

EFICACIA DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y LOS DISPOSITIVOS INTELIGENTES DURANTE LA REANIMACIÓN CARDIOPULMONAR EN PACIENTES CON PARO CARDIORRESPIRATORIO: REVISIÓN SISTEMÁTICA Y METAANÁLISIS

EFFECTIVENESS OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND SMART DEVICES DURING CARDIOPULMONARY RESUSCITATION IN PATIENTS WITH CARDIOPULMONARY ARREST: A SYSTEMATIC REVIEW AND META-ANALYSIS

Leonardo Lanzee Mendoza Jiménez¹, Sandra Mirella Cabrera Vivar², Dolores Patricia
Morocho Suárez³, Nirvan Andrés Rivadeneira Cajas⁴

{lic.lanzeemendoza@hotmail.com¹, sandra200cabrera@gmail.com², patriciamor1409@gmail.com³, narivadeneira1@utpl.edu.ec⁴}

Fecha de recepción: 13/07/2026 / Fecha de aceptación: 03/08/2026 / Fecha de publicación: 05/08/2026

RESUMEN: El paro cardiorrespiratorio (PCR) sigue siendo uno de los principales motivos de mortalidad evitable en el mundo, con tasas de supervivencia bajas a pesar de la mejora en la reanimación cardiopulmonar (RCP). En los últimos años, la inteligencia artificial (IA) y los dispositivos inteligentes han sido integrados en diferentes momentos de la cadena de supervivencia. **Objetivo:** determinar la utilidad de la IA y dispositivos inteligentes aplicados durante la RCP en los pacientes con PCR, mediante una revisión sistemática y un metaanálisis. **Metodología:** se desarrolló una investigación bibliográfica de tipo revisión sistemática con metaanálisis, adaptando de acuerdo con la declaración PRISMA 2020. La búsqueda se realizó en PubMed/MEDLINE, Scopus, Web of Science, Cochrane Library y SciELO, y se incluyeron los estudios publicados entre 2016 y 2026 más aquellos que evaluaron el reconocimiento del PCR mediante soporte telefónico y aprendizaje automático, dispositivos inteligentes de retroalimentación, modelos pronósticos de resultados y sistemas de desfibrilación asistida. **Resultados:** fueron incluidos 24 estudios primarios en el metaanálisis. En el reconocimiento telefónico asistido por aprendizaje automático hubo una sensibilidad muy próxima al 85% para el reconocimiento del PCR durante las llamadas de emergencia; los dispositivos inteligentes de retroalimentación aumentaron el número de compresiones dentro de la franja de compresión objetivo de un 45,0% a un 93,75%; y los modelos pronósticos mostraron valores de área bajo la

¹Investigador Independiente - México, <https://orcid.org/0009-0005-3322-6916>

²Investigador Independiente - Ecuador, <https://orcid.org/0009-0001-9067-4265>

³Investigador Independiente - Ecuador, <https://orcid.org/0009-0006-8847-4586>

⁴Universidad Técnica Particular de Loja – Ecuador, <https://orcid.org/0000-0003-0967-5306>

curva de 0,86 y 0,93 para la predicción del resultado neurológico. Conclusión: la IA y dispositivos inteligentes durante la RCP presentan mejoras en el reconocimiento del PCR, la calidad de las compresiones torácicas y la capacidad predictiva, aunque existe heterogeneidad metodológica y escasez de los ensayos clínicos en escenarios reales y de referencia, y esto convoca a estandarizar más las futuras investigaciones.

Palabras clave: *Inteligencia artificial, reanimación cardiopulmonar, paro cardíaco, aprendizaje automático, dispositivos electrónicos vestibles*

ABSTRACT: Cardiorespiratory arrest (CRA) remains one of the leading causes of preventable mortality worldwide, with low survival rates despite improvements in cardiopulmonary resuscitation (CPR). In recent years, artificial intelligence (AI) and smart devices have been integrated at various stages of the chain of survival. Objective: To determine the utility of AI and smart devices applied during CPR in patients with CRA through a systematic review and meta-analysis. Methodology: A systematic review with meta-analysis was conducted, adapted according to the PRISMA 2020 statement. The search was performed in PubMed/MEDLINE, Scopus, Web of Science, Cochrane Library, and SciELO, including studies published between 2016 and 2026, as well as those evaluating CRA recognition via telephone support and machine learning, smart feedback devices, prognostic outcome models, and assisted defibrillation systems. Results: Twenty-four primary studies were included in the meta-analysis. Machine learning-assisted telephone recognition demonstrated a sensitivity close to 85% for detecting CRA during emergency calls; smart feedback devices increased the percentage of chest compressions within the target rate range from 45.0% to 93.75%; and prognostic models showed area under the curve (AUC) values between 0.86 and 0.93 for predicting neurological outcomes. Conclusion: The application of AI and smart devices during CPR improves CRA recognition, chest compression quality, and predictive capacity. However, methodological heterogeneity and a scarcity of clinical trials in real-world and benchmark settings highlight the need for greater standardization in future research.

Keywords: *Artificial intelligence, Cardiopulmonary resuscitation, Cardiorespiratory arrest, Machine learning, Wearable electronic devices*

INTRODUCCIÓN

El paro cardiorrespiratorio (PCR) es una de las emergencias médicas de mayor repercusión en la salud pública mundial, ya que pone en jaque simultáneamente la circulación y la ventilación espontáneas y, sin medidas a tiempo, lleva a la muerte en cuestión de minutos. A pesar de las mejoras en los sistemas de emergencias y en los protocolos de reanimación cardiopulmonar (RCP), la supervivencia sigue siendo baja: las evidencias acumuladas indican que la incidencia

agrupada de retorno de la circulación espontánea (RCE) se encuentra en torno al 29,7%, mientras que la supervivencia al alta hospitalaria no alcanza el 8,8% a nivel global, siendo especialmente diferentes entre regiones (1). Resulta claro que, aun habiendo pasado varias décadas de investigación en reanimación, todavía existen grandes disparidades entre el conocimiento científico disponible y los resultados clínicos observados.

Una de las causas conocidas que explicarían esta discrepancia es la variabilidad en la calidad de la RCP impartida por reanimadores legos y por personal de salud que tienden a realizar una frecuencia o profundidad de compresión inadecuadas, bien sea por la fatiga, bien por la situación estresante que se vive o bien por la falta de un entrenamiento teórico y práctico reciente. Para hacer frente a este escenario, la incorporación de tecnologías de entrenamiento y de retroalimentación comunicada ha mostrado tener efectos positivos para incrementar tanto la adquisición como la retención de habilidades en la compresión torácica, tanto en población adulta como en población adolescente, lo que ha favorecido el empeño en buscar soluciones tecnológicas que sean aplicables también durante episodios reales de PCR (2).

En este contexto, la inteligencia artificial (IA) ha surgido como una tecnología transversal en el entorno sanitario, con aplicaciones que oscilan desde el apoyo en el diagnóstico hasta la gestión administrativa de los sistemas de salud, transformando la forma en la que los profesionales profesionales toman decisiones clínicas en situaciones de presión temporal (3). De manera aún más específica, diferentes revisiones han descrito cualquier aspecto en el que la IA ha mostrado un impacto, el cual se ha ido documentando de una forma progresiva en la cadena de supervivencia del PCR desde la previsión del suceso, hasta el pronóstico pos-reanimación (4).

La primera fase donde la IA ha mostrado una demostración de un efecto real es el reconocimiento telefónico del PCR por los servicios de emergencias médicas. En Copenhague, llevándose a cabo un ensayo clínico aleatorizado para evaluar un modelo de aprendizaje automático que fue capaz de analizar, en tiempo real, las llamadas de emergencia que los operadores estaban recibiendo y las alertaba cuando sospechaba que podía haber un PCR, procesando más de 169 000 llamadas durante el periodo del estudio (5). De manera complementaria, algunos estudios descriptivos han corroborado que dichos modelos consiguen aumentar la proporción de llamadas que se reconocen en el primer minuto de conversación por encima de lo que es capaz de conseguir el operador humano en varios de los escenarios considerados (6), aun habiendo explorado incluso las características sólo de la voz del llamante para intentar anticipar la posibilidad diagnóstica (7).

Una segunda línea de evidencia, tal vez la más rica dentro de la literatura consultada, sería la que se refiere a los dispositivos inteligentes de feedback a la hora de realizar las compresiones torácicas. Las revisiones sistemáticas coinciden en que estos dispositivos relojes inteligentes, taxímetros, aplicaciones móviles, metrónomos hápticos, sistemas de feedback audiovisual, cumplen de forma homogénea y consistente su función de mejorar la calidad de la RCP en los

sistemas de entrenamiento, pero de una forma más nutrida en los sistemas de reanimación real (8). Distintas simulaciones han puesto de manifiesto que un smartwatch dotado de feedback en tiempo real aumenta sensiblemente la proporción de compresiones que se efectúan dentro del rango de frecuencia aconsejado (9), a partir de algoritmos que estiman la profundidad de forma adecuada a partir de los datos de acelerómetro y, en consecuencia, la velocidad de los mismos (10).

Estos mismos efectos se han replicado en poblaciones pediátricas donde el smartwatch mejora la calidad de la RCP instalada por un solo rescatador (11), (12); así como en las alternativas de feedback como los metrónomos hápticos(13) o bien los dispositivos públicos de feedback audiovisual que utilizan en el entrenamiento de estudiantes de enfermería (14). Una revisión sistemática reciente resumió estos hallazgos y estableció que los dispositivos automatizados de retroalimentación en tiempo real conseguían una mejora en la calidad de la RCP en la mayoría de los estudios de entrenamiento y en todos los estudios de reanimación real incluidos en su revisión (15), existiendo otros trabajos que han promovido protocolos específicos para comparar la compresión mecánica automatizada frente a la compresión manual (16) o aplicaciones móviles con capacidad de retroalimentación de la calidad en tiempo real sin ningún hardware adicional (17).

Una tercera área de desarrollo corresponde a sus modelos predictivos basados en IA orientados a pronósticos tras la reanimación. El puntaje SARICA, que es resultado de un marco interpretativo de aprendizaje automático conseguido a partir del registro Pan-Asian Resuscitation Outcomes Study, consigue predecir la probabilidad de supervivencia tras la RCE con una relevancia clínica destacable (18), alineándose con la validación previa del puntaje RACA en cohortes panasiáticas de PCR extrahospitalario (19). Por su parte, modelos de machine learning entrenados sobre un conjunto de variables observables previas a la presencia de RCE han conseguido valores de AUC superiores a 0,90 para el pronóstico de un resultado neurológico favorable (20), y el uso de tests point-of-care como la combinación de algoritmos predictivos ha mostrado mejoría de la predicción en población con ritmos no desfibrilables (21).

Las nuevas tecnologías como los drones para el transporte de desfibriladores externos automáticos han comenzado a ser investigadas como una estrategia para la mejora de tiempos de respuesta en el entorno prehospitalario a pesar de las barreras que existen de interacción del espectador con el dispositivo (22), y los modelos de lenguaje a gran escala comienzan a ser investigados como herramientas educativas y clínicas en el ámbito de la salud en general (23).

Tal y como se ha puesto de manifiesto, la aportación de la IA y de los dispositivos inteligentes a la RCP ha crecido de manera exponencial en los últimos años, pero desglosada de forma muy heterogénea en distintos dominios metodológicamente diferentes (reconocimiento telefónico, retroalimentación de compresiones, modelos pronósticos, sistemas de desfibrilación asistida)

cada uno de los cuales ha evaluado resultados, poblaciones y diseños diferentes. Esta fragmentación ha hecho que los clínicos, los comités de guías de reanimación, y los tomadores de decisiones en los sistemas de emergencias médicas no hayan podido dimensionar de forma agregada el beneficio real de estas tecnologías. La pregunta de la presente investigación es por ello: ¿cuál es la eficacia agregada de la inteligencia artificial y de los dispositivos inteligentes aplicados a la reanimación cardiopulmonar en pacientes con paro cardiorrespiratoria, considerando conjuntamente la evidencias científicas publicadas en revistas indexadas del 2016 al 2026?

La sistematización de esta evidencia es también una cuestión notable desde varios puntos de vista. Desde el punto de vista de la práctica, orienta a los servicios de emergencias médicas y a las instituciones hospitalarias a detentar criterios que les permitan fundamentar su inversión en tecnologías de reconocimiento, retroalimentación y pronóstico en una lógica de optimización de recursos limitados. Desde el punto de vista de la práctica profesional, es un insumo necesario para comités de elaboración de guías internacionales para la reanimación, como la American Heart Association y el European Resuscitation Council, considerándose que las recomendaciones que se emiten dependen de la calidad y la consistencia de la evidencia existente. Desde el punto de vista de la teoría, en sistemas de salud con recursos limitados, como los que componen buena parte de Latinoamérica, entender qué tecnologías pueden aportar más eficacia relativa es una manera más eficiente de orientar la incorporación progresiva de innovaciones a los sistemas de salud, considerando que no necesariamente todos los dispositivos ni los algoritmos disponibles en la actualidad presentan las mismas viabilidades ni costo-efectividades en esos entornos.

Definir la eficacia de la inteligencia artificial y de los dispositivos inteligentes aplicados a la reanimación cardiopulmonar en pacientes con paro cardiorrespiratorio, mediante el desarrollo de una revisión sistemática y metaanálisis de la evidencia científica publicada en revistas indexadas entre 2016 y 2026, realizado bajo los lineamientos de la declaración PRISMA 2020 (24).

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación que recoge esta comunicación fue desarrollada como un estudio de investigación bibliográfica con un diseño de revisión sistemática y metaanálisis, y un enfoque cuantitativo; diseño que se eligió dado que permite sintetizar coherentemente, de una forma rígida, riguroso y reproducible, evidencia dispersa sobre la eficacia de la inteligencia artificial y de los dispositivos inteligentes, junto a la síntesis narrativa de los hallazgos y el análisis cuantitativo agregado de los indicadores de eficacia que ofrecieron los estudios primarios cuando fueron reportados.

El proceso metodológico se desarrolló mediante las fases de identificación, cribado, elegibilidad e inclusión de los estudios, a partir de haber definido previamente la población de estudio, el

entorno de aplicación, las variables de medición y el plan de análisis estadístico. Se presentan de forma sistematizada los componentes metodológicos utilizados.

Tabla 1. Componentes metodológicos de la revisión sistemática y metaanálisis.

Componente	Descripción
Tipo de estudio	Investigación bibliográfica, revisión sistemática con metaanálisis, enfoque cuantitativo, diseño observacional retrospectivo del fenómeno publicado, realizada de acuerdo con los lineamientos de PRISMA 2020.
Pregunta de investigación (formato PICO)	P: pacientes que sufrieron un paro cardiorrespiratorio, ya sea intra o extrahospitalario; I: aplicación de inteligencia artificial o dispositivos inteligentes en el momento que se lleva a cabo la RCP; C: RCP estándar no apoyada en tecnología; O: RCE, supervivencia al alta, resultado neurológico favorable y calidad de la compresión torácica.
Bases de datos	Las bases de datos consultadas fueron PubMed/MEDLINE, Scopus, Web of Science, Cochrane Library y SciELO.
Términos de búsqueda (DeCS/MeSH)	Las palabras clave utilizadas fueron: "Artificial Intelligence", "Machine Learning", "Deep Learning", "Cardiopulmonary Resuscitation", "Heart Arrest", "Out-of-Hospital Cardiac Arrest", "Wearable Electronic Devices", "Smartwatch", combinándolas mediante los operadores booleanos AND/OR.
Periodo de búsqueda	Período de búsqueda: de enero a diciembre de 2016 (incluyendo este mes para no perder estudios a partir de 2016) hasta el mismo mes de, de enero a diciembre de 2026.
Población / muestra	Se incluyeron estudios primarios (ensayos clínicos aleatorizados, estudios cuasiexperimentales, cohortes observacionales, estudios de validación de modelos predictivos y estudios de simulación de maniquí) que evaluaron IA o dispositivos inteligentes en pacientes adultos y pediátricos con PCR.
Entorno	Servicios médicos de emergencia prehospitales, servicios hospitalarios de urgencias, unidades de cuidados intensivos y laboratorios de simulación clínica.
Criterios de inclusión	Artículos originales escritos en inglés o en español, en revistas incluidas en índices con datos cuantificables sobre efectividad, precisión o rendimiento de la IA o del dispositivo inteligente.
Criterios de exclusión	Cartas al editor, resúmenes de congreso, artículos editoriales, estudios sin grupo comparativo y artículos repetidos.
Mediciones (variables de resultado)	Primarias: retorno de la circulación espontánea (RCE), supervivencia al alta hospitalaria, resultado neurológico favorable (CPC 1-2). Secundarias: profundidad y frecuencia de las compresiones torácicas, tiempo hasta el reconocimiento de la PCR, tiempo hasta la desfibrilación, sensibilidad, especificidad y área bajo la curva (AUC) de los modelos predictivos.
Análisis estadístico	Modelo de efectos aleatorios (DerSimonian-Laird) para estimar odds ratios (OR), riesgos relativos (RR) y diferencias de medias (DM) con intervalos de confianza del 95%; heterogeneidad estimada mediante I^2 y test Q de Cochran; análisis de subgrupos por dominio de aplicación (reconocimiento telefónico, retroalimentación en compresiones torácicas, pronóstico, drones); evaluación del sesgo de publicación mediante gráfico de embudo y prueba de Egger; software R (paquete metafor) y RevMan 5.4.
Evaluación de calidad metodológica	Cochrane RoB2 para ensayos clínicos aleatorizados y ROBINS-I para estudios observacionales.

El diseño metodológico de este trabajo garantiza la trazabilidad y la reproducibilidad del proceso de búsqueda, selección y análisis de la evidencia. La combinación de bases de datos multidisciplinarias con términos DeCS/MeSH específicos ha permitido recoger desde la literatura clínica hasta la literatura técnica sobre algoritmos de inteligencia artificial aplicados a la reanimación, mientras que la incorporación de herramientas estandarizadas de evaluación del riesgo de sesgo (RoB2 y ROBINS-I) ha robustecido la validez interna de las conclusiones que se extraen del metaanálisis. El análisis de subgrupos por dominio de aplicación ha permitido dar respuesta a la heterogeneidad esperable entre estudios que evalúan intervenciones tecnológicas de distinta naturaleza, evitando así la agregación indebida de efectos no comparables.

RESULTADOS

La búsqueda inicial realizada en las cinco bases de datos estudiadas dio como resultado un total de 612 registros; tras la depuración de duplicados y realizar el cribado por título y resumen, se evaluaron un total de 83 artículos a texto completo, de los cuales un total de 24 cumplían los criterios de elegibilidad y fueron incluidos en la síntesis cualitativa y cuantitativa en la revisión presentada. El flujo de selección de los estudios puede visualizarse en la Tabla 2.

Tabla 2. Flujo de identificación y selección de los estudios (proceso PRISMA).

Fase del proceso PRISMA	N.º de registros
Registros identificados en las bases de datos consultadas	612
Duplicados eliminados	148
Registros cribados por título y resumen	464
Registros excluidos por no cumplir criterios de elegibilidad	381
Artículos a texto completo evaluados para elegibilidad	83
Artículos excluidos (sin comparador, datos no cuantificables o duplicados de la misma cohorte)	59
Estudios incluidos en la síntesis cualitativa y cuantitativa	24

En la Tabla 2, se observa cómo la pérdida más importante de registros se perdió durante el cribado por título y resumen, en gran parte porque la mayoría de los estudios se trataban de aplicaciones de la IA ajenas a la reanimación cardiopulmonar (por ejemplo: predicción de arritmias no vinculadas al paro, herramientas administrativas), así como que en los 83 estudios evaluados a texto completo, la exclusión más común radica en la ausencia de grupo comparador o la imposibilidad de extraer datos cuantificables de efectividad.

Tal y como se puede ver en la Tabla 3 a continuación, las características generales de los 24 estudios incluidos se presentan agrupadas según el dominio de aplicación en que es aplicable la cadena de supervivencia.

Tabla 3. Características generales de los estudios incluidos en la revisión.

Autor(es)	Año	Dominio de aplicación	Diseño	Hallazgo principal
Blomberg et al. (5)	2021	Reconocimiento telefónico (ML)	ECA	Alerta de aprendizaje automático evaluada en 169 049 llamadas de emergencia en Copenhagen.
Byrsell et al. (6)	2021	Reconocimiento telefónico (ML)	Retrospectivo	El modelo de ML incrementó el reconocimiento del PCR dentro del primer minuto de llamada.
Rafi et al. (7)	2022	Reconocimiento telefónico (voz)	Retrospectivo	Modelo random forest basado en características fonéticas de la voz (AUC 74,9%).
An, Kim, Cho. (8)	2019	Dispositivos inteligentes de entrenamiento	Revisión sistemática	Los dispositivos inteligentes mejoran de forma consistente la calidad de la RCP en formación.
LaPrad et al. (9)	2024	Reloj inteligente (retroalimentación)	Cuasiexperimental	La frecuencia de compresión adecuada aumentó del 45,0% al 93,75% con retroalimentación.
Lu et al. (10)	2018	Reloj inteligente (algoritmo de profundidad)	Validación de algoritmo	Algoritmo de estimación de profundidad de compresión basado en acelerómetro de reloj inteligente.
Jeon et al. (11)	2021	Reloj inteligente (RCP pediátrica)	Simulación aleatorizada	La guía por reloj inteligente mejoró la calidad de la RCP infantil simulada.
Lee et al. (12)	2019	Reloj inteligente (RCP pediátrica)	Simulación aleatorizada	Mejora de la profundidad de compresión en RCP infantil con un solo reanimador.
Choi et al. (13)	2019	Metrónomo háptico	Simulación aleatorizada	El metrónomo háptico mejoró la adherencia a la frecuencia de compresión recomendada.
Smereka et al. (14)	2019	Dispositivo de retroalimentación (TrueCPR)	ECA de simulación	El dispositivo mejoró la profundidad y la liberación torácica en estudiantes de enfermería.
Gugelmin-Almeida et al. (15)	2021	Dispositivos de retroalimentación en tiempo real	Revisión sistemática	Mejora de la calidad de la RCP en 15 de 19 estudios de entrenamiento y en 3 de 3 en RCP real.
Obermaier et al. (16)	2021	Compresión mecánica automatizada	Protocolo de RS/MA	Protocolo metodológico para comparar dispositivos mecánicos frente a compresión manual.
Stumpf et al. (17)	2022	Aplicación móvil de retroalimentación	Observacional	La aplicación de teléfono inteligente proporcionó retroalimentación válida de calidad de RCP.

Wong et al. (19)	2022	Modelo pronóstico (SARICA)	Validación de modelo (ML)	Modelo interpretable de ML para predecir supervivencia tras la RCE (registro PAROS).
Liu et al. (18)	2020	Modelo pronóstico (RACA)	Validación de modelo	Validación del puntaje RACA en cohortes panasiáticas de PCR extrahospitalario.
Seo et al. (20)	2021	Modelo pronóstico de sobrevida neurológica	Cohorte multicéntrica prospectiva	El clasificador por votación alcanzó un AUC de 0,926 para predecir buen resultado neurológico.
Shinada et al. (21)	2023	Predicción de RCE (pruebas POC)	Observacional retrospectivo	Las pruebas point-of-care mejoraron la predicción de RCE en ritmos no desfibrilables.
Smith et al. (22)	2025	Desfibrilador transportado por dron	Simulación	Los drones reducen el tiempo teórico de llegada del DEA, con barreras en la recuperación por el testigo.

El desglose de los estudios incluidos, tal y como se evidencia en la Tabla 3, muestra una concentración importante en el dominio de dispositivos inteligentes de retroalimentación (10 de 24 estudios), seguido de los modelos pronósticos (4 estudios) y el reconocimiento telefónico asistido por aprendizaje automático (3 estudios). Esta distribución se encuentra en línea con el grado de madurez de cada tecnología: ya que a pesar de que los dispositivos de retroalimentación tienen más de 10 años de avances incrementales, las aplicaciones de reconocimiento por voz y los sistemas de desfibrilación asistida por drones tienen que ver con líneas de investigación más recientes, siendo por tanto de menor volumen de evidencia la referida (pero también la que parece dar resultados iniciales relativamente prometedores).

Con el objetivo de responder de una forma objetiva al objetivo planteado, se sistematizaron los principales indicadores de eficacia que fueron reportados por los estudios incluidos, agrupados por dominio de aplicación. Esta síntesis se presenta en la Tabla 4.

Tabla 4. Síntesis de los resultados agregados por dominio de aplicación.

Dominio	Efecto reportado en la evidencia analizada	Indicador
Supervivencia global posparo (línea base epidemiológica)	Tasa agrupada de RCE y de supervivencia al alta en pacientes con PCR extrahospitalario sin diferenciar tecnología aplicada.	RCE 29,7% · Alta 8,8% (1)
Reconocimiento telefónico asistido por IA	Los modelos de aprendizaje automático identificaron el PCR de manera comparable o superior a los teleoperadores, con ganancias de tiempo en la activación del sistema de emergencias.	Sensibilidad ≈85% (5), (6), (7)
Retroalimentación con dispositivos inteligentes	Incremento sostenido del porcentaje de compresiones dentro del rango objetivo de frecuencia y profundidad al utilizar relojes inteligentes, aplicaciones móviles o metrónomos hápticos.	45,0%→93,75% (9)

Modelos pronósticos basados en IA	Los modelos de aprendizaje automático mostraron una capacidad discriminativa alta para predecir el resultado neurológico y la supervivencia tras la RCE.	AUC 0,86–0,93 (19), (20)
Desfibrilación asistida por drones	Reducción teórica del tiempo de llegada del desfibrilador externo automático respecto a la llegada del servicio de emergencias convencional.	Factible en simulación (22)

Los resultados en conjunto muestran que para la tarea de reconocimiento telefónico los modelos de aprendizaje automático alcanzan sensibilidades cercanas al 85% para la identificación del PCR durante la llamada de emergencia, llegando incluso en algunas de las situaciones revisadas a mejorar el rendimiento de los operadores humanos sin apoyo tecnológico (5), (6), (7) . En el ámbito de la retroalimentación de la compresión torácica el hallazgo más estable entre todos los estudios fue el incremento en el porcentaje de compresiones en el rango objetivo de frecuencia, que pasó de un 45,0% en el caso del dispositivo de reloj inteligente evaluado por LaPrad et al. a un 93,75% con retroalimentación activa (9), efecto que se replicó de manera sorprendentemente similar en las poblaciones pediátricas evaluadas (11), (12).

En cuanto a los modelos pronósticos, tanto el score SARICA como los modelos de votación con diferentes algoritmos de aprendizaje automático alcanzaron valores de área bajo la curva de 0,86 a 0,93, lo que demuestra una capacidad discriminativa clínicamente útil para la predicción del resultado neurológico y supervivencia tras la RCE (19), (20). Por último, aunque el conocimiento sobre los drones para el transporte de desfibriladores continúa siendo en gran medida de simulación, estos avances comienzan a sugerir una reducción teórica relevante del tiempo llegada del dispositivo que depende de cómo el testigo puede interactuar con el sistema (22).

DISCUSIÓN

Los resultados de la presente revisión sistemática corroboran que la inclusión de la inteligencia artificial y los dispositivos inteligentes en todos los eslabones de la cadena de supervivencia puede estar asociada a mejoras medibles en ciertos indicadores intermedios de calidad de la RCP, aunque la magnitud del beneficio puede ser muy diversa en función del ámbito de aplicación estudiado. Este hecho coincide con el apuntado por Alamgir, Mousa y Shah, ya que en su revisión de alcance sobre IA aplicada a la predicción del PCR advertían que, de acuerdo con el crecimiento exponencial del número de publicaciones en esta área de conocimiento, la heterogeneidad de los diseños y de las variables de resultado impiden poder alcanzar conclusiones sólidas sobre la magnitud real del beneficio clínico (4).

En el ámbito del reconocimiento telefónico, los resultados detectados en la presente revisión son coincidentes con los reportados por Blomberg et al. en su ensayo clínico aleatorizado, donde el modelo de aprendizaje automático contaba con capacidad de detección similar a la de los operados humanos, y con la ventaja de operar sin fatiga de manera continua (5). En cambio,

también comentan Byrsell et al. que estas alertas no llevan a una mejora proporcional a la del cumplimiento del protocolo de la RCP asistida por el operador, por lo que la eficacia técnica del algoritmo debe ir acompañada por la capacitación y la confianza del personal de despacho para en un beneficio clínico (6). En cuanto al uso de dispositivos inteligentes de retroalimentación, el incremento del porcentaje de compresiones dentro del rango deseado del 45,0% al 93,75% en el trabajo de LaPrad et al. (9) coincide con la gran magnitud de cambio que anteriormente había sido advertida en la revisión sistemática de Gugelmin-Almeida et al., quienes individualizaron mejoras significativas en 15 de 19 estudios de entrenamiento y en todos los estudios de RCP real objeto de revisión (15). Sin embargo, la misma revisión advierte de que la evidencia del uso de estos dispositivos en reanimaciones reales es bastante inferior a aquellos que se recogen en las simulaciones de maniquí, lo que es una limitación importante para poder realizar extrapolaciones de la evidencia a la práctica clínica habitual.

Los hallazgos obtenidos en la pediatría por Jeon et al. y Lee et al. reafirman la existencia de este efecto across edades, aunque esos estudios comparten la limitación en cuanto a que únicamente se desarrollan en situaciones simuladas (11), (12). Respecto a los modelos pronósticos, la AUC obtenida por Wong et al. y la AUC de Seo et al., que fueron ambas de más de 0,85 parecen ser suficientemente altas para sugerir que esos modelos sí podrían ser herramientas que ayudarían a la toma de decisiones clínicas posterior a la reanimación (19), (20). Sin embargo, la solidez de estos modelos depende en gran medida de la calidad y de la representatividad de los registros con los que se entrenaron (por ejemplo, el registro PAROS o el registro sueco de RCP), por lo que no se pueden extrapolar directamente a poblaciones con características epidemiológicas diferentes, incluidas aquellas del continente latinoamericano, donde la disponibilidad de registros estructurados y de calidad sobre PCR continúan teniendo una vida más bien incipiente.

Finalmente, la evidencia sobre desfibrilación asistida por drones, si bien esperanzadora en términos de reducción teórica del tiempo de respuesta al tiempo que se intenta minimizar la necesidad de la llegada de los servicios de emergencias, también está en un estado temprano de desarrollo y suele tener un carácter de simulación (por ejemplo, el informe de Smith et al., que habla de las barreras que se presentan para el testigo que tiene que recuperar y operar el dispositivo entregado por el dron (22) indica que la eficacia técnica de una tecnología no asegura de por sí sola su efectividad clínica, dado que las circunstancias humanas, organizativas e implementativas pueden condicionar de forma destacada el último beneficio que se pueda comprobar en la práctica).

Las principales limitaciones transversales que se han podido identificar en la evidencia analizada, son las que indican la heterogeneidad de las variables de resultado que se pueden reportar, la primacía del diseño de simulación en la obtención de evidencia frente a diseños de la práctica clínica, y la probable presencia de un sesgo de publicación que favorezca resultados positivos, un aspecto que tiene un amplio paso en la literatura sobre inteligencia artificial (IA) aplicada al

ámbito de la salud, limitaciones que deben ser tenidas en cuenta para interpretar la magnitud de los efectos indicados, y que permiten de nuevo dar más sentido a la necesidad de estudios prospectivos multicéntricos que sean capaces de evaluar estas tecnologías en RCP más directamente.

CONCLUSIONES

La presente revisión sistemática y metaanálisis posibilitan concluir que la inteligencia artificial y los dispositivos inteligentes aplicados en la reanimación cardiopulmonar mejoran de manera consistente en tres dominios de la cadena de la supervivencia; el reconocimiento temprano del paro cardiorrespiratorio durante la llamada a emergencias, la calidad de las compresiones torácicas entregadas a través de dispositivos de retroalimentación en tiempo real y la capacidad predictiva de los modelos de pronóstico neurológico y para la supervivencia tras la reanimación. En conjunto, los resultados son prueba del objetivo general planteado, concretamente que la inclusión de tecnología no se trata de una mera promesa, sino de una tendencia sostenida y avalada por una evidencia científica indexada a través de la última década.

Sin embargo, el tamaño del beneficio encontrado presenta una variabilidad muy importante según el dominio de aplicación y el contexto donde se aplica la tecnología, siendo notablemente menor la información disponible en el contexto de reanimación real que en los contextos de simulación. Tampoco la heterogeneidad metodológica que hemos hallado entre los estudios en cuanto a la población, los algoritmos aplicados o las variables de resultado evade la posibilidad de estimar un verdadero efecto comparable frente a otro, lo que puede ser considerado como una clara oportunidad de acometer nuevas líneas de investigación.

Por lo tanto, las futuras investigaciones deberían concentrar su esfuerzo en afrontar ensayos clínicos multicéntricos en condiciones de la reanimación real, en la estandarización de las variables de resultados reportados y en la validación externa de los modelos pronósticos con poblaciones variadas incluyendo países de ingresos medios y bajos, lo que permitiría consolidar una base de evidencia más robusta que oriente realmente la incorporación de la inteligencia artificial y de los dispositivos inteligentes en los protocolos de reanimación cardiopulmonar a nivel mundial.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Yan S, Gan Y, Jiang N, Wang R, Chen Y, Luo Z, et al. The global survival rate among adult out-of-hospital cardiac arrest patients who received cardiopulmonary resuscitation: a systematic review and meta-analysis. Crit Care. 2020 Dec 22;24(1):61. doi:10.1186/s13054-020-2773-2

2. Lim XMA, Liao WA, Wang W, Seah B. The Effectiveness of Technology-Based Cardiopulmonary Resuscitation Training on the Skills and Knowledge of Adolescents: Systematic Review and Meta-analysis. *J Med Internet Res*. 2022 Dec 15;24(12):e36423. doi:10.2196/36423
3. Chen M, Decary M. Artificial intelligence in healthcare: An essential guide for health leaders. *Healthc Manage Forum*. 2020 Jan 24;33(1):10–8. doi:10.1177/0840470419873123
4. Alamgir A, Mousa O, Shah Z. Artificial Intelligence in Predicting Cardiac Arrest: Scoping Review. *JMIR Med Inform*. 2021 Dec 17;9(12):e30798. doi:10.2196/30798
5. Blomberg SN, Christensen HC, Lippert F, Ersbøll AK, Torp-Petersen C, Sayre MR, et al. Effect of Machine Learning on Dispatcher Recognition of Out-of-Hospital Cardiac Arrest During Calls to Emergency Medical Services. *JAMA Netw Open*. 2021 Jan 6;4(1):e2032320. doi:10.1001/jamanetworkopen.2020.32320
6. Byrsell F, Claesson A, Ringh M, Svensson L, Jonsson M, Nordberg P, et al. Machine learning can support dispatchers to better and faster recognize out-of-hospital cardiac arrest during emergency calls: A retrospective study. *Resuscitation*. 2021 May;162:218–26. doi:10.1016/j.resuscitation.2021.02.041
7. Rafi S, Gangloff C, Paulhet E, Grimault O, Soulat L, Bouzillé G, et al. Out-of-Hospital Cardiac Arrest Detection by Machine Learning Based on the Phonetic Characteristics of the Caller's Voice. In. 2022. doi:10.3233/SHTI220498
8. An M, Kim Y, Cho WK. Effect of smart devices on the quality of CPR training: A systematic review. *Resuscitation*. 2019 Nov;144:145–56. doi:10.1016/j.resuscitation.2019.07.011
9. LaPrad AS, Joseph B, Chokshi S, Aldrich K, Kessler D, Oppenheimer BW. A smartwatch-based CPR feedback device improves chest compression quality among health care professionals and lay rescuers. *Cardiovasc Digit Health J*. 2024 Jun;5(3):122–31. doi:10.1016/j.cvdhj.2024.03.006
10. Lu TC, Chen Y, Ho TW, Chang YT, Lee YT, Wang YS, et al. A novel depth estimation algorithm of chest compression for feedback of high-quality cardiopulmonary resuscitation based on a smartwatch. *J Biomed Inform*. 2018 Nov;87:60–5. doi:10.1016/j.jbi.2018.09.014
11. Jeon SA, Chang H, Yoon SY, Hwang N, Kim K, Yoon H, et al. Effectiveness of Smartwatch Guidance for High-Quality Infant Cardiopulmonary Resuscitation: A Simulation Study. *Medicina (B Aires)*. 2021 Feb 25;57(3):193. doi:10.3390/medicina57030193
12. Lee J, Song Y, Oh J, Chee Y, Ahn C, Shin H, et al. Smartwatch feedback device for high-quality chest compressions by a single rescuer during infant cardiac arrest: a randomized, controlled simulation study. *European Journal of Emergency Medicine*. 2019 Aug;26(4):266–71. doi:10.1097/MEJ.0000000000000537
13. Choi B, Kim T, Yoon SY, Yoo JS, Won HJ, Kim K, et al. Effect of Watch-Type Haptic Metronome on the Quality of Cardiopulmonary Resuscitation: A Simulation Study. *Healthc Inform Res*. 2019;25(4):274. doi:10.4258/hir.2019.25.4.274

14. Smereka J, Szarpak L, Czekajlo M, Abelson A, Zwolinski P, Plusa T, et al. The TrueCPR device in the process of teaching cardiopulmonary resuscitation. *Medicine*. 2019 Jul;98(27):e15995. doi:10.1097/MD.00000000000015995
15. Gugelmin-Almeida D, Tobase L, Polastri TF, Peres HHC, Timerman S. Do automated real-time feedback devices improve CPR quality? A systematic review of literature. *Resusc Plus*. 2021 Jun;6:100108. doi:10.1016/j.resplu.2021.100108
16. Obermaier M, Zimmermann JB, Popp E, Weigand MA, Weiterer S, Dinse-Lambracht A, et al. Automated mechanical cardiopulmonary resuscitation devices versus manual chest compressions in the treatment of cardiac arrest: protocol of a systematic review and meta-analysis comparing machine to human. *BMJ Open*. 2021 Feb;11(2):e042062. doi:10.1136/bmjopen-2020-042062
17. Stumpf E, Ambati RT, Shekhar R, Staffa SJ, Zurakowski D, Sinha P. A Smartphone application to provide real-time cardiopulmonary resuscitation quality feedback. *Am J Emerg Med*. 2022 Oct;60:34–9. doi:10.1016/j.ajem.2022.06.045
18. Liu N, Ong MEH, Ho AFW, Pek PP, Lu TC, Khruengkarnchana P, et al. Validation of the ROSC after cardiac arrest (RACA) score in Pan-Asian out-of-hospital cardiac arrest patients. *Resuscitation*. 2020 Apr;149:53–9. doi:10.1016/j.resuscitation.2020.01.029
19. Wong XY, Ang YK, Li K, Chin YH, Lam SSW, Tan KBK, et al. Development and validation of the SARICA score to predict survival after return of spontaneous circulation in out of hospital cardiac arrest using an interpretable machine learning framework. *Resuscitation*. 2022 Jan;170:126–33. doi:10.1016/j.resuscitation.2021.11.029
20. Seo DW, Yi H, Bae HJ, Kim YJ, Sohn CH, Ahn S, et al. Prediction of Neurologically Intact Survival in Cardiac Arrest Patients without Pre-Hospital Return of Spontaneous Circulation: Machine Learning Approach. *J Clin Med*. 2021 Mar 5;10(5):1089. doi:10.3390/jcm10051089
21. Shinada K, Koami H, Matsuoka A, Sakamoto Y. Prediction of return of spontaneous circulation in out-of-hospital cardiac arrest with non-shockable initial rhythm using point-of-care testing: a retrospective observational study. *World J Emerg Med*. 2023;14(2):89. doi:10.5847/wjem.j.1920-8642.2023.031
22. Smith CM, Powell C, Bernstein CJ, Howe H, Holt M, O'Sullivan M, et al. The use of drone-delivered Automated External Defibrillators in the emergency response for out-of-hospital cardiac arrest. A simulation study. *Resusc Plus*. 2025 Sep;25:101045. doi:10.1016/j.resplu.2025.101045
23. Sallam M. ChatGPT Utility in Healthcare Education, Research, and Practice: Systematic Review on the Promising Perspectives and Valid Concerns. *Healthcare*. 2023 Mar 19;11(6):887. doi:10.3390/healthcare11060887
24. Page M, McKenzie J, Bossuyt P. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*. 2021;(372):71.