

Influencia de la mecánica de la pared arterial en el crecimiento de placa de ateroma

Patricia Hernández-López¹, Nicolás Laita¹, Myriam Cilla Hernández¹, Miguel Ángel Martínez^{1,2} Estefanía Peña Baquedano^{1,2}

¹ Applied Mechanics and Bioengineering (AMB)
Instituto de Investigación en Ingeniería de Aragón (I3A)
Universidad de Zaragoza, Mariano Esquillor s/n, 50018, Zaragoza, Spain.
Tel. +34-976762707, e-mail: phernand@unizar.es

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

Resumen

En este trabajo se estudia la influencia de la mecánica de la pared arterial en el proceso de formación de placa de ateroma, teniendo en cuenta elementos como la porosidad y tortuosidad de la misma.

Métodos

La aterosclerosis es una de las principales causas de mortalidad en países desarrollados en la actualidad. Consiste en el depósito de sustancias en la pared arterial por determinadas causas, que provocan el aumento de espesor de la misma, con la consiguiente reducción del área del lumen de la arteria. Por esto, puede tener consecuencias muy serias y derivar en accidentes cerebrovasculares, isquemias o infartos de miocardio. Debido a sus consecuencias, es muy importante comprender el proceso de formación de placas de ateroma, así como qué elementos las provocan o tienen influencia en ellas.

Se ha empleado un modelo mecanobiológico desarrollado previamente por el grupo¹, con el cual se puede calcular el desarrollo de placas de ateroma en arterias, considerando multitud de sustancias que intervienen en el proceso, entre las que se encuentran tanto células como moléculas: LDL, LDL oxidado, monocitos, macrófagos, citoquinas, foam cells, células musculares contráctiles y sintéricas y fibras de colágeno.

Modelo mecanobiológico

Se ha empleado una geometría en dos dimensiones axisimétrica, en la cual se modelan el lumen y la pared arterial, así como una primera placa de ateroma ya generada en el vaso. Dicha placa actúa de obstáculo para el flujo sanguíneo, ocasionando perturbaciones en el mismo, que provocan el crecimiento de la placa de ateroma a estudiar.

El flujo sanguíneo a lo largo de la arteria se modela en estado estacionario empleando las ecuaciones de Navier-Stokes, y se realiza un inflado de la geometría con el mismo. El flujo de plasma que tiene lugar desde el lumen hacia la pared arterial se calcula empleando el modelo de los 3 poros² y la ley de Darcy. El comportamiento de todas las sustancias dentro de la pared arterial durante el desarrollo de la placa de ateroma, se modela mediante ecuaciones de convección-difusión-reacción. En función de la sustancia considerada, el término reactivo de la ecuación puede ser debido a distintos fenómenos, como oxidación, proliferación, segregación, diferenciación, degradación o apoptosis.

Finalmente, se calcula el crecimiento de la placa de ateroma con las concentraciones obtenidas mediante el proceso inflamatorio de cada una de las sustancias que aportan volumen a dicha placa.

Mecánica de la pared arterial

Para el estudio de la mecánica de la pared arterial, se ha realizado un modelo teniendo en cuenta la tortuosidad de la misma, la cual afecta a las moléculas de LDL y LDL oxidado y a los monocitos y macrófagos.

Se ha realizado otro modelo para estudiar la influencia de la porosidad en las concentraciones de LDL y LDL oxidado.

En la figura 1, se pueden observar los resultados de crecimiento de placa obtenido para un caso base, en el cual no se tienen en cuenta la tortuosidad ni la porosidad de la pared arterial (Figura 1.A), para el caso en el que se tiene en cuenta la tortuosidad de la misma (Figura 1.B), y para cuando se considera la porosidad (Figura 1.C).

En los resultados obtenidos, se ha apreciado que el modelo de tortuosidad tiene influencia sobre la

concentración de monocitos y macrófagos, pero apenas la tiene sobre el LDL y LDL oxidado. Por otra parte, las concentraciones de LDL y LDL oxidado se ven afectadas por la porosidad de la pared arterial. Finalmente, en el modelo mixto desarrollado se recoge la combinación de los efectos de la tortuosidad y la porosidad en el crecimiento de la placa de ateroma. Sin embargo, no se aprecian grandes cambios en el crecimiento total de la placa entre los tres modelos analizados.

Conclusiones

Se ha desarrollado un modelo computacional en el cual se estudia la influencia de la tortuosidad y la porosidad de la pared arterial sobre el crecimiento de la placa de ateroma. Si bien, estos dos elementos sí que afectan a las concentraciones de sustancias en la pared arterial, no se observa un gran cambio en el crecimiento de la placa de ateroma, por lo que se está

desarrollando un modelo multicapa más realista, para estudiar el efecto de ambas sobre dicho modelo.

centradas en la parte de abajo de la imagen o fotografía, mientras que la leyenda de las Tablas van centradas y ubicadas en la parte de arriba.

REFERENCIAS

- [1]. CILLA, M. PEÑA, E. MARTÍNEZ, M.A. Mathematical modelling of atheroma plaque formation and development in coronary arteries. *J. R. Soc. Interface.* 11:201308661, 2014
- [2]. OLGAC, U. KURTCUOGLU, V. POULIKAKOS, D. Computational modeling of coupled blood-wall mass transport of LDL: effects of local wall shear stress. *Am. J. Physiol. Heart Circ. Physiol.* 294(2):909–919, 2008.

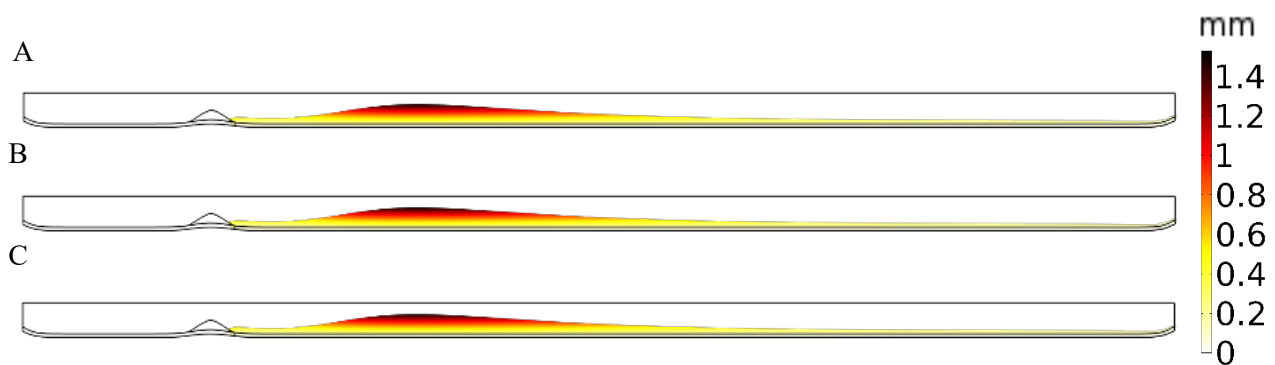


Figura 1. Crecimiento de placa de ateroma obtenido tras un tiempo total de 30 años, para el modelo base (Figura 1.A), modelo de tortuosidad (Figura 1.B) y modelo de porosidad (Figura 1.C)