



“CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2016”

Multidisciplinario

21 y 22 de abril de 2016, Cortazar, Guanajuato, México

TITULO: Efecto de la configuración de electrodos en la estimación del patrón ventilatorio obtenido por medio de impedancia eléctrica: Resultados preliminares.

M. Vargas-Luna¹, *francisco.vargas@ugto.mx*
J.M. Balleza Ordaz¹, *marco.balleza@fisica.ugto.mx*
M.R. Huerta-Franco², *huertafranco@hotmail.com*
I. Delgadillo Holtfort¹, *idelgadilloh@fisica.ugto.mx*
A. Cortez-Sánchez³, *cortez.alejandro35@gmail.com*
K. Mainwaring-Sanchez³, *houdinismagic2@hotmail.com*
P.G. Rodríguez-Arias³, *paola.rgz.arias@gmail.com*
S. Silva-Aguirre³, *silvana.sa00@gmail.com*
J.J. Picón-Lara¹. *piconlj2011@licifug.ugto.mx*

¹ *Departamento de Ingeniería Física DCI, CL Universidad de Guanajuato*

² *Departamento de Ciencias Aplicadas al Trabajo, DCS CL Universidad de Guanajuato*

³ *Universidad de Guadalajara en estancia de investigación en la Universidad de Guanajuato*



“CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2016”

Multidisciplinario

21 y 22 de abril de 2016, Cortazar, Guanajuato, México

Efecto de la configuración de electrodos en la estimación del patrón ventilatorio obtenido por medio de impedancia eléctrica: Resultados preliminares.

M. Vargas-Luna¹, J.M. Balleza Ordaz¹, M.R. Huerta-Franco², I. Delgadillo Holtfort¹, A. Cortez-Sánchez³, K. Mainwaring-Sanchez³, P.G. Rodríguez-Arias³, S. Silva-Aguirre³, J.J. Picón-Lara¹.

¹ *Departamento de Ingeniería Física DCI, CL Universidad de Guanajuato (mvargas@fisica.ugto.mx)*

² *Departamento de Ciencias Aplicadas al Trabajo, DCS CL Universidad de Guanajuato*

³ *Universidad de Guadalajara en estancia de investigación en la Universidad de Guanajuato*

Resumen: Se presenta el estudio del efecto de la configuración de electrodos como uno de los factores relevantes en el uso de la impedancia bio-eléctrica para la evaluación del Patrón Ventilatorio. Se obtienen resultados para 10 sujetos sanos utilizando dos configuraciones: electrodos laterales y electrodos verticales a la espalda. Se obtienen las ecuaciones de calibración y se encuentra que las variables dominantes para dichas ecuaciones en ambos casos son el IMC y la mesomorfia. El error en la estimación del volumen tidal en ambos casos es equivalente.

Summary: The study of the effect of electrode configuration, as one of the important factors in the use of bio-electrical impedance for evaluating the ventilatory pattern, is presented. It was considered 10 healthy subjects using two



“CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2016”

Multidisciplinario

21 y 22 de abril de 2016, Cortazar, Guanajuato, México

configurations: side electrodes and vertical electrodes on the back. Calibration equations are obtained showing that the main variables in these equations for both configurations are BMI and mesomorphy. The error in the estimation of tidal volume is equivalent in both cases.

Palabras clave: Patrón Ventilatorio, Impedancia bioeléctrica, Configuración de electrodos.

INTRODUCCIÓN

En la búsqueda de un método para una medición precisa, y no invasiva, del Patrón Ventilatorio, que no modifique la respiración normal del sujeto, se han probado diversas alternativas (v.g. Pletismógrafo, Impedancia bio-eléctrica, o metodologías clínicas visuales o acústicas). En el caso de la impedancia bio-eléctrica (que es una medida de la oposición total al flujo de corriente entre dos puntos del objeto de estudio), se han usado principalmente imágenes tomográficas para este fin. Los resultados de estas mediciones se comparan con los resultados de la técnica estándar (Neumotacómetro) y se estudia la influencia de factores antropométricos en dicha comparación [1]. Recientemente se ha propuesto el uso de la impedancia bio-eléctrica a 4 electrodos para un monitoreo de la región torácica que pueda ser relacionada con el patrón ventilatorio [2]. En este trabajo se continúa con el estudio de factores relevantes que influyen en esta alternativa de evaluación del patrón ventilatorio como lo es la configuración de electrodos y su relación con factores antropométricos globales como el IMC y el somatotipo.

Las ventajas del uso de la impedancia bioeléctrica es que es de fácil implementación, rápida, cómoda, no invasiva y poco costosa. La impedancia eléctrica es evaluada a través de 4 electrodos (dos de inyección de corriente y dos de medición de voltaje) situados en diferentes partes del tórax, en nuestro caso, la

“CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2016”

Multidisciplinario

21 y 22 de abril de 2016, Cortazar, Guanajuato, México

primera configuración de electrodos a estudiar es a nivel cutáneo en línea horizontal en los músculos laterales (serrato mayor y dorsal ancho) en una analogía con la posición de 4 de los electrodos de la configuración utilizada en tomografía, la segunda configuración de electrodos considerada es en una línea vertical, 4 electrodos a cada lado en la espalda (romboide mayor, redondo mayor, dorsal ancho) a nivel de los pulmones, en este caso se suman las contribuciones de cada pulmón. Los cambios de impedancia eléctrica reflejan los cambios de impedancia eléctrica de la caja torácica debido a la función respiratoria [Fig. 1].

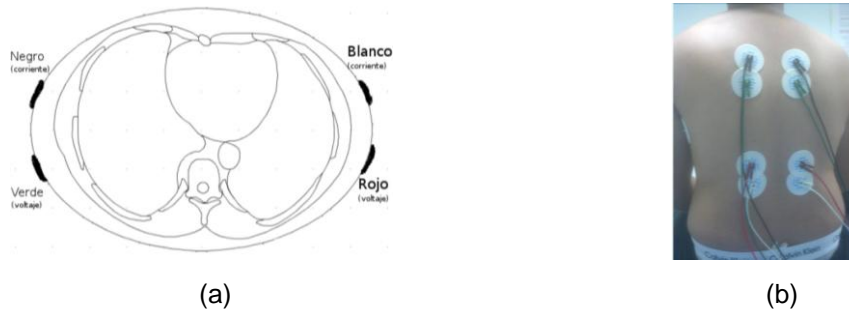


Figura 1. a) Configuración Lateral: inyección de corriente en electrodos delanteros y medición de voltaje en electrodos traseros. b) Configuración a la espalda, inyección de corriente en electrodos externos y medición de voltaje en electrodos internos..

La constante de proporcionalidad (A) entre el volumen inspirado o exhalado (ΔV) y los cambios en la impedancia eléctrica (ΔZ) que produce estos cambios de volumen de aire [Ec. 1], se relaciona con algunas variables antropométricas como pliegues cutáneos, circunferencias de la región torácicas, edad, peso, talla entre otras, es decir una ecuación de calibración estima el valor de esta contante A por medio de una relación múltiple de variables antropométricas [Ec. 2] [1,2].

$$A = \Delta Z / \Delta V \quad (1)$$



“CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2016”

Multidisciplinario

21 y 22 de abril de 2016, Cortazar, Guanajuato, México

A = A (Variables antropométricas) (2)

Es evidente que la configuración de electrodos determina la parte del volumen torácico que está siendo monitoreado principalmente así como el tejido que influye en dicha determinación. Así que la pregunta obvia es ¿Qué configuración de electrodos es la óptima para la estimación de la ventilación pulmonar?,

Por lo anteriormente expuesto, nuestra hipótesis de trabajo es que la Impedancia bioeléctrica es útil en la evaluación de la ventilación pulmonar comparada con metodologías convencionales como la neumotacometría independientemente de la configuración de electrodos utilizada. Así el objetivo de este estudio es observar si existen diferencias entre dos configuraciones de electrodos típicas en la determinación del volumen tidal en sujetos sanos. El fin último de este proyecto es brindar al paciente una técnica confortable y precisa, para la evaluación del patrón ventilatorio que dé la posibilidad de evaluación frecuente, continua y de ser posible ambulatoria.

METODOLOGÍA

Se evaluaron 10 voluntarios de sexo masculino, de entre 20 y 30 años clínicamente sanos por medio de un BIOPAC (MP150) y un módulo de neumotacómetro (TSD107B) para medir el patrón ventilatorio por medio del flujo respirado en tiempo real a través de la boca y utilizando una pinza nasal. Para la medición de la impedancia bio-eléctrica de la región torácica se utilizó un módulo de impedancia eléctrica para la configuración de electrodos laterales y dos módulos (uno para cada pulmón) en el caso de la configuración de electrodos verticales a la espalda. Los electrodos fueron colocados en posición horizontal en el sexto espacio intercostal abajo de las axilas o en la espalda en posición vertical (4 electrodos en cada pulmón), según la configuración descrita anteriormente.



“CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2016”

Multidisciplinario

21 y 22 de abril de 2016, Cortazar, Guanajuato, México

A cada sujeto se le realizó una evaluación somera de su condición física por medio de una entrevista y se evaluó su IMC y variables básicas de la parte torácica: circunferencias y pliegues. No se pidió ninguna condición previa a la medición.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las constantes de proporcionalidad (AL o AE para configuración de electrodos lateral y a la espalda respectivamente) pueden ser relacionadas (con significancia estadística $p < 0.05$) en una ecuación de calibración con las variables IMC y Somatotipo (Mesomorfia) tanto para la configuración de electrodos laterales [Ec. 3] como para la configuración de electrodos a la espalda [Ec. 4] con una constante de determinación ajustada (R^2_{aj}) similar para ambos casos

$$AL = 0.4 (\pm 0.3) - 0.232 (\pm 0.008) * IMC + 0.11 (\pm 0.03) * Meso \quad R^2_{aj} = 0.74 \quad (3)$$

$$AE = 0.3 (\pm 0.1) - 0.012 (\pm 0.003) * IMC + 0.03 (\pm 0.01) * Meso \quad R^2_{aj} = 0.75 \quad (4)$$

La bondad de estas ecuaciones de calibración se puede observar de varias formas. Por una parte la precisión con que estas ecuaciones estiman (A_{est}) el valor de las constantes de proporcionalidad real o medido (A_{med}) se puede observar en las ecuaciones 5 y 6 con constantes de determinación ajustada similar.

$$A_{medL} = -1.16 (\pm 0.05) + 1.0 (\pm 0.2) A_{estL} \quad R^2_{aj} = 0.78 \quad (5)$$

$$A_{medE} = -0.00 (\pm 0.02) + 1.0 (\pm 0.2) * A_{estE} \quad R^2_{aj} = 0.78 \quad (6)$$

Al evaluar el volumen tidal con estas constantes de proporcionalidad predichas por las ecuaciones de calibración y las mediciones de los cambios de la impedancia



“CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2016”

Multidisciplinario

21 y 22 de abril de 2016, Cortazar, Guanajuato, México

eléctrica, y compararlas con el volumen real medido por medio del neumotacómetro, observamos que la variación promedio (en proporción) es: $V_{difL}=0.01\pm 0.16$ para el caso de electrodos laterales y $V_{difE}=0.004\pm 0.17$ en el caso de electrodos a la espalda. No obstante esta de variabilidad presentan una desviación estandar de 0.16 para configuración de electrodos laterales y 0.17 para la configuración de electrodos a la espalda.

DISCUSIÓN

De los resultados podemos observar que las constantes de proporcionalidad son mayores en el caso de configuración de electrodos laterales. Lo anterior es debido a que la impedancia eléctrica medida en esta configuración es mayor que el caso de la suma de las impedancias medidas a la espalda, la configuración lateral monitorea la parte del pecho que presenta mayor grasa corporal. Esta misma situación se refleja en las ecuaciones 5 y 6 donde la pendiente de las relaciones entre A_{med} obtenida utilizando los datos del neumotacómetro y A_{est} , utilizando la ecuación de calibración, es igual a 1, pero existe una ordenada al origen diferente de cero para el caso de la configuración de electrodos laterales.

Las ecuaciones de calibración fueron estadísticamente significativas en ambos casos al utilizar las mismas variables antropométricas IMC y mesomorfia, variables que no habían sido consideradas en estudios previos y que reflejan la condición global de la antropometría del sujeto.

Finalmente, lo más importante es la predictibilidad del volumen tidal a partir de la impedancia eléctrica y las constantes de proporcionalidad estimadas con las ecuaciones de calibración. En nuestro caso el porcentaje de discrepancia es en promedio cercano a cero pero con una desviación estandar de 16 y 17 por ciento, es decir que con un 95 % de confianza estamos hablando de desviaciones de hasta del orden de 32% a 34%.



“CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2016”

Multidisciplinario

21 y 22 de abril de 2016, Cortazar, Guanajuato, México

CONCLUSIONES

La estimación del volumen tidal por medio de la impedancia eléctrica en hombres sanos es independiente de la configuración de electrodos, con desviaciones del volumen real en promedio cercanas a cero pero con fluctuaciones de hasta 34% en dicha estimación.

REFERENCIAS

1. M. Balleza-Ordaza, E. Perez-Alday, M. Vargas-Luna, J.P. Riu. Tidal volume monitoring by electrical impedance tomography (EIT) using different regions of interest (ROI): Calibration equations. *Biomedical Signal Processing and Control*. Volume 18, 1-408 (2015).
2. Pérez-Alday, E, Balleza-Ordaz, M, Riu, PJ, Vargas-Luna, M. Comparison between Electrical Impedance Tomography (EIT) and four-electrode impedance measurements for the tidal volume estimation. sometido para publicación