



## NOTA TÉCNICA

### Análisis biomecánico con análisis por elementos finitos del aneurisma de aorta abdominal, una herramienta prometedora para la evaluación del riesgo de rotura



### Biomechanical analysis with finite element analysis of abdominal aortic aneurysm, a promising tool for rupture risk assessment

B. Soto Carricas\* y J.R. Escudero Rodríguez

Servicio de Angiología, Cirugía Vascul y Endovascular, Hospital de la Santa Creu y Sant Pau, Barcelona, España

Recibido el 2 de diciembre de 2014; aceptado el 9 de diciembre de 2014

Disponible en Internet el 21 de febrero de 2015

Actualmente, en los aneurismas de aorta abdominal (AAA) asintomáticos, la reparación electiva se lleva a cabo si el riesgo asociado a la intervención es menor que el riesgo acumulado para la rotura del aneurisma. Aunque es ampliamente aceptado que el diámetro máximo de la aorta es un factor predictor de rotura, no todos los aneurismas mayores de 5,5 cm se rompen y los menores, aunque menos frecuentemente, también pueden complicarse<sup>1</sup>. Por ello, a nuestro entender, existen factores que aún no hemos sido capaces de averiguar, de los que depende el riesgo de rotura, además del ya conocido diámetro. Si fuéramos capaces de averiguar estos factores, podríamos mejorar las indicaciones tanto de la intervención como del seguimiento de nuestros pacientes.

Actualmente disponemos de una nueva tecnología que podría ayudarnos a conocer mejor el comportamiento de estos aneurismas. Se trata de modelos de elementos finitos. Es una tecnología que se usa habitualmente en industrias de ingeniería y arquitectura, para determinar la distribución del *stress* en componentes complejos. De una manera esquemática, se trata de dividir la geometría del problema a tratar en un número finito de regiones llamadas elementos. Las características de estos elementos se expresan matemáticamente y se combinan para expresar las características de la geometría global del problema.

Se ha extrapolado la técnica a la enfermedad aneurismática de aorta abdominal gracias al *software* de la casa A4clinics-Research Edition™ *software* VASCOPS®, Vascular Diagnosis company. De esta manera el problema a considerar es la aorta aneurismática infrarrenal, adquiriendo la información de imágenes a partir de un angio-TC digitalizado con contraste intravenoso. Además debemos aportar algunos datos clínicos del paciente como son el peso, la altura, el género, la presión arterial crónica y la puntual en el momento del angio-TC, así como el hábito tabáquico.

A partir de las imágenes en 2 dimensiones del angio-TC, se realiza una reconstrucción tridimensional del aneurisma, diferenciando la luz, interfaz luz-trombo intraluminal (TIL), el TIL, interfaz TIL-pared y la interfaz pared aórtica-exterior (fig. 1). El grosor de la pared aórtica es estimado a partir de las características clínicas del paciente. Obtenemos así un análisis geométrico completo, con diámetros y volúmenes de la luz aórtica, TIL y del total del aneurisma.

Además se obtienen las variables biomecánicas. Es calculado el punto de máxima presión que soporta la pared del aneurisma y cuantificado en kilopascales; es denominado estrés pico de pared (EPP) (fig. 2). Además obtenemos un índice de riesgo de rotura (IRR). Para su cálculo, se enfrenta el estrés local de cada punto de la pared aórtica con su resistencia. La primera variable es un cálculo a partir de las imágenes, pero el segundo es estimado a partir de las características clínicas. Del valor más elevado de este *ratio* obtenemos el índice. Podemos así contabilizar el riesgo de

\* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: bsoto@santpau.cat (B. Soto Carricas).

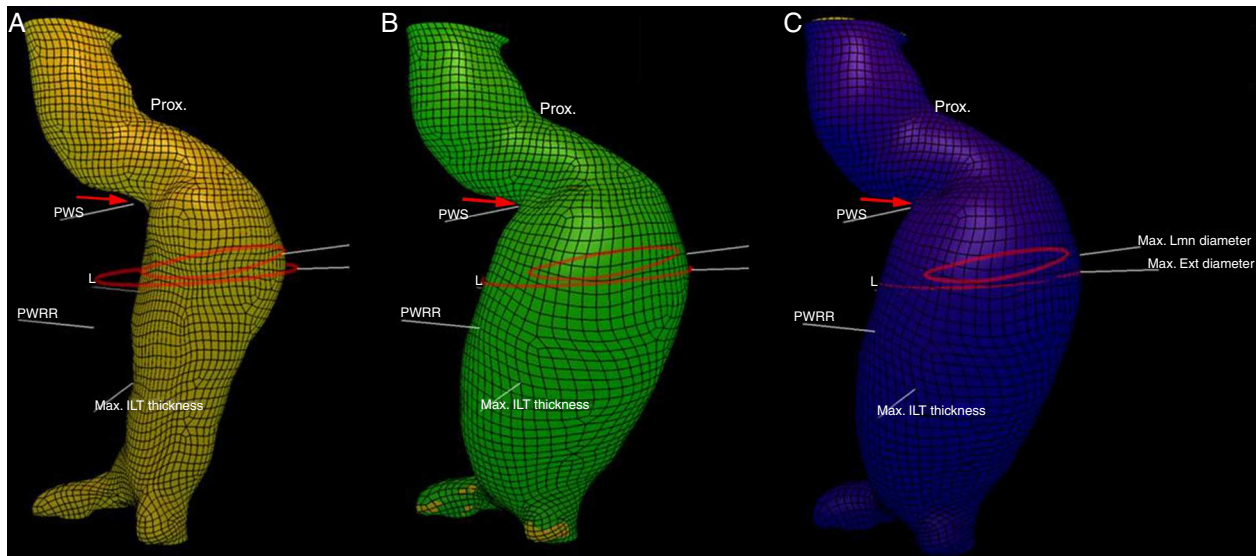


Figura 1 Fases de la reconstrucción tridimensional: A) Luz; B) Trombo y C) Pared arterial.

una manera más visual, pero hemos de tener en cuenta que se ha utilizado un valor estimado para su cálculo. Por último obtenemos el diámetro equivalente según el riesgo de rotura, refiriéndose al diámetro a que equivaldría nuestro aneurisma según el riesgo de rotura que presenta.

Esta nueva técnica de valoración del riesgo de los aneurismas está en proceso de validación. Ya en un artículo

de Fillinger et al.<sup>2</sup> de 2003 se trabajó con estos modelos, evaluando una cohorte de pacientes con AAA. En 42 pacientes se indicó no intervención, y en 39 pacientes reparación electiva. Hubo 22 complicaciones aórticas, a destacar 12 aneurismas rotos en pacientes a los que no se les había indicado intervención por diámetros no tributarios. Se observó un mayor EPP en aneurismas complicados con diámetros

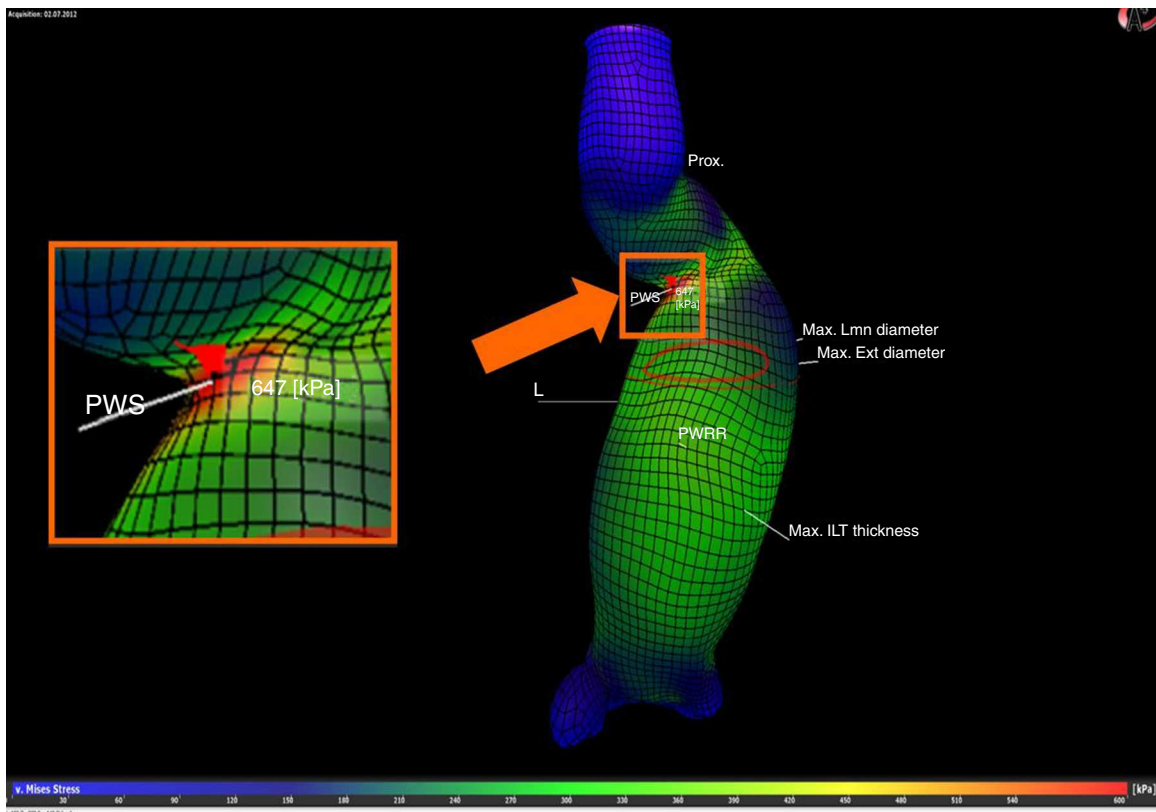


Figura 2 Reconstrucción tridimensional con representación del estrés pico de pared (PWS: Peak Wall Stress), en este caso 647 kPa.

aórticos similares; se describió, por tanto, el EPP como mejor predictor del riesgo de rotura que el diámetro máximo.

En octubre de 2014 se ha presentado un metaanálisis de los AAA infrarrenal complicados, tanto rotos como sintomáticos. El grupo de Khosla et al.<sup>3</sup>, hicieron en 2013 una búsqueda sistemática de estudios de casos-controles que evaluaban el EPP en pacientes con AAA asintomáticos y complicados. Evaluaron 9 estudios con 348 pacientes en total, y también concluyeron que el EPP es significativamente mayor en aneurismas que habían sufrido una complicación posterior.

En conclusión, disponemos de una técnica prometedora que nos podría ayudar a identificar aquellos aneurismas de alto riesgo de complicación, y de esta manera afinar mucho más nuestras indicaciones tanto de intervención como de seguimiento. Se ha de tener en cuenta de todos modos, que es una técnica aún por validar, y que no es posible utilizarla en las decisiones de la práctica clínica hoy en día.

## Financiación

Proyecto financiado por la Red de Investigación Cardiovascular. Instituto de Salud Carlos III.

## Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

## Agradecimientos

A todo el personal del Servicio de Cirugía Vasculardel Hospital de la Santa Creu i Sant Pau.

## Bibliografía

1. Darling RC, Messina CR, Brewster DC, Ottinger LW. Autopsy study of unoperated abdominal aortic aneurysms. The case for early resection. *Circulation*. 1977;56 Suppl 3: S161-4.
2. Fillinger M, Marra SP, Raghavan ML, Kennedy FE. Prediction of rupture risk in abdominal aortic aneurysm during observation: Wall stress versus diameter. *J Vasc Surg*. 2003;37: 724-32.
3. Khosla S, Morris DR, Moxon JV, Walker PJ, Gasser TC, Golledge J. Meta-analysis of peak wall stress in ruptured, symptomatic and intact abdominal aortic aneurysms. *Br J Surg*. 2014;101: 1350-7.