



XXII Seminario de Ingeniería Biomédica
Núcleo de Ingeniería Biomédica
Facultades de Medicina e Ingeniería
UdelaR.

Modalidades de uso de la EIT en el monitoreo torácico

Martín Arregui

Monografía vinculada a la conferencia del MSc. Ing. Eduardo Santos sobre Equipamiento para tomografía por impedancia eléctrica del 10 de junio de 2014

4rregui@gmail.com

Resumen. Esta monografía propone las posibles modalidades a ser implementadas en un tomógrafo capaz de monitorizar el edema pulmonar.

Se presentan las modalidades de “Impedancia global vs tiempo” en la cual se define un posible cálculo para la impedancia del corte de tórax del paciente y una gráfica muestra los cambios de la misma en función del tiempo. “Análisis de imagen por sectores” donde se le brinda la posibilidad de seleccionar distintos sectores de la tomografía y compararlos entre sí. “Análisis por contornos”, en este caso se le permite al médico seleccionar un contorno que rodee a los pulmones y de esta manera concluir si cada vez contienen más o menos agua, para crear el contorno se propone utilizar el método de regularización por variación total. y por último otros valores a tener en cuenta en el monitor del tomógrafo como lo son la impedancia máxima e instantánea y la pendiente de la gráfica envolvente a la impedancia global vs tiempo.

1. Introducción

Impetom es un conjunto de proyectos realizados en los últimos años que ataca la problemática de implementar un equipo de EIT para el seguimiento del edema pulmonar [1][2][3]. La intención de esta monografía es proponer posibles modalidades a ser implementadas en dicho equipo que permitan y faciliten el diagnóstico del médico al observar en monitor las imágenes obtenidas. Para esto, además del estudio de los proyectos realizados y los aportes del docente Eduardo Santos [5] en su tesis de maestría, se estudió también un equipo similar [6] existente en el mercado que utiliza la tomografía por impedancia eléctrica para realizar un monitoreo de la ventilación de los pacientes con respirador.

2. Desarrollo

2.1. Modalidad impedancia global vs tiempo

La circuitería de Impetom entrega un vector con datos de voltaje al partir del cual, mediante un método de reconstrucción, es posible calcular los diferentes valores que toma la impedancia en el corte axial del tórax. Estos valores de impedancia son los que permiten formar una imagen, de acuerdo a la malla que se utilice en el método de reconstrucción, dando una tonalidad diferente a cada punto de la malla en pantalla. No obstante es posible representar la totalidad de la impedancia en un solo valor, utilizando por ejemplo una malla con un solo punto interior. De esta manera se podría definir una idea de impedancia global la cual permite obtener información valiosa para el médico a la hora de evaluar la evolución del edema pulmonar.

La modalidad impedancia instantánea vs tiempo propone realizar un estudio global a los datos obteniendo una idea de impedancia total del tórax, la cual se relaciona directamente con el volumen pulmonar.

Esta idea global de impedancia puede expresarse en una gráfica visible para el médico. Aplicado a un paciente lo que se espera observar es una gráfica oscilatoria de amplitud variable conforme a los ciclos respiratorios del individuo. Evaluando la envolvente de esta gráfica es posible mostrar en pantalla la evolución en el tiempo de la impedancia eléctrica lo cual se relaciona directamente con el aumento en la capacidad pulmonar y por lo tanto se traduce en la evolución del edema de pulmón.

Gráficas de impedancia global han sido utilizadas en productos similares que aplica la EIT. En la figura 1 se muestra un ejemplo donde se utiliza este concepto de impedancia global para mostrar cambios de volumen pulmonar de fin de espiración (EELV) luego de una maniobra de reclutamiento.

Una ventaja de esta información es que no depende de la imagen propiamente dicha, la cual como es sabido tiene muy baja definición. La gráfica envolvente puede ser exhibida en pantalla junto a la imagen de tomografía como un dato adicional que ilustre la evolución del paciente. La figura 2 ilustra el concepto mostrando una gráfica de datos ficticios de impedancia que oscilan variando gradualmente su amplitud simulando un paciente que recupera su capacidad pulmonar.

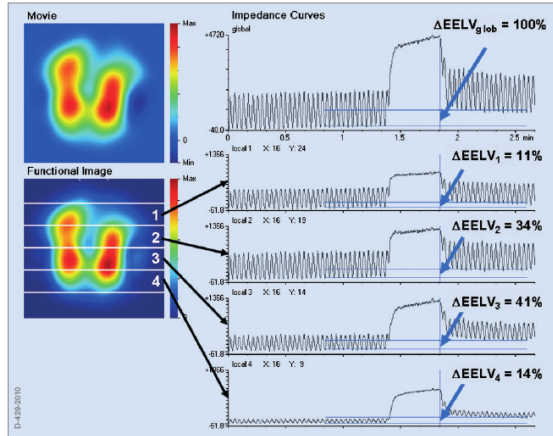


Figura 1: Ejemplo de gráficas de impedancia global vs tiempo utilizadas para observar cambios de EELV en PulmoVista500 [6].

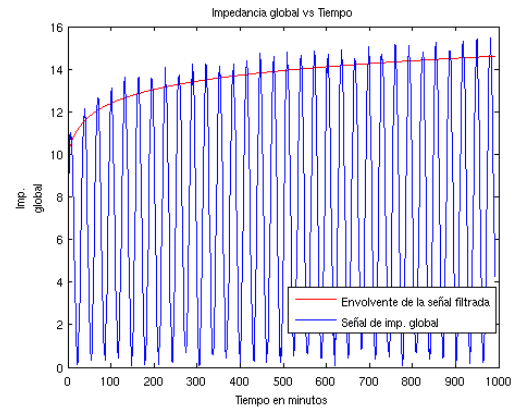


Figura 2: Ejemplo de gráfica ficticia impedancia global contra el tiempo. La envolvente crece de forma logarítmica.

2.2. Modalidad análisis de la imagen por sectores

La modalidad análisis de la imagen por sectores permite al médico realizar un estudio de zonas en los pulmones donde se localiza la enfermedad. Para realizar dicho análisis el médico debería poder seleccionar un área de la cual sospecha esta enferma (menor impedancia de la que debería tener), y compararla contra un área donde sabe que esta sano (por ejemplo una zona de máxima impedancia).

Puede exhibirse el valor porcentual del área seleccionada enfermo/sano, ó, mejor dicho, que tan diferente es, porcentualmente hablando, la impedancia total de el área seleccionada contra un área patrón también elegida por el médico.

Todo lo anterior debe ser realizado con la imagen “pausada” en un cierto estado de los pulmones, por ejemplo en un instante de inspiración máxima y, puede ser interesante para el doctor volver un determinado tiempo después y repetir el análisis para observar la evolución. Para esto puede ser útil la información de impedancia global eligiendo la imagen pausada tal que esta tenga similar proporción de impedancia global máxima. Por ejemplo, el instante de máxima inspiración será aquel cuya impedancia global sea también máxima.

En PulmoVista500, artefacto que monitoriza la ventilación del paciente, la imagen se divide en 4 cuadrantes, permitiéndole al médico observar si los pulmones se cargan en similar proporción de aire, ya que de no ser así el doctor deberá ejecutar las llamadas maniobras de reclutamiento para corregirlo. La figura 3 extraída de la documentación del equipo en cuestión muestra un ejemplo de esto mismo.

En la figura 4 se ejemplifica, con datos ficticios, la herramienta propuesta.

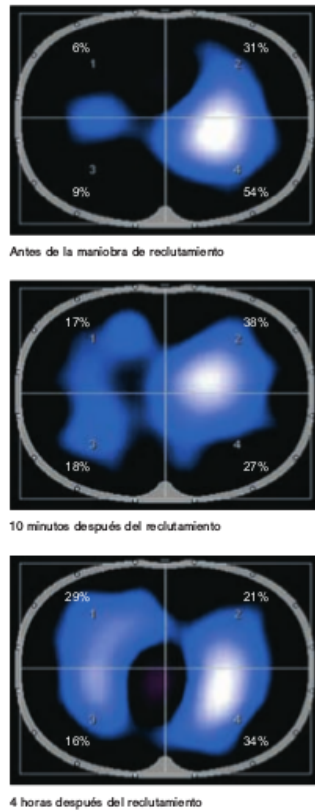


Figura 3: Ejemplo de como PulmoVista500 [6] expresa la evolución del paciente por cuadrantes.

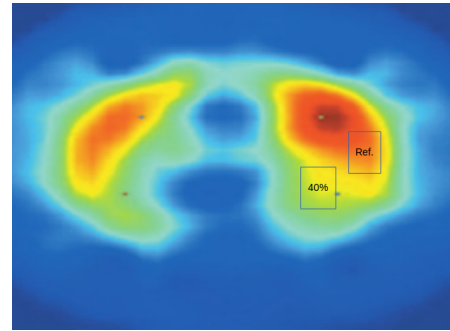


Figura 4: Ejemplo ilustrativo de uso de la modalidad de análisis por sectores. En la figura se observa el sector seleccionado expresa una similitud de un 40 % con respecto del sector de referencia en su impedancia. La imagen de EIT fue tomada de la documentación de PulmoVista500 [6].

2.3. Modalidad análisis de la imagen por contornos

Otra modalidad útil para observar evolución del paciente, es con una herramienta detectora de contornos. Con dicha modalidad es posible delimitar el área ocupada por el aire.

La modalidad permite marcar, en cierto instante de la respiración, en la pantalla un borde de impedancia alta/baja. Dicha marca permanece estática y se vuelve a comparar luego de un tiempo con los pulmones en el mismo estado. De esta manera se logra ver si la baja impedancia ha invadido la zona rodeada del contorno, (el paciente empeora) ó, si de lo contrario la alta impedancia ha escapado del contorno (el paciente presenta mejoría).

Una posible implementación de la herramienta detectora de contornos es con el método de regularización por variación total expuesto en la conferencia “Equipamiento para tomografía por impedancia eléctrica” [4]

2.4. Otros valores relevantes

Además de contar con las herramientas propuestas anteriormente, valores relevantes para el análisis de la imagen pueden ser mostrados en pantalla. De esta manera se puede simplificar el trabajo del doctor, al punto de que con tan solo una “ojeada” al monitor de Impetom, el médico pueda detectar lo que esta ocurriendo en el paciente.

Valores útiles a exhibir pueden ser como por ejemplo, el valor medio instantáneo de impedancia y ultimo máximo alcanzado en determinada cantidad de minutos configurable por el médico. También un valor que represente la pendiente de la gráfica envolvente de la impedancia global contra el tiempo.

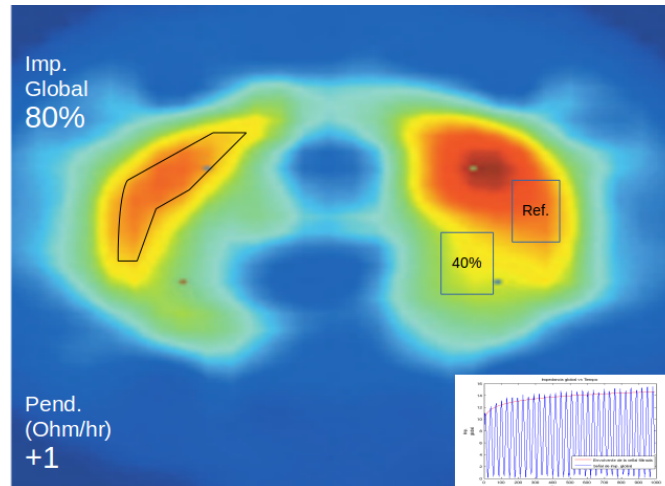


Figura 5: Ejemplo de posible vista a monitor de Impetom donde todas las modalidades descritas han sido implementadas.

3. Conclusiones

Se han analizado las posibles modalidades que podría implementar un tomografo dedicado al seguimiento de la evolución del edema pulmonar como lo es el proyecto Impetom. Si bien todas las modalidades expuestas refieren al mismo problema, (conocer la proporción de agua respecto el aire que se encuentra en el tórax de un individuo) todas ellas actúan de una manera diferente para obtener la información y es en su uso conjunto en el cual creo, se encuentra una gran herramienta de monitoreo.

4. Bibliografía

Referencias

- [1] Adriana Ferreira and Alfredo Rodríguez. IMPETOM-C. *Documentación de proyecto de fin de carrera*, 2002.
- [2] Santiago González and Andrés Liguori. IMPETOM. *Documentación de proyecto de fin de carrera*, 2005.
- [3] Raúl Hartmam, Jorge Lobo, and Mateo Ruétalo. IMPETOM-I. *Documentación de proyecto de fin de carrera*, 2002.
- [4] Eduardo Santos. Equipamiento para tomografía por impedancia eléctrica. *Seminario de ingeniería biomédica*, 2014.
- [5] Eduardo Santos and Franco Simini. Comparison of electrical impedance tomography reconstruction techniques applied to IMPETOM system. In *13th IEEE International Conference on BioInformatics and BioEngineering*, pages 1–4. IEEE, November 2013.
- [6] Eckhard Teschner and Michael Imhoff. Tomografía de impedancia eléctrica: la monitorización de la ventilación regional hecha realidad. *Draeger - PulmoVista500*, 2012.