

Reanimación avanzada en el niño mayor: dispositivos que pueden mejorar su eficacia

ANTONIO RODRÍGUEZ NÚÑEZ

Servicio de Críticos y Urgencias Pediátricas. Área de Pediatría.

Hospital Clínico Universitario. Santiago de Compostela. España.

Antonio.Rodriguez.Nunez@sergas.es; Antonio.Rodriguez.Nunez@usc.es

Puntos clave

- Las compresiones torácicas son esenciales en la RCP a cualquier edad.
- Es preciso mejorar la calidad de las compresiones torácicas en cuanto a su frecuencia, profundidad, continuidad y descompresión.
- Los sistemas de compresión-descompresión activa mejoran la calidad de la RCP al aumentar el retorno venoso al corazón y la perfusión de los órganos, sin embargo, no hay evidencias definitivas de que mejoren la supervivencia con buena función neurológica de las víctimas.
- La válvula de impedancia inspiratoria es un sencillo dispositivo que aumenta el retorno venoso al corazón durante la fase de descompresión.



Introducción

Las paradas cardíacas en la infancia pueden tener diversas etiologías¹⁻⁵. En la mayoría se produce una parada «mecánica» de la bomba cardíaca, consecuencia de hipoxia miocárdica secundaria a asfixia^{1,2}. En raras ocasiones (más frecuentes en adolescentes y cardiópatas) puede producirse una parada «eléctrica» debida a una arritmia grave (fibrilación ventricular)¹.

En cualquier caso, la parada cardíaca precisa reanimación cardiopulmonar (RCP) inmediata^{1,2}. La RCP es una terapia compleja que incluye acciones formativas, estrategias de asistencia, maniobras y dispositivos de RCP, fármacos, transporte y cuidados posresucitación^{1,2,6}. A pesar de los avances logrados en los últimos años y las recomendaciones internacionales de 2000, 2005 y 2010, los resultados de la RCP son mejorables⁶⁻⁸.

Se ha demostrado que la calidad de la RCP es un factor pronóstico esencial y que, en la práctica, los reanimadores deben mejorar en ese aspecto^{1,7-9}. En el mejor de los casos, la RCP manual sólo consigue el 30% de la perfusión coronaria y cerebral normales⁸, por lo que se han desarrollado dispositivos mecánicos que pretenden mejorar las compresiones manuales¹⁰⁻¹⁴. Dichos dispositivos se han pensado para los adultos, pero si tenemos en cuenta que los niños a partir de la pubertad deben ser reanimados según las guías de los adultos^{7,8}, los pediatras deberíamos conocer estos aparatos, cómo funcionan y cuándo y cómo podrían emplearse.

Dispositivos de apoyo a la reanimación cardiopulmonar

Se han ensayado múltiples técnicas y dispositivos para mejorar la eficacia «circulatoria» de la RCP, entre los que se encuentran el masaje cardíaco con tórax abierto, la compresión toracoabdominal, compresores torácicos mecánicos, sistemas de compresión-descompresión activa y la válvula de impedancia inspiratoria. Sin embargo, las recomendaciones internacionales de 2010 señalan que ninguno de ellos se ha mostrado superior a la RCP convencional, por lo que no deberían ser utilizados de forma generalizada¹⁰ y una revisión sistemática muy reciente coincide en que no hay evidencias suficientes para concluir que su uso se asocie ni con beneficio ni con daño¹⁵. Por otro lado, un nuevo ensayo clínico ha demostrado la superioridad de la RCP con sistemas de compresión-descompresión activa¹⁶, por lo que dichos sistemas deben ser conocidos y considerados al menos en casos seleccionados¹¹⁻¹⁶.

¿Cómo funciona el masaje cardíaco?

Con las compresiones torácicas se pretende sustituir la circulación espontánea y perfundir, aunque sea parcialmente, los órganos «nobles»: cerebro y corazón. Se considera que al menos dos mecanismos explican su eficacia. Por un lado, el efecto de la compresión directa del corazón entre el esternón y la columna y, por otro, la llamada «bomba torácica», que

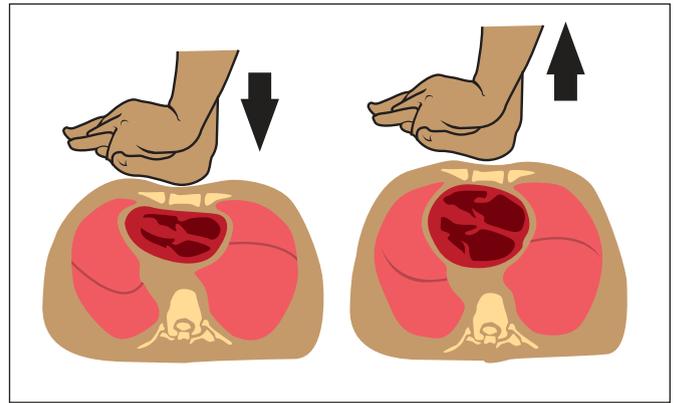


Figura 1. Fases de compresión y descompresión del masaje cardíaco.

funciona por el incremento de la presión intratorácica¹. Dichos mecanismos son esenciales para la eyección de sangre a los órganos vitales, pero la efectividad de la RCP depende también de la cantidad de sangre que regresa al corazón en la fase de recuperación elástica del tórax. Durante esta fase de relajación pasiva o descompresión se genera una presión intratorácica negativa que, aunque sea de pequeña magnitud (unos -3 mmHg), es esencial para el retorno venoso de la sangre al corazón¹³ (fig. 1). Se considera que la relativa ineficacia del masaje cardíaco manual puede deberse al insuficiente retorno venoso durante la fase de descompresión¹³. De ahí el énfasis de las recomendaciones de RCP en permitir la descompresión torácica durante el masaje cardíaco⁶⁻⁸.

Para que las compresiones torácicas sean eficaces deben ser continuadas, ya que cualquier interrupción, por breve que sea, supone un tiempo sin flujo cerebral ni coronario, con repercusión directa sobre el pronóstico^{7,8}. Por otra parte, la calidad de las compresiones debe mantenerse en el tiempo y se ha observado que la mayoría de los reanimadores se fatigan en pocos minutos, disminuyendo la eficacia del masaje^{8,9}.

Sistemas de compresión-descompresión activa (CDA)

Los dispositivos de CDA, tanto manuales como automáticos, pretenden aumentar la presión negativa intratorácica, expandiendo de forma activa la pared torácica durante la fase de descompresión^{11,13-15}. Si bien durante la RCP convencional la elasticidad natural de la caja torácica permite su recuperación tras la compresión, hay múltiples factores que limitan dicho efecto, como la edad, la rigidez costal, las fracturas costales o del esternón, la forma y el tamaño del tórax y la liberación incompleta de la presión por parte del reanimador. La CDA contrarrestaría dichos factores y generaría una presión intratorácica más negativa y por lo tanto mejoraría el relleno pasivo del corazón¹³.

El primer sistema de CDA utilizado con éxito en un paciente fue un «chupón» desatascador de baño¹⁸. A raíz de esa experiencia anecdótica se han desarrollado sistemas manuales y automáticos que se basan en el mismo principio^{10,11,13-17,19-21}. El sistema de CDA manual es un dispositivo sencillo que tiene una ventosa circular que se aplica al tórax del paciente,

unida a una especie de volante con dos asas sobre las que se aplican tanto las compresiones como las descompresiones. El dispositivo tiene un indicador que ayuda al reanimador a mejorar la calidad de las compresiones (fig. 2).

El sistema automático de CDA se conoce también como dispositivo LUCAS (*Lund University cardiac arrest system*)¹⁹⁻²¹ y es un aparato de compresión esternal alimentado por aire, que incorpora una copa de succión, permitiendo así la descompresión activa (fig. 3). Aunque los estudios en animales mostraron que mejora la hemodinámica y la supervivencia a corto plazo, no hay estudios aleatorizados que comparasen la RCP con LUCAS con la RCP convencional¹⁰. Un estudio que lo utilizó en paradas extrahospitalarias presenciadas fue incapaz de mostrar algún beneficio en términos de recuperación de la parada o supervivencia. Varias series de casos, que totalizan unos 200 pacientes en los que se utilizó el LUCAS tras un periodo de RCP manual sin éxito, han comunicado resultados variables. Se han comunicado también casos a los que se les aplicó el LUCAS mientras se hacía un cateterismo intervencionista, un tercio de los cuales sobrevivieron sin daño neurológico¹³.

De forma general, en la práctica clínica los resultados con la CDA no han sido concluyentes, tanto en cuanto a la mejoría de la hemodinámica como la supervivencia. Un metanálisis de 10 estudios de parada cardíaca extrahospitalaria y 2 de parada intrahospitalaria no mostró beneficios ni en términos de supervivencia a corto ni a largo plazo^{10,11,15}. Es posible que la calidad y la duración del entrenamiento de los reanimadores sea un sesgo importante en estos estudios¹⁰.

En cuanto a la seguridad de estos dispositivos, dos estudios *post mortem* encontraron más fracturas costales y esternales después de la CDA pero otro no halló tal diferencia²², por lo que son precisos más estudios para conocer de forma adecuada su perfil de seguridad y los factores con los que se relaciona.

Válvula de impedancia inspiratoria

Por sí mismos, tanto la RCP convencional como la CDA crean un vacío en el tórax cada vez que la pared torácica se descomprime. Sin embargo, parte del beneficio hemodinámico de este vacío se pierde por la interferencia que supone la entrada pasiva de gas en la vía aérea y los pulmones. La válvula de impedancia inspiratoria es un dispositivo desarrollado para prevenir esa entrada de aire en el tórax durante la fase de descompresión y así aumentar la presión negativa intratorácica (que podría llegar a -11 mmHg)¹³. Cuando se utiliza la válvula y no hay fugas en la vía aérea, el efecto de succión de la sangre provocado por la recuperación elástica del tórax se incrementa, de modo que aumenta el retorno venoso al corazón, mejorando la precarga y, tras la fase de compresión, el gasto cardíaco y la perfusión de los órganos^{12,13,16,23}.

Esta válvula es un dispositivo pequeño y ligero, que se puede ajustar a una mascarilla facial o un tubo intratraqueal y puede utilizarse tanto en RCP convencional como en RCP mecánica (fig. 4). Su diseño incluye varias válvulas que evitan la entrada de aire en el tórax, excepto cuando el reanimador ventila de forma activa al



Figura 2. Sistema de compresión-descompresión activa manual.



Figura 3. Sistema de compresión-descompresión activa mecánico LUCAS.



Figura 4. Aplicación de la válvula de impedancia inspiratoria en la RCP.

paciente (o bien cuando la víctima reinicia la respiración espontánea)¹³. Es esencial que cuando se use con mascarilla facial haya un buen sellado mascarilla-cara (lo que puede exigir la participación de dos reanimadores) y que cuando se use conecte a un tubo intratraqueal, éste tenga balón y esté inflado.

La eficacia de esta válvula ha sido analizada en modelos animales y en la práctica clínica, en general en combinación con un sistema de CDA. En animales, la mayoría de los estudios han mostrado que mejora los parámetros hemodinámicos, metabólicos y la supervivencia¹³. Los estudios clínicos ofrecen resultados discordantes, ya que si bien parecen mejorar la hemodinámica, el carbónico espirado y en algunos casos la recuperación de la parada, no está claro su efecto sobre la supervivencia y el estado neurológico finales¹⁷. Un reciente estudio aleatorizado que comparó el uso combinado de un sistema de CDA-válvula con la RCP convencional mostró en cambio un incremento significativo de la supervivencia hasta el alta del hospital con función neurológica favorable¹⁶.

Compresores mecánicos

Pistones mecánicos

Se trata de compresores alimentados por aire comprimido que una vez colocados sobre el paciente deprimen de forma rítmica su esternón. En estudios en animales, este sistema mejoró el carbónico espirado, el gasto cardíaco, el flujo sanguíneo cerebral, la presión arterial media y el resultado neurológico a corto plazo. Los escasos estudios realizados en humanos también documentaron una mejora del carbónico espirado y la presión arterial media en comparación con la RCP convencional, aunque el uso del dispositivo aumentó las interrupciones en la RCP debido a la colocación y la retirada del aparato. En el momento actual, se considera que las evidencias disponibles no son suficiente para recomendar su uso en la práctica clínica¹⁰.

AutoPulse®

Se trata de un dispositivo neumático que incluye una especie de chaleco unido a una superficie dura, que se coloca abrazando al tórax del paciente y consigue una compresión circunferencial del tórax de forma intermitente. Como ocurre con otros sistemas, aunque su uso puede mejorar la hemodinámica, los resultados de los estudios han sido discordantes. Un ensayo clínico multicéntrico y aleatorizado en más de 1.000 adultos no demostró mejoría en la supervivencia a las 4 h y mostró peores resultados de recuperación neurológica cuando se utilizó casos de paradas cardíaca prehospitalaria. Otros estudios no aleatorizados comunicaron un aumento de la recuperación de la circulación espontánea, la supervivencia hasta el alta (en paradas extrahospitalarias) y mejora hemodinámica tras una RCP convencional fracasada, en casos de parada cardíaca intrahospitalaria. En el momento actual, no existen evidencias suficientes para recomendar su utilización, aunque se

están realizando dos grandes ensayos clínicos (prospectivos, aleatorizados y multicéntricos) para evaluar la utilidad del AutoPulse® y el LUCAS, cuyos resultados pueden modificar su indicación en la RCP¹⁰.

Formación del personal y eficacia de los dispositivos

Diversos estudios clínicos y de simulación señalan la posibilidad de que algunos dispositivos de RCP sean efectivos sólo cuando son utilizados por reanimadores bien entrenados y sean aplicados en casos seleccionados^{10,11,13}. Por ello, debe recordarse que el éxito de cualquier técnica depende de la formación de los reanimadores. En manos de grupos capacitados, los nuevos dispositivos pueden ser mejor que la RCP convencional, pero cuando se utilicen en entornos clínicos no controlados o por personal sin suficiente preparación, es de esperar que la RCP sea de baja calidad.

Bibliografía



- Importante
- ● Muy importante
- Epidemiología
- Metanálisis
- Ensayo clínico controlado

1. Berg RA, Miyasaka K, Rodríguez-Núñez A, Hazinski MF, Zideman D, Nadkarni VM. Cardiopulmonary resuscitation. Nichols DG (ed) Rogers' textbook of Pediatric Intensive Care. Philadelphia: Wolters Kluwer / Lippincott Williams & Wilkins; 2008. p. 323-39.
2. Grupo Español de RCP pediátrica y neonatal. Manual de reanimación cardiopulmonar avanzada pediátrica y neonatal. 5.ª edición. Madrid: Publimed; 2006.
3. López-Herce J, García C, Domínguez P, Carrillo A, Rodríguez-Núñez A, Calvo C, et al. Characteristics and outcome of cardiorespiratory arrest in children. Resuscitation. 2004;63:311-20.
4. Moler FW, Donaldson AE, Meert K, Brill RJ, Nadkarni V, Shaffner DH, et al. Multicenter cohort study of out-of-hospital pediatric cardiac arrest. Crit Care Med. 2011;39:141-9.
5. Meert KL, Donaldson A, Nadkarni V, Tieves KS, Schlein CL, Brill RJ, et al. Multicenter cohort study of in-hospital pediatric cardiac arrest. Pediatr Crit Care Med. 2009;10:544-53.
6. ● De Caen A, Kleinman ME, Chameides L, Atkins DL, Berg R, Berg M, et al. Part 10: Paediatric basic and advanced life support. 2010 International Consensus on Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care Science with Treatment Recommendations. Resuscitation. 2010;81:5213-59.
7. Biarent D, Bingham R, Eich C, López-Herce J, Maconochie I, Rodríguez-Núñez A, et al. European Resuscitation Council guidelines for resuscitation. 2010. Section 6. Paediatric life support. Resuscitation. 2010;81:1364-88.
8. ● ● Deakin CD, Nolan JP, Soar J, Sunde K, Koster RW, Smith GB, et al. European Resuscitation Council Guidelines for resuscitation. 2010. Section 4. Adult advanced life support. Resuscitation. 2010;1305-52.
9. Sutton RM, Maltese MR, Niles D, French B, Nishisaki A, Arbogast KB, et al. Quantitative analysis of chest compression interruptions during in-hospital resuscitation of folder children and adolescents. Resuscitation. 2009;80:1259-63.
10. ● ● Han Lim S, Shuster M, Deakin CD, Kleinman ME, Koster RW, Morrison LJ, et al. Part 7: CPR techniques and devices.. 2010 International Consensus on Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care Science with Treatment Recommendations. Resuscitation. 2011;81 Suppl:S86-92.
11. Lafuente-Lafuente C, Melero-Bascones M. Active chest compression-decompression for cardiopulmonary resuscitation. Cochrane Database Syst Rev. 2004;CD002751.
12. ● ● Pirracchio R, Payen D, Plaisance P. The impedance threshold valve for adult cardiopulmonary resuscitation: a review of the literature. Curr Opin Crit Care. 2007;13:280-6.

13. ●● Frascone RJ, Bitz D, Lurie K. Combination of active compression decompression cardiopulmonary resuscitation and the inspiratory impedance threshold device: state of the art. *Curr Opin Crit Care*. 2004;10:193-201.
14. Wigginton JG, Miller AH, Benitez FL, Pepe PE. Mechanical devices for cardiopulmonary resuscitation. *Curr Opin Crit Care*. 2005;11:219-223.
15. ● Brooks SC, Bigham BL, Morrison LJ. Mechanical versus manual chest compressions for cardiac arrest (Review). *Cochrane Database of Systematic Reviews*. 2011, Issue 1. Art.No.:CD007260. DOI: 10.1002/14651858.CD007260.pub2.
16. Aufderheide TP, Frascone RJ, Wayne MA, Mahoney BD, Swor RA, Domeier RM, et al. Standard cardiopulmonary resuscitation versus active compression-decompression cardiopulmonary resuscitation with augmentation of negative intrathoracic pressure for out-of-hospital cardiac arrest: a randomised trial. *Lancet*. 2011;377:301-11.
17. Axelsson C, Karlsson T, Axelsson AB, Herlitz J. Mechanical active compression-decompression cardiopulmonary resuscitation (ACD-CPR) versus manual CPR according to pressure of end tidal carbon dioxide (PetCO₂) during CPR in out-of-hospital cardiac arrest (OHCA). *Resuscitation*. 2009;80:1099-1103.
18. Lurie KG, Lindo C, Chin J. CPR: the P stands for plumber's helper. *JAMA*. 1990;264:1661.
19. Liao Q, Sjöberg T, Paskevicius A, Wohlfart B, Steen S. Manual versus mechanical cardiopulmonary resuscitation. An experimental study in pigs. *BMC Cardiovascular Disorders*. 2010;10:53.
20. Rubertsson 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;65:357-63.
21. Steen S, Sjöberg T, Olsson P, Young M. Treatment of out-of-hospital cardiac arrest with LUCAS, a new device for automatic mechanical compression and active decompression resuscitation. *Resuscitation*. 2005;67:25-30.
22. Smekal D, Johansson J, Huzevka T, Rubertsson S. No difference in autopsy detected injuries in cardiac arrest patients treated with manual chest compressions compared with mechanical compressions with the LUCAS™ device- A pilot study. *Resuscitation*. 2009;1104-7.
23. Demesthina TD, Pantazopoulos IN, Xanthos TT. Use of the impedance threshold device in cardiopulmonary resuscitation. *World J Cardiol*. 2010;2:19-26.

Bibliografía recomendada

De Caen A, Kleinman ME, Chameides L, Atkins DL, Berg R, Berg M, et al. Part 10: Paediatric basic and advanced life support 2010 International Consensus on Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care Science with Treatment Recommendations. *Resuscitation*. 2010;815:213-59.

Capítulo pediátrico del consenso internacional en la ciencia de la reanimación con las correspondientes recomendaciones de tratamiento. Constituye la fuente de la que se derivan las recomendaciones de RCP de los distintos consejos de reanimación y el material docente de los cursos de RCP pediátrica.

Deakin CD, Nolan JP, Soar J, Sunde K, Koster RW, Smith GB, et al. European Resuscitation Council Guidelines for resuscitation 2010. Section 4. Adult advanced life support. *Resuscitation*. 2010;1305-52.

Recomendaciones de RCP de los pacientes adultos, emitidas por el consejo europeo de reanimación. Es importante que sean leídas por los pediatras, ya que se aplican a todos los niños a partir de la pubertad.

Han Lim S, Shuster M, Deakin CD, Kleinman ME, Koster RW, Morrison LJ, et al. Part 7: CPR techniques and devices. 2010 International Consensus on Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care Science with Treatment Recommendations. *Resuscitation*. 2011;81 Suppl:86-92.

Capítulo del consenso en la ciencia de la RCP dedicado a revisar los dispositivos de ayuda a la RCP y las evidencias disponibles sobre su utilidad en la práctica.

Frascone RJ, Bitz D, Lurie K. Combination of active compression decompression cardiopulmonary resuscitation and the inspiratory impedance threshold device: state of the art. *Curr Opin Crit Care*. 2004;10:193-201.

Revisión de las bases de la aplicación y funcionamiento de los sistemas de apoyo a la RCP mediante dispositivos de compresión-descompresión activa y la válvula de impedancia inspiratoria, así como de las evidencias tanto en experimentación animal como en la práctica clínica de su posible utilidad.