

Nuevas metodologías de análisis cuantitativo en Ecocardiografía

M. J. Ledesma*, N. Malpica*[§], A. Santos*, J. C. Antoranz[§], M. A. García-Fernández[§], M. Desco[§]

* ETS Ingenieros de Telecomunicación, Universidad Politécnica de Madrid

[§] Hospital General Universitario Gregorio Marañón de Madrid

[§] Dpto. Física Matemática y Fluidos, Universidad Nacional de educación a Distancia, Madrid

e-mail: desco@mce.hggm.es

Resumen

Los recientes y numerosos avances en las técnicas de ecocardiografía han supuesto que los métodos de análisis cuantitativo sean una herramienta fundamental para el diagnóstico cardíaco. En este artículo se presentan nuevas metodologías de análisis cuantitativo orientadas dos técnicas de creciente interés en los últimos años: la ecocardiografía Doppler de tejidos y la ecocardiografía de contraste. Se describen diferentes niveles de procesado, desde la cuantificación básica hasta la obtención de imágenes paramétricas, que aportan valiosa información para el diagnóstico de la cardiopatía isquémica.

1. Introducción

La evolución de las técnicas ecocardiográficas en los últimos 10 años ha revolucionado la metodología de análisis de los estudios ecocardiográficos, de tal manera que la cuantificación se ha convertido en una herramienta fundamental para el diagnóstico. Cabe destacar entre estas nuevas técnicas la imagen de Doppler de Tejidos [1-2], y los estudios de la perfusión miocárdica con ecopotenciadores o ecocardiografía de contraste [3]. En ambos casos la cuantificación es necesaria para apoyar la información visual con parámetros cuantitativos que permitan realizar un diagnóstico fiable y objetivo, especialmente en la cardiopatía isquémica [4].

Dentro de los tipos de análisis cuantitativo que se pueden realizar sobre las imágenes de ecocardiografía resulta de especial interés el estudio de la evolución temporal de los parámetros que reflejan la función cardíaca, la extracción de nuevos parámetros con relevancia diagnóstica y el desarrollo de nuevas metodologías de análisis que permitan realizar estudios comparativos entre pacientes de forma objetiva.

Como resultado del trabajo realizado en los últimos años en nuestro grupo se han desarrollado nuevas metodologías de análisis cuantitativo para las imágenes de Doppler de Tejidos (DTI) y para estudios de perfusión con ecopotenciadores.

2. Ecocardiografía Doppler de Tejidos

La ecocardiografía Doppler de tejidos es una técnica reciente que aporta información sobre la velocidad de los tejidos a diferencia de la ecografía Doppler convencional que aporta información sobre la velocidad del flujo sanguíneo. En esta sección se describen métodos de análisis para extraer parámetros cuantitativos que permitan analizar la información de velocidad objetivamente y que son aplicables a imágenes modo M y secuencias bidimensionales (2D).

Filtrado

La cuantificación de la velocidad de la pared cardíaca mediante imágenes de Doppler de Tejidos requiere en primer lugar un preproceso que reduzca un artefacto típico de estas imágenes, los *black spots* o agujeros negros. El diseño más adecuado del filtrado de este tipo de artefactos se ha hecho mediante la caracterización de las distintas fuentes de ruido en estas imágenes. Como consecuencia se ha diseñado un filtro de mediana selectivo cuyos resultados se pueden observar en la figura 1.

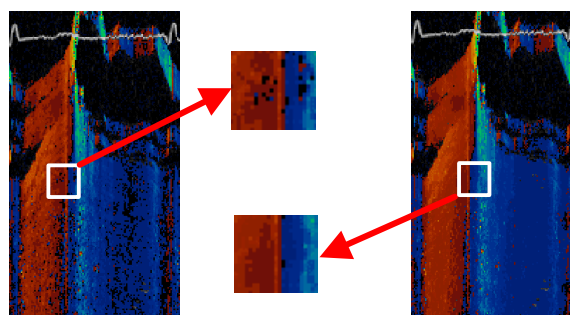


Fig. 1. Filtrado selectivo del artefactos en una imagen de Doppler de tejidos modo M. Izqda: Imagen original. Dcha: Imagen filtrada.

Definición de Regiones Anatómicas

Una vez filtrada la imagen se realizan diversos análisis de cuantificación básica como el análisis a lo largo del tiempo de regiones anatómicas de interés o la extracción de perfiles de velocidad que pongan de manifiesto las diferencias de comportamiento funcional de las diversas zonas del corazón [5]. El desarrollo de herramientas que

permitan la delimitación de regiones adaptadas a la anatomía cardíaca es muy importante ya que va a determinar el éxito del proceso de cuantificación. Dentro de nuestra propuesta para la metodología de cuantificación de imágenes de modo M de DTI, se ha desarrollado una herramienta que facilita la delimitación de los bordes epicárdico y endocárdico, así como su división en varias capas intramiocárdicas. Por otra parte se ha considerado de gran utilidad que esta segmentación se realice sobre la imagen en niveles de gris convencional, para posteriormente exportarla a la imagen de DTI (figura 2).

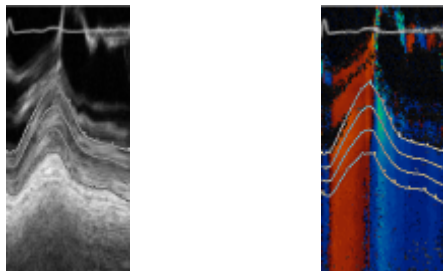


Fig 2. Definición de Regiones de Interés anatómicas. **Izqda.** Imagen en niveles de gris. **Decha.** Imagen DTI.

Análisis Temporal

Como resultado de la cuantificación de las distintas regiones anatómicas se obtienen curvas de la evolución temporal de la velocidad en la pared miocárdica que son analizadas mediante técnicas de correlación cruzada con la sístole mecánica ideal o técnicas de Fourier para obtener parámetros cuantitativos significativos sobre la funcionalidad de cada segmento de la pared cardíaca. En la figura 3 se representan las curvas de evolución temporal de la velocidad en las distintas capas intramiocárdicas y del gradiente intramiocárdico. Superpuesta se representa la sístole mecánica ideal que se utiliza como referencia en el cálculo de la correlación cruzada. El coeficiente de correlación cruzada mostrado C.C.=0.84 corresponde con el valor de dicho análisis para la capa endocárdica.

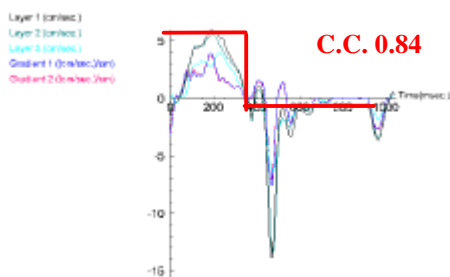


Fig 3. Curvas de evolución temporal de la velocidad en las distintas capas intramiocárdicas y del gradiente transmural.

Análisis Paramétrico

Otro área de estudio es la obtención de nuevos parámetros de importancia funcional a partir de estas imágenes.

Uno de los parámetros más relevantes que se pueden obtener de las imágenes de modo M, es el gradiente de velocidad transmural intramiocárdico [9-10]. Este parámetro se define como la derivada espacial en la dirección transmural y aporta información sobre la contractilidad y el engrosamiento de la pared cardíaca.

Por otra parte, otra metodología de análisis se basa en el cálculo de imágenes paramétricas de tasa de contractilidad o *Strain Rate* [11-12], a partir de secuencias DTI 2D. El proceso de obtención de estas imágenes consiste en calcular la derivada espacial de la velocidad en la dirección correspondiente a los distintos los haces de ultrasonidos. Este proceso se simplifica mediante un paso intermedio de transformación a coordenadas polares (figura 4).

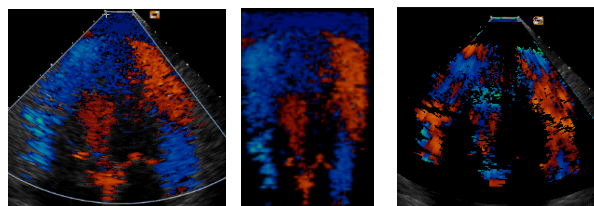


Fig 4. Etapas del cálculo de la imagen de *Strain Rate*. **Izqda:** Imagen Original. **Medio:** Imagen en Coordenadas Polares. **Derecha:** Imagen resultante de *Strain Rate*.

3. Ecocardiografía de Contraste

Otro avance reciente en ecocardiografía es la posibilidad de estudiar la perfusión miocárdica, mediante el uso de ecopotenciadores. En este tipo de estudios se emplean técnicas específicas de adquisición, entre las que podemos destacar los estudios mediante técnicas destructivas de imagen continua e imagen intermitente con Energía Doppler, y los estudios producidos por técnicas no destructivas de pulso invertido mediante señales de bajo índice mecánico [3]. El número de imágenes obtenido en ambos casos es muy alto, haciéndose imprescindible el uso de herramientas cuantitativas para poder extraer parámetros concretos que apoyen el diagnóstico de la viabilidad miocárdica.

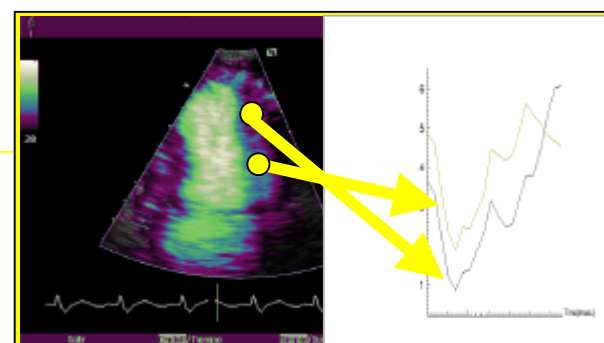


Fig 5. Evolución de dos regiones de interés con distinta perfusión y reperfusión miocárdica en una imagen bidimensional de Energía Doppler con ecopotenciadores.

El análisis temporal de regiones de interés es muy interesante, así como la extracción de parámetros indicativos de la perfusión, como son el tiempo de

reperusión de las distintas zonas, o el retardo entre la replección de la cavidad con respecto a los distintos segmentos del miocárdico, etc. En la figura 5 se representa la evolución temporal de la energía Doppler en dos segmentos con diferentes niveles de perfusión. Por otra parte técnicas de imagen intermitente con fase destructiva y de reperusión (Cadence™ ACUSON®) permiten la obtención de imágenes paramétricas que indican más claramente las diferencias de la perfusión y reperusión de los segmentos miocárdicos y que pueden suponer una alternativa a los métodos isotópicos de análisis de la perfusión (figura 6).

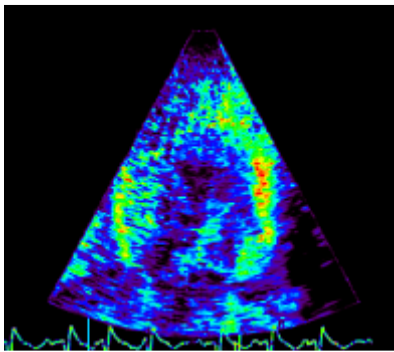


Fig 6. Imagen sustracción extraída de una secuencia bidimensional con Cadence. Representa la reperusión de las distintas zonas del miocardio después de una fase destructiva.

La mayoría de estos procesos necesitan de la corrección o seguimiento del movimiento cardíaco para poder realizarse con exactitud. En la figura 7 se presenta un análisis de cuantificación de un estudio de perfusión miocárdica mediante ecopotenciadores con técnicas de inversión de fase y bajo índice mecánico. Se puede observar en esta gráfica la evolución de la cantidad de contraste en el septo a lo largo de varios ciclos. Se remarca el intervalo de tiempo de la fase destructiva.

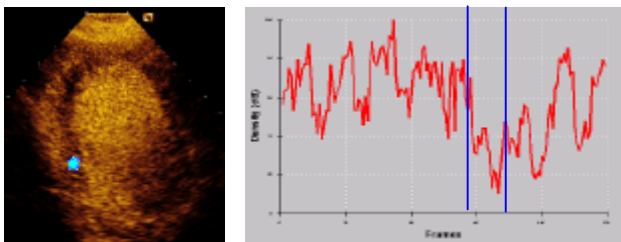


Fig. 7. Cuantificación de un estudio con contraste mediante técnicas de pulso invertido y bajo índice mecánico .

7. Conclusiones

La obtención de parámetros clínicamente relevantes mediante ecocardiografía ha dado lugar a nuevas técnicas y metodologías de análisis. En este artículo se han propuesto varias que han dado lugar al desarrollo de una herramienta software completa para el análisis de imágenes DTI modo M, así como a otros dos prototipos para análisis de imágenes 2D, uno para estudios DTI y otro para secuencias de perfusión.

Estas herramientas están actualmente instaladas en varios centros sanitarios de Europa y Estados Unidos, y se está completando una primera fase de evaluación clínica.

Referencias

- [1] M.A García-Fernández., J. L. Zamorano, J. Azevedo, *Doppler Tissue Imaging*, McGraw-Hill, New York, 1997.
- [2] N. Yamazaki, Y. Mine, A. Sano, et al. "Analysis of Ventricular Wall Motion Using Color-Coded Tissue Doppler Imaging System". *Japan J Appl Physics* Vol.33, 1994, pp. 3141-3146.
- [3] M.A. Garcia-Fernandez, J.L. Zamorano. *Práctica de la Ecocardiografía de contraste*. Ene Ediciones S.L. Madrid, 1999.
- [4] M. Desco, J.C. Antoranz, M.A: García-Fernández. et al., "Ischemic disease assessment through quantitative Doppler tissue imaging". In: *Computer Assisted Radiology* ed. by H.U. Lemke, M.W. Vannier and K. Inamura, CAR'97. Berlin: Elsevier Scie., Amsterdam, 1997, pp. 169-172.
- [5] M. Desco, J.C. Antoranz, M.A. García-Fernandez. "Quantitative Analysis of Colour-Coded Doppler Tissue Images." In: *Computer Assisted Radiology* ed. by H.U. Lemke MWV, K. Inamura and A.G. Farman, CAR'96. Paris: Elsevier Scie., Amsterdam, 1996, pp. 1004.
- [6] M.A. García-Fernandez., J.Azevedo, J. Guinea, et al. "Time to peak intramiocardial early relaxation velocity of the left ventricular edocardium by color Doppler Tissue Imaging as a new index of regional diastolic ischemic dysfunction." *European Heart Journal*. Vol. 17 (Suppl.), 1996, pp.566.
- [7] M.J. Ledesma-Carbayo, N. Malpica, M. Desco et al. "Quantitative Intramyocardial M-Mode DTI Analysis". *Proc. of First Int'l Workshop on Image and Signal Processing and Analysis* (EURASIP and IEEE), June 2000, pp. 133-138. Pula (Croacia).
- [8] M.J. Ledesma, A. Santos, M. Desco et al. "Quantitative DTI: Phase Assessment of Myocardial Velocity Patterns". *Phys. Medica*, vol. XV, no. 3, Jul-Sep. 1999, pp. 202-203..
- [9] A. Fleming, X. Xia, W. McDicken et al. "Myocardial Velocity Gradients Detected by Doppler Imaging System". *British J Radiology* Vol. 67 1994, pp. 679-88.
- [10] M. Uematsu, K. Miyatake, N. Tanaka et al. "Myocardial Velocity Gradient by tissue doppler study". *J of Am Coll Cardiol*, vol. 26, no. 1, 1995, pp: 2223.
- [11] A. Heimdal, A. Stoylen, H. Torp, T. Skjaerpe. "Real-Time Strain Rate Imaging of the Left Ventricle by Ultrasound". *J. Am. Soc Echocardiogr* , vol. 11, 1998, pp.1013.
- [12] R. Garcia, M.A. Garcia-Fernandez, P. Puertas, M. Moreno, J. Bermejo, M.J. Ledesma, N. Malpica, M. Desco "Right Ventricle Strain Rate: a new way of characterising right ventricular myocardium ", *Congress of the American College of Cardiology* 2000. (En prensa).