

Dispositivos de retroalimentación en tiempo real para evaluar la calidad de las compresiones torácicas en maniqués de práctica: una revisión sistemática exploratoria

Real-time feedback devices to assess the quality of chest compressions in training manikins: a scoping systematic review

David Charry Borrero^{1*}, Esteban García Espitia^{2*}, Darío Reyes Cruz^{3*}, Eduardo Tuta Quintero^{4,***}, Alfonso José Arango Ibarra^{5*}, Natalia Trujillo Ángel^{6**}, Julián Mateo Roa González^{7**}, Estefan Ramos Isaza^{8*}, Natalia Rojas Sánchez^{9***}, Andrés Felipe Vargas Camacho^{10****}, Estefanía Collazos Bahamon^{11**}, María Camila Gómez Contreras^{12****}, Juan Coronado Sarmiento^{13**}, Camilo Andrés Gómez^{14*****}, Jaime Gómez Ayala^{15*****}, Daniel Andrés Botero-Rosas^{16*,**}

RESUMEN

La Reanimación Cardiopulmonar es un procedimiento de emergencia realizado a pacientes con parada cardiaca. En la actualidad la evaluación por medio de dispositivos de retroalimentación en tiempo real para evaluar la calidad de reanimación cardiopulmonar en personal experto y no experto es indispensable para impactar favorablemente en la efectividad de estas, al permitir correcciones inmediatas de la técnica

empleada durante la reanimación. El objetivo de esta revisión sistemática exploratoria es determinar qué dispositivos existen actualmente para evaluar la calidad de las compresiones torácicas en maniqués de práctica y su efectividad para lograr compresiones efectivas durante la reanimación cardiopulmonar por medio de un mapeo de la literatura disponible en las bases PUBMED, EMBASE, Web of Science y Mednar.

Palabras clave: Reanimación cardiopulmonar, dispositivos de retroalimentación/indicación, compresiones torácicas.

DOI: <https://doi.org/10.47307/GMC.2022.130.1.16>

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6167-862X>¹
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2190-5813>²
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1121-1893>³
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7243-2238>⁴
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8063-1336>⁵
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0718-7130>⁶
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2498-0341>⁷
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8374-9946>⁸
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3520-8568>⁹
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3432-7960>¹⁰
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1104-428X>¹¹
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0542-4622>¹²
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0470-9370>¹³
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4542-0300>¹⁴

Recibido: 22 de enero 2022
Aceptado: 25 de febrero 2022

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1103-9598>¹⁵
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2590-0756>¹⁶

*Grupo de Investigación PROSEIM, Facultad de Medicina, Universidad de la Sabana, Chía, Colombia.

**Facultad de Medicina, Universidad de la Sabana, Chía, Colombia.

***Médico General, Fundación Universitaria Juan N Corpas, Bogotá, Colombia.

****Departamento de Medicina Interna Universidad Autónoma de Bucaramanga, Bucaramanga, Colombia.

*****Departamento de Medicina Interna, Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá, Colombia.

Autor de correspondencia: David Charry Borrero*. E-mail: Davidchbo@unisabana.edu.co

Dirección: Facultad de Medicina Edificio H Kilómetro 7 autopista norte. Campus Universitario Puente del Común, Chía, Colombia. Tel: +57 3204954596

SUMMARY

Cardiopulmonary Resuscitation is an emergency procedure performed on patients with cardiac arrest. Currently, evaluation employing feedback devices in real-time to assess the quality of cardiopulmonary resuscitation in expert and non-expert personnel is essential to favorably impact their effectiveness, by allowing immediate corrections of the technique used during resuscitation. The objective of this exploratory systematic review is to determine which devices currently exist to assess the quality of chest compressions in training manikins and their effectiveness in achieving effective compressions during cardiopulmonary resuscitation by mapping the literature available in the PUBMED databases. EMBASE, Web of Science and Mednar.

Keywords: *Cardiopulmonary resuscitation, feedback/indicating devices, chest compressions.*

INTRODUCCIÓN

La Reanimación Cardiopulmonar (RCP) es un procedimiento de emergencia realizado a pacientes con Parada Cardíaca (PC) (1). Las compresiones torácicas (CT) y la ventilación asistida (VA) son elementos fundamentales realizados durante la RCP para mantener un flujo sanguíneo constante, perfusión tisular y evitar la lesión cerebral (2,3). La *American Heart Association* definió la RCP de calidad para que sean efectivas e impacten en la supervivencia: una profundidad de CT adecuada de 5-6 cm en adultos, de 5 cm niños y 4 cm en infantes, una frecuencia de 100 a 120 compresiones por minuto y deben permitir una completa re-expansibilidad torácica para reducir complicaciones propias derivadas de este procedimiento tales como hemotórax, neumotórax, perfusión inadecuada de las arterias coronarias (2-4).

En la actualidad la evaluación por medio de dispositivos de retroalimentación en tiempo real para evaluar la calidad de CT durante la realización de la RCP es indispensable para impactar favorablemente en la efectividad de las mismas nivel intra y extrahospitalario, al permitir correcciones inmediatas de la técnica empleada durante la reanimación (2). El objetivo de esta revisión sistemática exploratoria es determinar qué dispositivos existen actualmente para evaluar

la calidad de las CT en maniqués de práctica y su efectividad para lograr compresiones efectivas durante la RCP.

METODOLOGÍA

Se realizó una búsqueda sistemática exploratoria de la literatura disponible en las bases PUBMED, EMBASE, Web of Science y Mednar. Se revisaron y tomaron como referencia para la elaboración de esta, las guías PRISMA-ScR (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta Analyses Extension for Scoping Reviews*) (9). La revisión buscó responder a las preguntas ¿qué tipo de dispositivos de retroalimentación en tiempo real existen en la actualidad para evaluar la calidad de las CT durante la RCP en maniqués de práctica? y ¿qué tipo de rendimiento se obtiene para la mejoría de la calidad de las CT con su uso?

Se empleó la estrategia PICOD (Población, Intervención, Comparador, Desenlace) para la elaboración de la pregunta de investigación, contemplándose así: población: personal de la salud en formación, estudiantes de medicina, enfermería, profesionales de la salud (médicos, enfermeras, paramédicos) y personal no experto (legos). Intervención: uso de dispositivos que evalúen la calidad de las compresiones torácicas durante la RCP (dispositivos de retroalimentación). Comparador: no usar dispositivos de retroalimentación durante la RCP. Desenlace: mejoría de la calidad de las CT en maniqués de práctica.

Búsqueda sistemática exploratoria de la literatura en las bases de datos PubMed, EMBASE, Web of Science y Mednar, se seleccionaron artículos independientemente del tipo de diseño o metodología, sin límite de tiempo en idioma español e inglés. Los términos de búsqueda y operadores booleanos se ajustaron de acuerdo con los requisitos de cada base de datos. (Anexo, archivo suplementario 1). Adicionalmente, se incluyeron las referencias citadas en los documentos incluidos si cumplían con los criterios de inclusión y si no se habían identificado previamente.

Los criterios de inclusión se tuvieron en cuenta: a) artículos primarios o secundarios que

evaluaran dispositivos de retroalimentación en tiempo real de RCP en maniqués de práctica, b) cualquier diseño, metodología y/o estado de publicación, c) idioma de publicación en inglés o español, d) evaluación de la frecuencia y la profundidad de las CT como criterio mínimo o en su defecto, que evaluaran la calidad global de la compresión (independientemente de la definición para dicha clasificación) con el uso de un único dispositivo. Se excluyeron estudios en animales, diseños que empleaban más de un dispositivo y aquellos que valoraban únicamente la calidad de las ventilaciones.

Presentación de datos

Los datos numéricos fueron presentados según los resultados de cada artículo a través de medidas de tendencia central y dispersión, propias para los resultados paramétricos (media y desviación estándar) y no paramétricos (mediana y rango intercuartílico); se consideró un valor de $p < 0,05$ como estadísticamente significativo. Los desenlaces de calidad global y criterios de calidad de las CT incluyendo la adecuada expansibilidad y fracción de compresión (proporción de compresiones realizadas en 1 minuto) se presentaron como porcentajes; además, la frecuencia se expresó en número de compresiones por minuto (c/min) y la profundidad en unidades de medida estandarizadas (cm, mm). La mejoría de las CT se obtuvo a partir de la diferencia de media y mediana de la proporción de compresiones torácicas de calidad con el dispositivo comparado con las administradas sin el uso de este.

Síntesis de datos

Se realizó una clasificación con base al tipo de retroalimentación que otorgaba el dispositivo; se consideró como *visual* a aquellos que ofrecieran únicamente alertas a través de luces tipo LED y pantallas integradas con representación gráfica, *auditivo* a aquellos dispositivos que a través de señales sonoras simples (sonidos) o complejas (palabras o frases) generarán recomendaciones en tiempo real, *audio-visual* a los dispositivos que emplean ambos tipos de retroalimentación y en *otros* a aquellos que no se clasificaban en

ninguna de las categorías anteriores.

RESULTADOS

Se encontraron un total de 955 artículos, de los cuales basados en los criterios de elegibilidad se seleccionaron 43 artículos Figura 1. Todos los artículos seleccionados fueron escritos en idioma inglés entre el año 2001 y 2020. Las metodologías de las publicaciones incluidas en el manuscrito fueron ensayo clínico aleatorizado (ECA) (n=36) y diseño observacional prospectivo (n=7), la población de estudio incluyó tanto personal experto como no experto en RCP.

Los estudios fueron realizados en diferentes maniqués de práctica, 20 de ellos emplearon el maniquí Resusci Anne - Laerdal, 5 incluyeron el ambuLanC, 9 usaron otro tipo de maniquí y en 5 artículos no se describió la marca de estos. La definición de compresión de calidad fue heterogénea; en 20 artículos esta fue definida por las guías AHA de los cuales 10 usaron las recomendaciones del 2015, 5 las del 2005, 3 las del 2010 y 2 las del 2000. 14 artículos fueron definidos por la European Resuscitation Council (ERC) donde fueron más frecuentes las guías del 2010 en un 57 % de los artículos y finalmente, 5 artículos usaron guías de la International Liaison Committee on Resuscitation (ILCOR).

¿Cuántos tipos de dispositivos retroalimentación de RCP en tiempo real existen?

En total fueron identificados 24 dispositivos de retroalimentación en tiempo real. Así, los dispositivos evaluados con mayor frecuencia fueron el *CPR-Ezy*, *CPRmeter*, *True CPR*, *VAM*, *Smartwatch* y *Simpad skillreporter*. Adicionalmente, se encontraron 5 artículos que evaluaban aplicaciones para dispositivos que realizan retroalimentación de compresiones; 2 estudios en dispositivos móviles (1,10), 3 con aplicación en smartwatch (4,11,12), 1 artículo con valoración de un software compatible para uso con equipo Kinect de Xbox 360® (13) y un prototipo de dispositivo de retroalimentación de RCP (14).

Cuadro 1

Información general por artículo

Autor	Tipo de Estudio	n	Población	Dispositivo	Tipo Dispositivo	Tipo de feedback	Maniquí	Definición alta calidad	Resultados control Vs feedback (medias y DE - Mediana y IQR*) + P.valor			
									Frecuencia Correcta	Profundidad Correcta	Retroceso Correcto	Calidad global Correcta
Lars y col. 2001	ECA	24	Estudiantes y paramédicos	VAM	Aceleró metro	Auditivo	Resusci Anne, Laerdal	ERC 2000	-	32 (0-37) vs 92 % *p<0,002	-	-
Handley y col. 2003	ECA	36	Enfermeros	VAM	Aceleró metro	Auditivo	Resusci Anne, Laerdal	ERC 2000	45,4± 8,5 % vs 43,1 ± 10,5 % ^ p=0,606	14,7 ± 21,4 % vs 32,3 ± 33,6 % ^ p=0,171	-	-
Hostler y col. 2005	ECA	114	Personal entrenado en ACLS	VAM	Aceleró metro	Auditivo	Resusci Anne, Laerdal	AHA 2000	-	39,7 ± 14,2 mm vs 41,9 ± 4,0^ mm p=0,709	-	50 % vs 70 %
Peberdy y col. 2009	ECA	754	Enfermeras, médicos, estudiantes de enfermería y legos	Real CPR Help® ZOLL	Aceleró metro	Audio-visual	Resusci Anne, Laerdal	AHA 2005	96 ± 14 vs. 100 ± 8 n/min ^ (p=0,003)	1,31 ± 0,12 Pulgada vs. 1,66 ± 0,13 Pulgada ^ p<0,001	-	15 % a 78 % p<0,001
Lin y col. 2010	Estudio Observacional prospectivo	75	Posgrado pediatría, Estudiantes medicina 5° año, enfermeros	R Series ZOLL	Aceleró metro	Audio-visual	Little JuniorT M, Laerdal	AHA 2015	49,82 % vs 71,23 % p<0,001	73,77 % vs 85,63 % p<0,005	-	-
Fischer y col. 2011	ECA	136	Legos	CPR-D -padz ZOLL	Aceleró metro	Audio-visual	Ambu® ManC, Ambu	AHA 2005	109 ± 15 vs 101 ± 9 n/min ^ p<0,009	44 ± 7 vs 39 ± 6 ^ p<0,003	-	5 ± 6 % vs 20 ± 18 % ^ p<0,001
Wee y col. 2014	Estudio Observacional prospectivo	209	Enfermeros	ZOLL E Series	Aceleró metro	Audio-visual	AmbuMan manikin	ILCOR 2005	41,27 % vs 53,49 %; p<0,001	39,57 % vs 46,94 % p<0,009	-	-
Gupta y col. 2014	Estudio observacional prospectivo	40	Legos	Smartphone	Aceleró metro	Visual	Maniqui rígido	AHA 2010	57 % vs 98 %^	? vs 88 %	-	-
Zapletal y col. 2014	ECA	60/60	Estudiantes medicina 5° año certificados en BLS	iPhone app Zoll Free Pocket CPR	Aceleró metro	Audio-visual	Ambu® ManC, Ambu	ERC 2010	107 ± 4 vs 113 ± 12^ n/min p<0,002	59 ± 4 vs 55 ± 7^ mm p<0,004	-	25 ± 27 % vs 35 ± 30 % p>0,05
Zapletal y col. 2014	ECA	60/60	Estudiantes medicina 5° año certificados en BLS	Zoll Pocket CPR	Aceleró metro metrónomo	Audio-visual	Ambu® ManC, Ambu	ERC 2010	105 ± 10 vs 113 ± 12^ p<0,001	58 ± 5 vs 55 ± 7^ p>0,05	-	17 ± 19 % vs 35 ± 30 % p<0,001

Continúa en pág. 146...

DISPOSITIVOS DE RETROALIMENTACIÓN EN TIEMPO REAL

...continuación de Cuadro 1.

Autor	Tipo de Estudio	n	Población	Dispositivo	Tipo Dispositivo	Tipo de feedback	Maniquí	Definición alta calidad	Resultados control Vs feedback (medias y DE - Mediana y IQR*) + P.valor			
									Frecuencia Correcta	Profundidad Correcta	Retroceso Correcto	Calidad global Correcta
Cheng y col. 2015	ECA	372	Estudiantes de medicina, posgrado medicina, Enfermeros y estudiantes de enfermería	CPRcard	Aceleró metro	Visual	Sim Junior, Laerdal	AHA 2010	27,1 % Vs. 68,8 % [^]	12,7 % Vs. 33,4% [^]	-	-
Ahn y col. 2017	ECA	40	Estudiantes de medicina	Smartwatch (Galaxy Gear Live; Samsung Electronics)	Aceleró metro	Visual - vibración	CPR training manikin, Laerdal	AHA 2015	115,2±12,1 n/min vs 115,5±8,2 n/min [^] p=0,915	43,1±28,3 % vs 64,6±7,8 % [^] p<0,020	100,0 (99,5-100,0) vs 100,0 (99,3-100,0) * p=0,366	-
Sarma y col. 2017	Estudio Observacional prospectivo	50	Médicos, enfermeros, fisioterapeutas	Mobile Life Guard	Aceleró metro	Audio-visual	Resusci Anne, Laerdal	AHA 2015	-	-	-	50 % vs 60 % p=0,3
Liu y col. 2018	ECA	82	Legos	Link CPR	Aceleró metro	Audio-visual	-	AHA 2015	58,9 %± 32,6 vs 85,9 ± 9,0 % [^] p<0,001	35,8± 27,5 % vs 88,4± 8,4 % [^] p<0,001	-	25,6± 17,5 % vs 87,1± 8,7 % [^] p<0,001
Lee y col. 2019	ECA	30	Estudiantes de medicina	Smartwatch (Galaxy Gear Live; Samsung Electronics)	Aceleró metro	Visual - vibración	Resusci Baby QCPR, Laerdal	AHA 2015	113,2 ± 18,8 n/min vs 108,4 ± 18 [^] n/min p=0,482	83 % vs 99 % p<0,002	90 % vs 94 % p<0,089	-
Lu y col. 2019	ECA	80	Médicos y enfermeras certificados en ACLS	Smartwatch (ASUS ZenWatch 2 modelo WI501Q, Taipei, Taiwán).	Aceleró metro	Visual	Resusci Anne, Laerdal	AHA 2015	129,1 ± 14,9 vs. 112,0 ± 3,5 n/min [^] p<0,001	39,0 ± 8,7 vs. 50,9 ± 6,6 mm [^] p<0,001	-	0,0, (0,0-0,0) vs 39,4 (27,1 - 50,1) %*. p<0,001
Dine y col. 2008	ECA	80	Enfermeras	MRxQCPR	Aceleró metro + sensor de presión	Audio-visual	Resusci Anne, Laerdal	AHA 2005	42 vs 45 % p<0,001	38 vs 58 % p=0,180	-	24 vs 29 % p<0,005
Jekova y col. 2009	ECA	12	Médicos	CC device	Aceleró metro + sensor de presión + metrónomo	Audio-visual	-	AHA 2005	33,3 % vs 91,7 %	33,3 % vs 66,7 %	75,0 % vs 91,7 %	-

Continúa en pág. 147...

CHARRY BORRERO D, ET AL

...continuación de Cuadro 1.

Autor	Tipo de Estudio	n	Población	Dispositivo	Tipo Dispositivo	Tipo de feedback	Maniquí	Definición alta calidad	Resultados control Vs feedback (medias y DE - Mediana y IQR*) + P.valor			
									Frecuencia Correcta	Profundidad Correcta	Retroceso Correcto	Calidad global Correcta
Skorninga y col. 2010	ECA	93	Médicos, técnicos médicos de emergencia y paramédicos	CC device	Aceleró metro sensor de presión	Visual	Resusci Anne, Laerdal	ILCOR 2005	62,4 % vs. 94,6 % p<0,001	28 vs 57 % p<0,001	-	-
Zapletal y col. 2014	ECA	60/60!	Estudiantes medicina 5° año certificados en BLS	CPRmeter	Aceleró metro + sensor de presión	Visual	Ambu® ManC, Ambu	ERC 2010	112 ± 8 vs 113 ± 12^ p>0,05	59 ± 3 vs 55 ± 7^ p<0,002	-	32 ± 28 % vs 35 ± 30 % p>0,05
Lyngeraa y col. 2012	ECA	54	Paramédicos, enfermeras, médicos	ZOLL AED Plus	Aceleró metro sensor de presión + metrónomo.	Audio-visual	Ambu® ManC, Ambu	ERC 2010	47,4 (5,95-99,6) Vs. 62,5 (51,6-81,5)^ p>0,05	32,7 (0,00-83,6) Vs. 87,0 (2,02-100)^ p>0,05	-	-
Buléon y col. 2013	ECA	144	Estudiantes medicina sin formación en BLS	CPRmeter	Aceleró metro + sensor de presión	Visual	Resusci Anne, Laerdal	ERC 2010	56 % Vs. 81 % p<0,001	43 % Vs. 85 % p<0,001	99 % Vs. 100 % p>0,05	-
Yeung y col. 2014	ECA	26/26!	Enfermeros	MRxQC PR	Aceleró metro + sensor de presión p 0,072	Audio-visual	Resusci Anne, Laerdal	ILCOR 2005	11,04 (23,4) vs 102,92 (9,6) n/min *	37,38 (8,9) mm vs 33,19 (4,9) mm * p<0,004	71 % vs 91 % p=0,079	-
JR Smart y col. 2015	Estudio Observacional prospectivo	200	Profesionales de servicios de emergencias	SimPad Skill Reporter	Aceleró metro + sensor de presión	Visual	Resusci Anne, Laerdal Infant Resusci Baby QCPR®	ERC 2010	Adulto: 116,4 Vs. 111,8 n/mi, p<0,001 Pediátrico: 127,2 Vs. 116,7^ n/min p<0,001	Adulto: 51,4 Vs. 58,8 mm p<0,001 Pediátrico: 31,9 Vs. 42,7^ mm p<0,001	-	Adulto: 81 Vs. 95,1 % p<0,001 Pediátrico: 55,1 Vs. 86,5 % p<0,001
Buléon y col. 2016	ECA	60	Médicos, enfermeros y conductores de ambulancia	CPRmeter	Aceleró metro + sensor de presión	Visual	Resusci Anne, Laerdal	AHA 2015	61 % vs 77 % p<0,001	33 % vs 56 % p<0,001	7 1% vs 86 % p<0,002	-

Continúa en pág. 148...

DISPOSITIVOS DE RETROALIMENTACIÓN EN TIEMPO REAL

...continuación de Cuadro 1.

Autor	Tipo de Estudio	n	Población	Dispositivo	Tipo Dispositivo	Tipo de feedback	Maniquí	Definición alta calidad	Resultados control Vs feedback (medias y DE - Mediana y IQR*) + P.valor			
									Frecuencia Correcta	Profundidad Correcta	Retroceso Correcto	Calidad global Correcta
Baldi y col. 2017	ECA	300	Legos	Laerdal Resusci Anne Wireless Skill Reporter Software	Aceleró metro + sensor de presión	Visual	Resusci Anne, Laerdal	ILCOR 2015	119 vs 117 n/min p=0,592	66,6 % vs 77,7 % p<0,005	71,7 % vs 86,86 % p<0,005	79,4 vs 90,2 % p<0,005
Iskrzycki y col. 2018	ECA	50	Salvavidas	CPRMeter	Aceleró metro + sensor de presión		Resusci Anne, Laerdal	2015	5 (0-18) vs 78 (54-93) %* p<0,001	70 (7-97) vs 96 (27-99) %* p=0,097	30 (3-65) vs 40 (12-83) %* p=0,117	61 (17-89) vs 82 (43-97) %* p<0,005
Wagner y col. 2018	ECA	653	Estudiantes medicina 3º año	SimPad Skill Reporter	Aceleró metro + sensor de presión Laerdal	Visual	Resusci Baby QCPR Resusci Anne,	ERC 2015	Pediátrico: 62,5 ± 24,4 % Vs. 52,4 ± 31,3 %^ Adolescente: 80,4 ± 27,2 % Vs. 65,9 35,7 %^	Pediátrico: 93,5 ± 17,7 Vs. 97,7 ± 8,1 %^ Adolescente: 59,4 ± 35,4 Vs. 31,8 %^	Pediátrico: 84,5 ± 25,6 % Vs. 88,6 ± 20,7 %^ Adolescente: 47,0 ± 35,2 % Vs 77,0 ± 25,5 %^.	-
Eshel y col. 2019	ECA	201	Estudiantes medicina 1º año	SimPad Skill Reporter	Aceleró metro + sensor de presión	Visual	Resusci Anne, Laerdal	AHA 2015	81 (64,5 -95) % vs 95 (88 -98) %* p<0,001	0 (0 - 12) % vs 66,5 (19,5 - 95,25) % * p<0,001	97 (75- 100)% vs 99 (89,5 - 100)%* p<0,005	13 (3,5 - 22) % vs 39 (24 - 61,2) % * p<0,001
Augusto y col. 2020	Estudio Observacional prospectivo	36	Médicos y enfermeras certificados en BLS y ACLS	ZOLL OneStep	Aceleró metro + sensor de presión	Visual	Adult Brad, Simulaids	AHA 2015	51,3 vs. 68,3 % p<0,018	8,7 % vs. 63,3 % p<0,002	-	0,7 % vs. 31,9 % p<0,001
Krasteva y col. 2011	Estudio Observacional prospectivo	63	Legos	CC-Device	Aceleró metro + sensor de presión + metrónomo	Audio-visual	Ambu ManR, Ambu	AHA 2005	42,9 ± 36,7 % vs 90,3 ± 11,8 %^ p<0,001	33,0 ± 33,8 % vs 81,8 ± 22,0 %^ p<0,001	87,1 % vs 95,9 %^ p<0,007	13,7 ± 24,7 % vs 73,0 ± 24,6 %^ p<0,001
Boyle y col. 2002	ECA	32	Legos	CPR-Ezy	Sensor de presión + metrónomo	Audio-visual	-	ILCOR 2000	-	-	-	12,8 ± 3,7 vs 42,1 ± 5,2 ^ p<0,001
Beckers y col. 2006	ECA	202	Estudiantes medicina	CPR-Ezy	Sensor de presión + metrónomo	Audio-visual	Resusci Anne, Laerdal	AHA 2000	19,8 % vs 93,7 % p≤0,01	34,1 % vs 71,2 % p≤0,01	-	-

Continúa en pág. 149...

...continuación de Cuadro 1.

Autor	Tipo de Estudio	n	Población	Dispositivo	Tipo Dispositivo	Tipo de feedback	Maniquí	Definición alta calidad	Resultados control Vs feedback (medias y DE - Mediana y IQR*) + P.valor			
									Frecuencia Correcta	Profundidad Correcta	Retroceso Correcto	Calidad global Correcta
Skorning y col. 2011	ECA	81	Emergen- ciólogos, enfermeras, anestesiólogos	CPR-Ezy	Sensor de presión + metrónomo	Audio- visual	Resusci Anne, Laerdal	ERC 2005	12,2 vs 82,5 % p<0,001	51,2 vs 72,5 % p<0,067	-	-
Wutzler y col. 2014	ECA	63	Médicos y enfermeros	TrueCPR	Campo magnético triaxial + metrónomo.	Audio- visual	Adult BradTM, Simulaids	ERC 2010	70,5 % vs 82,7 % [^] p<0,039	35,9 % vs 54,8 % p<0,003	-	27,9 % vs 47,6 % p<0,001
Wutzler y col. 2017	ECA	48	Legos	TrueCPR	Campo magnético triaxial + metrónomo	Audio- visual	Adult Brad, Simulaids	AHA 2015	95,7 ± 23,7 vs 98,4 ± 15,3 n/min [^] p=0,937	55,6 ± 11,2 vs 54 ± 3,6 mm [^] p=0,789	-	14,6 ± 21,2 vs 58,9 ± 34,3 % [^] p<0,001
Havel y col. 2009	ECA	24	Profesional sanitario certificado por el European Resuscitation Council (ERC)	Heartstart 4000SP	Sensor de presión	Visual	Resusci Anne, Laerdal	ERC 2005	44 (2- 76) % vs 90 (46- 96) % * p<0,001	93 (87- 97) % vs 97 (94- 99) % * p<0,003	98 (90 100) % vs 98 (94- 100) % * p=0,180	-
Yeung y col. 2014	ECA	26/26	Enfermeros	CPR-Ezy	Sensor de presión	Audio- visual	Resusci Anne, Laerdal	ILCOR 2005	114,68 (19,7) vs 98,84 (12,4) n/min* p<0,001	37,24 (10,0) mm vs 43,64 (8,8) mm * p<0,002	75 % vs 67 % p=0,620	-
Truszewski y col. 2015	ECA	140	Enfermeros	CPR-Ezy	Sensor de presión	Audio- visual	METIman Prehospital	ERC 2011	-	-	-	37,5 vs 39,5 p ≤0,001
									Enfermeros	TrueCPR	Campo magnético triaxial + metrónomo	Audio- visual
Semeraro y col. 2013	ECA	93	Legos	Mini- VREM	Sensor de movimiento	Audio- visual	Resusci Anne, Laerdal	ERC 2010	31,42 vs 72,04 p<0,001	24,87 vs 47,34 p<0,002	-	7,27 vs 35,78 p<0,001
									Enfermeros	iCPR	Sensor de movimiento	Audio- visual

Continúa en pág. 150...

DISPOSITIVOS DE RETROALIMENTACIÓN EN TIEMPO REAL

...continuación de Cuadro 1.

Autor	Tipo de Estudio	n	Población	Dispositivo	Tipo de Dispositivo	Tipo de feedback	Maniquí	Definición alta calidad	Resultados control Vs feedback (medias y DE - Mediana y IQR*) + P.valor			
									Frecuencia Correcta	Profundidad Correcta	Retocesos Correctos	Calidad global Correcta
Wang y col. 2017	ECA	100	Médicos, enfermeros, técnicos en emergencias	Software autodesarrollado emparejado con Kinect	Sensor de movimiento	Audio-visual	-	AHA 2010	96,7 ± 25,8 vs 103,2 ± 21,0 n/min [^] p<0,03	5,54 ± 1,89 vs 6,16 ± 1,88 cm [^] p<0,02	-	51,0 ± 33,2 % vs 62,6 ± 28,0% [^] p<0,004
Martin y col. 2013	ECA	69	Proveedores de RCP certificados de Soporte vital pediátrico europeo (EPLS) y/o APLS	Infrared distance measuring sensor	Infrarrojo	Audio-visual	ALS Baby, Laerdal	ERC 2010	20 % Vs. 92 % [^] p<0,001	20 % Vs. 99 % [^] p<0,001	-	-
Yeung y col. 2014	ECA	25/26	Enfermeros	Metrónomo	Metrónomo	Auditivo	Resusci Anne, Laerdal	ILCOR 2005	108,24 (13,9) vs 99,36 (8,0) n/min * p<0,009	39,88 (11,7) vs 40,64 (9,6) * p=0,802	79 % vs 74 % p=0,037	-

Notas: ECA, Ensayo clínico aleatorizado; VAM, voice advisory manikin; ERC, European Resuscitation Council Guidelines; ICCR, International Consensus on Cardiopulmonary Resuscitation; ILCOR, International Liaison Committee on Resuscitation; AHA, American Heart Association; cm, centímetros; mm, milímetros; n/min, compresiones/minuto; -, no disponible; *, Valores presentados en mediana y IQR; ^, Valores presentados en Media y DE; †, grupo de comparación sin feedback; (1) (2) (3), artículos con evaluación de diferentes dispositivos.

3.3.1 ¿Qué tipo de retroalimentación es la más frecuente?

La retroalimentación *audiovisual* estuvo presente en 23 valoraciones, en segundo lugar, la *visual* con 16 resultados, en tercer lugar la *auditiva* con 4 y por último *otros* en el que se evidenciaron únicamente 2 dispositivos que presentaban la vibración como método de retroalimentación. Asimismo, se identificaron 7 instrumentos para la medición de la información de las compresiones Cuadro 2. Los acelerómetros fueron los mecanismos más frecuentemente

usados por estos dispositivos en un 35,2 %; también se evidenció el uso de acelerómetro combinado con un sensor de presión en un 33,3 % y el sensor de presión únicamente en un 13,4 %. El uso de otras tecnologías como el campo magnético triaxial, sensor de presión y sensores de movimiento fueron menos frecuentes; sólo se presentó en 1 solo artículo el uso de dispositivo de retroalimentación basado en infrarrojo y uno con valoración de calidad con único uso de metrónomo.

Cuadro 2
Tipos de dispositivos valorados

Tipo de dispositivos	Número de valoraciones	%
Acelerómetro	16	35,2
Acelerómetro + sensor de presión	15	33,3
Sensor de presión	6	13,4
Sensor de movimiento	3	6,7
Campo magnético triaxial	3	6,7
Metrónomo	1	2,2
Infrarrojo	1	2,2
Total valoraciones	45	100

Acelerómetros: de este tipo de dispositivos, se encontraron los siguientes:

VAM (Voice Advisory Manikin): constituye un sistema que ofrece indicaciones verbales preestablecidas para CT y VA. El dispositivo se conecta a un computador y a través del sonido de los parlantes se genera la retroalimentación auditiva; cuenta con 30 frases pregrabadas con el objetivo de mejorar la calidad la RCP; por ejemplo, cuando el reanimador alcanza los rangos de normalidad preestablecidos para las CT y la VA, ofrece mensajes positivos como “*very good*” (15-17). Este dispositivo permitió una mejoría significativa de la calidad de las ventilaciones y de la profundidad de las CT de un 60 % y mejoró la calidad global de las CT un 20 %. Adicionalmente, permitió mantener la calidad de las CT a lo largo de la RCP incluso hasta 3 minutos después de instauradas las maniobras de reanimación (15,17).

Dispositivos de la compañía ZOLL: ZOLL Medical es una compañía ubicada en Massachusetts, Estados Unidos, esta cuenta con una línea de dispositivos de retroalimentación de RCP basados en acelerómetros acoplados a un Desfibrilador Externo Automático (DEA) para generar retroalimentación audiovisual. Ejemplos de estos dispositivos son el **Real CPR Help®** que incluye una almohadilla que se coloca en la región esternal de la víctima, este dispositivo que por medio de frases pregrabadas e imágenes

en pantalla ofrece retroalimentación audiovisual generó una mejoría de la calidad de las CT de un 63 % en personal médico entrenado (6). **EL R series**, que requiere de un electrodo en la región esternal, demostró una mejoría en la frecuencia de las CT de un 21,4 % y de la profundidad de un 11,8 %; 18 de igual manera el **E series**, que evidenció una mejoría de 29,2 % y 7,37 % de la frecuencia y profundidad, respectivamente (19). Asimismo, un dispositivo similar a los anteriores es el **CPR-D-padz**, electrodo todo en uno, que adicionalmente cuenta con un metrónomo que suena a 100 beats por minuto (BPM), generando una mejoría de la calidad de las CT en un 15 % en personal lego (7). Otras herramientas de retroalimentación desarrolladas por esta compañía incluyen el **PocketCPR**, un dispositivo del tamaño de la palma de la mano acoplado a un metrónomo que se posiciona en la región esternal, la compresión se realiza sobre este, ofreciendo retroalimentación audiovisual y generando una mejoría del 18 % en la calidad de las CT. Por último, está el **Free PocketCPR**, una aplicación para dispositivos iPhone que otorga retroalimentación audiovisual; sin embargo, en los estudios en los que se empleó, no hubo diferencia estadísticamente significativa de mejoría en la calidad de la RCP (10).

Otros dispositivos portátiles: el uso de dispositivos portátiles permite a los reanimadores tener a la mano herramientas para mejorar la calidad de sus compresiones en cualquier momento. Neeraj y col., usaron la tecnología de acelerómetros integrados a **smartphones** para generar una retroalimentación visual, permitiendo una mejoría del 41 % en la frecuencia de las CT efectivas (1). Adicionalmente, el uso de **smartwatch** también se ha venido implementando a manera de retroalimentación visual y sensitiva, generando una vibración en la muñeca del reanimador cuando este alcanza una frecuencia de 110 c/min; además, la pantalla del dispositivo cambia de color dependiendo de la inadecuada o adecuada profundidad de la compresión. Este dispositivo permitió una mejoría significativa en la profundidad de las CT, pero no en la frecuencia de las mismas para estudiantes de medicina (4,11). Sin embargo, ofreció una mejoría en la calidad de las compresiones para profesionales de la salud (11).

Mobile Life Guard, constituye un software que se conecta a smartphones y smartwatches permitiendo la valoración de la RCP por acelerómetros; este dispositivo permitió la mejoría global de las CT de un 10 % al compararse con el no uso del mismo (20). Adicionalmente, se encontró el **PalmCPR**, un dispositivo del tamaño de la palma de una mano, que puede realizar retroalimentación instantánea a través de un acelerómetro; este dispositivo evidenció una mejoría en la calidad de las CT del 27,5 % al 88,2 % con su uso, generando impacto estadísticamente significativo en la profundidad, expansibilidad y frecuencia de las CT (2). Finalmente, se encontró el **CPRcard**, un prototipo de la compañía Laerdal, del tamaño de una tarjeta de crédito que se posiciona en la mitad del pecho del maniquí, usando acelerómetro para registrar y proveer retroalimentación en tiempo real durante la RCP. Este dispositivo demostró una mejoría en la frecuencia de las compresiones del 27,1 % al 68,8 % ($p < 0,001$) y en la profundidad del 12,7 % al 33,4 % ($p < 0,001$) (21).

Sensores de presión

CRPezy: este es un dispositivo rígido del tamaño de la palma de una mano, se posiciona en la región esternal ofreciendo retroalimentación audiovisual, permitiendo diferencias significativas tanto en la frecuencia, como en la profundidad y ofreciendo una mejoría global de la calidad de las compresiones del 2 % (8,22). Una versión nueva del dispositivo llamada **CPR-EzyTM** incluye un metrónomo interno integrado que impactó positivamente en la frecuencia y profundidad correcta de las CT con un aumento de la calidad global del 29 % (23,24).

Heartstart 4000SP: es un DEA que cuenta con una extensión para el uso de una almohadilla que se coloca directamente en la región esternal del maniquí, este dispositivo permite una retroalimentación visual a través de la pantalla del DEA; generando una mejoría de hasta del 46 % (25).

Acelerómetros + sensor de presión

La utilización de tecnologías conjuntas para el

diseño de dispositivos de retroalimentación fue frecuente; 15 artículos evaluaron 8 dispositivos diferentes:

CPR Meter: este dispositivo cuenta con dos sensores integrados que se posicionan la región esternal, valora la aceleración y fuerza de las CT generando retroalimentación exclusivamente visual a través de una pantalla integrada con el dispositivo por medio de luces y posee un diseño ergonómico para facilitar la adecuada posición de las manos del reanimador (26). De esta manera, permitió una mejoría en la frecuencia correcta del 16 % al 70 % y de un 23 % a un 42 % con respecto a la profundidad; además, influyó favorablemente en la fracción de compresión cardiaca en un 45 %, lo que repercutió finalmente en una mejoría de la calidad global de las CT de un 3 % a un 21 % (10,26–28).

CC device (Cardio Compression Control): es un dispositivo que cuenta con una almohadilla que se coloca en la región esternal y otorga señales visuales a través de luces LED; asimismo, incorpora un metrónomo que emite sonidos configurando un dispositivo de retroalimentación audiovisual. En los estudios que lo evaluaron, permitió una mejoría del 58 % en la profundidad y frecuencia de las CT (29); estableciendo una mejoría de la calidad global de la compresión de un 59,3 % (3). Un dispositivo similar que se encuentra en fase de patente presentó una mejoría de calidad global de 11 % (14).

Handheld Simpad Skillreporter apparatus: Este dispositivo de retroalimentación visual se conecta de manera inalámbrica con el maniquí a través de una tableta portátil, por lo que es útil únicamente en escenarios simulados. Con el uso de esta herramienta, la calidad global mejoró en un 14 a 26 %; teniendo significativas mejoras en las c/min, los mm de profundidad, la calidad global de la RCP y las VA correctas (30-32).

MRx-QCPR: Comprende un sensor de presión reutilizable colocado en la región esternal, la compresión se retroalimenta de manera visual en la pantalla del dispositivo y adicionalmente cuenta

con metrónomo simple a 100 BPM generando simultáneamente una retroalimentación auditiva, este dispositivo genera una mejoría global de la calidad de las CT de un 5 % (33); sin embargo, Dine y col. encontraron resultados no concordantes con demás estudios, en los que evidenciaron resultados no significativos para el uso de este dispositivo con respecto a frecuencia y expansibilidad (8).

ZOLLAED Plus: funciona de manera similar al dispositivo anterior, sin embargo, los resultados en cuanto a mejoría de las variables de compresión no fueron estadísticamente significativos a los 2 minutos de iniciadas las maniobras de reanimación (34).

OneStep: Es un accesorio adaptable al desfibrilador **ZOLL R series**, consta de dos electrodos que se posicionan en la región esternal y en la espalda, permitiendo realizar una medición de la profundidad, velocidad y el retroceso de la CT; generando una retroalimentación visual en la pantalla del dispositivo, permitiendo una mejora del 17 % en la frecuencia de compresión y del 45,6 % de profundidad adecuada, repercutiendo en la mejoría de la calidad global de las compresiones en un 31,2 % (35).

Sensor de movimiento

KINECT: usando una aplicación compatible con el sistema operativo de Windows conocida como Mini-VREM, ofrece retroalimentación audiovisual a través de la pantalla del computador y metrónomo incorporado, este dispositivo demostró evidencia de mejoría de la calidad global de las CT un 28,5 % (36). Adicionalmente, se encontró una validación de software que se conecta directamente con el dispositivo y que permitió mejorar la calidad global un 11,4 % (13).

iCPR: Es una aplicación para Iphone y iPod que usa el sensor integrado de estos dispositivos para retroalimentar la RCP con una evidencia estadísticamente significativa de la reducción de la calidad de las compresiones en un 2 % (22).

Campo magnético triaxial

TrueCPRTM: es un dispositivo que emplea dos almohadillas, una se coloca en el esternón y otra en la región dorsal, cuenta con una pantalla que muestra de manera visual la frecuencia y profundidad de las compresiones y a través del metrónomo incorporado permite una retroalimentación audiovisual de la RCP; ha demostrado una mejoría global de la calidad de las CT del 19,7 al 48 % en profesionales de la salud (22,37), y 44,3 % en personal lego (38).

Infrarrojo

Infrared distance measuring sensor: este dispositivo evalúa la distancia de la deflexión cuando se realiza la compresión torácica por medio de sensores infrarrojos. En un ensayo clínico aleatorizado se evidenció un aumento del 72 % de la frecuencia y del 79 % en la profundidad adecuada de las CT (39).

Metrónomo

Metrónomo con tono de 100 BPM: en este estudio se evidenció un impacto estadísticamente significativo en frecuencia; sin embargo, no tuvo impacto en la profundidad ni en el retroceso de la compresión (8).

Mejoría de la calidad global

En la evaluación de la calidad global de las compresiones de acuerdo con lo reportado en los artículos que se ingresaron para la revisión Cuadro 3, se evidenció una mejoría mayor del 60 % con el uso del Real CPR Help® ZOLL y del LinkCPR. Además, se encontraron que pueden existir diferencias de la mejoría de la calidad de las compresiones de un dispositivo dependiendo del artículo, como en el caso del TrueCPR, lo que se puede explicar por las diferencias en las características de las poblaciones de cada uno de los estudios.

DISPOSITIVOS DE RETROALIMENTACIÓN EN TIEMPO REAL

Cuadro 3

Porcentaje de mejoría global de compresión

Dispositivos	Mejora calidad global
Real CPR Help® ZOLL; LinkCPR CC-Device; TrueCPR	> 60 % 40 % - 60 %
Smartwatch ASUS ZenWatch 2; ZOLL OneStep; CPRMeter, VAM, TrueCPR	20 % - 40 %
CPR-D-padz ZOLL; Zoll PocketCPR; SimPad skillReporter; Software autodesarrollado emparejado con Kinect; Laerdal Resusci Anne Wireless SkillReporter Software; iPhone app Zoll; Mobile Life Guard;	< 20 %
Free PocketCPR; MRxQCPR; CPRmeter	

DISCUSIÓN

Las CT efectivas son esenciales para realizar una RCP de calidad y así aumentar la probabilidad de supervivencia de pacientes víctimas de PC (6,7). Sin embargo, múltiples estudios han reportado compresiones inadecuadas en profesionales de salud, por lo que se ha instaurado progresivamente la recomendación del uso de dispositivos de retroalimentación durante las maniobras de reanimación (2,5,29). Asimismo, ya se ha demostrado que el uso de estos mejora la calidad de la RCP, al permitir realizar cambios en tiempo real de las compresiones (2,4); y aunque en la actualidad existen múltiples dispositivos, son costosos y únicamente son accesibles para personal entrenado (3).

En esta revisión sistemática exploratoria se identificaron múltiples dispositivos de retroalimentación en tiempo real en RCP; todos los dispositivos generaron una variación significativa de al menos un parámetro de calidad de las compresiones (frecuencia, profundidad, retroceso) y en la mayoría de los artículos en los que se evaluó las CT, se demostró que el uso de los dispositivos mejoraba significativamente la calidad de estas. No obstante, dispositivos como el *PocketCPR* y *CPRmeter* no demostraron mejoría en la calidad de la RCP, pues únicamente generaban retroalimentación al censar compresiones erróneas y no cuando se estaban haciendo correctamente como sí lo hicieron los demás dispositivos (10). De igual modo, el

ICPR en dicho estudio, redujo un 2 % la calidad global de las CT debido a una sobreestimación de la profundidad de la compresión propia del dispositivo (22). Adicionalmente, la ausencia de modificaciones en las variables de las CT efectivas se vio influenciada por la alta experiencia de profesionales de salud (Personal médico capacitado en RCP) con dispositivos como *ZOLL AED Plus* (34). Por el contrario, y aunque una de las principales razones para realizar compresiones inadecuadas es la falta de atención durante el procedimiento, el no estar familiarizado con el dispositivo podría generar menor impacto en las CT y por ende en la calidad de la RCP (2).

Con respecto al funcionamiento de los dispositivos, la tecnología más frecuentemente utilizada fue la de acelerómetros; estos dispositivos permiten la recolección de frecuencia y profundidad a través de cambios de movimiento del dispositivo, y usando mediciones indirectas, permiten determinar la expansibilidad torácica (2). Sin embargo, pueden presentar errores de medición en vehículos en movimiento y en superficies no rígidas podrían sobreestimar la profundidad hasta en un 40 % (1,7,8). Estos errores podrían ser mitigados con el uso de sensores de presión, que a través de la medición directa de variables como la expansibilidad torácica y el retroceso permiten una medición más acertada (3,25), o con el uso de otras tecnologías más precisas como el campo magnético triaxial como el implementado por el *TrueCPR* (37,38).

Del mismo modo, otros instrumentos como los metrónomos permiten un impacto en la frecuencia de las compresiones y al adicionarlos a acelerómetros o sensores de presión, mejoran la calidad global de las CT (8,15).

Por último, es de resaltar que la portabilidad de estas herramientas juega un papel importante, lo que convierte a los smartphones en una alternativa, debido a que a través de sus sensores integrados pueden actuar a manera de dispositivos de retroalimentación. No obstante, estos pueden generar errores de medición marcados y dependiendo del tipo de móvil, pueden llegar a ser incómodos al momento de realizar las compresiones e incluso llegar a generar daños en el dispositivo como la ruptura de la pantalla (1); haciendo de los smartwatches una opción prometedora (4).

Limitaciones

Los resultados de los estudios tienen una amplia variabilidad, esto debido a la presencia de factores de confusión como el nivel de experiencia en RCP previo a la realización del estudio, la familiarización con el dispositivo evaluado por parte de los participantes (6) y el tipo de maniquí empleado, entre otros (1). Adicionalmente la presencia de sesgos de información es frecuente; principalmente por la heterogeneidad en la definición de RCP de calidad que se ha venido modificando a través de los años por parte de guías como las implementadas por la AHA, ILCOR y ERC, generando así una gran variabilidad de los resultados proporcionales de las CT en los diferentes artículos.

CONCLUSIÓN

Actualmente existen diferentes dispositivos para evaluar la calidad de las compresiones durante la RCP, en la mayoría de estudios se evidencia una mejoría significativa con el uso de los dispositivos en maniqués de práctica, sin embargo, mejorar la calidad de RCP no se traduce directamente en una mejoría en la supervivencia de pacientes reales; aunque, esto sí podría sugerir un beneficio teórico al usar dispositivos de retroalimentación. El análisis de efectividad de los dispositivos en este artículo

fue realizado con los datos netos ofrecidos por los diferentes estudios, por lo que para clasificar el impacto en mejora de la calidad de las CT debería ser realizado un ECA con varios brazos para evitar sesgos. Futuros estudios deberían evaluar efectos hemodinámicos, mortalidad y retorno a circulación espontánea con el uso de estos dispositivos.

Conflictos de interés

Los autores no declaran conflicto de interés alguno en la realización de este artículo.

REFERENCIAS

1. Gupta NK, Dantu V, Dantu R. Effective CPR Procedure with Real Time Evaluation and Feedback Using Smartphones. *IEEE J Transl Eng Health Med.* 2014;2:1-11.
2. Liu Y, Huang Z, Li H, Zheng G, Ling Q, Tang W, et al. CPR feedback/prompt device improves the quality of hands-only CPR performed in manikin by laypersons following the 2015 AHA guidelines. *Am J Emerg Med.* 2018;36(11):1980-1985.
3. Krasteva V, Jekova I, Didon JP. An audiovisual feedback device for compression depth, rate and complete chest recoil can improve the CPR performance of lay persons during self-training on a manikin. *Physiol Meas.* 2011;32(6):687-699.
4. Ahn C, Lee J, Oh J, Song Y, Chee Y, Lim TH, et al. Effectiveness of feedback with a smartwatch for high-quality chest compressions during adult cardiac arrest: A randomized controlled simulation study. *PloS One.* 2017;12(4): e0169046.
5. Meaney PA, Bobrow BJ, Mancini ME, Christenson J, R de Caen A, Bhanji F, et al. Cardiopulmonary Resuscitation Quality: Improving Cardiac Resuscitation Outcomes Both Inside and Outside the Hospital: A Consensus Statement from the American Heart Association. *Circulation.* 2013;128(4):417-435.
6. Peberdy MA, Silver A, Ornato JP. Effect of caregiver gender, age, and feedback prompts on chest compression rate and depth. *Resuscitation.* 2009;80(10):1169-1174.
7. Fischer H, Gruber J, Neuhold S, Frantal S, Hochbrugger E, Herkner H, et al. Effects and limitations of an AED with audiovisual feedback for cardiopulmonary resuscitation: A randomized manikin study. *Resuscitation.* 2011;82(7):902-907.
8. Yeung J, Davies R, Gao F, Perkins GD. A randomised

- control trial of prompt and feedback devices and their impact on quality of chest compressions—A simulation study. *Resuscitation*. 2014;85(4):553-559.
9. Tricco AC, Lillie E, Zarin W, O'Brien KK, Colquhoun H, Levac D, et al. PRISMA Extension for Scoping Reviews (PRISMA-ScR): Checklist and Explanation. *Ann Intern Med*. 2018;169(7):467-473.
 10. Zapletal B, Greif R, Stumpf D, Nierscher FJ, Frantal S, Haugk M, et al. Comparing three CPR feedback devices and standard BLS in a single rescuer scenario: A randomised simulation study. *Resuscitation*. 2014;85(4):560-566.
 11. 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. *Eur J Emerg Med*. 2019;26(4):266-271.
 12. Lu TC, Chang YT, Ho TW, Chen Y, Lee TY, Wang YS, et al. Using a smartwatch with real-time feedback improves the delivery of high-quality cardiopulmonary resuscitation by healthcare professionals. *Resuscitation*. 2019; 140:16-22.
 13. Wang JC, Tsai SH, Chen YH, Chen YL, Chu SJ, Liao WI. Kinect-based real-time audiovisual feedback device improves CPR quality of lower-body-weight rescuers. *Am J Emerg Med*. 2018;36(4):577-582.
 14. Skorning M, Beckers SK, Brokmann JCh, Rörtgen D, Bergrath S, Veiser T, et al. New visual feedback device improves performance of chest compressions by professionals in simulated cardiac arrest. *Resuscitation*. 2010;81(1):53-58.
 15. Hostler D, Wang H, Parrish K, Platt TE, Guimond G. The effect of a voice assist manikin (VAM) system on CPR quality among prehospital providers. *Prehosp Emerg Care*. 2005;9(1):53-60.
 16. Handley AJ, Handley SAJ. Improving CPR performance using an audible feedback system suitable for incorporation into an automated external defibrillator. *Resuscitation*. 2003;57(1):57-62.
 17. Wik L, Thowsen J, Andreas Steen P. An automated voice advisory manikin system for training in basic life support without an instructor. A novel approach to CPR training. *Resuscitation*. 2001;50(2):167-172.
 18. Lin CY, Hsia SH, Lee EP, Chan OW, Lin JJ, Wu HP. Effect of Audiovisual Cardiopulmonary Resuscitation Feedback Device on Improving Chest Compression Quality. *Sci Rep*. 2020;10(1):398.
 19. Wee JCP, Nandakumar M, Chan YH, Yeo RS, Kaur K, Anantharaman V, et al. Effect of Using an Audiovisual CPR Feedback Device on Chest Compression Rate and Depth. *Ann Acad Med Singapore*. 2014;43(1):33-38.
 20. Sarma S, Bucuti H, Chitnis A, Klacman A, Dantu R. Real-Time Mobile Device-Assisted Chest Compression During Cardiopulmonary Resuscitation. *Am J Cardiol*. 2017;120(2):196-200.
 21. Cheng A, Brown LL, Duff JP, Davidson J, Overly F, Tofil NM, et al. Improving Cardiopulmonary Resuscitation with a CPR Feedback Device and Refresher Simulations (CPR CARES Study): A Randomized Clinical Trial. *JAMA Pediatr*. 2015;169(2):137.
 22. Truszewski Z, Szarpak L, Kurowski A, Evrin T, Zasko P, Bogdanski L, et al. Randomized trial of the chest compressions effectiveness comparing 3 feedback CPR devices and standard basic life support by nurses. *Am J Emerg Med*. 2016;34(3):381-385.
 23. Boyle AJ, Wilson AM, Connelly K, McGuigan L, Wilson J, Whitbourn R. Improvement in timing and effectiveness of external cardiac compressions with a new non-invasive device: the CPR-Ezy. *Resuscitation*. 2002;54(1):63-67.
 24. Skorning M, Derwall M, Brokmann JC, Rörtgen D, Bergrath S, Pflipsen J, et al. External chest compressions using a mechanical feedback device: Cross-over simulation study. *Anaesthetist*. 2011;60(8):717-722.
 25. Havel C, Schreiber W, Trimmel H, Malzer R, Haugk M, Richling N, et al. Quality of closed chest compression on a manikin in ambulance vehicles and flying helicopters with a real-time automated feedback. *Resuscitation*. 2010;81(1):59-64.
 26. Buléon C, Parienti JJ, Halbout L, Arrot X, De Faq Régent H, Chelarescu D, et al. Improvement in chest compression quality using a feedback device (CPRmeter): A simulation randomized crossover study. *Am J Emerg Med*. 2013;31(10):1457-1461.
 27. Buléon C, Delaunay J, Parienti JJ, Halbout L, Arrot X, Gérard JL, et al. Impact of a feedback device on chest compression quality during extended manikin CPR: A randomized crossover study. *Am J Emerg Med*. 2016;34(9):1754-1760.
 28. Iskrzycki L, Smereka J, Rodriguez-Nunez A, Abelarias Gomez C, Kaminska H, Wiczorek W, et al. The impact of the use of a CPRMeter monitor on quality of chest compressions: a prospective randomised trial, cross-simulation. *Kardiol Pol*. 2018;76(3):574-579.
 29. Jekova I, Krasteva V, Neycheva T, Mudrov N, Kostov Z, Didon JP. Cardio Compression Control Device: Development, Calibration and Testing. *BIOAUTOMATION*. 2009;13(3):83-96.
 30. Smart J, Kranz K, Carmona F, Lindner T, Newton A. Does real-time objective feedback and competition improve performance and quality in manikin CPR training – a prospective observational study from several European EMS. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med*. 2015;23(1):79.
 31. Eshel R, Wacht O, Schwartz D. Real-Time Audiovisual Feedback Training Improves Cardiopulmonary Resuscitation Performance: A Controlled Study.

- Simul Healthc J Soc Simul Healthc. 2019;14(6):359-365.
32. Wagner M, Bibl K, Hrdliczka E, Steinbauer P, Stiller M, Gröpel P, et al. Effects of Feedback on Chest Compression Quality: A Randomized Simulation Study. *Pediatrics*. 2019;143(2):e20182441.
 33. Dine CJ, Gersh RE, Leary M, Riegel BJ, Bellini LM, Abella BS. Improving cardiopulmonary resuscitation quality and resuscitation training by combining audiovisual feedback and debriefing. *Crit Care Med*. 2008;36(10):2817-2822.
 34. Lyngeraa TS, Hjortrup PB, Wulff NB, Aagaard T, Lippert A. Effect of feedback on delaying deterioration in quality of compressions during 2 minutes of continuous chest compressions: A randomized manikin study investigating performance with and without feedback. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med*. 2012;20(1):16. doi:10.1186/1757-7241-20-16.
 35. Augusto J, Santos M, Faria D, Alves P, Roque D, Morais J, et al. Real-Time Visual Feedback Device Improves Quality of Chest Compressions; A Manikin Study. *Bull Emerg Trauma*. 2020;8(3):135-141.
 36. Semeraro F, Frisoli A, Loconsole C, Bannò F, Tammaro G, Imbriaco G, et al. Motion detection technology as a tool for cardiopulmonary resuscitation (CPR) quality training: A randomised crossover mannequin pilot study. *Resuscitation*. 2013;84(4):501-507.
 37. Wutzler A, Bannehr M, von Ulmenstein S, Loehr L, Förster J, Kühnle Y, et al. Performance of chest compressions with the use of a new audio-visual feedback device: A randomized manikin study in health care professionals. *Resuscitation*. 2015;87:81-85.
 38. Wutzler A, von Ulmenstein S, Bannehr M, Völk K, Förster J, Storm C, et al. Improvement of lay rescuer chest compressions with a novel audiovisual feedback device: A randomized trial. *Med Klin - Intensivmed Notfallmedizin*. 2018;113(2):124-130.
 39. Martin P, Theobald P, Kemp A, Maguire S, Maconochie I, Jones M. Real-time feedback can improve infant manikin cardiopulmonary resuscitation by up to 79 %—A randomised controlled trial. *Resuscitation*. 2013;84(8):1125-1130.