



Revista Colombiana de Anestesiología
ISSN: 0120-3347
publicaciones@scare.org.co
Sociedad Colombiana de Anestesiología y
Reanimación
Colombia

Corrales, Andrés Felipe; Sandoval, Ricardo Augusto; Navarro, José Ricardo
El punto ciego de la anestesia obstétrica: monitoría fetal intraquirúrgica
Revista Colombiana de Anestesiología, vol. 39, núm. 2, mayo-julio, 2011, pp. 231-237
Sociedad Colombiana de Anestesiología y Reanimación
Bogotá, Colombia

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=195122391009>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica
Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto



El punto ciego de la anestesia obstétrica: monitoría fetal intraquirúrgica

The Blind Spot in Obstetric Anesthesia: Intra-Surgical Fetal Monitoring

Andrés Felipe Corrales*, Ricardo Augusto Sandoval**, José Ricardo Navarro***

Recibido: septiembre 10 de 2010. Enviado para modificaciones: diciembre 12 de 2010. Aceptado: abril 1 de 2011.

RESUMEN

Introducción. La monitoría fetal en pacientes obstétricas que son intervenidas de operación cesárea tiene un gran vacío, que corresponde al periodo transoperatorio. Pese al desarrollo vertiginoso de la tecnología en todos los ámbitos de la medicina, no ha sido posible establecer un método práctico para evaluar el bienestar fetal durante la cesárea.

Objetivo. Se propone encontrar y diseñar un método no invasivo y práctico que se pueda aplicar en un sitio distante al campo quirúrgico abdominal y que registre la frecuencia fetal continua como medida indirecta del bienestar fetal. Esta labor no solo atañe al anestesiólogo, sino, también, al obstetra y al pediatra.

Metodología. Artículo de reflexión que surge luego de una pregunta realizada por estudiantes de anestesiología en el quirófano (pregrado y posgrado), sobre un método práctico de monitoría fetal

SUMMARY

Introduction: There is a big gap in fetal monitoring in obstetric patients undergoing cesarean section during the transoperative period. Despite the astonishing technological developments in all medical areas, we have failed to develop a practical method for the evaluation of the fetus wellbeing during a c-section intervention.

Objective. A non-invasive and practical method is suggested that can be used in a site distant from the abdominal surgical field to record the continuous fetal heart rate as an indicator of fetal wellbeing. This task would not only involve the anesthesiologist, but the obstetrician and the pediatrician as well.

Methodology. Producing an article that should be food for thought, based on a question asked by students of anesthesiology in the OR (graduate and postgraduate students), about a

* Médico, estudiante posgrado de Anestesiología, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia. Correspondencia: Carrera 32A No. 25B-75, Ap 802 T1 Bogotá, Colombia. Correo electrónico: anfecori@hotmail.com

** Interno especial de Anestesiología, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia. Correo electrónico: ricardo870608@hotmail.com

*** Médico, profesor asociado Departamento de Cirugía, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia. Correo electrónico: jrnavarro@unal.edu.co

no invasiva intraoperatoria. Se realizó búsqueda en bases de datos de Medline, Ovid y Science Direct.

Resultados. Actualmente, no hay un método de monitoría fetal apropiado (óptimo y práctico) para este periodo en el quirófano; es imperioso encontrar una salida por medio de la tecnología, que permita evaluar el bienestar fetal en el transoperatorio de la cesárea, en primera instancia, porque el tiempo quirúrgico tiene muchos factores que lo pueden prolongar y ser un determinante en la falta de control de un evento hipóxico o isquémico en el feto; también, porque la seguridad en anestesia obstétrica y fetal debe ser exigente y crítica.

Palabras clave: Monitoreo fetal, cesárea, periodo intraoperatorio (Fuente: DeCS, BIREME).

El sistema convencional de monitoría en el transoperatorio (cesárea) utilizado actualmente incluye los parámetros hemodinámicos básicos (presión arterial no invasiva), pulsioximetría y trazado electrocardiográfico, para vigilar la respuesta de la paciente ante el estrés quirúrgico; sin embargo, esta monitoría no permite evaluar el estado fetal durante la cirugía. Actualmente, en instituciones de mayor tecnología se dispone de métodos invasivos que no son prácticos ni fáciles y no están exentos de riesgos, ya que se requiere introducir un catéter dentro del útero para evaluar la presión y la actividad uterina, y un electrodo profundo intracervical para monitorizar la actividad cardíaca fetal (1-3).

Este último se ha logrado realizar con un electrodo aplicado dentro de la vagina de la madre y ubicado en el cuero cabelludo del feto, el cual se fija posteriormente, por medio de una placa, al muslo de la madre; la señal detectada es amplificada en un monitor que contiene un cardiotaquímetro para registrar la frecuencia cardíaca fetal (FCF) (1).

Todo agente anestésico termina ejerciendo su efecto en el feto de manera similar a la farmacodinamia que ocurre en la madre, lo cual produce hipnosis, sedación y analgesia, al igual que alteración en el gasto cardíaco fetal (4), variable no medible durante el periodo transoperatorio;

practical method for intraoperative fetal, non-invasive monitoring. The search was conducted using the Medline, Ovid and Science Direct data basis.

Results. Notwithstanding the absence of an appropriate fetal monitoring method (optimal and practical) for this period of time in the OR, it is mandatory to find a technology-based solution to assess the wellbeing of the fetus during the transoperative period of the c-section, firstly because there are multiple factors that may extend the surgical time and become a determining factor for the lack of control of a hypoxic or ischemic event of the fetus; secondly, because safety of obstetric and fetal anesthesia must be demanding and is critical.

Key words: Fetal monitoring, c-section, intraoperative period (Source: MeSH, NLM).

The conventional transoperative system (c-section) currently used includes the basic hemodynamic parameters (non-invasive arterial pressure), pulse oximetry and electrocardiographic tracing, to control de patient's response to surgical stress. These monitoring approaches however, do not allow for evaluating the fetal status during surgery. Currently, institutions with more advanced technologies have invasive methods available which are not practical or easy to use and entail some risks because a catheter must be inserted into the uterus to measure the pressure and the uterine activity, in addition to a deep intra-cervical probe to monitor the fetal cardiac activity (1-3).

The latter has been performed by placing an electrode inside the mother's vagina and over the scalp of the fetus, fixing it with a plate to the mother's thigh; the signal detected is then amplified in a monitor including a cardiotaquíometer that measures the fetal heart rate (FHR) (1).

All anesthetic agents finally affect the fetus in a similar way to the pharmacodynamic process that takes place in the mother, causing hypnosis, sedation and analgesia, in addition to a disruption of the fetal heart output (4), which is variable and non-measurable during the

por lo tanto, no susceptible de optimización y control.

El circuito útero-placentario es de baja resistencia, alto flujo y ausencia de autorregulación, que depende exclusivamente del flujo materno para conservar alrededor de 700 ml/min que necesita el feto al final de la gestación (5). Mediante “extrapolaciones” se ha determinado que este flujo mantiene las condiciones de contenido de O_2 , CO_2 y pH que el feto necesita; de acuerdo con la técnica anestésica o patología de base, pueden cambiar estos parámetros, lo cual lleva a disminución de la perfusión placentaria o compromiso de la oxigenación y bienestar fetal secundario a un trastorno del estado ácido base de la madre (6,7).

La anestesia, la histerotomía, la manipulación fetal y el estrés quirúrgico pueden influir dramáticamente sobre la circulación fetoplacentaria o útero-placentaria por diferentes mecanismos: hipotensión fetal, actividad uterina aumentada, hiperventilación materna, alteración en el gasto cardíaco fetal, alteración del flujo sanguíneo umbilical, compresión del cordón umbilical, de la vena cava inferior o del mediastino, etc. (8).

Los métodos de monitoría fetal intraoperatorio son invasivos y poco prácticos, e incluyen: el monitoreo electrónico de la FCF, la pulsioximetría fetal, la ecocardiografía y las determinaciones de gases sanguíneos de cuero cabelludo o piel fetal. El monitoreo electrónico fetal intraoperatorio continuo (9) se realiza rutinariamente para vigilar el estado fetal durante el trabajo de parto, y es un recurso que ha demostrado utilidad en detectar variaciones del bienestar fetal (10); sin embargo, en la actualidad no permite detectar asfixia fetal intraparto y, por lo tanto, se pierde una oportunidad de intervenir precozmente en la evolución del bienestar fetal (11).

Entre las limitaciones del monitoreo electrónico de la FCF están las siguientes: las interpretaciones son observador-dependiente; se requiere la presencia continua de un profesional que evalúe los trazados de la FCF; existen riesgos inherentes al procedimiento y hay contraindicaciones; desde su implementación, los registros de la FCF pasan a ser un documento legal; además, se considera

transoperatorio. Hence, it is not susceptible to optimization and control.

The utero-placental circuit is low resistance, high flow and does not self-regulate; it is exclusively dependant on the maternal flow to preserve approximately 700 ml/min. required by the fetus at the end of gestation (5). It has been established by “extrapolation” that this flow maintains the O_2 , CO_2 and pH conditions required by the fetus. These parameters may change however, depending on the anesthetic technique or the underlying pathology, resulting in a reduction of placental perfusion or compromising oxygenation and fetal wellbeing secondary to a maternal acid-base disorder (6,7).

Anesthesia, hysterectomy, fetal manipulation and surgical stress may all have a dramatic impact on the fetal-placental or uterine-placental circulation due to several mechanisms: fetal hypotension, increased uterine activity, maternal hyperventilation, fetal cardiac output disruption, umbilical blood flow alteration, compression of the umbilical chord, of the inferior vena cava or the mediastinum, etc. (8).

The intraoperative fetal monitoring methods are invasive and rather impractical, including: electronic FHR monitoring, fetal pulse oximetry, echocardiography and blood gasses measurements of the scalp or fetal skin. Continuous electronic intraoperative fetal monitoring (9) is done routinely to oversee the fetal status during labor and is a resource that has proven to be useful to detect changes in fetal wellbeing (10); however, it is unable to detect intrapartum fetal asphyxia and hence the opportunity for early intervention to ensure the wellbeing of the fetus is missed (11).

The following are some of the limitations of electronic FHR monitoring: the interpretations are observer-dependant; a professional must constantly be available to assess the FHR tracings; there are inherent risks to the procedure and contraindications; since its implementation, the FHR records are a legal document. Furthermore, it is considered to be a poor positive predictive value resource due to the lack of consistency be-

un recurso con un valor predictivo positivo pobre, puesto que no hay una concordancia entre una FCF anormal y unos resultados anormales; de ahí que el Colegio Americano de Ginecólogos-Obstetras (ACOG) recomiende la interpretación anormal del trazado de la FCF como “estado fetal insatisfactorio”, en lugar de “sufrimiento fetal agudo” o “asfixia al nacer” (12,13).

Entre las contraindicaciones relativas para realizar el monitoreo intraoperatorio de la FCF se encuentran: la presencia de membranas íntegras y presentación fetal distinta a la cefálica; infección como corioamnionitis, VIH, herpes simple; además, se requiere que haya una dilatación cervical que permita el paso del electrodo hasta el cuero cabelludo del feto (14).

En los países desarrollados, esta monitoría se ha venido realizando desde hace cerca de 40 años y con mínimo reporte de complicaciones (convulsiones neonatales o muertes fetales intrauterinas); sin embargo, el hallazgo más importante es que ha sido definitiva en aumentar la tasa de cesáreas (15,16).

Pese a los esfuerzos realizados para la medición de los cambios fisiológicos fetales, sea por métodos invasivos o no invasivos durante el transoperatorio, en la actualidad no hay un método sencillo, fácil de manejar, seguro y aplicable en todos los casos; como si existiera un punto ciego en la monitoría fetal intraquirúrgica. La tendencia en el desarrollo de equipos de monitoría, en la actualidad, está encaminada hacia optimizar los métodos automatizados y no invasivos, por múltiples razones: rapidez, confiabilidad, seguridad, conservación de la integridad anatómica y funcional y menores costos.

Las dificultades son de diversa índole, incluso porque no hay un punto de referencia estático hacia donde se pueda dirigir el monitor, ya que el feto flota en la cavidad uterina, y su acceso más amplio está interferido por el mismo procedimiento quirúrgico de la cesárea; sin embargo, se precisa que la tecnología lo desarrolle, especialmente en lo relacionado con dispositivos que capturen señales *vibroacústicas* o transductores potentes que permitan registrar la frecuencia cardíaca fetal continua desde algún sitio alejado

tween an abnormal FHR and abnormal results; consequently, the American College of Obstetricians and Gynecologists (ACOG) recommends that an abnormal FHR tracing be interpreted as an “nonreassuring fetal status” (NRFS) instead of using the expression “acute fetal distress” or “birth asphyxia” (12,13).

The following are some of the relative contraindications to perform FHR intraoperative monitoring: the presence of intact membranes and a fetal presentation other than cephalic; infection such as chorioamnionitis, HIV, herpes simplex; additionally, there has to be a dilatation of the cervix allowing for the passage of the probe down to the fetal scalp (14).

In the developed countries this monitoring has been practiced for approximately 40 years and with very rare reported complications (neonatal seizures or fetal intrauterine deaths); however, the most important finding is that it has definitely increased the rate of c-sections (15,16).

Despite the efforts to measure the physiological changes of the fetus, whether using invasive or non-invasive methods during the transoperative period, currently there are no simple, easy-to-use and safe method applicable to every case. It is as if there was a blind spot in intra-surgical fetal monitoring. Currently the trend in the development of monitoring equipment focuses on optimizing the automated and non-invasive methods due to a multiplicity of reasons: speed, reliability, preservation of the anatomic and functional integrity and lower costs.

The difficulties are varied, including the absence of a static landmark to direct the monitor to, since the fetus floats freely inside the uterine cavity and access is restricted by the c-section procedure itself. Nevertheless, there is a need for such technological development, particularly using devices that capture *vibration-acoustic* signals or powerful transducers able to record the continuous fetal heart rate from a site distant from the surgical field, such as the esophagus or the mother’s lumbar region that enables heart rate and uterine activity monitoring.

del campo quirúrgico, como el esófago o la región lumbar de la madre, y permita monitorizar la frecuencia cardíaca y la actividad uterina.

Los autores proponen que este invento debe partir de la iniciativa del anestesiólogo, pues el obstetra está preocupado por operar a la paciente, y el pediatra, aunque conoce la historia clínica de la madre y la evolución prequirúrgica del feto, solo está dispuesto a actuar una vez le entreguen al neonato.

Estudios realizados en la Universidad de Queen han comparado la efectividad de utilizar la monitoría de la FCF, los gases sanguíneos y la valoración del estado ácido base para detectar hipoxia temprana en el parto vaginal, con resultados aceptables (17); sin embargo, estos métodos no se pueden extrapolar a la práctica quirúrgica, por los inconvenientes anotados antes (posición de los catéteres y electrodos del monitor); además, la toma de muestras para gases sanguíneos en el feto es un procedimiento invasivo que requiere, entre otras condiciones, que haya ruptura de membranas y una adecuada dilatación cervical, que el feto no tenga trastornos en su coagulación, que no haya una infección latente o activa en la madre o en el amnios, y que, además, exista factibilidad para la toma de varias muestras de sangre de cuero cabelludo, con la posibilidad de producirle trauma al feto (18).

Aproximadamente el 40 % del gasto cardíaco fetal se destina a la perfusión de la zona de intercambio placentario. La perfusión, oxigenación, ventilación, estado ácido-básico y análisis metabólico de un individuo pueden interpretarse por medio de los gases arteriovenosos, siempre y cuando las muestras sean tomadas de manera correcta, de la arteria radial y de la mezcla venosa cerebral y corporal (19,20); así mismo, la placenta podría ser otro de los objetivos para una monitoría fidedigna del estado fetal, por medio de la toma de muestras sanguíneas para análisis gasimétrico de los vasos uterinos y venosos del recién nacido (RN) (tabla 1) (21); sin embargo, la aproximación clínica para la toma de estos exámenes no es práctica y conlleva riesgos (22).

The authors suggest that the initiative to develop such invention must come from the anesthesiologist, since the obstetrician's concern is to operate on the patient and the pediatrician, though aware of the mother's clinical record and the pre-surgical evolution of the fetus, in only willing to take action after the neonate is delivered.

Studies from Queen's University have compared the effectiveness of using FHR monitoring, blood gasses and acid-base evaluation to detect early hypoxia in vaginal deliveries, with acceptable results (17). However, these methods cannot be extrapolated to surgical practice because of the downsides already listed (position of the catheters and monitor probes); furthermore, sampling of blood gasses in the fetus is an invasive procedure that requires, among other things, rupture of the membranes and adequate dilatation of the cervix, absence of fetal clotting disorders, absence of latent or active infection in the mother or the amniotic fluid, in addition to the feasibility of taking several blood samples from the scalp which may cause fetal trauma (18).

Approximately 40 % of fetal cardiac output is devoted to perfuse the placental exchange area. The perfusion, oxygenation, ventilation, acid-base status and metabolic analysis of an individual can all be interpreted through arteriovenous gas measurements, as long as the samples are appropriately taken from the radial artery and the cerebral venous and body mix (19,20). Likewise, the placenta may be another target for an accurate monitoring of the fetal status by taking blood samples for gas analysis of the uterine and venous vessels of the newborn (NB) (Table 1) (21). However, the clinical approach for doing these tests is impractical and entails risks (22).

Tabla 1. Variables hemodinámicas de gases sanguíneos en recién nacido

Comparación circulatoria uterina y umbilical	Uterina		Umbilical	
	Arteria	Vena	Vena	Arteria
pO ₂ (mm Hg)	95	40	27	15
SaO ₂ %	98	76	68	30
Contenido O ₂ (ml/dl)	15,8	12,2	14,5	6,4
Hb (g/dl)	12	12	16	16
Capacidad O ₂	16,1	16,1	21,4	21,4
PCO ₂ (mm Hg)	32	40	43	48
Contenido CO ₂ (mM/L)	19,6	21,8	25,2	26,3
HCO ₃ (mM/L)	18,8	20,7	24	25
pH	7,4	7,34	7,38	7,35

Fuente: Adaptado de Cunningham FG, et al (2010) (21)

Las pacientes obstétricas pueden ser llevadas a cirugías abdominales por causas distintas a su embarazo, incluso cirugía fetal *in-útero*, laparoscópica o con acceso abierto a útero, las cuales son complejas y en las que difícilmente se puede realizar evaluación periódica con Doppler de cordón umbilical (23-25).

En conclusión, hay un gran vacío en la monitoría fetal durante el periodo del transoperatorio, que atañe directamente a las tres especialidades. El llamado es a desarrollar métodos de monitoría fetal, de preferencia no invasivos, si se tienen en cuenta las consideraciones anteriores y el beneficio en la preservación fisiológica de las variables hemodinámicas y metabólicas de estos pequeños pacientes que requieren un control directo de su estado clínico durante el transoperatorio.

Table 1. Hemodynamic variables of blood gasses in the newborn baby

Comparison of the Uterine and Umbilical Circulation	Uterine		Umbilical	
	Artery	Vein	Vein	Artery
pO ₂ (mm Hg)	95	40	27	15
SaO ₂ %	98	76	68	30
O ₂ (ml/dl) Content	15.8	12.2	14.5	6.4
Hb (g/dl)	12	12	16	16
O ₂ Capacity	16.1	16.1	21.4	21.4
PCO ₂ (mm Hg)	32	40	43	48
CO ₂ (mM/L) Content	19.6	21.8	25.2	26.3
HCO ₃ (mM/L)	18.8	20.7	24	25
pH	7.4	7.34	7.38	7.35

Source: Adapted from: Cunningham FG et al (2010) (21)

Obstetric patients may undergo abdominal surgery for reasons other than their pregnancy, including *intrauterine* fetal surgery – laparoscopic, optical or with open access to the uterus. These techniques are complex and it is difficult to make periodic umbilical chord Doppler evaluations (23-25).

In conclusion, there is a huge gap in fetal monitoring during the trans-operative period which directly concerns the medical specialties involved. In view of the above considerations, there is a need to develop preferably non-invasive fetal monitoring methods, with a view to physiologically maintain the hemodynamic and metabolic variables in these little patients that require a direct trans-operative control of their clinical status.

REFERENCES

1. Reiss RE, Gabbe SG, Petrie RH. Intrapartum fetal evaluation. En: Gabbe SG, Niebyl JR, Simpson JL, editors. *Obstetrics: normal and problem pregnancies*. 3rd ed. New York: Churchill Livingstone. 1996;401-2.
2. American College of Obstetricians and Gynecologists. Intrapartum fetal heart rate monitoring. ACOG Practice Bulletin No. 70. *Obstet Gynecol*. 2005;106:1453-60.
3. Gourounti K, Sandall J. Admission cardiotocography versus intermittent auscultation of fetal heart rate: effects on neonatal Apgar score, on the rate of caesarean sections and the rate of instrumental delivery. A systematic review. *Int J Nurs Stud*. 2007;44:1029-35.
4. Braveman F. Obstetrical Anesthesia. En: Barash PG, Cullen BF, Stoelting RK, editores. *Clinical Anesthesia*. 6th ed. Philadelphia: Lippincot Williams and Wilkins; 2009. p. 1138-70.
5. Birnbach D, Browne I. Anesthesia for obstetrics. En: Miller RD, Eriksson LI, Fleisher LA, et al, editors. *Miller's Anesthesia*. 7th ed. Philadelphia: Elsevier; 2009. Chapter 69.
6. Ngan Kee WD, Khaw KS, Ma KC, et al. Maternal and neonatal effects of remifentanyl at induction of general anesthesia for cesarean delivery: a randomized, double-blind, controlled trial. *Anesthesiology*. 2006;104:14-20.
7. Penning DH. Fetal and neonatal neurologic injury. En: Chesnut DH, Polley LS, Tsen LC, et al, editors. *Obstetric anesthesia: principles and practice*. 4th ed. Philadelphia: Mosby Elsevier; 2009. Chapter 10.
8. Rosen MA. Anesthesia for fetal surgery and other intrauterine procedures. En: Chesnut DH, Polley LS, Tsen LC, et al, editors. *Obstetric Anesthesia: principles and practice*. 4th ed. Philadelphia: Mosby Elsevier; 2009. Chapter 7.
9. National Institute of child health and human development research planning workshop. Electronic fetal heart rate monitoring: research guidelines for interpretation. *Am J Obstet Gynecol*. 1997;177:1385-90.
10. Martin JA, Hamilton BE, Sutton PD, et al. Births: final data for 2002. *Natl Vital Stat Rep*. 2003;52:1-113.
11. Low JA, Simpson LL, Tonni G, et al. Limitations in the clinical prediction of intrapartum fetal asphyxia. *Am J Obstet Gynecol*. 1995;172:801-4.
12. Figueras F, Albela S, Bonino S, et al. Visual analysis of antepartum fetal heart rate tracings: inter and intra observer agreement and impact of knowledge of neonatal outcome. *J Perinat Med*. 2005;33:241-5.
13. American College of Obstetricians and Gynecologists. Inappropriate use of the terms fetal distress and birth asphyxia. *Int J Gynaecol Obstet*. 1998;61:309-10.
14. Livingston EG. Intrapartum fetal assessment and therapy. En: Chesnut DH, Polley LS, Tsen LC, et al, editors. *Obstetric anesthesia: principles and practice*. 4th ed. Philadelphia: Mosby Elsevier; 2009. Chapter 8.
15. Tracker SB, Stroup DF, Peterson HB. Efficacy and safety of intrapartum electronic fetal monitoring: an update. *Obstet Gynecol*. 1995;86:613-620.
16. Vintzileos AM, Nochimson DJ, Guzmán ER, et al. Intrapartum electronic fetal heart rate monitoring versus intermittent auscultation: a meta-analysis. *Obstet Gynecol*. 1995;85:149-55.
17. Low JA, Pickersgill H, Killen H, et al. The prediction and prevention of intrapartum fetal asphyxia in term pregnancies. *Am J Obstet Gynecol*. 2001;184:724-30.
18. Parer JT. *Handbook of fetal heart rate monitoring*. 2nd ed. Philadelphia: WB Saunders; 1997.
19. Ordóñez CA, Martínez JE, Buitrago R. Valoración integral del estado hemodinámico en el paciente crítico. En: Ordóñez CA, Ferrada R, Buitrago R., editores. *Cuidado Intensivo y trauma*. 2^a ed. Bogotá: Distribuna Editorial; 2009. p. 289-305.
20. Clarck LC Jr. Measurement of oxygen tension: a historical perspective. *Crit Care Med*. 1981;9:690-2.
21. Cunningham FG, Leveno KJ, Blomm SL, Hauth J, Rouse D, Spong C (Ed). *Williams Obstetrics*. 23ra ed. Bethesda, Maryland: McGraw-Hill Companies; 2010. Chapter 28.
22. Weiner CP, Wenstrom KD, Sipes SL, et al. Risk factors for cordocentesis and fetal intravascular transfusion. *Am J Obstet Gynecol*. 1991;165:1020-5.
23. Quintero RA, Shukla AR, Homsy YL, et al. Successful in utero endoscopy ablation of posterior urethral valves: a new dimension in fetal urology. *Urology*. 2000;55:774.
24. Agarwal SK, Fisk NM. In utero therapy for lower urinary tract obstruction. *Prenat Diagn*. 2001;21:970-6.
25. Lissauer D, Morris RK, Kilby MD. Fetal lower urinary tract obstruction. *Semin Fetal Neonatal Med*. 2007;12:464-70.

Conflicto de intereses: Ninguno declarado.

Financiación: Parcialmente Universidad Nacional de Colombia.