

## Tecnología Doppler y movimientos respiratorios fetales

Drs. Marisol García Noguera de Yegüez, Efraín Inaudy Bolívar

### RESUMEN

*La tecnología ultrasónica Doppler ha resultado ser una herramienta fundamental para la evaluación de la fisiología fetal, dando información importante sobre el estado hemodinámico fetal. Teniendo en cuenta que no sólo el desarrollo y crecimiento normal del feto y su bienestar intraútero depende de una adecuada función de la circulación útero placentaria y feto placentaria, sino de otras estructuras orgánicas, es por lo que este método abre una línea de investigación dentro del campo de la fisiología fetal. El propósito de esta revisión es exponer de forma clara los conceptos relacionados con el desarrollo y fisiología de la respiración fetal abordando técnicas no invasivas de evaluación del bienestar fetal como la tecnología Doppler color y con la cual es posible estudiar el movimiento del líquido amniótico a través del flujo transnasal. Es pues factible analizar, cualitativa y cuantitativamente, las ondas de velocidad de dicho flujo a través del análisis espectral de los movimientos respiratorios fetales, relacionados íntimamente con la máxima producción de esteroides fetales responsables de la madurez pulmonar fetal. Se presentan las diferentes metodologías y recursos diagnósticos aplicados en los últimos años en la evaluación de los movimientos respiratorios en el bienestar fetal y su importancia. Se realiza una breve descripción de la fisiología y desarrollo del sistema respiratorio fetal.*

*Palabras clave: Análisis espectral. Movimientos respiratorios fetales. Doppler. Fluido transnasal.*

Unidad de Perinatología. Universidad de Carabobo. Ciudad Hospitalaria "Dr. Enrique Tejera" Valencia, Av. Lisandro Alvarado. Edo. Carabobo. Venezuela  
Financiamiento: Ayuda menor CDCH.  
marisol@intercable.net.ve  
Teléfono-Fax: 0241 8316056 - 8263439 Teléfono: 0241 8610063  
Celular: 0416 4411333

### SUMMARY

*Doppler ultrasound technology has been the main tool for monitoring fetal physiology, giving important information about fetal haemodynamic status. We are aware that normal fetal growing and development and its intra womb wellbeing depends on an accurate uterus – placental blood circulation as fetal – placental, but with other organic structures, and this is the reason why this method opens a wide investigation line in the field of fetal physiology. Our purpose is to expose clearly the concepts involved in fetal breath development and physiology with non invasive techniques of fetal wellbeing such as color Doppler technology, by which is possible to study the movement of amniotic flux through transnasal flux, as we can evaluate qualitatively and quantitatively by the velocity waves of such flux through the spectral analysis of fetal breath movements, closely related to the higher production of fetal steroids responsible of fetal lung maturation. Different methodologies are presented and diagnostic resources applied in this last years over the breath movements and its relation to fetal wellbeing and its importance. We also do a description of fetal breath system development and physiology.*

*Key words: Spectral analysis. Fetal breath movements. Doppler. Transnasal flux.*

### INTRODUCCIÓN

El descenso de la mortalidad perinatal a 12 por 1 000 en la mayoría de los centros en relación con la década pasada se debe a la aplicación de técnicas específicas de evaluación fetal. Es así como a través de la ecografía de alta resolución se ha hecho cada vez más posible el diagnóstico preciso no sólo de la asfixia aguda y crónica sino de la salud fetal (1). Para ello se han estudiado diversas variables biofísicas del feto indicadoras de bienestar

fetal como el tono fetal, los movimientos fetales espontáneos, la cantidad de líquido amniótico, la presencia de movimientos respiratorios fetales (MRF) descritos por Manning en el perfil biofísico fetal (2) y la relación aorto-cava (2:1) propuesta por los Drs. Sosa e Inaudy Bolívar en 1983, donde señalan, que en condiciones normales, el diámetro de la aorta por lo general es casi el doble de la vena cava inferior y que esta última se colapsa durante los movimientos respiratorios fetales (3).

El feto humano presenta episodios más o menos rítmicos de movimientos respiratorios, intercalados con períodos más largos de apnea. Los movimientos respiratorios fetales forman parte de los parámetros de estudio de los distintos perfiles biofísicos diseñados para evaluar el bienestar fetal, además constituyen una de las variables que determinan los distintos estados de conducta fetal, junto con la frecuencia cardíaca y los movimientos corporales y oculares. Desde que en 1971 Boddly y Robinson (4) determinaron por primera vez mediante ecografía la existencia de movimientos respiratorios fetales, han aparecido numerosas publicaciones al respecto.

Los músculos respiratorios se desarrollan en etapas tempranas del embarazo y mediante ultrasonido, por lo que se pueden demostrar movimientos respiratorios del tórax fetal desde las 11 semanas de gestación (5). Es así como desde el comienzo del cuarto mes, el feto es capaz de realizar movimientos respiratorios con intensidad suficiente como para mover el líquido amniótico hacia adentro y hacia fuera del tórax respiratorio, resultando una corriente fluida bidireccional.

El conocimiento anatómico del tracto aerodigestivo superior derivado de estudios de cadáveres de fetos y recién nacidos, así como también los realizados mediante estudios radiológicos neonatales, demuestran que la laringe de los fetos humanos en edades comprendidas entre las 27 y 40 semanas, así como la de los recién nacidos, se localiza en las porciones altas del cuello fetal, es decir, a nivel cefálico, donde se establece una confluencia de las vías respiratorias superiores con las digestivas, constituyendo dicha integración el tracto aerodigestivo superior, de gran importancia clínica, pues a través del mismo se llevan a cabo tres funciones vitales como en efecto lo son la respiración, la deglución y la fonación.

De tal manera que en el curso de los últimos 20 años diversos investigadores han intentado registrar y cuantificar los MRF tratando de relacionarlos con

el grado de bienestar fetal, motivo por el cual iniciamos esta revisión tratando de encontrar la utilidad de la exploración ultrasonográfica bidimensional, en tiempo real y técnica Doppler de las vías respiratorias fetales, como prueba tangible de la salud y madurez fetal.

La introducción de la ultrasonografía de alta resolución en la exploración perinatal, ha hecho posible el estudio de la anatomía y fisiología fetal de una manera no invasiva y sin riesgo alguno. El estudio de imágenes secuenciales mediante las técnicas del modo B en tiempo real y la evaluación de la velocimetría de flujo, con tecnología Doppler pulsado y Doppler color han permitido iniciar esperanzadoramente investigaciones orientadas a esclarecer aspectos funcionales hasta hoy desconocidos.

La flujometría del Doppler pulsado de la unidad feto placentaria ha permitido desentrañar de manera razonable una serie de aspectos hemodinámicos del feto humano que nos estaban vedados por la inexistencia de un recurso incruento, no invasor y exento de riesgo: hoy, a través de la evaluación cualitativa o semicuantitativa de las ondas de velocidad de flujo (OVF) obtenidas en diversos sectores vasculares materno y placenta-fetales, ha sido posible establecer el comportamiento de las mismas a lo largo del embarazo, tanto en circunstancias de normalidad como en situaciones de salud fetal comprometida, donde se van a suceder una serie de cambios hemodinámicos progresivos que han permitido una mejor comprensión de la historia natural del deterioro de la salud fetal como consecuencia del intercambio nutricional materno fetal.

Así también la evaluación de las OVF de los grandes vasos (aorta y pulmonar) forma parte de un esquema de exploración de más alto nivel, pero su generalización podría derivar sólidos beneficios en la atención perinatal. En el caso de la arteria pulmonar, se podrían evidenciar los cambios que tienen que ver con el desarrollo madurativo pulmonar fetal y la impedancia de la red vascular pulmonar a medida que avanza la gestación (6).

Desde principio de siglo ya es conocida la presencia de MRF; aunque las primeras observaciones se hicieron en modo A. Actualmente es posible observar los MRF en tiempo real, visualizando el diafragma, el movimiento torácico y abdominal. En el feto, al contrario del adulto, existe un movimiento torácico paradójico en la inspiración

con depresión de la pared torácica y expansión de la pared abdominal (7).

Si bien la calificación de “movimientos respiratorios” no es exacta, pues se supone que no hay intercambio de gases respiratorios, su evaluación parece poseer cierto valor pronóstico con respecto a la vitalidad fetal. Su presencia intraútero parece crucial para el porvenir del recién nacido, pues representa un entrenamiento o ejercicio isométrico de los músculos torácicos, fundamental para la respiración neonatal. Por otra parte es muy posible que este tipo de movimientos facilite la llegada de sangre al corazón a través de la cava inferior y el conducto venoso de Arancio, efectuándose una auténtica succión hacia el corazón derecho.

Puede también afirmarse que los MRF constituyen una manifestación del grado de los centros y estructuras nerviosas fetales involucradas en la función respiratoria como el centro de la respiración, sistema reticular, tallo encefálico y nervio frénico, y por otra parte, gracias a estos movimientos el surfactante pulmonar para el líquido amniótico, posibilitando el estudio de la madurez pulmonar (1).

La actividad respiratoria fetal se inicia en etapas tempranas de la gestación y va sufriendo un proceso de maduración progresiva que culmina con la regularización de la frecuencia, simetría de flujos y duración de los tiempos inspiratorios y espiratorios (8).

El desarrollo pulmonar fetal pasa por una serie de etapas alrededor de las 16 semanas de gestación que tienen por finalidad incrementar el proceso de arborización de bronquios preterminales y terminales, multiplicación de alvéolos y por ende incremento de la red capilar perialveolar responsable final de la hematosis que se inicia con la primera respiración extrauterina (9). Las ramas principales de las arterias intrapulmonares adquieren su patrón definitivo de ramificación alrededor de ésta y luego van creciendo en dimensiones hasta después del nacimiento, cuando se ramifican intensamente aumentando su número dramáticamente (6). Esto supone una disminución progresiva de la impedancia vascular del lecho pulmonar a medida que avanza el embarazo y que se reduce a su mínima expresión una vez que se inicia la respiración y el alvéolo se estabiliza a los cambios de presiones. Esta caída de la resistencia contribuye al cierre del ductus y a la desaparición de la circulación fetal y sustitución de ésta por la del adulto. Dentro de los primeros minutos posteriores al nacimiento, el sistema

respiratorio debe ser capaz de obtener oxígeno así como eliminar dióxido de carbono.

En las últimas 10 semanas de la gestación los movimientos respiratorios se detectan en el 30 % en un período de observación de 24 horas; este tipo de actividad estimula el desarrollo del pulmón por distensión intermitente y expansión de los alvéolos por el líquido inspirado. El líquido amniótico al pasar por el interior de la tráquea, hace que la presión en la tráquea se encuentre elevada de manera permanente y estable, lo cual puede ser importante para regular la presencia de líquido en el pulmón, actuando como un expansor interno, distendiendo las potenciales vías respiratorias, estimulando el crecimiento y desarrollo (10).

A pesar de que no se conocen del todo las bases fisiológicas del reflejo respiratorio, al parecer el intercambio de líquido amniótico es esencial para el desarrollo normal de los pulmones (5).

Mediante Doppler color es posible visualizar el movimiento del líquido amniótico a nivel del tracto respiratorio fetal. La presión negativa intratorácica generada es suficiente para mover líquido amniótico hacia el árbol respiratorio; ello se realiza tanto por las fosas nasales como por la boca, y es factible medir sus ondas de velocidad. Existe una buena relación entre la velocidad inspiradora máxima y el intervalo inspirador con respecto a la edad gestacional, e incluso se han relacionado determinados patrones respiratorios anormales con sufrimiento fetal.

Entre los distintos factores que influyen en los MRF se encuentran:

- Edad gestacional: se han detectado movimientos respiratorios fetales desde las 11 semanas; su frecuencia aumenta a partir de las 24 semanas. Los movimientos aparecen intermitentemente de manera espontánea y se hallan presentes alrededor del 14 % del tiempo de observación a las 24-28 semanas y en el 32 % a las 35 semanas, asociándose a ciclos de 40-80 min de actividad y vigilia fetal. Este aumento parece relacionarse con un proceso de maduración del control central de la respiración. La frecuencia de la respiración se vuelve más lenta y regular a medida que avanza el embarazo, con un ritmo medio de 50 movimientos por min; y disminuye aún más en los fetos con crecimiento fetal retardado.
- Hipoxia fetal. Se ha demostrado una disminución de MRF en animales de experimentación

sometidos a hipoxia; la hipoxia en humanos se ha asocia a asfixia neonatal, de ahí el valor del estudio de los MRF.

- Hipercapnia y acidosis metabólica y respiratoria: provocan un aumento de los MRF, tanto en la oveja como en los humanos; ello sugiere una mediación de quimiorreceptores centrales.
- Glucosa: es uno de los estímulos más importantes para los MRF. A los 30 min del pico glucémico materno (tanto si su administración es oral como intravenosa) aumenta la frecuencia de movimientos; la hipoglucemia provoca su disminución.
- Tabaco y salud: disminuyen los MRF. El efecto del tabaco probablemente está mediado por una disminución de la  $PO_2$  fetal debido a una disminución del flujo arterial uterino.
- Drogas: existen ciertas sustancias, como los barbitúricos, meperidina, diazepam, etc., que disminuyen los movimientos respiratorios. Este efecto estaría mediado por alteraciones del estado fetal.
- Estimulación vibro acústica: los estudios protocolizados en el tercer trimestre y la EVA aisladamente o en el contexto del denominado perfil biofísico demuestran la aparición de los movimientos respiratorios fetales como reacción al estímulo.
- Parto: parece ser que con el inicio de las contracciones, disminuye la frecuencia de los movimientos fetales, independientemente de la administración de glucosa o de si el parto es espontáneo o inducido, probablemente mediado por las prostaglandinas. Por tanto, la ausencia de movimientos respiratorios ha sido propuesta para diferenciar el trabajo de parto del falso trabajo de parto.
- Prostaglandinas: hacen decrecer los MRF; este efecto puede explicar su disminución durante el trabajo de parto, así como también posterior a amniocentesis y ruptura artificial de membranas, momento en que las prostaglandinas se encuentran en concentraciones elevadas.
- Ritmo circadiano: se ha comprobado cierta ritmicidad de los MRF a lo largo del día, sobre todo durante las fases del sueño REM fetal, con mayor actividad por la tarde y menor a primeras horas de la mañana.

En el momento actual, los movimientos respiratorios siguen siendo patrimonio de la investigación más que de la práctica clínica cotidiana, sin embargo, es posible que en un futuro próximo, constituya un buen indicador de salud y madurez fetal (1).

En la actualidad el Doppler color permite el estudio de los flujos hídricos y observar de manera excelente de observar el trasiego del líquido transnasal y transbucal que se establecen entre el fluido pulmonar y el líquido amniótico (11).

El principal problema que comporta el estudio pronóstico de los movimientos respiratorios fetales es la imposibilidad de control continuado. Dado que las observaciones deben limitarse a intervalos de tiempo concretos, puede producirse confusión entre episodios de apnea normales y patrones apneicos patológicos (7).

No obstante, es por esto que los MRF forman parte de los parámetros de estudio de los distintos perfiles biofísicos diseñados para evaluar el bienestar fetal, además constituyen una de las variables que determinan los distintos estados de conducta fetal, junto con los de la frecuencia cardíaca y los movimientos corporales y oculares.

Existen algunos indicios en los registros de movimientos respiratorios mediante “tiempo movimiento” (TM) que sugieren hipoxia fetal: un excesivo predominio de los llamados movimientos respiratorios regulares, pues el feto humano presenta episodios más o menos rítmicos de movimientos respiratorios, intercalados con períodos más largos de apnea.

Un estudio para determinar las características del ultrasonido Doppler de los MRF relacionándolos con la OVF del fluido nasal en embarazo no complicados fue realizado por Badalian SS y col. (12). Evaluaron 52 embarazos normales entre las semanas 22 y 41 de la gestación con Doppler color y análisis espectral, encontrando que el intervalo de duración entre respiración y respiración en la fase inspiratoria aumenta entre las 22 y 35 semanas y se duplica entre las 33 y 35 semanas para luego disminuir subsecuentemente entre las 38 y 40 semanas, concluyendo que los cambios en la actividad respiratoria en embarazos no complicados pueden ser determinados por la medición a través de la OVF del fluido nasal relacionándolo con la respiración fetal. Estas observaciones pueden ser usadas en futuras investigaciones en los embarazos complicados con riesgo tales como la hipoplasia

pulmonar.

Sosa y col. en 1998 en una investigación de carácter prospectivo en 355 pacientes con edades gestacionales comprendidas entre las 17 y 42 semanas, evaluó las OVF Doppler de la arteria pulmonar fetal durante la gestación e intenta establecer el comportamiento morfológico y semicuantitativo de la misma y su capacidad diagnóstica de las condiciones de pretérmino y a término. Concluyeron estableciendo los valores del índice de resistencia (tiempo de aceleración/tiempo de eyección) de  $\geq 0,31$ , lo que constituye una evidencia de la disminución progresiva de la resistencia en el lecho pulmonar y su estudio es útil para la evaluación de la condición fetal (6).

Nakai Y y col. (13) determinaron la OVF en el bronquio periférico durante los MRF mediante Doppler pulsado. En su estudio preliminar de corte transversal estudiaron 38 embarazadas normales entre las 32 y 38 semanas de gestación, encontrando dos tipos de MRF y concluyeron que durante estos se puede observar que el fluido en el tracto respiratorio se mueve hacia el bronquio segmentario fetal mediante esta técnica de Doppler pulsado y mejora con el Power Doppler.

Kobayaski K y col. (14) midieron los MRF en la rata y observaron el efecto de los estimulantes respiratorios (aminofilina y doxapran) en los estados de la hipoxia. Los MRF ocurrieron en una frecuencia muy baja (8 MRF/hora) en el día 16° de vida embrionaria, la incidencia de MRF sencillos se incrementaron hasta 80 x hora para el día 20° de la vida embrionaria, y la incidencia de MRF esporádicos agrupados se incrementó hasta aproximadamente 300 MRF/hora para el día 20° de la vida embrionaria.

Markwitz W y col. (15) estudiaron en 216 pacientes la relación entre los MRF y el trabajo de parto en gestación normal a término y concluyen diciendo que la ausencia de MRF no tiene valor pronóstico en la evaluación del resultado fetal en el período antepartum pero predice el parto en los fetos maduros. El análisis de la condición del recién nacido basado en el Apgar en mujeres embarazadas con o sin MRF no mostró diferencias estadísticamente significativas.

Miller y col. (16) evaluaron el desarrollo mediante ecografía prenatal de la succión por la oro-faringe y laringe y la deglución a través del tracto de las vías digestivas superiores. Para ello, estudiaron el desarrollo de la anatomía durante el embarazo y su asociación con la aparición de las funciones

emergentes como predictor de habilidades alimentarias posnatales, para lo cual realizaron la biometría de la cavidad oral, lingual, faringe y laringe obtenidas en fetos entre las 15 y 38 semanas de gestación usando ultrasonido 4 D, observando también la conducta digestiva. El grupo control fue de 62 fetos sanos comparado con 7 casos de alto riesgo con alteraciones de las funciones aerodigestivas (Malformación de Arnold Chiari tipo II, Trisomía 18, polihidramnios, crecimiento fetal retardado y síndrome de Brachman-de Lange). Se obtuvo una regresión lineal significativa en el crecimiento de la faringe y lingual durante la gestación mientras que la conducta digestiva emergió en una secuencia de movimientos de básicos a complejos; los movimientos progresivos de los labios y mandíbula progresaron desde la simple abertura de la boca hasta repetidos movimientos de abrir y cerrar la boca, los cuales son importantes para la succión en la etapa posnatal, así como los movimientos linguales se incrementan en complejidad desde simple a complejos hasta alcanzar movimientos antero posteriores necesarios para la succión exitosa a término. Concluyen que el desarrollo de los índices prenatales de las habilidades emergentes puede ser guía para la alimentación al nacer y finalmente avanzar en el cuidado del neonato prematuro.

Cosmi y col. (17) en una investigación de corte transversal sobre un modelo de evaluación durante el embarazo de los MRF mediante "modo M" (MM) y velocimetría Doppler, en 1882 casos no complicados durante un período de 4 años, estudiaron los movimientos toraco-abdominales entre las 14 y 40 semanas de gestación mediante análisis de imágenes espectrales asociando los MRF con la velocidad de fluido nasal y concluyeron que los MRF son producto de un fenómeno complejo con un patrón compuesto progresivo durante el embarazo.

Kalache y col. (18) en su trabajo sobre las características de la onda espectral producida por el desplazamiento del fluido líquido, a través de la tráquea, en fetos humanos con hernia diafragmática, durante los movimientos respiratorios visualizados mediante tecnología Doppler para el diagnóstico prenatal del grado de severidad de la hipoplasia pulmonar y predicción de la mortalidad neonatal, estudiaron seis casos con esta patología entre las 26 y 36 semanas de gestación y en fetos sanos, observando los movimientos respiratorios durante más de cuarenta ciclos respiratorios regulares.

Concluyeron que el volumen del flujo durante la respiración es una actividad relacionada directamente con el crecimiento pulmonar y está significativamente reducida en los fetos con hipoplasia pulmonar como una expresión del anormal crecimiento del pulmón fetal, por lo que esta tecnología puede ser usada como predictor del pobre resultado neonatal.

De hecho, la actividad respiratoria fetal experimenta importantes cambios a lo largo de la gestación; comienza con las contracciones diafragmáticas “hipo” y continúa con movimientos respiratorios cada vez más rítmicos predominando los movimientos irregulares antes de las 24 semanas y a partir de dicha fecha las salvas respiratorias presentan una mayor regularidad.

Evidentemente han sido múltiples los métodos utilizados para evaluar los MRF, entre los que se incluyen la ultrasonografía modo A, en tiempo real,



Figura 1. Imagen espectral de los movimientos respiratorios fetales irregulares.

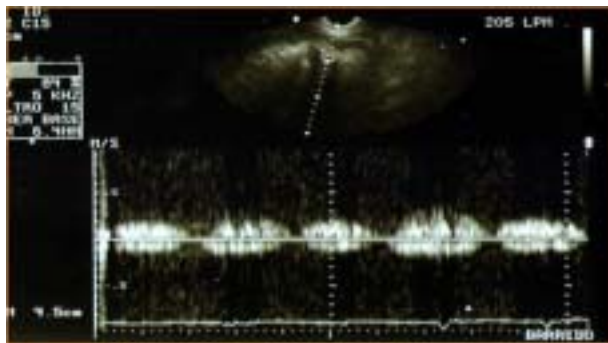


Figura 2. Imagen espectral de los movimientos respiratorios fetales regulares.

modo M y Doppler; mediante este último recurso se puede registrar el patrón respiratorio fetal, colocando el volumen de la muestra en una de las fosas nasales, registrándose OVF respiratoria.

En la actualidad el Doppler color permite el estudio de los flujos hídricos y observar de manera excelente de observar el trasiego del líquido transnasal y transbucal que se establecen entre el fluido pulmonar y el líquido amniótico (11).

Debemos tener presente que la actividad respiratoria fetal experimenta importantes cambios a lo largo de la gestación, predominando los movimientos irregulares antes de las 24 semanas y a partir de dicha fecha las salvas respiratorias presentan una mayor regularidad. La mayoría de los autores que se han ocupado del tema reconocen cuatro tipo de patrones de cinética respiratoria: a) patrón apneico (ausencia de movimientos respiratorios durante un tiempo superior a 6 seg); b) patrón de movimientos episódicos irregulares; c) patrón de movimientos regulares (episódicos o continuos), y d) patrón de movimientos tipo bloqueada (aislados y repetitivos). En conjunto, puede afirmarse que se observa una frecuencia de movimientos de 50 a 60 por min (3). Figuras 1 y 2.

Los MRF aparecen intermitentemente de manera espontánea en estado pospandrial y se hallan presentes alrededor del 90 % del tiempo de observación de 1 a 3 min entre las 32-38 semanas. Este aumento parece relacionarse con un proceso de maduración del control central de la respiración (19).

## REFERENCIAS

1. Carrera J. Estudio ecográfico de cinética fetal. En: Kuryak A, Carrera J, editores. Ecografía en medicina materno-fetal. Barcelona: Editorial Masson; 2000.p.515-526.
2. Rumak C, Wilson S, Charboneau J. Ecografía obstétrica y fetal. Evaluación del perfil biofísico fetal. Barcelona: Marbán Libros; 2000.
3. Sosa A, Inaudy E, Guigni G. La relación aorto-cava y su relación con la salud fetal. Rev Obstet Ginecol Venez. 1985;45(3):126-130.
4. Boddy K, Robinson JS. External method for detection fetal breathing in utero. Lancet. 1971;2:1231-1233.
5. Cunningham FG, Gant NF, Leveno HJ, Giltrap III LC, Aut JC, Wenstrom KD, editores. Williams Obstetricia. 22ª edición. México: Editorial McGraw-Hill

- Interamericana; 2006.
6. Sosa A, Inaudy E. Evaluación de las ondas de velocidad de flujo Doppler de la arteria pulmonar fetal durante la gestación. *Rev Asoc Venez Ultrasonido en Med*; 1998;14:1-5.
  7. Sosa A. Doppler en obstetricia. Variables fisiológicas fetales. Universidad de Carabobo. Valencia: Ed. Tatum; 1995.
  8. Sosa A, Inaudy E. Evaluación anatómico-funcional de las vías respiratorias fetales por US. *Rev Asoc Venez de Ultrasonido en Med*. 1994;10:1-13.
  9. Jobe A, Ikegami M. Lung development and function in preterm infants in the surfactant treatment era. *Ann Rev Physiol*. 2000;62:825-846.
  10. Sosa A. Flujo Doppler en la evaluación hemodinámica del ductus arterioso-arteria pulmonar y venas pulmonares durante el segundo y tercer trimestre. *Rev Asoc Venez Ultrasonido en Med*. 2003;19:21-23.
  11. Gómez M. Hidrodinámica respiratoria y cinética fetal mediante tecnología Doppler. Nuevas perspectivas en el perfil biofísico fetal. Tesis doctoral. Universidad de La Laguna (España); 1999. Texto completo: <ftp://tesis.bbt.ull.es/ccpytec/cp.74.pdf>
  12. Badalian SS, Chao CR, Fox HE, Timor-Tritsch HE. Fetal breathing-related nasal fluid flow velocity in uncomplicated pregnancies. *Am L Obstet Gynecol*. 1993;169(3):563-567.
  13. Nakai Y, Nishio J, Mine M, Imanaka M, Ogita S. Fetal peripheral bronchial fluid flow during breathing movement in normal pregnancies: A preliminary study. *Ultrasound Obstet Gynecol*. 1999;15(2):110-113.
  14. Kobayashi K, Lemke RP, Greer JL. Ultrasound measurements of fetal breathing movements in the rat. *J Appl Physiol*. 2001;91(1):316-320.
  15. Markwitz W, Ropacka M, Breborowicz GH. Fetal breathing movements and onset of delivery at term. *Ginekol Pol*. 2001;72(4):185-190.
  16. Miller J, Sonies BC, Macedonia C. Emergence of oropharyngeal, laryngeal and swallowing activity in the developing fetal upper aerodigestive tract: Ultrasound evaluation. *Early Hum Dev*. 2003;71(1):61-97.
  17. Cosmi EV, Anceschi MM, Cosmi E, Piazze JJ, La Torre R. Ultrasonographic patterns of fetal breathing movements in normal pregnancy. *Int J Gynaecol Obstet*. 2003;80(3):285-290.
  18. Kalache KD, Chaoni R, Hartung J, Wernecke KD, Bollmann R. Doppler assessment of tracheal fluid flow during fetal breathing movements in cases of congenital diaphragmatic hernia. *Ultrasound in Obstet and Gynecol*. 1998;12(1):27-32.
  19. Fadel PJ, Barman SM, Phillips SW, Gebber GL. Fractal fluctuations in human respiration. *J Appl Physiol*. 2004;97(6):2056-2064.