



Original

Análisis volumétrico e influencia del trombo intraluminal tras la reparación endoluminal del aneurisma de aorta abdominal

Volumetric analysis and influence of intraluminal thrombus after endoluminal repair of abdominal aortic aneurysm

M.^a Lourdes del Río-Solá¹, Jaime Finat-Saez², Carlos Vaquero-Puerta¹

¹Servicio de Angiología, Cirugía Vasculay Endovascular. Hospital Clínico Universitario de Valladolid. Valladolid. ²Centro de Investigación CIDIF. Fundación ASPAYM Castilla y León. Valladolid

Resumen

Objetivo: la precisión de la predicción del riesgo de rotura mediante control ultrasonográfico y angiotomografía computarizada está todavía lejos del método de diagnóstico óptimo para el aneurisma de aorta abdominal (AAA). El objetivo de este estudio es realizar un análisis volumétrico del saco aneurismático, comparar sus modificaciones con las del diámetro máximo, estudiar la evolución del volumen del trombo intraluminal (ILT) después de la reparación endovascular del AAA.

Métodos: se analizaron un total de 144 AAA reparados por la EVAR electiva. Se realizó una angiotomografía en el periodo preoperatorio, 6-12 meses después de la intervención quirúrgica. Se calculó el diámetro máximo, el volumen del saco aneurismático y el volumen de la ILT en los tres momentos. Se determinó la modificación del diámetro, el volumen total y el volumen del trombo intraluminal (%). Se comparó la modificación del diámetro máximo con el volumen total de los aneurismas y entre el volumen total del aneurisma y el volumen del trombo intraluminal.

Resultados: la media de los cambios en el diámetro máximo del AAA y el volumen después de la EVAR fue de $-2,16 \pm 8,20$ mm y $84,4 \pm 23,32$ cc, respectivamente. Hubo un aumento en el volumen de AAA de 92,22 % y 57,34 % a los 6 y 12 meses en pacientes con endofugas ($22,03 \pm 19,03$ cc a los 12 meses del periodo posoperatorio). La modificación media del ITL y del saco aneurismático fue de $0,59 \pm 0,17$ y $0,52 \pm 1,8$ para los pacientes con AAA presurizados y no presurizados, respectivamente ($p = 0,308$).

Conclusión: el análisis volumétrico de los AAA reparados mediante tratamiento endovascular es una medida más precisa que la medición del diámetro máximo para determinar la expansión del saco aneurismático.

Palabras clave:

Análisis volumétrico.
Aneurisma de aorta abdominal.
Tratamiento endovascular.
Diámetro máximo.
Endofuga.

Recibido: 08/01/2021 • Aceptado: 22/02/2021

Conflicto de intereses: los autores declaran no tener conflicto de interés.

Trabajo realizado mediante Ayudas a Proyectos de Investigación de la Sociedad Española de Angiología y Cirugía Vasculay.

Del Río-Solá ML, Finat-Saez J, Vaquero-Puerta C. Análisis volumétrico e influencia del trombo intraluminal tras la reparación endoluminal del aneurisma de aorta abdominal. *Angiología* 2021;73(2):54-64

DOI: <http://dx.doi.org/10.20960/angiologia.00253>

Correspondencia:

M.^a Lourdes del Río-Solá. Servicio de Angiología, Cirugía Vasculay Endovascular. Hospital Clínico Universitario de Valladolid. Calle Ramon y Cajal, 3. 47003. Valladolid. España
e-mail: lrio@saludcastillayleon.es

Abstract

Purpose: the accuracy of risk prediction by ultrasonic control and computerized angiotomography is still far from the optimal diagnostic method for abdominal aortic aneurysm (AAA). The objective of this study is to perform a volumetric analysis of the AAA sac to detect alterations and to follow-up the evolution of the volume of the intraluminal thrombus (ILT) and its influence on the overall evolution after the EVAR.

Methods: a total of 144 AAAs repaired by elective EVAR were analyzed. An angiotomography was carried out in the preoperative period, 6-12 months after the operation. The maximum-diameter, aneurysmal sac volume, and ILT volume were calculated each time. We determined the modification of the diameter, total-volume and intraluminal-thrombus volume (%). We made a comparison between the modification of the maximum-diameter and the total-volume of the aneurysms and between the total-volume of the aneurysm and the volume of ILT.

Results: the average changes in the maximum diameter of AAA and the volume after EVAR was -2.16 ± 8.20 mm and 84.4 ± 23.32 cc, respectively. There was an increase in AAA-volume of 92.22 % and 57.34 % at 6 and 12 months in patients with endoleaks (22.03 ± 19.03 cc at 12 months of postoperative-period). The means of the ILT and AAA sac ratios were respectively 0.59 ± 0.17 and 0.52 ± 1.8 in AAA in sac growth and in stable or contracted AAA sac groups ($p = 0.308$).

Conclusion: volumetric analysis of AAA repaired by EVAR is a more sensitive measure to determine the expansion of the aneurysm sac than the measurement of the maximum diameter of the aneurysm.

Keywords:

Volumetric analysis.
Abdominal aortic aneurysm.
Endovascular treatment.
Maximum diameter.
Endoleak.

INTRODUCCIÓN

Actualmente, el 80 % de los aneurismas aórticos abdominales infrarrenales (AAA) reciben una reparación endoluminal (EVAR). Este procedimiento es mínimamente invasivo, con una estancia hospitalaria más corta y buenos resultados en el perioperatorio a corto-medio plazo. El inconveniente es que asocia una tasa de reintervención tres o cuatro veces mayor que la cirugía abierta convencional. La mortalidad a largo plazo es similar en ambos procedimientos (1). Esto es debido a que el desarrollo de endofugas posoperatorias, debido a una exclusión incompleta del AAA, asocia riesgo de crecimiento y rotura del AAA (2,3). Por otro lado, también se ha descrito la existencia de crecimiento del saco aneurismático sin endofugas visibles, que ha recibido el nombre de endofuga de tipo V o endotensión.

El riesgo de rotura del AAA en pacientes con un aumento de tamaño del saco aneurismático de 8 mm, pero sin endofuga es < 1 % durante los primeros cuatro años, pero la tasa de rotura aumenta posteriormente hasta 7,5-13,6 % (4). Esto significa que la endofuga de tipo II no es benigna y que la vigilancia de por vida después del EVAR es crítica.

Además, el crecimiento del AAA después del EVAR es impredecible, por lo que es necesaria una vigilancia regular. La prueba de imagen de elección es la angiotomografía computarizada (CTA), aunque actualmente es un tema de discusión cuál debe ser

la frecuencia de realización del mismo para un correcto seguimiento de los pacientes. De momento, se ha propuesto la realización de un estudio de CTA cada 3 años si los pacientes tuvieron un primer CTA posoperatorio normal realizado en el primer mes del periodo posoperatorio (5).

Algunos estudios recientes han sugerido que el análisis volumétrico del saco del aneurisma es un método más preciso que la medición del diámetro máximo para realizar el seguimiento de los pacientes con AAA y discernir aquellos que requieren intervenciones quirúrgicas secundarias (6).

Uno de los factores que influyen en las modificaciones volumétricas postEVAR es el comportamiento del trombo intraluminal (ILT) (7-9). El ILT es una estructura biológicamente activa que contribuye a los fenómenos inflamatorios y mecánicos que influyen en las modificaciones parietales del AAA. Los estudios que permitan comprender el comportamiento del ITL después del EVAR, tanto en pacientes con endofugas y sin ellas, son imprescindibles.

El objetivo principal de este estudio es determinar el valor del análisis volumétrico del saco del aneurisma en el seguimiento del EVAR. Como objetivos secundarios, se propone: a) estudiar los cambios volumétricos postEVAR del AAA sin fugas internas frente a fugas internas; b) los cambios volumétricos del trombo intraluminal en el periodo posoperatorio; y c) su comportamiento en presencia de una fuga interna.

MÉTODOS

Se diseñó un estudio de cohortes longitudinales de pacientes sometidos a EVAR electiva no compleja en los años 2017-2018 en un servicio de cirugía vascular de un hospital universitario.

Se incluyó un total de 144 pacientes. Los criterios de inclusión fueron: tener un consentimiento informado por escrito, tener un AAA en rango quirúrgico, haber sido sometido a reparación endovascular mediante endoprótesis aortoiliaca bifurcada con el anclaje suprarrenal, tener un estudio de CTA aorto-bi-iliaco en el periodo preoperatorio y a los 6 y 12 meses del periodo posoperatorio.

Se analizó la cohorte en su conjunto y se dividió en dos grupos (sin endofuga y con endofuga). En cada uno de los estudios de CTA se determinó el diámetro máximo ajustado a la línea central y el volumen del saco del aneurisma, de la luz aórtica y del trombo intraluminal.

Posteriormente, se analizaron las modificaciones del diámetro máximo y del volumen de los AAA tratados con EVAR y de su trombo intraluminal, se hicieron comparaciones entre la métrica del diámetro máximo y el análisis volumétrico. Este comportamiento se determinó en los dos grupos de pacientes.

Se calculó la relación entre el saco del aneurisma y el ILT. Los cambios de diámetro y volumen se expresaron como un porcentaje, tomando el valor preoperatorio como punto de referencia. Según las directrices de la Sociedad de Cirugía Vascular, se definió como expansión del saco aneurismático un aumento de, al menos, 5 mm del diámetro máximo del AAA (10).

Cuatrocientos treinta y dos CTA (144 preoperatorios y 288 posoperatorios) fueron analizados por dos cirujanos vasculares diferentes e independientes. Todos los exámenes de CTA se realizaron con Revolution CT ES General Electric Healthcare® (EE. UU.). El protocolo de exploración incluyó el estudio de la aorta toracoabdominal, arterias ilíacas y femorales comunes con contraste intravenoso. El alcance del protocolo fue desde la base del cuello hasta la sínfisis púbica. Los parámetros del examen fueron los siguientes: tensión de 100 kV, cortes de 0,6 mm, 5 mm en la fase arterial, utilizando una configuración de detector de 64 × 0,6 mm, un paso de 0,8 y un tiempo de rotación de 0,28 segundos. La fase arterial se obtuvo administrando 70 ml con-

traste yodado (320 mg/ml, Visipaque, GE Healthcare Bio-Sciences®) a través de un acceso venoso antecubital con una bomba intravenosa continua (Medtronic Saarbrücken, Alemania e inyector CT-D Accutron a la red GE Healthcare Bio-Science®), a una velocidad de volumen/minuto de 5 ml/s. La adquisición de imágenes se inició automáticamente tan pronto como se alcanzó el umbral de 100 unidades Hounsfield (HU).

Se realizaron mediciones de la longitud del AAA, el diámetro máximo del aneurisma, el volumen del aneurisma, el lumen y el volumen del trombo intraluminal utilizando el protocolo Vitrea Advanced. El *software* realizó una segmentación tridimensional automatizada, seguida de ajustes manuales de la línea central y los contornos del aneurisma y la luz en cada sección en la que se consideró inexacta. En promedio, el procesamiento y la evaluación de un solo examen necesitó $32 \pm 3,2$ min y $30,8 \pm 2,8$ min para cada cirujano vascular, respectivamente.

Medición del diámetro de la aorta: las mediciones del diámetro máximo del AAA se realizaron en imágenes ortogonales perpendiculares al eje de la aorta, utilizando el método de afuera hacia afuera (pared externa del AAA). Todas las mediciones se registraron en milímetros (con una precisión de 0,1 mm).

Medición de volumen: se realizaron desde el límite inferior de la arteria renal más alta (generalmente la arteria renal izquierda) hasta la bifurcación de la arteria iliaca común bilateral. El programa calculó el volumen del AAA (incluida la pared aórtica) y el lumen aórtico (mm³). El volumen del trombo intraluminal se determinó como el volumen restante del aneurisma una vez restado el volumen del lumen intraarterial. Las variaciones de diámetro y volumen en el periodo posoperatorio de 6 y 12 meses se expresaron como porcentaje del valor preoperatorio.

El análisis estadístico se realizó utilizando el *software* estadístico de IBM para las Ciencias Sociales (SPSS) Versión 23.0 (Armonk, NY, EE. UU., IBM Corp.) Se realizó un análisis descriptivo de las características basales de los pacientes. La correlación entre las mediciones realizadas por los dos especialistas se estudió utilizando el análisis de Bland-Altman. Este método permite calcular el sesgo como la diferencia media entre los resultados. Los datos cuantitativos se presentaron con la media y la desviación estándar (SD). Las variables categóricas nominales se presentaron como un número absoluto

y un porcentaje. La distribución normal de las variables cuantitativas se verificó mediante la prueba de Shapiro-Wilk. La relación lineal entre las dos variables se analizó utilizando la prueba de Pearson. Los cambios en el diámetro máximo del AAA y los cambios volumétricos en el saco del aneurisma se compararon utilizando la prueba de la t de Student para muestras apareadas. Se utilizó el análisis unidireccional de la varianza (ANOVA) para determinar la existencia de diferencias estadísticamente significativas entre variables categóricas no dicotómicas. Todos los valores p fueron de dos colas, y un valor p superior a 0,05 se consideró estadísticamente significativo.

El estudio fue aprobado por el Comité de Ética local y se llevó a cabo de acuerdo con los principios de la Declaración de Helsinki.

RESULTADOS

Características basales

Inicialmente 168 pacientes fueron incluidos en el estudio de los cuales 24 (14,28 %) fueron excluidos: 5 (3,04 %) presentaron oclusión de la rama iliaca,

6 (3,65 %) migración de dispositivos, 9 (5,48 %) pacientes tuvieron un seguimiento inadecuado o inexistente y 4 muertes (2,4 %). Finalmente, se estudiaron 144 (87,80 %) pacientes, 138 (95,83 %) hombres y 6 (4,16 %) mujeres; edad media $71,9 \pm 7,3$ (rango 64,4-81,4). Las características basales de los pacientes se muestran en la tabla I. No hubo diferencias estadísticamente significativas entre los pacientes con y sin endofuga, excepto en el diámetro máximo del AAA, que resultó ser significativamente mayor en los pacientes que posteriormente desarrollaron una endofuga. El 45,8 % de los pacientes ($n = 66$) mostraron una endofuga.

Reproducibilidad

El gráfico de Bland-Altman se realizó para evaluar la variabilidad entre los observadores, sin encontrar diferencias significativas entre las medias del diámetro máximo del aneurisma aórtico en el periodo preoperatorio, a los 6 y 12 meses del periodo posoperatorio ($p = 0,25$, $p = 0,75$, $p = 0,22$, respectivamente) (Fig. 1A-C), y en la determinación del análisis volumétrico del AAA en el periodo preoperatorio, a los 6 y 12 meses del periodo posoperatorio ($p = 0,083$, $p = 0,79$, $p = 0,19$, respectivamente) (Fig. 2A-C).

Tabla I. Características basales de los pacientes

Características	n = 144	No fuga	Fuga	p
Edad (años)	$71,9 \pm 7,3$	$70,7 \pm 6,3$	$73,1 \pm 8,3$	0,78
Sexo (%):				
Mujer	4	2	2	0,89
Varón	96	46	40	0,71
Factores de riesgo cardiovascular (%):				
Hipertensión arterial	64	44	20	0,17
Cardiopatía isquémica	20	8	12	0,7
BNCO	4	4	0	1
Fumador	52	40	12	0,4
Diabetes mellitus	16	8	8	0,08
Dislipemia	60	48	12	0,5
Diámetro máximo AAA	$52,37 \pm 11,46$	$48,45 \pm 8,21$	$58,30 \pm 14,71$	0,00

BNCO: bronconeumopatía crónica obstructiva; AAA: aneurisma de aorta abdominal.

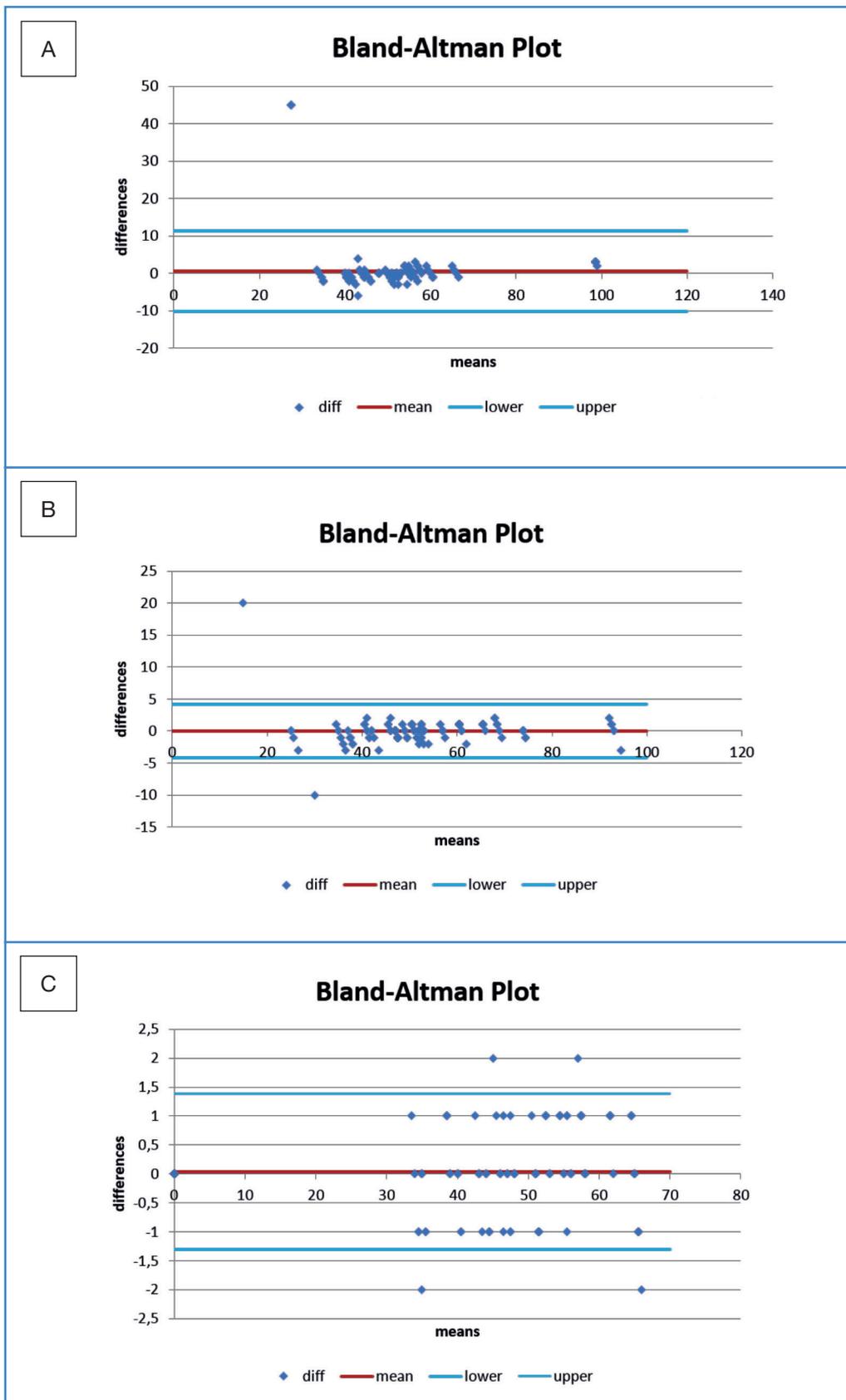


Figura 1. Gráfico de Bland-Altman para el diámetro máximo del aneurisma de aorta en el periodo preoperatorio (A), a los 6 (B) y 12 (C) meses del periodo posoperatorio.

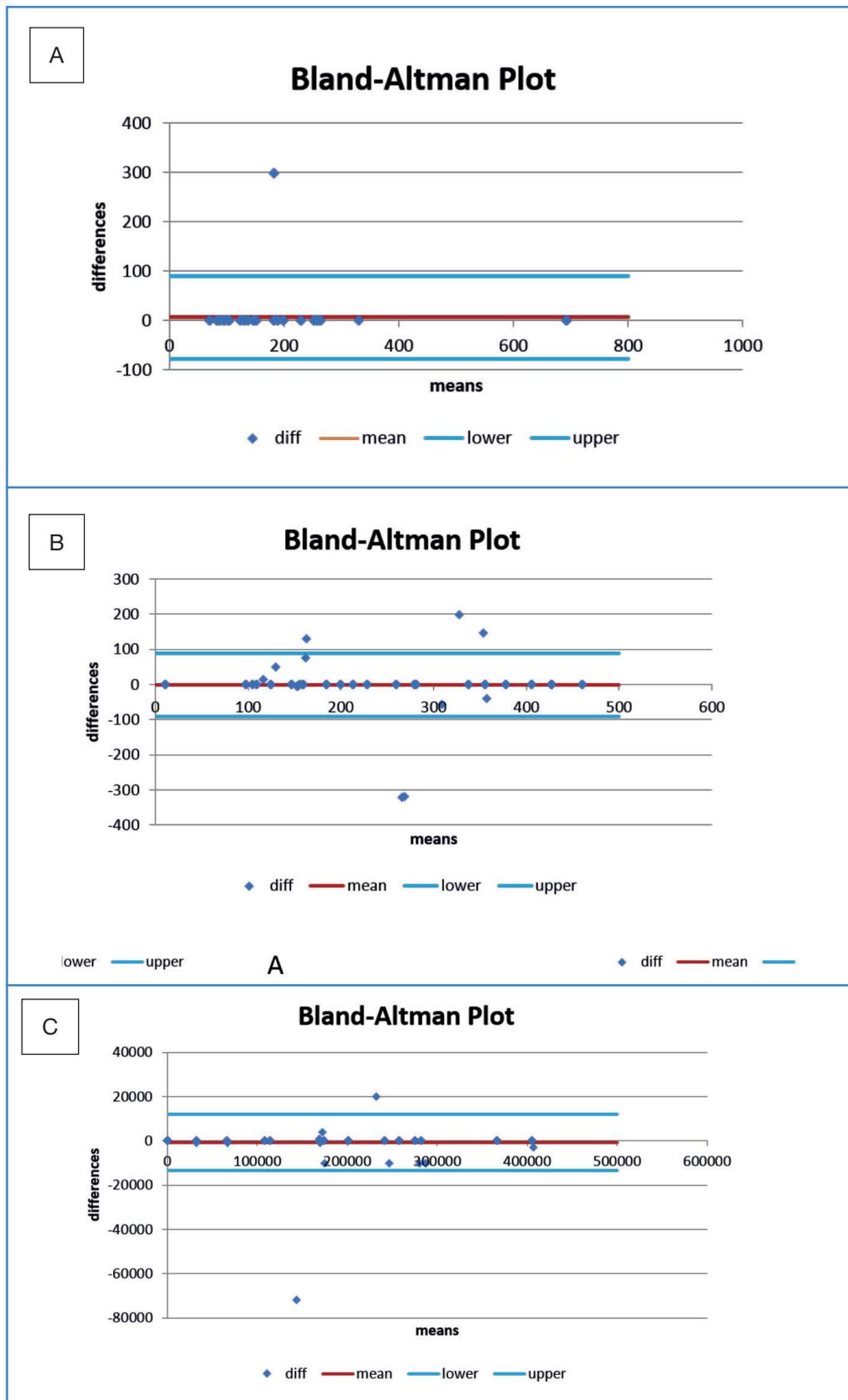


Figura 2. Gráfico Bland-Altman para el análisis volumétrico del AAA en el periodo preoperatorio (A), a los 6 (B) y 12 (C) meses después del periodo posoperatorio.

Determinación del diámetro de AAA y la medición del volumen

El diámetro máximo del AAA en el periodo preoperatorio, a los 6 y 12 meses después del periodo posoperatorio, fue de $52,05 \pm 12,25$ mm, $52,28 \pm 13,68$ mm y $49,89 \pm 9,2$ mm, respectivamente. El diámetro máximo del AAA de los pacientes sin endofuga se redujo en $2,55 \pm 1,07$ mm ($p = 0,00$) después de 12 meses de la intervención quirúrgica. El diámetro máximo del AAA a los 12 meses de la intervención en los pacientes con endofuga se redujo en $1,98 \pm 1,35$ mm ($p = 0,00$) al mismo tiempo. Esto representó una disminución del diámetro del 4,17 % y del 6,65 % a los 6 y 12 meses, respectivamente, en los pacientes sin fuga y un aumento del 5,78 % y del 1,96 % de los diámetros a los 6 y 12 meses en los pacientes con fuga (Tabla II A y B).

El volumen de AAA en el periodo preoperatorio, a los 6 y 12 meses del periodo posoperatorio, fue de $183,86 \pm 127,85$ cc, $240,63 \pm 121,29$ cc, $270,26 \pm 108,19$ cc, respectivamente. El volumen de AAA de los pacientes sin endofuga aumentó en $5,29 \pm 10,49$ cc ($p = 0,02$). El volumen del AAA de los pacientes con endofuga se incrementó en $22,03 \pm 19,03$ cc ($p = 0,00$). Esto representó un aumento en el vo-

lumen de AAA del 14,16 % y del 8,69 % a los 6 y 12 meses, respectivamente, en los pacientes sin fugas, y un aumento en el volumen de AAA del 92,22 % y del 57,34 % a los 6 y 12 meses, respectivamente, en los pacientes con fugas (Tabla III A y B).

En la figura 3 se muestra una comparación de la modificación del diámetro máximo y el análisis volumétrico en el periodo preoperatorio y a los 6-12 meses del periodo posoperatorio, en números absolutos.

Determinamos la correlación entre los cambios de diámetro máximo de AAA y los cambios de volumen relativos de AAA después del EVAR. Para los pacientes sin endofuga, la correlación entre los valores de la medición del diámetro y la determinación del volumen fue buena en el periodo preoperatorio y a los 6 meses del periodo posoperatorio y fue moderada a los 12 meses del periodo posoperatorio. En todos los casos, la correlación fue estadísticamente significativa. En los pacientes con endofuga, la correlación entre los valores de la medición del diámetro y la determinación del volumen fue buena en el periodo preoperatorio y deficiente a los 6 y 12 meses del periodo posoperatorio. La correlación fue estadísticamente significativa solo en el periodo preoperatorio.

Tabla II.

A. Diámetro máximo del AAA en el periodo preoperatorio, a los 6 y 12 meses del posoperatorio en los pacientes sin y con endofuga				
Variable	No fuga	Fuga	p	IC 95 %
Diámetro preiq	$48,45 \pm 8,21$	$56,3 \pm 14,71$	0,00	-11,7-(-3,99)
Diámetro 6 meses postiq	$46,74 \pm 10,80$	$58,84 \pm 13,9$	0,00	-16,17-(-8,02)
Diámetro 12 meses postiq	$45,9 \pm 9,47$	$54,32 \pm 6,51$	0,00	-11,47-(-5,36)
B. Modificación del diámetro del AAA (en porcentaje) en pacientes sin y con endofuga a los 6 y 12 meses del periodo posoperatorio				
Variables	No fuga	Fuga	p	IC 95 %
% Diámetro 6 meses	$95,83 \pm 11,28$	$105,78 \pm 16,22$	0,00	-14,05-(-5,39)
% Diámetro 12 meses	$93,35 \pm 15,94$	$101,96 \pm 10,23$	0,00	-13,64-(-3,58)

Tabla III.

A. Análisis volumétrico en el preoperatorio, a los 6 y 12 meses en pacientes con y sin fuga interna				
Variable	Sin fuga	Fuga	p	IC 95 %
Volumen preiq	153,525 ± 68	219,725 ± 167,548	0,02	-107,172-(-25,22)
Volumen 6 meses postiq	176,029 ± 94,24	316,997 ± 104,491	0,00	-173,72-(-10,82)
Volumen 12 meses postiq	158,818 ± 86,153	263,786 ± 104,675	0,00	-148-(-61,93)
B. Modificación del volumen del AAA en porcentaje en pacientes con y sin fuga interna a los 6 y 12 meses posoperatorios				
Variables	Sin fuga	Fuga	p	IC 95 %
% Volumen 6 meses	114,16 ± 35,34	192,22 ± 114,90	0,00	-105,16-(-50,94)
% Volumen 12 meses	108,69 ± 84,11	157,34 ± 84,54	0,01	-85,62-(-11,67)

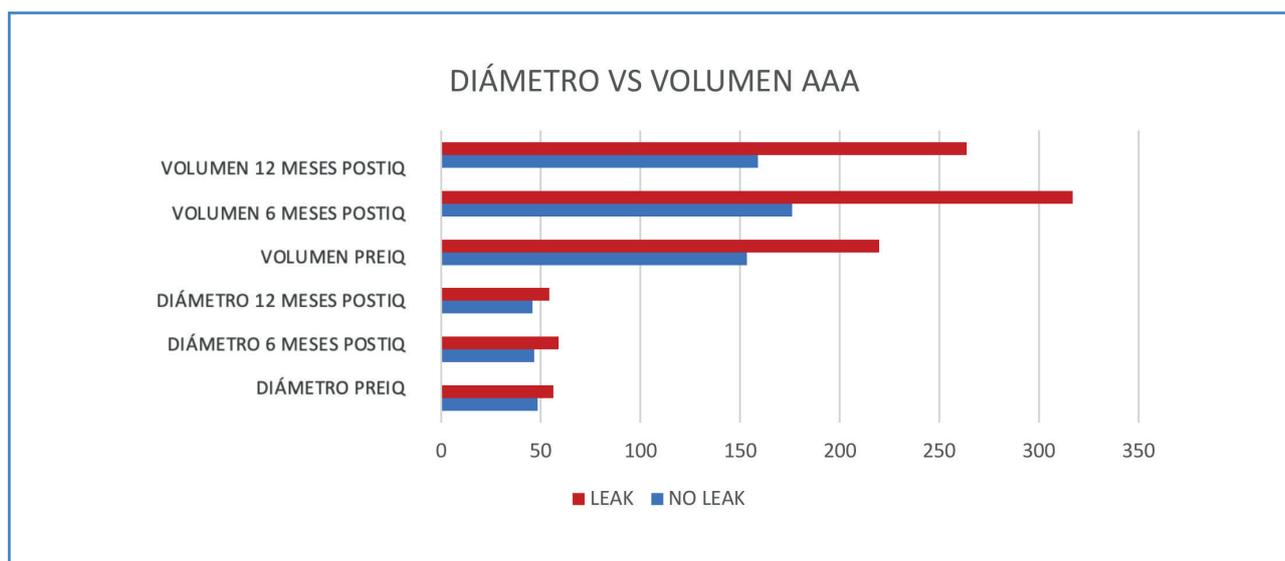


Figura 3. Comparación de los cambios del diámetro máximo y el análisis volumétrico (número absoluto).

Asociación del volumen del saco del aneurisma de la aorta abdominal y del trombo intraluminal en grupos

El volumen medio del ILT en pacientes sin endofuga fue de $94,77 \pm 78,97$ cc y $84,65 \pm 79,04$ cc a los 6 y 12 meses posoperatorios. El volumen medio del ILT en pacientes con endofuga fue de $458,03 \pm 80,59$ cc y $447,8 \pm 78,80$ a los 6 y 12 meses posoperatorios ($p = 0,001$ y $p = 0,00$ respectivamente). Esto representó el 47,13 % del volumen total de AAA a los 6 meses y el 108,69 % a los 12 meses para los pa-

cientes sin endofuga y el 58,89 % del volumen total de AAA a los 6 meses posoperatorios y un 157,34 % a los 12 meses, para los pacientes con endofuga ($p = 0,00$ y $0,01$, respectivamente).

DISCUSIÓN

Los principales hallazgos de nuestro estudio son las siguientes: a) el análisis volumétrico de los AAA es una medida más precisa que el método tradicional de determinación del diámetro máximo, b) el análisis vo-

lumétrico de los AAA es una medida más precisa que la determinación del diámetro máximo en los pacientes que presentan una endofuga y c) el aumento del volumen experimentado por el saco aneurismático en el periodo posoperatorio se produce básicamente a expensas del trombo intraluminal.

Actualmente, la medición del diámetro máximo del AAA es el método más utilizado en la práctica clínica tanto para el diagnóstico como para el seguimiento posoperatorio del tratamiento endovascular y para determinar el riesgo de rotura. Esto se debe a su facilidad de uso, su amplia disponibilidad y su bajo coste. Pero esta metodología asocia incógnitas sobre la reproducibilidad de las mediciones y la sensibilidad para detectar la verdadera progresión de la enfermedad (11).

El ultrasonido es el método de diagnóstico más utilizado para el seguimiento de AAA menores de 40 mm de diámetro máximo. Es una técnica excelente para este objetivo, pero asocia una variabilidad intra e interobservadora en el rango de 2 a 7 mm y 2 a 10 mm, respectivamente, lo que constituye una limitación importante que repercute en la toma de decisiones clínicas (12,13).

La CTA es un método avanzado de procesamiento de imágenes. Tiene una variabilidad intra e interobservador de < 2 mm, por lo que se utiliza comúnmente para el seguimiento del AAA (14,15). Una de las principales desventajas de la determinación del diámetro máximo del AAA es el método exacto utilizado. Hay que tener en cuenta que pueden producirse variaciones en función del plano de adquisición (por ejemplo, coronal o sagital), del eje de medición (axial u ortogonal), de la posición de los calibres de medición (interno-interno o externo-externo), de la relación con el ciclo cardiaco (sístole frente a diástole) y de la región seleccionada de AAA (16). En nuestro estudio, los autores hemos utilizado el diámetro medido perpendicularmente a la línea central de la aorta (ortogonal), que ya se considera más representativo del verdadero diámetro del AAA (17). El estudio utilizó la medición del diámetro del AAA con el método de afuera hacia afuera (pared externa), según la metodología descrita en el estudio The UK Small Aneurysm Trial (18).

Hay una gran variabilidad individual en los patrones de crecimiento, y solo un pequeño porcentaje

de los pacientes muestra un crecimiento lineal. Esto puede explicarse por el hecho de que hay factores individuales, pero también contribuyen el error de medición y la variación de las técnicas de evaluación. Por esta razón, es necesario encontrar un método de seguimiento más preciso que la medición del diámetro máximo del AAA (19).

Algunos estudios sostienen que el análisis volumétrico del AAA es un predictor más sensible y preciso de la progresión del aneurisma que la medición del diámetro máximo y, además, tiene una excelente reproducibilidad (coeficientes de variación de < 3 %). En nuestro estudio, se observó una excelente concordancia entre los dos investigadores tanto en la medición del diámetro máximo como en la determinación del análisis volumétrico del AAA, como se puede observar en el gráfico de Bland-Altman.

Los cambios en la morfología del aneurisma no siempre resultan en cambios en el diámetro máximo, y las mediciones de volumen reflejan los cambios en el AAA tridimensionalmente (20). En nuestro estudio, observamos que la correlación entre el diámetro máximo y el análisis volumétrico no era buena en los pacientes que desarrollaron una endofuga. Estos hallazgos están en la misma línea que los presentados por Skrebunas y cols. (21), en los que no hubo una correspondencia entre el aumento volumétrico y el del diámetro máximo. Asimismo, Kontopodis y cols. (22) concluyeron que el crecimiento volumétrico de 34 pequeños AAA era un mejor predictor de una indicación quirúrgica que el crecimiento del diámetro del AAA.

El análisis volumétrico se puede realizar con CTA, resonancia magnética y ultrasonido. En nuestro trabajo, usamos la CTA ya que es una práctica clínica rutinaria para el seguimiento postEVAR. La determinación del volumen en la CTA no se precisa la utilización de contraste yodado potencialmente nefrotóxico.

En la actualidad, existen *software* desarrollados que permiten realizar una segmentación semiautomática de las regiones de interés (ROI), lo que permite un cálculo relativamente rápido del volumen (22).

En nuestro estudio, el análisis volumétrico se realizó en aproximadamente 30 minutos, pero es previsible que, junto con el desarrollo futuro del *software*, este cálculo pueda realizarse más rápidamente a expensas de una mayor automatización y eficiencia (23).

En el estudio se demuestra que el análisis volumétrico es un indicador mucho más preciso que el diámetro aórtico para realizar el seguimiento del saco aneurismático después del EVAR. Esta característica es aún más importante en los pacientes con una endofuga.

La mayor precisión del análisis volumétrico en la detección del crecimiento del aneurisma se debe a que los cambios absolutos del volumen son mayores que el diámetro. Parr y cols. (24), demostraron que un aumento de 1 mm en el diámetro ortogonal del AAA equivalía a un aumento de 4 ml en el volumen del AAA. La determinación del diámetro máximo da información puntual de un plano del AAA mientras que el volumen considera lo que sucede con el aneurisma en su totalidad.

La presencia del ILT, junto con los factores geométricos del aneurisma, la presión sanguínea y la dinámica del flujo influyen en la tensión de la pared que se relaciona con la rotura del AAA. Además, se ha demostrado que la ILT es una estructura biológicamente activa que contiene grandes cantidades de leucocitos polimorfonucleares, altas concentraciones de citoquinas, metaloproteinasas de matriz (MMP) que la convierten en una estructura inflamatoria con capacidad para modificar las propiedades biomecánicas de la arteria (25,26). Singh y cols. (27) demostraron que existe una asociación entre el volumen del ILT y el crecimiento de la aorta, lo cual también hemos demostrado en nuestro estudio. Fujii y cols. (28) identificaron que el volumen del trombo del saco preoperatorio predice la incidencia de la expansión del aneurisma con endofuga de tipo II después del EVAR.

La principal limitación del análisis volumétrico es que actualmente no se han definido los volúmenes umbral a los que se debe recomendar la reparación quirúrgica. Se han realizado estudios que estiman este parámetro como el de Sirignano y cols. (29), que observaron que el aumento del área de los trombos en más del 60 % y del volumen de los trombos en más del 59 % se asociaba a mayores tasas de reoperación. Por esta razón, sería conveniente realizar estudios más amplios y establecer el umbral de riesgo, que es necesario para indicar una nueva reparación quirúrgica del AAA que permitan prevenir complicaciones tardías como la rotura del AAA.

CONCLUSIONES

El análisis volumétrico de los aneurismas aórticos abdominales reparados mediante tratamiento endovascular es una medida más precisa para determinar la expansión del saco del aneurisma que la medición del diámetro máximo del aneurisma. El volumen del trombo intraluminal influye significativamente en las modificaciones volumétricas quirúrgicas del aneurisma de aorta abdominal.

BIBLIOGRAFÍA

1. Rimm EB, Sc D, Chasman DI, et al. *New England Journal. N Engl J Med* 2012;367:1387-96.
2. Powell JT, Sweeting MJ, Ulug P, et al. Meta-analysis of individual-patient data from EVAR-1, DREAM, OVER and ACE trials comparing outcomes of endovascular or open repair for abdominal aortic aneurysm over 5 years. *Br J Surg* 2017;104:166-78. DOI: 10.1002/bjs.10430
3. Schlösser FJV, Gusberg RJ, Dardik A, et al. Aneurysm rupture after EVAR: can the ultimate failure be predicted? *Eur J Vasc Endovasc Surg* 2009;37:15-22. DOI: 10.1016/j.ejvs.2008.10.011
4. Zhou W, Blay E Jr, Varu V, et al. Outcome and clinical significance of delayed endoleaks after endovascular aneurysm repair. *J Vasc Surg* 2014;59(4):915-20. DOI: 10.1016/j.jvs.2013.10.093
5. Kirkpatrick VE, Wilson SE, Williams RA, et al. Surveillance computed tomographic arteriogram does not change management before 3 years in patients who have a normal post-EVAR study. *Ann Vasc Surg* 2014;28:831-6. DOI: 10.1016/j.avsg.2013.09.017
6. Schnitzbauer M, Güntner O, Wohlgemuth WA, et al. CT after endovascular repair of abdominal aortic aneurysms: diagnostic accuracy of diameter measurements for the detection of aneurysm sac enlargement. *J Vasc Interv Radiol* 2018;29:178-187.e3. DOI: 10.1016/j.jvir.2017.09.012
7. Sirignano P, Menna D, Capoccia L, et al. Preoperative intrasac thrombus load predicts worse outcome after elective endovascular repair of abdominal aortic aneurysms. *J Vasc Interv Radiol* 2015;26:1431-6. DOI: 10.1016/j.jvir.2015.07.005
8. Sadek M, Dexter DJ, Rockman CB, et al. Preoperative relative abdominal aortic aneurysm thrombus burden predicts endoleak and sac enlargement after endovascular aneurysm repair. *Ann Vasc Surg* 2013;27:1036-41. DOI: 10.1016/j.avsg.2013.04.006
9. Yeung JJ, Hernandez-Boussard TM, Song TK, Dalman RL, Lee JT. Preoperative thrombus volume predicts sac regression after endovascular aneurysm repair. *J Endovasc Ther Off J Int Soc Endovasc Spec* 2009;16:380-8. DOI: 10.1583/09-2732.1

10. Ahn SS, Rutherford RB, Johnston ICW, et al. Reporting standards for infrarenal endovascular abdominal aortic aneurysm repair. *J Vasc Surg* 1997;25:405-10. DOI: 10.1016/S0741-5214(97)70363-X
11. Nagayama H, Sueyoshi E, Sakamoto I, Uetani M. Endovascular abdominal aortic aneurysm repair: surveillance of endoleak using the maximum transverse diameter of the aorta on non-enhanced CT. *Acta Radiol* 2012;53(6):652-6. DOI: 10.1258/ar.2012.120018
12. Beales L, Wolstenhulme S, Evans JA, West R, Scott DJ. Reproducibility of ultrasound measurement of the abdominal aorta. *Br J Surg* 2011;98:1517-25. DOI: 10.1002/bjs.7628
13. Gürtelschmid M, Björck M, Wanhainen A. Comparison of three ultrasound methods of measuring the diameter of the abdominal aorta. *Br J Surg* 2014;101:633-6. DOI: 10.1002/bjs.9463
14. Grøndal N, Bramsen MB, Thomsen MD, Rasmussen CB, Lindholt JS. The cardiac cycle is a major contributor to variability in size measurements of abdominal aortic aneurysms by ultrasound. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 2012;43:30-3. DOI: 10.1016/j.ejvs.2011.09.025
15. Bredahl K, Eldrup N, Meyer C, Eiberg JE, Sillesen H. Reproducibility of ECG-gated ultrasound diameter assessment of small abdominal aortic aneurysms. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 2013; 45:235-40. DOI: 10.1016/j.ejvs.2012.12.010
16. Long A, Rouet L, Lindholt JS, Allaire E. Measuring the maximum diameter of native abdominal aortic aneurysms: review and critical analysis. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 2012; 43:515-24. DOI: 10.1016/j.ejvs.2012.01.018
17. Kauffmann C, Tang A, Therasse E, Giroux MF, Elkouri S, Melanson P, Melanson B, Oliva VL, Soulez G. Measurements and detection of abdominal aortic aneurysm growth: Accuracy and reproducibility of a segmentation software. *Eur J Radiol* 2012; 81:1688-94. DOI: 10.1016/j.ejrad.2011.04.044
18. The UK Small Aneurysm Trial: design, methods, and progress. The UK Small Aneurysm Trial Participants. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 1995;9:42-8. DOI: 10.1016/S1078-5884(05)80223-0
19. Vega de Céniga M, Gómez R, Estallo L, de la Fuente N, Vivians B, Barba A. Analysis of expansion patterns in 4-4.9 cm abdominal aortic aneurysms. *Ann Vasc Surg* 2008;22:37-44. DOI: 10.1016/j.avsg.2007.07.036
20. Kitagawa A, Mastracci TM, von Allmen R, Powell JT. The role of diameter versus volume as the best prognostic measurement of abdominal aortic aneurysms. *J Vasc Surg* 2013;58:258-65. DOI: 10.1016/j.jvs.2013.05.001
21. Skrebunas A, Lengvenis G, Builyte IU, Zulpaite R, Bliudzius R, Baltrunas T, Misonis N, Marinskis G. Aortic sac enlargement after endovascular aneurysm repair: volume-related changes and the impact of intraluminal thrombus. *Pol J Radiol*. 2019; 11;84:e530-e536. DOI: 10.5114/pjr.2019.91260
22. Kontopodis N, Metaxa E, Papaharilaou Y, Georgakarakos E, Tsetis D, Ioannou CV. Value of volume measurements in evaluating abdominal aortic aneurysms growth rate and need for surgical treatment. *Eur J Radiol* 2014; 83:1051-6. DOI: 10.1016/j.ejrad.2014.03.018
23. Virzi A, Muller CO, Marret JB, Mille E, Berteloot L, Grévent D, Boddaert N, Gori P, Sarnacki S, Bloch I. Comprehensive Review of 3D Segmentation Software Tools for MRI Usable for Pelvic Surgery Planning. *J Digit Imaging* 2020;33(1):99-110. DOI: 10.1007/s10278-019-00239-7
24. Parr A, Jayaratne C, Buttner P, Golledge J. Comparison of volume and diameter measurement in assessing small abdominal aortic aneurysm expansion examined using computed tomographic angiography. *Eur J Radiol* 2011;79:42-7. DOI: 10.1016/j.ejrad.2014.03.018
25. Folkesson M, Silveira A, Eriksson P, Swedenborg J. Protease activity in the multi-layered intra-luminal thrombus of abdominal aortic aneurysms. *Atherosclerosis* 2011;218:294-9. DOI: 10.1016/j.atherosclerosis.2011.05.002
26. Koole D, Zandvoort HJA, Schoneveld A, et al. Intraluminal abdominal aortic aneurysm thrombus is associated with disruption of wall integrity. *J Vasc Surg* 2013;57:77-83. DOI: 10.1016/j.jvs.2012.07.003
27. Singh TP, Wong SA, Moxon JV, Gasser TC, Golledge J. Systematic review and meta-analysis of the association between intraluminal thrombus volume and abdominal aortic aneurysm rupture. *J Vasc Surg* 2019;70(6):2065-73. e10. DOI: 10.1016/j.jvs.2019.03.057
28. Fujii T, Banno H, Kodama A, Sugimoto M, Akita N, Tsuruoka T, Sakakibara M, Komori K. Aneurysm Sac Thrombus Volume Predicts Aneurysm Expansion with Type II Endoleak After Endovascular Aneurysm Repair. *Ann Vasc Surg* 2020;66:85-94. DOI: 10.1016/j.avsg.2019.11.045
29. Sirignano P, Menna D, Capoccia L, et al. Preoperative intrasac thrombus load predicts worse outcome after elective endovascular repair of abdominal aortic aneurysms. *J Vasc Interv Radiol* 2015;26:1431-6. DOI: 10.1016/j.jvir.2015.07.005