

Perfil biofísico para conocer el bienestar fetal

Miguel Ángel Serrano Berrones,* Indra Beltrán Castillo,** José Román Serrano Berrones**

RESUMEN

Los avances científicos y tecnológicos han hecho posible el desarrollo de métodos de exploración ecográfica en tiempo real que permiten la observación exacta y segura de diversas actividades motoras fetales que hasta hace varios años resultaba imposible. El perfil biofísico es una excelente prueba para evaluar el bienestar fetal, basada en la observación ecográfica de los movimientos respiratorios, movimientos corporales, tono muscular y volumen de líquido amniótico, la cual se apoya en el estudio cardiotocográfico que traduce la reactividad de la frecuencia cardíaca fetal. El estudio es fácil de realizar en la consulta externa, prácticamente no tiene contraindicaciones y no representa riesgos para la madre ni el feto. Su cuantificación es un procedimiento de vigilancia de riesgos del producto con base en la valoración conjunta de marcadores agudos y crónicos de fetopatías a través de un monitoreo dinámico que reporta datos morfológicos y morfométricos, así como información de estructuras adyacentes al producto de la concepción, lo cual otorga un marco clínico para tomar la mejor decisión terapéutica.

Palabras clave: perfil biofísico, bienestar fetal.

ABSTRACT

Scientific and technological advances have developed methods of real time ultrasound scanning, allowing precise observation and secure various fetal motor activities, which for several years were impossible to perform. It turns out to be an excellent test to assess fetal well-being, based on observation ultrasound of respiratory movements, body movements, muscle tone and amniotic fluid volume, with the support of the study cardiotocographic that translates fetal heart rate reactivity. The study is easy and can be performed in outpatient, and virtually no presents contraindications for the binomial mother-fetus. Their quantification is a procedure of monitoring risks to the product based on the joint assessment of acute and chronic markers of fetus affections through a dynamic that reports morphological and morphometric monitoring, as well as information of structures adjacent to the product of conception, which provides a clinical framework to make the best therapeutic choice.

Key words: biophysical profile, fetal well-being.

Hasta fechas relativamente recientes, el santuario intrauterino del feto se conservaba inviolado. La madre era la paciente a quien cuidar, mientras que el feto se consideraba sólo otro órgano materno, aunque transitorio. Prevalecía

la filosofía de que “una buena asistencia a la madre” mejoraría automáticamente el fruto de la concepción. No obstante, con el tiempo se ha ido acumulando un profundo conocimiento acerca del feto y de su hábitat inmediato. Al igual que ocurrió con la salud materna a finales del siglo pasado, el bienestar fetal se considera ahora no sólo un apasionante campo de investigación, sino una disciplina clínica con gran capacidad para influir favorablemente en la calidad de la descendencia humana. De hecho, ya no se ve al feto como un apéndice materno que finalmente será expulsado según el juego de las diversas fuerzas biológicas que actúan sobre él. Por el contrario, el feto ha logrado la categoría de segundo paciente, que por lo general se enfrenta a riesgos de morbilidad y mortalidad muy superiores a los de la madre. En la actualidad es posible detectar, e incluso medir con cierta precisión, las anomalías físicas y las alteraciones existentes, lo que disminuye de manera

* Asesor de dirección.

** Médico adscrito.

Departamento de Medicina Materno Fetal, Hospital Regional Lic. Adolfo López Mateos.

Correspondencia: Dr. Miguel Ángel Serrano Berrones. Hospital Regional Lic. Adolfo López Mateos. Av. Universidad 1321, colonia Florida, CP 01030, México, DF. Correo electrónico: maserrano@issste.gob.mx

Recibido: mayo, 2012. Aceptado: agosto, 2012.

Este artículo debe citarse como: Serrano-Berrones MA, Beltrán-Castillo I, Serrano-Berrones JR. Perfil biofísico para conocer el bienestar fetal. Rev Esp Méd Quir 2012;17(4):300-307.

impresionante la mortalidad funcional que afecta al producto de la concepción. Más aún, en ciertos casos puede realizarse un tratamiento, ya sea médico o quirúrgico, mientras el feto continúa su desarrollo *in utero*. Los numerosos avances logrados en el diagnóstico, que llevan a considerar ahora claramente al feto como paciente, han contribuido también de forma notable a esclarecer los aspectos legales que le competen. Los derechos legales del feto han aparecido, y así, por ejemplo, en algunos tribunales se aceptan procesos penales en nombre del feto. Además, los encargados del cumplimiento de la ley y los jueces se encuentran más inclinados al feto como una persona que merece protección frente a los actos criminales perpetrados contra ella. En la actualidad se da vigilancia antes y después del parto; los progresos en cuestión incluyen mejorías en los aspectos técnicos de la atención intensiva de neonatos y técnicas de vigilancia fetal superiores.¹

ANTECEDENTES HISTÓRICOS

Desde hace más de 100 años, los científicos se han interesado por vigilar de manera periódica los movimientos fetales. Los primeros conocimientos de las funciones nerviosas del neonato se basaron en la percepción de la mujer embarazada, en observaciones aisladas de productos abortados y en estudios sistemáticos realizados a neonatos. Desde el punto de vista histórico, los primeros intentos de identificar marcadores de enfermedades fetales se fundamentaron en el análisis bioquímico de líquidos biológicos de la madre. Se midieron diversos compuestos que incluyeron hormonas peptídicas como el lactógeno placentario humano; enzimas como la fosfatasa alcalina placentaria y la aminopeptidasa de leucina (oxitocinasa); esteroides como progesterona, estriol, estrona, estetral, estrógeno total y proteínas específicas, como la alfa fetoproteína. Las concentraciones de cada sustancia y la variación en el tiempo se correlacionaron con los resultados y el pronóstico clínico. Con el paso del tiempo y la acumulación de experiencia clínica, se abandonaron, cuando menos como marcadores de asfixia fetal, y se sustituyeron por índices biofísicos fetales más específicos y directos del estado del producto. La especificidad y la sensibilidad de estos primeros marcadores bioquímicos resultaron

insuficientes cuando se les comparó con las conseguidas con los índices biofísicos.^{2,3} Para entender la evolución de la vigilancia preparto actual conviene revisar los orígenes y la historia de las valoraciones fetales. A finales de 1950 se pudo obtener información del estado del feto de modo continuo, gracias a los registros electrocardiográficos realizados a través de la pared abdominal, y en este sentido Hon y colaboradores, de la Universidad de Yale, lograron graficar de manera autónoma los patrones de frecuencia cardíaca fetal. El concepto de estudios de frecuencia cardíaca fetal preparto provenía del análisis de las señales electrocardiográficas abdominales y los patrones de frecuencia cardíaca fetal observados durante el ejercicio de la embarazada. Las exploraciones preparto fueron abandonadas en la década de 1960, conforme se brindó mayor atención a la vigilancia intraparto de los patrones de la frecuencia cardíaca fetal, su clasificación y características fisiopatológicas. El acceso directo al feto por medio de electrodos aplicados durante el trabajo de parto permitió la valoración ecocardiográfica continua y autónoma de los patrones de frecuencia cardíaca fetal. Los primeros estudios de esa etapa los hicieron los grupos dirigidos por Hon y Caldero Barcia en Montevideo, Uruguay. Hammacher, en Alemania, fue el primer investigador e inventor europeo que estudió el fonocardiograma fetal realizado por arriba de la pared abdominal. Tales técnicas hicieron posible una valoración más real del estado del producto que las otras autónomas de finales de 1950. Durante 1960 se dilucidaron los patrones definitivos de la frecuencia cardíaca fetal y se presentaron las bases para conocer sus características fisiopatológicas. Al finalizar dicha década, surgió la primera instrumentación creada específicamente para aplicarse a seres humanos.

En los comienzos del decenio de 1970, fue posible contar con instrumentos para valoraciones directas que abrieron la brecha para el estudio generalizado de la vigilancia fetal intraparto por medios clínicos; tal situación pronto permitió la práctica de investigaciones clínicas preparto, en Estados Unidos, que se basaron en los métodos sin contracción. El aspecto teórico en que se fundamentaron los métodos en cuestión fueron las observaciones intraparto que habían vinculado el patrón de desaceleración tardía con deterioro del estado perinatal y los resultados del feto; de ese modo, nació el

concepto de que la estimulación de la actividad uterina (específicamente que fuera semejante al trabajo de parto, con tres contracciones en 10 minutos) debería proporcionar un mejor conocimiento del estado del feto antes del parto. Las aplicaciones tempranas de las pruebas sin contracción incitaron la actividad uterina con oxitocina, y así surgió la llamada prueba de estimulación con oxitocina; sin embargo, las contracciones uterinas sin duda constituían el factor básico en este sentido. El punto final era el patrón de desaceleración tardía, y se consideró que su presencia denotaba un entorno fetal anormal. Para esa época se definió la correlación de resultados anómalos en las pruebas con contracción y el deterioro del estado fetal. La experiencia ininterrumpida indicó algunas de las limitaciones de la prueba con estimulación. Los principales problemas eran: el tiempo requerido (60 a 90 minutos), la necesidad de contar con un acceso endovenoso, por lo común dentro del hospital, la alta incidencia de resultados sospechosos o inequívocos y la falta de especificidad de los resultados positivos de la prueba.⁴ A diferencia de la experiencia acumulada en Estados Unidos, los estudios europeos en gran medida se hicieron de observaciones y no incorporaban el factor de “estrés” observado previamente. La investigación de Rochard y colaboradores, en Francia, fue de particular importancia, y en ella hubo observaciones que se hicieron en un grupo de mujeres sensibilizadas a Rh. Esto culminó en la identificación de un patrón sinusoidal de la frecuencia cardíaca fetal que permitió definir el significado de la disminución de la variabilidad de dicha frecuencia y patrones no reactivos. Trierweiler hizo una advertencia temprana durante la práctica de la prueba con contracción, que fue la correlación entre el movimiento fetal y las aceleraciones de la frecuencia cardíaca durante el periodo de atención. Las observaciones en cuestión (movimientos fetales y aceleraciones cardíacas) impedían la detección ulterior de un resultado anormal de la prueba. De ese modo, surgió la duda de si dicho dato constituía por sí mismo una forma eficaz de vigilancia fetal. Las valoraciones retrospectivas iniciales de la posibilidad de que la prueba sin contracción (PSS) definiera claramente la relación entre las aceleraciones repetitivas y la ausencia de resultados positivos en las pruebas con contracción (PTO), también permitieron planear guías o pautas preliminares respecto al número

de aceleraciones que constituirían la cifra normal o de patrón “reactivo”.⁵ Con base en las observaciones de dichos investigadores, se determinó que el patrón reactivo comprendía dos aceleraciones en términos de 20 minutos, si bien una sola aceleración podía predecir un resultado negativo en una prueba ulterior con contracción. En Uruguay, Pose y colaboradores señalaron buenos resultados con las pruebas con contracción de la vigilancia posparto. En 1972, Ray y colaboradores publicaron los primeros resultados en Estados Unidos y descubrieron la prueba de estimulación con oxitocina. Pronto, la prueba sin contracción se volvió el estándar para el estudio del feto y sustituyó a métodos más lentos y difíciles, como la medición de estriol en orina y lactógeno placentario humano. A finales de la década de 1970, la investigación había demostrado que las aceleraciones de la frecuencia cardíaca fetal constituían un elemento de predicción precisa. Las pruebas sin contracción eran más fáciles de realizar, rápidas y sin contraindicaciones. En muchos centros perinatales, dicha prueba sustituyó a la que se hacía con contracción en estudios de vigilancia primaria. En 1977, Red y Miller publicaron su experiencia con la prueba de estimulación acústica fetal. Compararon la respuesta de la frecuencia cardíaca fetal en las mujeres a quienes se había hecho vigilancia preparto por medio de la prueba con contracción.⁶ La introducción del ultrasonido en tiempo real, hacia finales de 1979, añadió la posibilidad de observar otras variables y cuantificarlas como medidas del estado de bienestar fetal. Estas variables incluyeron los movimientos respiratorios del feto, el volumen del líquido amniótico, patrones de movimiento fetal y graduación del desarrollo de la placenta. Cada una se consideró de manera independiente como medida de la evaluación prenatal del feto. En 1980, Manning y colaboradores publicaron el primer informe sobre una técnica cuantitativa que combinaba varias observaciones biofísicas fetales, a las cuales asignaba un marcador cuantitativo único, llamado perfil biofísico del feto. Desde entonces, se ha comprobado que el análisis de estas múltiples variables es un poderoso predictor del estado del entorno fetal. Manning comenzó a usar el perfil biofísico consistente en el análisis de cuatro variables ultrasonográficas y una cardiotocográfica en el embarazo de alto riesgo. En 1983, Vintzileos y colaboradores realizaron mo-

dificaciones al perfil biofísico diseñado por Manning. Como consecuencia de los progresos científicos y tecnológicos, el número de variables biofísicas que pueden estudiarse y vigilarse en el feto humano se han incrementado de manera considerable, desde el monitoreo de movimientos corporales y respiración del feto hasta la estimulación del sueño al registrar el movimiento del cristalino en el ojo del producto, y desde mediciones sencillas como lo es la frecuencia cardíaca hasta otras más complejas, como el cálculo del flujo sanguíneo en los vasos umbilicales.⁷ En la actualidad, es factible la vigilancia seriada de funciones de órganos y sistemas específicos, como la frecuencia y el carácter del peristaltismo o las tasas de producción de orina y micción. Es común valorar el entorno intrauterino que incluye la cuantificación del volumen del líquido amniótico, la arquitectura, la enfermedad placentaria y la posición del cordón umbilical.

En términos generales, las limitaciones para obtener información directa e indirecta del feto y su entorno son más bien resultado de limitaciones prácticas del tiempo clínico y no de capacidad técnica. El perfil biofísico es un intento cuantitativo; se basa en el principio de que se logra la máxima exactitud para diferenciar el feto sano del que sufre deterioro o cuando se consideran múltiples factores fetales y del entorno. Es importante destacar que, si bien las pruebas biofísicas se han correlacionado con morbilidad perinatal que es consecuencia de la hipoxia intrauterina, la finalidad primaria del monitoreo biofísico era detectar hipoxia y acidosis, que son las causas más comunes de óbito fetal, y evitar el posible fallecimiento del producto por medio de intervenciones oportunas. En la actualidad se ha incrementado exponencialmente la información nueva en cuanto a los métodos de monitoreo biofísico que incluyen las pruebas de contracción y sin ella, el perfil biofísico, la estimulación vibroacústica, la vigilancia de los movimientos fetales, la medición del volumen de líquido amniótico, la velocimetría doppler y, en fecha más reciente, el estudio biofísico y de la frecuencia cardíaca fetal computados.⁸ A esto se le denomina técnica de valoración del bienestar fetal de Manning, y sus parámetros son: frecuencia cardíaca fetal, movimientos respiratorios, movimientos fetales, tono fetal, líquido amniótico (Manning), grado placentario (Vintzileos).

FRECUENCIA CARDIACA FETAL

Antes de la introducción del ultrasonido como método de visualización fetal, la monitorización biofísica del feto estaba restringida a dos variables biofísicas: movimientos fetales y frecuencia cardíaca fetal. La actividad cardíaca fetal puede ser detectada y evaluada por auscultación a través de su transmisión por la pared abdominal materna, así como del flujo placentario, pero fue necesario el desarrollo tecnológico para perfeccionar su estudio. El aparato cardiovascular es el primero que funciona en el embrión; comienza a circular sangre hacia el final de la tercera semana. Este desarrollo temprano es necesario porque el embrión debe disponer de un mecanismo eficaz para adquirir nutrimentos y eliminar productos de desecho. El sistema nervioso parasimpático es el mecanismo de control más importante de la frecuencia cardíaca fetal y sus efectos son de corta duración. La estimulación del parasimpático causa un marcado descenso de la frecuencia cardíaca, efecto inmediato debido a la liberación de acetilcolina desde las terminaciones nerviosas parasimpáticas en la región de los nodos sinoauricular y auriculoventricular. La estimulación simpática tiene un efecto unidireccional, contrariamente a la parasimpática, que es bidireccional; así, un incremento de estimulación parasimpática disminuye la frecuencia cardíaca fetal y una reducción del tono parasimpático la aumenta. La zona integradora del control de dicha frecuencia se conoce como centro cardiorregulador; es un área localizada en la superficie ventro-lateral de la médula, en la región del cuarto ventrículo. El centro juega un papel activo en la regulación del flujo sanguíneo hacia los diversos órganos, con un control nervioso adecuado. Las aceleraciones en la frecuencia cardíaca del feto, junto con los movimientos de éste, son un indicador de su bienestar, el cual puede ser valorado a través de la prueba sin contracción.^{9,10}

MOVIMIENTOS RESPIRATORIOS

La historia del descubrimiento de los movimientos respiratorios es interesante, ya que ha pasado de ser un dogma a tener valor científico aceptado. La mayoría de las mujeres embarazadas refiere episodios de movimientos rítmicos fetales monótonos en frecuencia y

de carácter vigoroso, que inician intermitentemente a partir de la mitad del embarazo. Es común que la madre perciba los movimientos respiratorios y los atribuya a episodios de hipo fetal. La correcta descripción materna de la naturaleza de estos movimientos es fácilmente conformada a través de imágenes ultrasonográficas del producto. La motilidad se distingue por movimientos diafragmáticos esporádicos, vigorosos y aislados, resultantes del desplazamiento toraco-abdominal fetal que caracteriza de manera típica al hipo. Debido a la percepción materna de los movimientos fetales, son numerosos los esfuerzos realizados desde la antigüedad para explicar este evento como una actividad fetal normal, ya que dichos movimientos pueden visualizarse a través de experimentación con modelos fetales. En todos los fetos humanos saludables, es normal que los periodos de apnea duren cerca de 20 minutos, pero son demasiado variables en duración y pueden prolongarse más de 120 minutos. Estas características de los movimientos respiratorios fetales tienen importantes implicaciones al monitorizarlos, ya que representan una medida de bienestar del feto. Varían en el transcurso del día y el ritmo nocturno cambia evidentemente. El desarrollo de métodos para investigar la presencia y las características de éstos en los fetos humanos se ha basado en estudios animales previos. El método inicial para registrar los movimientos respiratorios en humanos fue descrito por Boddy y Robinson con base en el ultrasonido A. Con esta técnica, un solo rayo ultrasonográfico es dirigido de manera directa al abdomen de la madre, el cual atraviesa el tórax fetal mostrando la motilidad cardiaca. La utilización del ultrasonido para valorar los movimientos respiratorios fetales por sí sólo tenía fallas y cayó en desuso. Actualmente, la valoración es más consistente, ya que es interpretada junto con otras variables biofísicas. Los movimientos respiratorios ocurren como resultado de la contracción muscular del diafragma y los músculos intercostales, por lo que se manifiesta como un evento coordinado. La actividad respiratoria se da como consecuencia de impulsos nerviosos que viajan del nervio frénico del diafragma a las raíces nerviosas de los músculos intercostales.

El origen del impulso nervioso que inicia los ciclos respiratorios parece ser regulado por una acumulación de neuronas localizadas sobre la superficie ventral del

cerebro posterior, cerca del cuarto ventrículo, creando un área llamada centro respiratorio. Son cuatro las rutas efectoras que activan este centro: el nervio frénico, las raíces espinales de los nervios intercostales, las raíces nerviosas craneales (vago, glossofaríngeo, nervios accesorios espinales) y vías nerviosas no específicas adyacentes al centro cardiorregulador y áreas del cerebro medio. El componente inspiratorio de la respiración fetal es activo (dependiente de la contracción muscular) y prolongado; mientras que el componente espiratorio es resultado del cambio de presión y un retorno al estado de reposo, y es pasivo y corto. La actividad respiratoria, por tanto, es consecuencia de la estimulación neurogénica de la fase inspiratoria sin necesidad de impulsos para el inicio de la espiración. Dentro del centro respiratorio existen neuronas que estimulan el inicio de la inspiración y otras que cuando se activan inhiben el esfuerzo inspiratorio: el efecto en el centro respiratorio —que es la estimulación de la inspiración— es resultado de la interacción de la excitación e inhibición de neuronas, las cuales pueden ser influidas por varios factores intrínsecos, como la estimulación del sistema reticular activador ascendente, quimiorreceptores periféricos, reflejo pulmonar y estímulos periféricos como el dolor, frío, calor, sonido, etc. El centro respiratorio está sujeto a cambios provocados por un gran número de factores extrínsecos. El análisis de estos efectos tiene relevancia en la interpretación de la presencia o ausencia de respiraciones fetales. Los movimientos respiratorios son definidos como normales si se aprecia cualquier episodio de actividad respiratoria que puede ser claramente reconocido y sin referencia para la duración del intervalo respiratorio ni para la observación de un periodo de actividad respiratoria, en límites normales (10 a 60 respiraciones por minuto). La interpretación de la ausencia de movimientos respiratorios fetales es un problema difícil y complejo. El primer y más común de los aspectos de este problema se encuentra en la diferenciación de la ausencia de movimientos respiratorios debido a la distribución normal de periodos de respiración-apnea causados por hipoxia fetal e infección, entre otras alteraciones. La ausencia de los movimientos respiratorios es la variable anormal más frecuente, ya que registra un perfil biofísico 8/10; cuando las otras variables son normales, la ausencia de movimientos puede ser ignorada.^{10,11}

MOVIMIENTOS CORPORALES Y TONO FETAL

Los movimientos corporales fetales son resultado de la estimulación de la placa neuromuscular en el músculo esquelético. La fuente de esta estimulación es llevada a través de impulsos nerviosos al músculo por fibras nerviosas que surgen de las raíces espinales o de nervios craneales. Los movimientos fetales pueden identificarse en los humanos a las seis semanas de gestación. El tono muscular es un término que se utiliza para describir la tensión generada por el acortamiento de miofibrillas en respuesta a resistencia pasiva. Ésta es la única variable biofísica en la que el mantenimiento del tono normal es un proceso neuromuscular activo, pero no tiene un efecto dinámico visible. La metodología para evaluar los movimientos corporales y el tono varía desde un simple registro diario hasta métodos complejos que requieren equipo y personal ampliamente especializado. Se cuenta con tres técnicas para este fin: ultrasonido de tiempo real, doppler y registro de percepciones hecho por la paciente. El movimiento del producto se ha corroborado por ultrasonido doppler. El movimiento de las extremidades y el tronco puede registrarse con señales de bajísima frecuencia. El método más antiguo y sencillo para vigilar el bienestar fetal en la segunda mitad del embarazo es que la madre lleve un registro de la percepción de los movimientos. La valoración cuidadosa del número y características de éstos constituye un elemento integral del examen neurológico en cualquier edad. La relación de los patrones de movimiento con la edad gestacional en fetos sanos puede utilizarse como un índice de su bienestar. La evaluación de los movimientos espontáneos manifiestos es significativa como índice diagnóstico de bienestar fetal, pero el sustrato morfológico de dichos movimientos y su importancia funcional durante la vida prenatal no se conocen en detalle. Ello depende, en parte, de los escasos conocimientos de la ultraestructura del sistema nervioso central y de los músculos del feto, y, en particular, de la formación de la sinapsis y de la placa motora terminal. El último trimestre es el lapso de maduración en que se manifiestan fenómenos como sinaptogénesis y elaboración de las ramificaciones axónicas y dendríticas, fenómenos que no se han definido de manera cuantitativa en regiones del encéfalo humano.^{10,12}

LÍQUIDO AMNIÓTICO

Se encuentra contenido en la bolsa amniótica. La mayor cantidad del líquido deriva de la filtración del plasma materno y la orina fetal. En la primera fase del embarazo, su origen se ubica, sobre todo, en el epitelio del amnios y probablemente en una función secretoria activa. Su volumen varía según la etapa de gestación; aumenta desde los 50 mL en la semana 12, a 400 mL en la semana 20, y es de alrededor de un litro al término, con promedio de 400 a 1,500 mL. Durante la primera mitad del embarazo, el líquido amniótico tiene una composición similar al plasma de la madre. El corion y el amnios son estructuras muy porosas y se comportan como membranas semipermeables que permiten la fácil transportación de agua, electrolitos, urea, creatinina, glucosa, así como proteínas de un peso molecular menor de 150,000 Da. El volumen del líquido amniótico es la resultante del flujo de entrada y salida dentro de la cavidad amniótica. En los productos de término, la excreción de orina y la deglución del líquido amniótico son dos vías principales para su formación y aclaramiento en las etapas tempranas del embarazo. Aunque la formación del líquido amniótico en etapas tempranas es inexplicable, el mecanismo más probable es el transporte activo de solutos por el amnios dentro del espacio amniótico con movimiento pasivo de agua bajo un gradiente químico. El líquido amniótico se ha considerado un líquido estático; sin embargo, tiene cambios de volumen.

Orina fetal

Es la mayor fuente de líquido amniótico a partir de la segunda mitad del embarazo. La primera entrada de orina al espacio amniótico ocurre entre la octava y la undécima semanas. La producción de orina se incrementa aproximadamente de 110 mg/kg/24 h a la semana a 25 a 190 mL/kg/24 h a las 39 semanas. Al término, el flujo fetal es, en promedio, de 500 a 600 mL al día.

Deglución fetal

El feto comienza a deglutir aproximadamente a la misma edad que comienza a orinar (entre las semanas 8 y 11). La cantidad de líquido deglutido varía, y en la segunda mitad del embarazo es de 210 a 760 mL/día. Es muy importante la deglución en la segunda mitad del embarazo, ya que la atresia esofágica se vincula con polihidramnios.

Aparato respiratorio

Durante muchos años se ha tenido la idea de que el líquido amniótico entra por los pulmones del feto a través de la tráquea y es absorbido por los capilares en los alvéolos. Algunos autores piensan que el líquido sale de los pulmones por la tráquea, no que entra por ahí. Aun cuando está claro que el líquido sale por los pulmones, se desconoce la contribución del líquido pulmonar al amniótico.

Piel fetal

Es posible que el líquido amniótico pueda derivar del transporte de agua a través de la piel permeable del feto gestante durante la primera mitad del embarazo. Entre las semanas 22 y 25 de gestación ocurre la queratinización de la piel y disminuye el transporte, excepto por pequeños lípidos solubles y moléculas como el bióxido de carbono.

Membranas fetales

El amnios y el corion proporcionan una amplia superficie para transferencia de agua y solutos; de esta manera juegan un papel importante en el equilibrio del líquido amniótico. Poco se sabe del movimiento de solutos a través de las membranas. La transferencia interna de solutos a través del amnios seguida al paso del agua es la principal fuente de líquido amniótico. La transferencia total de agua por el amnios es externa, mientras que la de electrolitos es interna. La mejor estimación del flujo de entrada y salida cerca del embarazo a término es de 200 a 500 mL al día.

Otras fuentes

Se ha visto que existe aporte de líquido amniótico a través del cordón umbilical, la superficie placentaria y las secreciones nasales y bucales. Los estudios revelan que el líquido amniótico se renueva a un ritmo de 500 mL/h aproximadamente, y a las dos o tres horas se ha renovado por completo. A pesar de las complejas fuerzas osmóticas e hidrodinámicas que intervienen, el volumen es regulado dentro de límites precisos y estrechos, y si bien se advierte que aumenta de manera progresiva durante gran parte de la gestación, también disminuye conforme se acerca el trabajo de parto y más aún en el periodo posparto.^{10,13}

PERFIL BIOFÍSICO

Es una excelente prueba para evaluar el bienestar del feto. Se basa en la observación ecográfica de los movimientos respiratorios fetales, los movimientos corporales, el tono, el volumen de líquido amniótico y la reactividad de la frecuencia cardíaca fetal. Estos factores dependen de la integridad del sistema nervioso del feto, y se afectan al mismo tiempo que éste (Cuadro 1). La prueba es fácil de realizar, requiere supervisión médica no inmediata, puede hacerse en consulta ambulatoria, no tiene contraindicaciones y no supone riesgos para la madre ni para el feto. El principal inconveniente del perfil biofísico es la estructura de la prueba, ya que a cada uno de los cinco criterios (movimientos respiratorios, movimientos corporales, tono fetal, volumen de líquido amniótico y reactividad de la frecuencia cardíaca) se le asigna una puntuación de 0 o 2, a pesar de la distinta importancia que tiene cada una de las variables en la valoración de la situación fetal. Las variables del perfil biofísico dependen de la actividad de ciertas áreas del sistema nervioso central que comienzan a ser funcionales a diferentes edades gestacionales. El tono y los movimientos fetales aparecen entre la séptima y la novena semanas, y precisan

Cuadro 1. Parámetros del perfil biofísico

<i>Parámetro-componente</i>	<i>Especificación</i>
Movimientos respiratorios	30 segundos en un movimiento respiratorio fetal mantenido durante un periodo de observación de 30 segundos
Movimientos fetales	Tres o más movimientos toscos del feto durante un periodo de observación de 30 minutos
Tono fetal	Uno o más episodios de movimiento de los miembros desde una posición de flexión a extensión y un rápido retorno a la flexión
Reactividad fetal	Dos o más aceleraciones de la frecuencia cardíaca fetal asociadas con los movimientos fetales de al menos 15 latidos por minuto y menos de 15 segundos de duración durante un periodo de 10 minutos
Volumen de líquido	La reserva de líquido amniótico que mida al menos 1 cm según dos planos perpendiculares

de la actividad de la corteza cerebral. Los movimientos respiratorios fetales se inician en la semana 20 a 21, y dependen de los centros de la superficie ventral del cuarto ventrículo. La reactividad de la frecuencia cardíaca fetal ocurre entre las semanas 28 y 30, según la funcionalidad del hipotálamo posterior y del núcleo del bulbo superior. La sensibilidad de cada uno de estos centros a la hipoxia es diferente y los que funcionan de forma más temprana en la maduración del feto son más resistentes a cambios agudos en la oxigenación de éste. Por tanto, puede asumirse que cada función evaluada en el perfil biofísico posee un valor predictivo diferente con respecto a la hipoxia fetal. Manning y colaboradores observaron que las puntuaciones 4 y 6, una cardiotocografía en reposo anormal y una disminución del líquido amniótico tenían un valor positivo mayor que el movimiento y el tono fetal, mientras que la respiración fetal tenía un valor intermedio. Una prueba se considera normal si se establece una puntuación de 8 o superior, pero debe incluir un volumen normal de líquido amniótico. La interpretación de los resultados del perfil biofísico debe basarse en el análisis separado de cada uno de los componentes. La edad gestacional en que se inicia la práctica de las pruebas se ha fijado arbitrariamente como la mínima en que cabría considerar una intervención en caso de que surgiera algún resultado anormal. Desde los comienzos del programa, el límite menor de edad gestacional para emprender la prueba ha disminuido conforme ha mejorado la probabilidad de que nazca un prematuro con sistema nervioso intacto.¹⁴

REFERENCIAS

1. Manning FA. Fetal medicine. Principles and practice. Connecticut: Appleton and Lange, 1995.
2. Manning FA, Morrison I, Lange IR, et al. Fetal assessment based on fetal biophysical profile scoring: Experience in 12,620 referred high risk pregnancies. *Am J Obstet Gynecol* 2005;151:343-350.
3. Manning FA, Morrison I, Harman CR, et al. Fetal assessment based on fetal biophysical profile scoring: Experience in 19,221 referred high risk pregnancies. *Am J Obstet Gynecol* 2008;157:880-884.
4. Manning FA., Morrison I, Harman CR, et al. The abnormal fetal biophysical profile score. *Am J Obstet Gynecol* 2000;162:918-927.
5. Vintzileos AM, Campbell WA, Nochimson DJ. The use and misuse of the fetal biophysical profile. *Am J Obstet Gynecol* 2007;156:527-533.
6. Ozkaya E, Baser E, Cinar M, Korkmaz V, Kucukozkan T. Does diurnal rhythm have an impact on fetal biophysical profile? *J Matern Fetal Neonatal Med* 2012;25(4):335-8. Epub 2011 Jun 23.
7. Houben E, Adam R, Hachem J, Roseeuw D, et al. Clinical scoring and biophysical evaluation of nasolabial skin barrier damage caused by rhinorrhea. *Contact Dermatitis* 2008;59(5):296-300.
8. Turan S, Miller J, Baschat A. Integrated testing and management in fetal growth restriction. *Semin Perinatol* 2008;32(3):194-200.
9. Turan S, Turan O, Berg C, Moyano D, et al. Computerized fetal heart rate analysis, Doppler ultrasound and biophysical profile score in the prediction of acid-base status of growth-restricted fetuses. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2007;30(5):750-756.
10. Baschat A, Galan H, Bhide A, Berg C, et al. Doppler and biophysical assessment in growth restricted fetuses: distribution of test results. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2006;27(1):41-47.
11. Sohail S. The uterine biophysical profile scoring validity. *J Coll Physicians Surg Pak* 2005;15(9):556-558.
12. Baschat A, Gembruch U, Harman C. The sequence of changes in Doppler and biophysical parameters as severe fetal growth restriction worsens. *Ultrasound Obstet Gynecol* 2001;18(6):571-577.
13. Baschat A, Harman C. Antenatal assessment of the growth restricted fetus. *Curr Opin Obstet Gynecol* 2001;13(2):161-168.
14. Lewis D, Adair C, Weeks J, Barrilleaux P, et al. T. A randomized clinical trial of daily non-stress testing versus biophysical profile in the management of preterm premature rupture of membranes. *Am J Obstet Gynecol* 2009;181(6):1495-1499.