correcta ejecución de las maniobras y controlar los actuadores para dar aviso al operador, de forma auditiva y/o visual, si están por fuera de los márgenes pautados por la AHA. Además, se incorporó la transmisión de los datos generados a un sistema computacional externo de monitoreo. En la figura 12 se muestra un diagrama del funcionamiento del sistema.

g) **Desarrollo del software para el dispositivo de monitoreo:** Se desarrolló una aplicación para ser instalada en un dispositivo móvil, como ser una tablet, una notebook o un teléfono celular. La misma permite monitorear las maniobras realizadas, visualizar gráficamente y en tiempo real las variables supervisadas, almacenar los datos generados y analizar los registros en tiempo diferido.

h) **Integración y validación del sistema completo:** Una vez concluidas las etapas anteriores, se procedió a la integración de las partes desarrolladas y se realizaron las pruebas necesarias para validar el funcionamiento del simulador prototipo en su conjunto. Las pruebas incluyeron el ensayo del prototipo para todo el conjunto de maniobras, ejecutadas de forma correcta e incorrecta, bajo distintas condiciones de entorno (temperatura, humedad, superficies, etc.).



Figuras 1 y 2. Posición de las manos y del cuerpo para ejercer las maniobras.



Figura 3. Maniquí comercial utilizado como estructura para el simulador.



Figura 4. Molde para la fabricación de la piel sintética.



Figura 5. Piel sintética.

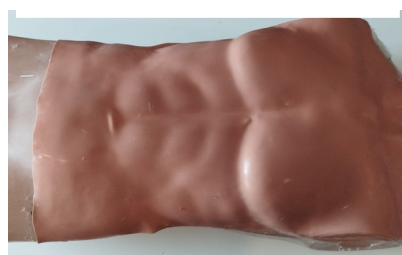
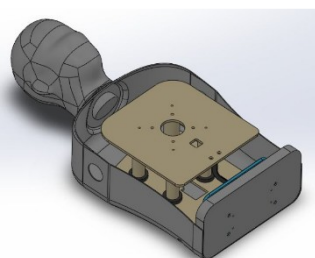


Figura 6. Piel insertada sobre la estructura.



Figuras 7 y 8. Sistema mecánico de resistencia a la compresión (resortes).



Figuras 9 y 10. Medición de la compresión en un simulador comercial.

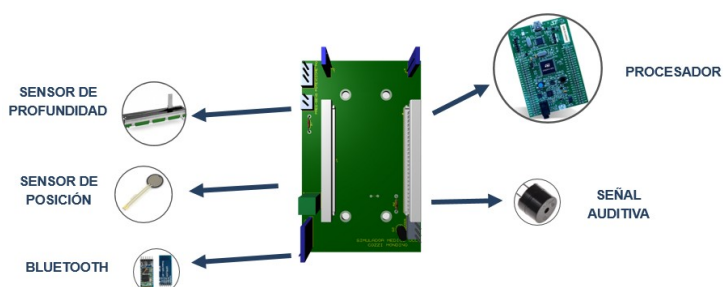


Figura 11. Sensores y actuadores.

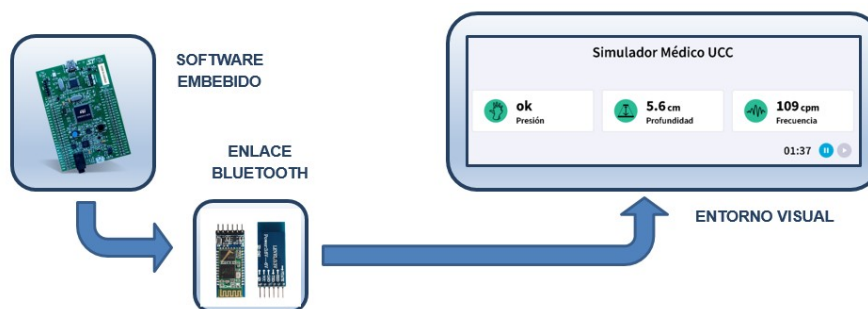


Figura 12. Diagrama del sistema.

2.2 Etapa 2: Proceso de validación del simulador

El proceso de validación se realizó por alumnos, docentes y personal de la Salud, siendo el mismo muy importante para asegurar que el simulador de RCP prototipo cumpla con las especificaciones y requisitos necesarios para una capacitación efectiva y realista. A partir de la implementación del simulador, el proceso de validación realizado por expertos permitió ajustar el prototipo y confirmar que cumple las condiciones de un RCP interactivo. A continuación, se detallan las acciones sistemáticas realizadas para llevar a cabo esta validación:

- Selección de las personas intervinientes en la validación:** Para la validación se convocaron docentes y personal de salud. Además, con el fin de realizar un estudio randomizado, participaron estudiantes de ciencias de la salud que ya contaban con entrenamiento básico de RCP.
- Revisión de las especificaciones:** Las revisiones fueron realizadas por docentes y personal de la Salud del centro de simulación San José, los mismos verificaron que las especificaciones adoptadas (posición de las manos, profundidad y frecuencias de las compresiones) cumplieran con las Normas Internacionales.
- Análisis de la estructura física del simulador:** En el análisis de la estructura se evaluó que el torso imitara la anatomía humana, incluyendo un pecho con costillas simuladas, un área para las compresiones torácicas y un esternón. Además, que la piel fuera de un material que simule la textura y elasticidad de la piel humana, permitiendo una experiencia de entrenamiento más realista. Se analizó el mecanismo del sistema que simula la resistencia del cuerpo humano, permitiendo que el practicante sienta que está realizando las compresiones en una persona real. Los expertos verificaron el funcionamiento de los sensores y dispositivos que indican si las compresiones están siendo realizadas con la profundidad y el ritmo correcto, como así también la posición de las manos.
- Estudio randomizado del uso del simulador:** El estudio randomizado del uso del simulador se realizó con estudiantes de la Facultad de Ciencias de la Salud, que ya habían tenido, en alguna etapa de su carrera, prácticas de RCP. La participación fue voluntaria, firmando un consentimiento para participar.



Figura 13. Simulador comercial, sin realimentación.

investigación. Para este proceso se les dividió en dos grupos, siendo la consigan realizar las maniobras de RCP durante dos minutos, un grupo utilizó un simulador comercial no interactivo (figura 13) y el otro, el prototipo desarrollado. Los datos monitoreados fueron; posición de las manos, profundidad y frecuencia de las maniobras.

- e) **Actividad de validación:** En la actividad de validación participaron alumnos de la facultad de Ciencias de la Salud, quienes fueron convocados a participar voluntariamente de la misma. El criterio de inclusión fue que hayan recibido en algún momento de la carrera capacitación en RCP, y que hayan aceptado participar voluntariamente y firmado el consentimiento. El proceso de validación se realizó de la siguiente manera: los participantes fueron divididos en 2 grupos al azar, a los que previamente se explicó la importancia y los objetivos de la actividad. A cada alumno se le asignó un número aleatorio, independiente del grupo en el que esté participando. Al grupo A se le solicitó que realizaran 2 minutos de RCP en un simulador de tórax de modelo estándar comercial, este grupo actúa como grupo control o de referencia. El grupo B también realizó dos minutos de RCP, pero con el prototipo de simulador diseñado por la Facultad de Ingeniería, teniendo en tiempo real la realimentación de la colocación de las manos, la frecuencia de las compresiones y la profundidad de las mismas. Por último, los integrantes de ambos grupos en orden aleatoria realizaron maniobras durante dos minutos en un simulador de RCP interactivo "CAE Ares - Medical Simulator®" (figura 14) (10). Las maniobras fueron monitoreadas por un observador "ciego" (que desconoce a qué grupo pertenece cada estudiante), completando un formulario donde se registró la posición de las manos, la frecuencia promedio de las compresiones y la profundidad de las mismas.



Figura 14. CAE Ares - Medical Simulator, de alta fidelidad.

- f) **Análisis de datos:** Por último, se realizó un análisis estadístico, con el objetivo de validar si el entrenamiento realizado con el prototipo para este estudio mejora la performance de los alumnos con respecto a un simulador estándar comercial No interactivo.

Consideraciones éticas: La participación de los estudiantes fue voluntaria y anónima. Se respetó la legislación internacional (Helsinki 2013) y nacional vigentes (ANMAT "Guía de buenas prácticas clínicas en Investigación en salud", Ley provincial 9694 de la provincia de Córdoba y la Ley 25.326 de Habeas Data promulgada el 30 de octubre del 2000), se realizó un registro de datos acorde al artículo 8, resguardando los datos personales y el secreto profesional. Este estudio es Categoría I de OMS: Estudio sin riesgo.

3. Resultados

- a) **Posición de las manos:** a partir de los resultados obtenidos en la actividad de validación, se analizó en primer lugar la correcta posición de las manos, que permita

realizar un RCP de alta calidad según las normas AHA. El 69% del grupo A ubicó correctamente las manos, mientras que en el grupo B el porcentaje se eleva al 93%.

b) Frecuencia de las compresiones: La AHA recomienda que la frecuencia de compresiones torácicas debe establecerse entre las 100 y las 120 compresiones por minuto para lograr una buena perfusión miocárdica. En el ensayo se midió la frecuencia de compresión promedio durante los 2 minutos de maniobra, indicado en la tabla 1. La figura 1 describe los resultados obtenidos por los participantes de cada grupo. Allí se destaca que el 66% del grupo A realizó las maniobras en el rango recomendado de frecuencias, mientras que el grupo B alcanzó en el 89% de frecuencias correctas.

Tabla 1. Datos de la frecuencia de las compresiones realizadas durante dos minutos.

Frecuencia de las maniobras (por minuto)			
Grupo A		Grupo B	
Evento	Frecuencia	Evento	Frecuencia
1	105	1	112
2	126	2	125
3	126	3	118
4	115	4	120
5	110	5	110
6	115	6	113
7	93	7	106
8	108	8	115
9	111	9	117
10	108	10	111
11	82	11	109
12	100	12	100
13	109	13	106
14	100	14	104
15	116	15	118
16	114	-	-
Media	109.13	Media	112.27
Desviación	10.35	Desviación	6.49

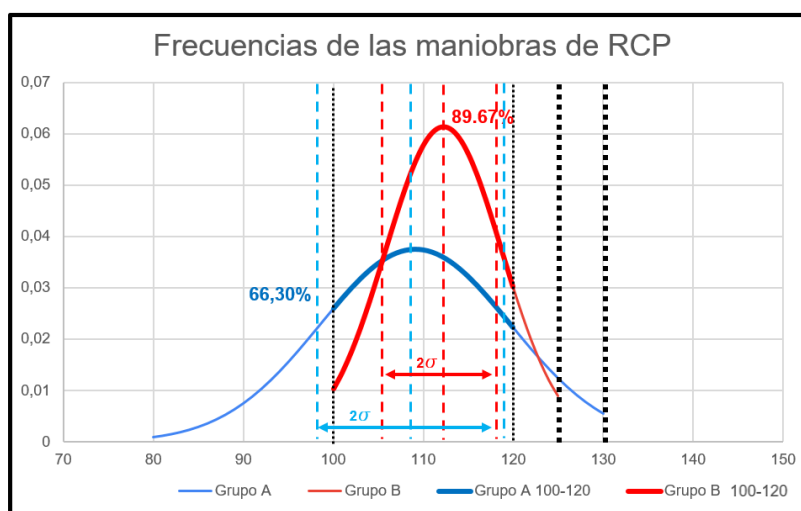


Figura 1. Media y desviación estándar de los datos de la frecuencia de las compresiones realizadas durante dos minutos.

c) Profundidad de las compresiones

En cuanto a profundidad de las compresiones, las guías indican que la misma tiene que estar entre los 5-6 cm. En este ensayo se analiza la profundidad promedio alcanzada por cada participante al realizar la maniobra de RCP. El 20% del grupo A logró trabajar en el rango de profundidad de compresiones correctas, mientras que el grupo B lo hizo en un 44% de los casos. Además, es importante destacar que la desviación en el grupo B respecto de los valores esperados es relativamente baja, en contraposición con la desviación del grupo A, que muestra una leve tendencia a trabajar a menor profundidad (figura 2).

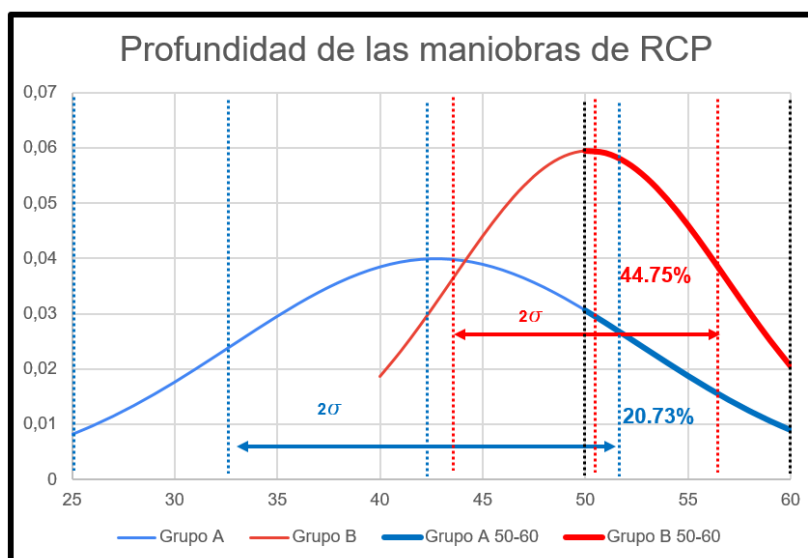


Figura 2. Media y desviación estándar de los datos de las compresiones.

4. Discusión

La importancia de entrenar a los futuros profesionales de la salud y población en general en reanimación cardiopulmonar radica en que es una técnica vital para salvar vidas en situaciones de emergencia médica (1). La RCP proporciona compresiones torácicas que ayudan a bombear la sangre desde el corazón a los órganos vitales del cuerpo, incluido el cerebro. Esto suministra oxígeno a los tejidos y evita daños cerebrales y de otros órganos que podrían ocurrir por la falta de oxígeno. Si estas maniobras, específicamente las compresiones, no se realizan correctamente la tasa de éxito en la reanimación disminuye drásticamente (2).

Para incrementar la tasa de supervivencia el entrenamiento utilizando dispositivos interactivos, que cuenten con realimentación en tiempo real, permite una RCP oportuna y adecuada que puede duplicar o triplicar las posibilidades de supervivencia de una persona que ha sufrido un paro cardíaco fuera del hospital (3). La capacitación en RCP no solo brinda habilidades prácticas, sino que también aumenta la confianza de las personas para actuar en situaciones de emergencia (4). Es necesario a la hora de entrenar en RCP que los equipos a utilizar sean, no solo validados por la opinión de los expertos, sino también mediante estudios comparativos, aleatorios y analizados en referencia a otros equipos comerciales con y sin realimentación. Esto nos permite garantizar que las capacitaciones dictadas con este equipo cumplen las normativas y recomendaciones de la AHA y otras asociaciones internacionales (5). En el caso de nuestro prototipo, no solo obtuvo el consenso de los expertos, sino que nuestro estudio de validación. La diferencia

fue concluyente con respecto a los beneficios de utilizar este simulador con respecto al que no es interactivo.

En cuanto al costo, la construcción de un prototipo puede tener un costo de hasta 4 veces menor que un simulador comercial de características similares. Pero su ventaja no es solo económica, también es importante considerar la disponibilidad, los tiempos de gestión de compra y las posibilidades de importación de los equipos que se encuentran en el mercado. Finalmente, cabe destacar a favor de nuestro prototipo, la disponibilidad de un servicio de técnico local y de repuestos de bajo costo, desarrollados por impresión 3D (6-8).

5. Conclusiones

- Hemos descrito la confección de un simulador de RCP de bajo coste.
- En el análisis de los resultados se puede observar que el grupo que realizó el entrenamiento con un simulador con realimentación en tiempo real ha realizado maniobras correctas de RCP en un porcentaje superior a las realizadas por el grupo control.
- Esta comparativa nos permite concluir que el simulador interactivo ha logrado cubrir las expectativas de los objetivos, permitiendo un aprendizaje más rápido y certero de las maniobras de RCP.
- Se necesitan nuevos estudios comparativos con distintas poblaciones y un mayor número de participantes que confirmen los resultados preliminares del presente estudio.

Financiación: El proyecto tiene financiación de la Secretaría de Investigación y Vinculación de la Universidad Católica de Córdoba.

Declaración de conflicto de interés: los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Contribuciones de los autores: Juan Luis Castagnola y Diego German Freille, conceptualizaron la idea, metodología, validación de los datos, curación de los datos, escritura y preparación de las etapas de diseño de la investigación, revisión y edición final del documento. María del Rosario Barelló, Paola Senatore y María Delfina Vélez Ibarra participaron en la implementación del prototipo, en la validación de los datos, revisión y edición final del documento.

Referencias

1. American Heart Association website. Highlights of the 2020 American Heart Association Guidelines for CPR and ECC. Disponible en: https://cpr.heart.org/-/media/cpr-files/cpr-guidelines-files/highlights/hghlghts_2020_ecc_guidelines_english.pdf
2. Duff JP, Topjian A, Berg MD, et al. 2019 American Heart Association focused update on pediatric advanced life support: an update to the American Heart Association guidelines for cardiopulmonary resuscitation and emergency cardiovascular care. *Circulation*. 2019;140(24):e904-e914. PMID: 31722551 <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31722551/>
3. Perkins GD, Graesner JT, Semeraro F, Olasveengen T, Soar J, Lott C, Van de Voorde P, Madar J, Zideman D, Mentzelopoulos S, Bossaert L, Greif R, Monsieurs K, Svavarsdóttir H, Nolan JP; European Resuscitation Council Guideline Collaborators. European Resuscitation Council Guidelines 2021: Executive summary. *Resuscitation*. 2021 Apr;161:1-60. doi: 10.1016/j.resuscitation.2021.02.003. Epub 2021 Mar 24. Erratum in: *Resuscitation*. 2021 May 4;163:97-98. PMID: 33773824. <https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2021.02.003>
4. Panchal AR, Berg KM, Hirsch KG, Kudenchuk PJ, Del Rios M, Cabañas JG, Link MS, Kurz MC, Chan PS, Morley PT, Hazinski MF, Donnino MW. 2019 American Heart Association Focused Update on Advanced Cardiovascular Life Support: Use of Advanced Airways, Vasopressors, and Extracorporeal Cardiopulmonary Resuscitation During Cardiac Arrest: An Update to the American Heart Association Guidelines for Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care. *Circulation*. 2019 Dec 10;140(24):e881-e894. Epub 2019 Nov 14. PMID: 31722552. <https://doi.org/10.1161/cir.0000000000000732>

5. Alonso CG, Natalia L, García F, Cortes M. . Desarrollo de un simulador de bajo costo para la adquisición de destrezas básicas en cirugía artroscópica. Revista de la Asociación Argentina de Ortopedia y Traumatología. 2014. 79. 107. 10.15417/339.
6. Cozzi JP, Mondino SA. Simulador Biomédico UCC. Trabajo Final de Grado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Católica de Córdoba. Mayo 2023.
7. Gaba DM. The future vision of simulation in health care. Qual Saf Health Care. 2004 Oct;13 (Suppl 1):i2-10. https://doi.org/10.1136/qhc.13.suppl_1.i2
8. Berger C, Brinkrolf P, Ertmer C, Becker J, Friederichs H, Wenk M, et al. Combination of problem-based learning with high-fidelity simulation in CPR training improves short and long-term CPR skills: a randomised single blinded trial. BMC Med Educ. 2019;19(1):1-10. <https://doi.org/10.1186/s12909-019-1626-7>
9. Proyectoaprendemergencias.es Puedes salvar una vida. [citado 07 agosto 2024]. Disponible en: <https://www.aprendemergencias.es/salud-y-primeros-auxilios/rcp-b%C3%A1sica-en-adulto/>
10. CAE Ares [citado 07 agosto 2024]. Disponible en: https://delec.com.ar/es/simulacion_medica/ares/



© 2024 Universidad de Murcia. Enviado para su publicación en acceso abierto bajo los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-Sin Obra Derivada 4.0 España (CC BY-NC-ND) (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).