

Declaración de consenso de la AHA

Calidad de la reanimación cardiopulmonar: mejora de los resultados de la reanimación cardíaca intra y extrahospitalaria

Declaración de consenso de la American Heart Association

Con el apoyo del American College of Emergency Physicians

Peter A. Meaney, MD, MPH, Presidente; Bentley J. Bobrow, MD, FAHA, Copresidente; Mary E. Mancini, RN, PhD, NE-BC, FAHA; Jim Christenson, MD; Allan R. de Caen, MD; Farhan Bhanji, MD, MSc, FAHA; Benjamin S. Abella, MD, MPhil, FAHA; Monica E. Kleinman, MD; Dana P. Edelson, MD, MS, FAHA; Robert A. Berg, MD, FAHA; Tom P. Aufderheide, MD, FAHA; Venu Menon, MD, FAHA; Marion Leary, MSN, RN; en representación de los investigadores de la CPR Quality Summit, el Emergency Cardiovascular Care Committee de la American Heart Association y el Council on Cardiopulmonary, Critical Care, Perioperative and Resuscitation
Editores de la edición en español: Fabián C. Gelpi y Juan Manuel Fraga Sastrias, MD, DHIthSc

Resumen: las «Guías de la American Heart Association de 2010 para reanimación cardiopulmonar y atención cardiovascular de emergencia» lograron que aumentase el interés por los métodos que se emplean para asegurar la utilización de las técnicas de reanimación cardiopulmonar (RCP) de alta calidad en todos los intentos de reanimación. La RCP de alta calidad presenta cinco componentes fundamentales: minimizar las interrupciones de las compresiones torácicas, realizar compresiones con una frecuencia y una profundidad adecuadas, lograr una completa expansión del tórax entre compresiones y evitar una ventilación excesiva. Si bien no hay duda de que una RCP de alta calidad es el componente que más influye en la supervivencia al paro cardíaco, existen variaciones considerables en cuanto a la monitorización, la implementación y la mejora de la calidad. Por ello, la calidad de la RCP varía notablemente de un sistema a otro y de un lugar a otro. Las víctimas a menudo no reciben una RCP de alta calidad debido a la ambigüedad del profesional a la hora de priorizar los esfuerzos de reanimación durante un paro. Esta ambigüedad también impide que se desarrollen sistemas óptimos de atención que permitan aumentar la supervivencia al paro cardíaco. La presente declaración de consenso aborda las siguientes áreas principales de la calidad de la RCP para el reanimador entrenado: indicadores de rendimiento de la RCP; monitorización, retroalimentación e integración de la respuesta del paciente en la RCP; logística de equipo para asegurar la eficacia de la RCP de alta calidad; y mejora continua de la calidad a nivel de profesional, equipo médico y sistemas. Disponer de definiciones claras y de indicadores y métodos para ofrecer un servicio uniforme y mejorar la calidad de la RCP servirá para acercar la ciencia de la reanimación a las víctimas, tanto dentro como fuera del hospital, y para sentar las bases de futuras mejoras. (Publicado originalmente en inglés: *Circulation*. 2013;128:417-435.)

Journal of The American Heart Association

Palabras clave: Informes científicos de AHA ■ paro cardíaco ■ RCP ■ Calidad de la RCP ■ resultados ■ reanimación

En todo el mundo se registran cada año más de 135 millones de fallecimientos por causas cardiovasculares y la prevalencia de la enfermedad coronaria va en aumento¹. A nivel mundial, la incidencia del paro cardíaco extrahospitalario está comprendida entre 20 y 140 por 100 000 personas y la supervivencia oscila entre

el 2 % y el 11 %.² En Estados Unidos, más de 500 000 niños y adultos sufren un paro cardíaco, de los que sobrevive menos del 15 %.³⁻⁵ Estas cifras convierten al paro cardíaco en uno de los problemas de salud pública que más vidas se cobra en Estados Unidos, más que el cáncer colorrectal,

La American Heart Association hace todo lo que está en su mano por evitar cualquier conflicto de interés, real o potencial, que pudiera darse como consecuencia de la existencia de una relación externa o un interés de tipo personal, profesional o comercial de alguno de los integrantes de su grupo de redacción. En concreto, todos los miembros del grupo de redacción deben cumplimentar y enviar un cuestionario de divulgación de datos en el que se indiquen todas las relaciones que pudieran considerarse conflictos de interés reales o potenciales.

Esta declaración recibió la aprobación del Comité de asesoramiento científico y coordinación de la American Heart Association el 7 de mayo de 2013. Se puede obtener un ejemplar del documento en la dirección <http://my.americanheart.org/statements> seleccionando el enlace «By Topic» (Por tema) o «By Publication Date» (Por fecha de publicación). Para adquirir más reimpresiones, llame al 843-216-2533 o envíe un mensaje de correo electrónico a kelle.amsay@wolterskluwer.com.

La American Heart Association solicita que este documento se cite de la siguiente forma: Meaney PA, Bobrow BJ, Mancini ME, Christenson J, de Caen AR, Bhanji F, Abella BS, Kleinman ME, Edelson DP, Berg RA, Aufderheide TP, Menon V, Leary M; en representación de los investigadores de la CPR Quality Summit, el Emergency Cardiovascular Care Committee de la American Heart Association y el Council on Cardiopulmonary, Critical Care, Perioperative and Resuscitation. Calidad de la reanimación cardiopulmonar: mejora de los resultados de la reanimación cardíaca intra y extrahospitalaria. Declaración de consenso de la American Heart Association. Publicado originalmente en inglés: *Circulation*. 2013;128:417-435.

La revisión de informes científicos de la AHA por parte de expertos se lleva a cabo en la Oficina de operaciones científicas de la AHA. Para obtener más información sobre la elaboración de declaraciones y guías de la AHA, visite <http://my.americanheart.org/statements> y seleccione el enlace «Policies and Development» (Normativas y desarrollo).

Permisos: no se permite la realización de copias múltiples, la modificación, alteración, mejora o distribución de este documento sin el permiso expreso de la American Heart Association. Las instrucciones para obtener el permiso se encuentran en la dirección http://www.heart.org/HEARTORG/General/Copyright-Permission-Guidelines_UCM_300404_Article.jsp. En el lado derecho de la página hay un enlace a «Copyright Permissions Request Form» (Formulario de solicitud de permisos de copyright).

© 2014 American Heart Association, Inc.

Circulation se encuentra disponible en la dirección <http://circ.ahajournals.org>

el cáncer de mama, el cáncer de próstata, la influenza, la neumonía, los accidentes de tráfico, el VIH, las armas de fuego y los incendios domésticos juntos.⁶ En muchos casos, como apunta Claude Beck, las víctimas de paros cardíacos tienen «un corazón demasiado bueno para morir».⁷ Es entonces cuando una intervención rápida puede asegurar el éxito de la reanimación. Sin embargo, las tasas de supervivencia siguen siendo bajas. ¿Por qué? Existe cada vez más evidencia que indica que, aún después de establecer un buen control de las características de los pacientes y episodios, hay una variabilidad significativa en las tasas de supervivencia en los escenarios prehospitalario e intrahospitalario, así como entre escenarios similares. Algunos ejemplos son:

- En el entorno prehospitalario, entre los centros que participaron en Epistry, iniciativa del Resuscitation Outcomes Consortium (ROC), la supervivencia al paro extrahospitalario osciló entre el 3,0 % y el 16,3 %.³ En el Reino Unido, las tasas de supervivencia al alta en el marco del sistema de ambulancias del National Health Service estuvieron comprendidas entre el 2 % y el 12 %.⁸
- En el entorno hospitalario, entre los centros participantes en el programa de mejora de la calidad de la reanimación «Get With The Guidelines-Resuscitation», la mediana de la tasa de supervivencia hospitalaria al paro cardíaco en pacientes adultos es del 18 % (dispersión intercuartiles: 12 %–22 %), mientras que la correspondiente a pacientes pediátricos es del 36 % (dispersión intercuartiles: 33 %–49 %).
- En un entorno hospitalario, la supervivencia es superior al 20 % si el paro se produce entre las 7:00 y las 23:00 horas, pero se reduce al 15 % si se produce entre las 23:00 de la noche y las 7:00 de la mañana.⁹ Existe una variabilidad significativa con respecto a la ubicación, con una supervivencia del 9 % durante la noche en entornos sin monitorización frente a casi el 37 % en quirófanos y unidades de cuidados posanestesia durante el día.⁹
- La supervivencia del paciente está relacionada con la calidad de la reanimación cardiopulmonar (RCP). Cuando los reanimadores comprimen a una profundidad inferior a 38 mm, las tasas de supervivencia al alta después del paro extrahospitalario se reducen en un 30 %.¹⁰ De forma similar, cuando los reanimadores realizan compresiones demasiado lentas, el retorno de la circulación espontánea (RCE) después del paro cardíaco intrahospitalario desciende del 72 % al 42 %.¹¹

Las variaciones de rendimiento y supervivencia que se describen en estos estudios aportan a la comunidad de la reanimación un incentivo para mejorar los resultados. A fin de maximizar la supervivencia al paro cardíaco, ha llegado el momento de centrar los esfuerzos en optimizar la calidad de la RCP de manera específica, así como la eficacia de los procesos de reanimación en general.

La RCP es una intervención que salva vidas y constituye la piedra angular del procedimiento de reanimación ante un paro cardíaco.^{12–14} La supervivencia al paro cardíaco depende del reconocimiento temprano del episodio y de la activación inmediata del sistema de respuesta a emergencias, pero la calidad de la RCP administrada es un factor igualmente decisivo. En diversos estudios clínicos y realizados con animales se demuestra que la calidad de la RCP durante la reanimación influye de manera significativa en la supervivencia y contribuye

a la gran variabilidad de la supervivencia que se observa entre los sistemas de asistencia y en el seno de los mismos.^{3,15} La RCP es, por sí misma, ineficiente; solo proporciona del 10 % al 30 % del flujo sanguíneo normal al corazón y entre el 30 % y el 40 % del flujo sanguíneo normal al cerebro^{16–19} incluso cuando se realiza según las guías establecidas. Esta ineficiencia pone de manifiesto la necesidad de que los reanimadores entrenados administren una RCP de la máxima calidad posible.

Una RCP de escasa calidad debe considerarse un daño evitable. En entornos de servicios de salud, la variabilidad de la eficacia clínica ha afectado a la capacidad de reducir las complicaciones asociadas a la atención médica²⁰ y se ha propuesto la utilización de un enfoque estandarizado para mejorar los resultados y reducir los daños evitables.²¹ Se ha demostrado que el uso de un enfoque sistemático de mejora continua de la calidad (MCC) optimiza los resultados en una serie de condiciones asistenciales urgentes.^{22–24} A pesar de esta evidencia, son pocas las instituciones de salud que aplican estas técnicas al paro cardíaco por medio de un control continuo de la calidad y los resultados de la RCP. Como consecuencia, sigue habiendo una disparidad inaceptable en la calidad de los procedimientos de reanimación administrados, así como en la presencia de oportunidades significativas de salvar más vidas.

En la actualidad, existe una enorme brecha entre el conocimiento actual de la calidad de la RCP y su implementación óptima que hace que se produzcan fallecimientos evitables atribuibles al paro cardíaco. Los esfuerzos de reanimación deben adaptarse a cada paciente. El paro cardíaco tiene lugar en muy distintos entornos; su epidemiología y los recursos disponibles son diversos. Sin embargo, existen soluciones efectivas para mejorar la calidad de la RCP en todos esos entornos. El objetivo de la presente declaración de consenso es promover un cambio transformador a gran escala proporcionando a los profesionales y sistemas de salud un marco de referencia tangible con el que maximizar la calidad de la RCP y salvar más vidas. Se pretende acortar la distancia que separa la evidencia disponible en torno a la reanimación (expuestos en las «Guías de la American Heart Association de 2010 para reanimación cardiopulmonar y atención cardiovascular de emergencia» [Guías de la AHA de 2010 para RCP y ACE]) y la traducción de las guías a la práctica clínica rutinaria. El enfoque que se adoptó fue usar la opinión de expertos y la interpretación de los estudios existentes para ofrecer una metodología práctica que permita la implementación de las Guías de la AHA de 2010 para RCP y ACE. Aunque son muchos los factores (población [por ejemplo: neonatos], cadena de supervivencia [por ejemplo: RCP realizada por un testigo presencial, asistencia posreanimación], mecánica de la RCP [posición de la mano, ciclo de asistencia, dispositivos para la vía aérea] y entrenamiento [principios de aprendizaje para adultos, dispositivos de retroalimentación durante el entrenamiento]) que condicionan la supervivencia del paciente, esta declaración de consenso se centra en los parámetros críticos de la RCP que se pueden mejorar para ayudar a los profesionales entrenados a optimizar el rendimiento durante el paro cardíaco en un adulto o un niño.

Se abordarán cuatro áreas relacionadas con la RCP:

- Indicadores de rendimiento de la RCP por parte del equipo de profesionales
- Monitorización y retroalimentación: opciones y técnicas para monitorizar la respuesta del paciente a la reanimación, así como la actuación del equipo

- Logística de equipo: cómo asegurar una RCP de alta calidad en entornos complejos
- MCC para RCP

Por otra parte, se revisarán y priorizarán las carencias del conocimiento y de las tecnologías existentes y se elaborarán recomendaciones para una práctica óptima de la reanimación.

Métodos

Los profesionales que contribuyeron a esta declaración se seleccionaron por su experiencia en las disciplinas relacionadas con la reanimación cardíaca de pacientes adultos y pediátricos y la calidad de la RCP. La selección de participantes y colaboradores se limitó a Norteamérica, sin que hubiera representación de otros grupos internacionales. Después de una serie de conversaciones telefónicas y «webinars» entre el presidente y el comité de planificación del programa, se seleccionaron los miembros del grupo de redacción y se formaron los equipos de redacción encargados de producir el contenido de cada sección. La selección del grupo de redacción se llevó a cabo atendiendo a la normativa de la AHA sobre gestión de conflictos de interés. El presidente del grupo de redacción asignó colaboradores individuales para que trabajasen en uno o más equipos de redacción que, por lo general, trataban su área de conocimiento. Se identificaron artículos y resúmenes presentados en encuentros científicos relacionados con la mejora de la calidad y los sistemas de la RCP por medio de la declaración «Conferencia de Consenso Internacional de 2010 sobre RCP y ACE con Recomendaciones de Tratamiento» del International Liaison Committee on Resuscitation y las hojas de trabajo de 2010 del International Liaison Committee on Resuscitation, PubMed, Embase y la biblioteca maestra de referencias sobre reanimación de la AHA. Toda esta labor se complementó con búsquedas manuales de artículos y resúmenes. El grupo de redacción elaboró un borrador con las declaraciones generadas a partir de la revisión de la bibliografía y lo presentó a los responsables de calidad de la RCP en una CPR Quality Summit celebrada los días 20 y 21 de mayo de 2012 en Irving, Texas, Estados Unidos. Los participantes evaluaron todas las declaraciones y sugirieron modificaciones que se integraron en el borrador. Los miembros del equipo de redacción redactaron y acordaron los borradores de cada sección; a continuación, los enviaron al presidente para su revisión e incorporación en un único documento. El primer borrador del documento completo se distribuyó entre los responsables de los equipos de redacciones para que efectuasen los comentarios iniciales y la edición del texto. Posteriormente, se distribuyó una versión revisada del documento entre todos los colaboradores y se alcanzó un consenso. Esta declaración de consenso revisada se sometió a una revisión por parte de expertos independientes y fue respaldada por algunas de las principales organizaciones profesionales (consultar la lista de avales). El comité de atención cardiovascular de emergencias y el comité de asesoramiento científico y coordinación de AHA aprobaron la versión definitiva para su publicación.

Indicadores de rendimiento de la RCP por parte del equipo de profesionales

El aporte de oxígeno y sustratos a los tejidos vitales es el objetivo fundamental de la RCP durante el paro cardíaco. Para suministrar oxígeno y sustratos, se debe generar un flujo

sanguíneo adecuado por medio de compresiones torácicas efectivas durante la mayor parte del tiempo que dure el paro cardíaco. El RCE después de la RCP depende de la presencia de un aporte de oxígeno al miocardio y de un flujo sanguíneo hacia el miocardio adecuados durante la RCP.¹⁶⁻¹⁸ La presión de perfusión coronaria (PPC, o diferencia entre la presión diastólica aórtica y la presión diastólica de la aurícula derecha durante la fase de relajación de las compresiones torácicas) es el factor principal que determina el flujo sanguíneo del miocardio durante la RCP.²⁵⁻²⁷ Así pues, maximizar la PPC durante la RCP es el principal objetivo fisiológico. La PPC no se puede medir fácilmente en la mayoría de los pacientes, por lo que los reanimadores deben centrarse en los componentes específicos de la RCP que ofrecen evidencia que favorece la hemodinámica o la supervivencia de los pacientes.

Se han identificado cinco componentes principales de la RCP de alta eficacia: fracción de compresión torácica (FCT), frecuencia de compresión torácica, profundidad de compresión torácica, expansión torácica (compresión residual) y ventilación. Estos componentes de la RCP se identificaron por su influencia en el flujo sanguíneo y en la evolución del paciente. Comprender la importancia de estos componentes y sus relaciones relativas es fundamental para que los profesionales mejoren la evolución que experimentan los pacientes, para que los educadores mejoren la calidad del entrenamiento de reanimación, para que los administradores controlen la eficacia de los métodos a fin de asegurar niveles de alta calidad en el sistema de salud y para que los proveedores desarrollen los equipos necesarios para optimizar la calidad de la RCP para profesionales, educadores y administradores.

Minimizar las interrupciones: FCT superior al 80 %

Para conseguir una oxigenación tisular adecuada, resulta esencial que los profesionales de la salud minimicen las interrupciones de las compresiones torácicas y, por consiguiente, maximicen el tiempo durante el que las compresiones torácicas generan flujo sanguíneo.^{12,28} La FCT es la proporción de tiempo en la que se llevan a cabo las compresiones torácicas durante un paro cardíaco. La duración del paro se define como el tiempo transcurrido desde que se identifica el paro cardíaco por primera vez hasta el momento en el que regresa, también por primera vez, la circulación de forma sostenida. Para maximizar la perfusión, las Guías de la AHA de 2010 para RCP y ACE recomiendan minimizar las pausas de las compresiones torácicas. El consenso alcanzado por los expertos es que resulta posible lograr una FCT del 80 % en distintos entornos. Los datos sobre paro cardíaco extrahospitalario indican que una FCT inferior se asocia a una disminución del RCE y de la supervivencia al alta hospitalaria.^{29,30} Un método para aumentar la FCT que ha mejorado la supervivencia consiste en la reducción de la pausa previa a la descarga;³¹ más adelante se analizan otras técnicas en la sección «Logística de equipo».

Frecuencia de las compresiones torácicas de 100 a 120/min

Las Guías de la AHA de 2010 para RCP y ACE recomiendan una frecuencia de las compresiones torácicas de $\geq 100/\text{min}$.²⁸ A medida que descienden las frecuencias de las compresiones torácicas, se produce una caída significativa del RCE y unas frecuencias superiores podrían reducir el flujo sanguíneo coronario^{11,32} y disminuir el porcentaje de compresiones que consiguen la profundidad deseada.^{10,33} Los datos de

Epistry (ROC) proporcionan la evidencia más fiable de la asociación existente entre la frecuencia de las compresiones y la supervivencia y sugieren un objetivo óptimo comprendido entre 100 y 120 compresiones por minuto.³⁴ Aparentemente, unas frecuencias uniformes por encima o por debajo de dicho rango reducen las probabilidades de supervivencia al alta.

Profundidad de las compresiones torácicas de ≥ 50 mm en adultos y de al menos un tercio de la dimensión anteroposterior del tórax en lactantes y niños

Las compresiones generan un flujo sanguíneo vital, y permiten que llegue oxígeno y energía al corazón y al cerebro. Las Guías de la AHA de 2010 para RCP y ACE recomiendan una única profundidad mínima para las compresiones de 50 mm (≥ 2 pulgadas) en adultos. Existe menos información disponible sobre casos pediátricos, pero es razonable fijarse como objetivo una profundidad de las compresiones de al menos una tercera parte de la dimensión anteroposterior del tórax en lactantes y niños (4 cm o $\approx 1\frac{1}{2}$ pulgadas en lactantes y 5 cm o ≈ 2 pulgadas en niños).^{35,36}

En un estudio reciente se indicó que una profundidad de ≥ 44 mm en adultos podría ser adecuada para asegurar unos resultados óptimos,³⁷ pero la bibliografía existente sugiere en su mayor parte que los reanimadores a menudo no comprimen el tórax con una profundidad suficiente a pesar de las recomendaciones.^{10,37-39} En estudios anteriores se sugirió que las compresiones realizadas con una profundidad superior a 50 mm podrían mejorar el éxito de la desfibrilación y el RCE en adultos.⁴⁰⁻⁴³ En un estudio reciente se examinó la profundidad de las compresiones torácicas y la supervivencia al paro cardíaco extrahospitalario en adultos y se concluyó que una profundidad inferior a 38 mm se asociaba a una disminución del RCE y de las tasas de supervivencia.¹⁰ Se puede producir confusión cuando se recomienda un intervalo de profundidades y los objetivos del entrenamiento difieren de los objetivos de rendimiento operativo. La profundidad óptima puede depender de factores tales como la envergadura del paciente, la frecuencia de compresión y características del entorno (como la presencia de un colchón de apoyo). Hasta la fecha, los estudios de resultados se han visto limitados por el uso de la profundidad de compresión media de la RCP, el efecto de la variabilidad de la profundidad de la compresión torácica y el cambio de la distensibilidad torácica con el tiempo.

Expansión torácica completa: evitar la compresión residual del tórax

Se produce una liberación incompleta de la pared torácica cuando la persona que realiza las compresiones torácicas no deja que el tórax se expanda por completo después de finalizar la compresión.^{44,45} Esto puede ocurrir cuando un reanimador expansión se recarga sobre el tórax del paciente, impidiendo así una expansión torácica completa. Se sabe que si no se logra una expansión completa del tórax del paciente disminuye el flujo sanguíneo a través del corazón y puede reducir el retorno venoso y el gasto cardíaco.⁴⁶ Si bien existen pocos datos sobre cómo afecta la expansión incompleta del tórax a la evolución del paciente, en estudios realizados con animales se ha demostrado que esta acción aumenta la presión de la aurícula derecha y disminuye la presión de perfusión cerebral y coronaria, el índice cardíaco y el flujo miocárdico del ventrículo izquierdo.⁴⁶⁻⁴⁸ Los estudios realizados con personas revelan que la mayoría de los reanimadores a menudo expansión se reclinan sobre el tórax del paciente durante la RCP y no dejan que el tórax se expanda

por completo.^{49,50} Por ello, el grupo de expertos coincide en que se debe lograr la expansión completa del tórax del paciente.

Evitar la ventilación excesiva: frecuencia inferior a 12 respiraciones por minuto, elevación torácica mínima

Aunque el aporte de oxígeno resulta esencial durante la RCP, no existe certeza en relación con el intervalo apropiado para que las intervenciones suplementen el oxígeno presente en la sangre. Este varía probablemente según el tipo de paro (paro por arritmia frente a paro por asfixia). La demanda metabólica de oxígeno también se reduce considerablemente en el paciente que ha sufrido un paro, incluso durante las compresiones torácicas. Cuando se observa un paro arritmico repentino, el contenido de oxígeno es suficiente al principio y unas compresiones torácicas de alta calidad pueden distribuir sangre oxigenada por todo el organismo. Estudios realizados con animales y personas indican que las compresiones sin ventilaciones pueden resultar adecuadas en los paros que no están producidos por asfixia.⁵¹⁻⁵⁴ Cuando la asfixia es la causa del paro, la combinación de ventilación asistida y compresiones torácicas de alta calidad es determinante para garantizar un aporte de oxígeno suficiente. En los estudios de paros causados por asfixia realizados en animales y personas se han hallado evoluciones más positivas al administrarse ventilaciones asistidas y compresiones torácicas de alta calidad.^{55,56}

Suministrar suficiente oxígeno a la sangre sin impedir la perfusión es el objetivo de la ventilación asistida durante la RCP. La ventilación con presión positiva reduce la PPC durante la RCP,⁵⁷ y la ventilación sincrónica (recomendada en ausencia de un dispositivo avanzado para la vía aérea)³⁵ requiere interrupciones, lo que reduce la FCT. Una ventilación excesiva, ya sea por frecuencia o por volumen corriente, es habitual en los entornos de reanimación.^{38,57-60} Si bien la RCP solo con compresiones realizada por testigos presenciales ha proporcionado datos de supervivencia similares en el paro extrahospitalario como RCP estándar,^{38,51,52} en la actualidad no existe suficiente evidencia para definir cuándo o si los profesionales experimentados deberían retirar la ventilación, por lo que se necesitarán más datos.

Frecuencia inferior a 12 respiraciones por minuto

Las recomendaciones actuales de las guías en relación con la frecuencia de ventilación (respiraciones por minuto) dependen de la presencia de un dispositivo avanzado para la vía aérea (de 8 a 10 respiraciones por minuto), así como de la edad del paciente y del número de reanimadores presentes (relación compresión-ventilación de 15:2 frente a 30:2). Cuando se alcanzan otros objetivos recomendados (frecuencia de compresión de 100 a 120/min, tiempo de inflado de 1 segundo para cada respiración), estas relaciones producen frecuencias de ventilación de entre 6 y 12 respiraciones por minuto. Los estudios realizados con animales han producido resultados diversos en relación con el daño que ocasionan las frecuencias de ventilación elevadas,^{57,61} pero no existen datos que demuestren los beneficios de administrar ventilación a un paciente con una frecuencia más alta. Las relaciones compresión-ventilación que se recomiendan en la actualidad están diseñadas como una regla nemotécnica para optimizar el flujo sanguíneo del miocardio al tiempo que se mantiene adecuadamente la oxigenación y la eliminación de CO₂ de la sangre. El grupo de expertos respalda las Guías de la AHA de 2010 para RCP y ACE y recomienda una frecuencia de ventilación inferior a 12 respiraciones por minuto para minimizar el efecto de la ventilación con presión positiva sobre el flujo sanguíneo.

Elevación torácica mínima: presión y volumen de ventilación óptimos

El volumen de ventilación apenas debería producir una elevación torácica visible. La ventilación con presión positiva disminuye significativamente el gasto cardíaco tanto en la circulación espontánea como durante la RCP.^{57,62-65} El uso de volúmenes corrientes inferiores durante un paro cardíaco prolongado no se asoció a diferencias significativas de PaO_2 ⁶⁶ y es una opción recomendada actualmente.⁶⁷ Además, la ventilación con presión positiva en una vía aérea sin protección podría causar insuflación gástrica y aspiración de contenido gástrico. La distensibilidad pulmonar se ve afectada por las compresiones que se realizan durante el paro cardíaco,⁶⁸ y la presión de inflado óptima es desconocida. Aunque la importancia conceptual de la presión de ventilación y la monitorización del volumen durante la RCP es perfectamente conocida, los equipos de monitorización y de entrenamiento actuales no miden de forma rápida o fiable estos parámetros; además, faltan estudios clínicos que avalen la titulación óptima de estos parámetros durante la RCP.

Monitorización y retroalimentación: opciones y técnicas para monitorizar la respuesta del paciente a la reanimación

El dicho «si no se mide, no se puede mejorar» se puede aplicar directamente a la monitorización de la calidad de la RCP. La monitorización de la calidad y el rendimiento de la RCP realizada por los reanimadores en la escena del paro cardíaco han transformado la ciencia de la reanimación y la práctica clínica. En ciertos estudios se ha demostrado que los reanimadores entrenados a menudo presentaban relaciones de FCT, profundidad de las compresiones y relaciones compresión-ventilación insuficientes,^{39,57,58,69} que se asociaban a una peor evolución del paciente.^{11,34} Gracias a la monitorización, se sabe mejor cuáles son los valores óptimos de pausa previa a la descarga, FCT y profundidad de la compresión torácica.^{10,29,31} La tecnología moderna, capaz de monitorizar los parámetros de la RCP durante la reanimación, permite a los investigadores y al personal clínico controlar la calidad de la RCP en tiempo real. Por la retroalimentación que proporciona acerca del rendimiento clínico y los descubrimientos que hace posible sobre una práctica óptima, la monitorización de la calidad de la RCP podría considerarse uno de los avances más importantes en la práctica de la reanimación de los últimos 20 años, un avance que debería incorporarse a todas las intervenciones de reanimación y a todos los programas de reanimación profesional.

Los tipos de monitorización de la calidad de la RCP se pueden clasificar (y priorizar) en indicadores fisiológicos (que informan de la evolución del paciente) e indicadores de rendimiento de la RCP (que informan de la actuación de los reanimadores). Ambos tipos de monitorización pueden proporcionar retroalimentación en tiempo real a los reanimadores y retroalimentación del sistema retrospectiva. Es importante hacer hincapié en que los tipos de monitorización de la calidad de la RCP no son mutuamente excluyentes y que se pueden (y se deben) emplear varios tipos de forma simultánea.

Cómo evoluciona el paciente: monitorización de la respuesta fisiológica del paciente ante los esfuerzos de reanimación

Los datos fisiológicos durante la RCP que resultan pertinentes para la monitorización comprenden datos hemodinámicos invasivos (presiones arterial y venosa central si están disponibles) y concentraciones de dióxido de carbono espiratorias finales (ETCO_2). Existe abundante bibliografía experimental donde se indica que (1) la supervivencia después de la RCP depende de un aporte de oxígeno al miocardio y de un flujo sanguíneo hacia el miocardio adecuados durante la RCP y (2) la PPC durante la fase de relajación de las compresiones torácicas es el factor principal que determina el flujo de sangre hacia el miocardio durante la RCP.^{17,18,25,26,70,71} La PPC durante el paro cardíaco es la diferencia entre la presión diastólica aórtica y la presión diastólica de la aurícula derecha, pero la mejor forma de conceptualizarla sería como presión arterial diastólica-presión venosa central. Aunque la importancia conceptual de la monitorización hemodinámica y de la ETCO_2 durante la RCP es bien conocida, faltan estudios clínicos que respalden la titulación óptima de estos parámetros durante la RCP en personas. No obstante, las opiniones y la experiencia clínica de los expertos que participaron en la CPR Quality Summit avalan específicamente la priorización del uso de las concentraciones hemodinámicas y de la ETCO_2 , cuando están disponibles, para ajustar la técnica de compresión durante la RCP. Por otra parte, el grupo de expertos recomienda elaborar una contextualización jerárquica y situacional de la monitorización fisiológica basada en los datos disponibles que estén más relacionados con el flujo sanguíneo hacia el miocardio.

1. Monitorización invasiva: PPC >20 mm Hg

Es más probable reanimar con éxito a un adulto cuando la PPC es superior a 20 mm Hg y cuando la presión arterial diastólica es superior a 25-30 mm Hg.^{16,17,25-27,72-77} Aunque no se ha fijado la PPC óptima, el grupo de expertos coincide con las Guías de la AHA de 2010 para RCP y ACE en que la monitorización y la titulación de la PPC durante la RCP es razonable.¹³ Además, el grupo de expertos recomienda que este objetivo fisiológico sea el criterio de valoración principal cuando haya catéteres arteriales y venosos centrales implantados en el momento de producirse el paro cardíaco y la RCP. No existen datos suficientes para elaborar una recomendación de los objetivos de PPC para lactantes y niños.

2. Solo vía arterial: presión arterial diastólica superior a 25 mm Hg

En la misma línea que estos datos experimentales, un reducido número de estudios clínicos publicados indican que el éxito de la reanimación en adultos depende de que se mantenga una presión arterial diastólica superior a 25 mm Hg.^{26,75,76} El grupo de expertos recomienda que este objetivo fisiológico sea el criterio de valoración principal cuando haya un catéter arterial implantado sin un catéter venoso central en el momento de producirse el paro cardíaco y la RCP. Las Guías de la AHA de 2010 para RCP y ACE recomiendan «tratar de mejorar la calidad de la RCP optimizando los parámetros de las compresiones torácicas, o bien administrando vasopresores,

o ambas opciones a la vez» si la presión arterial diastólica es inferior a 20 mm Hg.¹³ El grupo de expertos recomienda que los reanimadores titulen a una presión arterial diastólica superior a 25 mm Hg en víctimas de paro cardíaco adultas.

3. Solo capnografía: $ETCO_2 > 20$ mm Hg

Las concentraciones de $ETCO_2$ durante la RCP dependen principalmente del flujo sanguíneo pulmonar y, por consiguiente, reflejan el gasto cardíaco.^{78,79} Cuando no se consigue mantener la $ETCO_2$ en un valor superior a 10 mm Hg durante la RCP de un paciente adulto, significa que el gasto cardíaco es insuficiente y esta situación predice con bastante fiabilidad que la reanimación no va a tener éxito.⁸⁰⁻⁸² Las Guías de la AHA de 2010 para RCP y ACE recomiendan monitorizar la $ETCO_2$ durante la RCP para evaluar el flujo sanguíneo de dos formas: mejorar el rendimiento de las compresiones torácicas si la $ETCO_2$ es inferior a 10 mm Hg durante la RCP y tener en cuenta un aumento abrupto y sostenido hasta un valor normal (de 35 a 40 mm Hg) como indicador de RCE.¹³ El grupo de expertos recomienda que, cuando esté disponible, la $ETCO_2$ sea el principal indicador fisiológico cuando no haya un catéter arterial ni un catéter venoso central implantado en el momento de producirse el paro cardíaco y la RCP. A tenor de los escasos datos disponibles de estudios realizados en animales y de la experiencia personal, el grupo de expertos recomienda titular el rendimiento de la RCP a un objetivo la $ETCO_2$ superior a 20 mm Hg sin una ventilación excesiva del paciente (frecuencia inferior a 12 respiraciones por minuto, con una elevación torácica mínima).

Cómo actúan los reanimadores: monitorización del rendimiento de la RCP

Actualmente, el uso de monitores para medir el rendimiento de la RCP está generalizado. Estos proporcionan a los reanimadores valiosa retroalimentación en tiempo real acerca de la calidad de la RCP que se administra durante los esfuerzos de reanimación, datos para debriefing después de la reanimación e información retrospectiva para programas de MCC de RCP del sistema en cuestión. Sin la medición de la RCP y la posterior comprensión del rendimiento de la misma, no sería posible mejorar y optimizar el rendimiento. Realizar la RCP sin medir el rendimiento sería equiparable a pilotar un avión sin un altímetro.

La retroalimentación que se encuentra disponible de forma rutinaria acerca de las características de rendimiento de la RCP comprende la frecuencia y profundidad de las compresiones y la expansión torácica. En la actualidad, algunos parámetros importantes (FCT y pausas previas, durante y posteriores a la descarga) se pueden revisar solamente de forma retrospectiva, mientras que otros (frecuencia de ventilación, presión de las vías aéreas, volumen corriente y duración del inflado) no se pueden evaluar adecuadamente con la tecnología actual. Por otra parte, los acelerómetros son insensibles a la compresión del colchón y los dispositivos actuales a menudo priorizan el orden de la información mediante el uso de un algoritmo rígido de una forma que podría no ser óptima o realista (por ejemplo, un acelerómetro no puede medir la profundidad si el reanimador no logra la completa expansión del tórax, por lo que el dispositivo priorizará la retroalimentación para corregir la expansión incompleta antes que corregir la profundidad). Si bien existen en la actualidad algunas soluciones de software (algoritmos automáticos) y hardware (tabla inteligente, acelerómetros dobles, marcadores de referencia, etc.), el

desarrollo continuo de sistemas de monitorización de la RCP óptimos y fáciles de conseguir es un factor esencial para mejorar el rendimiento.

Supervisión y dirección humanas de la RCP

La observación visual proporciona información cualitativa acerca de la profundidad y la frecuencia de las compresiones torácicas, así como la frecuencia y el volumen corriente de las ventilaciones. Aunque la monitorización hemodinámica invasiva (a través de catéteres intraarteriales y venosos centrales) ofrece datos cuantitativos más valiosos acerca de la fisiología de los pacientes, la observación directa puede revelar importantes artefactos (por ejemplo, no se seleccionaron los parches en el monitor o desfibrilador, una onda de presión arterial «plana» procedente de una válvula girada ha obstruido el tubo de la vía arterial), así como las limitaciones reconocidas de la tecnología de retroalimentación sobre el rendimiento de la RCP descrita anteriormente. Los reanimadores pueden desarrollar una determinación más rigurosa y semicuantitativa de la profundidad y la frecuencia de las compresiones torácicas a medida que aumenta su experiencia, sobre todo después de recibir una retroalimentación efectiva. Los profesionales de la salud podrían estar acostumbrados a tomar el pulso del paciente como un indicador de la eficacia de la compresión torácica, pero palpar el pulso durante la RCP conlleva no pocos posibles problemas⁸³⁻⁸⁵ y no se recomienda como un medio fiable de monitorizar la efectividad de la RCP.^{28,35} Los observadores pueden identificar rápidamente un desequilibrio entre reanimador y paciente (por ejemplo, un reanimador de 40 kg de peso ante un paciente de 120 kg), así como el intercambio recomendado de posiciones para efectuar las compresiones torácicas si un reanimador muestra signos tempranos de fatiga. Los observadores también pueden integrar los factores fisiológicos (PPC, poner en mayúsculas $ETCO_2$) con retroalimentación cuantitativa de los parámetros de calidad de la RCP (profundidad, frecuencia, expansión del tórax) para favorecer la consecución de una RCP óptima.⁸⁶

Se deberían desarrollar nuevos métodos y tecnologías que permitan monitorizar con exactitud el rendimiento del equipo y la fisiología de un paciente durante el paro cardíaco. Estos avances podrían incluir marcadores de perfusión adicionales, como análisis de formas de onda de fibrilación ventricular, oximetría cerebral, impedancia y espectroscopia de infrarrojo cercano. Exhortamos a los investigadores y al sector a que proporcionen a los reanimadores soluciones eficaces para monitorizar al paciente y el rendimiento del profesional que realiza la reanimación.

Logística de equipo: cómo asegurar una RCP de alta calidad en un entorno complejo como el de la reanimación cardíaca

Las técnicas de soporte vital básico se suelen enseñar y practicar de forma individual o en parejas.⁸⁷ En la práctica real, la RCP se lleva a cabo a menudo como parte de un esfuerzo de reanimación completo que incluye varios reanimadores y equipo avanzado. Estos recursos adicionales permiten la realización de tareas en paralelo con el fin de que se pueda optimizar la RCP mientras el equipo determina y trata la causa subyacente del paro. Sin embargo, la ejecución de tareas secundarias consume con frecuencia grandes cantidades de tiempo y puede suponer un perjuicio a la calidad de la RCP si no se gestiona con cuidado.⁸⁸

La composición de los equipos de reanimación varía mucho dependiendo de la ubicación (intrahospitalaria frente a extrahospitalaria), el entorno (sobre el terreno, servicio de urgencias hospitalario, pabellón de un hospital) y las circunstancias. Poco se sabe acerca de cuál es el número y entrenamiento óptimos de los reanimadores profesionales.⁸⁹ En <http://www.heart.org/cprquality> se ofrecen ejemplos de equipos de reanimación extremadamente eficientes en la gestión de paros cardíacos prehospitales e intrahospitalarios. En estos ejemplos se pretende describir el modo de mantener una RCP de alta calidad cuando el tamaño de los equipos y los entornos son variables en lugar de ofrecerse reglas a seguir condicionadas («si..., entonces...»).

No obstante, existen datos que permiten sugerir que el entrenamiento del liderazgo de equipos de reanimación y la demostración de conductas de liderazgo (por ejemplo, establecer expectativas claras, tomar decisiones y adoptar un enfoque práctico) se asocian a una mayor eficacia de la RCP y sobre todo a un aumento de la FCT.⁹⁰⁻⁹² Así pues, el grupo de expertos recomienda que todos los episodios de reanimación cuenten con un líder del equipo designado que dirija y coordine todos los elementos de la reanimación, prestando especial atención a ofrecer una RCP de alta calidad. La responsabilidad del líder del equipo es organizar un equipo de expertos para convertirlo en un equipo experto dirigiendo y priorizando las actividades esenciales.

Interacciones de las características de rendimiento de la RCP

No existen datos claros acerca de las interacciones entre fracción de compresión, frecuencia o profundidad de las compresiones, expansión torácica incompleta mientras se realizan las compresiones y ventilación. Todas ellas desempeñan un papel fundamental en el transporte de sustratos a los órganos vitales durante el paro cardíaco. Por ejemplo, las características de las compresiones torácicas pueden interrelacionarse (una frecuencia más alta podría asociarse a una menor profundidad, mientras que una mayor profundidad podría ocasionar una expansión incompleta del tórax) y, en la práctica, el reanimador podría necesitar modificar un componente uno a uno, manteniendo los demás constantes a fin de no corregir un componente a costa de otro. El grupo de expertos propone que si el paciente no responde a los esfuerzos de reanimación (presenta una ETCO₂ inferior a 20 mm Hg), los líderes de equipo deberían priorizar la optimización de componentes individuales de la realización de las compresiones torácicas en el siguiente orden: (1) fracción de compresión, (2) frecuencia de compresión, (3) profundidad de compresión, (4) expansión del tórax y (5) evitar una ventilación excesiva. Este orden se recomienda en parte por la validez de la ciencia, explicada en las secciones anteriores (por ejemplo, existen evidencias más sólidas en relación con la fracción, la frecuencia y la profundidad de compresión que con la expansión incompleta) y también por motivos de viabilidad, como se describió anteriormente.

Maximización de la FCT

El inicio rápido de las compresiones es el primer paso hacia la maximización de la FCT. Sin embargo, para lograr una FCT superior al 80 %, es imprescindible realizar una gestión cuidadosa de las interrupciones. Las siguientes estrategias minimizan tanto la frecuencia como la duración de las interrupciones.

Sincronización de las actividades del equipo

Toda tarea que se pueda realizar de forma efectiva durante el transcurso de las compresiones torácicas debe efectuarse sin que suponga pausas entre las compresiones (Tabla 1). Las tareas adicionales para las que se necesite introducir una pausa entre compresiones deberían coordinarse y realizarse de manera simultánea, como si se tratara de la puesta a punto de un auto de carreras. El líder del equipo debe comunicarse con claridad con los miembros del equipo para indicar las pausas inminentes de la compresión. De este modo, los diversos reanimadores pueden anticiparse a la pausa y usar esa misma pausa breve para realizar varias tareas.

Tabla 1. Requisitos de la pausa de compresión para realizar tareas de reanimación

Requisito de la pausa	Tarea
Se requiere habitualmente	Desfibrilación Análisis del ritmo Rotación de compresores Colocación de la tabla Transición a RCP mecánica o ECMO
Se requiere en ocasiones	Colocación complicada de un dispositivo avanzado para la vía aérea en pacientes a los que no se les puede ventilar eficazmente por medio de bolsa-válvula-mascarilla Evaluación del retorno de la circulación espontánea
No se suele requerir	Aplicación de parches de desfibrilación Colocación sin complicaciones del dispositivo avanzado para la vía aérea Colocación IV/IO

RCP significa «reanimación cardiopulmonar»; ECMO, oxigenación por membrana extracorpórea; IV/IO, intravenoso/intraóseo.

Minimizar las interrupciones para la colocación de un dispositivo para la vía aérea

No se ha establecido cuál es el tiempo óptimo de inserción de un dispositivo avanzado para la vía aérea durante la gestión del paro cardíaco. Un aspecto importante a tener en cuenta es que la intubación endotraqueal a menudo requiere pausas prolongadas que interrumpen las compresiones torácicas.⁹³ Los dispositivos para la vía aérea supraglóticos pueden ser una alternativa a los dispositivos para la vía aérea invasivos, si bien en un reciente y extenso estudio se demostró que los dispositivos de la vía aérea supraglóticos ofrecían peores resultados que la intubación endotraqueal.⁹⁴ Los pacientes a los que se pueda administrar ventilación de forma adecuada por medio de un dispositivo bolsa mascarilla podrían no requerir ningún tipo de dispositivo avanzado para la vía aérea.⁹⁵ Si se realiza una intubación endotraqueal, el profesional experimentado debería intentar en primer lugar una laringoscopia durante la realización de las compresiones torácicas. Si es necesario hacer una pausa, esta será lo más breve posible, preferiblemente de menos de 10 segundos. Si es necesario practicar una vía aérea quirúrgica, posiblemente la pausa habrá de ser más larga. No obstante, en todos estos casos, el grupo de expertos recomienda que se lleve a cabo cualquier parte del procedimiento que se pueda realizar mientras tienen lugar las compresiones con el fin de minimizar la pausa.

Evitar las comprobaciones de pulso innecesarias

La palpación manual del pulso puede dar lugar a pausas innecesariamente largas y a menudo poco fiables.^{83,85,96-100} Con frecuencia, dichas pausas se pueden evitar cuando el sistema de monitorización disponible (una vía arterial o capnografía) indica un nivel de gasto cardíaco o un ritmo (por ejemplo, fibrilación ventricular) incompatible con la perfusión de los órganos.

Minimizar las pausas durante las descargas

La fase previa a la descarga puede ser especialmente vulnerable a la interrupción de las compresiones torácicas debido a la necesidad de ofrecer un entorno seguro al reanimador. Es importante minimizar las pausas previas a la descarga, puesto que la evolución de los pacientes mejora al disminuir la duración de las pausas antes de la administración de la descarga, reduciéndolas si es posible a apenas 9 segundos.^{31,41,101} Una estrategia consistente en aplicar los parches y cargar el desfibrilador mientras se realizan las compresiones torácicas da lugar a pausas más cortas entre descargas; esta es una práctica recomendada.^{33,102} Es conveniente que se desarrolle tecnología que minimice todas las interrupciones (por ejemplo, filtros de forma de onda de artefactos de compresión que permitan analizar el ritmo mientras se realizan las compresiones torácicas)¹⁰³ en el flujo sanguíneo, principalmente en torno a la desfibrilación. Después de la administración de la descarga, se deberían reiniciar las compresiones torácicas sin demora. En un estudio, la supresión de las descargas continuas y la ampliación del tiempo de RCP de uno a dos minutos antes de los análisis de ritmo posdescarga aumentaron la FCT del 48 % al 69 % y se asoció a una mayor supervivencia.¹⁰⁴

Regulación precisa de la frecuencia de compresión

Una vez iniciadas las compresiones torácicas, a menudo, el parámetro más fácil de ajustar y mantener es la frecuencia objetivo. Se sabe que los dispositivos de retroalimentación de RCP en tiempo real, así como algunas soluciones de bajo coste, tales como los metrónomos y la música, disminuyen la variabilidad y producen frecuencias de compresión más próximas a la frecuencia objetivo comprendida entre 100 y 120/min.^{58,105,106} Es fundamental continuar controlando y ajustando la degradación de la frecuencia de compresión en el tiempo y después de efectuar modificaciones en otros parámetros.

Maximizar la profundidad de las compresiones

Con la FCT optimizada y las compresiones realizándose a una frecuencia de 100 a 120/min, se debe dirigir la atención a garantizar que la profundidad de compresión sea de ≥ 50 mm. Este parámetro es uno de los más difíciles de conseguir debido a la fuerza física necesaria. Sin embargo, a continuación se ofrecen varias estrategias que contribuyen a asegurar la profundidad adecuada:

1. Disponer una superficie firme y dura

Las Guías de la AHA de 2010 para RCP y ACE recomiendan realizar la RCP sobre una superficie firme y dura. Las tablas se usan habitualmente para conseguir las profundidades objetivo¹⁰⁷⁻¹⁰⁹ y reducir el esfuerzo del reanimador,¹¹⁰ pero su colocación interrumpe la RCP.¹¹¹ Por este motivo, el grupo de expertos recomienda la colocación de una tabla o una superficie firme y dura lo antes posible y de forma coordinada con otras pausas obligatorias de la compresión para minimizar el tiempo de interrupción.

2. Optimizar la mecánica de las compresiones del profesional

La mecánica de las compresiones a menudo pierde efectividad con el tiempo,¹¹² y muchas veces los reanimadores no experimentan fatiga antes de que eso ocurra.¹¹³⁻¹¹⁵ Aunque las Guías de la AHA de 2010 para RCP y ACE recomiendan

turnar a las personas que realizan las compresiones torácicas cada dos minutos,¹² existen importantes diferencias entre individuos en relación con la calidad de las compresiones torácicas.^{114,116} Algunos profesionales pueden realizar compresiones de buena calidad durante 10 minutos, mientras que se han observado profundidades de compresión torácica inadecuadas al cabo de apenas un minuto de compresiones torácicas continuas^{114,116} o incluso al comienzo de la RCP.^{114,116} En otros casos se ha demostrado que la estrategia de turnarse cada dos minutos puede hacer que las compresiones óptimas deriven en una expansión incompleta del tórax significativa después del cambio de turno⁸⁶ y una disminución de la FCT provocada por la frecuencia de los turnos.¹¹⁷ El uso de dispositivos de retroalimentación, especialmente visuales, puede contrarrestar en cierta medida la pérdida de eficacia de la mecánica de la RCP.^{118,119} El grupo de expertos recomienda que el líder del equipo supervise a los profesionales que realizan las compresiones para detectar signos de fatiga. Si existe evidencia de que un reanimador ha practicado compresiones inadecuadas que no se pueden corregir mediante retroalimentación o ajustes de posición, se debe encomendar la tarea de realizar las compresiones torácicas a otro miembro del equipo lo antes posible, aun cuando no hayan transcurrido dos minutos. Con una comunicación y una preparación para el traspaso de función adecuadas, es posible efectuar el cambio de turno en menos de tres segundos.⁸⁶

La posición del reanimador influye en la mecánica de las compresiones, pero no existe acuerdo acerca de cuál es la posición óptima del reanimador para realizar las compresiones torácicas. Si bien podría no producirse ninguna pérdida de calidad de las compresiones durante un breve periodo de tiempo,^{111,120,121} el trabajo que realiza el reanimador parece ser más intenso si se encuentra de pie que si usa un banco de altura o se arrodilla.^{122,123} Además, se ha demostrado que los bancos de altura aumentan la profundidad de las compresiones, sobre todo en reanimadores de baja estatura.¹²⁴ El grupo de expertos recomienda utilizar una superficie de altura ajustable (por ejemplo, una cama de hospital), que la altura de la superficie se pueda bajar o que se use un banco de altura para que los reanimadores puedan conseguir una profundidad óptima durante la RCP.

Evitar la expansión incompleta del tórax

Con frecuencia, al aumentar la profundidad de las compresiones, se incrementa la expansión incompleta del tórax. Esto supone un problema mayor para los reanimadores de estatura alta y para los que usan un banco de altura.¹²⁴ El grupo de expertos recomienda que, cuando se realicen modificaciones para lograr la profundidad deseada, los reanimadores comprueben la expansión del tórax y ajusten la posición como resulte necesario para garantizar una profundidad adecuada sin ejercer una presión residual sobre el tórax del paciente entre compresiones.

Evitar una ventilación excesiva

A diferencia de las características de compresión, que presentan efectos entrelazados, la ventilación es una técnica independiente que se puede optimizar en paralelo a las compresiones torácicas. Existen métodos contrastados para disminuir la frecuencia de ventilación, como el uso de metrónomos,^{106,125} mientras que los métodos para limitar el exceso de volumen corriente y presión inspiratoria no están tan desarrollados, pero podrían incluir el uso de bolsas de reanimación más pequeñas, manómetros y la observación directa.^{66,67,126-128}

Cuestiones logísticas adicionales

Incorporación de la RCP mecánica

Las pruebas realizadas hasta la fecha con dispositivos de RCP mecánica no han logrado demostrar la existencia de un beneficio uniforme en la evolución del paciente en comparación con la RCP manual.¹²⁹⁻¹³³ La explicación más probable es que los reanimadores inexpertos subestiman el tiempo necesario para aplicar el dispositivo,¹³⁴ lo que produce una disminución significativa de la FCT durante los cinco primeros minutos de un paro cardíaco¹³⁵⁻¹³⁷ a pesar de que la FCT aumenta en una fase posterior de la reanimación.¹³⁸ Existen evidencias de que entrenar al equipo para que actúe de manera sincronizada antes del episodio puede reducir la pausa necesaria para colocar el dispositivo.¹³⁹ Tres estudios de la implementación a gran escala (Circulation Improving Resuscitation Care [CIRC],¹⁴⁰ Prehospital Randomized Assessment of a Mechanical Compression Device in Cardiac Arrest [PARAMEDIC],¹⁴¹ y LUCAS in Cardiac Arrest [LINC])¹⁴² pueden arrojar luz acerca de los plazos y el entorno óptimos para la RCP mecánica. A falta de evidencia publicada que demuestre la existencia de un beneficio, la decisión de usar la RCP mecánica podría estar condicionada por aspectos relacionados con la propia red de salud; por ejemplo, en entornos rurales, el escaso número de profesionales o los largos tiempos de desplazamiento.

Traslado del paciente

La realización de compresiones torácicas en un entorno en movimiento presenta dificultades añadidas y casi siempre requiere que el reanimador prescindiera de las medidas de protección del vehículo, lo que supone un riesgo adicional para la seguridad de los profesionales. Las compresiones torácicas manuales que se realizan en una ambulancia en marcha se ven afectadas por factores tales como el movimiento del vehículo, la aceleración/desaceleración y las fuerzas de rotación y pueden poner en riesgo la fracción, la frecuencia y la profundidad de compresión.^{143,144} No existe acuerdo sobre cuál es la velocidad más apropiada de las ambulancias en esta situación.^{145,146} Los estudios sobre RCP mecánica frente a RCP manual en una ambulancia en marcha revelan que el efecto sobre la calidad de la RCP es menor cuando se emplea un dispositivo mecánico.^{130,147}

RCP y MCC sistemática

La MCC sistemática ofrece resultados optimizados en una serie de condiciones del cuidado de la salud,²²⁻²⁴ aumenta la seguridad y reduce los daños.²¹ Se ha demostrado que la revisión de la calidad y el rendimiento de la RCP por parte de reanimadores profesionales después de un paro cardíaco es viable y produce una mejora de la evolución de los pacientes.^{40,137,148} A pesar de esta evidencia, son pocas las organizaciones que se dedican al cuidado de la salud que aplican estas técnicas al paro cardíaco por medio de un control sistemático de la calidad y los resultados de la RCP. Fruto de ello, continúa habiendo un grado de variabilidad inaceptable en la calidad de los cuidados de reanimación administrados.

Debriefing

Un método efectivo para mejorar la calidad de la reanimación de forma continua es el uso del debriefing después de los episodios de paro cardíaco. En este contexto, el debriefing se refiere a un análisis detallado que tiene lugar después de un paro cardíaco en el que se revisan las acciones individuales y el rendimiento del equipo. Esta técnica puede resultar sumamente eficaz para mejorar el rendimiento; se revisa la calidad de la RCP mientras la intervención aún está nítida en el recuerdo

del reanimador. Este método, fácilmente adaptable a paros cardíacos extra o intrahospitalarios, puede presentarse de varias formas. Un método sencillo consiste en que los profesionales «se reúnan» después del intento de reanimación para intercambiar brevemente sus opiniones acerca de la calidad de la asistencia y qué aspectos podrían haberse mejorado. Se pueden organizar debates similares entre los profesionales que atienden un episodio de reanimación de forma periódica y programada. Se ha demostrado que las sesiones semanales de debriefing mejoran la eficacia de la RCP y el RCE después de un paro cardíaco intrahospitalario.⁴⁰ Las estructuras existentes en hospitales y servicios de emergencias médicas pueden adaptarse fácilmente para facilitar el debriefing de los episodios de paro cardíaco.

A Ficha de informe: lista de comprobación general

Número / fecha del episodio	No / Intermedio / Sí		
Vo131 3-9-12			
¿El líder del equipo estaba claramente identificado?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
¿La escena estaba tranquila y en orden?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
¿El desfibrilador se aplicó con rapidez?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
¿La RCP se inició de inmediato?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿Se minimizaron las pausas en la administración de la RCP?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿La RCP fue subjetivamente de alta calidad?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
¿Se minimizaron las pausas en torno a las descargas?	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
¿La vía aérea se protegió de forma eficiente?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Comentarios Excelente liderazgo de equipo, buen esfuerzo por parte de todos los miembros, pero recordar que se deben MINIMIZAR las pausas en la RCP, sobre todo antes/después de las descargas.			

B Ficha de informe: análisis de calidad de la RCP

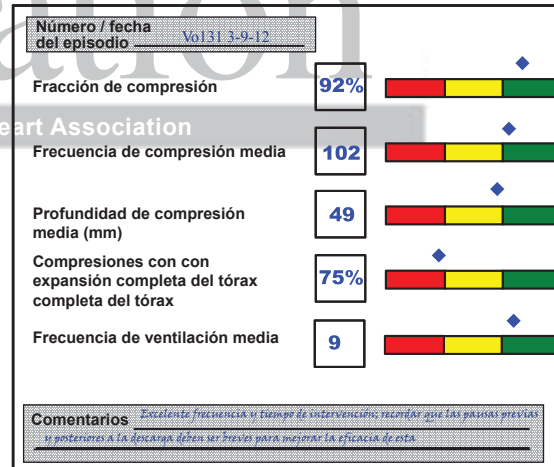


Figura 1. Ilustración de las «fichas de informe» de reanimación propuestas. El uso rutinario de una breve herramienta para documentar la calidad de la reanimación resultaría útil en las acciones de debriefing y de mejora de la calidad de los sistemas de servicios de emergencias médicas y hospitalarios. **A**, Lista de comprobación general. Ejemplo de la ficha de informe de una lista de comprobación general que podría cumplimentar un observador entrenado en un episodio de reanimación. **B**, Análisis de calidad de la RCP. Ejemplo de una ficha de informe basada en el registro objetivo de indicadores de RCP. Si fuera posible, se utilizarían informes de observación (**A**) y objetivos (**B**) juntos en un informe combinado. RCP significa reanimación cardiopulmonar.

Este mismo punto ha sido confirmado por una serie de estudios de simulación realizados entre reanimadores de víctimas de paro cardíaco pediátricas y adultas.^{149,150} Si se adopta este enfoque, es esencial que los profesionales de la salud que llevaron a cabo la intervención estén presentes en el análisis.

Uso de listas de comprobación

El debriefing se puede potenciar enormemente estructurando el análisis, es decir, que esté ligado a una lista de comprobación de calidad basada en una serie reducida de preguntas sobre indicadores de calidad. Las listas de comprobación de RCP breves pueden aportar una valiosa retroalimentación directa de varias fuentes. Los sistemas de salud deberían desarrollar o adaptar las listas de comprobación de calidad de la RCP como herramientas de MCC. Estas listas de comprobación posteriores al paro cardíaco pueden ser tan sencillas como una breve lista de comprobación de debriefing (Figura 1 [«ficha de informe»]) sobre indicadores de calidad específicos que puede rellenarse fácilmente después de los paros cardíacos.

Uso de datos de monitorización

La inclusión de datos de monitorización (respuesta fisiológica del paciente a los esfuerzos de reanimación, rendimiento de la RCP por parte del profesional) puede ofrecer un excelente conjunto de datos para el debriefing, puesto que permite adoptar un enfoque más objetivo que evita la retroalimentación basada en juicios de valor. Todo servicio de emergencias médicas, hospital u otro programa de reanimación profesional debería plantearse seriamente la adquisición de tecnología para capturar datos de calidad de la RCP de todos los tipos de paros cardíacos. Los sistemas que miden indicadores de rendimiento de la RCP deben poder ofrecer a los equipos de reanimación la información necesaria para implementar sesiones de revisión inmediatas.

Integración con la educación existente

Las estrategias de mejora de la calidad dirigidas a mejorar la RCP deberían incluir un programa de educación para asegurar el rendimiento óptimo del equipo de reanimación. El entrenamiento en soporte vital básico o avanzado proporciona conocimientos y técnicas esenciales que pueden contribuir a salvar vidas y mejorar la evolución de los pacientes.¹⁵¹⁻¹⁵³ Lamentablemente, las técnicas adquiridas durante estos escasos programas de entrenamiento se deterioran con rapidez (en un plazo de seis a doce meses) si no se usan con frecuencia.¹⁵⁴⁻¹⁶⁰ Se dispone de evidencia reciente que indica que una «puesta al día» frecuente y de corta duración de las técnicas de la RCP evita dicho deterioro y mejora la capacidad de adquisición y retención de las técnicas.^{150,161,162} Así pues, es creciente el interés en el uso de este sistema como base para el mantenimiento de competencias y certificaciones. Aunque las distintas estrategias de entrenamiento continuo difieren en cuanto a ventajas, desventajas e intensidad de los recursos, el grupo de expertos recomienda que un cierto grado de entrenamiento continuo debería ser un estándar mínimo para todos los programas de MCC de la RCP.

También es posible mejorar el rendimiento individual de los profesionales de la salud y del equipo de reanimación mediante el uso de ejercicios de reanimación simulados o «códigos de prueba». El uso de este tipo de ejercicios de entrenamiento para equipos contribuye además a reforzar la importancia de los factores humanos en el desempeño del equipo de reanimación¹⁶³ y podría constituir un importante programa sistemático para mejorar la supervivencia al paro cardíaco.¹⁶⁴ El entrenamiento y la educación sobre la reanimación no se deberían considerar un curso o un episodio individual, sino una progresión a largo plazo dentro de una iniciativa continua de optimización de la calidad de la RCP.

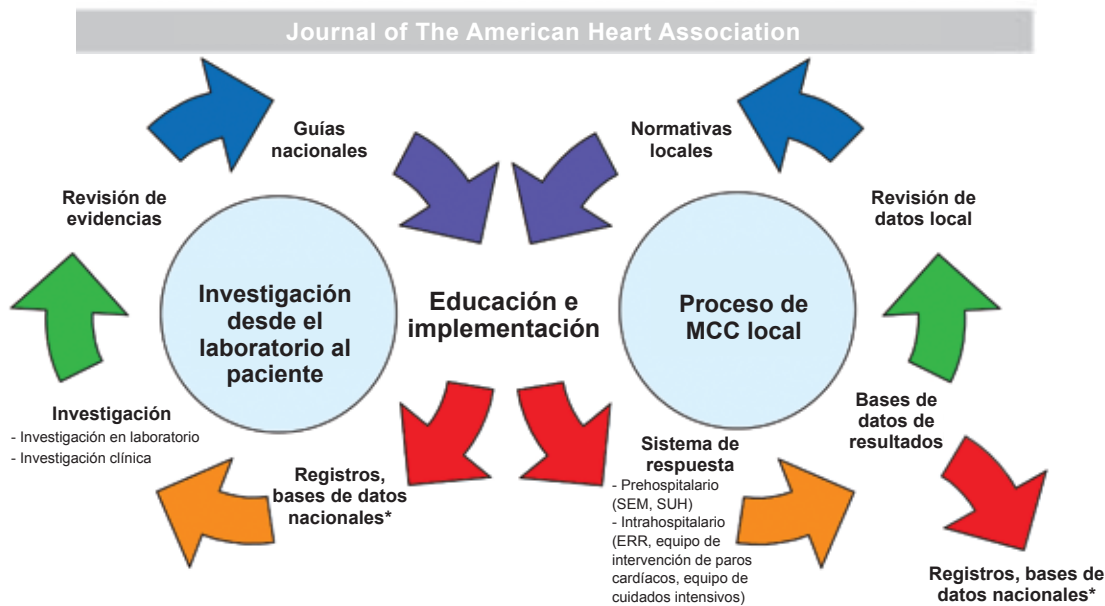


Figura 2. Por medio de un proceso continuo se evalúa y se mejora la atención clínica y se elaboran nuevas guías y tratamientos. Los datos de resultados correspondientes a los paros cardíacos y los períodos periparo se revisan en un proceso de mejora continua de la calidad. Las investigaciones e iniciativas clínicas se revisan periódicamente en un proceso basado en la evidencia. A continuación, los expertos evalúan el nuevo tratamiento y realizan recomendaciones clínicas y educativas para el cuidado del paciente. El proceso se repite y se generan avances y mejoras de los cuidados de forma continua. SUH significa servicio de urgencias hospitalario; SEM, servicio de emergencias médicas; ERR, equipo de respuesta rápida. *Este es un punto de solapamiento del ciclo. Los datos provienen de las bases de datos de resultados (a la derecha) y entran en los registros y las bases de datos nacionales (a la izquierda).

Tabla 2. Recomendaciones finales

1. La RCP de alta calidad debería considerarse la base sobre la que se sustentan todos los demás esfuerzos de reanimación. Los indicadores de rendimiento de la RCP fijados como objetivo incluyen:
 - a. FCT >80 %
 - b. Frecuencia de compresión de 100 a 120/min
 - c. Profundidad de compresión de ≥ 50 mm en adultos sin compresión residual del tórax
 - i. (Al menos un tercio de la dimensión anteroposterior del tórax en lactantes y niños)
 - d. Evite una ventilación excesiva.
 - i. (Apenas elevación torácica mínima y una frecuencia inferior a 12 respiraciones por minuto)
2. En todos los paros cardíacos asistidos por reanimadores profesionales
 - a. Usar al menos una modalidad de monitorización del rendimiento de la RCP del equipo
 - b. En función de los recursos disponibles, usar al menos una modalidad de monitorización de la respuesta fisiológica del paciente a los esfuerzos de reanimación
 - c. Ajustar los esfuerzos de reanimación de forma continua según la respuesta fisiológica del paciente
3. Los equipos de reanimación deben coordinar sus esfuerzos para optimizar la RCP durante el paro cardíaco
 - a. Iniciando las compresiones con rapidez y optimizando el rendimiento de la RCP desde el principio
 - b. Asegurando que un líder de equipo supervise las acciones y delegue de manera eficaz para garantizar una RCP rápida y óptima
 - c. Manteniendo la administración óptima de la RCP mediante la integración de cuidados avanzados y traslado
4. Los sistemas de atención (SEM, hospital y otros programas de reanimación profesional) deberían
 - a. Determinar una respuesta coordinada del equipo de intervención de paros cardíacos, definiendo las responsabilidades específicas de cada puesto, para asegurar la administración de una RCP de alta calidad durante todo el episodio
 - b. Capturar los datos de rendimiento de la RCP en todos los paros cardíacos y usar un programa de MCC continua de la RCP para optimizar futuros esfuerzos de reanimación
 - c. Implementar estrategias para la mejora continua de la calidad de la RCP e incorporar la educación, la preservación de las competencias y la revisión de las características del paro cardíaco que incluyan los indicadores de calidad de la RCP disponibles
5. Se debería desarrollar un sistema nacional para la presentación estandarizada de los indicadores de calidad de la RCP:
 - a. Los indicadores de calidad de la RCP deberían incluirse y recopilarse en registros y bases de datos nacionales para revisar, documentar y realizar investigaciones sobre la reanimación
 - b. La AHA, los organismos gubernamentales correspondientes y los fabricantes de dispositivos deben desarrollar estándares de la industria para la descarga de datos en bruto interoperables y una presentación de informes a partir de datos electrónicos recogidos durante la reanimación, a fin de mejorar tanto la calidad como la investigación

AHA significa American Heart Association; FCT, fracción de compresión torácica; RCP, reanimación cardiopulmonar; MCC, mejora continua de la calidad; EMS, servicio de emergencias médicas.

Revisión y mejora de calidad de los sistemas

Todo servicio de emergencias médicas, hospital u otro programa de reanimación profesional debería contar con un programa de MCC de la RCP que proporcionase retroalimentación al director, los encargados y los profesionales. Los programas de MCC de la RCP pueden y deben implementar sistemas para adquirir y almacenar en una ubicación centralizada los indicadores de rendimiento de la RCP. El rendimiento en el conjunto del sistema (que idealmente se asocia a la tasa de supervivencia) debe revisarse de forma intermitente, se han de identificar sus carencias y se deben implantar acciones correctivas. Las reuniones programadas de forma rutinaria del comité para el estudio de paros cardíacos del hospital, las reuniones de «morbimortalidad» de los departamentos médicos y las reuniones de revisión de la calidad del servicio de emergencias médicas pueden servir como plataformas para analizar casos seleccionados de paro cardíaco en detalle y proporcionar oportunidades para obtener retroalimentación y un refuerzo de los objetivos de calidad. Por ejemplo, se ha demostrado que el tiempo transcurrido hasta el primer intento de desfibrilación y la FCT guardan una relación directa con la evolución clínica del paciente y son indicadores diferenciados que poseen un significado claro y ofrecen la posibilidad de establecer un seguimiento a lo largo de meses o años. Con el paso del tiempo, la información obtenida a partir de la evaluación del rendimiento del conjunto de un sistema y del rendimiento individual de los equipos gracias al debriefing puede aportar valiosa retroalimentación efectiva a los sistemas

de salud que les permitirán identificar oportunidades para abordar necesidades especiales de capacitación. La distribución de estos mensajes ha de ser coherente con la cultura de la organización.

Varias iniciativas dirigidas a la recopilación de grandes cantidades de datos han enriquecido la ciencia de la reanimación clínica y ofrecen oportunidades para mejorar los procesos de MCC. De forma similar, la integración de procesos locales de MCC, normativas y educación por medio de registros y bases de datos nacionales contribuye a determinar e impulsar las acciones que se realizan en el ámbito regional, nacional y mundial (Figura 2). Get With The Guidelines-Resuscitation es un registro patrocinado por la AHA con más de 250 000 episodios de paro cardíaco intrahospitalario. El registro CARES (Cardiac Arrest Registry to Enhance Survival), creado por los centros de control y prevención de enfermedades de Estados Unidos, reúne datos de ámbito nacional sobre paros cardíacos extrahospitalarios. El ROC ha desarrollado Epistry, una extensa base de datos de episodios de paro cardíaco extrahospitalario que incluye indicadores granulares de calidad de la RCP. Un consorcio del European Resuscitation Council ha creado EuReCa (Registro europeo del paro cardíaco), una base de datos multinacional y multicultural de paros cardíacos extrahospitalarios. El valor de estos registros se ha demostrado en numerosos estudios de investigación en los que se emplean datos de registros para identificar la variabilidad de la supervivencia, el desarrollo de relaciones de mortalidad estandarizadas para comparar entornos de cuidados de la

Tabla 3. Guías de futuro necesarias para mejorar la calidad de la RCP: investigación y desarrollo**Investigación**

- Determinar cuáles son los objetivos óptimos relacionados con las características de la RCP (FCT, frecuencia y profundidad de compresión, expansión del tórax y ventilación) y la importancia relativa de los mismos para la evolución del paciente
- Determinar el efecto de la edad y la causa del paro de la víctima sobre las características óptimas de la RCP (especialmente el inicio y el método de ventilación)
- Profundizar en la caracterización de las relaciones entre las características individuales de la RCP
- Profundizar en la identificación de qué características de la RCP y qué relaciones entre ellas están sujetas a la evolución temporal
- Determinar la repercusión de la variabilidad durante el paro cardíaco de las características de la RCP (especialmente FCT y profundidad) sobre la evolución del paciente
- Aclarar si las características de la ventilación (parámetros basados en tiempo, presión y volumen) durante la RCP afectan a la evolución del paciente
- Determinar la titulación óptima de la monitorización hemodinámica y de la ETCO₂ durante la RCP en humanos
- Determinar si la monitorización de la ETCO₂ de una vía aérea no invasiva es indicador fiable y útil de la calidad de la RCP
- Determinar la relación óptima entre las características de la RCP previas a la descarga (profundidad, pausa) y RCE/supervivencia
- Determinar el número óptimo de reanimadores y el efecto de las características de los reanimadores sobre la calidad de la RCP y la evolución del paciente
- Profundizar en la caracterización del efecto de la fatiga y la recuperación del profesional sobre la evolución del paciente
- Determinar la repercusión del entorno de trabajo, el entorno de entrenamiento y las características del profesional sobre la eficacia de la RCP y la supervivencia del paciente
- Aclarar métodos de integración del entrenamiento de RCP en cursos avanzados y en sesiones de preservación continua de competencias
- Determinar el método de educación, así como los plazos y la ubicación del mismo, a nivel del sistema de salud para asegurar un rendimiento óptimo de la RCP y la buena evolución del paciente
- Desarrollar un indicador de RCP global que pueda usarse para medir y optimizar los procesos de mejora de la educación y de los sistemas de salud

Desarrollo

- Estandarizar el modo de documentar la calidad de la RCP y la integración de estos datos en los procesos y registros existentes de mejora de los sistemas de salud
- Desarrollar un dispositivo con capacidad para medir y monitorizar la calidad de la RCP durante el entrenamiento y la que se realiza en los episodios reales e integrarlo en los procesos y registros existentes de mejora de la calidad
- Desarrollar procesos óptimos de mejora de los sistemas de RCP que proporcionen informes fiables y automáticos de los parámetros de calidad de la RCP con capacidad para monitorizar la calidad de la RCP de forma continua en todos los sistemas de salud
- Desarrollar tecnología de retroalimentación que priorice la retroalimentación de forma óptima (por ejemplo: ponderación y priorización correctas de las propias características de la RCP)
- Desarrollar un monitor fisiológico más fiable, económico y no invasivo que aumente nuestra capacidad de optimizar la RCP para las víctimas de paro cardíaco
- Desarrollar materiales de entrenamiento que proporcionen a los reanimadores técnicas eficaces para realizar una RCP de calidad de forma rápida y fiable
- Desarrollar sistemas mecánicos mejorados de monitorización de la RCP que incluyan una captura uniforme y fiable de la frecuencia de ventilación, el volumen corriente, la presión de inspiración y la duración, así como la expansión torácica completa

FCT significa fracción de compresión torácica; RCP, reanimación cardiopulmonar; RCE, retorno de la circulación espontánea.

Journal of The American Heart Association

salud y carencias concretas en relación con la calidad de la reanimación. Además, en un reciente estudio se ha indicado que una participación más prolongada de los hospitales en Get With The Guidelines-Resuscitation se asocia a mejores tasas de supervivencia al paro cardíaco intrahospitalario a lo largo del tiempo.¹⁶⁵

Se anima encarecidamente a hospitales y SEM a que participen en estos programas de registros basados en la colaboración. Los costes de participación son bajos y los beneficios potenciales son importantes. Si no se aprovechan estos mecanismos de recopilación y comparación de datos, será difícil conseguir una mejora de la calidad de los cuidados y de la supervivencia.

Muchos de los obstáculos para la mejora sistemática de la calidad de la RCP están relacionados con la facilidad para capturar los datos de los sistemas de monitorización con vistas a una revisión sistemática. En la actualidad, la mayoría de los monitores capaces de medir parámetros mecánicos de la RCP ofrecen retroalimentación sobre cómo optimizar el rendimiento durante el paro cardíaco; algunos permiten revisar el episodio inmediatamente después, pero ninguno se presta a una revisión sistemática. Por ejemplo, en la práctica actual, la mayoría de los desfibriladores que registran la RCP requieren un proceso

de descarga manual. Quedan varios aspectos por mejorar en las herramientas de MCC que no se limitan a la integración de estos datos en el flujo de trabajo y su procesamiento. Aunque ya existen muchos dispositivos que capturan indicadores de calidad de la RCP, se deben desarrollar métodos inalámbricos eficaces para la transmisión de estos datos que sean más económicos y cuyo uso se pueda generalizar. Para que la recopilación de datos sobre la calidad de la RCP se convierta en una tarea rutinaria, estos procesos han de ser mucho más simples. Animamos a los fabricantes a que colaboren con los sistemas de salud para desarrollar una solución integrada que permita recopilar, transmitir y compilar datos sobre la calidad de la reanimación y vincularlos a registros para, en el futuro, mejorar el entrenamiento de los profesionales y las tasas de supervivencia al paro cardíaco.

Conclusiones

A medida que evoluciona la ciencia de la RCP, disfrutamos de una excelente oportunidad para mejorar la eficacia de la RCP durante los episodios de reanimación tanto intra como extrahospitalarios. Gracias a unos procesos más eficaces de perfeccionamiento de los sistemas de salud, de entrenamiento y

de medición de la calidad de la RCP, podemos influir notablemente en la supervivencia al paro cardíaco y aproximar los resultados actuales a tasas óptimas. Para conseguir este objetivo, el grupo de expertos propone cinco recomendaciones (Tabla 2) y guías de futuro para solucionar las carencias de conocimiento existentes.

Guías para el futuro

El grupo de expertos mostró un consenso unánime en el hecho de que existe una necesidad significativa de mejorar la monitorización y la calidad de la RCP en todos los entornos. Si bien el conocimiento sobre la RCP es ahora mucho más completo, hay varias carencias esenciales que dificultan la implementación y diseminación generalizada de la RCP de alta calidad (Tabla 3). Las investigaciones que se centren en estas carencias de conocimiento aportarán la información necesaria para avanzar en la consecución de una RCP óptima y, en última instancia, para salvar más vidas. Por otra parte, animamos a los principales actores de la RCP, tales como asociaciones de profesionales, fabricantes y organismos públicos pertinentes, a que colaboren con los sistemas de salud para desarrollar una solución integrada que permita recopilar y compilar datos sobre la calidad de la reanimación y vincularlos a registros para, en el futuro, mejorar el entrenamiento de los profesionales y las tasas de supervivencia al paro cardíaco.

Agradecimientos

Queremos dar las gracias a las siguientes personas por colaborar en la elaboración del resumen sobre el estado del conocimiento y por su participación en la CPR Quality Summit. Junto con el grupo de redacción, los investigadores de la CPR Quality Summit fueron Lance B. Becker, M. Allen McCullough, Robert M. Sutton, Dana E. Niles, Mark Venuti, Mary Fran Hazinski, Jose G. Cabanas, Thomas Rea, Andrew Travers, Elizabeth A. Hunt, Graham Nichol, Michael A. Rosen, Kathy Duncan, Vinay M. Nadkarni y Michael R. Sayre.

Fuentes de financiación

La financiación abierta de la CPR Quality Summit provino del CPR Improvement Working Group (Laerdal Medical, Philips Healthcare y ZOLL Medical Corporation).



Circulation

Journal of The American Heart Association

Datos públicos

Datos públicos del grupo de redacción

Miembro del grupo de redacción	Empleo	Beca de investigación	Otras ayudas para la investigación	Agencia de oradores/Honorarios	Interés en la propiedad	Consultor/Consejo asesor	Otros
Peter A. Meaney	Universidad de Pensilvania	No	No	No	No	No	Testigo experto: revisor médico experimentado de cuestiones no relacionadas con la RCP*
Bentley J. Bobrow	Universidad de Arizona; Departamento de servicios de salud de Arizona; Maricopa Medical Center	Investigador principal en la Universidad de Arizona becado por Fundación Medtronic para la implementación de un sistema estatal de cuidados cardíacos†; Fondos del NIH para el estudio de traumatismos craneoencefálicos: 1R01NS071049-01A1 (Adultos) 3R01NS071049-S1 (EPIC4Kids)†	No	No	No	No	No
Benjamin S. Abella	Universidad de Pensilvania	Fundación Medtronic: proyecto sobre resultados del paro cardíaco; pago a la institución†; Fundación Doris Duke: proyecto sobre lesiones posreanimación; pago a la institución†; NIH NHLBI R18: proyecto sobre el entrenamiento de RCP para personas legas; pago a la institución†; Philips Healthcare: proyecto sobre hemodinámica y calidad de la RCP; pago a la institución†; Stryker Medical: cuidados posteriores al paro cardíaco; pago a la institución†	No	Medivance: honorarios percibidos por conferencias sobre la hipotermia después del paro cardíaco*	Resuscor, empresa dedicada a la educación de profesionales de la salud en el ámbito de la ciencia de la reanimación: participación en la propiedad*	HeartSine Corp: puesto en el comité asesor para evaluar el desarrollo de DEA*; Velomedix Corp: cuidados posteriores al paro cardíaco*	No
Tom P. Aufderheide	Facultad de medicina de Wisconsin	NHLBI: Resuscitation Outcomes Consortium; el dinero lo percibe la institución, no yo directamente†; NHLBI: estudio Immediate; el dinero lo percibe la institución†; NHLBI: ResQTrial; el dinero lo percibe la institución†; NINDS: red Neurological Emergency Treatment Trials (NETT); el dinero lo percibe la institución†	Zoll Medical: software suministrado directamente por Zoll Medical a los servicios de emergencias médicas del Condado de Milwaukee para la realización de estudios de investigación en el marco del Resuscitation Outcomes Consortium e Immediate†	No	No	Presidente de Citizen CPR Foundation (voluntario)*; Secretario de Take Heart America (voluntario)*; Consultor pagado por Medtronic; consultor en un ensayo sobre IM agudo; el dinero se destinó a mi institución; cesé en mi puesto de consultor en noviembre de 2010*	Voluntario en el subcomité de soporte vital básico y del grupo de trabajo de investigación de la American Heart Association*; como miembro del Institute of Medicine (IOM) y del grupo de trabajo de investigación de la AHA, colabora con ambas instituciones para generar fondos para un informe del IOM sobre el paro cardíaco (voluntario)*

(Continuación)

Datos públicos del grupo de redacción (Continuación)

Miembro del grupo de redacción	Empleo	Beca de investigación	Otras ayudas para la investigación	Agencia de oradores/Honorarios	Interés en la propiedad	Consultor/Consejo asesor	Otros
Robert A. Berg	Universidad de Pensilvania, Facultad de medicina Perelman	No	No	Premio Asmund S. Laerdal Memorial Lecture de 2012 concedido por la Society of Critical Care Medicine por su extraordinaria trayectoria como científico investigador de la reanimación*	No	No	No
Farhan Bhanji	Hospital infantil de Montreal, Universidad McGill	No	No	No	No	No	No
Jim Christenson	Universidad de Columbia Británica, Facultad de medicina	Beca colectiva del Resuscitation Outcomes Consortium que aporta fondos hasta 2016 sobre calidad de la RCP; ha publicado un artículo sobre la fracción de compresión torácica y su relación con la supervivencia y es coautor de varios artículos en los que se evalúan diversos aspectos potenciales de la calidad de la RCP†	No	No	No	No	No
Allan R. de Caen	Profesional independiente	No	No	No	No	 No	No
Dana P. Edelson	Universidad de Chicago	Philips Healthcare: fondos abonados a la institución para proyectos sobre calidad de la RCP y hemodinámica; Laerdal Medical: fondos abonados a la institución para dirigir un nuevo entrenamiento sobre soporte vital básico†; NIH NHLBI: fondos abonados a la institución para elaborar estrategias de prevención y predicción de paros cardíacos intrahospitalarios†	No	No	Quant HC: desarrolla productos para la estratificación del riesgo de pacientes hospitalizados†	Consejo asesor de CARES: miembro*; junta directiva de la Sudden Cardiac Arrest Foundation: miembro*; Consejo asesor de la certificación FIERCE: miembro*	
Monica E. Kleinman	Children's Hospital Anesthesia Foundation	No	No	No	No	No	Testigo experto: revisión de casos médico-jurídicos en representación de los demandados*
Marion Leary	Universidad de Pensilvania	No	No	Honorarios como oradora percibidos hace varios años de Philips Healthcare*	No	He revisado dispositivos de Philips Healthcare y Laerdal en relación con la calidad de la RCP, sin remuneración económica*	Philips Healthcare entregó al grupo de investigación dispositivos Q CPR para su uso en estudios de investigación*

(Continuación)

Datos públicos del grupo de redacción (Continuación)

Miembro del grupo de redacción	Empleo	Beca de investigación	Otras ayudas para la investigación	Agencia de oradores/Honorarios	Interés en la propiedad	Consultor/Consejo asesor	Otros
Mary E. Mancini	Universidad de Texas en Arlington	No	No	Recibió honorarios como oradora principal en reuniones profesionales nacionales, como las del encuentro de la liga nacional para la educación en enfermería. Algunos de los temas tratados fueron la importancia de preservar las competencias y la simulación; no mantiene ningún contrato a largo plazo para ofrecer servicios a agencias de oradores.*	No tiene intereses económicos personales, pero se la cita en la patente de un dispositivo de RCP. Los derechos de esta cita los percibirá la universidad si el dispositivo llega a comercializarse.*	Participa en el consejo asesor de un producto de LWW para enfermería en fase de desarrollo que ayudará a los estudiantes de enfermería a adquirir técnicas de pensamiento crítico; uno de los aspectos a tratar es el de los pacientes que han sufrido un paro cardíaco.*	No
Venu Menon	Cleveland Clinic	No	No	No	No	No	No

En esta tabla se muestran las relaciones de los miembros del grupo de redacción que podrían interpretarse de forma cierta o razonable como conflictos de intereses, tal y como figuran en el cuestionario para la divulgación de datos públicos, que todos los integrantes del grupo de redacción deben cumplimentar y presentar. Una relación se considera «significativa» si (1) la persona recibe 10 000 dólares o más durante un periodo de doce meses, o bien el 5 % o más de sus ingresos brutos; o (2) la persona posee el 5 % o más del derecho a voto o de la cuota de participación de la entidad, o posee 10 000 dólares o más del valor de mercado justo de la entidad. Una relación se considera «modesta» si no llega a «significativa» según la definición anterior.

*Modesta.

†Significativa.

Datos públicos de los revisores

Revisor	Empleo	Beca de investigación	Otras ayudas para la investigación	Agencia de oradores/Honorarios	Testigo experto	Interés en la propiedad	Consultor/Consejo asesor	Otros
Sheldon Cheskes	Sunnybrook Center for Prehospital Medicine, Canadá	No	Sede de la COPI Toronto (Resuscitation Outcomes Consortium)†	No	No	No	No	No
Gavin Perkins	Warwick Medical School y Heart of England NHS Foundation Trust, Reino Unido	NIH (el dinero lo percibe la institución)†	No	No	No	No	No	No
Elizabeth H. Sinz	Penn State Hershey Medical Center	No	No	No	No	No	No	AHA, editora científica asociada (el dinero lo percibe la institución)†
Kjetil Sunde	Universidad de Oslo, Noruega	No	No	No	No	No	No	No

En esta tabla se muestran las relaciones de los revisores que podrían interpretarse de forma cierta o razonable como conflictos de intereses, tal y como figuran en el cuestionario para la divulgación de datos públicos, que todos los revisores deben cumplimentar y presentar. Una relación se considera «significativa» si (1) la persona recibe 10 000 dólares o más durante un periodo de doce meses, o bien el 5 % o más de sus ingresos brutos; o (2) la persona posee el 5 % o más del derecho a voto o de la cuota de participación de la entidad, o posee 10 000 dólares o más del valor de mercado justo de la entidad. Una relación se considera «modesta» si no llega a «significativa» según la definición anterior.

†Significativa.

Bibliografía

1. Ahern RM, Lozano R, Naghavi M, Foreman K, Gakidou E, Murray CJ. Improving the public health utility of global cardiovascular mortality data: the rise of ischemic heart disease. *Popul Health Metr.* 2011;9:8.
2. Berdowski J, Berg RA, Tijssen JG, Koster RW. Global incidences of out-of-hospital cardiac arrest and survival rates: systematic review of 67 prospective studies. *Resuscitation.* 2010;81:1479–1487.
3. Nichol G, Thomas E, Callaway CW, Hedges J, Powell JL, Aufderheide TP, Rea T, Lowe R, Brown T, Dreyer J, Davis D, Idris A, Stiell I; Resuscitation Outcomes Consortium Investigators. Regional variation in out-of-hospital cardiac arrest incidence and outcome [published correction appears in JAMA. 2008;300:1763]. *JAMA.* 2008;300:1423–1431.
4. Go AS, Mozaffarian D, Roger VL, Benjamin EJ, Berry JD, Borden WB, Bravata DM, Dai S, Ford ES, Fox CS, Franco S, Fullerton HJ, Gillespie C, Hailpern SM, Heit JA, Howard VJ, Huffman MD, Kissela BM, Kittner SJ, Lackland DT, Lichtman JH, Lisabeth LD, Magid D, Marcus GM, Marelli A, Matchar DB, McGuire DK, Mohler ER, Moy CS, Mussolino ME, Nichol G, Paynter NP, Schreiner PJ, Sorlie PD, Stein J, Turan TN, Virani SS, Wong ND, Woo D, Turner MB; American Heart Association Statistics Committee and Stroke Statistics Subcommittee. Heart disease and stroke statistics—2013 update: a report from the American Heart Association [published correction appears in *Circulation.* 2013;127:doi:10.1161/CIR.0b013e31828124ad]. *Circulation.* 2013;127:e6–e245.
5. Merchant RM, Yang L, Becker LB, Berg RA, Nadkarni V, Nichol G, Carr BG, Mitra N, Bradley SM, Abella BS, Groeneveld PW; American Heart Association Get With The Guidelines-Resuscitation Investigators. Incidence of treated cardiac arrest in hospitalized patients in the United States. *Crit Care Med.* 2011;39:2401–2406.
6. Centers for Disease Control and Prevention. National Vital Statistics Reports, December 29, 2011. http://www.cdc.gov/nchs/data/nvsr/nvsr60/nvsr60_03.pdf. Accessed October 31, 2012.
7. Beck CS, Leighninger DS. Death after a clean bill of health: so-called “fatal” heart attacks and treatment with resuscitation techniques. *JAMA.* 1960;174:133–135.
8. Perkins GD, Cooke MW. Variability in cardiac arrest survival: the NHS Ambulance Service Quality Indicators. *Emerg Med J.* 2012;29:3–5.
9. Peberdy MA, Ornato JP, Larkin GL, Braithwaite RS, Kashner TM, Carey SM, Meaney PA, Cen L, Nadkarni VM, Praestgaard AH, Berg RA; National Registry of Cardiopulmonary Resuscitation Investigators. Survival from in-hospital cardiac arrest during nights and weekends. *JAMA.* 2008;299:785–792.
10. Stiell IG, Brown SP, Christenson J, Cheskes S, Nichol G, Powell J, Bigham B, Morrison LJ, Larsen J, Hess E, Vaillancourt C, Davis DP, Callaway CW; Resuscitation Outcomes Consortium (ROC) Investigators. What is the role of chest compression depth during out-of-hospital cardiac arrest resuscitation? *Crit Care Med.* 2012;40:1192–1198.
11. Abella BS, Sandbo N, Vassilatos P, Alvarado JP, O’Hearn N, Wigder HN, Hoffman P, Tynus K, Vanden Hoek TL, Becker LB. Chest compression rates during cardiopulmonary resuscitation are suboptimal: a prospective study during in-hospital cardiac arrest. *Circulation.* 2005;111:428–434.
12. Travers AH, Rea TD, Bobrow BJ, Edelson DP, Berg RA, Sayre MR, Berg MD, Chameides L, O’Connor RE, Swor RA. Part 4: CPR overview: 2010 American Heart Association Guidelines for Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care. *Circulation.* 2010;122(suppl 3):S676–S684.
13. Neumar RW, Otto CW, Link MS, Kronick SL, Shuster M, Callaway CW, Kudenchuk PJ, Ornato JP, McNally B, Silvers SM, Passman RS, White RD, Hess EP, Tang W, Davis D, Sinz E, Morrison LJ. Part 8: adult advanced cardiovascular life support: 2010 American Heart Association Guidelines for Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care [published correction appears in *Circulation.* 2011;123:e236]. *Circulation.* 2010;122(suppl 3):S729–S767.
14. Kleinman ME, Chameides L, Schexnayder SM, Samson RA, Hazinski MF, Atkins DL, Berg MD, de Caen AR, Fink EL, Freid EB, Hickey RW, Marino BS, Nadkarni VM, Proctor LT, Qureshi FA, Sartorelli K, Topjian A, van der Jagt EW, Zaritsky AL. Part 14: pediatric advanced life support: 2010 American Heart Association Guidelines for Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care. *Circulation.* 2010;122(suppl 3):S876–S908.
15. Nichol G, Aufderheide TP, Eigel B, Neumar RW, Lurie KG, Bufalino VJ, Callaway CW, Menon V, Bass RR, Abella BS, Sayre M, Dougherty CM, Racht EM, Kleinman ME, O’Connor RE, Reilly JP, Ossmann EW, Peterson E; American Heart Association Emergency Cardiovascular Care Committee; Council on Arteriosclerosis, Thrombosis, and Vascular Biology; Council on Cardiopulmonary, Critical Care, Perioperative and Resuscitation; Council on Cardiovascular Nursing; Council on Clinical Cardiology; Advocacy Committee; Council on Quality of Care and Outcomes Research. Regional systems of care for out-of-hospital cardiac arrest: a policy statement from the American Heart Association [published correction appears in *Circulation.* 2010;122:e439]. *Circulation.* 2010;121:709–729.
16. Ralston SH, Voorhees WD, Babbs CF. Intrapulmonary epinephrine during prolonged cardiopulmonary resuscitation: improved regional blood flow and resuscitation in dogs. *Ann Emerg Med.* 1984;13:79–86.
17. Michael JR, Guerci AD, Koehler RC, Shi AY, Tsitlik J, Chandra N, Niedermeyer E, Rogers MC, Traystman RJ, Weisfeldt ML. Mechanisms by which epinephrine augments cerebral and myocardial perfusion during cardiopulmonary resuscitation in dogs. *Circulation.* 1984;69:822–835.
18. Halperin HR, Tsitlik JE, Guerci AD, Mellits ED, Levin HR, Shi AY, Chandra N, Weisfeldt ML. Determinants of blood flow to vital organs during cardiopulmonary resuscitation in dogs. *Circulation.* 1986;73:539–550.
19. Robergsson S, Karlsten R. Increased cortical cerebral blood flow with LUCAS, a new device for mechanical chest compressions compared to standard external compressions during experimental cardiopulmonary resuscitation. *Resuscitation.* 2005;65:357–363.
20. Gurses AP, Seidl KL, Vaidya V, Bochicchio G, Harris AD, Hebden J, Xiao Y. Systems ambiguity and guideline compliance: a qualitative study of how intensive care units follow evidence-based guidelines to reduce healthcare-associated infections. *Qual Saf Health Care.* 2008;17:351–359.
21. Pronovost PJ, Bo-Linn GW. Preventing patient harms through systems of care. *JAMA.* 2012;308:769–770.
22. Jollis JG, Granger CB, Henry TD, Antman EM, Berger PB, Moyer PH, Pratt FD, Rokos IC, Acuña AR, Roettig ML, Jacobs AK. Systems of care for ST-segment-elevation myocardial infarction: a report from the American Heart Association’s Mission: Lifeline. *Circ Cardiovasc Qual Outcomes.* 2012;5:423–428.
23. Nestler DM, Noheria A, Haro LH, Stead LG, Decker WW, Scanlan-Hanson LN, Lennon RJ, Lim CC, Holmes DR Jr, Rihal CS, Bell MR, Ting HH. Sustaining improvement in door-to-balloon time over 4 years: the Mayo Clinic ST-elevation myocardial infarction protocol. *Circ Cardiovasc Qual Outcomes.* 2009;2:508–513.
24. Santana MJ, Stelfox HT. Quality indicators used by trauma centers for performance measurement. *J Trauma Acute Care Surg.* 2012;72:1298–1302.
25. Niemann JT, Rosborough JP, Ung S, Criley JM. Coronary perfusion pressure during experimental cardiopulmonary resuscitation. *Ann Emerg Med.* 1982;11:127–131.
26. Paradis NA, Martin GB, Rivers EP, Goetting MG, Appleton TJ, Feingold M, Nowak RM. Coronary perfusion pressure and the return of spontaneous circulation in human cardiopulmonary resuscitation. *JAMA.* 1990;263:1106–1113.
27. Sanders AB, Ogle M, Ewy GA. Coronary perfusion pressure during cardiopulmonary resuscitation. *Am J Emerg Med.* 1985;3:11–14.
28. Berg RA, Hemphill R, Abella BS, Aufderheide TP, Cave DM, Hazinski MF, Lerner EB, Rea TD, Sayre MR, Swor RA. Part 5: adult basic life support: 2010 American Heart Association Guidelines for Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care [published correction appears in *Circulation.* 2011;124:e402]. *Circulation.* 2010;122(suppl 3):S685–S705.
29. Christenson J, Andrusiek D, Everson-Stewart S, Kudenchuk P, Hostler D, Powell J, Callaway CW, Bishop D, Vaillancourt C, Davis D, Aufderheide TP, Idris A, Stouffer JA, Stiell I, Berg R; Resuscitation Outcomes Consortium Investigators. Chest compression fraction determines survival in patients with out-of-hospital ventricular fibrillation. *Circulation.* 2009;120:1241–1247.
30. Vaillancourt C, Everson-Stewart S, Christenson J, Andrusiek D, Powell J, Nichol G, Cheskes S, Aufderheide TP, Berg R, Stiell IG; Resuscitation Outcomes Consortium Investigators. The impact of increased chest compression fraction on return of spontaneous circulation for out-of-hospital cardiac arrest patients not in ventricular fibrillation. *Resuscitation.* 2011;82:1501–1507.
31. Cheskes S, Schmicker RH, Christenson J, Salcido DD, Rea T, Powell J, Edelson DP, Sell R, May S, Menegazzi JJ, Van Ottingham L, Olsufka M, Pennington S, Simonini J, Berg RA, Stiell I, Idris A, Bigham B, Morrison L; Resuscitation Outcomes Consortium (ROC) Investigators. Perishock pause: an independent predictor of survival from out-of-hospital shockable cardiac arrest. *Circulation.* 2011;124:58–66.
32. Wolfe JA, Maier GW, Newton JR Jr, Glower DD, Tyson GS Jr, Spratt JA, Rankin JS, Olsen CO. Physiologic determinants of coronary blood flow during external cardiac massage. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1988;95:523–532.
33. Monsieurs KG, De Regge M, Vansteelandt K, De Smet J, Annaert E, Lemoyne S, Kalmar AF, Calle PA. Excessive chest compression rate is associated with insufficient compression depth in prehospital cardiac arrest. *Resuscitation.* 2012;83:1319–1323.

34. Idris AH, Guffey D, Aufderheide TP, Brown S, Morrison LJ, Nichols P, Powell J, Daya M, Bigam BL, Atkins DL, Berg R, Davis D, Stiell I, Sopko G, Nichol G; Resuscitation Outcomes Consortium (ROC) Investigators. Relationship between chest compression rates and outcomes from cardiac arrest. *Circulation*. 2012;125:3004–3012.
35. Berg MD, Schexnayder SM, Chameides L, Terry M, Donoghue A, Hickey RW, Berg RA, Sutton RM, Hazinski MF. Part 13: pediatric basic life support: 2010 American Heart Association Guidelines for Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care. *Circulation*. 2010;122(suppl 3):S862–S875.
36. Sutton RM, French B, Nishisaki A, Niles DE, Maltese MR, Boyle L, Stavland M, Eilevstjønn J, Arbogast KB, Berg RA, Nadkarni VM. American Heart Association cardiopulmonary resuscitation quality targets are associated with improved arterial blood pressure during pediatric cardiac arrest. *Resuscitation*. 2013;84:168–172.
37. Stiell IG, Brown S, Calloway CW, Aufderheide TP, Cheskes S, Vaillancourt C, Hostler D, Davis DP, Idris A, Christenson J, Morrison M, Stouffer J, Free C, Nichol G; Resuscitation Outcomes Consortium Investigators. What is the optimal chest compression depth during resuscitation from out-of-hospital cardiac arrest in adult patients? *Circulation*. 2012;126:A287. Abstract.
38. Abella BS, Alvarado JP, Myklebust H, Edelson DP, Barry A, O'Hearn N, Vanden Hoek TL, Becker LB. Quality of cardiopulmonary resuscitation during in-hospital cardiac arrest. *JAMA*. 2005;293:305–310.
39. Wik L, Kramer-Johansen J, Myklebust H, Sørebo H, Svensson L, Fellows B, Steen PA. Quality of cardiopulmonary resuscitation during out-of-hospital cardiac arrest. *JAMA*. 2005;293:299–304.
40. Edelson DP, Litzinger B, Arora V, Walsh D, Kim S, Lauderdale DS, Vanden Hoek TL, Becker LB, Abella BS. Improving in-hospital cardiac arrest process and outcomes with performance debriefing. *Arch Intern Med*. 2008;168:1063–1069.
41. Edelson DP, Abella BS, Kramer-Johansen J, Wik L, Myklebust H, Barry AM, Merchant RM, Hoek TL, Steen PA, Becker LB. Effects of compression depth and pre-shock pauses predict defibrillation failure during cardiac arrest. *Resuscitation*. 2006;71:137–145.
42. Kramer-Johansen J, Myklebust H, Wik L, Fellows B, Svensson L, Sørebo H, Steen PA. Quality of out-of-hospital cardiopulmonary resuscitation with real time automated feedback: a prospective interventional study. *Resuscitation*. 2006;71:283–292.
43. Babbs CF, Kemeny AE, Quan W, Freeman G. A new paradigm for human resuscitation research using intelligent devices. *Resuscitation*. 2008;77:306–315.
44. Aufderheide TP, Pirralo RG, Yannopoulos D, Klein JP, von Briesen C, Sparks CW, Deja KA, Conrad CJ, Kitscha DJ, Provo TA, Lurie KG. Incomplete chest wall decompression: a clinical evaluation of CPR performance by EMS personnel and assessment of alternative manual chest compression-decompression techniques. *Resuscitation*. 2005;64:353–362.
45. Yannopoulos D, McKnite S, Aufderheide TP, Sigurdsson G, Pirralo RG, Benditt D, Lurie KG. Effects of incomplete chest wall decompression during cardiopulmonary resuscitation on coronary and cerebral perfusion pressures in a porcine model of cardiac arrest. *Resuscitation*. 2005;64:363–372.
46. Zuercher M, Hilwig RW, Ranger-Moore J, Nysaether J, Nadkarni VM, Berg MD, Kern KB, Sutton R, Berg RA. Leaning during chest compressions impairs cardiac output and left ventricular myocardial blood flow in piglet cardiac arrest. *Crit Care Med*. 2010;38:1141–1146.
47. Sutton RM, Niles D, Nysaether J, Stavland M, Thomas M, Ferry S, Bishnoi R, Litman R, Allen J, Srinivasan V, Berg RA, Nadkarni VM. Effect of residual leaning force on intrathoracic pressure during mechanical ventilation in children. *Resuscitation*. 2010;81:857–860.
48. Niles DE, Sutton RM, Nadkarni VM, Glatz A, Zuercher M, Maltese MR, Eilevstjønn J, Abella BS, Becker LB, Berg RA. Prevalence and hemodynamic effects of leaning during CPR. *Resuscitation*. 2011;82(suppl 2):S23–S26.
49. Fried DA, Leary M, Smith DA, Sutton RM, Niles D, Herzberg DL, Becker LB, Abella BS. The prevalence of chest compression leaning during in-hospital cardiopulmonary resuscitation. *Resuscitation*. 2011;82:1019–1024.
50. Niles D, Nysaether J, Sutton R, Nishisaki A, Abella BS, Arbogast K, Maltese MR, Berg RA, Helfaer M, Nadkarni V. Leaning is common during in-hospital pediatric CPR, and decreased with automated corrective feedback. *Resuscitation*. 2009;80:553–557.
51. Hallstrom A, Cobb L, Johnson E, Copass M. Cardiopulmonary resuscitation by chest compression alone or with mouth-to-mouth ventilation. *N Engl J Med*. 2000;342:1546–1553.
52. Van Hoeyweghen RJ, Bossaert LL, Mullie A, Calle P, Martens P, Buylaert WA, Delooy H. Quality and efficiency of bystander CPR: Belgian Cerebral Resuscitation Study Group. *Resuscitation*. 1993;26:47–52.
53. Bobrow BJ, Clark LL, Ewy GA, Chikani V, Sanders AB, Berg RA, Richman PB, Kern KB. Minimally interrupted cardiac resuscitation by emergency medical services for out-of-hospital cardiac arrest. *JAMA*. 2008;299:1158–1165.
54. Dorph E, Wik L, Strømme TA, Eriksen M, Steen PA. Oxygen delivery and return of spontaneous circulation with ventilation:compression ratio 2:30 versus chest compressions only CPR in pigs. *Resuscitation*. 2004;60:309–318.
55. Kitamura T, Iwami T, Kawamura T, Nagao K, Tanaka H, Nadkarni VM, Berg RA, Hiraide A; Implementation Working Group for All-Japan Utstein Registry of the Fire and Disaster Management Agency. Conventional and chest-compression-only cardiopulmonary resuscitation by bystanders for children who have out-of-hospital cardiac arrests: a prospective, nationwide, population-based cohort study. *Lancet*. 2010;375:1347–1354.
56. Berg RA, Hilwig RW, Kern KB, Babar I, Ewy GA. Simulated mouth-to-mouth ventilation and chest compressions (bystander cardiopulmonary resuscitation) improves outcome in a swine model of prehospital pediatric asphyxial cardiac arrest. *Crit Care Med*. 1999;27:1893–1899.
57. Aufderheide TP, Sigurdsson G, Pirralo RG, Yannopoulos D, McKnite S, von Briesen C, Sparks CW, Conrad CJ, Provo TA, Lurie KG. Hyperventilation-induced hypotension during cardiopulmonary resuscitation. *Circulation*. 2004;109:1960–1965.
58. Milander MM, Hiscok PS, Sanders AB, Kern KB, Berg RA, Ewy GA. Chest compression and ventilation rates during cardiopulmonary resuscitation: the effects of audible tone guidance. *Acad Emerg Med*. 1995;2:708–713.
59. O'Neill JF, Deakin CD. Do we hyperventilate cardiac arrest patients? *Resuscitation*. 2007;73:82–85.
60. McInnes AD, Sutton RM, Orioles A, Nishisaki A, Niles D, Abella BS, Maltese MR, Berg RA, Nadkarni V. The first quantitative report of ventilation rate during in-hospital resuscitation of older children and adolescents. *Resuscitation*. 2011;82:1025–1029.
61. Gazmuri RJ, Ayoub IM, Radhakrishnan J, Motl J, Upadhyaya MP. Clinically plausible hyperventilation does not exert adverse hemodynamic effects during CPR but markedly reduces end-tidal PCO. *Resuscitation*. 2012;83:259–264.
62. Woda RP, Dzwonczyk R, Bernacki BL, Cannon M, Lynn L. The ventilatory effects of auto-positive end-expiratory pressure development during cardiopulmonary resuscitation. *Crit Care Med*. 1999;27:2212–2217.
63. Pepe PE, Marini JJ. Occult positive end-expiratory pressure in mechanically ventilated patients with airflow obstruction: the auto-PEEP effect. *Am Rev Respir Dis*. 1982;126:166–170.
64. Courmand A, Motley HL. Physiological studies of the effects of intermittent positive pressure breathing on cardiac output in man. *Am J Physiol*. 1948;152:162–174.
65. Sykes MK, Adams AP, Finlay WE, McCormick PW, Economides A. The effects of variations in end-expiratory inflation pressure on cardiorespiratory function in normo-, hypo- and hypervolaemic dogs. *Br J Anaesth*. 1970;42:669–677.
66. Langhelle A, Sunde K, Wik L, Steen PA. Arterial blood-gases with 500-versus 1000-ml tidal volumes during out-of-hospital CPR. *Resuscitation*. 2000;45:27–33.
67. Wenzel V, Keller C, Idris AH, Dörge V, Lindner KH, Brimacombe JR. Effects of smaller tidal volumes during basic life support ventilation in patients with respiratory arrest: good ventilation, less risk? *Resuscitation*. 1999;43:25–29.
68. Fuerst R, Idris A, Banner M, Wenzel V, Orban D. Changes in respiratory system compliance during cardiopulmonary arrest with and without closed chest compressions. *Ann Emerg Med*. 1993;22:931.
69. Valenzuela TD, Kern KB, Clark LL, Berg RA, Berg MD, Berg DD, Hilwig RW, Otto CW, Newburn D, Ewy GA. Interruptions of chest compressions during emergency medical systems resuscitation. *Circulation*. 2005;112:1259–1265.
70. Crile G, Dolley DH. An experimental research into the resuscitation of dogs killed by anesthetics and asphyxia. *J Exp Med*. 1906;8:713–725.
71. Berg RA, Kern KB, Hilwig RW, Ewy GA. Assisted ventilation during “bystander” CPR in a swine acute myocardial infarction model does not improve outcome. *Circulation*. 1997;96:4364–4371.
72. Redding JS, Pearson JW. Resuscitation from ventricular fibrillation: drug therapy. *JAMA*. 1968;203:255–260.
73. Kern KB, Ewy GA, Voorhees WD, Babbs CF, Tacker WA. Myocardial perfusion pressure: a predictor of 24-hour survival during prolonged cardiac arrest in dogs. *Resuscitation*. 1988;16:241–250.
74. Lindner KH, Pfenninger EG, Lindner IM, Strohmenger HU, Georgieff M, Lurie KG. Vasopressin improves vital organ blood flow during closed-chest cardiopulmonary resuscitation in pigs. *Circulation*. 1995;91:215–221.

75. Martin GB, Carden DL, Nowak RM, Lewinter JR, Johnston W, Tomlanovich MC. Aortic and right atrial pressures during standard and simultaneous compression and ventilation CPR in human beings. *Ann Emerg Med.* 1986;15:125–130.
76. Timmerman S, Cardoso LF, Ramires JA, Halperin H. Improved hemodynamic performance with a novel chest compression device during treatment of in-hospital cardiac arrest. *Resuscitation.* 2004;61:273–280.
77. Pearson JW, Redding JS. Peripheral vascular tone on cardiac resuscitation. *Anesth Analg.* 1965;44:746–752.
78. Ornato JP, Garnett AR, Glauser FL. Relationship between cardiac output and the end-tidal carbon dioxide tension. *Ann Emerg Med.* 1990;19:1104–1106.
79. Weil MH, Bisera J, Trevino RP, Rackow EC. Cardiac output and end-tidal carbon dioxide. *Crit Care Med.* 1985;13:907–909.
80. Levine RL, Wayne MA, Miller CC. End-tidal carbon dioxide and outcome of out-of-hospital cardiac arrest. *N Engl J Med.* 1997;337:301–306.
81. Sanders AB, Kern KB, Otto CW, Milander MM, Ewy GA. End-tidal carbon dioxide monitoring during cardiopulmonary resuscitation: a prognostic indicator for survival. *JAMA.* 1989;262:1347–1351.
82. Cantineau JP, Lambert Y, Merckx P, Reynaud P, Porte F, Bertrand C, Duvaldestin P. End-tidal carbon dioxide during cardiopulmonary resuscitation in humans presenting mostly with asystole: a predictor of outcome. *Crit Care Med.* 1996;24:791–796.
83. Eberle B, Dick WF, Schneider T, Wissner G, Doetsch S, Tzanova I. Checking the carotid pulse check: diagnostic accuracy of first responders in patients with and without a pulse. *Resuscitation.* 1996;33: 107–116.
84. Tibballs J, Russell P. Reliability of pulse palpation by healthcare personnel to diagnose paediatric cardiac arrest. *Resuscitation.* 2009;80:61–64.
85. Lapostolle F, Le Toumelin P, Agostinucci JM, Cantineau J, Adnet F. Basic cardiac life support providers checking the carotid pulse: performance, degree of conviction, and influencing factors. *Acad Emerg Med.* 2004;11:878–880.
86. Sutton RM, Maltese MR, Niles D, French B, Nishisaki A, Arbogast KB, Donoghue A, Berg RA, Helfaer MA, Nadkarni V. Quantitative analysis of chest compression interruptions during in-hospital resuscitation of older children and adolescents. *Resuscitation.* 2009;80:1259–1263.
87. Hazinski MF, ed. *BLS for Healthcare Providers Student Manual.* Dallas, TX: American Heart Association; 2011.
88. Tschan F, Vetterli M, Semmer NK, Hunziker S, Marsch SC. Activities during interruptions in cardiopulmonary resuscitation: a simulator study. *Resuscitation.* 2011;82:1419–1423.
89. Eschmann NM, Pirrallo RG, Aufderheide TP, Lerner EB. The association between emergency medical services staffing patterns and out-of-hospital cardiac arrest survival. *Prehosp Emerg Care.* 2010;14:71–77.
90. Yeung JH, Ong GJ, Davies RP, Gao F, Perkins GD. Factors affecting team leadership skills and their relationship with quality of cardiopulmonary resuscitation. *Crit Care Med.* 2012;40:2617–2621.
91. Hunziker S, Bühlmann C, Tschan F, Balestrà G, Legeret C, Schumacher C, Semmer NK, Hunziker P, Marsch S. Brief leadership instructions improve cardiopulmonary resuscitation in a high-fidelity simulation: a randomized controlled trial [published correction appears in Crit Care Med. 2010;38:1510]. *Crit Care Med.* 2010;38:1086–1091.
92. Cooper S, Wakelam A. Leadership of resuscitation teams: “Lighthouse Leadership.” *Resuscitation.* 1999;42:27–45.
93. Wang HE, Simeone SJ, Weaver MD, Callaway CW. Interruptions in cardiopulmonary resuscitation from paramedic endotracheal intubation. *Ann Emerg Med.* 2009;54:645–652.e1.
94. Wang HE, Szydlo D, Stouffer JA, Lin S, Carlson JN, Vaillancourt C, Sears G, Verbeek RP, Fowler R, Idris AH, Koenig K, Christenson J, Minokadeh A, Brandt J, Rea T; ROC Investigators. Endotracheal intubation versus supraglottic airway insertion in out-of-hospital cardiac arrest. *Resuscitation.* 2012;83:1061–1066.
95. Hanif MA, Kaji AH, Niemann JT. Advanced airway management does not improve outcome of out-of-hospital cardiac arrest. *Acad Emerg Med.* 2010;17:926–931.
96. Bahr J, Klingler H, Panzer W, Rode H, Kettler D. Skills of lay people in checking the carotid pulse. *Resuscitation.* 1997;35:23–26.
97. Moule P. Checking the carotid pulse: diagnostic accuracy in students of the healthcare professions. *Resuscitation.* 2000;44:195–201.
98. Nyman J, Sihvonen M. Cardiopulmonary resuscitation skills in nurses and nursing students. *Resuscitation.* 2000;47:179–184.
99. Ochoa FJ, Ramalle-Gómara E, Carpintero JM, García A, Saralegui I. Competence of health professionals to check the carotid pulse. *Resuscitation.* 1998;37:173–175.
100. Mather C, O’Kelly S. The palpation of pulses. *Anaesthesia.* 1996;51:189–191.
101. Sell RE, Sarno R, Lawrence B, Castillo EM, Fisher R, Brainard C, Dunford JV, Davis DP. Minimizing preand post-defibrillation pauses increases the likelihood of return of spontaneous circulation (ROSC). *Resuscitation.* 2010;81:822–825.
102. Perkins GD, Davies RP, Soar J, Thickett DR. The impact of manual defibrillation technique on no-flow time during simulated cardiopulmonary resuscitation. *Resuscitation.* 2007;73:109–114.
103. Li Y, Bisera J, Weil MH, Tang W. An algorithm used for ventricular fibrillation detection without interrupting chest compression. *IEEE Trans Biomed Eng.* 2012;59:78–86.
104. Rea TD, Helbock M, Perry S, Garcia M, Cloyd D, Becker L, Eisenberg M. Increasing use of cardiopulmonary resuscitation during out-of-hospital ventricular fibrillation arrest: survival implications of guideline changes. *Circulation.* 2006;114:2760–2765.
105. Chung TN, Bae J, Kim EC, Cho YK, You JS, Choi SW, Kim OJ. Induction of a shorter compression phase is correlated with a deeper chest compression during metronome-guided cardiopulmonary resuscitation: a manikin study. *Emerg Med J.* July 25, 2012. doi:10.1136/emmermed-2012-201534. http://emj.bmj.com/content/early/2012/07/24/emmermed-2012-201534. long. Accessed June 11, 2013.
106. Kern KB, Stickney RE, Gallison L, Smith RE. Metronome improves compression and ventilation rates during CPR on a manikin in a randomized trial. *Resuscitation.* 2010;81:206–210.
107. Sato H, Komazawa N, Ueki R, Yamamoto N, Fujii A, Nishi S, Kaminoh Y. Backboard insertion in the operating table increases chest compression depth: a manikin study. *J Anesth.* 2011;25:770–772.
108. Nishisaki A, Maltese MR, Niles DE, Sutton RM, Urbano J, Berg RA, Nadkarni VM. Backboards are important when chest compressions are provided on a soft mattress. *Resuscitation.* 2012;83:1013–1020.
109. Andersen LØ, Isbye DL, Rasmussen LS. Increasing compression depth during manikin CPR using a simple backboard. *Acta Anaesthesiol Scand.* 2007;51:747–750.
110. Noordergraaf GJ, Paulussen IW, Venema A, van Berkomp PF, Woerlee PH, Scheffer GJ, Noordergraaf A. The impact of compliant surfaces on in-hospital chest compressions: effects of common mattresses and a backboard. *Resuscitation.* 2009;80:546–552.
111. Perkins GD, Smith CM, Augre C, Allan M, Rogers H, Stephenson B, Thickett DR. Effects of a backboard, bed height, and operator position on compression depth during simulated resuscitation. *Intensive Care Med.* 2006;32:1632–1635.
112. Sugerman NT, Edelson DP, Leary M, Weidman EK, Herzberg DL, Vanden Hoek TL, Becker LB, Abella BS. Rescuer fatigue during actual in-hospital cardiopulmonary resuscitation with audiovisual feedback: a prospective multicenter study. *Resuscitation.* 2009;80:981–984.
113. Ochoa FJ, Ramalle-Gómara E, Lisa V, Saralegui I. The effect of rescuer fatigue on the quality of chest compressions. *Resuscitation.* 1998;37:149–152.
114. Ashton A, McCluskey A, Gwinnutt CL, Keenan AM. Effect of rescuer fatigue on performance of continuous external chest compressions over 3 min. *Resuscitation.* 2002;55:151–155.
115. Hightower D, Thomas SH, Stone CK, Dunn K, March JA. Decay in quality of closed-chest compressions over time. *Ann Emerg Med.* 1995;26:300–303.
116. Bjørshol CA, Sunde K, Myklebust H, Assmus J, Søreide E. Decay in chest compression quality due to fatigue is rare during prolonged advanced life support in a manikin model. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med.* 2011;19:46.
117. Manders S, Geijsel FE. Alternating providers during continuous chest compressions for cardiac arrest: every minute or every two minutes? *Resuscitation.* 2009;80:1015–1018.
118. Cason CL, Trowbridge C, Baxley SM, Ricard MD. A counterbalanced cross-over study of the effects of visual, auditory and no feedback on performance measures in a simulated cardiopulmonary resuscitation. *BMC Nurs.* 2011;10:15.
119. Pozner CN, Almozilino A, Elmer J, Poole S, McNamara D, Barash D. Cardiopulmonary resuscitation feedback improves the quality of chest compression provided by hospital health care professionals. *Am J Emerg Med.* 2011;29:618–625.
120. Chi CH, Tsou JY, Su FC. Effects of rescuer position on the kinematics of cardiopulmonary resuscitation (CPR) and the force of delivered compressions. *Resuscitation.* 2008;76:69–75.
121. Jäntti H, Silfvast T, Turpeinen A, Kiviniemi V, Uusaro A. Quality of cardiopulmonary resuscitation on manikins: on the floor and in the bed. *Acta Anaesthesiol Scand.* 2009;53:1131–1137.
122. Foo NP, Chang JH, Lin HJ, Guo HR. Rescuer fatigue and cardiopulmonary resuscitation positions: a randomized controlled crossover trial. *Resuscitation.* 2010;81:579–584.
123. Jones AY, Lee RY. Rescuer’s position and energy consumption, spinal kinetics, and effectiveness of simulated cardiac compression. *Am J Crit Care.* 2008;17:417–425.
124. Edelson DP, Call SL, Yuen TC, Vanden Hoek TL. The impact of a step stool on cardiopulmonary resuscitation: a cross-over mannequin study. *Resuscitation.* 2012;83:874–878.
125. Lim JS, Cho YC, Kwon OY, Chung SP, Yu K, Kim SW. Precise minute ventilation delivery using a bag-valve mask and audible feedback. *Am J Emerg Med.* 2012;30:1068–1071.

126. Sherren PB, Lewinsohn A, Jovaisa T, Wijayatilake DS. Comparison of the Mapleson C system and adult and paediatric self-inflating bags for delivering guideline-consistent ventilation during simulated adult cardiopulmonary resuscitation. *Anaesthesia*. 2011;66:563–567.
127. Nehme Z, Boyle MJ. Smaller self-inflating bags produce greater guideline consistent ventilation in simulated cardiopulmonary resuscitation. *BMC Emerg Med*. 2009;9:4.
128. Terndrup TE, Rhee J. Available ventilation monitoring methods during pre-hospital cardiopulmonary resuscitation. *Resuscitation*. 2006;71:10–18.
129. Dickinson ET, Verdile VP, Schneider RM, Salluzzo RF. Effectiveness of mechanical versus manual chest compressions in out-of-hospital cardiac arrest resuscitation: a pilot study. *Am J Emerg Med*. 1998;16:289–292.
130. Hallstrom A, Rea TD, Sayre MR, Christenson J, Anton AR, Mossesso VN Jr, Van Ottingham L, Olsufka M, Pennington S, White LJ, Yahn S, Husar J, Morris MF, Cobb LA. Manual chest compression vs use of an automated chest compression device during resuscitation following out-of-hospital cardiac arrest: a randomized trial. *JAMA*. 2006;295:2620–2628.
131. Smekal D, Johansson J, Huzevka T, Rubertsson S. A pilot study of mechanical chest compressions with the LUCAS™ device in cardiopulmonary resuscitation. *Resuscitation*. 2011;82:702–706.
132. Axelsson C, Nestin J, Svensson L, Axelsson AB, Herlitz J. Clinical consequences of the introduction of mechanical chest compression in the EMS system for treatment of out-of-hospital cardiac arrest: a pilot study. *Resuscitation*. 2006;71:47–55.
133. Rubertsson S, Silfverstolpe J, Rehn L, Nyman T, Lichtveld R, Boomars R, Bruins W, Ahlstedt B, Puggioli H, Lindgren E, Smekal D, Skoog G, Kastberg R, Lindblad A, Halliwell D, Box M, Arnwald F, Hardig BM, Chamberlain D, Herlitz J, Karlsten R. The study protocol for the LINC (LUCAS in cardiac arrest) study: a study comparing conventional adult out-of-hospital cardiopulmonary resuscitation with a concept with mechanical chest compressions and simultaneous defibrillation. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med*. 2013;21:5.
134. Yost D, Phillips RH, Gonzales L, Lick CJ, Satterlee P, Levy M, Barger J, Dodson P, Poggi S, Wojcik K, Niskanen RA, Chapman FW. Assessment of CPR interruptions from transthoracic impedance during use of the LUCAS™ mechanical chest compression system. *Resuscitation*. 2012;83:961–965.
135. Ong ME, Annathurai A, Shahidah A, Leong BS, Ong VY, Tiah L, Ang SH, Yong KL, Sultana P. Cardiopulmonary resuscitation interruptions with use of a load-distributing band device during emergency department cardiac arrest. *Ann Emerg Med*. 2010;56:233–241.
136. Fischer H, Neuhold S, Zapletal B, Hochbrugger E, Koinig H, Steinlechner B, Frantal S, Stumpf D, Greif R. A manually powered mechanical resuscitation device used by a single rescuer: a randomised controlled manikin study. *Resuscitation*. 2011;82:913–919.
137. Fischer H, Neuhold S, Hochbrugger E, Steinlechner B, Koinig H, Milosevic L, Havel C, Frantal S, Greif R. Quality of resuscitation: flight attendants in an airplane simulator use a new mechanical resuscitation device: a randomized simulation study. *Resuscitation*. 2011;82:459–463.
138. Tomte O, Sunde K, Lorentz T, Auestad B, Souders C, Jensen J, Wik L. Advanced life support performance with manual and mechanical chest compressions in a randomized, multicentre manikin study. *Resuscitation*. 2009;80:1152–1157.
139. Ong ME, Quah JL, Annathurai A, Noor NM, Koh ZX, Tan KB, Pothiwala S, Poh AH, Loy CK, Fook-Chong S. Improving the quality of cardiopulmonary resuscitation by training dedicated cardiac arrest teams incorporating a mechanical load-distributing device at the emergency department. *Resuscitation*. 2013;84:508–514.
140. Circulation Improving Resuscitation Care (CIRC Study). ClinicalTrials.gov Web site. <http://clinicaltrials.gov/ct2/show/record/nct00597207>. Accessed February 28, 2013.
141. Perkins GD, Woollard M, Cooke MW, Deakin C, Horton J, Lall R, Lamb SE, McCabe C, Quinn T, Slowther A, Gates S; PARAMEDIC Trial Collaborators. Prehospital randomised assessment of a mechanical compression device in cardiac arrest (PaRAMeDIC) trial protocol. *Scand J Trauma Resusc Emerg Med*. 2010;18:58.
142. A Comparison of Conventional Adult Out-of-hospital Cardiopulmonary Resuscitation Against a Concept With Mechanical Chest Compressions and Simultaneous Defibrillation (LINC Study). ClinicalTrials.gov Web site. <http://clinicaltrials.gov/ct2/show/record/nct00609778?term=linc&rank=1>. Accessed February 28, 2013.
143. Havel C, Schreiber W, Riedmuller E, Haugk M, Richling N, Trimmel H, Malzer R, Sterz F, Herkner H. Quality of closed chest compression in ambulance vehicles, flying helicopters and at the scene. *Resuscitation*. 2007;73:264–270.
144. Olasveengen TM, Wik L, Steen PA. Quality of cardiopulmonary resuscitation before and during transport in out-of-hospital cardiac arrest. *Resuscitation*. 2008;76:185–190.
145. Chung TN, Kim SW, Cho YS, Chung SP, Park I, Kim SH. Effect of vehicle speed on the quality of closed-chest compression during ambulance transport. *Resuscitation*. 2010;81:841–847.
146. Kurz MC, Dante SA, Puckett BJ. Estimating the impact of off-balancing forces upon cardiopulmonary resuscitation during ambulance transport. *Resuscitation*. 2012;83:1085–1089.
147. Sunde K, Wik L, Steen PA. Quality of mechanical, manual standard and active compression-decompression CPR on the arrest site and during transport in a manikin model. *Resuscitation*. 1997;34:235–242.
148. Zebuhr C, Sutton RM, Morrison W, Niles D, Boyle L, Nishisaki A, Meaney P, Leffelman J, Berg RA, Nadkarni VM. Evaluation of quantitative debriefing after pediatric cardiac arrest. *Resuscitation*. 2012;83:1124–1128.
149. 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;36:2817–2822.
150. Sutton RM, Niles D, Meaney PA, Aplenc R, French B, Abella BS, Lengetti EL, Berg RA, Helfaer MA, Nadkarni V. Low-dose, high-frequency CPR training improves skill retention of in-hospital pediatric providers. *Pediatrics*. 2011;128:e145–e151.
151. Dane FC, Russell-Lindgren KS, Parish DC, Durham MD, Brown TD. In-hospital resuscitation: association between ACLS training and survival to discharge. *Resuscitation*. 2000;47:83–87.
152. Moretti MA, Cesar LA, Nusbacher A, Kern KB, Timerman S, Ramires JA. Advanced cardiac life support training improves longterm survival from in-hospital cardiac arrest. *Resuscitation*. 2007;72:458–465.
153. Bobrow BJ, Vadeboncoeur TF, Stolz U, Silver AE, Tobin JM, Crawford SA, Mason TK, Schirmer J, Smith GA, Spaite DW. The influence of scenario-based training and real-time audiovisual feedback on out-of-hospital cardiopulmonary resuscitation quality and survival from out-of-hospital cardiac arrest. *Ann Emerg Med*. March 7, 2013. doi:10.1016/j.annemergmed.2012.12.010. [http://www.annemergmed.com/article/S0196-0644\(12\)01853-7/abstract](http://www.annemergmed.com/article/S0196-0644(12)01853-7/abstract). Accessed June 11, 2013.
154. Yang CW, Yen ZS, McGowan JE, Chen HC, Chiang WC, Mancini ME, Soar J, Lai MS, Ma MH. A systematic review of retention of adult advanced life support knowledge and skills in healthcare providers. *Resuscitation*. 2012;83:1055–1060.
155. Roppolo LP, Pepe PE, Campbell L, Ohman K, Kulkarni H, Miller R, Idris A, Bean L, Bettes TN, Idris AH. Prospective, randomized trial of the effectiveness and retention of 30-min layperson training for cardiopulmonary resuscitation and automated external defibrillators: the American Airlines Study. *Resuscitation*. 2007;74:276–285.
156. Einspruch EL, Lynch B, Aufderheide TP, Nichol G, Becker L. Retention of CPR skills learned in a traditional AHA Heartsaver course versus 30-min video self-training: a controlled randomized study. *Resuscitation*. 2007;74:476–486.
157. Wik L, Myklebust H, Auestad BH, Steen PA. Retention of basic life support skills 6 months after training with an automated voice advisory manikin system without instructor involvement. *Resuscitation*. 2002;52:273–279.
158. Wik L, Myklebust H, Auestad BH, Steen PA. Twelve-month retention of CPR skills with automatic correcting verbal feedback. *Resuscitation*. 2005;66:27–30.
159. Smith KK, Gilcrest D, Pierce K. Evaluation of staff's retention of ACLS and BLS skills. *Resuscitation*. 2008;78:59–65.
160. Meaney PA, Sutton RM, Tsima B, Steenhoff AP, Shilkofski N, Boulet JR, Davis A, Kestler AM, Church KK, Niles DE, Irving SY, Mazhani L, Nadkarni VM. Training hospital providers in basic CPR skills in Botswana: acquisition, retention and impact of novel training techniques. *Resuscitation*. 2012;83:1484–1490.
161. Niles D, Sutton RM, Donoghue A, Kalsi MS, Roberts K, Boyle L, Nishisaki A, Arbogast KB, Helfaer M, Nadkarni V. "Rolling Refreshers": a novel approach to maintain CPR psychomotor skill competence. *Resuscitation*. 2009;80:909–912.
162. Oermann MH, Kardong-Edgren SE, Odom-Maryon T. Effects of monthly practice on nursing students' CPR psychomotor skill performance. *Resuscitation*. 2011;82:447–453.
163. Hunziker S, Johansson AC, Tschan F, Semmer NK, Rock L, Howell MD, Marsch S. Teamwork and leadership in cardiopulmonary resuscitation. *J Am Coll Cardiol*. 2011;57:2381–2388.
164. Andreatta P, Saxton E, Thompson M, Annich G. Simulation-based mock codes significantly correlate with improved pediatric patient cardiopulmonary arrest survival rates. *Pediatr Crit Care Med*. 2011;12:33–38.
165. Bradley SM, Huszti E, Warren SA, Merchant RM, Sayre MR, Nichol G. Duration of hospital participation in Get With the Guidelines Resuscitation and survival of in-hospital cardiac arrest. *Resuscitation*. 2012;83:1349–1357.