

## ORIGINAL

# Resultados preliminares sobre cambios en la rigidez arterial tras reparación endovascular de aneurismas de aorta con endoprótesis bifurcadas, ramificadas y con sistema de sellado



A.A. Reyes Valdivia\*, A. Duque Santos, M.A. Romero Lozano, M. Garnica Ureña, J.L. Ocaña Guaita y C. Gandarias Zúñiga

Servicio de Angiología y Cirugía Vasculard, Hospital Ramón y Cajal, Madrid, España

Recibido el 25 de julio de 2017; aceptado el 10 de agosto de 2017  
Disponibile en Internet el 13 de noviembre de 2017

### PALABRAS CLAVE

Aneurisma de aorta abdominal;  
Reparación endovascular aórtica;  
Velocidad de onda de pulso;  
Rigidez arterial;  
Propiedades mecánicas

### Resumen

**Introducción:** Los pacientes portadores de aneurisma de aorta abdominal (AAA) tienen un mayor riesgo cardiovascular. La cirugía abierta ha sido el tratamiento tradicional; sin embargo, el abordaje endovascular ha crecido exponencialmente en los últimos años debido al menor riesgo perioperatorio. La rigidez arterial parece elevarse tras el implante de endoprótesis aórtica.

**Material y métodos:** Presentamos un subestudio del estudio registrado en la web del *National Institutes of Health* (ClinicalTrials.gov) como NCT02642952. Describimos 3 grupos que han recibido diferentes endoprótesis aórticas como tratamiento de un AAA. El grupo A fue tratado mediante el implante de una endoprótesis aórtica bifurcada estándar, el grupo B mediante una endoprótesis ramificada (4 ramas) y el grupo C con una endoprótesis de sellado del saco. Cada grupo incluye 2 pacientes. Hemos analizado los cambios individuales en la rigidez arterial mediante el análisis de la onda de pulso carótido-radial (AOP) y el índice de aumento (IA).

**Resultados:** Todos los pacientes estudiados fueron varones, mayores de 70 años, con AAA en rango quirúrgico y alto riesgo quirúrgico (ASA III). Hemos observado cambios variables del AOP carótido-radial y del IA@75 en el postoperatorio en los pacientes incluidos.

**Conclusiones:** Nuestro estudio muestra que los dispositivos endovasculares en el tratamiento de los AAA están implicados en el cambio de los diferentes parámetros de rigidez arterial. Nuevos estudios aleatorizados y con mayor tamaño muestral son necesarios para comparar los diferentes tipos de endoprótesis aórticas. El impacto cardiovascular a largo plazo de estos dispositivos requiere más estudios.

© 2017 SEACV. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Todos los derechos reservados.

\* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: [cauzaza@hotmail.com](mailto:cauzaza@hotmail.com) (A.A. Reyes Valdivia).

**KEYWORDS**

Abdominal aortic aneurysm;  
Endovascular aortic repair;  
Pulse-wave velocity;  
Arterial stiffness;  
Mechanical properties

**Preliminary report on arterial stiffness changes after endovascular aneurysm repair with a bifurcated, branched, and a sealed system endoprosthesis****Abstract**

*Introduction:* Patients with diagnosis of abdominal aortic aneurysm (AAA) are known to have an increased cardiovascular risk. Open surgery has been the traditional approach however, endovascular repair has widely expanded due to the lower peri-operative risk. Arterial stiffness has been suggested to change and elevate after aortic stent-graft implantation.

*Material and methods:* As part of a study registered in National Institutes of Health website (ClinicalTrials.gov) with NCT02642952, a description is presented of 3 groups with endovascular treatment of AAA with different endografts and mechanisms. Group A with standard bifurcated endograft, group B with a branched (4 branches) device, and group C with a sac sealing device. Each group included 2 patients. A report is presented on the individual changes of arterial stiffness measured by carotid-radial pulse wave velocity (PWV) and Augmentation Index (AIx).

*Results:* All the patients included were men, older than 70 years, with AAA greater than 55 mm, and high-risk (ASA III) patients. We observed a variable change in carotid-radial PWV and IA@75 in the postoperative period in all patients studied.

*Conclusions:* It seems that endovascular devices in the treatment of AAAs are implicated in the change of arterial stiffness measurements. More randomised studies, with larger samples comparing the different types of endografts are required. The long-term impact on cardiovascular outcomes needs further investigation.

© 2017 SEACV. Published by Elsevier España, S.L.U. All rights reserved.

**Introducción**

La aterosclerosis es la principal causa de morbimortalidad en los países occidentales, incluyendo enfermedad cerebro-vascular, enfermedad coronaria, enfermedad arterial periférica y enfermedad aneurismática<sup>1</sup>. Se ha demostrado que el control y tratamiento precoz de los diferentes factores de riesgo cardiovascular, como la hipertensión, ayudan a controlar la morbimortalidad en estos pacientes.

Los pacientes diagnosticados de aneurisma de aorta abdominal (AAA) tienen un elevado riesgo de morbilidad cardiovascular, debido a los factores de riesgo y comorbilidades asociadas a la enfermedad aneurismática<sup>1,2</sup>. La prevalencia de enfermedad aneurismática es del 4-9% de los pacientes mayores de 60 años, y el momento de tratamiento depende de su riesgo de rotura<sup>3</sup>.

La rigidez arterial es una característica tanto de la enfermedad oclusiva como de la enfermedad aneurismática y está relacionada directamente con la edad. Su aparición es debida a cambios estructurales secundarios a la edad a nivel de las capas íntima y media de la pared arterial, y que condiciona una pérdida de elasticidad en la misma<sup>3,4</sup>. La rigidez arterial es un factor importante en el cálculo del riesgo de rotura aneurismático.

El dispositivo SphygmoCor<sup>®</sup> permite realizar estudios hemodinámicos no invasivos y nos proporciona una valoración fidedigna de la rigidez arterial a través de parámetros como la velocidad de onda de pulso (VOP), el análisis de onda de pulso (AOP), el índice de aumento (IA), la presión sistólica central (PSC) y la presión diastólica central (PDC)<sup>5</sup>. Estos parámetros se obtienen mediante un sensor colocado

en arterias periféricas como la arteria radial, carótida o femoral.

La reparación endovascular de los aneurismas de aorta abdominal (EVAR) ha demostrado ser una alternativa segura, efectiva y menos invasiva que la cirugía abierta, al estar asociada a una menor morbimortalidad<sup>6</sup>. Sin embargo, los resultados a largo plazo que comparan EVAR y cirugía aórtica abierta muestran una esperanza de vida similar en ambos tratamientos, ya que la mayoría de fallecimientos a lo largo del seguimiento están en relación con las amplias comorbilidades de este tipo de pacientes.

Aunque las técnicas endovasculares aórticas están implantadas en nuestra práctica diaria desde hace más de una década, sus consecuencias sobre la rigidez arterial han sido escasamente reportadas en la bibliografía. Recientemente, se han publicado artículos sobre la evolución de la rigidez arterial tras EVAR, que sugieren efectos perjudiciales en los parámetros biomecánicos inducidos tras el implante de *stent* aórticos<sup>5-9</sup>.

A continuación, presentamos una serie de casos de pacientes con AAA tratados mediante 3 tipos de dispositivos endovasculares diferentes, sobre los cuales hemos analizado los cambios en la rigidez arterial.

**Material y métodos**

Presentamos un subestudio, realizado a partir de pacientes que han sido registrados en el estudio prospectivo registrado en la web del *National Institutes of Health* (ClinicalTrials.gov) como NCT02642952. Disponemos de la aprobación del Comité de Ética del centro y a todos los

pacientes se les proporcionó un consentimiento informado, que firmaron. El presente estudio se ha realizado de acuerdo con la Declaración de Helsinki. Todos los pacientes programados para tratamiento endovascular por un AAA en nuestro centro fueron incluidos en el estudio.

Describimos 3 grupos que han recibido diferentes endoprótesis aórticas como tratamiento de un AAA; cada uno de ellos incluye 2 pacientes. El grupo A fue tratado mediante el implante de una endoprótesis aórtica bifurcada infrarrenal estándar (Endurant, Medtronic, Santa Rosa, CA), el grupo B mediante una endoprótesis ramificada con 4 ramas para aneurismas pararenales (Extra-design, Jotec GmbH, Hechingen, Alemania) y el grupo C con una endoprótesis de sellado del saco (Nellix, Endologix, Irvine, CA).

### Detalles técnicos

Todos los pacientes incluidos en el estudio se realizaron un angioTC toraco-abdominopélvico previo al procedimiento, cuyas imágenes fueron analizadas para obtener las medidas necesarias del AAA. La decisión de llevar a cabo el procedimiento endovascular se basó en las comorbilidades del paciente y las características anatómicas del aneurisma, zonas de sellado y ejes iliacos. Todos los pacientes incluidos fueron tratados dentro de las instrucciones de uso (IFU) de cada uno de los dispositivos endovasculares utilizados.

### Criterios de exclusión

- Aneurismas que afectan la aorta visceral.
- Enfermedades del tejido conectivo.
- Pacientes intervenidos previamente mediante otro tratamiento a nivel aórtico.
- Pacientes en estadio terminal de insuficiencia renal.

### Toma de medidas

- Presión arterial y frecuencia cardíaca: se registraron en decúbito supino y tras 15 min de reposo.
- Todas las medidas fueron realizadas por 2 cirujanos vasculares entrenados en técnicas hemodinámicas.
- Todas las medidas se realizaron con el dispositivo y el software específico de SphygmoCor® (AtCor Medical Pty. Ltd., Sydney, Australia).
- Las medidas se realizaron el día previo a la cirugía y  $3 \pm 1$  meses postoperatorios.
- La rigidez arterial se evaluó mediante el AOP carótido-radial y el IA.
- Medida de IA: la onda de presión arterial radial se registró a nivel de la muñeca, usando un transductor de tensión de alta fidelidad (Millar Instruments, Houston, TX). Al conseguir una secuencia de 20 ondas de características similares se valida la serie y a través de un modelo matemático se obtiene la onda de presión aórtica central. El IA se obtiene tras el análisis de dicha onda. El IA depende de la frecuencia cardíaca; por lo cual se realiza una corrección automática a 75 latidos por minuto (lpm), denominado «IA@75».

- Medida de AOP: medición consecutiva de las ondas de pulso arteriales en la carótida y radial en combinación con 3 derivaciones electrocardiográficas. Esto permite calcular el tiempo que transcurre entre la aparición de la primera y la segunda onda en cada una de las localizaciones. La distancia entre cada localización se midió sobre la superficie corporal para calcular el AOP (m/s).

La [figura 1](#) muestra imágenes representativas del análisis del IAx y AOP.

### VARIABLES A ESTUDIO

- Presión arterial (mmHg).
- Presión aórtica (mmHg).
- IA (%).
- Frecuencia cardíaca (lpm).
- IA@75 (%).
- AOP (m/s).

### ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se ha realizado exclusivamente un estudio descriptivo de los datos obtenidos por el escaso número de pacientes estudiado en este artículo.

### Resultados

Las características basales de los pacientes incluidos en este estudio preliminar aparecen en la [tabla 1](#). Todos los pacientes son varones, septa y octogenarios, con aneurisma infrarrenal o pararenal en rango quirúrgico, con alto riesgo quirúrgico (ASA III) y los factores de riesgo cardiovasculares habituales en este tipo de pacientes, ya que más de la mitad de ellos son exfumadores, hipertensos, dislipémicos y con historia previa de cardiopatía isquémica.

Se han analizado las diferentes variables a estudio sobre la rigidez arterial en el pre y postoperatorio en cada uno de los 3 grupos, cuyos resultados se pueden apreciar en el [tabla 2](#). Se puede apreciar resultados dispares del AOP carótido-radial y del IA@75 en el postoperatorio. En relación con IA@75, se observó un paciente con incremento y otro con disminución en el grupo EVAR, ambos pacientes del grupo BEVAR con incremento y ambos del grupo EVAS con disminución de este parámetro. En relación al AOP carótido-radial todos (EVAR y BEVAR) presentaron un ligero incremento, exceptuando al grupo EVAS con valores muy similares o tendencia a la disminución.

La [figura 2](#) muestra imágenes obtenidas durante el estudio de rigidez arterial pre y postoperatorio en cada uno de los pacientes incluidos en el estudio.

### Discusión

Tras una búsqueda bibliográfica extensa, creemos que este artículo es el primer estudio que describe cambios de la rigidez arterial con el uso de 3 dispositivos endovasculares diferentes para el tratamiento del AAA.

La evidencia científica sobre el estudio de la rigidez arterial en pacientes con AAA es escasa en la actualidad.



Figura 1 Imagen superior: curva del electrocardiograma durante la medición del AOP. Imagen inferior: curva de presión aórtica, valor del IA con la corrección IA@75.

Tabla 1 Descripción individual de las características basales de los pacientes

	EVAR		B-EVAR		EVAS	
Paciente	1	2	1	2	1	2
Edad	76	81	80	84	75	71
Sexo	M	M	M	M	M	M
Tipo de aneurisma	Infrarrenal	Infrarrenal	Pararrenal	Pararrenal	Infrarrenal	Infrarrenal
Tamaño (mm)	65	69	60	77	55	58
<b>Factores riesgo CV</b>						
HTA	-	-	+	+	+	+
Tabaquismo	Ex	Ex	Ex	-	-	Ex
Dislipidemia	-	-	+	+	+	+
Diabetes	-	-	-	-	-	-
Cardiopatía isquémica	-	-	+	+	-	+
ASA	III	III	III	III	III	III

ASA: American Society of Anaesthesiology; B-EVAR: reparación endovascular aórtica con ramas; CV: cardiovascular; EVAR: reparación endovascular aórtica; EVAS: sistema de sellado endovascular aórtico; Ex: exfumador; HTA: hipertensión; M: masculino.

Tabla 2 Resultados individuales sobre las medidas de rigidez arterial de cada uno de los pacientes

Tiempo	EVAR				B-EVAR				EVAS			
	1		2		1		2		1		2	
	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post
Presión arterial (mmHg)	120/70	125/65	125/65	100/55	120/60	120/60	120/50	115/50	140/80	140/85	125/70	150/90
Presión aórtica (mmHg)	107/72	115/67	116/66	93/55	115/61	113/62	105/51	100/50	133/81	134/86	117/70	146/90
IA (%)	22	21	39	29	45	40	27	27	45	37	62	39
FC (lpm)	94	100	66	80	51	70	54	60	71	74	59	46
IA@75 (%)	30	33	35	31	34	38	17	20	43	36	54	25
AOP (m/s)	9,4±0,8	9,6±0,6	7,1±0,4	8,2±0,4	7,1±0,6	8,4±0,7	7,7±0,5	8,6±0,4	8,1±0,5	7,7±0,4	10,9±1,2	10,8±1,2

EVAR, reparación endovascular aórtica; B-EVAR, reparación endovascular aórtica con ramas; EVAS, sistema de sellado endovascular aórtico; mmHg, milímetros de mercurio; IA, índice de aumento; FC, frecuencia cardíaca; lpm, latido por minuto; IA@75, índice de aumento corregido a 75 latidos por minuto; AOP, análisis de onda de pulso; m/s, metro por segundo.

Lee et al.<sup>10</sup> demostraron un menor AOP y mayor IA en pacientes portadores de AAA comparado con controles sanos, concluyendo que estos parámetros mecánicos no eran fiables en pacientes con AAA. Sin embargo, otros estudios han demostrado un aumento de la rigidez arterial mediante la medición del AOP, en pacientes tratados con dispositivos aórticos infrarrenales. Este efecto depende del tipo de endoprótesis utilizado y aparece en el postoperatorio precoz. Recientes estudios recomiendan el uso de otros parámetros hemodinámicos, como el índice de aumento, la presión de aumento, además del AOP, para optimizar los cambios en el análisis de la rigidez arterial tras el implante de endoprótesis. Además, sugieren que el implante de la endoprótesis aórtica tiene un efecto hemodinámico inmediato no solo debido a la rigidez del dispositivo implantado, sino también por la modificación de la onda de pulso y el flujo aórtico, lo que puede modificar los resultados del AOP<sup>9</sup>. Nuestro estudio no permite un análisis extenso ni obtener resultados concluyentes, aunque demuestra cambios en la rigidez arterial que aparentan ser distintos según el tipo de dispositivo endovascular utilizado.

Kadoglou et al.<sup>11</sup> realizaron un estudio prospectivo sobre los efectos en la rigidez arterial de los diferentes stents aórticos. Compararon un grupo de pacientes tratados con endoprótesis aórticas con poliéster y el otro con politetrafluoroetileno (ePTFE). Este estudio encontró un aumento del AOP de ambos grupos, aunque mayor en el grupo del poliéster. Todos los pacientes mostraron un aumento del PWV después del implante de la endoprótesis y todos menos uno tuvieron un aumento del IA. Concluyeron que el aumento del AOP está en relación con las endoprótesis de polyester, debido a una mayor respuesta inflamatoria.

Georgakarakos et al. publicaron un estudio preliminar con 3 pacientes tratados con un dispositivo infrarenal de fijación del cuello anillada (Ovation stent-graft system - TriVascular, Santa Rosa, CA) encontrando un aumento de la rigidez arterial tras el tratamiento endovascular, aunque sugieren que este cambio no es debido al tipo de endoprótesis<sup>12</sup>.

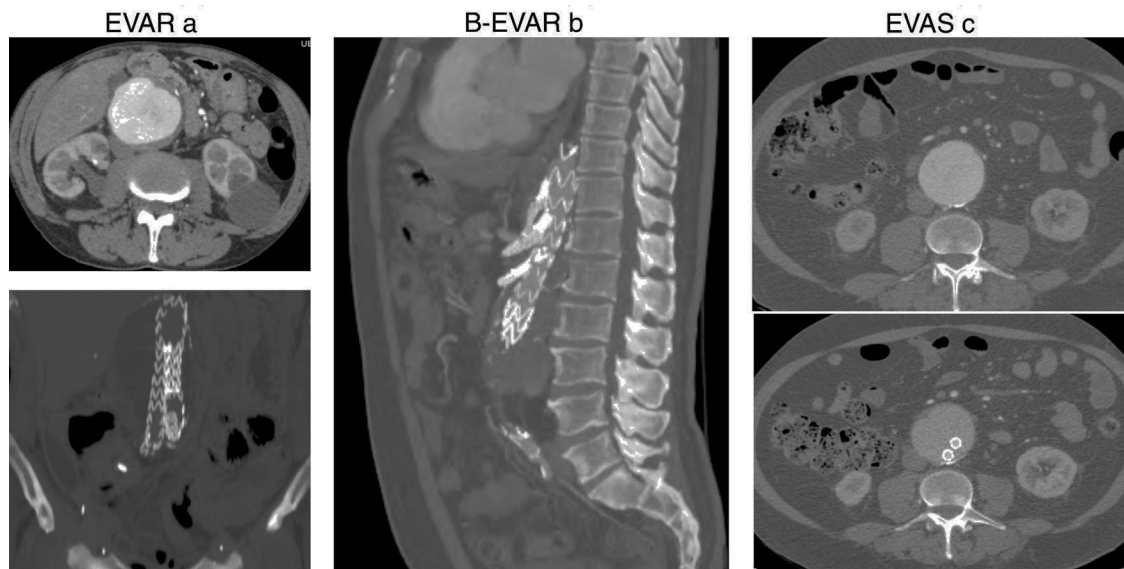
Así, después de la revisión bibliográfica realizada, aún no se puede aclarar si el AOP o el IA se deben considerar como parámetros principales de rigidez arterial en la enfermedad aneurismática o si tienen un papel complementario.

## Limitaciones

El presente estudio tiene limitaciones. La más importante es el pequeño tamaño muestral global y de cada uno de los grupos, razón por la cual no es posible hacer un análisis estadístico de los resultados, sino una mera descripción de los datos.

Nuevos estudios con mayor tamaño muestral y aleatorizados son necesarios para comparar los diferentes tipos de endoprótesis aórtica y sus consecuencias a nivel de los diferentes parámetros biomecánicos. El impacto cardiovascular a largo plazo de estos dispositivos requiere más estudios.





**Figura 2** (a) AngioTC pre y postoperatorio de AAA tratado mediante EVAR. (b) AngioTC postoperatorio de AAA tratado mediante B-EVAR (tratamiento endovascular aórtico con ramas a arterias viscerales). (c) AngioTC pre y postoperatorio de AAA tratado mediante EVAS (endobolsas que rellenan el saco aneurismático).

## Conclusión

Nuestro subestudio sugiere que los dispositivos endovasculares para el tratamiento de los AAA están implicados en el cambio de los diferentes parámetros de rigidez arterial como el AOP y AI.

Esperamos publicar nuestros resultados del estudio completo sobre rigidez arterial próximamente.

## Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

## Bibliografía

1. Beckmann M, Jacomella V, Kohler M, Lachat M, Salem A, Amann-Vesti B, et al. Risk stratification of patients with peripheral arterial disease and abdominal aortic aneurysm using aortic augmentation index. *PLoS One*. 2015;10:e0139887.
2. Zarins CK, Heikkinen MA, Lee ES, Alsac JM, Arko FR. Short- and long-term outcome following endovascular aneurysm repair: How does it compare to open surgery? *J Cardiovasc Surg*. 2004;45:321–33.
3. United Kingdom Small Aneurysm Trial Participants. Long-term outcomes of immediate repair compared with surveillance of small abdominal aortic aneurysms. *N Engl J Med*. 2002;346:1445–52.
4. Vlachopoulos C, Aznaouridis K, Stefanadis C. Prediction of cardiovascular events and all-cause mortality with arterial stiffness: A systematic review and meta-analysis. *J Am Coll Cardiol*. 2010;55:1318e27.
5. Reyes Valdivia A, Gandarias Zúñiga C. Utilidad clínica del estudio de la rigidez arterial y hemodinámica central, mediante métodos no invasivos, tras reparación endovascular de aneurisma de aorta abdominal. *Angiología*. 2016;68:346–8.
6. Kadoglou NP, Moulakakis KG, Papadakis I, Ikonomidis I, Alepaki M, Lekakis J, et al. Changes in aortic pulse wave velocity of patients undergoing endovascular repair of abdominal aortic aneurysms. *J Endovasc Ther*. 2012;19:661e6.
7. Durmus I, Kazaz Z, Altun G, Cansu A. Augmentation index and aortic pulse wave velocity in patients with abdominal aortic aneurysms. *Int J Clin Exp Med*. 2014;7:421e5.
8. Lantelme P, Dzudie A, Milon H, Briccacc G, Legedza L, Chevalier JM, et al. Effect of abdominal aortic grafts on aortic stiffness and central hemodynamics. *J Hypertens*. 2009;27:1268e76.
9. Moulakakis KG, Mylonas SN, Kakisis J, Kadoglou NPE, Papadakis I, Sfyroeras GS, et al. Arterial stiffness alterations and inflammatory response following endovascular aortic repair. *Aorta (Stamford)*. 2015;3:75–80.
10. Lee CW, Sung SH, Chen CK, Chen IM, Cheng HM, Yu WC, et al. Measures of carotid-femoral pulse wave velocity and augmentation index are not reliable in patients with abdominal aortic aneurysm. *J Hypertens*. 2013;9:1853–60.
11. Kadoglou NPE, Moulakakis KG, Papadakis I, Ikonomidis I, Alepaki M, Spathis A, et al. Differential effects of stent-graft fabrics on arterial stiffness in patients undergoing endovascular aneurysm repair. *J Endovasc Ther*. 2014;21:850e85.
12. Georgakarakos E, Argyriou C, Ioannou C, Kontopodis N, Lazarides M. The effect of Ovation Stent-graft system on aortic pulse wave velocity: Preliminary report on 3 cases. *Ann Vasc Surg*. 2015;29, 1685.e5-1658.e9.