

## Primer lugar Premio «Dr. Mario Shapiro»

# Monitoreo hemodinámico con bioimpedancia torácica en pacientes con preeclampsia severa

Jesús Carlos Briones Garduño,\* Jimmy Castro Nuño,\* Manuel Antonio Díaz de León Ponce,†  
Carlos Gabriel Briones Vega‡

### RESUMEN

**Introducción:** La atención del evento obstétrico, puede exhibir formas graves como la preeclampsia, o complicadas como la hemorragia obstétrica aguda, es recomendable el enfoque multidisciplinario, con monitoreo o vigilancia del estado hemodinámico con bioimpedancia torácica.

**Objetivo:** Mostrar el procedimiento y la técnica utilizada con el empleo de la bioimpedancia y caracterizar el perfil hemodinámico en pacientes con preeclampsia severa.

**Material y métodos:** Estudio piloto de mujeres ingresadas a la Unidad de Cuidados Intensivos de Ginecología y Obstetricia del Hospital General de México con preeclampsia, así como pacientes sin patología previa o concomitante, que bajo consentimiento informado aceptaron participar en el estudio; se realizaron mediciones de variables hemodinámicas en forma no invasiva, utilizando el equipo de bioimpedancia modelo BeneView T5 de la marca Mindray, mediante cuatro dispositivos bimodales, dos localizados en cada cara del cuello y dos en la cara lateral e inferior del tórax, la información recabada se analizó mediante estadística descriptiva e inferencial.

**Resultados:** El perfil observado se caracteriza por hipertensión arterial con resistencias vasculares elevadas y bajo gasto cardíaco, mostrando diferencia significativa después del tratamiento médico.

### SUMMARY

**Introduction:** The event of obstetrical care, can display serious such as pre-eclampsia, or complicated shapes as well as acute obstetric hemorrhage, the multidisciplinary approach is recommended with monitoring or surveillance of the hemodynamic status with thoracic bioimpedance.

**Objective:** Show the procedure and technique with the use of the bioimpedance and characterize the hemodynamic profile in patients with severe pre-eclampsia.

**Material and methods:** Study pilot of women admitted to the intensive care unit of Gynecology and obstetrics of the Mexico General Hospital with pre-eclampsia, as well as patients without pathology prior or concomitant, under informed consent agreed to participate in the study, measurements were made of hemodynamic variables as non-invasive using bioimpedance model BeneView T5 Mindray brand through four bimodal devices, two located on each side of the neck and two on the side and bottom face of the chest, the collected information analyzed through descriptive and inferential statistics.

**Results:** Observed profile is characterized by hypertension with elevated vascular resistance and low cardiac output, showing a significant difference after medical treatment.

\* Hospital General de México, Dr. Eduardo Liceaga.

† Academia Nacional de Medicina y Mexicana de Cirugía.

‡ Jefe de Atención Materno-fetal Instituto de Genética e Infertilidad.

Unidad de Cuidados Intensivos Gineco-Obstétricos

Fecha de recibido: 14 de agosto 2012

Fecha de aceptación: 29 de agosto 2012

Este artículo puede ser consultado en versión completa en <http://www.medigraphic.com/medicinacritica>

**Conclusiones:** La bioimpedancia torácica permite guiar las metas terapéuticas en las pacientes con preeclampsia.

**Palabras clave:** Hemodinamia, preeclampsia y bioimpedancia torácica.

## INTRODUCCIÓN

El nacimiento del ser humano es un acontecimiento biológico y social, que entraña madurez y responsabilidad, tanto de la pareja protagonista como de la sociedad a la que pertenece; si aceptamos que el nacimiento es el momento más importante en la vida del ser humano, porque está rodeado de peligros, desde la fecundación hasta la ocurrencia del evento obstétrico, se debe luchar porque este nacimiento se efectúe en las mejores condiciones posibles.<sup>1</sup>

El monitoreo de la paciente obstétrica de alto riesgo implica tres acciones concretas: vigilancia prenatal temprana sistemática e intencionada, instrucción dirigida a la mujer para que reconozca los signos y síntomas de complicaciones graves, y asistencia obstétrica hospitalaria altamente especializada en el manejo de complicaciones graves.<sup>2</sup>

El control prenatal se define como todas las acciones y procedimientos, sistemáticos y periódicos, destinados a la prevención, diagnóstico y tratamiento de los factores que pueden condicionar la morbilidad y mortalidad materna y perinatal e incluyen: elaboración de historia clínica, identificación de signos de alarma con acciones de educación, medición y registro de peso y talla, valoración de riesgo obstétrico, valoración del crecimiento uterino y del estado del feto mediante ultrasonido, determinación de biometría hemática, glicemia, examen general de orina, VDRL, grupo sanguíneo y Rh, prescripción profiláctica de hierro, ácido fólico, medidas de autocuidado de su salud y establecimiento del diagnóstico integral.<sup>3</sup>

La atención del evento obstétrico puede exhibir formas graves como la preeclampsia-eclampsia, o complicadas como la hemorragia obstétrica aguda, haciendo que la atención médica y quirúrgica tenga un impacto decisivo sobre la evolución del mismo, subrayando que el factor de responsabilidad comúnmente involucrado con la muerte es el juicio clínico o quirúrgico errado, por lo que es recomendable el enfoque multidisciplinario, resaltando que el monitoreo o vigilancia en áreas críticas como: urgencias, la unidad de tococirugía, recuperación postquirúrgica, terapia intensiva y quirófano, debe incluir periódicamente la evaluación del estado mul-

**Conclusions:** Thoracic bioimpedance enables to guide therapeutic targets in patients with preeclampsia.

**Key words:** Hemodynamics, pre-eclampsia and thoracic bioimpedance.

tiorgánico; neurológico, hemodinámico, hematológico, hepático-metabólico, renal y perinatal.

- Neurológico: La valoración del fondo de ojo, reflejos osteotendinosos, escala de Glasgow, valoración de datos clínicos de encefalopatía y flujometría Doppler transcraneal.
- Hemodinámico básico: mediante medición de PVC y prueba de Max Harry Weil, saturación venosa central, oximetría, capnografía, espectroscopia infrarroja cerebral, cálculo de taller gasométrico, cálculo de presión coloidosmótica e índice de Briones.
- Hematológico: biometría hemática con cuenta de plaquetas, frotis de sangre periférica, pruebas de coagulación y fibrinólisis.
- Hepático-metabólico: cuantificación de aminotransferasas, deshidrogenasa láctica, bilirrubinas, glicemia, colesterol total, proteínas totales y albúmina, gasometría arterial y venosa.
- Sodio, potasio y creatinina séricos y urinarios para cálculo de taller renal.
- Perinatal: mediante la prueba de condición fetal o cardiotocografía y flujometría Doppler de arterias uterinas, umbilical y cerebral media fetal.<sup>4-7</sup>
- Bioimpedancia torácica con medición de gasto cardiaco y resistencias vasculares sistémicas principalmente.

En el contexto de la paciente grave, adquiere particular importancia la necesidad de realizar un monitoreo hemodinámico confiable, para lo cual contamos con seis métodos:

1. El uso del catéter de flotación en la arteria pulmonar.
2. La medición por el método de Fick, que calcula el gasto cardiaco a partir de la relación entre el volumen de oxígeno absorbido por minuto por los pulmones y las diferencias arteriovenosas de oxígeno.
3. Ultrasonido con efecto Doppler, que mide el flujo sanguíneo como una función de la distancia a través del vaso.
4. Medición electromagnética, que mide el flujo sanguíneo en las arterias y las venas.
5. Técnica de dilución por inyección de colorante, solución salina o isótopos radiactivos.

## 6. Bioimpedancia torácica (BIT).

La impedancia se define como la resistencia a un flujo de corriente eléctrica alterna a través de un segmento, la bioimpedancia es dependiente de un tejido conductor, el cual está formado por el volumen intravascular compuesto por los líquidos y electrolitos contenidos en la sangre.

La bioimpedancia torácica fue implementada en 1940 por Nyboer, quien utilizó la resistencia de la sangre y la longitud del tórax para medir y establecer una relación respecto a los cambios de impedancia.

Posteriormente, en los sesenta, Kubicek desarrolló para la NASA el primer método para medir la BIT en astronautas durante el vuelo espacial.

Con el avance de la tecnología en Hardware y Software en la última década se desarrolló la BIT de última generación, que se caracteriza por procesamiento de señal digital y la incorporación de ecuaciones modificadas para el análisis de las variables.

La impedancia eléctrica se encuentra formada por dos componentes muy destacados dentro del análisis mediante bioimpedancia eléctrica: resistencia (R) y reactancia (Xc), relacionados ambos entre sí por el ángulo de fase.

La resistencia determina la respuesta de los materiales biológicos al paso de una corriente eléctrica a través de las soluciones electrolíticas intra y extracelular.

La reactancia determina las propiedades dieléctricas de los tejidos o bien la acumulación temporal de cargas sobre las membranas celulares o sobre otras interfaces sumergidas en la solución electrolítica (comportamientos capacitivos).

El monitoreo por bioimpedancia torácica (BIT) se mide mediante cuatro dispositivos bimodales, dos localizados en cada cara del cuello y dos en la cara lateral e inferior del tórax. Cada dispositivo cuenta con un transmisor y un receptor.

El transmisor emite una corriente eléctrica alterna de alta frecuencia (60 kHz) y de baja amplitud (4 mA), lo que elimina la posibilidad de interferencia con la actividad bioeléctrica del corazón y del cerebro.

La señal eléctrica emitida atraviesa los tejidos (músculo, hueso, tejido adiposo y sangre) con diferentes propiedades eléctricas. Ante éstos, la sangre es la que posee la mayor conductividad eléctrica, por lo que la corriente eléctrica pasa primordialmente por la aorta, para posteriormente regresar al receptor del dispositivo.

Esta información inmediatamente después es transmitida a la computadora, que finalmente pro-

cesa y muestra la información en el monitor o traducido en patrones numéricos.

La BIT mide los cambios en la conductividad de cada latido cardiaco, lo que provee mediciones continuas y en tiempo real de diversos parámetros hemodinámicos.

Los valores de la BIT son directamente proporcionales al contenido de fluido torácico, sin embargo no se puede identificar la conductancia individual de los diferentes compartimentos (intravascular, intra-alveolar e intersticial).

Variables hemodinámicas medidas por BIT:

1. Frecuencia cardiaca (FC).
2. Presión arterial sistólica (SBP).
3. Presión arterial diastólica (DBP).
4. Presión arterial media (PAM).
5. Índice cardiaco (IC).
6. Gasto cardiaco (GC).
7. Índice sistólico (IS).
8. Volumen sistólico (VS).
9. Índice de resistencia vascular sistémica (IRVS).
10. Resistencia vascular sistémica (RVS).
11. Índice de aceleración (IA).
12. Contenido de flujo torácico (CFT).
13. Índice de trabajo cardiaco izquierdo (ITCI).
14. Trabajo cardiaco izquierdo (TCI).
15. Cociente de tiempo sistólico (CTS).
16. Periodo de pre-eyección (PPE).
17. Tiempo de eyección del ventrículo izquierdo (TEVI).

### ANTECEDENTES HEMODINÁMICOS EN PREECLAMPSIA SEVERA

Diversos investigadores han trabajado sobre aspectos hemodinámicos en mujeres con preeclampsia severa; Groenendik en 1984, Visser y Wallenburg en 1991, y en nuestro país Palma y colaboradores en 1994 reportaron un patrón hemodinámico consistente en elevación de la presión arterial media con disminución del gasto cardiaco, elevación de resistencia vascular sistémica, y con hipovolemia (leve en 9%, y severas 30%) de acuerdo con los hallazgos de Ramanathan en el año 2003, la presión capilar pulmonar sin cambios. Easterling y Benedetti en 1989 habían comunicado otro patrón hemodinámico consistente en gasto cardiaco elevado con bajas resistencias periféricas. San Frutos en 2005, y Meneses en México en 2007 y 2008 publicaron sus resultados utilizando la bioimpedancia torácica, encontrado un

patrón predominante con bajo gasto cardiaco y elevadas resistencias vasculares periféricas. Easterling nuevamente en el año 2001 refiere el perfil hemodinámico de tipo hiperdinámico (tensión arterial media elevada y resistencia periférica normales o discretamente elevadas) observando buena respuesta al tratamiento con fármacos betabloqueadores como atenolol, y otro perfil hemodinámico no hiperdinámico (con elevada tensión arterial media y elevada resistencia vascular periférica con caída del gasto cardiaco) en el cual la respuesta favorable fue con calcio-antagonistas del tipo de la nifedipina. Vázquez Blanco y Valenise en 2001, anteriormente Ganau en 1992, explican los cambios geométricos ventriculares, consistentes en la remodelación concéntrica (debido al aumento de la postcarga y caída de la precarga), la hipertrofia excéntrica (insuficiencia ventricular condicionada por sobrecarga de presión), y la hipertrofia concéntrica (que es la relación grosor parietal/dimensión de la cavidad del ventrículo izquierdo por elevación de resistencias vasculares sistémicas). Recientemente Rang, en 2008 mostró la relación entre; bajo gasto cardiaco con elevada resistencia vascular periférica y la restricción del crecimiento intrauterino asociada, lo que explica el impacto perinatal de estos cambios hemodinámicos maternos.

**Objetivo:** La presente comunicación (datos preliminares) tiene como propósito mostrar el procedimiento y la técnica utilizada con el empleo de la bioimpedancia y caracterizar el perfil hemodinámico en pacientes con preeclampsia severa, resaltando los beneficios que permiten un tratamiento objetivo en beneficio del binomio materno-fetal.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Estudio piloto de casos y controles (datos preliminares con doce pacientes) de mujeres embarazadas ingresadas a la Unidad de Cuidados Intensivos de Ginecología y Obstetricia del Hospital General de México Dr. Eduardo Liceaga, con diagnóstico de preeclampsia severa o eclampsia (nueve casos), así como pacientes embarazadas sin patología previa o concomitante (tres controles) y que bajo consentimiento informado aceptaron participar en el estudio que consistió en realizar tres mediciones de variables hemodinámicas en forma no invasiva, (primera medición, a su ingreso a la Unidad de Cuidados Intensivos, segunda medición posterior al ABC del tratamiento médico que consistió de acuerdo con el protocolo de la unidad en A: reexpansión de volumen en calidad y cantidad

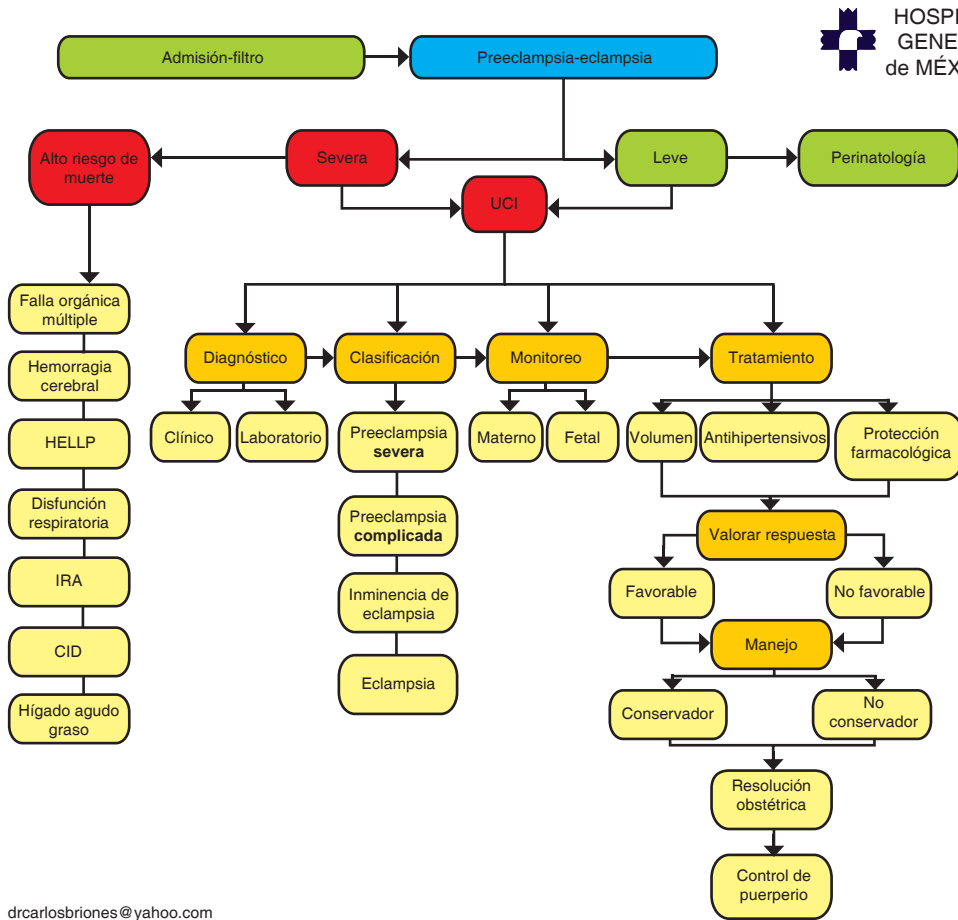
utilizando cristaloides y albúmina como coloide, B: uso juicioso de antihipertensivos del tipo calcio-antagonistas, betabloqueadores y alfa bloqueadores, y C: protección a órgano blanco mediante el empleo de sulfato de magnesio, fenitoína, dexametazona y el uso de heparina de bajo peso molecular, individualizando en cada caso; y la tercera medición, en el puerperio inmediato, utilizando el equipo de bioimpedancia modelo BeneView T5 de la marca Mindray. El monitoreo por bioimpedancia torácica (BIT) se mide mediante cuatro dispositivos bimodales, dos localizados en cada cara del cuello y dos en la cara lateral e inferior del tórax, cada dispositivo cuenta con un transmisor y un receptor, esta información inmediatamente después es transmitida a la computadora, que finalmente procesa y muestra la información en el monitor o traducido en patrones numéricos, de donde es recabada para posteriormente ser procesada utilizando estadística descriptiva mediante el cálculo de media, desviación estándar, así como estadística inferencial mediante t de Student, para destacar las diferencias entre los dos momentos (antes y después) de las mediciones, considerando una p significativa con un valor menor a 0.05.

## RESULTADOS

En la *figura 1* mostramos en forma de algoritmo la ruta que siguen las pacientes desde su arribo al hospital, donde se integra un diagnóstico y en su caso el ingreso a la Unidad de Cuidados Intensivos para monitoreo y tratamiento establecido en forma protocolaria hasta la resolución obstétrica, el control del puerperio inmediato y su egreso a piso.

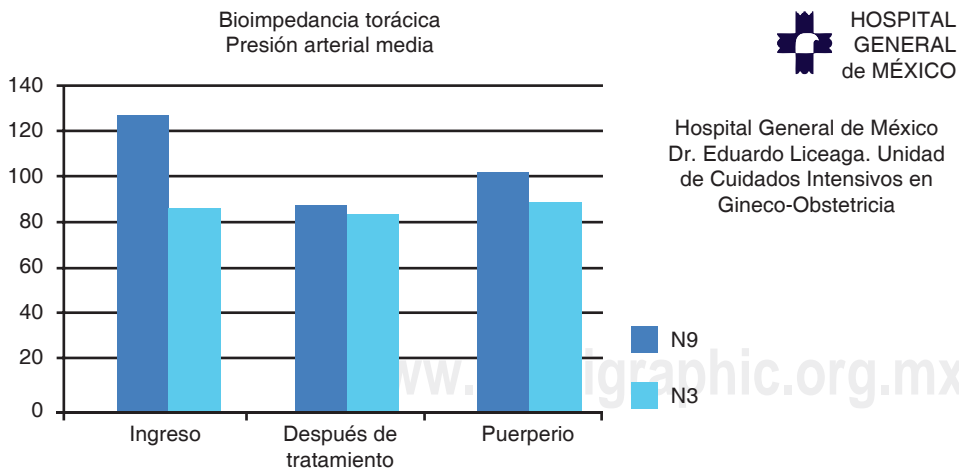
En la *figura 2* se muestran los valores medidos de la presión arterial media, en la *figura 3* los valores medidos del gasto cardiaco, la *figura 4*, se muestran los valores medidos de la resistencia vascular sistémica tanto en los casos como en los controles, comparando los dos momentos al ingreso a la Unidad de Cuidados Intensivos y después de recibir el tratamiento médico, destacando diferencia significativa en la presión arterial media y en las resistencias vasculares periféricas, las mismas que no se observaron en el grupo control, señalando que el perfil mostrado en el grupo señalado se caracteriza por hipertensión arterial con resistencias vasculares elevadas y bajo gasto cardiaco.

La *figura 5* muestra el equipo utilizado, un monitor de bioimpedancia BeneView T5 Mindray.



**Figura 1.** Algoritmo utilizado en la paciente con preeclampsia severa-eclampsia, en el Servicio de Ginecología y Obstetricia del Hospital General de México Dr. Eduardo Liceaga.

drCarlosbriones@yahoo.com



Hospital General de México  
Dr. Eduardo Liceaga. Unidad  
de Cuidados Intensivos en  
Gineco-Obstetricia

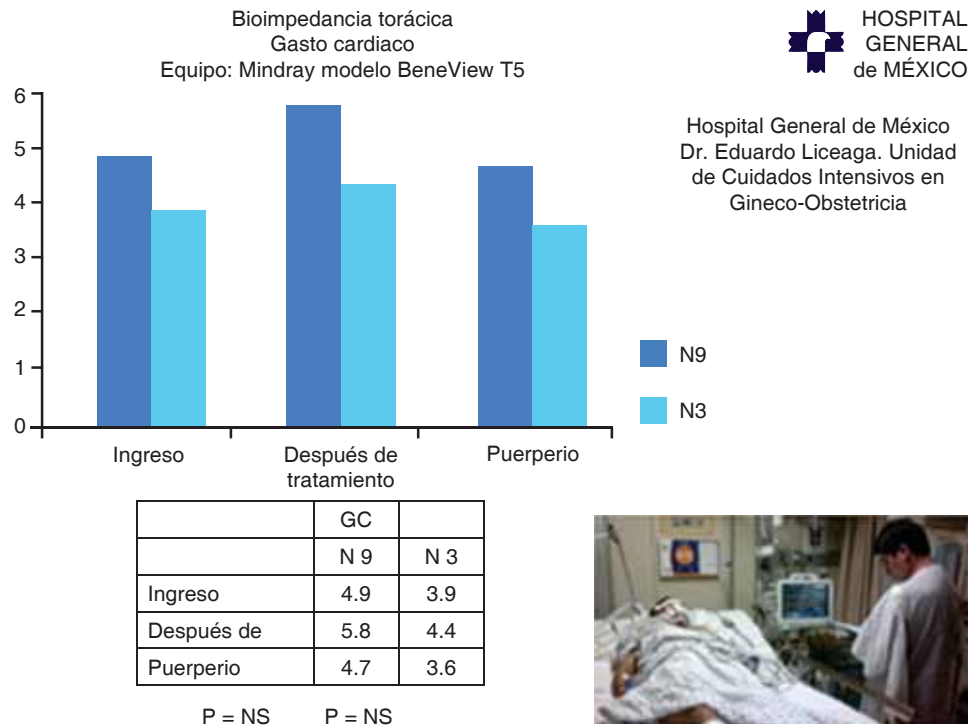
Ingreso	130.0	89.0
Después de	90.0	86.6
Puerperio	104.1	92.0

P < 0.05      P NS

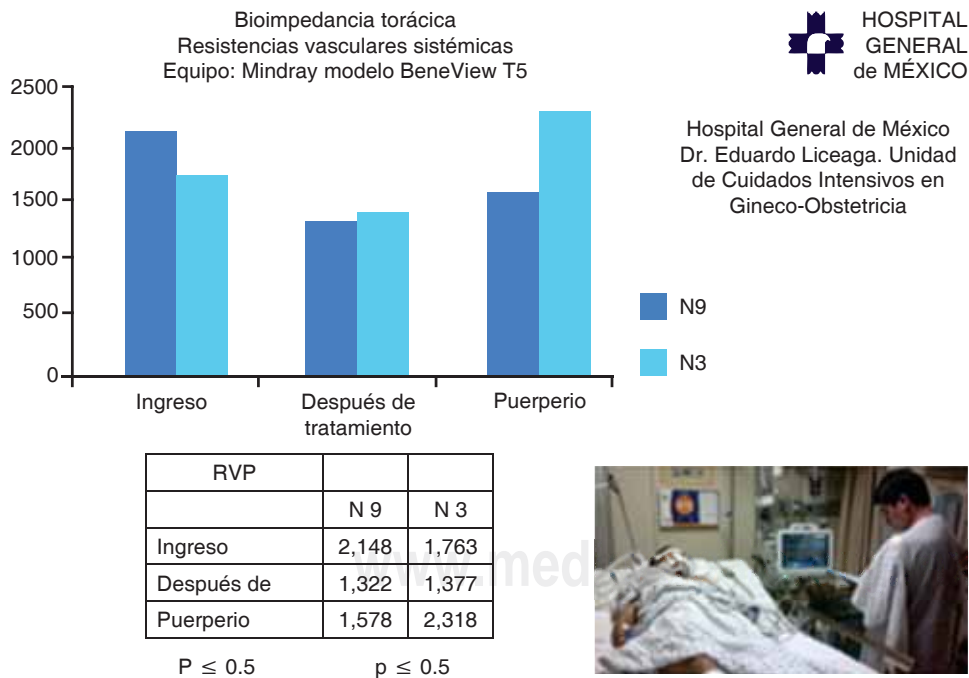


**Figura 2.** Gráfico que muestra la medición de la presión arterial media en una serie de casos y controles utilizando el monitor de bioimpedancia BeneView T5 Mindray (Datos preliminares).





**Figura 3.** Gráfico que muestra la medición del gasto cardíaco en una serie de casos y controles utilizando el monitor de bioimpedancia BeneView T5 Mindray (Datos preliminares).



**Figura 4.** Gráfico que muestra la medición de las resistencias vasculares periféricas en una serie de casos y controles utilizando el monitor de bioimpedancia BeneView T5 Mindray. (Datos preliminares).

La *figura 6* representa esquemáticamente la fisiopatología de la preeclampsia en la cual la disfunción endotelial y el síndrome microangiopático son los caminos para la participación multiorgánica de esta entidad nosológica.

En los *cuadros I y II* mostramos nuestras experiencias con mediciones hemodinámicas utilizando bioimpedancia torácica y catéter de flotación en diferentes poblaciones de preeclampsia-eclampsia.



Figura 5. Monitor de bioimpedancia BeneView T5 Mindray.

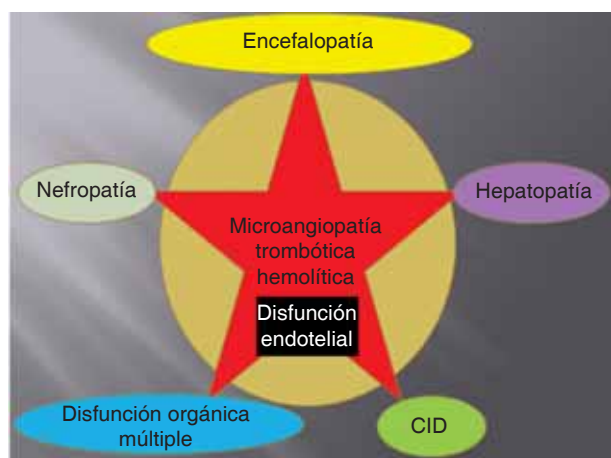


Figura 6. Esquema fisiopatológico de la preeclampsia-eclampsia. Donde el gatillo que denota es la disfunción endotelial y el síndrome microangiopático, que propicia la participación multiorgánica.

Cuadro I. Valores reportados por nuestro equipo de trabajo, utilizando bioimpedancia torácica, en el Hospital Materno Perinatal del ISEM, Toluca México.

Valores obtenidos por BIT. N = 25	
Variable	Valor promedio
PAM	113.24
SBP	125.80
DBP	80.10
IRVS	4,883.40
CFT	50.10

Meneses CJ, Moreno SAA, González DJI, Díaz de León PM, Rodríguez RM, Castorena DAR, García CG, Mendoza AAM, Briones GJC. Medición hemodinámica en preeclampsia severa. *Rev Asoc Mex Med Crit y Ter Int* 2008;22(1):10-14.

Cuadro II. Valores reportados por nuestro equipo de trabajo, utilizando catéter de flotación en el Hospital de Ginecología y Obstetricia No. 3 Centro Médico Nacional La Raza IMSS, México, D.F.

Valores previamente reportados, obtenidos por catéter de flotación N = 8.

Variable	Valor promedio
PAM	121.25
IRVS	2,008.87

Palma CP, Briones GJC, Molinar RF, Vázquez HMI, Baltazar TJA. Perfil hemodinámico en pacientes con preeclampsia severa y eclampsia. *Rev Asoc Mex Med Crit y Ter Int* 1994;1:9-15.

### CONCLUSIONES

- La preeclampsia es una entidad nosológica con cambios hemodinámicos que requieren tratamiento médico objetivo.
- El perfil hemodinámico encontrado en el presente estudio piloto, se caracteriza por hipertensión arterial con resistencias vasculares periféricas elevadas y bajo gasto cardíaco.
- La bioimpedancia es un procedimiento no invasivo que permite medir variables hemodinámicas como gasto cardíaco y resistencias vasculares.
- La bioimpedancia torácica permite guiar las metas terapéuticas en las pacientes con preeclampsia.

### BIBLIOGRAFÍA

1. Briones GJC, Zamora GM, Gonzáles TA. El Médico frente a la gestación y el nacimiento. *Acta Médica* 1993;39(113-114):103-10.
2. Díaz de León PM, Briones GJC. Medicina Crítica en Obstetricia, una nueva especialidad. *Cir Ciruj* 2006;74:223-4.
3. Moreno SAA, Bandeh MH, Meneses CJ, Díaz de León PM, Mújica HM, González DJI, Briones GJC. Control prenatal en el medio rural. *Rev Fac Med UNAM* 2008;51(5):188-92.
4. Briones GJC, Díaz de León PM, Gómez Bravo TE, Ávila EF, Briones VCG, Urrutia TF. Protocolo de manejo en la Preeclampsia eclampsia. Estudio comparativo. *Cir Ciruj* 1999;67:4-10.
5. Meneses CJ, Moreno SAA, González DJI, Díaz de León PM, Rodríguez RM, Castorena DAR, García CG, Mendoza AMA, Briones GJC. Medición hemodinámica en Preeclampsia severa. *Rev Asoc Mex Med Crit y Ter Int* 2008; 22(1):10-14.
6. Carrillo ER, Sánchez ZMJ. Monitoreo hemodinámico no invasivo en anestesiología. *Revista Mexicana de Anestesiología* 2010; 33(S1):S167-S171.
7. Marrón PM. Directrices anestésicas: Preeclampsia-eclampsia, choque hipovolémico y trauma. *Revista Mexicana de Anestesiología* 2010;33(S1):S33-S39.

8. Groenedijk, Trimbos J, Wallenburg H. Hemodynamic measurements in preeclampsia. *Am J ObstetGynecol* 1984;150:232-6.
9. Palma CP, Briones GC, Molinar RF, Vázquez HMI, Baltazar TJA. Perfil hemodinámico en pacientes con preeclampsia severa y eclampsia. *Rev Asoc Mex Med Crit y Ter Int* 1984;8(1):9-15.
10. Easterling T, Benedetti T. Preeclampsia: a hyperdynamic disease model. *Am J Obstet Gynecol* 1989;6:1447-53.
11. Ramanathan J, Bennet K. Pre-eclampsia fluids, drugs, and anesthetic management. *Anesthesiology Clin N Am* 2003;21:145-63.
12. San Frutos L, Fernández R, Almagro J, Barbancho C, Salazar F, et al. Measurement of hemodynamic pattern by thoracic electrical bioimpedance in normal pregnancy and in preeclampsia. *Eur J Obstet Gynecol Reprod Biol* 2005;121:149-53.
13. Meneses CJ, Díaz de León PM, Moreno SAA, González DJI, Amezola CMA, Jiménez AEP, García CG, Salinas AA, Briones GJC. Medición de valores hemodinámicos en embarazo normo evolutivo y puerperio inmediato por bioimpedancia torácica. *Rev Asoc Mex Med Crit y Ter Int* 2007;21(3):149-53.
14. Meneses CJ, Moreno SAA, González DJI, Díaz de León PM, Rodríguez RM, Castorena DAR, García CG, Mendoza AMA, Briones GJC. Medición hemodinámica en preeclampsia severa. *Rev Asoc Mex Med Crit y Ter Int* 2008;22(1):10-14.
15. Easterling T, Carr D, Brateng D, Diederichs C, Schmucker B. Treatment of hypertension in pregnancy: effect of atenolol on maternal disease, preterm delivery and fetal growth. *ObstetGynecol* 2001;98:427-33.
16. Novelli G, Valensise H, Vasapollo B, Larciprete G, Di Pietro G, Altamare F, et al. Are gestational and essential hypertension similar. Left ventricular geometry and diastolic function? *Hypertension Pregnancy* 2003;22(3):225-37.
17. Visser W, Wallenburg H. Central hemodynamic observations in untreated preeclamptic patients. *Hypertension* 1991;17:1072-7.
18. Vazquez BM, Grosso O, Bellido C, Iavicoli O, Berensztein C, et al. Left ventricular geometry in pregnancy induced hypertension. *Am J Hypertens* 2000;13:226-30.
19. Valensise H, Novelli G, Vasapollo B, Di Ruzza G, Romanini M, Marchei M, Larciprete G, et al. Maternal diastolic dysfunction and left ventricular geometry in gestational hypertension. *Hypertension* 2001;37:1209-15.

Correspondencia:

Acad. Dr. Jesús Carlos Briones Garduño

Dr. Balmis Núm. 148,

Col. Doctores, Delegación Cuauhtémoc, 06726

Tel. 55 27 89 2000 Ext. 1612-1634.

E-mail: drcarlosbriones@yahoo.com.mx