

Trabajo de Fin de Grado de Medicina.
Universidad de Valladolid. Servicio de
Angiología y Cirugía Vascolar del Hospital
Clínico Universitario de Valladolid.

Estudio anatómico y planimétrico de los aneurismas de aorta abdominal

**Alumnas: Ana Vallejo Antolín y
María San Juan Manso**

Tutor: Prof. Carlos Vaquero Puerta

RESUMEN

Introducción: El aneurisma de aorta abdominal es una patología cuya incidencia está en aumento. Su principal complicación es la ruptura, que puede ocasionar la muerte del paciente. Por ello, cuando alcanzan un determinado tamaño (5 cm.), el paciente debe recibir tratamiento quirúrgico. Actualmente el tratamiento endovascular se ha consolidado frente a la cirugía abierta convencional. Para llevar a cabo la implantación de endoprótesis es fundamental conocer la morfología del aneurisma que se va a tratar. Este estudio lleva a cabo un estudio morfológico y planimétrico de dichos aneurismas con el fin de optimizar el tratamiento protésico endovascular.

Material y métodos: 507 pacientes diagnosticados de aneurisma de aorta abdominal fueron incluidos en el estudio. Todos ellos fueron sometidos a un angio-TC milimetrado para valorar los distintos parámetros de interés del aneurisma. Los datos obtenidos fueron sometidos a un análisis estadístico mediante el programa SPSS.

Resultados: Se ha obtenido un análisis morfométrico y planimétrico de los aneurismas de aorta abdominal. Posteriormente se ha observado que existe una relación estadísticamente significativa entre algunas de las distintas variables estudiadas (diámetro externo del aneurisma y diámetro de las arterias ilíacas derecha e izquierda).

Conclusiones: Conocer las características morfométricas de los aneurismas de aorta abdominal en la población es fundamental para la planificación del tratamiento quirúrgico endovascular, para minimizar el riesgo de complicaciones a corto y largo plazo e, incluso, para facilitar la fabricación de modelos estándares de endoprótesis que se ajusten a las características específicas de la población.

Palabras clave: aneurisma, aorta, abdominal, morfología, morfometría, anatomía.

ABSTRACT

Introduction: The abdominal aortic aneurysm is a disease whose incidence is increasing. Its main complication is rupture, which can result in death of the patient. Therefore, when aneurysms reach a certain size (5 cm), the patient should receive surgical treatment. Currently the endovascular treatment has consolidated over conventional open surgery. To perform stenting, it is essential to know the morphology of the aneurysm to be treated. This study performs a morphological and planimetric study of such aneurysms in order to optimize endovascular prosthetic treatment.

Methods: 507 patients diagnosed with abdominal aortic aneurysm were included in the study. All were subjected to CT angiography graph to assess the various parameters of interest of the aneurysm. The data obtained were subjected to statistical analysis using SPSS.

Results: A morphometric and planimetric analysis of abdominal aortic aneurysms was obtained. Subsequently, it has been observed that there is statistically significant relationship between some of the different variables studied (outer diameter of the aneurysm and diameter of the right and left iliac arteries).

Conclusions: Knowing the morphometric characteristics of abdominal aortic aneurysms in the population is essential to plan endovascular surgical treatment, to minimize the risk of complications in the short and long term, and even, to facilitate the manufacture of standard models of stent according to the characteristics of the population.

Keywords: aneurysm, aorta, abdominal, morphology, morphometry, anatomy.

INTRODUCCIÓN

El aneurisma de la aorta abdominal (AAA) se define como el aumento del diámetro de la aorta en más del 50% de su tamaño normal¹⁸.

Los aneurismas de aorta abdominal son los aneurismas que se presentan con mayor frecuencia en la práctica médica habitual. La incidencia del aneurisma de aorta abdominal (AAA) se sitúa entre el 6 y el 9% en los varones mayores de 65 años de Estados Unidos y, aproximadamente el 1% de todas las muertes que se producen en los países industrializados tienen como causa la ruptura de un aneurisma de aorta abdominal. Actualmente se considera que el tratamiento de elección de los aneurismas de aorta abdominal es la implantación de endoprótesis, por delante de la cirugía abierta convencional en la mayoría de las ocasiones. La era del cambio en su tratamiento comenzó con la introducción de las endoprótesis por Parodi en 1989. Hoy en día más de la mitad de las intervenciones electivas de los aneurismas de aorta abdominal se realizan mediante la implantación de endoprótesis²⁰.

Se considera que la causa más frecuente del aneurisma aórtico es la aterosclerosis y su localización más frecuente es la aorta abdominal infrarrenal. Por orden decreciente en frecuencia, los aneurismas ateroscleróticos se localizan en la aorta abdominal infrarrenal (75%), la aorta torácica descendente, la arteria poplítea, la aorta torácica ascendente y el cayado aórtico. Es de señalar que más del 10% de los pacientes presentan aneurismas múltiples y, en ocasiones, existe una asociación familiar poligénica⁵.

Por su forma los aneurismas pueden ser saculares, si solamente afectan a una porción de la circunferencia del vaso, o fusiformes si afectan a toda la circunferencia. El aneurisma de aorta abdominal infrarrenal suele ser fusiforme⁵.

Este tipo de aneurismas suelen ser asintomáticos y generalmente se descubren de forma casual, ya sea en una exploración física de rutina (masa palpable, pulsátil y no dolorosa en epigastrio o mesogastrio, justo a la izquierda

de la línea media) o bien al objetivar la dilatación de la aorta en una radiografía de abdomen o en un estudio ultrasonográfico con ecodoppler⁵.

Sin embargo, su crecimiento y expansión puede ocasionar la aparición de una situación de riesgo vital para el paciente y producir síntomas debidos a su rotura parcial o completa (hemorragia masiva), a la protrusión hacia estructuras adyacentes (disfonía, ronquera, disnea y disfagia) o incluso por la aparición de una embolia periférica. La presencia de síntomas es otro factor de riesgo de rotura aneurismática, lo que conlleva hasta un 30% de roturas al cabo de un mes y un 80% en el primer año tras el diagnóstico^{24, 25, 27,28}.

La ruptura es una causa frecuente de mortalidad en la población general, con 15.000 muertes/año en Estados Unidos. Además constituye la decimoquinta causa de muerte en la población general y la décima en varones mayores de 55 años^{26,29}.

El riesgo de rotura está relacionado con el diámetro máximo del aneurisma, siendo éste el principal factor de riesgo, pero también por factores como la hipertensión arterial, el tabaquismo activo y el sexo femenino (triple riesgo que el varón). La mortalidad de los pacientes con aneurismas abdominales sin tratamiento de más de 6cm de diámetro es del 50 % en un año^{22, 30}.

El tratamiento va encaminado a prolongar la supervivencia del paciente y a evitar la rotura del aneurisma, pues si la intervención quirúrgica es programada tiene una mortalidad entre el 2% y el 6%, mientras que cuando es urgente alcanza el 20% y, si es por rotura supera el 50%²¹.

El paciente con un aneurisma sintomático por rotura parcial o total o por compresión de estructuras adyacentes tiene indicación quirúrgica. En pacientes asintomáticos actualmente se admite que una vez que alcanzan un diámetro de 4.5 a 5.5 cm o si la velocidad de crecimiento es mayor a 0,5 cm al año se debe realizar tratamiento quirúrgico¹¹.

El tratamiento convencional por cirugía abierta consiste en la resección del aneurisma e implantación de una prótesis sintética (casi siempre de Dacron ® o Gore-Tex ®) tubular o extendida hacia las iliacas si están afectadas⁵. Este

tratamiento tiene una serie de complicaciones tales como infección de la prótesis, fístula aorto-entérica, aneurismas anastomóticos, rotura o fuga de la prótesis, presentando un alto riesgo de mortalidad y morbilidad.

Por todo esto, se ha propuesto la realización de tratamiento endovascular con implantación de endoprótesis (EVAR). La colocación de una endoprótesis es un procedimiento quirúrgico mínimamente invasivo en el que no es necesario realizar una cirugía abierta del aneurisma abdominal ni se requiere la extracción de parte de la aorta, por lo que en el momento actual se considera el tratamiento de elección. Para algunos pacientes esto reduce el tiempo de recuperación en varios días y, en algunos casos, los pacientes pueden volver a casa y reanudar sus actividades normales en un plazo de 4 a 6 semanas^{6,13}.

El tratamiento endovascular es una excelente opción de tratamiento, pero también presenta una serie de complicaciones tales como fugas, trombosis, migración de la endoprótesis y todas aquellas derivadas del abordaje vascular de dicho aneurisma^{7,9,10,19}.

De todas ellas, la complicación más frecuente es la endofuga². La sospecharemos cuando evidenciamos paso de contraste intravenoso al saco aneurismático excluido y/ o crecimiento del saco aneurismático en los controles sucesivos. Las endofugas se producen por mala aposición entre uno de los puntos de implantación de la prótesis sobre la aorta nativa o arterias ilíacas. En ellas tiene lugar un aporte a través de ramas aórticas no excluidas (mesentérica inferior, arterias lumbares...) o a través del mismo cuerpo de la endoprótesis¹².

Entre las complicaciones relacionadas con el stent destacaremos la migración y el pliegue del stent. Este último se produce cuando un aneurisma de grandes dimensiones disminuye de diámetro y de longitud tras el tratamiento¹⁶.

Tanto la fuga como la migración del stent son limitaciones que están relacionadas con las zonas de anclaje o fijación de las endoprótesis a la aorta, especialmente a nivel del cuello aneurismático y a nivel distal en lo que concierne a las arterias ilíacas. La adecuada coaptación del sistema tubular con

las arterias receptoras hace que disminuya el riesgo de fugas que puedan producirse tras la colocación de la endoprótesis ¹⁵.

En este trabajo se plantea un estudio de la valoración de las dimensiones y tamaños de las zonas del cuello y sector iliaco en una población afecta del aneurisma de aorta abdominal, ya que conocer las medidas de estos sectores vasculares es fundamental para la planificación del tratamiento, la determinación de la estrategia quirúrgica y la adecuación del dispositivo a las arterias.

El objetivo principal es, por tanto, analizar la morfometría para encontrar un modelo estándar de aneurismas de aorta abdominal, así como averiguar si existe correlación entre las diferentes variables estudiadas contrastando los distintos resultados.

Se trata de desarrollar una nueva aportación en el ámbito de la optimización del tratamiento quirúrgico endovascular así como de la implantación de endoprótesis en los aneurismas de aorta abdominal, lo que podrá mejorar la supervivencia tras la intervención quirúrgica y disminuir las complicaciones derivadas del tratamiento aneurismático.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se ha realizado un estudio descriptivo morfológico y morfométrico de los aneurismas de aorta abdominal atendidos en el Servicio de Angiología y Cirugía Vascular del Hospital Clínico Universitario de Valladolid. A los enfermos, para su valoración previa diagnóstica y terapéutica, se les ha realizado, entre otras pruebas, un estudio de tomografía axial computarizada con contraste (AngioTAC). El angioTAC se ha realizado mediante cortes radiológicos milimetrados de 1 a 3 mm de distancia. Los cortes trasversales han servido para la medición de diferentes parámetros del aneurisma y de las arterias aorta e iliacas. La muestra analizada ha correspondido a 507 casos de pacientes consecutivos y correspondían a enfermos que se encontraban dentro de criterios terapéuticos quirúrgicos.

A nivel de los cortes transversales se han obtenido fundamentalmente los diámetros de los vasos tanto a niveles normales como patológicos. Se han determinado las longitudes mediante cálculos derivados de referencias del vaso y el espesor de los cortes, y también de reconstrucciones informáticas de cortes o representaciones coronales. La obtención de los datos ha sido realizada por diferentes observadores, pero utilizando criterios y protocolos de valoración que desarrollaban un gran precisión en las mediciones independientes del factor observador. Los parámetros recogidos están referenciados junto con su representación gráfica en la Fig. 1 y 2.

El estudio se ha realizado con la aprobación de la Comisión Ética de Investigación Clínica del Hospital Clínico Universitario de Valladolid, y respetando todos los aspectos éticos relacionados con la utilización de datos de la historia clínica del paciente de forma anónima (PI 16-441).

Todos los datos obtenidos fueron almacenados en el sistema RIS de la historia clínica radiológica de los pacientes pudiéndose ser recuperados posteriormente. De la misma forma que los datos de forma anónima, fueron incluidos en una base de datos para su valoración estadística.

Análisis estadístico:

Las comparaciones entre grupos se realizaron mediante la prueba de Chi-cuadrado para las variables cualitativas y la prueba de T de Student para las variables cuantitativas. Se realizó un análisis estadístico univariable para determinar la fuerza de asociación entre variables. Posteriormente se realizó un análisis de regresión lineal multivariante para estudiar la posibilidad de predicción del diámetro del cuello del aneurisma de la aorta abdominal en función de otras características morfológicas del aneurisma y de la predicción del diámetro del aneurisma de aorta abdominal en función del diámetro de las arterias iliacas.

Se consideró un nivel de significación estadística cuando $p < 0,05$.

Para la realización del análisis estadístico se utilizó el programa SPSS®18.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, EE. UU.).

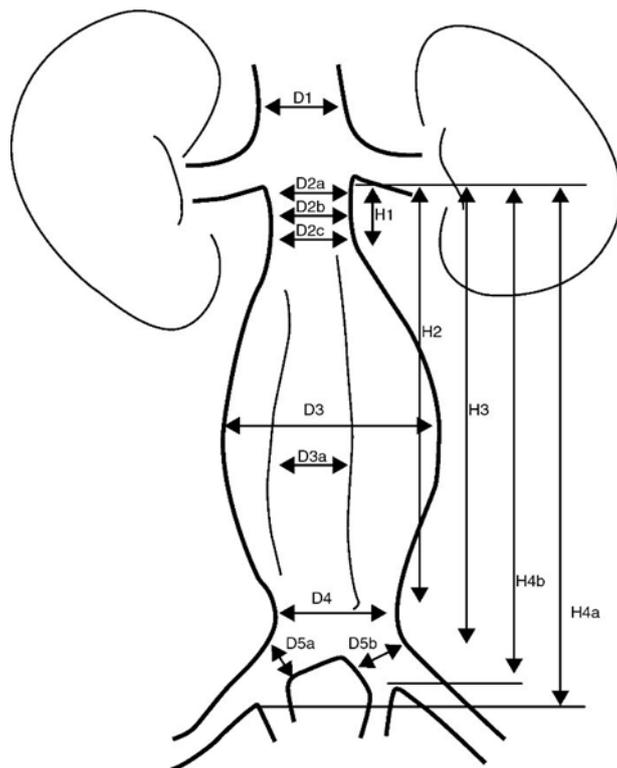


Figura 1. Variables del aneurisma de aorta abdominal determinadas tras el estudio angio-TC.

D1: diámetro de la aorta suprarrenal. D2a: diámetro del cuello aneurismático superior. D2b: diámetro del cuello aneurismático medio. D2c: diámetro del cuello aneurismático inferior. D3: diámetro externo del aneurisma. D3a: diámetro de la luz del aneurisma. D4: diámetro distal de la arteria aorta antes de su bifurcación. D5a: diámetro de la arteria iliaca derecha. D5b: diámetro de la arteria iliaca izquierda.

H1: longitud del cuello aneurimático. H2: longitud del aneurisma desde la línea infrarrenal. H3: longitud hasta la bifurcación de la aorta. H4a: longitud desde la línea infrarrenal hasta la bifurcación de la arteria iliaca común derecha. H4b: longitud desde la línea infrarrenal hasta la bifurcación de la arteria iliaca común izquierda.

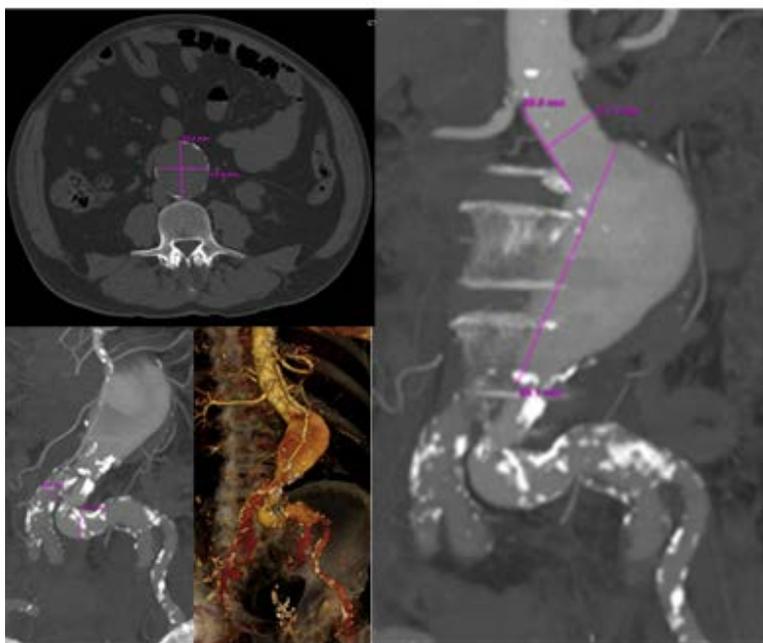


Fig. 2. Estudio AngioTAC correspondiente a uno de los pacientes evaluados.

RESULTADOS

Se han analizado las principales medidas de los aneurismas de aorta abdominal, en especial aquellas variables que corresponden a su diámetro y a su longitud según se muestra en la Tabla I.

Cuando realizamos un análisis de la distribución del sexo en los pacientes con AAA se constata que únicamente un 2.9% de todos los aneurismas de aorta abdominal corresponden al sexo femenino. Se ha podido también objetivar que no existe una diferencia estadísticamente significativa entre las diferentes medidas morfométricas de los AAA entre ambos sexos, lo cual se demuestra por una significación $p > 0.05$ y en que todos los intervalos de confianza incluyen el 0. Aún así el diámetro medio del cuerpo de los aneurismas en las mujeres es de 44.60mm en contraste a los 52.42mm de los varones (Tabla II).

Posteriormente se realizó un análisis de regresión lineal múltiple para estudiar la predicción del diámetro del cuello del AAA en relación al diámetro máximo del aneurisma de aorta abdominal, siendo la ecuación resultante:

$$\text{Diámetro cuello del AAA} = 20,965 + 0,086 * \text{diámetro máximo del AAA.}$$

Ambas variables están relacionadas como así lo demuestra la significación estadística de su coeficiente ($p= 0,000$), aunque con sólo una variable, esta ecuación podría predecir el 3.2% de los casos. Se precisaría introducir otras variables para aumentar el valor de R^2 .

Por este motivo, repetimos nuestro análisis, esta vez introduciendo en el modelo dos variables más, que son la longitud del cuello del AAA y la longitud del AAA. La ecuación resultante es:

$$\text{Diámetro cuello del AAA} = 22,770 + ,073 * \text{diámetro máximo del AAA} + 1,855E-6 * \text{longitud del AAA} - ,051 * \text{longitud del cuello del AAA}.$$

Estas dos últimas variables, no tiene relación estadísticamente significativa con el diámetro del cuello del aneurisma, como así lo demuestra el valor de la significación de su estadístico t, que son 0.983 y 0.178 respectivamente.

Al introducir estas dos nuevas variables el valor de R^2 cambia de un 3.2% a un 2,4%, ya que como hemos comentado no son significativas.

(Discusión: el diámetro del cuello del aneurisma está en función del diámetro del AAA además de otras variables que no tiene relación con la longitud de cuello ni con la longitud del AAA).

A continuación, se estudio si el diámetro máximo del AAA podría ser predicho en función del diámetro de las arterias iliacas. La ecuación de regresión que obtuvimos fue la siguiente:

$$\text{Diámetro máximo de AAA} = 44,170 + 0,166 * \text{diámetro de arteria iliaca derecha} + 0,545 * \text{diámetro de arteria iliaca izquierda}.$$

Hay que precisar que mientras la variable diámetro de la arteria iliaca izquierda muestra el valor de p significativo ($p= 0,000$), la variable diámetro de arteria iliaca derecha no lo es ($p=0,235$). Esta ecuación sería capaz de explicar el

7.3% de los casos, por lo que sería necesario incluir otro tipo de variables para incrementar el valor de R^2 .

Variables descriptivas					
Medidas	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.
D2	511	0	200	25,43	10,170
D3	511	0	140	52,19	21,800
D3a	511	0	120	29,13	19,091
D4	511	0	110	25,58	14,250
D5a	511	0	80	11,70	9,545
D5b	511	0	70	11,16	8,561
H1	507	0	100	19,07	11,987
H2	507	0	112120	307,04	4976,237
H3	511	0	120100	558,70	7194,653
H4a	511	0	1500	122,12	117,426
H4b	511	0	2200	126,71	150,734

Tabla I. Valores descriptivos de las principales medidas morfométricas de los AAA.

Medidas	Sexo	N	Media	Desviación típ.	Sig. (bilateral)
D3	Varón	496	52,42	21,684	,171
	Mujer	15	44,60	24,968	
D2	Varón	496	25,39	10,253	,579
	Mujer	15	26,87	6,958	

D3a	Varón	496	29,35	18,997	,131
	Mujer	15	21,80	21,368	
D4	Varón	496	25,61	14,338	,787
	Mujer	15	24,60	11,293	
D5a	Varón	496	11,84	9,581	,060
	Mujer	15	7,13	7,080	
D5b	Varón	496	11,28	8,580	,069
	Mujer	15	7,20	7,043	
H1	Varón	492	19,25	11,931	,060
	Mujer	15	13,33	12,821	
H2	Varón	492	314,98	5051,458	,837
	Mujer	15	46,67	51,640	
H3	Varón	496	573,78	7302,312	,786
	Mujer	15	60,00	54,116	
H4a	Varón	496	123,30	118,200	,194
	Mujer	15	83,33	81,650	
H4b	Varón	496	128,04	152,200	,251
	Mujer	15	82,67	80,664	

Tabla II. Valores descriptivos de las principales medidas morfométricas de los AAA en función del sexo.

DISCUSIÓN

Desde la implantación de las técnicas endovasculares para el tratamiento endovascular del aneurisma de aorta abdominal se ha incrementado de forma ostensible la relevancia de conocer las características morfológicas de los aneurismas para realizar un adecuado tratamiento de los mismos ^{1,3}.

Para ello es completamente imprescindible disponer de una información totalmente precisa en lo que respecta a la morfometría del aneurisma y, muy especialmente, en lo que respecta a su cuello y a las arteria iliacas, lugares donde se van a fijar para la exclusión aneurismática las endoprótesis⁷. Antes de realizar una terapéutica endovascular hay que seleccionar el dispositivo a implantar, lo que requiere una elección del mismo de acuerdo a su idoneidad con respecto a la anatomía aneurismática. La morfología del cuello, en lo que respecta a su diámetro y longitud, es un factor esencial para determinar la posibilidad de llevar a cabo la implantación de una endoprótesis, así como favorecer una adecuada fijación de dicha endoprótesis en las regiones anteriormente mencionadas y, por ende, excluir el saco aneurismático y lograr un adecuado sellado ¹⁴. No disponer el tamaño de las diferentes medidas aneurismáticas invalida la posibilidad de realización de dicho procedimiento. En la mayoría de los casos cuellos cortos inferiores a 15 mm contraindican la técnica endovascular con endoprótesis estándar, lo mismo que cuellos de pequeño tamaño o cuellos de grandes dimensiones, pues no existen dispositivos adecuados para su tratamiento ⁴.

Por otro lado, el diámetro de las arterias iliacas tiene la misma implicación con respecto a adecuar el dispositivo a implantar. Arterias iliacas muy estrechas imposibilitan el acceso vascular por un lado y, por otro lado, dificultan la colocación de endoprótesis. Por su parte, arterias iliacas de grandes dimensiones impiden la colocación de una endoprótesis que logre el fin de la exclusión aneurismática, además de condicionar la necesidad de otros planteamientos terapéuticos como las implantaciones de variaciones técnicas en relación a mantener permeables las arterias hipogástricas ^{6,12}.

Con respecto a las longitudes, tanto la longitud del propio aneurisma como las distancias existentes desde las arterias renales a la bifurcación aórtica o iliaca, también constituyen un efecto de máxima importancia, pues están relacionados con la longitud del dispositivo a implantar, la longitud de las ramas complementarias al denominado cuerpo de la endoprótesis y, también, al número de segmentos endoprotésicos que se deben colocar de forma escalonada ^{11,16}.

Todos estos datos son totalmente imprescindibles para realizar una adecuada y exitosa actuación terapéutica quirúrgica endovascular.

Se añade a lo anteriormente comentado el hecho de que la industria debe fabricar los dispositivos de acuerdo a los requerimientos técnicos, para lo que es preciso conocer los datos morfológicos adecuados a la población a tratar así como las características de los aneurismas, no solo de forma personalizada, sino también de forma global para ofertar el adecuado soporte tecnológico ⁶.

Unas medidas inadecuadas para la implantación de endoprótesis estándar, al no ofertar el aneurisma una adecuada zona de sellado tanto a nivel del cuello aneurismático como a nivel iliaco, condicionará la valoración de dicho aneurisma para otro tipo de dispositivo fabricado a medida o customizado, donde por motivos obvios es imprescindible una medición precisa del aneurisma y zonas donde se debe realizar el implante ⁴.

Datos a tener en consideración son, por una parte, los descriptivos derivados de una gran muestra de 507 enfermos empleados en nuestro estudio y que proporciona una información aproximativa de la morfología en una gran muestra poblacional. Interesantes son también los datos referentes a la correlación de las diferentes medidas y, muy especialmente, a lo que corresponde al tamaño del aneurisma con respecto al cuello. Dato también relevante es el tamaño comparativo de los aneurismas que portan los varones con respecto a las mujeres. No obstante, es fundamental señalar que la muestra de mujeres es muy reducida al no llegar al 3%, cifra que se aleja a la incidencia aportada por otros autores.

Conocer los datos epidemiológicos morfométricos de la población en el caso de aneurismas de aorta abdominal presenta una gran ayuda con respecto a la planificación del tratamiento e incluso la disponibilidad de los dispositivos, su fabricación y su almacenaje para su uso, tanto de forma programada como de urgencia ^{8,17}.

CONCLUSIONES

- La incidencia del aneurisma de aorta abdominal es superior en el sexo masculino que en el femenino.
- Las diferencias en la morfometría entre hombres y mujeres no son significativas, siendo mínimamente mayores las medidas en hombres.
- No hay una relación entre el diámetro del cuello del aneurisma y el diámetro externo del aneurisma
- No hay una relación entre el diámetro del cuello con la longitud del cuello, con la longitud del aneurisma y con el diámetro externo del aneurisma.
- Existe una relación entre el diámetro externo del aneurisma y las arterias ilíacas derecha e izquierda

BIBLIOGRAFÍA

1. Ayo D, Blumberg SN, Gaing B, Baxter A, Mussa FF, Rockman CB, Maldonado TS. Gender differences in aortic neck morphology in patients with abdominal aortic aneurysms undergoing elective endovascular aneurysm repair. *Ann Vasc Surg.* 2016; 30:100-4.
2. Bashir MR, Ferral H, Jacobs C, McCarthy W, Goldin M.. Endoleaks after endovascular abdominal aortic aneurysm repair: management strategies according to CT Findings. *AJR Am J Roentgenol.* 2009; 192(4):W178-86.
3. Banzic I, Lu Q, Zhang L, Stepak H, Davidovic L, Oszkinis G et al. Morphological differences in the aorto-iliac segment in AAA patients of caucasian and asian origin. *Eur J Vasc Endovasc Surg.* 2016 (en prensa)
4. Boersen JT, Schuurmann RC, Slump CH, van den Heuvel DA, Reijnen MM, ter Mors TG et al. Changes in aortoiliac anatomy after elective treatment of infrarenal abdominal aortic aneurysms with a sac anchoring endoprosthesis. *Eur J Vasc Endovasc Surg.* 2016; 51(1):56-62.
5. Brizuela JA, San Norberto EM, Merino B, Vaquero C. Protocolo diagnóstico y terapéutico del aneurisma de aorta abdominal infrarenal. *Medicine. Unidad temática* 45:2704-8
6. Bryce Y, Rogoff P, Romanelli D, Reichle R. Endovascular repair of abdominal aortic aneurysms: vascular anatomy, device selection, procedure, and procedure-specific complications.. *Radiographics.* 2015;35(2):593-615
7. Dowson N, Boulton M, Cowled P, De Loryn T, Fitridge R. Development of an automated measure of iliac artery tortuosity that successfully predicts early graft-related complications associated with endovascular aneurysm repair. *Eur J Vasc Endovasc Surg.* 2014; 48(2):153-60.
8. Estevez I, San Norberto E, Cenizo N, Gutierrez V, Ibañez MA, Revilla A, Merino B, Gastambide MV, Taylor J, Vaquero C. Aneurismas inflamatorios de la aorta abdominal. *Rev Esp Inv Quir* 2012; 15:35-9.

9. Faure EM, Becquemin JP, Cochenec F; ENGAGE collaborators. Predictive factors for limb occlusions after endovascular aneurysm repair. *J Vasc Surg.* 2015; 61(5):1138-1145.
10. Gastambide MV, Cenizo N, Gutiérrez V, Revilla A, Merino B, Taylor J. Estevez, I, Vaquero C. Manejo de la arteria hipogástrica en el tratamiento endovascular de aneurismas aorto-iliacos. *Rev Esp Inv Quir* 2012; 15(3):157-62.11.
11. Gomez F, Vaquero C, Gesto R, Serrano FJ, Maeso J, Vila R et al. Tratamiento endovascular del aneurisma de aorta abdominal. *Angiología* 2011;63,5:205-28
12. Her AY, Kim YH. Endovascular stent-graft repair for abdominal aortic aneurysm in a patient with a short and severely angulated proximal aortic neck. *Cardiovasc J Afr.* 2013; 24(6):4-6.
13. Hosaka A, Kato M, Motoki M, Sugai H, Okubo N. Quantified aortic luminal irregularity as a predictor of complications and prognosis after endovascular aneurysm repair. *Medicine (Baltimore)* 2016; 95(9):e2863.
14. Kilian M, Dang W, Cinà CS. Morphometric analysis of anatomic variables affecting endovascular stent design in patients undergoing elective and emergency repair of endovascular abdominal aortic aneurysm. *Can J Surg.* 2010 Feb; 53(1):25-31.
15. Mora CE, Marcus CD, Barbe CM, Ecartot FB, Long AL. Maximum diameter of native abdominal aortic aneurysm measured by angio-computed tomography: reproducibility and lack of consensus impacts on clinical decisions. *Aorta (Stamford).* 2015, 3(2):47-55.
16. Meecham L, Evans R, Buxton P, Allingham K, Hughes M, Rajagopalan S et al. Abdominal aortic aneurysm diameters: a study on the discrepancy between inner to inner and outer to outer measurements. *Eur J Vasc Endovasc Surg.* 2015; 49(1):28-32.

17. Salvador-Calvo R, González-Fajardo JA, Mengíbar-Fuentes L, Revilla-Calavia A, Del Río-solá ML, Vaquero-Puerta C. Impacto ambiental sobre la rotura de aneurisma de aorta abdominal. *Angiología* 2009, 61:259-64.
18. Salvador R, Revilla Calavia A, Mengíbar L, Merino B, González-Fajardo JA, Vaquero Puerta C. Valor pronóstico de la anatomía EVAR en el tratamiento quirúrgico del aneurisma de aorta abdominal roto. *Angiologia*. 2015;67:89-93
19. San Norberto EM, Revilla-Calavia A, Gutierrez-Alonso V, Martín-Pedrosa M, Cenizo-Revuelta N, Vaquero-Puerta C. Disfunción sexual tras la reparación endovascular del aneurisma de aorta abdominal infrarrenal. *Angiología* 2009; 61 (6)295-304.
20. San Norberto EM, Taylor J, Salvador R, Revilla A, Merino B, Vaquero C. The quality of information available on the internet about aortic aneurysms and its endovascular treatment. *Rev Esp Cardiol* 2011; 64(10):869-75.
21. Schumacher H, Eckstein HH, Kallinowski F, Allenberg JR. Morphometry and classification in abdominal aortic aneurysms: patient selection for endovascular and open surgery. *J Endovasc Surg*. 1997; 4(1):39-44.
22. Soudah E, Vilalta G, Bordone M, Nieto F, Vilalta JA, Vaquero C. Estudio paramétrico de tensiones hemodinámicas en modelos de aneurismas de aorta abdominal. *Rev Int métodos calc diseño ing* 2015; 31(2):106112.
23. Van Keulen JW, Moll FL, Tolenaar JL, Verhagen HJ, van Herwaarden JA. Validation of a new standardized method to measure proximal aneurysm neck angulation. *J Vasc Surg*. 2010; 51(4):821-8.
24. Vilalta G, Nieto F, Vaquero C, Vilalta JA. Quantitative indicator of abdominal aortic aneurysm rupture risk based on its geometric parameters. *Word academy of science, engineering and thecnology* 2010; 70:181-5.
25. Vilalta G, Salgado GA, Vilalta JA, Nieto F, Vaquero C, Pérez MA. Parámetros geométricos simples vs biodeterminantes geométricos como

predictores de la tensión de pared en aneurismas de aorta abdominal (AAA). CASEIB 2011:77-80.

26. Vilalta G, Nieto F, Mihai L, Vilalta JA, Vaquero C, Perez MA. Predicción del riesgo de ruptura de los aneurismas de aorta abdominal. Método basado en los biodeterminantes geométricos. *Mecanica* 2011:1-8.

27. Vilalta G, Nieto F, Mihai L, Vilalta JA, Vaquero C, Perez MA. Predicción del riesgo de ruptura de aneurismas de aorta abdominal. Método basado en los biodeterminantes geométricos. *Dyna* 2012; 87:66-73.

28. Vilalta JA, Vilalta G, Nieto F, Vaquero C, Perez-Rueda MA. Predicción del riesgo de ruptura de aneurismas de aorta abdominal (AAA). *Rev Iber Cir Vasc* 2014; 2(4):146-51.23.

29. Vilalta-Alonso JA, Soudah-prieto E, Nieto-Palomp F, Lipsa L, Pérez-Rueda MA, Lopez-Aguilar B et al. Correlation between hemodynamics stresses and morphologic índices as a predictor potential of abdominal aortic aneurysm ruptura. *Austin J Vasc Med*. 2016, 3(1):1-8.

30. Zúñiga-Reyes A, Rojas-Mazaira L, Vilalta-Alonso G, Montesinos-Otero ME, Pinto-Ortiz J, Rodriguez -Madrigal M, Vaquero C. Evaluación del riesgo de ruptura de aneurismas de aorta abdominal personalizados mediante factores mecánicos. *Ingeniería Mecánica* 2014; 17(2):157-67.