

MATEMÁTICAS

QUE FLUYEN POR LAS VENAS

Por Francisco Otondo O.

Cristóbal Bertoglio, del Centro de Modelamiento Matemático, y su grupo en biomedicina numérica están desarrollando soluciones que combinen modelos matemáticos de fluidos e imágenes de resonancia magnética para permitir estimaciones más precisas de las características del flujo sanguíneo y menos invasivas para los pacientes que sufren problemas arteriales.

Los estrangulamientos en las arterias son la causa de infartos cardíacos y están presentes en una buena parte de las malformaciones cardiovasculares congénitas. Por eso, mejorar su diagnóstico es una preocupación para las ciencias, y para Cristóbal Bertoglio, investigador del Centro de Modelamiento Matemático (CMM).

Desde hace años, este ingeniero estructural viene aplicando el modelamiento matemático en la cardiología. Estos modelos replican la biomecánica del corazón y las arterias para realizar diagnósticos más completos y evaluar el impacto de terapias.

“Queremos estimar variables clínicamente relevantes y, en particular, saltos de presión de la sangre entre dos puntos de una arteria”, explica Bertoglio. “Si la arteria tiene un estrangulamiento, los médicos miden la diferencia de presión en los puntos que están antes y después de ese estrangulamiento. Y, en estos casos, la diferencia es mucho mayor que en una arteria sana”.

Pero hay problemas con los dos métodos utilizados en la actualidad para calcular esos saltos de presión. El uso de ultrasonido es poco preciso y sólo sirve como un primer acercamiento. La inserción de un catéter supera este defecto, pero exige anestesiarse al paciente, guiar la inserción de este dispositivo usando rayos X, blo-

quear un pabellón por horas y contar con un grupo médico.

Bertoglio y sus colaboradores –entre ellos Axel Osses, también del CMM, junto a estudiantes de doctorado de fluidodinámica y matemáticas– están desarrollando herramientas no invasivas que integran imágenes de resonancia magnética con los modelos matemáticos clásicos de dinámica de fluidos, las ecuaciones de Navier-Stokes Incompresibles.

“La resonancia magnética tiene la ventaja de ser una modalidad muy flexible que permite medir y observar una gran variedad de aspectos del sistema cardiovascular”, precisa Bertoglio. “Una de ellas es observar no sólo la anatomía de una arteria, sino también los campos de velocidades”, agrega.

Combinando estas medidas y las ecuaciones, se obtienen saltos de presión en la arteria observada. El problema es que la resonancia toma más tiempo que un ultrasonido o una tomografía computarizada. Por esto, la investigación del grupo desarrolla métodos que utilizan una menor cantidad de mediciones de velocidades para reducir el tiempo del paciente en el resonador, los costos y los tiempos de espera.

Y lo está haciendo de dos maneras. En la primera, la resonancia magnética mide el

campo de velocidad en tres dimensiones y los datos son procesados rápidamente con un método matemático más simple. El problema es que estas mediciones 3D exigen al paciente estar más tiempo en el resonador y, hasta el momento, se utilizan sólo a nivel de investigación. Sin embargo, el equipo ya ha desarrollado nuevos métodos de estimación de presión utilizando mediciones de una menor resolución que, por lo tanto, requieren menos tiempo de adquisición.

Hoy están validando experimentalmente los métodos junto al Centro de Imágenes Biomédicas de la Universidad Católica. Si la diferencia es poca, podrían realizar ensayos clínicos en pacientes reales.

El otro método utiliza mediciones de velocidad en planos 2D seleccionados de la arteria. Con estos datos, reconstruyen la presión y la velocidad en 3D. Estas mediciones 2D se ocupan en la clínica, pero la formulación matemática para estimar las diferencias de presión es mucho más compleja y costosa computacionalmente.

“Aquí, no vas a decirle al médico que te dé los mejores datos, sino los que él ya adquirió, y con ellos les daremos una información adicional que puede ser clínicamente valiosa”, concluye Bertoglio. 

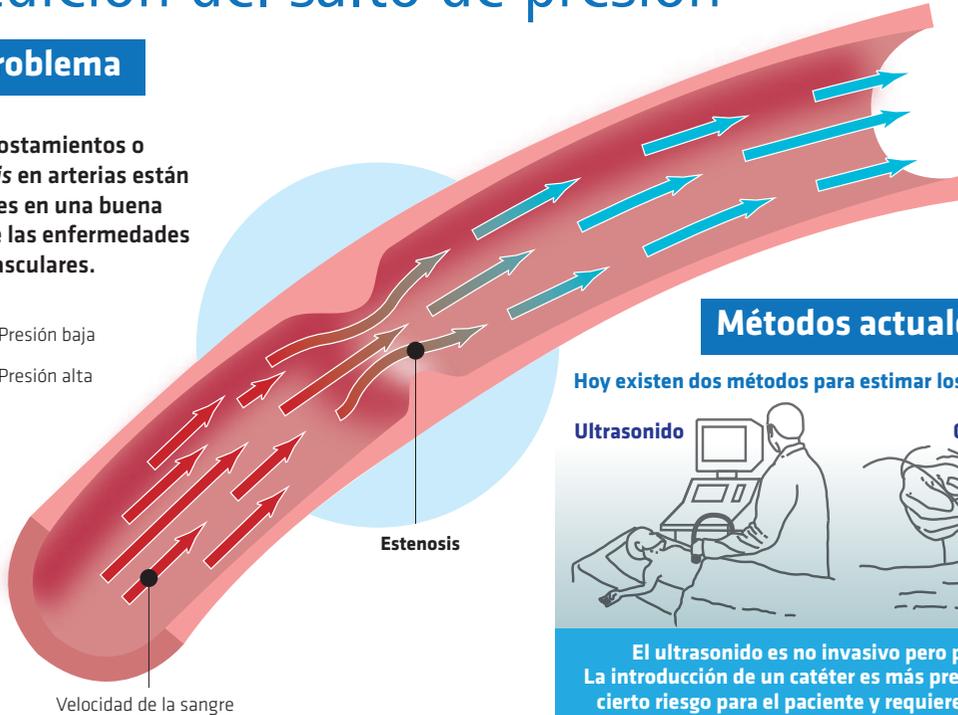
Enlace relacionado:
<http://biomed.cmm.uchile.cl>

Medición del salto de presión

El problema

Los angostamientos o *estenosis* en arterias están presentes en una buena parte de las enfermedades cardiovasculares.

 Presión baja
 Presión alta



Métodos actuales

Hoy existen dos métodos para estimar los saltos de presión

Ultrasonido

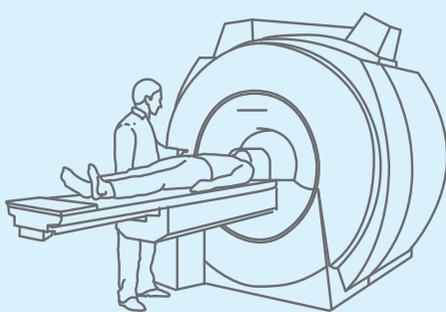


Cateterismo



El ultrasonido es no invasivo pero poco preciso. La introducción de un catéter es más precisa, pero implica cierto riesgo para el paciente y requiere usar anestesia, rayos X y medio de contraste.

Las alternativas propuestas



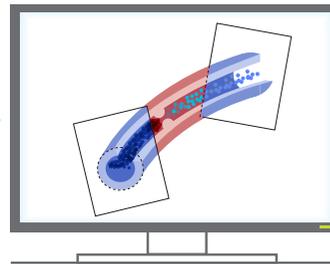
Resonancia magnética (RM) mide la velocidad de la sangre



Velocidad ↔ Presión

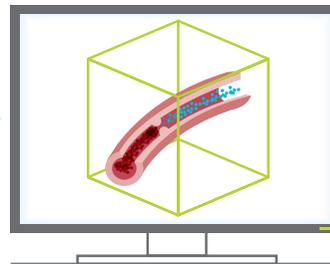
Ecuaciones de Navier-Stokes relacionan velocidad y presión de la sangre

MÉTODO 1



Estima saltos de presión (1-3 horas de cálculo) a partir de medidas 2D de velocidad (10 minutos de RM).

MÉTODO 2



Estima saltos de presión (5 minutos de cálculo) a partir de medidas 3D de velocidad (30-60 minutos de RM).

Beneficios



Medición más precisa y sin riesgo para el paciente



Ahorro en costos médicos



Menor tiempo de examen y espera