



# Boletín Médico del Hospital Infantil de México

[www.elsevier.es/bmhim](http://www.elsevier.es/bmhim)



## ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN

# Ecocardiografía funcional en cuidados intensivos neonatales: experiencia en un hospital de tercer nivel



Rodrigo Hernández-Benítez<sup>a,\*</sup> y Rosario Becerra-Becerra<sup>b</sup>

<sup>a</sup> Departamento de Pediatría del Hospital Español de México, Ciudad de México, México

<sup>b</sup> Departamento de Cardiología del Hospital Infantil de México Federico Gómez, Ciudad de México, México

Recibido el 19 de abril de 2016; aceptado el 25 de julio de 2016

Disponible en Internet el 20 de septiembre de 2016

### PALABRAS CLAVE

Recién nacidos;  
Sepsis;  
Inestabilidad  
hemodinámica;  
Ecocardiograma  
funcional

### Resumen

**Introducción:** El Hospital Infantil de México es un hospital de tercer nivel y centro de referencia nacional que cuenta con una unidad de cuidados intensivos neonatales (UCIN), en la cual la toma de decisiones se realiza en base a parámetros clínicos y datos como la frecuencia respiratoria, frecuencia cardíaca, tensión arterial, gasto urinario y nivel de lactato. El Ecocardiograma Funcional (EcoF) es un estudio que permite complementar los datos hemodinámicos de estos pacientes, logrando una integración de parámetros clínicos y hemodinámicos con el objetivo de mejorar las decisiones terapéuticas y evolución de los pacientes.

**Metodología:** Estudio descriptivo prospectivo sobre la implementación del EcoF en pacientes de la UCIN durante el período de agosto a octubre del 2015 en el Hospital Infantil de México Federico Gómez. Las variables fueron la edad gestacional, los diagnósticos de ingreso, peso, las indicaciones para realizar el estudio y los días de vida en el momento del estudio. En cada estudio se determinaron los parámetros ecocardiográficos que conforman el EcoF, se anotaron las modificaciones al tratamiento posterior al estudio y se realizó un nuevo control a las 24 horas para determinar la evolución del paciente.

**Resultados:** Se realizaron un total de 30 estudios en 15 pacientes durante el período previamente señalado. La media de edad a la que se realizó el estudio ecocardiográfico fue de 9.6 días de vida (28-2 días). En un 66% el rango de semanas de gestación fue entre 37 a 42 y con una media de peso de 2583 g (4000-1010 g). El diagnóstico más frecuente de los pacientes valorados fue síndrome de dificultad respiratoria y prematuridad (26.6%). La indicación más frecuente para solicitar el estudio fue inestabilidad hemodinámica y sepsis representando el 53.3%.

En 11 pacientes (73.3%) hubo modificaciones al tratamiento posterior al EcoF, con mejoría en 10 casos en el control que se realizó a las 24 horas.

\* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: [roy210983@gmail.com](mailto:roy210983@gmail.com) (R. Hernández-Benítez).

<http://dx.doi.org/10.1016/j.bmhimx.2016.07.003>

1665-1146/© 2016 Hospital Infantil de México Federico Gómez. Publicado por Masson Doyma México S.A. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

**KEYWORDS**

Newborns;  
Sepsis;  
Hemodynamic  
instability;  
Functional  
echocardiography

**Conclusiones:** La EF es una herramienta útil en UCIN aportando información complementaria que apoya las decisiones terapéuticas. Hace falta la diseminación de programas de formación y acreditación conforme a las recomendaciones existentes para asegurar un uso correcto y seguro de esta técnica.

© 2016 Hospital Infantil de México Federico Gómez. Publicado por Masson Doyma México S.A. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

### Functional echocardiography in the neonatal intensive care unit; experience in a tertiary level hospital

**Abstract**

**Background:** The Hospital Infantil de Mexico Federico Gómez is a tertiary level hospital with a neonatal intensive care unit (NICU), which is one of the most important units in the treatment of newborn's diseases in México. In this unit, the decisions are taken based on some clinic parameters such as respiratory rate, heart rate, arterial pressure, urinary output and lactate levels. The functional echocardiography is a useful tool which improves the hemodynamic evaluation and decisions in neonatal care. Data on its use in neonatal units in Mexico is lacking.

**Methods:** A prospective study conducted in NICU patients during 3 months from August to October 2015 at the Hospital Infantil de Mexico Federico Gómez. Gestational age, birth weight, admission criteria, days of life at examination, indication for functional echocardiography and changes in treatment were evaluated and finally, we performed a new study 24 hours later. Echocardiographic evaluation included: assessment of presence/hemodynamic significance of PDA; myocardial function: ejection fraction/shortening fraction, left ventricular output, right ventricular output, systemic blood flow; and signs of pulmonary hypertension.

**Results:** 30 echocardiographic studies were performed in 15 patients. The average age was 9.6 days, the variability in gestational ages were 37 to 42 weeks; the average weight was 2.583 kg. The most frequent diagnosis was respiratory distress, and the principal indications for echocardiography were hemodynamic instability and sepsis (53.3%).

In 11 cases (73.3%), the treatment was modified posteriorly to functional echocardiography, and in 10 cases we observed improvements in the 24 hours after control.

**Conclusions:** Functional echocardiography is a useful tool in NICU, which may assist with clinical decision-making.

© 2016 Hospital Infantil de México Federico Gómez. Published by Masson Doyma México S.A. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

## 1. Introducción

Una de las principales limitaciones en el cuidado y toma de decisiones de los pacientes en la unidad de cuidados intensivos neonatales (UCIN) es la escasez de parámetros de función cardiovascular y hemodinámica en comparación con terapias intensivas de pacientes adultos. En la UCIN los parámetros hemodinámicos más importantes son la presión arterial (PA), la frecuencia cardiaca (FC), el llenado capilar, el gasto urinario (GU) y la hiperlactatemia; sin embargo, el uso de estas mediciones indirectas para evaluar la perfusión tisular es muy inexacto, especialmente en los pacientes pretérmino, ya que durante los primeros días de vida ocurren cambios hemodinámicos complejos<sup>1</sup>.

La PA es el indicador más utilizado para valorar el estado hemodinámico en el neonato. Osborn estudió la precisión de la PA media en relación con la edad gestacional para detectar bajo flujo sanguíneo sistémico (FSS) en prematuros con base en el flujo de la vena cava superior (VCS), y encontró que se identificaron menos del 30% de los neonatos en estado

de choque. Actualmente se habla de una relación no lineal entre la PA y el FSS. La FC se consideraba un valor fijo en los neonatos y se consideraba que el gasto cardiaco (GC) era totalmente dependiente de esta; sin embargo, existen estudios en los que se compararon neonatos con y sin hipotensión donde no se encontraron diferencias significativas en la FC, demostrando que no hay una correlación lineal entre FSS y FC.

El GU es difícil de valorar en los primeros días de al vida extrauterina, debido a que nos enfrentamos inicialmente con una fase de baja producción urinaria (primeras 24 horas) y posteriormente con una fase de poliuria transitoria (2<sup>o</sup> y 3<sup>er</sup> día). En cuanto al lactato, únicamente se incrementa su síntesis cuando se alcanza un nivel crítico bajo de hipoxia, y la extracción máxima de oxígeno es insuficiente para la demanda metabólica; es útil como un parámetro de mal pronóstico cuando hay mediciones seriadas<sup>2</sup>.

A pesar de su escasa precisión, la valoración clínica continúa siendo el método de monitorización hemodinámica más utilizado, lo que significa que únicamente una porción

pequeña de neonatos con bajo FSS serán detectados. Los pobres valores predictivos de marcadores clínicos individuales crean la necesidad de buscar formas alternativas para tener una medición confiable de la función cardiovascular neonatal.

La ecocardiografía realizada por el cardiólogo en el recién nacido tiene habitualmente el objetivo de descartar cardiopatías y valorar la función cardíaca. Aproximadamente hace 10 años se introdujo el término ecocardiografía funcional (EcoF) para describir el uso del ecocardiograma como herramienta de apoyo en la toma de decisiones y monitorización del estado hemodinámico en los neonatos en riesgo de disfunción cardíaca. El Dr. Evans en Australia fue uno de los pioneros en el uso de esta técnica. La EcoF obtiene información tanto cualitativa como cuantitativa por métodos convencionales de la ecocardiografía; a través de esta se determina la presencia y repercusión del conducto arterioso, la fisiopatología en condiciones de inestabilidad hemodinámica o requerimientos altos de oxígeno, la valoración de la función miocárdica de ambos ventrículos, se descarta hipertensión pulmonar, se determina el índice cardíaco y, en la actualidad se están agregando métodos más novedosos como el ecocardiograma 3D y el Doppler tisular<sup>3</sup>.

En 19996, Oliva y colaboradores realizaron un estudio en el que por primera vez en México, se trató de implementar una valoración similar estudiando a 58 neonatos divididos en dos grupos: uno con neonatos sanos y otro con neonatos con antecedentes de enfermedad perinatal. A ambos grupos se les determinó la presión pulmonar sistólica, diastólica y media, con velocidad y gradiente de la arteria pulmonar. Se determinó que el último grupo cursaba con hipertensión pulmonar los primeros 15 días de vida con tendencia a la normalización a los 30 días de vida<sup>4</sup>.

En cuanto a la experiencia internacional, existen distintas publicaciones. En España se publicó la experiencia de un año en las unidades de cuidados intensivos neonatales, mostrando un total de 168 estudios realizados en 50 pacientes, con 36.9% de modificaciones al tratamiento, concluyendo que la EcoF es un estudio frecuentemente usado en neonatos con inestabilidad hemodinámica y que ayuda a determinar el manejo del paciente<sup>5</sup>.

En India, Anilkumar y colaboradores describieron la experiencia y el impacto del EcoF en un centro de tercer nivel, describiendo la frecuencia de su uso, las características de los pacientes y sus indicaciones durante el período de febrero de 2014 a enero del 2015. Los autores reportaron un total de 348 estudios en 187 neonatos, teniendo como indicación principal el descartar PCA<sup>6</sup>.

El objetivo de este trabajo fue describir la primera experiencia del uso de la EcoF en un período de 3 meses en la UCIN de un hospital de tercer nivel en México.

## 2. Métodos

Se realizó un estudio descriptivo prospectivo sobre la implementación del EcoF en pacientes de la UCIN durante el período de agosto de 2015 a octubre del 2015 en el Hospital Infantil de México Federico Gómez. Todos los estudios fueron realizados por el mismo médico del servicio de ecocardiografía pediátrica. A petición de los médicos responsables de los pacientes, todas las valoraciones y las

medidas ecocardiográficas se hicieron mediante un procedimiento estandarizado descrito y recogido en la [tabla 1](#).

Se recogieron los siguientes datos generales de los pacientes: edad gestacional, peso, edad del paciente, superficie corporal, diagnóstico principal e indicación del estudio. Se registraron los siguientes datos clínicos en el momento de realización del estudio: frecuencia cardíaca, frecuencia respiratoria, saturación de oxígeno, presión arterial, niveles de lactato (mmol/l) y presencia de oliguria (diuresis < 1 ml/kg/h).

Los datos de los estudios ecocardiográficos incluyeron los días de vida en el momento del estudio y la indicación del estudio. Los resultados se anotaron en un formato especial el cual se añadió al expediente de cada paciente. Una vez realizado el estudio, los resultados se discutieron con los

**Tabla 1** Parámetros que conforman la ecocardiografía funcional

| Parámetro valorado   | Modo                             |
|--|----------------------------------|
| <b>Valoración de la persistencia del conducto arterioso</b>    | 2-D/doppler color/pulsado/modo M |
| Diámetro de la boca pulmonar                                   |                                  |
| Velocidad ductal   |                                  |
| Radio aurícula izquierda/raíz aórtica                          |                                  |
| E/a mitral   |                                  |
| <b>Función sistólica y diastólica del ventrículo izquierdo</b> | Modo M                           |
| Fracción de acortamiento                                       |                                  |
| Fracción de eyección   |                                  |
| <b>Presión pulmonary</b>                                       | Doppler continuo                 |
| Gradiente de insuficiencia tricuspídea                         |                                  |
| <b>Comunicación interauricular</b>                             | 2-D/doppler color                |
| <b>Índice cardíaco del ventrículo izquierdo</b>                | 2-D/modo M/doppler pulsado       |
| Diámetro del tracto de salida de $v_i$                         |                                  |
| Integral del área bajo la curva velocidad-tiempo               |                                  |
| <b>Índice cardíaco del ventrículo derecho</b>                  | 2-D/modo M/doppler pulsado       |
| Diámetro del tracto de salida de $v_d$                         |                                  |
| Integral del área bajo la curva velocidad-tiempo               |                                  |
| <b>Flujo de vena cava superior</b>                             | Modo M/doppler pulsado           |
| Diámetro sistólico   |                                  |
| Diámetro diastólico  |                                  |
| <b>Valoración del ventrículo derecho</b>                       | Modo M                           |
| Tapse  |                                  |

médicos responsables para decidir la actitud terapéutica. Los cambios realizados posteriores al estudio se determinaron como:

1. Incremento en el aporte de líquidos.
2. Disminución en el aporte de líquidos.
3. Inicio o incremento de manejo aminérgico.
4. Inicio de esteroides.
5. Suspensión de manejo aminérgico.
6. Incremento de parámetros ventilatorios.
7. Disminución de parámetros ventilatorios.
8. No se realizaron cambios.

Por último, se realizó una re-valoración 24 horas posteriores al estudio para determinar si existió mejoría de los parámetros.

Todos los estudios fueron realizados con un ecocardiograma SIEMENS Acuson X300 con sonda neonatal 5-8 MHz. La valoración ecocardiográfica contemplaba los siguientes aspectos: valorar la persistencia de conducto arterioso y su repercusión (diámetro de la boca pulmonar, velocidad ductal, radio entre aurícula izquierda y raíz aórtica, E/A mitral y dirección del cortocircuito); función sistólica y diastólica del ventrículo izquierdo (fracción de acortamiento, fracción de eyección); presión pulmonar (medido por el gradiente de insuficiencia tricuspídea o gradiente del conducto arterioso); presencia de comunicación interauricular; índice cardíaco del ventrículo izquierdo (estimando el diámetro del tracto de salida del ventrículo izquierdo y la integral velocidad-tiempo [TSVI y VTI]); índice cardíaco del ventrículo derecho (estimando el diámetro del tracto de salida del ventrículo derecho y la integral velocidad-tiempo [TSVD y VTI]); flujo de la vena cava superior (diámetro de la vena cava superior y VTI); valoración sistólica del ventrículo derecho (TAPSE) y cambios realizados posteriores al estudio y evolución.

Las variables cualitativas se describen como frecuencias y las cuantitativas como media o mediana.

### 3. Resultados

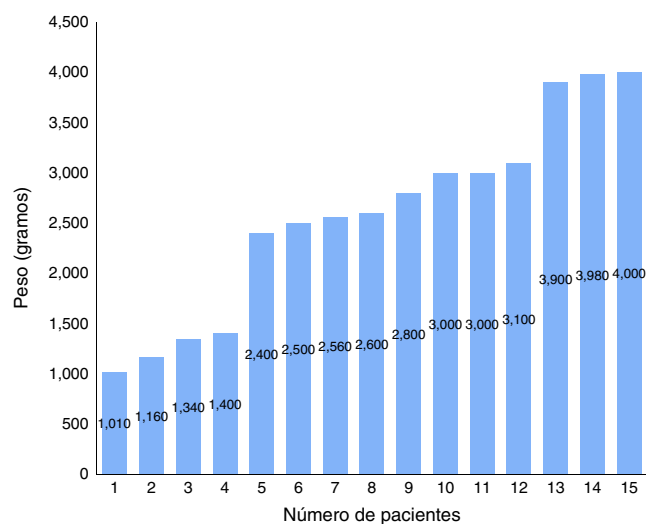
Se realizaron un total de 30 ecografías en 15 pacientes en un período de tres meses, con una media de dos estudios realizados por paciente. En las tablas 2 y 3 y en la figura 1 se recogen las características generales de los pacientes. La media de la edad a la que se realizó el estudio ecocardiográfico fue de 9.6 días de vida (rango entre 28-2 días). 66% de los pacientes se encontraron en el rango entre 37 y 42 semanas de gestación, 26.6% eran menores de 33 semanas

**Tabla 2** Semanas de gestación de los pacientes valorados en la unidad de cuidados intensivos neonatales (UCIN)

| Semanas de gestación y número de pacientes |    |
|--|----|
| Prematuro extremo < 27 SDG                 | 0  |
| Prematuro 27-33 SDG                        | 4  |
| Prematuro tardío 34-36 SDG                 | 1  |
| Término 37-42 SDG                          | 10 |
| Término tardío > 42 SDG                    | 0  |

**Tabla 3** Diagnósticos y número de pacientes valorados en la unidad de cuidados intensivos neonatales

| Diagnósticos      | Número de pacientes |
|-------------------|---------------------|
| Tumor abdominal   | 1                   |
| Sepsis            | 3                   |
| Sdr/prematurez    | 4                   |
| Osteomielitis     | 1                   |
| Neumonía          | 1                   |
| Hidrocefalia      | 1                   |
| Gastrosquisis     | 2                   |
| Asfixia perinatal | 2                   |



**Figura 1** Peso en gramos de cada uno de los pacientes valorados.

de gestación, y con una media de peso de 2,583 g (4,000-1,010 g). El diagnóstico más frecuente de los pacientes valorados fue síndrome de dificultad respiratoria y prematuridad (26.6%). Otros diagnósticos al ingreso fueron sepsis (20%), asfixia perinatal (13.3%) y gastrosquisis (13.3%). Los motivos más frecuentes para solicitar el EcoF fueron inestabilidad hemodinámica y sepsis, representando el 53.3% de las indicaciones. Entre las demás indicaciones se encuentran descartar la persistencia del conducto arterioso (PCA) (20%), antecedente de asfixia perinatal (20%) y descartar hipertensión arterial pulmonar (6.6%). Posterior al estudio se reportaron 3 casos con PCA: 1 caso con PCA moderado y 2 casos con PCA grande.

Con respecto al impacto de la realización de la ecocardiografía funcional sobre el manejo de los pacientes, se observó que en 11 pacientes (73.3%) se registraron modificaciones al tratamiento posterior al EcoF. En 8 pacientes las modificaciones consistieron en la disminución de los parámetros ventilatorios, en 3 pacientes se manejó la disminución de los aportes de líquidos; en este grupo se incluyeron los pacientes con PCA. En los 4 pacientes restantes (27%) no se realizaron cambios posteriores al estudio.

Al realizar la re-valoración de 24 horas, se reportó mejoría clínica en 10 casos del grupo de pacientes con cambios en el tratamiento, las cuales incluyeron disminución de la

presión pulmonar, mejoría de la función sisto-diastólica del ventrículo izquierdo e índices cardíacos. El paciente con PCA grande presentó deterioro a pesar de los cambios y tuvo que ser intervenido quirúrgicamente para el cierre del mismo. En el grupo de pacientes donde no se realizaron cambios en el manejo, 3 pacientes no mostraron modificaciones en su evolución con parámetros ecocardiográficos similares y 1 paciente mostró evolución clínica fue hacia la mejoría.

#### 4. Discusión

En este estudio se describe por primera vez el uso de la EcoF en la UCIN de un hospital de tercer nivel en México. Se muestra que el estudio fue de utilidad clínica, complementando la valoración hemodinámica. Aunque no se asegura que los resultados del EcoF fueron los principales motivos para la modificación del tratamiento, sí ayudaron al análisis y acción terapéutica en un porcentaje significativo de casos.

Los neonatólogos confirmaron su interés por la EcoF, favoreciendo su aceptación y progresiva implementación en la UCIN. En Australia y Nueva Zelanda, estudios mostraron que el 40% de las unidades de cuidados intensivos tienen al menos un neonatólogo con entrenamiento en EcoF hace 10 años, y que esta cifra se había incrementado por encima del 90% en el año 2010<sup>7</sup>.

Las indicaciones por las cuales el neonatólogo solicitó el EcoF en este estudio son similares a los reportes de experiencia del EcoF en España e India, en donde la indicación más frecuente fue descartar PCA, seguido de la inestabilidad hemodinámica<sup>5-6</sup>.

En cuanto a los porcentajes de modificación al tratamiento posterior al EcoF, nosotros reportamos un porcentaje alto (73.3%) en comparación con el 36.9% de la experiencia en España, del 42.5% en la India en un hospital de tercer nivel y del 41% reportado por El-Khuffash y colaboradores en Canadá; sin embargo, hay que considerar que los anteriores son estudios retrospectivos y con una mayor cantidad de casos que van de uno a cuatro años, y en la mayoría se considera la necesidad de estudios prospectivos<sup>5,6,8</sup>.

A pesar de la clara utilidad práctica de esta técnica, todavía no existen evidencias firmes que demuestren un impacto positivo de la utilización de la EcoF en la UCIN sobre el pronóstico de los pacientes. En nuestro estudio contamos con una población de 15 casos, y a pesar del alto porcentaje de modificación del tratamiento y mejoría al mismo, no es posible aseverar que existe un claro impacto en la implementación del estudio; sin embargo, el seguimiento de estos pacientes y la continuidad al proyecto podrá dar más evidencias sobre el impacto del ecocardiograma funcional como lo muestran varios estudios retrospectivos y algún ensayo clínico<sup>9-12</sup>.

Nuestro estudio presenta numerosas limitaciones, fundamentalmente derivadas del número de casos reportados; no contamos con pacientes micro-prematuros (< 1000 gramos) y la decisión de realizar cambios en el tratamiento dependía del neonatólogo a cargo del paciente y no sólo de los datos aportados por la ecografía, lo cual podría haber modificado significativamente la percepción de la

influencia de esta técnica sobre el manejo de los recién nacidos.

Concluimos que la EcoF es una herramienta útil que se utiliza con frecuencia en la UCIN y que aporta información complementaria que ayuda al clínico en la toma de decisiones terapéuticas. Su uso se está extendiendo en las unidades de neonatología, aunque son necesarios ensayos clínicos que determinen su impacto sobre el pronóstico de los pacientes. Hace falta la diseminación de programas de formación y acreditación estructurados conforme a las recomendaciones existentes para asegurar un uso correcto y seguro de esta técnica.

#### Responsabilidades éticas

**Protección de personas y animales.** Los autores declaran que para esta investigación no se han realizado experimentos en seres humanos ni en animales.

**Confidencialidad de los datos.** Los autores declaran que en este artículo no aparecen datos de pacientes.

**Derecho a la privacidad y consentimiento informado.** Los autores declaran que en este artículo no aparecen datos de pacientes.

#### Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

#### Referencias

- Hoffman GM, Ghanayem NS, Tweddell JS. Noninvasive assessment of cardiac output. *Semin Thoracic Cardiovasc Surg Ped Cardiac Surg Annual*. 2005;8:12-21.
- Tibby SM, Murdoch IA. Monitoring cardiac function in intensive care. *Arch Dis Child*. 2003;88:46-52.
- Breatnach CR, Levy PT, James AT, Franklin O, El-Khuffash A. Novel Ecocardiography Methods in the Functional Assessment of the Newborn Heart. *Neonatology*. 2016;110:248-60.
- Oliya GV, Mojarro-Ríos J, Alva-Espinosa C, Villasis-Keever M, Labarthe Cabrera J, Arellano Pebagos M, et al. Ecocardiografía Doppler en recién nacidos con riesgo de hipertensión arterial pulmonar. *Rev Mex Cardiol*. 1996;7:25-31.
- Corredera A, Rodríguez MJ, Arévalo P, Llorente B, Moro M, Arruza L. Functional echocardiography in neonatal intensive care: 1 year experience in a unit in Spain. *An Pediatr (Barc)*. 2014;81:167-73.
- Anilkumar MK, Pradeep BS, Rajesh M, Suprabha P, Nandini M. Functional Neonatal Echocardiography: Indian Experience. *J Clin Diagn Res*. 2015;9:11-4.
- Evans N. Echocardiography on neonatal intensive care units in Australia and New Zealand. *J Paediatr Child Health*. 2000;36:169-71.
- El-Khuffash A, Herbozo C, Jain A, Lapointe A, McNamara PJ. Targeted neonatal echocardiography (TnECHO) service in a Canadian neonatal intensive care unit: a 4-year experience. *J Perinatol*. 2013;33:687-90.
- Sehgal A, McNamara PJ. Does point-of-care functional echocardiography enhance cardiovascular care in the NICU? *J Perinatol*. 2008;28:729-35.

10. O'Rourke DJ, El-Khuffash A, Moody C, Walsh K, Molloy EJ. Patent ductus arteriosus evaluation by serial echocardiography in preterm infants. *Acta Paediatr.* 2008;97:574–8.
11. Jain A, Sahni M, El-Khuffash A, Khadawardi E, Sehgal A, McNamara PJ. Use of targeted neonatal echocardiography to prevent postoperative cardiorespiratory instability after patent ductus arteriosus ligation. *J Pediatr.* 2012;160:584–9.
12. Carmo KB, Evans N, Paradisis M. Duration of indomethacin treatment of the preterm patent ductus arteriosus as directed by echocardiography. *J Pediatr.* 2009;155:819–22.