

Respuesta electrodérmica, pletismografía y tomografía por impedancia

Camilo Alvarez Bravo, Valentina Rodríguez, Jose Machado

Resumen—In this report, a bibliographic review is carried out about the techniques that allow, by means of measuring the variation of the impedance in time, to determine pathological factors associated to such change. Likewise, other applications are presented such as the generation of images or tomography by means of a "mapping" of the impedance in a specific volume conductor.

1. INTRODUCCIÓN

EL bioelectromagnetismo es una disciplina que examina los fenómenos eléctricos, electromagnéticos y magnéticos que surgen en los tejidos biológicos [?]. La interacción entre los campos electromagnéticos intrínsecos en la anatomía humana (debido a su composición química), con los campos electromagnéticos externos, suponen ciertas variaciones en las propiedades eléctricas de los tejidos. Una de estas propiedades que ha venido sumando interés a los investigadores a través de los años, es la medición de la impedancia del tejido vivo [2] y con ello, el esfuerzo e interés de la comunidad científica para medir y cuantificar las variaciones de esta [3]. La impedancia al paso de la corriente en algún tejido, como se mencionó, no es constante y varía principalmente por cambios en el volumen sanguíneo y otros procesos fisiológicos en el individuo [4]. Existen diversas metodologías para medir dichas variaciones en la impedancia de un tejido biológico cuando este presenta patologías, pero por lo general, el objetivo es que la técnica utilizada sea lo menos invasiva posible [3]. En este artículo, se abarcan las diversas técnicas y aplicaciones existentes en cuanto a este tema, se consideran las ventajas y desventajas de cada una y bajo qué parámetros son útiles o no.

2. MARCO TEÓRICO

A continuación, se presentan de manera breve y detallada cada uno de los métodos que se estudian en este documento.

2.1. Pletismografía por impedancia

Se conoce como pletismografía por impedancia, al método de determinación los cambios de volumen

en los tejidos del cuerpo; esto se realiza mediante la medición de impedancia eléctrica en la superficie del cuerpo.

A partir de la teoría de campo de plomo electromagnético, teniendo en cuenta que cualquier cambio en la conductividad de una región, produce una señal de impedancia, el cual conservara una relación proporcional entre la cantidad de corriente que fluye en la región estudiada.

Consideramos el análisis matemático para un conductor de volumen no homogéneo, cuya conductividad está en función de la posición. Se consideran los aportes de esta no homogeneidad, añadiendo términos a la solución, como tal aproximamos términos del volumen del conductor, tomándolo como un conjunto de regiones; las cuales son homogéneas, resistivas e isotrópicas, de lo cual se destaca que la intensidad del campo eléctrico se relaciona linealmente con la densidad de corriente. Un conductor de volumen no homogéneo puede dividirse en un número finito de regiones homogéneas, cada una con un límite. En estos límites tanto el potencial eléctrico como el componente normal de la densidad de corriente deben ser continuos. Llegando así a:

$$4\pi\sigma\Phi(r) = \int_V J_i \cdot \nabla\left(\frac{1}{r}\right)dv + \sum_J \int_S j(\sigma_j'' - \sigma_j')\Phi \nabla\frac{1}{r} \cdot dS_j \quad (1)$$

El primer término a la derecha describe la contribución de la fuente de volumen, y el segundo la contribución de las no homogeneidades dentro del conductor de volumen.

Para medir el cambio de impedancia se llega al razonamiento matemático, que conduce a esta relación entre los cambios de impedancia medidos y los cambios de conductividad dentro de un conductor de volumen [1], estableciendo así la ecuación 2.

$$\int_V \frac{1}{\Delta\sigma} J_{LE}(t_0) \cdot J_{LI}(t_1) dv \quad (2)$$

Puede aplicarse en un marco temporal más largo, para lograr reducir la incertidumbre sobre cómo varía a lo largo del corazón y el torso. Teniendo en cuenta la impedancia dada en los tejidos y la frecuencia a la que son expuestos, de ahí extraeremos la información que nos sea útil; esto se rige a partir de la (ecuación 25, 5), mostrando así el modelo de tres elementos de impedancia tisular que exhibe una única constante de tiempo.

2.2. Tomografía por impedancia

La tomografía por impedancia eléctrica utiliza el principio físico de la impedancia para evaluar diferentes propiedades tisulares [5]. Es un método de construcción de imágenes no invasivo que permite obtener una sección transversal plana de una estructura tridimensional [6]. Esta técnica hace uso del amplio espectro de valores de resistividad eléctrica que presentan los tejidos biológicos para realizar la construcción de una imagen representativa de los valores de resistividad que componen al órgano analizado.

Al igual que en la pletismografía de impedancia, también en la tomografía de impedancia se alimenta la corriente y se mide el voltaje a través de diferentes pares de electrodos para así evitar el error ocasionado debido a la impedancia del contacto [1]. Para llevar a cabo el proceso de reconstrucción de la imagen tomográfica se resuelve un problema de condiciones de contorno debido a que las mediciones de la tensión eléctrica se realizan con electrodos superficiales y no se obtienen datos de valores de impedancia interiores de forma directa.

Entre los métodos más conocidos para realizar la tomografía por impedancia se encuentran:

1. El método de Sheffield: Para realizar esta medición, se toman dos electrodos contiguos de los 16 aplicados y se inyecta una corriente en ellos que afectará a toda la superficie. En ese momento se toman mediciones de tensión de a pares adyacentes en el resto de los electrodos. Si suponemos que hemos aplicado la corriente en los dos primeros electrodos, se miden las tensiones ocasionadas entre el tercero y el cuarto, cuarto y quinto hasta el electrodo 15 y 16. Culminando así la primera estimulación y medición [7].
2. método de oposición: En este caso, la corriente se aplica en dos electrodos opuestos 180 grados y la medición se realiza a todos los electrodos

restantes tomando uno fijo como referencia. Este método ofrece una mejor distribución de la sensibilidad, al ser más uniforme el paso de la corriente por la región del cuerpo [8].

3. método cruzado o diagonal: En este método, la primera inyección de corriente se da entre dos electrodos no contiguos dejando uno sólo entre ellos. El electrodo intermedio es el electrodo 1, por lo que la corriente se aplica entre el electrodo 'n' y el 2. Una vez aplicada esta corriente se miden trece diferencias de potencial, todas referidas al electrodo 1 y con cada uno de los electrodos que han quedado libres.
4. método trigonométrico: En este método se inyecta la corriente en todos los electrodos y se mide la diferencia de potencial en todos los electrodos aplicados, manteniendo un electrodo como referencia. razón por la que se necesitan para 'n' electrodos, 'n/2' generadores de corriente. Las tensiones de contorno son medidas con respecto a un solo electrodo referido a tierra. Por lo que para 'n' electrodos se obtienen 'n-1' voltajes medidos. Para la siguiente medición se rotan las mediciones un electrodo. Una de las grandes desventajas de este método es la cantidad de generadores de corriente que se hacen necesarios.

2.3. Respuesta electrodérmica

La respuesta galvánica de la piel (GSR), también denominada actividad electrodérmica (EDA) y conductancia de la piel (SC), es la medida de las continuas variaciones en las características eléctricas de la piel. Nos enfocaremos en el fenómeno de la conductancia.

Para entender el fenómeno de conductancia, causada por la variación de la sudoración del cuerpo humano. La teoría tradicional del análisis de la respuesta galvánica de la piel está basada en la suposición de que la resistencia de la piel varía con el estado de las glándulas sudoríparas de la piel. La sudoración del cuerpo humano está regulada por el Sistema Nervioso Autónomo (SNA). En particular, si la rama simpática (SNS) del Sistema Nervioso Autónomo está muy excitada, la actividad de la glándula sudorípara también aumenta, lo que a su vez aumenta la conductancia de la piel, y viceversa. De esta forma, la conductancia de la piel puede ser una medida de las respuestas del Sistema Nervioso Simpático humano.

El interés en la conductancia entre los electrodos de la piel, generalmente colocados en la superficie palmar, surgió debido a la participación de las glándulas sudoríparas en esta medición. Dado que la actividad de las glándulas sudoríparas, a su vez, está controlada

por la actividad nerviosa simpática, esta medición se ha considerado como una forma ideal de controlar el sistema nervioso autónomo.

3. ANÁLISIS

Aquí se analizarán los resultados obtenidos por los tres métodos de aplicación de BME, teniendo en cuenta condiciones de las diferentes pruebas, para lograr una visión general y consideraciones entre las ventajas y desventajas.

Respecto a la pletismografía por impedancia de estos estudios se puede concluir, que la impedancia-cardiográfica, es una gran herramienta para conocer el gasto cardíaco relativo y las variaciones de volúmenes los tejidos del cuerpo que se puedan presentar, aunque hay que tener ciertas consideraciones respecto a los casos en los que se puede aplicar, ya que, en su recorrido histórico, nos muestra que, si se aplica en casos que presenten condiciones de hipoxia, drogas, maniobras de ventilación, entre otros, afectaría rotundamente el rendimiento de esta técnica.

Como ventaja este método nos brinda, impedancia no es invasiva e inofensiva, además de brindar tratamientos alternativos y menos rigurosos a los pacientes les garantiza un método eficaz y fiable.

Las aproximaciones realizadas para el tórax, respecto a tejidos y líquidos, nos permite una mejor estimación del planteamiento matemático, sin usar una generalización, lo que nos permite más adelante en estudios futuros tener nuestras propias consideraciones en el sistema, dependiendo de la naturaleza del paciente a tratar.

Ahora, en lo que respecta al estudio instrumental a través del análisis por tomografía de impedancia^[2] corresponde estudiar los fenómenos de impedancia^[3] junto con las técnicas existentes para el método. En el análisis tomográfico por impedancia junto con su^[4] aplicación para el análisis de reconstrucción de imágenes^[5] para aplicaciones biomédicas a partir de los datos^[6] se puede construir la imagen de la distribución de la impedancia eléctrica mediante el uso de ciertos^[7] algoritmos de reconstrucción. Para dicha aplicación^[8] corresponde la utilización de electrodos conductores a la piel del paciente para aplicar pequeñas corrientes alternas con el fin de medir el potencial eléctrico resultante y cuyo proceso implica repetibilidad para un número de configuraciones distintas de corriente aplicada.^[9]

Para la técnica de EDR, centramos el análisis en el área de la psicofisiología, relacionamos con los estudios en los que se desea una medida cuantitativa, para la caracterización de la actividad simpática, esta

técnica ha sido uno de los índices psicofisiológicos más empleado como correlato de procesos psicológicos, ya que desde el principio se ha relacionado con la emoción. Es una medida psicofisiológica dotada de un alto nivel de sensibilidad, lo indica los cambios cognitivos.

Sin embargo, no cabe duda de que la respuesta se produce a menudo a estímulos que dependen para su eficacia de su importancia fisiológica en contraposición a su intensidad física.

4. CONCLUSIONES

Aunque existen indicaciones de lo peligrosos que podrían ser los campos electromagnéticos, se les ha encontrado un beneficio en cuanto a la aplicación en los campos de la salud, los cuales nos muestran las respuestas positivas brindadas por estas ondas en estudios de baja intensidad.

Se evidenció, con los estudios previamente analizados, que la utilización de las técnicas de bioelectromagnetismo para aplicaciones médicas, brindan un diagnóstico efectivo, teniendo en cuentas las ventajas que brindan al no ser invasivos, con la aplicación de estas se lograría analizar todo más ampliamente.

La simplificación realizada para minimizar las consideraciones matemáticas en un sistema, son muy útiles para los fenómenos estudiados, pero para hacer válida su aplicabilidad, es necesario tener en cuenta los parámetros y consideraciones específicas para cada caso médico.

REFERENCIAS

- [1] https://www.researchgate.net/publication/321001434_Bioelectromagnetics
- [2] <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S00160032359003>
- [3] <file:///C:/Users/camil/Downloads/Dialnet-MedicionDeImpedanciaElectricaEnTejidoBiologicoRevi-5062987.pdf>
- [4] <file:///C:/Users/camil/Downloads/15-1-20-1-10-20170814>
- [5] <http://www.medicina-intensiva.com/2014/09/A197.html>
- [6] https://www.researchgate.net/publication/305636183_Tomografia_por_impedancia
- [7] Electrical Impedance Tomography. Webster J G. Adam Hilger Series of Biomedical Engineering, NY, USA, 1990
- [8]
- [9]