



ORIGINAL

Relación entre el estado de gravedad previo y el pronóstico de la parada cardiaca intrahospitalaria



M. Serrano, J. Rodríguez, A. Espejo, R. del Olmo, S. Llanos, J. del Castillo y J. López-Herce*

Servicio de Cuidados Intensivos Pediátricos, Hospital General Universitario Gregorio Marañón, Instituto de Investigación, Hospital General Universitario Gregorio Marañón, Madrid, Red de Salud Maternoinfantil y del Desarrollo (Red SAMID), Madrid, España

Recibido el 8 de junio de 2013; aceptado el 26 de septiembre de 2013
Disponible en Internet el 25 de noviembre de 2013

PALABRAS CLAVE

Parada cardiaca;
Reanimación
cardiopulmonar;
Índice inotrópico;
Fármacos inotrópicos;
Ácido láctico;
Creatinina;
Gravedad clínica

Resumen

Objetivos: Analizar si el estado de gravedad previo, el láctico, la creatinina y el índice inotrópico se relacionan con la mortalidad de la parada cardiaca (PC) intrahospitalaria en niños y si un índice de predicción pronóstica diseñado para adultos tiene utilidad en pediatría.

Métodos: Se estudió a 44 niños de edades entre un mes y 18 años de edad que presentaron una PC en el hospital durante un período de 2 años. Se analizaron la relación entre las puntuaciones de gravedad PRIMIS y PELOD, el láctico, la creatinina, el tratamiento previo con fármacos vasoactivos, el índice inotrópico con la recuperación de la circulación espontánea (RCE) y la supervivencia.

Resultados: Un 90,3% de los pacientes recuperaron la circulación espontánea y un 59% sobrevivió al alta del hospital. Un 68,2% de los pacientes recibían inotrópicos previos a la PCR. Los pacientes fallecidos presentaban valores de lactato previos a la parada más elevados (3,4 mmol/L) que los supervivientes (1,4 mmol/L), $p = 0,04$. No existieron diferencias en las puntuaciones de PRISM, PELOD, los valores de creatinina, el tratamiento con inotrópicos, con adrenalina, el número de inotrópicos, o el índice inotrópico antes de la PCR entre fallecidos y supervivientes.

Conclusión: La elevación de ácido láctico previa a la parada cardiaca puede ser un indicador de mal pronóstico en la PC en los niños.

© 2013 Asociación Española de Pediatría. Publicado por Elsevier España, S.L. Todos los derechos reservados.

* Autor para correspondencia.

Correos electrónicos: pielvi@hotmail.com, jesuslopezherce@hotmail.com (J. López-Herce).

KEYWORDS

Cardiac arrest;
 Cardiopulmonary
 resuscitation;
 Inotropic index;
 Inotropic drugs;
 Lactic acid;
 Creatinine;
 Severity of illness

Relationship between previous severity of illness and outcome of in-hospital cardiac arrest**Abstract**

Objectives: To analyze the relationship between previous severity of illness, lactic acid, creatinine and inotropic index with mortality of in-hospital cardiac arrest (CA) in children, and the value of a prognostic index designed for adults.

Methods: The study included total of 44 children aged from 1 month to 18 years old who suffered a cardiac arrest while in hospital. The relationship between previous severity of illness scores (PRIMS and PELOD), lactic acid, creatinine, treatment with vasoactive drugs, inotropic index with return of spontaneous circulation and survival at hospital discharge was analyzed.

Results: The large majority (90.3%) of patients had a return of spontaneous circulation, and 59% survived at hospital discharge. More than two-thirds (68.2%) were treated with inotropic drugs at the time of the CA. The patients who died had a higher lactic acid before the CA (3.4 mmol/L) than survivors (1.4 mmol/L), $P=.04$. There were no significant differences in PRIMS, PELOD, creatinine, inotropic drugs, and inotropic index before CA between patients who died and survivors.

Conclusion: A high lactic acid previous to cardiac arrest could be a prognostic factor of in-hospital cardiac arrest in children.

© 2013 Asociación Española de Pediatría. Published by Elsevier España, S.L. All rights reserved.

Introducción

Entre el 50 y el 70% de las paradas cardíacas (PC) intra-hospitalarias ocurren en las unidades de cuidados intensivos pediátricos (UCIP)¹⁻⁴.

Diversos autores han analizado las características de la PC y los factores que se relacionan con el pronóstico de la PC intrahospitalaria en niños¹⁻⁹, pero no existen estudios que hayan valorado si el estado de gravedad antes de la PC se relaciona con la recuperación de la circulación espontánea (RCE) y la supervivencia.

En adultos, se ha descrito un índice que permite predecir el pronóstico de la PC extrahospitalaria¹⁰, que ha sido valorado también para la parada intrahospitalaria¹¹.

El objetivo de este estudio ha sido analizar si el estado de gravedad previo, medido por las puntuaciones de gravedad pediátricas, la puntuación pronóstica de PC en adultos, otros marcadores como el ácido láctico y la creatinina, y los tratamientos que reciben los pacientes, como la ventilación mecánica y el tratamiento con fármacos inotrópicos, se relacionan con la mortalidad de la PC intrahospitalaria en niños.

Pacientes y métodos

Se realizó un estudio prospectivo observacional en el que se incluyó a los pacientes pediátricos de edades comprendidas entre un mes y los 18 años, que presentaron PC en la UCIP en el período comprendido entre diciembre del 2007 y diciembre del 2009. Los datos fueron recogidos de acuerdo con las recomendaciones Utstein^{12,13}. Fueron excluidos los niños menores de un mes de edad y aquellos que solo presentaron parada respiratoria.

Se incluyeron las siguientes variables: edad, sexo, peso, causa y tipo de la PC, ventilación asistida, administración y dosis de fármacos inotrópicos, índice inotrópico, presión arterial, frecuencia cardíaca, ácido láctico, creatinina, las puntuaciones pronósticas pediátricas, Pediatric Risk of

Mortality (PRISM)¹⁴ y Pediatric Logistic Organ Dysfunction (PELOD)¹⁵ previas a la PC y la puntuación pronóstica de parada cardiorrespiratoria¹⁰. Se anotaron los valores más cercanos a la PC siempre en las 24 h previas.

El índice inotrópico se calculó utilizando una modificación del propuesto por Gaies et al.¹⁶, en el que se eliminó de la fórmula la vasopresina, que no está comercializada en España, y se sustituyó por el isoproterenol. Puntuación de inotrópicos ($\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$): dopamina + dobutamina + (adrenalina \times 100) + (noradrenalina \times 100) + (isoproterenol \times 100) + (milrinona \times 15). La puntuación pronóstica de la PC incluye las siguientes variables (ritmo electrocardiográfico inicial, tiempo transcurrido antes de iniciar las maniobras de RCP, duración de la RCP y creatinina previa)¹⁰.

La PC se definió como la interrupción brusca, inesperada y potencialmente reversible de la circulación y la respiración espontánea, que requirió masaje cardíaco y ventilación. La RCE se definió como la reaparición y el mantenimiento de pulso arterial central palpable durante al menos 20 min. La supervivencia se consideró al alta del hospital.

El análisis estadístico se realizó utilizando el programa SPSS versión 18 (SPSS Inc, Chicago, Illinois). Los datos se expresan en medianas y el rango intercuartil, P25-P75 [RIQ]). Se analizó la relación de cada uno de los parámetros con la RCE y la supervivencia. Para comparar la comparación de porcentajes se utilizó la prueba de la ji al cuadrado y para comparar las variables cuantitativas la prueba no paramétrica de Mann Whitney. Se realizó regresión logística univariante para analizar la relación de cada uno de los factores de riesgo con la mortalidad y se estudió la curva COR para estudiar la capacidad predictiva del láctico en relación con la mortalidad. Se consideró significativa una p menor de 0,05.

Resultados

Desde diciembre del 2007 hasta diciembre del 2009, se estudió a 44 pacientes (15 niñas y 29 niños) ingresados en la

Tabla 1 Características de los pacientes y los tratamientos previos. Relación con la mortalidad

	Número	Porcentaje (%)	Mortalidad (%)
<i>Edad</i>			
< 1 año	21	47,7	38,1
1-8 años	16	36,4	43,8
> 8 años	7	15,9	42,9
<i>Sexo</i>			
Hombre	31	70,5	45,2
Mujer	13	29,5	30,8
<i>Peso</i>			
< 10 kg	25	56,8	36
> 10 kg	19	43,2	50
<i>Antecedentes patológicos</i>			
No	4	9,1	25
Cardiopatía	31	70,5	41,9
Desnutrición	8	18,2	50
Malformación	7	15,9	42,9
Respiratorio	6	13,6	33,3
Prematuridad	5	11,4	40
Digestivo	4	9,1	50
Neurológico	2	4,5	50
Hematoncológico	1	2,3	100
Renal	1	2,3	100
<i>Tratamientos previos</i>			
Ventilación mecánica	27	61,4	44,4
Fármacos inotrópicos	30	68,2	41,4
Dopamina	29	65,9	37,9
Milrinona	26	59,1	42,3
Adrenalina	21	47,7	45,7
Noradrenalina	3	6,8	44,4
Dobutamina	2	4,5	100
Isoproterenol	2	4,5	100

UCIP que presentaron una PC. La mediana de edad fue de 15 meses (RIQ 4-66 meses) y la de peso de 10 kg (RIQ 4-18 kg).

La [tabla 1](#) resume las características de los pacientes y los tratamientos que estaban recibiendo antes de presentar la PC. La enfermedad cardiaca fue la causa más frecuente de PC. La PC ocurrió en la UCIP en un 70,4%: Un 61,4% estaba con ventilación mecánica en el momento de la PC y un 68,2% de los pacientes recibía inotrópicos. El valor mediano de lactato fue de 1,7 (RIQ 1,1-4,5) y el de creatinina 0,40 mg/dL (0,2-0,7). El riesgo de mortalidad de acuerdo con la puntuación PRISM era del 7,6%, y el de PELOD del 1,3%.

En 40 pacientes (90%) se consiguió recuperar la circulación espontánea y 26 (59,1%) sobrevivieron al alta del hospital. No se pudo realizar análisis estadístico en relación con la RCE porque solo 4 pacientes no recuperaron la circulación espontánea.

En la [tabla 2](#) se comparan los parámetros de los pacientes fallecidos y supervivientes en relación con la gravedad del estado clínico y los tratamientos previos a la PC. No existieron diferencias en los valores de las puntuaciones pediátricas de gravedad PRISM y PELOD en la puntuación pronóstica de PC de adultos, ni en los valores de creatinina entre los niños fallecidos y los supervivientes. No existieron diferencias en la mortalidad en relación con el tratamiento

con inotrópicos (sobrevivió el 64,3% de los pacientes que no recibían inotrópicos y el 58,6% de los que los recibían). Los pacientes que recibían adrenalina tuvieron una menor supervivencia (52,4%) que los que no la recibían (65,2%), aunque las diferencias no fueron estadísticamente significativas. Tampoco existieron diferencias estadísticamente significativas en relación con el número de fármacos inotrópicos, aunque ninguno de los 4 pacientes que recibían 4 o más inotrópicos sobrevivió a la PC.

Los valores de ácido láctico antes de la PCR en los pacientes fallecidos fueron significativamente más elevados que los de los supervivientes. La [tabla 3](#) resume el riesgo relativo de mortalidad de los valores de láctico antes de la parada mayor de 1,5 mmol/L y de 4 mmol/L. En la curva ROC, el área bajo la curva fue de 0,69 (intervalo de confianza 0,51-0,87), $p = 0,05$. El punto de corte de 4 mmol/L clasificó bien al 66,7% de los pacientes.

Discusión

Varios estudios han analizado la relación entre las características del paciente (edad, sexo) y las enfermedades subyacentes, el estado funcional clínico y neurológico y las causas de la parada y las características de la reanimación

Tabla 2 Comparación entre los pacientes supervivientes y los fallecidos en relación con la gravedad del estado clínico y los tratamientos previos

	Supervivientes Mediana (RIQ)	Fallecidos Mediana (RIQ)	P
	Mediana	Mediana	
PRIMS	10,9 (4,6-16,2)	7,6 (5,3-11,4)	0,53
Riesgo de mortalidad, %			
PELOD	1,3 (0,1-16,2)	1,3 (0,1-16,2)	0,90
Riesgo de mortalidad, %			
Puntuación pronóstica de PC de adultos	26,9(3,5-66,6)	24,7 (0,8-39)	0,31
Lactato (mmol/L)	1,4 (1-3,7)	3,4 (1,2-13,8)	0,04
Índice inotrópico	20 (0-45)	20 (0 -65,2)	0,90
Creatinina (mg/dL)	0,3 (0,2-0,6)	0,4 (0,2-0,5)	0,67
Inotrópicos	65,3%	70,5%	0,98
Adrenalina	42,3%	55,5%	0,54
> 2 inotrópicos	42,3%	55,5%	0,54
Ventilación mecánica	57,6%	66,6%	0,75

PC: parada cardiaca; PELOD: puntuación de fallo multiorgánico; PRIMS: puntuación pronóstica de riesgo de mortalidad; RCP: reanimación cardiopulmonar; RIQ: rango intercuartil.

Tabla 3 Riesgo de mortalidad en relación con los valores de láctico antes de la parada cardiaca

	Mortalidad	Riesgo relativo	IC del 95%	P
Láctico < 1,5 mmol/L	29,4%	-	-	-
Láctico > 1,5 mmol/L	42,9%	1,8	0,29-11,16	0,52
Láctico > 4 mmol/L	66,7%	4,8	0,97-23,54	0,05

IC: intervalo de confianza.

Láctico > 4: sensibilidad: 50%, especificidad: 80%, valor predictivo positivo: 63,4%, valor predictivo negativo: 69,7%.

cardiopulmonar (RCP) con el pronóstico de la PC en adultos y niños¹⁻⁹. Sin embargo, pocos han estudiado la relación entre el estado clínico previo del paciente y el pronóstico. Nuestro estudio es el primero que analiza la relación entre la gravedad clínica y el pronóstico en la PC en la UCIP.

Puntuaciones pronósticas de gravedad

Las puntuaciones PRISM y PELOD¹⁻⁹ son indicadores pronósticos validados para niños que ingresan en unidades de cuidados intensivos. Sin embargo, no hay estudios previos que hayan analizado su valor pronóstico en niños que presentan una PC.

En adultos, 2 estudios han encontrado que el Apache II y el Apache III en las primeras 24 h tras la PC son capaces de predecir la mortalidad a los 30 días^{11,17}. En nuestro estudio, ni el PRISM ni el PELOD medidos antes de ocurrir la PC fueron capaces de predecir la mortalidad, aunque no se analizó el valor pronóstico de estas puntuaciones tras presentar la PC, ya que el objetivo del estudio fue analizar los indicadores pronósticos previos a suceder la PC.

Índice pronóstico de parada cardiaca

El índice pronóstico de PC extrahospitalaria en adultos integra algunos parámetros del estado previo (creatinina),

ritmo electrocardiográfico inicial y características de la RCP (tiempo de inicio de la RCP y duración de la RCP). Un estudio en adultos ha encontrado que este índice es capaz de predecir también el pronóstico de la PC intrahospitalaria en adultos¹¹. En nuestro estudio, esta puntuación no demostró capacidad pronóstica. Esto puede ser porque algunos de los parámetros que son esenciales en la PC extrahospitalaria y en la intrahospitalaria fuera de la UCIP, como el tiempo entre la PC y el inicio de la RCP, tienen un escaso valor de discriminación en las PC que ocurren en la UCIP ya que en ellas el inicio de la RCP es casi inmediato. Por otra parte, esta puntuación ha sido diseñada para adultos y, salvo la duración de la RCP, que también es el indicador pronóstico más importante en niños, en estos pacientes los factores pronósticos son diferentes de los adultos.

Láctico

El ácido láctico es uno de los marcadores más utilizados en los pacientes críticos para diagnosticar la hipoperfusión y/o hipoxia tisular y controlar la evolución del tratamiento, ya que ha demostrado su capacidad pronóstica y es fácil y rápido de medir. Sin embargo, el láctico también puede elevarse sin ser signo de hipoperfusión tisular tras la administración de adrenalina y con la hiperglucemia que frecuentemente existe tras la PC¹⁸.

El lactato tras la PC es un indicador pronóstico de mortalidad en los pacientes que se han recuperado de una PC porque probablemente reflejen la gravedad del síndrome de isquemia reperusión. Varios estudios han encontrado que el lactato en las primeras 48 h tras la PC es menor en los supervivientes y en los pacientes sin daño neurológico¹⁹⁻²¹.

Nuestro estudio es el primero que analiza el valor pronóstico del lactato previo a la PC. Nuestros resultados muestran que el ácido láctico fue el único indicador de gravedad previo capaz de predecir el pronóstico en los niños que presentan una PC. La capacidad de predicción fue de un 69,5%, a pesar del relativo pequeño número de pacientes estudiado.

Función renal (creatinina)

La insuficiencia renal es un importante factor de mortalidad en los pacientes críticos y ha demostrado ser uno de los indicadores pronósticos de mortalidad en los estudios de PCR extrahospitalaria en adultos y, por este motivo, la creatinina sérica ha sido incluida en la puntuación pronóstica de PCR en adultos¹⁰.

De Vos et al., en adultos, encontró que la insuficiencia renal previa es un factor de riesgo de mortalidad en los pacientes que presentan una PC²². En niños, la insuficiencia renal previa a la PC era un factor predictor de mortalidad en la PC en la UCIP² y en pacientes tras cirugía cardiaca⁹. Sin embargo, en nuestro estudio no existieron diferencias significativas en los valores de creatinina previa a la parada entre los supervivientes y los fallecidos.

Este hecho podría explicarse por el hecho de que la creatinina puede no ser un indicador adecuado de la función renal en los niños en estado crítico, ya que la elevación de la creatinina puede ser tardía o ser menor debido a la malnutrición que frecuentemente presentan estos pacientes. Además, los pacientes que presentan una insuficiencia renal aguda son tratados precozmente con técnicas de depuración extrarrenal y pueden, en el momento de la PC, tener valores de creatinina normales, como ocurrió en 2 de nuestros casos. Por otra parte, los valores normales de creatinina varían en relación con la edad. Por tanto, la creatinina previa a la PC debería ser sustituida por la clasificación de la función renal de acuerdo con los criterios AKIN o PRIFLE²³.

En niños, tras la RCE de una PC, una diuresis > 1 ml/kg/h es un indicador de buen pronóstico²⁴. En adultos, los niveles de creatinina tras la PC son indicadores pronósticos y la evolución de la creatinina en las primeras 24 h tras la PC (un descenso horario de 0,2 mg/dL de los niveles de creatinina) es un indicador de buen pronóstico²⁵.

Administración de fármacos vasoactivos e índices inotrópicos

Varios autores han encontrado que los pacientes que recibían tratamiento vasoactivo en el momento de la PC presentan una mayor mortalidad²⁶⁻²⁸. Tian et al.²⁹ en un estudio en adultos encontró una diferencia significativa en la supervivencia entre los pacientes que recibían fármacos vasoactivos en el momento de la PCR y aquellos que no. Por otra parte, los pacientes que recibían 2 o más fármacos vasoactivos tuvieron una menor supervivencia que los

que recibían solo uno (6,4% frente al 11,5%, $p < 0,0001$). En niños, el tratamiento previo con fármacos vasoactivos y de adrenalina también es un indicador predictivo de mortalidad en la PC intrahospitalaria^{4,8} y en la UCIP^{1,2}.

Por otra parte, diversos estudios han utilizado índices inotrópicos para cuantificar el soporte hemodinámico en niños tras cirugía cardiaca y han encontrado que un mayor índice inotrópico se relaciona con una mortalidad más elevada^{16,30-32}. Sin embargo, el índice inotrópico no había sido previamente utilizado para evaluar el pronóstico de las PC en niños.

En nuestro estudio, en contra de lo esperado, no hemos encontrado diferencias significativas en la supervivencia entre los pacientes que recibían fármacos inotrópicos antes de la PC y aquellos que no los recibían. Tampoco se han encontrado diferencias en relación con la adrenalina, ni en el número de fármacos inotrópicos ni en la dosis, analizada mediante el índice inotrópico.

Una de las posibles razones por las que los resultados de nuestro estudio difieren del resto puede residir en las características de la muestra estudiada. Un porcentaje importante de los pacientes incluidos en nuestro estudio (45,4%) estaban en el postoperatorio de cirugía, por lo que recibían fármacos inotrópicos, y quizás esta pueda ser en parte la razón por la que el tratamiento inotrópico en estos pacientes no sea una buena medida diferenciadora en cuanto al pronóstico. Nuestros resultados coinciden con los encontrados por Parra et al.⁷ en niños ingresados en una UCI pediátrica cardiológica y Ortmann et al. en niños con cardiopatía⁹ apoyan esta hipótesis. Estos autores tampoco encontraron diferencias en la RCE y supervivencia entre los pacientes que recibían fármacos vasoactivos⁹ o adrenalina⁷ antes de la PC y los que no los recibían.

Sin embargo, el índice inotrópico, que intenta medir la intensidad del tratamiento inotrópico, debería haber podido diferenciar entre los pacientes con mayor alteración hemodinámica antes de la PC y, por tanto, a aquellos con menores posibilidades de supervivencia.

Son necesarios estudios multicéntricos más amplios que evalúen la utilidad de otros índices inotrópicos como indicadores pronósticos en los niños con PC y realizar un análisis diferenciado de los pacientes en el postoperatorio de cirugía cardiaca.

Limitaciones

Nuestro estudio tiene algunas limitaciones. El tamaño muestral es relativamente pequeño y el estudio fue realizado en un único centro hospitalario, en el que un porcentaje importante de los pacientes eran postoperatorios de cirugía cardiaca. Se ha utilizado la puntuación PRISM que solo ha sido validada para analizar el riesgo de mortalidad en las primeras 24 h de ingreso en la UCIP para valorar la gravedad clínica de los pacientes.

Por otra parte, el objetivo de nuestro estudio no ha sido valorar todos los factores pronósticos de la PC en niños en la UCIP, sino la utilidad de algunos indicadores pronósticos. Por ese motivo, no se han incluido en el análisis otros factores que influyen significativamente en el pronóstico como la edad, sexo, tipo de PC, ritmo electrocardiográfico o la duración y características de la RCP.

Concluimos que los niños que fallecen tras una PCR tienen un ácido láctico previo a la parada más elevado que los supervivientes. El ácido láctico previo a la PC, por su sencillez y rapidez de determinación, podría ser un buen indicador pronóstico de la PCR en niños. Son necesarios estudios que confirmen estos resultados y valoren si existe un valor de ácido láctico que pueda discriminar con fiabilidad los pacientes que fallecen de los supervivientes.

Los valores de creatinina, las puntuaciones pronósticas pediátricas (PRIMS y PELOD) previas a la PCR, el índice inotrópico y la puntuación pronóstica de PC en adultos no son útiles para predecir la supervivencia de los niños que presentan una PCR intrahospitalaria. Es, por tanto, necesario desarrollar puntuaciones pronósticas específicas de la PC intrahospitalaria en niños.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Bibliografía

- Rodríguez-Núñez A, López-Herce J, García C, Carrillo A, Domínguez P, Calvo C, et al. Effectiveness and long term outcome of cardiopulmonary resuscitation in Paediatric Intensive Care Units in Spain. *Resuscitation*. 2006;71:301–9.
- De Mos N, van Litsenburg RR, McCrindle B, Bohn DJ, Parsuram CS. Pediatric in- intensive-care-unit cardiac arrest: incidence, survival, and predictive factors. *Crit Care Med*. 2006;34:1209–15.
- Meaney PA, Nadkarni VM, Cook EF, Testa M, Helfaer M, Kaye W, et al. American Heart Association National Registry of Cardiopulmonary Resuscitation Investigators Higher survival rates among younger patients after pediatric intensive care unit cardiac arrests. *Pediatrics*. 2006;118:2424–33.
- López-Herce J, Del Castillo J, Matamoros M, Cañadas S, Rodríguez-Calvo A, Cecchetti C, et al., Iberoamerican Pediatric Cardiac Arrest Study Network RIBEPCI. Factors associated with mortality in pediatric in-hospital cardiac arrest: a prospective multicenter multinational observational study. *Intensive Care Med*. 2013;39:309–18.
- Moler FW, Meert K, Donaldson AE, Nadkarni V, Brilli RJ, Dalton HJ, et al. In- hospital versus out-of-hospital pediatric cardiac arrest: a multicenter cohort study. *Crit Care Med*. 2009;37:2259–67.
- 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.
- Parra DA, Totapally BR, Zahn E, Jacobs J, Aldousany A, Burke RP, et al. Outcome of cardiopulmonary resuscitation in a pediatric cardiac intensive care unit. *Crit Care Med*. 2000;28:3296–300.
- Wu ET, Li MJ, Huang SC, Wang CC, Liu YP, Lu FL, et al. Survey of outcome of CPR in pediatric in-hospital cardiac arrest in a medical center in Taiwan. *Resuscitation*. 2009;80:443–8.
- Ortmann L, Prophan P, Gossett J, Schexnayder S, Berg R, Nadkarni V, et al., American Heart Association's Get With the Guidelines. Resuscitation Investigators Outcomes after in-hospital cardiac arrest in children with cardiac disease: a report from Get With the Guidelines-Resuscitation. *Circulation*. 2011;124:2329–37.
- Adrie C, Cariou A, Mourvillier B, Laurent I, Dabbane H, Hantala F, et al. Predicting survival with good neurological recovery at hospital admission after successful resuscitation of out-of-hospital cardiac arrest: the OHCA score. *Eur Heart J*. 2006;27:2840–5.
- Skrifvars MB, Varghese B, Parr MJ. Survival and outcome prediction using the Apache III and the out-of-hospital cardiac arrest (OHCA) score in patients treated in the intensive care unit (ICU) following out-of-hospital, in-hospital or ICU cardiac arrest. *Resuscitation*. 2012;83:728–33.
- Cummins R, Chamberlain D, Hazinski MF, Nadkarni V, Kloek W, Kramer E. Recommended guidelines for reviewing, reporting, and conducting research on in hospital resuscitation: the in-hospital "Utstein style". *Resuscitation*. 1997;34:151–83.
- Jacobs I, Nadkarni V, Bahr J, Berg RA, Billi JE, Bossaert L, et al., International Liaison Committee on Resuscitation; American Heart Association; European Resuscitation Council; Australian Resuscitation Council; New Zealand Resuscitation Council; Heart and Stroke Foundation of Canada; InterAmerican Heart Foundation; Resuscitation Councils of Southern Africa; ILCOR Task Force on Cardiac Arrest and Cardiopulmonary Resuscitation Outcomes. Cardiac arrest and cardiopulmonary resuscitation outcomes reports: update and simplification of the Utstein templates for resuscitation registries: A statement for health-care professionals from a task force of the international liaison committee on resuscitation (American Heart Association, European Resuscitation Council, Australian Resuscitation Council, New Zealand Resuscitation Council, Heart and Stroke Foundation of Canada, InterAmerican Heart Foundation, Resuscitation Councils of Southern Africa). *Circulation*. 2004;110:3385–97.
- Pollack MM, Ruttimann UE, Getson PR. Pediatric risk of mortality score. *Crit Care Med*. 1988;16:1110.
- Leteurtre S, Martinot A, Duhamel A, Proulx F, Grandbastien B, Cotting J, et al. Validation of the paediatric logistic organ dysfunction (PELOD) score: Prospective, observational, multicentre study. *Lancet*. 2003;362:192.
- Gaies MG, Gurney JG, Yen AH, Napoli ML, Gajarski RJ, Ohye RG, et al. Vasoactive-inotropic score as a predictor of morbidity and mortality in infants after cardiopulmonary bypass. *Pediatr Crit Care Med*. 2010;11:234–8.
- Niskanen M, Kari A, Nikki P, Iisalo E, Kaukinen L, Rauhala V, et al. Acute physiology and chronic health evaluation (APACHE II) and Glasgow coma scores as predictors of outcome from intensive care after cardiac arrest. *Crit Care Med*. 1991;19:1465–73.
- Jansen TC, van Bommel J, Bakker J. Blood lactate monitoring in critically ill patients: A systematic health technology assessment. *Crit Care Med*. 2009;37:2827–39.
- Kliegel A, Losert H, Sterz F, Holzer M, Zeiner A, Havel C, et al. Serial lactate determinations for prediction of outcome after cardiac arrest. *Medicine (Baltimore)*. 2004;83:274–9.
- Müllner M, Sterz F, Domanovits H, Behringer W, Binder M, Lagner AN. The association between blood lactate concentration on admission, duration of cardiac arrest, and functional neurological recovery in patients resuscitated from ventricular fibrillation. *Intensive Care Med*. 1997;23:1138–43.
- Shinozaki K, Oda S, Sadahiro T, Nakamura M, Hirayama Y, Watanabe E, et al. Blood ammonia and lactate levels on hospital arrival as a predictive biomarker in patients with out-of-hospital cardiac arrest. *Resuscitation*. 2011;82:404–9.
- De Vos R, Koster RW, De Haan RJ, Oosting H, van der Wouw PA, Lampe-Schoenmaeckers AJ. In-hospital cardiopulmonary resuscitation: prearrest morbidity and outcome. *Arch Intern Med*. 1999;159:845–50.
- Ricci Z, Cruz DN, Ronco C. Classification and staging of acute kidney injury: Beyond the RIFLE and AKIN criteria. *Nat Rev Nephrol*. 2011;7:201–8.
- Lin YR, Li CJ, Wu TK, Chang YJ, Lai SC, Liu TA, et al. Post-resuscitative clinical features in the first hour after achieving sustained ROSC predict the duration of survival in children with non-traumatic out-of-hospital cardiac arrest. *Resuscitation*. 2010;81:410–7.

25. Hasper D, von Haehling S, Storm C, Jörres A, Schefold JC. Changes in serum creatinine in the first 24 hours after cardiac arrest indicate prognosis: An observational cohort study. *Crit Care*. 2009;13:R168.
26. Grigoriyan A, Vazquez R, Palvinskaya T, Bindelglass G, Rishi A, Amoateng- Adjepong Y, et al. Outcomes of cardiopulmonary resuscitation for patients on vasopressors or inotropes: A pilot study. *J Crit Care*. 2009;24:415–8.
27. Levy PD, Ye H, Compton S, Chan PS, Larkin GL, Welch RD. Factors associated with neurologically intact survival for patients with acute heart failure and in-hospital cardiac arrest. *Circ Heart Fail*. 2009;2:572–81.
28. Larkin GL, Copes WS, Nathanson BH, Kaye W. Pre-resuscitation factors associated with mortality in 49,130 cases of in-hospital cardiac arrest: A report from the National Registry for Cardiopulmonary Resuscitation. *Resuscitation*. 2010;81:302–11.
29. Tian J, Kaufman DA, Zarich S, Chan PS, Ong P, Amoateng-Adjepong Y, et al. Outcomes of critically ill patients who received cardiopulmonary resuscitation. *Am J Respir Crit Care Med*. 2010;182:501–6.
30. Wernovsky G, Wypij D, Jonas RA, Mayer Jr JE, Hanley FL, Hickey PR, et al. Postoperative course and hemodynamic profile after the arterial switch operation in neonates and infants. A comparison of low-flow cardiopulmonary bypass and circulatory arrest. *Circulation*. 1995;92:2226–35.
31. Rhodes JF, Blaufox AD, Seiden HS, Asnes JD, Gross RP, Rhodes JP, et al. Cardiac arrest in infants after congenital heart surgery. *Circulation*. 1999;100:II194–9.
32. Davidson J, Tong S, Hancock H, Hauck A, da Cruz E, Kauffman J. Prospective validation of the vasoactive-inotropic score and correlation to short-term outcomes in neonates and infants after cardiothoracic surgery. *Intensive Care Med*. 2012;38:1184–90.