

Ingeniería de Fenómenos Fisiológicos Perinatales

Palabras Clave: Variabilidad de la frecuencia cardíaca materna y fetal, Fonografía abdominal, Electrohisterografía, Dinámica no lineal, Separación ciega de fuentes

Responsable (s)

Nombre	Tiempo de dedicación
Dr. Juan Carlos Echeverría Arjonilla, Profesor de Tiempo Completo, IB	30 hrs

Participante (s)

Nombre (s)	Tiempo de dedicación
Dra. Aída Jiménez González, Profesora de Tiempo Completo, IB	10 hrs
M. en I. B. Jesús Alfonso Martínez Ortiz, Profesor de Tiempo Completo, IB	10 hrs
Dra. María del Rocío Ortiz Perdoza, Profesora de Tiempo Completo, IB	10 hrs
Dra. María Teresa García González, Profesora de Tiempo Completo, IB	10 hrs
Dr. Miguel Ángel Peña Castillo, Profesor de Tiempo Completo, IB	10 hrs

Área del responsable

Área: Ingeniería Biomédica

Departamento: Ingeniería Eléctrica

Objetivo general

Ampliar el conocimiento sobre el embarazo y el desarrollo perinatal desde la perspectiva de la Ingeniería Biomédica y la Fisiopatología, para contribuir a los esquemas de vigilancia materno-fetal e infantil.

Objetivos particulares

Generar y evaluar métodos no invasivos para el estudio del desarrollo fetal y la valoración de la condición materno-fetal e infantil a través de la investigación de los siguientes fenómenos:

- Fluctuaciones del periodo cardiaco materno-fetal
- Sonidos cardiacos y movimientos respiratorios materno-fetales
- Interacciones cardio-respiratorias maternas y fetales
- Actividad uterina

Descripción del proyecto

Las complicaciones obstétricas son la principal causa de muerte en mujeres en edad reproductiva en los países en desarrollo, y constituyen uno de los problemas de salud prioritarios. Así, la reducción de la morbi-mortalidad materna fue considerada como una prioridad en la Cumbre Mundial 2010 sobre los objetivos de Desarrollo del Milenio. Mientras que en países norteamericanos y europeos la mortalidad neonatal por cada 1,000 nacimientos se reporta en 5 fallecimientos, en México este indicador alcanza hasta 15 fallecimientos. Adicionalmente, en 2010 la razón de mortalidad materna en México fue de 51.5, que es 17 veces mayor a la de países como Suecia o tres veces mayor a la de países similares, como Chile. Por otra parte, en México cerca del 13% de los nacimientos anuales conllevan problemas de salud bio-psico-social permanentes. Se han identificado tres tipos de problemas de salud en el embarazo con posibles consecuencias tanto para la madre como para el feto 1) complicaciones propias del embarazo; 2) enfermedades que se presentan en las mujeres y que pueden ser acentuadas por la gestación y 3) estilos de vida limitados o no saludables con efectos adversos en los resultados del embarazo. Al respecto, en estudios epidemiológicos recientes se señala que varios factores de riesgo materno-fetal pueden ser detectados y prevenidos oportunamente a través de programas adecuados de seguimiento perinatal. Este seguimiento aborda la detección y atención oportunas de dichos factores para evitar que se conviertan en condiciones que afecten la condición y desarrollo materno-fetal.

El proyecto IFFPer persigue entonces ofrecer un conocimiento amplio sobre el embarazo, el desarrollo fetal y el nacimiento, desde la perspectiva de la Ingeniería Biomédica y la Fisiopatología, para contribuir a la atención perinatal. La exploración y detección temprana de alteraciones de los fenómenos de interés (arriba mencionados), parece promover una mejor comprensión del desarrollo fetal, así como la posible reducción de un resultado adverso durante el embarazo. Más aún, nuestros estudios han señalado entre otros aspectos el surgimiento a las 24 semanas de gestación de un comportamiento fractal en las fluctuaciones de la frecuencia cardiaca fetal como resultado probable de la maduración en la actividad nerviosa, principalmente en los sistemas tálamo cortical y reticular, en coincidencia con un aumento en la complejidad de las fluctuaciones del período cardiaco materno posiblemente

vinculada a la actividad regulatoria placentaria. También se ha encontrado que a partir de la semana 28 de gestación se hace evidente una mejor integración entre los controles respiratorios y cardíacos fetales.

Y que la dinámica de las contracciones uterinas que evolucionan a un parto vaginal, durante la fase activa del trabajo de parto posee diferentes características no lineales de aquellas contracciones uterinas que terminan en una cesárea, en una población de bajo riesgo.

Las actividades de los participantes del proyecto se orientan entonces a confirmar éstas y otras observaciones, entre ellas: la hemodinamia materna y fetal a través del análisis de los sonidos cardíacos y su relación temporal con los ciclos cardiorrespiratorios (como el tiempo de eyección ventricular y aspectos morfológicos como el desdoblamiento valvular); la convergencia a lo largo del embarazo de las fluctuaciones de alta frecuencia del periodo cardíaco con la frecuencia de los movimientos respiratorios fetales (que reflejan la madurez e integridad cardiorrespiratoria a nivel del tallo cerebral en el feto así como los cambios hemodinámicos y mecanismos de control en la madre); y la complejidad de la actividad eléctrica uterina como un indicador de la eficiencia de la contracción durante el trabajo de parto, entre otras. Además, se pretende continuar desarrollando y evaluando múltiples mediciones y desarrollando técnicas de análisis para favorecer el estudio de los fenómenos de interés mencionados, buscando aumentar así la capacidad diagnóstica. Para abordar el estudio de los fenómenos mencionados hemos propuesto las siguientes *hipótesis*:

Dado que se ha encontrado que la fractalidad a largo plazo en la variabilidad de la frecuencia cardíaca fetal aparece alrededor de las 24 semanas de gestación (probablemente vinculada al desarrollo anatómico funcional a nivel tálamo-cortical y reticular), planteamos que alteraciones en el desarrollo nervioso fetal se verán reflejadas en un retraso de la aparición de la complejidad en dicha variabilidad.

Considerando que hemos confirmado que los componentes de alta frecuencia de la variabilidad de la frecuencia cardíaca (que pueden asociarse con la arritmia sinusal respiratoria) están ya presentes en el feto al final de la gestación, y que en el neonato la presencia de dicho fenómeno involucra los mecanismos de control autónomo sobre la actividad cardiorrespiratoria, planteamos que alrededor de la semana 26 de gestación debe manifestarse el inicio de dicho fenómeno (si es que no existen condiciones que alteren el desarrollo nervioso fetal a nivel de los centros cardiorrespiratorios).

Ya que un problema de insuficiencia placentaria se refleja en alteraciones de los patrones de la frecuencia cardíaca fetal, planteamos que un monitoreo de las fluctuaciones de la frecuencia cardíaca materna y fetal para evaluar ajustes regulatorios favorecerá la detección oportuna o confirmación del surgimiento de aquellas complicaciones prenatales que comprometan tarde o temprano la disponibilidad de oxígeno para el feto.

Dado que el desdoblamiento de los sonidos cardíacos se vincula con la actividad respiratoria en adultos, y que hemos encontrado que este fenómeno parece presentarse en los sonidos

cardiacos fetales, planteamos que la presencia del desdoblamiento reflejará información asociada a la actividad respiratoria fetal.

Considerando que la progresión adversa del trabajo de parto relacionada con alteraciones de las contracciones uterinas ha mostrado una tendencia asociada con los patrones anormales de despolarización del miometrio en el trabajo de parto espontáneo a término, y que hemos encontrado diferencias significativas con el análisis no lineal de la señal electrohisterográfica (i.e. electromiografía abdominal del miometrio) en las contracciones uterinas que evolucionan a un parto vaginal y aquellas asociadas con una cesárea, se plantea que debe existir, desde un punto de vista funcional, un sistema complejo de inicio, coordinación y/o propagación de la actividad uterina.

Dado que el embarazo involucra diferentes demandas hemodinámicas y un proceso inflamatorio en el trabajo de parto, consideramos que las fluctuaciones cardíacas maternas deben presentar una dinámica o complejidad que refleje que las condiciones de control cardiovascular se favorecen y son robustas en embarazos sin complicaciones, además de evidenciar un reflejo inflamatorio.

Ya que en el hipotiroidismo congénito o en el reflujo gastroesofágico se presentan alteraciones en el neurodesarrollo, se plantea que la dinámica o complejidad en las fluctuaciones cardiorrespiratorias en infantes con estas condiciones reflejará alteraciones funcionales en la actividad del sistema nervioso autónomo.

Indicadores de desempeño y calendario

La siguiente tabla muestra los resultados esperados para el trienio 2014 - 17:

Componente	Productos de trabajo	Cantidad
Investigación	Artículos en revista indizada	5
	Artículos de memorias in extenso	3
	Presentaciones en congresos	2
	Capítulos de libro/libro	2
Docencia	Alumnos de licenciatura	4
	Alumnos de posgrado	4
	Desarrollos tecnológicos para apoyo a docencia	2
Vinculación	Proyectos patrocinados	2