

# Análisis Comparativo del Patrón Respiratorio en Mujeres con Embarazos de 21 a 26 Semanas de Gestación vs. Mujeres con 35 a 40 Semanas

K. Aldama Ruiz<sup>1</sup>, M. R. Ortiz Pedroza<sup>2</sup>, M. A. Peña Castillo<sup>2</sup>, R. Gonzáles Camarena<sup>3</sup>,  
A. Martínez Ortiz<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Licenciatura en Ingeniería Biomédica, Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa, México D.F., México

<sup>2</sup>Departamento de Ingeniería Eléctrica, Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa, México D.F., México

<sup>3</sup>Departamento de Ciencias de la Salud, Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa, México D.F., México

**Resumen—** Durante el embarazo existen importantes cambios fisiológicos (respiratorios, cardiovasculares y de control nervioso, entre otros) que contribuyen a que éste se logre exitosamente. Con el objetivo de analizar si existen cambios significativos en el patrón respiratorio (respirograma) en el embarazo, en este trabajo se presenta un análisis de los siguientes parámetros: Duración de la inspiración (*di*), duración de la espiración (*de*), periodo inspiración-inspiración (*Tii*), periodo espiración-espiración (*Tee*), frecuencia respiratoria inspiración-inspiración (*FRii*), frecuencia respiratoria espiración-espiración (*FRee*) y Variabilidad de corto plazo respiración-respiración (*VCP*) de cada uno de ellos. Dicho análisis se realizó en dos grupos de mujeres, el primero, con embarazos de 21 a 26 semanas de gestación, y el segundo con embarazos de 35 a 40 semanas. No se encontraron diferencias estadísticamente significativas en ninguno de los parámetros respiratorios estudiados, indicando una posible compensación cardiaca para contrarrestar la demanda de O<sub>2</sub> en la mujer por el embarazo.

**Palabras clave—** “Respirograma” materno, patrón respiratorio en el embarazo

## I. INTRODUCCIÓN

Durante el embarazo se presentan importantes cambios fisiológicos (hormonales, circulatorios, respiratorios, así como de los mecanismos de control involucrados en éstos) que ocurren desde que éste inicia, y continúan durante todo el periodo de gestación [1]. Estos cambios fisiológicos contribuyen a que el embarazo se logre exitosamente [2].

La respiración, a pesar de ser un proceso espontáneo, permanece bajo el control del sistema nervioso central y periférico y se ha sugerido que con el análisis del patrón respiratorio se puede estimar la influencia de los mecanismos periféricos y centrales en la regulación de la respiración [3].

A lo largo del tiempo se han estudiado los efectos que provoca el embarazo en el sistema respiratorio, mediante el análisis de diferentes parámetros y variables relacionadas con la mecánica respiratoria. La espirometría es uno de estos estudios donde se afirma que durante el embarazo no hay cambios en el volumen espiratorio forzado, en la capacidad vital y capacidad vital forzada así como en la capacidad pulmonar total [1]. Sin embargo existen decrementos en la capacidad residual funcional, así como en el volumen residual, e incrementa ligeramente la capacidad inspiratoria [1, 2, 4]. Existen evidencias de que la ventilación por minuto

y el volumen corriente cambian significativamente a lo largo del embarazo, y que, la frecuencia respiratoria aunque sufre un ligero incremento, no logra ser estadísticamente significativo para Kolarzyk *et al.* [4], mientras que para Jensen *et al.* [5] sí lo es.

Sin embargo, no se presentan reportes relacionados con el patrón que describe la gráfica del esfuerzo respiratorio o “respirograma”, y se cree que éste puede arrojar información valiosa sobre la mecánica ventilatoria y los mecanismos de control asociados a la misma [6]. Además, la base tecnológica para el registro del esfuerzo respiratorio tiene ventajas sobre las técnicas de espirometría por su sencillez ya que consiste básicamente de un transductor para la detección del desplazamiento torácico/abdominal y un amplificador.

En este sentido, el objetivo del presente trabajo fue conocer los cambios en los parámetros temporales del patrón respiratorio de la mujer embarazada al inicio de la segunda mitad del embarazo (21 a 26 semanas de gestación), en comparación con el embarazo a término (35 a 40 semanas), mediante el análisis cuantitativo del “respirograma”, a través del estudio de los siguientes parámetros: duración de la inspiración (*di*), duración de la espiración (*de*), periodo inspiración-inspiración (*Tii*) y periodo espiración-espiración (*Tee*), frecuencia respiratoria inspiración-inspiración y frecuencia respiratoria espiración-espiración (*FRii* y *FRee* respectivamente), así como la variabilidad de corto plazo respiración-respiración de cada uno de ellos (*VCP*).

## II. METODOLOGÍA

### A. Banco de Señales

El banco de señales que se utilizó en este trabajo, perteneció a estudios previos realizados en mujeres con embarazos de entre veinte y cuarenta semanas de gestación (sin complicaciones pulmonares), donde se adquirieron “respirogramas” maternos y electrocardiogramas abdominales, y en algunos casos, fonogramas abdominales y la actividad de los movimientos respiratorios y corporales fetales a partir de la observación de la imagen de ultrasonido [7]. Para propósitos de este trabajo, se utilizaron únicamente los “respirogramas” maternos adquiridos en dichos estudios. En la Fig. 1 se muestra el montaje utilizado para el registro del “respirograma” materno. Se utilizó un sistema de adquisición Biopac Systems® compuesto por transductor y

amplificador para el esfuerzo respiratorio y convertidor analógico digital modelos TSD201, RSP100C y MP100, respectivamente. El transductor produce variaciones de resistencia de 5 KΩ a 125 KΩ ante cambios de la circunferencia del tórax asociados al esfuerzo respiratorio (rango de circunferencia de 15 cm a 150 cm o mayor utilizando una banda de mayor longitud). Las señales se adquirieron, de DC a 10 Hz a una frecuencia de muestreo de 500 Hz con un tiempo de adquisición de 5 minutos. Los registros se realizaron bajo consentimiento informado en el Centro de Investigación Materno Infantil Gen (CIMIGen) en un horario matutino entre las 8 y 11 horas y preferentemente con las mujeres en posición supina (por convenir así al momento de la toma de los registros de acuerdo al tipo de estudios realizados durante la adquisición). Las mujeres contaban con embarazos de bajo a mediano riesgo de acuerdo a criterios de valoración del CIMIGen.

### B. Procesamiento de las Señales

1) *Señales*: Se procesaron 27 registros de la señal asociada al esfuerzo respiratorio de mujeres con embarazos comprendidos entre las semanas 21 y 26 de gestación (G1) y, 27 registros de mujeres con embarazos comprendidos entre la semanas 35 y 40 de gestación (G2).

2) *Preprocesamiento*: Se implementó un filtro Butterworth pasa bajas de orden 2 con frecuencia de corte de 0.5 Hz para cada registro.

3) *Medición de parámetros respiratorios*: Como se mencionó anteriormente, la caracterización del patrón respiratorio se realizó mediante la obtención de los siguientes parámetros: duración de la inspiración ( $di$ ), duración de la espiración ( $de$ ), periodo inspiración-inspiración ( $Tii$ ), periodo espiración-espiración ( $Tee$ ) (véase Fig. 2). Lo anterior se hizo con ayuda del software Matlab (MathWorks®) mediante la detección de mínimos y máximos y una edición manual de los mismos, agregando los faltantes y eliminando los falsos positivos [8]. Las frecuencias respiratorias se obtuvieron mediante el inverso de  $Tii$  y  $Tee$  para  $FRii$  y  $FRee$  respectivamente (en respiraciones por minuto).

4) *Variabilidad de Corto Plazo Respiración-Respiración (VCP)*: Similar a como se realiza con el valor RMSSD de la variabilidad de la frecuencia cardiaca para analizar los mecanismos de control [9], para cada uno de los parámetros, se realizó la estimación de la raíz cuadrática media de diferencias consecutivas definida por (1). Nótese que aunque similar a la desviación estándar, en este caso no es el promedio el que se resta a cada valor sino que se obtiene la diferencia entre valores consecutivos.

$$VCP = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^{N-1} (x_{i+1} - x_i)^2} \quad (1)$$

Donde:

$x$  = Parámetro ( $di$ ,  $de$ ,  $Tii$ ,  $Tee$ ,  $FRii$ ,  $FRee$ ).

$N$  = Número de respiraciones en 5 minutos.

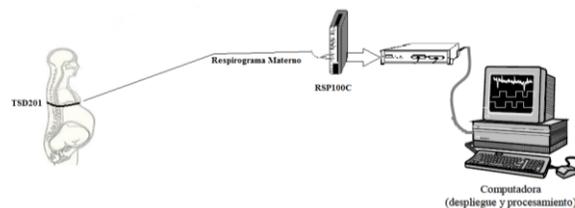


Fig. 1. Esquema del montaje utilizado para el registro del “respirograma” materno. TSD201= Transductor de esfuerzo respiratorio.

### C. Análisis Estadístico

Para cada parámetro se realizaron pruebas de normalidad por grupo y, de igualdad de varianzas entre grupos y se utilizó la prueba t de student para muestras independientes o Wilcoxon en caso de rechazar normalidad. Se consideró la existencia de diferencias estadísticamente significativas con un nivel de significancia de  $p < 0.05$ .

### III. RESULTADOS

En la Fig. 3, se muestran los registros típicos del “respirograma” y los trazos con los valores respiración a respiración de los parámetros  $di$ ,  $de$ ,  $FRii$  y  $FRee$ . A la izquierda, los pertenecientes a una mujer con 23 semanas de gestación, correspondiente al primer grupo de estudio y a la derecha, los de una mujer con 37 semanas, que corresponde al segundo grupo. En la Tabla 1 se presentan los valores promedio y desviación estándar de cada parámetro para cada grupo. No se encontraron diferencias estadísticamente significativas en ninguno de los parámetros analizados. En la Fig. 4 se ilustra dicha comparación para cada parámetro mediante gráficas de cajas, donde puede notarse que la dispersión de los valores es similar para la mayoría de los parámetros excepto para VCP ( $di$ ) ( $0.43 \pm 0.05$  y  $0.39 \pm 0.03$ ) y VCP ( $de$ ) ( $0.43 \pm 0.03$  y  $0.39 \pm 0.02$ ) en donde se observa, una reducción en G2 con respecto a G1. Así mismo el promedio fue similar en la mayoría de los parámetros excepto para VCP ( $FRee$ ) ( $18.83 \pm 0.68$  y  $18.47 \pm 0.62$ ),  $FRii$  ( $18.86 \pm 0.68$  y  $18.55 \pm 0.63$ ) y  $FRee$  ( $18.83 \pm 0.68$  y  $18.47 \pm 0.62$ ) en las que se observa una disminución del valor. Cabe destacar que, aunque no de manera estadísticamente significativa, esta disminución de la frecuencia respiratoria ( $FRee$  y  $FRii$ ) se contrapone a lo encontrado en otros trabajos [4, 5] donde se reporta un incremento significativo para Jensen *et al.* [5] y no significativo para para Kolarzyk *et al.* [4], de dicho parámetro durante el embarazo.

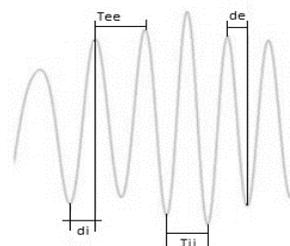


Fig. 2. Parámetros medidos en el “respirograma” materno: Duración de la inspiración ( $di$ ), duración de la espiración ( $de$ ), periodo espiración-espiración ( $Tee$ ), periodo inspiración-inspiración ( $Tii$ ).

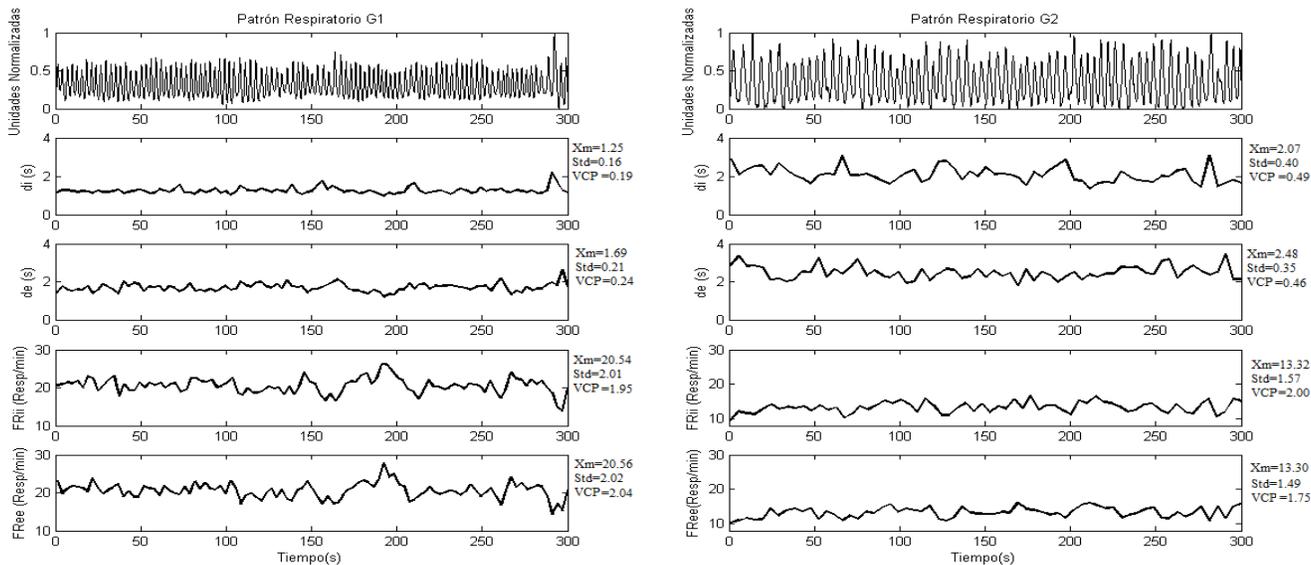


Fig. 3. Parámetros  $d_i$ ,  $d_e$ ,  $FR_{ii}$  y  $FRee$  respiración a respiración de un registro típico del grupo uno (G1) y uno del grupo dos (G2).  $X_m$ = Promedio, Std=Desviación Estándar y VCP (Variabilidad de Corto Plazo) para cada parámetro en los 5 minutos. Resp/min= Respiraciones por minuto.

TABLA 1  
DATOS OBTENIDOS PARA CADA PARÁMETRO

Parámetro	G1 ( $X_m \pm \sigma$ )	G2 ( $X_m \pm \sigma$ )
<b>Di (s)</b>	1.53 ± 0.07	1.55 ± 0.06
<b>VCP Di (s)</b>	0.43 ± 0.05	0.39 ± 0.03
<b>De (s)</b>	1.85 ± 0.07	1.84 ± 0.06
<b>VCP De (s)</b>	0.43 ± 0.03	0.39 ± 0.02
<b>Tii (s)</b>	3.38 ± 0.13	3.39 ± 0.11
<b>VCP Tii (s)</b>	0.64 ± 0.06	0.61 ± 0.04
<b>Tee (s)</b>	3.37 ± 0.13	3.40 ± 0.11
<b>VCP Tee (s)</b>	0.58 ± 0.05	0.49 ± 0.04
<b>FRii (Resp/min)</b>	18.86 ± 0.68	18.55 ± 0.63
<b>VCP FRii (Resp/min)</b>	3.22 ± 0.20	3.22 ± 0.19
<b>FRee (Resp/min)</b>	18.83 ± 0.68	18.47 ± 0.62
<b>VCP FRee (Resp/min)</b>	3.00 ± 0.19	2.54 ± 0.18

No se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los grupos en ningún parámetro ( $p > 0.05$ ). Resp/min= respiraciones por minuto.

#### IV. DISCUSIÓN

La gestación produce alteraciones importantes en el sistema cardiovascular materno que ponen a prueba los sistemas de control cardiovascular y respiratorio, ya que una mala adaptación puede provocar afecciones en la mujer y el feto. Por lo anterior, resulta de particular importancia conocer el comportamiento de las variables fisiológicas que sufren adaptaciones en diferentes etapas del embarazo. Los parámetros temporales del patrón respiratorio estudiados en

el presente trabajo proporcionan información valiosa sobre la activación de los centros inspiratorio y espiratorio localizados en las regiones dorsal y ventral del tallo cerebral, respectivamente. Los mecanismos que desencadenan dicha activación están vinculados con una red muy compleja de interrelaciones entre los sistemas respiratorio, cardiovascular y nervioso en la que están incluidos los quimiorreceptores centrales y periféricos [10].

La ausencia de diferencias estadísticamente significativas tanto en los parámetros temporales del patrón respiratorio como en los de su variabilidad respiración a respiración puede estar vinculada a los mecanismos de adaptación de la ventilación pulmonar e intercambio gaseoso en la que se involucra la participación de quimiorreceptores centrales y periféricos [10], antes mencionados y por lo tanto de los mecanismos de control nervioso cardiorespiratorio. Se sabe además, que la frecuencia y el gasto cardíaco aumentan en el embarazo debido a la demanda metabólica [2,5]. Al no existir cambios significativos en los parámetros temporales de la mecánica respiratoria, se podría pensar que la demanda de oxígeno puede ser compensada por la actividad cardiovascular, por lo que sería de gran interés para los autores del presente trabajo el complementar el presente estudio con el análisis de variables cardiovasculares como lo es la frecuencia cardíaca, así como el de la profundidad del esfuerzo inspiratorio (otro de los parámetros del patrón respiratorio no analizado en el presente trabajo). Otro de los factores que podría haber influido en los resultados encontrados es la posición que adoptó la paciente durante la realización de los registros, la cual contribuye a la compresión aortocaval e influye en los valores cardiovasculares y respiratorios. El 89% de los registros

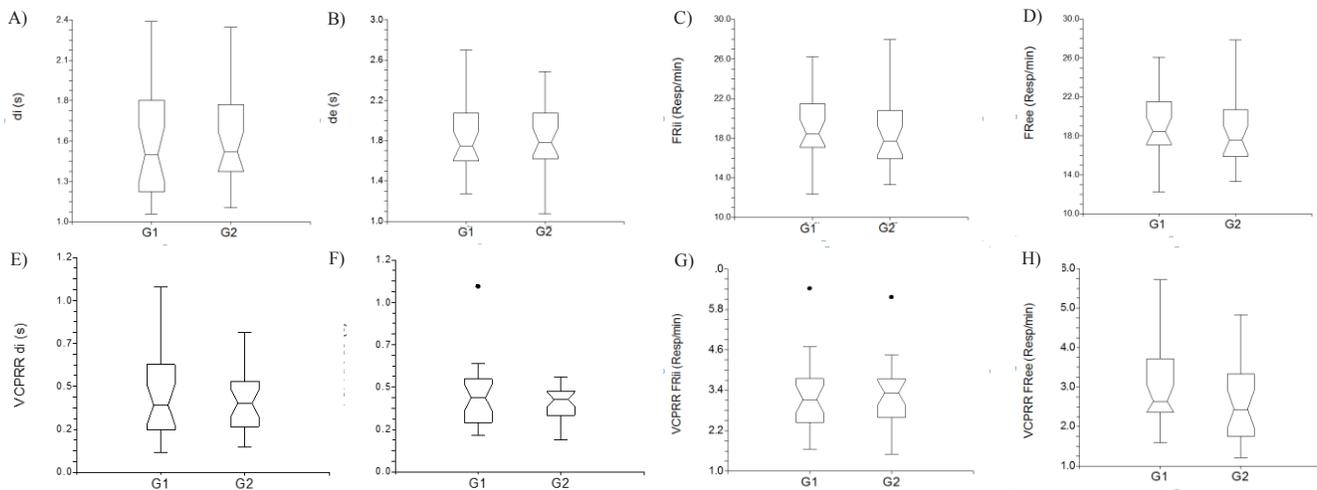


Fig. 4. Gráficas de cajas de los parámetros  $d_i$  (A),  $d_e$  (B),  $FR_{ii}$  (C),  $FRee$  (D), y  $VCP$  para cada uno (E, F, G, H). Resp/min= Respiraciones por minuto.

para G1 se realizaron en posición supina, el 7% en posición decúbito lateral izquierdo y el 4% en decúbito lateral derecho, mientras que para G2 los porcentajes fueron 52%, 19% y 22% para posición supina, decúbito lateral izquierdo y decúbito lateral derecho respectivamente. En este sentido se considera importante hacer un estudio complementario en el que se evalúe la influencia de la posición en los parámetros temporales del patrón respiratorio estudiados en el presente trabajo.

#### V. CONCLUSIÓN

Los parámetros temporales del patrón respiratorio  $d_i$ ,  $d_e$ ,  $T_{ii}$ ,  $T_{ee}$ ,  $FR_{ii}$ ,  $FRee$  y la variabilidad respiración a respiración de los mismos para una población de mujeres con embarazos de entre 21 y 26 semanas de gestación no es estadísticamente diferente a los encontrados en una población de mujeres con embarazos entre las 35 y 40 semanas de gestación. Los resultados obtenidos para la frecuencia respiratoria no coinciden con los reportados por Jensen *et al.* [5], en cuanto a la existencia de diferencias estadísticamente significativas y frecuencias respiratorias mayores para el embarazo a término, ya que en nuestros resultados se observa una disminución no significativa de dicho parámetro para el grupo de mujeres con embarazos de entre 35 y 40 semanas de gestación ( $18.55 \pm 0.63$ ) en comparación con los embarazos de 21 a 26 semanas ( $18.86 \pm 0.68$ ). En este sentido, cabe señalar que en el trabajo de Jensen *et al.* [5] no se encuentran diferencias estadísticamente significativas en otros parámetros respiratorios y se asocian a un desplazamiento en la sensibilidad al  $CO_2$  influido por la progesterona.

El hecho de no encontrar cambios significativos en parámetros del patrón respiratorio y considerando la gran influencia que tienen entre ellos los sistemas cardiovascular, respiratorio y nervioso, refleja la importancia de estudiar parámetros relacionados con el comportamiento cardiovascular de los mismos grupos de edad gestacional, como lo es el análisis de la frecuencia cardíaca y su

variabilidad de corto (o largo) plazo, para confirmar si existe una compensación cardíaca que contrarreste la demanda de oxígeno en la mujer.

#### BIBLIOGRAFÍA

- [1] M. C. McCormac, R. A. Wise "Respiratory Physiology in Pregnancy" en *Pulmonary Problems in Pregnancy* (Eds) G. Bourjeily K. Rosene-Montella, Ed. Humana Press product, 2009, pp. 19-26. ISBN: 978-1-934115-12-1.
- [2] O'Day, "Cardio-Respiratory Physiological Adaptation of Pregnancy". *Seminars in Perinatology*, vol. 21. No. 4, pp 268-275, Ago. 1997.
- [3] Milic-Emili J, "Recent advances in clinical assessment of control of breathing". *Lung* (1982);160:1-9.
- [4] E. Kolarzyk., W. Szot and J. Lyszczarz, "Lung function and breathing regulation parameters during pregnancy". *Arch Gynecol Obstet.* pp.53-58, 2005.
- [5] D. Jensen , K. A. Webb, L. A. Wolfe and D. E. O'Donnell "Effects of human pregnancy and advancing gestation on respiratory discomfort during exercise" *Respiratory Physiology & Neurobiology*, vol. 156, pp. 85-93, 2007.
- [6] M. J. Tobin, "Breathing pattern analysis". *Intensive Care Med.* pp 193-201, 1992.
- [7] M. R. Ortiz "Arritmia sinusal respiratoria fetal a lo largo del embarazo y su relación con movimientos respiratorios y bienestar fetales". Tesis de Doctorado en Ciencias Biológicas, UAM-Iztapalapa, México D.F., México, 2007.
- [8] M. A. Arellano "Extracción de parámetros respiratorios maternos a partir del fonograma abdominal: un estudio de la utilidad del análisis por componentes independientes". Tesis de licenciatura en Ingeniería Biomédica, UAM-Iztapalapa, México D.F., México, 2013.
- [9] Task Force of the European Society of Cardiology and the N.A.S. P. & E. "Heart Rate Variability: Standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use". vol. 17, pp .354-381, 1996.
- [10] D. Jensen, D. Ofirb and D. E. O'Donnella, "Effects of pregnancy, obesity and aging on the intensity of perceived breathlessness during exercise in healthy humans" *Respiratory Physiology & Neurobiology*, vol. 167, pp. 87-100, 2009.