

Influencia del infarto de miocardio en la respuesta mecánica pasiva ventricular: aplicación a dos modelos de infarto frecuentes

Nicolás Laita¹, Alejandro Aparici¹, Ming Wu³, Stefan Janssens³, Miguel Ángel Martínez^{1,2}, Manuel Doblare^{1,2} and Estefanía Peña^{1,2}

¹ Instituto de Investigación en Ingeniería de Aragón (I3A), Universidad de Zaragoza, España.

² Centro de Investigación Biomédica en Red en Bioingeniería, Biomateriales y Nanomedicina (CIBER-BBN), España.

³ Department of Cardiovascular Sciences, University of Leuven, Belgium

e-mail: nlaita@unizar.es

Resumen

Se ha llevado a cabo una caracterización biaxial de las propiedades mecánicas pasivas del miocardio tras dos modelos de infarto distintos (LCfx y LDes). Se observó que la rigidez del tejido infartado aumenta proporcionalmente al grado de infarto, con valores similares entre LCfx y LDes. Se observó una respuesta anisótropa en LCfx y una respuesta prácticamente isotropa en LDes.

Introducción

La respuesta mecánica pasiva del miocardio ha sido ampliamente estudiada durante décadas, tanto en condiciones fisiológicas como patológicas, como puede ser el caso del infarto de miocardio. Este se define como una hipoxia del tejido cardíaco debida a la obstrucción de una de las arterias coronarias y genera variaciones drásticas de las propiedades del miocardio, tanto desde un punto de vista mecánico como electrofisiológico. Mecánicamente, el tejido sufre una pérdida total de sus propiedades contráctiles, así como un endurecimiento significativo de su respuesta pasiva [1-2]. Además, se ha demostrado que la localización del infarto y las deformaciones locales a las que el tejido está sometido tienen importantes implicaciones en la respuesta final del tejido infartado [2]. Siguiendo esta línea, hemos realizado una caracterización experimental de las propiedades pasivas del miocardio tanto en estado fisiológico como infartado. Hemos analizado dos de los modelos de infarto de miocardio más frecuentes, como son el infarto en arteria coronaria circunfleja izquierda (LCfx) y el infarto en arteria coronaria descendente izquierda (LDes). El objetivo de esta investigación es cuantificar el impacto del infarto en la respuesta mecánica del tejido, así como analizar las diferencias entre ambos modelos de infarto.

Métodos

Se realizaron ensayos biaxiales en muestras biopsiadas paralelas al epicardio provenientes de la pared libre del ventrículo izquierdo (LVFW) [3]. Para el modelo LCfx, las muestras se obtuvieron en la región antero-medial (AM) del LVFW, mientras que para el modelo LDes, las muestras se obtuvieron en la región antero-apical (AA). Se analizaron un total de 5 animales para cada modelo de infarto, así como 5 animales control para cada infarto (LDes-C y LCfx-C, respectivamente) en los que caracterizamos tejido sano en la misma zona donde aparecía el infarto en el estado patológico. En los animales LDes, obtuvimos un infarto transmural en toda la zona AA en todos los animales, por lo que se obtuvieron muestras biaxiales de tejido totalmente infartado (LDes-FIT). En los animales LCfx obtuvimos diferentes tipos de infartos en la zona MA que iban desde: (i) tejido ligeramente infartado, dando lugar a una zona MA formada principalmente por tejido transicional (LCfx-TT); (ii) tejido parcialmente infartado dando muestras localmente infartadas (LCfx-LIT) y (iii) tejido completamente infartado, similar a LDes (LCfx-FIT).

Resultados

La Figura 1 muestra los resultados medios de los ensayos equibiaxiales a una deformación del 20%. En los animales LCfx se observó que la rigidez del tejido aumenta con el porcentaje de infarto, obteniendo una respuesta ligeramente más rígida en TT que en C, seguido de las muestras LIT y, por último, alcanzando el mayor nivel de tensión en las muestras FIT. Los resultados de LDes coinciden con los de los animales LCfx, tanto para el grupo control como para el grupo FIT, siendo del mismo orden de magnitud. Sin embargo, aunque los resultados entre infartos son similares en cuanto al nivel de estrés, se observan diferencias significativas en cuanto a la anisotropía entre LDes y LCfx, siendo LDes

significativamente más isotrópico, lo que concuerda con lo descrito en la literatura [2].

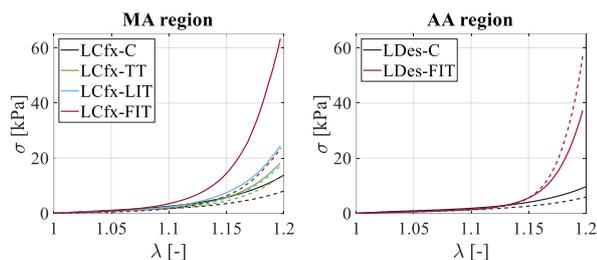


Figura 1: Resultados medios equibiaxiales al 20% de deformación. La línea continua representa la dirección de las fibras musculares (MFD) y la línea discontinua la dirección transversal a ésta (CFD).

Conclusiones

Se ha llevado a cabo un estudio experimental para analizar los efectos de dos tipos diferentes de infartos (LCfx y LDes) sobre las propiedades mecánicas pasivas del tejido ventricular. Nuestros resultados muestran un notable endurecimiento del tejido en el estado patológico, que es proporcional al grado de infarto alcanzado en cada animal. Además, hemos obtenido resultados consistentes entre LCfx y LDes, observando diferencias significativas en la anisotropía del tejido infartado entre ambos.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Comunidad Económica Europea a través del Proyecto BRAV3, C1-BHC-07-2019, H2020 y al Ministerio de Economía a través del proyecto PID2022-140219OB-I00.

REFERENCIAS

- [1]. FOMOVSKY, Gregory M.; HOLMES, Jeffrey W. Evolution of scar structure, mechanics, and ventricular function after myocardial infarction in the rat. *American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology*, 2010, vol. 298, no 1, p. H221-H228.
- [2]. FOMOVSKY, Gregory M.; ROUILLARD, Andrew D.; HOLMES, Jeffrey W. Regional mechanics determine collagen fiber structure in healing myocardial infarcts. *Journal of molecular and cellular cardiology*, 2012, vol. 52, no 5, p. 1083-1090.
- [3]. SOMMER, Gerhard, et al. Biomechanical properties and microstructure of human ventricular myocardium. *Acta biomaterialia*, 2015, vol. 24, p. 172-192.