



**UNIVERSIDAD DE VALLADOLID.
Facultad de Medicina
Departamento de Cirugía**

**VALORACION EXPERIMENTAL IN VITRO DE LA
TÉCNICA DEL STENT PARALELO EN LA
REPARACIÓN ENDOVASCULAR DE LOS
ANEURISMAS COMPLEJOS DE LA AORTA
ABDOMINAL.**

Alumna: Paloma Fernanda Fuster Leguía

Tutor: Prof. Carlos Vaquero Puerta

Curso 2023-24

INDICE

RESUMEN	2
ABSTRACT.....	3
INTRODUCCIÓN.....	4
MATERIAL Y MÉTODOS.....	7
RESULTADOS.....	9
DISCUSIÓN.....	12
BIBLIOGRAFIA.....	14
POSTER.....	18

VALORACION EXPERIMENTAL IN VITRO DE LA TÉCNICA DEL STENT PARALELO EN LA REPARACIÓN ENDOVASCULAR DE LOS ANEURISMAS COMPLEJOS DE LA AORTA ABDOMINAL.

IN VITRO EXPERIMENTAL EVALUATION OF THE PARALLEL STENT TECHNIQUE IN THE ENDOVASCULAR REPAIR OF COMPLEX ANEURYSMS OF THE ABDOMINAL AORTA.

RESUMEN

Las lesiones aórticas a nivel de la emergencia de las ramas viscerales, especialmente de ruptura o aneurismáticas, revisten una especial dificultad en el tratamiento endovascular, por la emergencia de los vasos que nutren los órganos abdominales incluidos los riñones en base de su complejidad tecnológica de dar solución a la lesión, y por otra parte mantener perfundidos estos órganos. Esta dificultad se incrementa de forma relevante cuando se ha de aplicar el tratamiento en situaciones de emergencia, fundamentalmente al no poder disponer del que puede considerarse mas adecuado y tener que aplicar técnicas que se pueden considerar de recurso como son las denominadas de forma global de stent paralelo, que incluyen los periscopios, las chimeneas y los sándwich. Estas técnicas pueden presentar complicaciones después de su aplicación, destacando la oclusión de los stent paralelos encargados del mantenimiento de la perfusión visceral, pero a su vez y considerando cual es su base conceptual de colocar endoprótesis colocadas como tubos pegados, precisamente por esta disposición se mantienen espacios que evitan teóricamente la coaptación a la arteria y por lo tanto la falta de exclusión de la lesión. Se ha planteado un estudio experimental in vitro, en banco de pruebas con el fin de objetivar la dimensión de los teóricos espacios sin total oclusión.

ABSTRACT

Aortic injuries at the level of the emergence of the visceral branches, especially rupture or aneurysmal, are especially difficult in endovascular treatment, due to the emergence of the vessels that nourish the abdominal organs, including the kidneys, based on their technological complexity of providing solution to the injury, and on the other hand keep these organs perfused. This difficulty increases significantly when the treatment has to be applied in emergency situations, fundamentally by not being able to have what may be considered the most appropriate and having to apply techniques that can be considered a resource, such as those generally called stents. parallel, which include periscopes, chimneys and sandwiches. These techniques may present complications after their application, highlighting the occlusion of the parallel stents responsible for maintaining visceral perfusion, but at the same time and considering their conceptual basis of placing endoprotheses placed as glued tubes, precisely because of this arrangement they are maintained. spaces that theoretically avoid coaptation to the artery and therefore the lack of exclusion of the lesion. An in vitro experimental study has been proposed, in a test bench in order to objectify the dimension of the theoretical spaces without total occlusion.

Palabras clave: aorta, aneurisma, ruptura vascular, stent paralelo, periscopios, chimeneas, sándwich, endovascular

Keywords: aorta, aneurysm, vascular rupture, parallel stent, periscopes, chimneys, sandwich, endovascular

INTRODUCCIÓN

En la reparación de la patología de los vasos arteriales en las últimas décadas, se han desarrollado una serie de procedimientos cuyo fundamento se basa en actuar en estos conductos biológicos, con limitada agresión quirúrgica, accediendo a ellos a distancia de la zona a reparar, con actuaciones desde el interior de los conductos, constituyendo una cirugía enmarcada en el concepto de mínimamente invasiva y endovascular^{1,2,3}.

Una de las patologías que se han beneficiado de estos procedimientos ha sido la aneurismática arterial cuyo tratamiento se ha cimentado en excluir la zona dilatada mediante la implantación de segmentos tubulares constituyendo stent cubiertos^{4,5}. Esta técnica sencilla en zonas del vaso sin ramificaciones, es más compleja de aplicación en otras donde emergen ramas arteriales como en el caso de la aorta son las arterias viscerales^{6,7}.

En estas zonas y muy especialmente en la aorta abdominal a nivel de la emergencia de las arterias mesentérica, tronco celiaco y renales y también a nivel de la hipogástrica, se han desarrollado endoprótesis o stent cubiertos con orificios, escotaduras o ramas para evitar la oclusión de estas ramas con las graves repercusiones de isquemia del territorio de la rama ocluida^{8,9}. Estas endoprótesis en muchas ocasiones exigen fabricaciones especiales que requieren ajustes en medida y forma, además de tiempos en su elaboración^{10,11}. Fig. 1 y 2

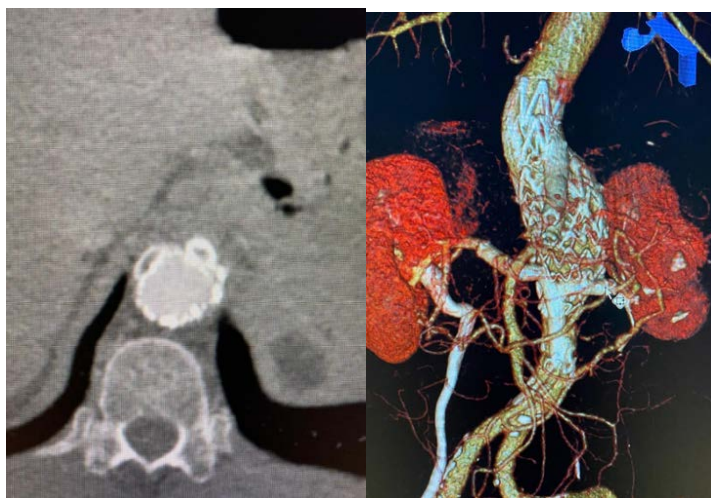


Fig.1 Caso clínico, donde es posible apreciar los estenosis en paralelo, principal y dos complementarios, Reconstrucción tridimensional del sellado de una aorta aneurismática con el empleo de tres stent complementarios

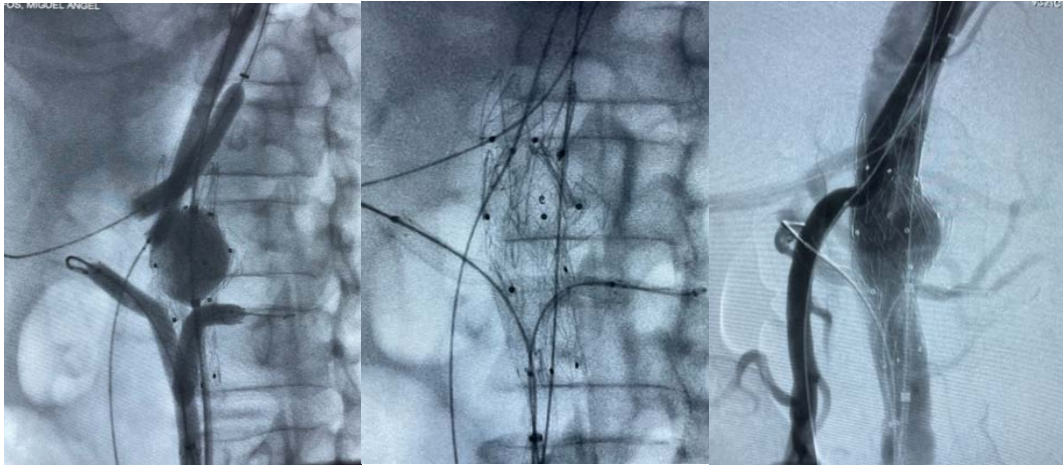


Fig.2 Soporte angiográfico de un procedimiento de un caso clínico con la implantación de un stent principal y cuatro complementarios al tronco celiaco, mesentérica superior y las dos renales

En determinados casos a tratar, en especial en situaciones de urgencia, se ha diseñado estrategias como la de implantar la endoprótesis que excluye la lesión, pero colocando otras en paralelo que permiten la perfusión del vaso, salvando su oclusión, presentando modelos de aplicación en periscopio o chimeneas^{12,13,14}. Sin embargo, esta colocación de las endoprótesis, aunque con ya demostrada relativa eficacia clínica, sigue presentando dudas en la total eficacia en la exclusión de la lesión, al mantenerse espacios entre las prótesis implantadas^{15,16}. Fig. 3

El motivo del presente trabajo es valorar el grado de sellado de esta técnica en base a un estudio in vitro, en diferentes modelos utilizando las varias configuraciones, materiales y diseños.

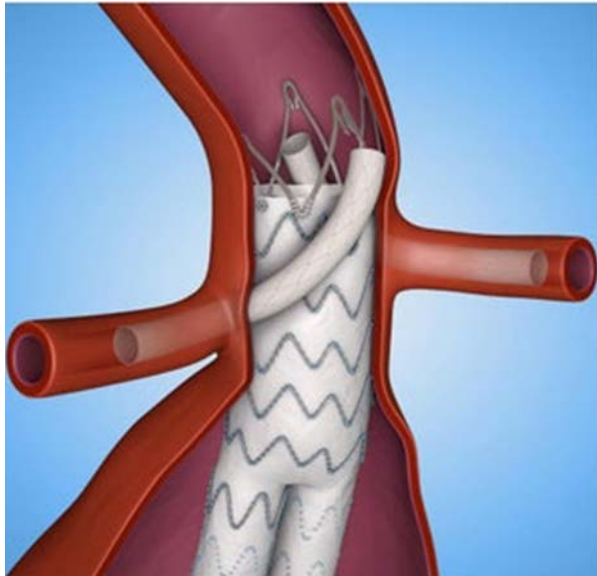


Fig 3. Representación de la disposición de dos stent accesorios junto uno principal en una técnica de stent paralelo

MATERIAL Y METODOS

Se ha diseñado un modelo in vitro teórico con diferentes formas de configuración. Se ha considerado la posibilidad de una, dos, tres y cuatro conductos paralelos. También se han considerado diferentes tamaños de los conductos de acuerdo a los requerimientos conocidos en el empleo de esta técnica a nivel clínico. Se ha empleado en la simulación de la aorta un material plástico con una textura de tamaño que hemos considerado cercano al de la arteria aorta natural. La simulación de la aorta se ha seleccionado tamaños de 28, 30 y 32 mm de diámetro. La prótesis principal empleada ha sido cuerpos de endoprótesis Endurant II™, de la empresa Medtronic®. Las prótesis complementarias de revascularización visceral han sido E-ventus™ de 57 mm de longitud comercializados por Jotec® (Artivium®). Los elementos protésicos fueron donados por ambas empresas.

El despliegue del segmento principal de 57 mm de longitud se realizó por autoexpansión. El de los stent complementarios se realizó por balón siguiendo las recomendaciones de hinchado standard de la empresa fabricante. El material de fabricación de la endoprótesis Endurant II es nitinol que completa su autoexpansión por el calor, por lo que se humedeció a 36°C para lograr su total despliegue.

Las valoraciones se han realizado en el Laboratorio de Investigación Quirúrgica y Técnicas Experimentales de la Facultad de Medicina de Valladolid, en banco de simulación construido de acuerdo a los requerimientos del trabajo. El protocolo de estudio incluyó la captación de la imagen transversal, tanto a nivel proximal como distal, de los segmentos tubulares y transmisión de la misma a un analizador de imágenes que de forma semiautomática valoraba el tamaño en forma de área de los espacios existentes entre la pared simulada del vaso y las endoprótesis. La tecnología utilizada para evaluar el sellado y coaptación fue planimetría de imagen. El análisis morfométrico se realizó utilizando un planímetro electrónico con programa informático VIDS III capaz de detectar áreas y superficies, en el caso del estudio las no cerradas por las endoprótesis. También se ha valorado la superficie de coaptación de los stents en la aorta simulada.

Los modelos valorados, han sido de stent principal con una rama, dos ramas, tres ramas y cuatro ramas, empleados para revascularizar un solo vaso, dos vasos, tres vasos y 4 vasos. La prótesis principal se ha utilizado sobredimensionándola un 20% sobre el tamaño del vaso simulado. Los stent complementarios utilizados han sido de 5,6 y 7 mm de diámetro. Fig. 4

Se realizaron diez mediciones de cada modelo en base al posicionamiento espontáneo que tienen los stent en la práctica clínica con objeto de poder valorar el factor de aleatoriedad de su colocación tras su implantación.

Los datos fueron tratados estadísticamente en un Programa informático R versión 4.02 R Core Team (2021). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

Por otra parte, para obtener la significación he utilizado el análisis de la varianza, de varios factores.

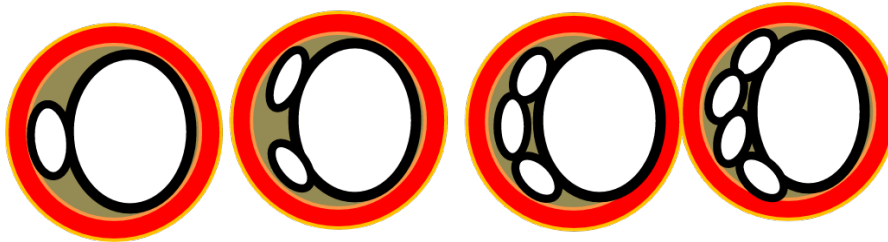


Fig 4. Disposición de stent paralelos en corte transversal. Entre las imágenes ovaladas que representan a las protesis, en color oscuro aparecen los teóricos resquicios de falta de sellado.

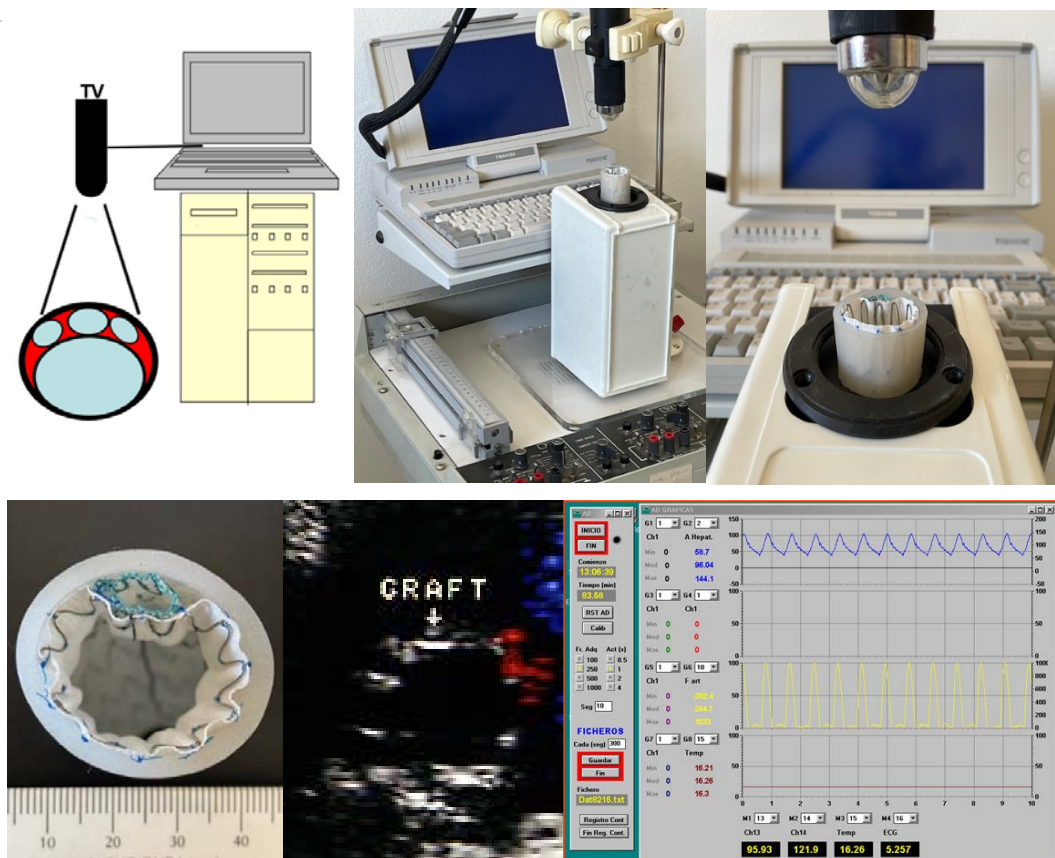


Fig. 5. Imágenes correspondientes al esquema del dispositivo empleado, el dispositivo real, ampliación del sistema de captación de imagen, visión transversal de una aorta simulada con un stent principal y otro secundario, imagen de visión planimétrica en la pantalla del ordenador y programa de morfometría empleado

RESULTADOS

Los datos obtenidos en el estudio, están reflejados en las Tablas I y Fig. 6

En un análisis global de los resultados, estos mostraron que los resquicios existentes tras la implantación de endoprótesis en paralelo fueron de mayor superficie y tamaño cuando se implantaban mas prótesis accesorias y siendo mayor cuando se implantaban menos.

La superficie de coaptación entre prótesis también es mayor, cuanto más endoprótesis en paralelo se colocaban logrando una mayor área de sellado

A mayor tamaño de la prótesis principal, las áreas de resquicio eran menores y mayor superficie de sellado presentaron.

Que los espacios eran mayores a medida que se implantaban un mayor número de stents secundarios al lado del principal, siendo estos valores máximos cuando la prótesis principal era de 30 mm, disminuyendo discretamente los mismos con prótesis mayores. Datos que se mostraron estadísticamente significativo. Esta tendencia se mantuvo en los diferentes tamaños de los modelos de prótesis de 28,30 y 32 mm de diámetro.

Que se obtuvieron diferencias, aunque sin significación estadística en el tamaño de los resquicios, presentándose más reducidos a medida que se incrementaba el tamaño del stent, siendo menores por regla general con el empleo de 7mm, sobre los de 6mm y los de 5mm. Fig. 5

Que los espacios a nivel proximal y distal evaluados eran de semejante tamaño, existiendo paralelismo entre los datos ofertados con la implantación de un numero semejante de stenes a nivel proximal y distal, no encontrando entre sus discretas diferencias significación estadística.

Sobre la superficie de coaptación, los datos obtenidos reflejaron que la superficie de coaptación a la pared interna del tubo que representaba el vaso sanguíneo, fueron menores siendo menor el área de contacto con un menor puntos de apoyo.

	Nº stent	Nº stent	Estimac.	se	IC 95% dif	IC 95% dif	Valor p
PROXIMAL	1	2	-2,77	0,297	-3,36	-2,19	p≤0.001
PROXIMAL	1	3	-6,75	0,297	-7,34	-6,17	p≤0.001
PROXIMAL	1	4	-13,7	0,297	-14,3	-13,1	p≤0.001
PROXIMAL	2	3	-3,98	0,297	-4,56	-3,4	p≤0.001
PROXIMAL	2	4	-10,9	0,297	-11,5	-10,4	p≤0.001
PROXIMAL	3	4	-6,96	0,297	-7,54	-6,37	p≤0.001

	Nº stent	Nº stent	Estimac.	se	IC 95% dif	IC95% dif	valor p
DISTAL	1	2	-2,81	0,31	-3,42	-2,2	p≤0.001
DISTAL	1	3	-7,48	0,31	-8,09	-6,87	p≤0.001
DISTAL	1	4	-14,3	0,31	-14,9	-13,7	p≤0.001
DISTAL	2	3	-4,67	0,31	-5,28	-4,06	p≤0.001
DISTAL	2	4	-11,5	0,31	-12,1	-10,9	p≤0.001
DISTAL	3	4	-6,83	0,31	-7,44	-6,22	
	Nº stent	Nº stent	Estimac.	se	IC 95% dif	IC 95% dif	valor p
SUPERFIC...	1	2	728	34,8	660	797	p≤0.001
SUPERFIC...	1	3	892	34,8	823	960	p≤0.001
SUPERFIC...	1	4	1083	34,8	1015	1151	p≤0.001
SUPERFIC...	2	3	164	34,8	95,2	232	p≤0.001
SUPERFIC...	2	4	355	34,8	286	423	p≤0.001
SUPERFIC...	3	4	191	34,8	123	260	p≤0.001

Tabla I. Comparaciones múltiples entre diferentes números de stents. La proporción de variabilidad explicada por el número de stent fue Proximal 0.8701, Distal 0.8727 y Superficie de coaptación 0,7575

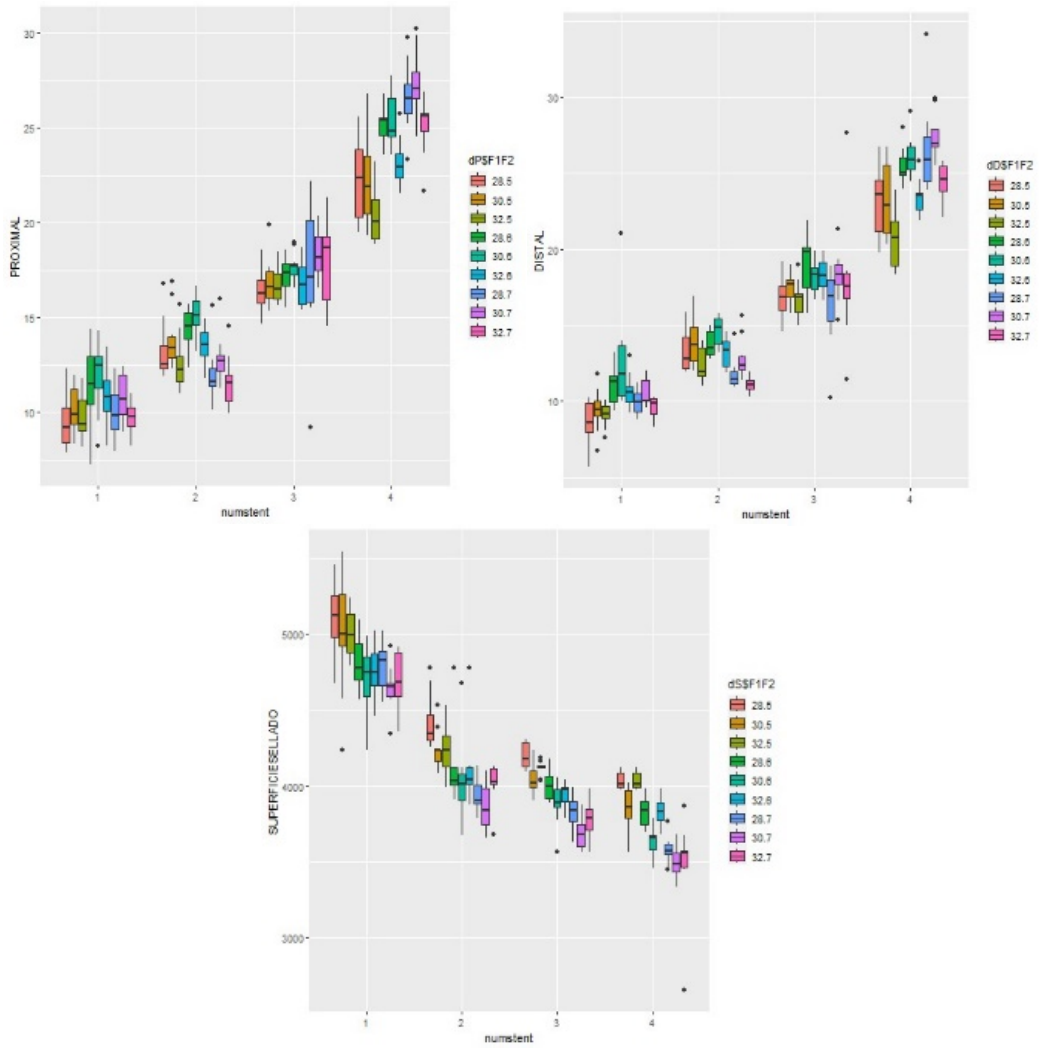


Fig. 6 Representación gráfica en los diferentes grupos estudiados de los diferentes parámetros, representados los valores medios y la desviación tipo

DISCUSIÓN

Las técnicas de chimeneas, periscopios y las denominadas sándwich, se han considerado de una forma generalizada por numerosos autores como técnicas de recurso, en base a su complejidad que conlleva la utilización de varios stents cubiertos, colocados en disposición que hacen en numerosas ocasiones tributarios de variadas complicaciones como son la oclusión de los stent paralelos que repermeabilizan las ramas debido a plicaturas o giros de los mismos, a lo que se suma su desacoplamiento de las arterias que perfunden o la falta de sellado por la insuficiente coaptación de las paredes de sus cilíndricos componentes^{17,18,19}. Sin embargo, estas estrategias, aunque presentan muchas posibilidades de complicación que requieren actuaciones complementarias, en numerosas ocasiones han sido las únicas disponibles, muy especialmente en las situaciones de urgencia, o en otras de morfologías complejas, donde las consideradas mas adecuadas no era posible aplicarlas al no disponer de los dispositivos o no ser adecuada su implantación^{20,21,22}.

En la situación de emergencia. El hecho prioritario es realizar la actuación más adecuada que logre la supervivencia del paciente tratado y si es posible con la técnica que aporte mayor durabilidad del tratamiento²³.

Por un lado, las planificaciones en este tipo de técnicas de recursos, están ya diseñadas y la estrategia se fundamenta en propuestas que han sido validadas como las más optimas²⁴. La longitud de los dispositivos a implantar, estarán condicionados a la longitud y la morfología de las lesiones utilizando generalmente los mas adecuados de los disponibles que logren excluir la lesión. Por otro lado, los profesionales que realizan los procedimientos, utilizan el material disponible que puede ser el mas adecuado o no, pero que por otro lado no se han definido los standares de material idóneo para este tipo de intervenciones²⁵. El material disponible por situaciones de desarrollo industrial no es muy abundante, mas bien escaso, situación que se incrementa en limitación por la disponibilidad reducida de material de los hospitales²⁶.

Existen muchos aspectos a considerar en la aplicación de este tipo de técnicas, como el sobredimensionamiento de aplicar en la elección de los stent con respecto al vaso a tratar, precisamente para que se logre un adecuado sellado, tanto del stent principal como en el secundario evitando la compresión del segundo hasta poder llegar a una situación critica de cierre y donde muchos apuntar hacia valores del 30% de incremento del tamaño^{27,28}.

Parece evidente, que cuando más stents de rama haya que implantar, se incrementa el riesgo de complicaciones con oclusión de los mismos²⁹. Es posible que se requiera revascularizar a nivel toraco-abdominal de un vaso, dos vasos, tres arterias o cuatro³⁰.

También parece lógico que la longitud de los stent, cuanto más largos, más posibilidades de complicación y más concretamente de oclusión³¹.

Sobre el desacoplamiento del stent del vaso permeabilizado, se suele implantar en una longitud mínima y que suele llegar hasta la primera colateral de este vaso, intentando no cerrar

colaterales³². Sin embargo, a este nivel se suman otros factores como la disposición del stent en lo que respecta inclinación, angulación, zona de anclaje, longitud del stent etc.³³.

La longitud del stent será de acuerdo a la necesidad que indique la extensión de la lesión. Lesiones extensas, requerirán stent largos, que, aunque estas longitudes contribuyen a evitar zonas de falta de coaptación al tener mayor extensión de sellado, se añaden de forma negativa el hecho de emplearse stent largo³⁴.

La rigidez de los stent la confiere fundamentalmente la estructura del mismo y especialmente el esqueleto metálico que junto con su diseño es responsable de su fuerza radial en base a la autoexpansión y que es factor fundamental en la mayoría de los casos de su fijación a la arteria³⁵.

Muchos son los factores que pueden entrar a condicionar la buena exclusión de la lesión con su sellado, donde la adaptación entre si de los stent cubiertos se consideran factor fundamental, pero que también se añaden otros como la presión, flujo arterial y morfología arterial³⁶.

Material para este tipo de tratamiento existen varios modelos de diferentes fabricantes con diferentes estructuras de configuración y de material. Por otro lado, en los stent de rama existe la posibilidad de empleo de también diferentes tipos de stent como los expandibles por balón o los auto-expandibles de diferente colocación, pero también de materiales estructurales que hace que tengan una implantación y sistema de coaptación al vaso diferente.

Otros factores como son los de coagulación, estenosis distales, deficiente implantación, pueden interferir en los planteamientos de planificación quirúrgica de los procedimientos³⁷.

Podemos concluir afirmando que a tenor del análisis de los datos obtenidos en el estudio que la superficie de coaptación fue similar en un modelo con una, dos, tres o cuatro ramas (sellado de la aorta) y que la superficie de sellado en los modelos no presenta diferencias en los distintos modelos utilizados en el estudio (sellado de la endoprótesis).

BIBLIOGRAFÍA

1. Fukunaga M, Kawasaki D, Nishimura M, Yamagami M, Fujiwara R, Nakata T. Clinical Effects of Planned Endovascular Therapy for Critical Limb Ischemia Patients with Tissue Loss. *J Atheroscler Thromb.* 2019;1,26(3):294-301
2. de Athayde Soares R, Matiolo MF, Brochado Neto FC, Martins Cury MV, Matoso Chacon AC, Nakamura ET, Sacilotto R. The importance of the superficial and profunda femoris arteries in limb salvage following endovascular treatment of chronic aortoiliac occlusive disease. *J Vasc Surg.* 2018;68(5):1422-1429.
3. Bertoglio L, Loschi D, Grandi A, Melloni A, Bilman V, Melissano G, Chiesa R. Early Limb Reperfusion Using Routinely Preloaded Fenestrated Stent-graft Designs for Complex Endovascular Aortic Procedures. *Cardiovasc Intervent Radiol.* 2020;43(12):1868-1880
4. Dahlbacka S, Nykänen AI, Juvonen T, Jormalainen M. Access site complications in thoracic endovascular aortic repair. *J Vasc Surg.* 2024;79(4):740-747
5. Li RD, Soult MC. Advanced Endovascular Treatment of Complex Aortic Pathology. *Surg Clin North Am.* 2023 Aug;103(4S):e1-e11.
6. Özdemir-van Brunschot DMD, Tevs M, Holzhey D. Results of the Chimney Technique in a Community Hospital. Results of the Chimney Technique in a Community Hospital. *Vasc Endovascular Surg.* 2024;58(1):20-28.
7. DeRubertis BG, Quinones-Baldrich WJ, Greenberg JI, Jimenez JC, Lee JT. Results of a double-barrel technique with commercially available devices for hypogastric preservation during aortoiliac endovascular abdominal aortic aneurysm repair. *J Vasc Surg* 2012;56(5):1252-9
8. Vaquero C, San Norberto E, Revilla A, Del Río L. Customised endoprostheses for the treatment of iliac aneurysms. *Vascularnews* 2017. Septiembre 6-7
9. Vaquero C, San Norberto E. Endoanchors for prophylaxis Type IA endoleak. After EVAR for ruptured AAA with hostile proximal neck. *Aortic&peripheral magazine.* 2018,1:32-7
10. Norberto EM, Cenizo N, Flota CM, Vaquero C. Complete aortic endovascular repair. *Ann Vasc Surg.* 2021;74-523.e15-523.e18
11. Martinez-Cuevas C, San Norberto E, Vaquero C. Tratamiento de aneurisma de aorta abdominal yuxtarenal mediante endoprótesis con ramas. *Rev Iberoamerican Cir Vasc* 2020;8,4:171-174
12. Pecoraro F, Pfammatter T, Mayer D, Frauenfelder T, Papadimitriou D, Hechelhammer L, Veith FJ, Lachat M, Rancic Z. Multiple periscope and chimney grafts to treat ruptured thoracoabdominal and pararenal aortic aneurysms. *J Endovasc Ther.* 2011;18(5):642-9.

13. Ricci C, Ceccherini C, Leonini S, Vigni F, Cini M, Neri E, Tommasino G, Tucci E, Benvenuti A, Sassi C. Double renal chimney graft using only femoral approach. *J Cardiovasc Surg (Torino)*. 2011;52(1):93-7.
14. Donas KP, Usai M V, Taneva GT, Criado FJ, Torsello GB, Kubilis P, et al. Impact of aortic stent-graft oversizing on outcomes of the chimney endovascular technique based on a new analysis of the PERICLES Registry. *Vascular* 2019;27(2):175-80.
15. Yugueros X, Mestres G, Pasquadibisceglie S, Alomar X, Apodaka A, Riambau V. Parallel-Stenting Technique in a Sandwich Configuration for Hypogastric Artery Preservation during Endovascular Aneurysm Repair: An In Vitro Study. *Ann Vasc Surg* 2017;44:221-8
16. Pang H, Chen Y, He X, Zeng Q, Ye P. Selection of Stents by Calculation of Arterial Cross-sectional Area in Modified Sandwich Technique for Complex Aortoiliac Arterial Lesions. *Ann Vasc Surg*. 2019;58:108-14
17. Estévez I, Gutierrez V, Cenizo N, Ibañez MA, Merino B, Vaquero C. Reparación endovascular de endoleak tipo IA tras endoprotesis torácica mediante ¿Chimney graft technique?. II Simposium Internacional de Cirugía endovascular. Madrid 1 y 2 de diciembre de 2011
18. Chan SM, Chen JF, Setia O, Nassiri N. Inferior Mesenteric Artery Snorkel for Endovascular Treatment of a Large Degenerating Saccular Aneurysm. *EJVES Vasc Forum*. 2023;19,59:36-40.
19. Annuvolo PA, Pascucci F, Minelli F, Natola M, Donati T, Tshomba Y. Chimney endovascular aneurysm repair-induced mesenteric ischemia: a report of an extremely rare complication. *J Vasc Surg Cases Innov Tech*. 2023;4,9(3):101259
20. Resch TA, Sonesson B, Dias N, Malina M. Chimney Grafts. Is There a Need and Will They Work? *Perspect Vasc Surg Endovasc Ther*. 2011; 23(3):149-53.
21. Coscas R, Kobeiter H, Desgranges P, Becquemin J-P. Technical aspects, current indications, and results of chimney grafts for juxtarenal aortic aneurysms. *J Vasc Surg* 2011;53(6):1520-7.
22. Vaquero C. Técnicas de sándwich e chimney no tratamento da patologia da aorta toráco-abdominal. XIII Simposio Internacional de Angiologia e cirurgia vascular. Oporto 2-3 de novembro 2012
23. Vaquero C. Como solucionar la oclusión inintencionada de las arterias renales en EVAR (Chimeneas, periscopios y sándwich). XVI Congreso Boliviano de Cirugía Cardíaca, torácica y Vascular. Santa Cruz Bolivia. 3-6 octubre 2012
24. Martínez-Cuevas C, San Norberto EM, Vaquero C. Tratamiento de aneurisma de aorta abdominal yuxtarenal mediante endoprótesis con ramas. *Rev Iberoamerican Cir Vasc* 2020;8,4:171-4
25. Rinaldi LF, Chierico S, Marazzi G, Marone EM. Parallel graft techniques for urgent complex aortic diseases: Mid-term results of 12 cases. *Vascular*. 2020;28(6):675-682.

26. Blakeslee-Carter J, Beck AW, Spangler EL. Type III endoleaks in complex endovascular abdominal aortic aneurysm repair within the Vascular Quality Initiative. *J Vasc Surg.* 2022;75(4):1172-1180.
27. Mestres G, Uribe JP, García-Madrid C, Miret E, Alomar X, Burrell M, Riambau V. The Best Conditions for Parallel Stenting During EVAR: An In Vitro Study. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 2012;44(5):468-73.
28. Mestres G, Yugueros X, Apodaka A, Urrea R, Pasquadibisceglie S, Alomar X, Riambau V. The best in vitro conditions for two and three parallel stenting during endovascular aneurysm repair. *J Vasc Surg.*;66(4):1227-1235
29. Bannazadeh M, Beckerman WE, Korayem AH, McKinsey JF. Two-year evaluation of fenestrated and parallel branch endografts for the treatment of juxtarenal, suprarenal, and thoracoabdominal aneurysms at a single institution. *J Vasc Surg.* 2020;71(1):15-22.
30. Geisler A, Steiner S, Schmidt A, Scheinert D, Branzan D. Surgeon-modified Stent Grafts for Complex Aortic Reconstructions - What is Feasible? *Zentralbl Chir.* 2021;146(5):486-492
31. Fenelli C, Faggioli G, Gallitto E, Ancetti S, Indelicato G, Pini R, Sonetto A, Gargiulo M. Parallel Graft to Preserve a Reimplanted Inferior Mesenteric Artery During Thoracoabdominal Multibranched Endografting. *Ann Vasc Surg.* 2022;80:394.e1-394.e6.
32. Gomes VC, Parodi FE, Ohana E, Farber MA. Case Series on Double-Barrel Stenting for the Renal Arteries Associated With Fenestrated Repair (FEVAR) of Complex Anatomy Aortic Aneurysms. *Vasc Endovascular Surg.*;58(4):399-404.
33. Gouveia E Melo R, Ginthoer B, Fernández Prendes C, Stana J, Stavroulakis K, Rantner B, Tsilimparis N. Salvage of an Incomplete Sandwich With a Covered Celiac Trunk and a "Floating" Superior Mesenteric Artery Stent in a Thoracoabdominal Aortic Aneurysm. *J Endovasc Ther.* 2023;30(6):951-956.
34. Barbosa Lima G, Tenorio ER, Marcondes GB, Wong J, Saqib N, Mendes BC, De Luccia N, Oderich GS. Differences in procedural metrics and clinical outcomes among patients treated by fenestrated-branched endovascular repair of thoracoabdominal aortic aneurysms using infrarenal aortic versus iliac sealing zones. *J Vasc Surg.* 2021;74(5):1464-1471.e3.
35. Kusadokoro S, Hori D, Yuri K, Yamaguchi A. Dissected thoracoabdominal aortic aneurysm repair with modified parallel endografting. *J Card Surg.* 2020;35(11):3220-3223.
36. Liu J, Li Z, Feng J, Zhou J, Zhao Z, Bao X, Zhao Y, Xu Z, Wu J, Wang H, Feng R, Jing Z. Total Endovascular Repair With Parallel Stent-Grafts for Postdissection Thoracoabdominal Aneurysm After Prior Proximal Repair. *J Endovasc Ther.* 2019;26(5):668-675.

37. Grandi A, Melloni A, D'Oria M, Lepidi S, Bonardelli S, Kölbl T, Bertoglio L. Emergent endovascular treatment options for thoracoabdominal aortic aneurysm. *Semin Vasc Surg.* 2023;36(2):174-188

VALORACIÓN EXPERIMENTAL IN VITRO DE LA TÉCNICA DEL STENT PARALELO EN LA REPARACIÓN ENDOVASCULAR DE LOS ANEURISMAS COMPLEJOS DE LA AORTA ABDOMINAL



Alumno: Paloma Fernanda Fuster Leguia

UVa

Tutor: Prof. D. Carlos Vaquero Puerta

Departamento de Cirugía, Facultad de Medicina, Universidad de Valladolid

INTRODUCCIÓN

El tratamiento endovascular de las formaciones aneurismáticas de la aorta a nivel de la emergencia de las arterias viscerales en el momento actual una situación problemática y donde se han utilizado prótesis con ramas y fenestradas, pero no disponibles en situaciones de emergencia. En estos casos se ha propuesto técnicas de stent paralelos que permiten mantener permeable la aorta y seguir revascularizando las arterias viscerales. Sin embargo, estas técnicas presentan la teórica limitación de permitir resquicios entre las endoprótesis implantadas. Se valora en un estudio in vitro en el estudio in vitro, la cuantía de esta falta de sellado que teóricamente desarrollarían situaciones de fugas. Se valoran distintas situaciones colocando la prótesis central y las diversas posibilidades de uno, dos, tres y cuatro stent en paralelo, cuyos resultados tiene una gran trascendencia traslacional en la clínica para predecir posibles complicaciones en el tratamiento de estos enfermos

MATERIAL Y MÉTODOS

Se ha diseñado un estudio utilizando un modelo in vitro teórico con diferentes formas de configuración, de acuerdo a la realidad de la clínica. Se ha estudiado diferentes modelos de stent principal con uno, dos, tres y cuatro ramas de diámetros de 5, 6, 7 mm. Para la simulación de la aorta se ha utilizado tamaños de 28, 30 y 32 mm de diámetro. Para la prótesis principal se han usado endoprótesis de nitinol que se autoexpande a 36°C, y para las complementarias se ha usado balón de hinchado standard de 57 mm de longitud.

Se ha valorado la coaptación y el sellado mediante planimetría de imagen. Se realizaron 10 mediciones de forma aleatoria simulando el posicionamiento espontáneo en la práctica clínica, realizándose el análisis estadístico mediante un programa informático.

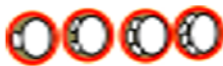


Figura 1: Disposición de stent paralelos en corte transversal.



Figura 2: Esquema del dispositivo empleado, el dispositivo real

DISCUSIÓN

El uso de estas técnicas a nivel clínico se ha visto limitado por las complicaciones que se presentan debido a la complejidad del procedimiento, como es el riesgo de oclusión que aumenta cuanto más stents de rama se implantan y cuanto más largos sean los stents, pero especialmente la falta de sellado por los resquicios entre los stent implantados.

Otros factores de los que depende son el uso de stent largo, la rigidez del stent que lo fija a la arteria y la adaptación entre sí de los stents cubiertos que es el factor más importante. Conocer los riesgos de fracaso del procedimiento y en especial si se puede relacionar con los tamaños de los stent y el número de ellos implantados. Se puede afirmar que según el estudio del trabajo, la superficie de coaptación es similar con el uso de 1, 2, 3 y 4 prótesis accesorias y que la superficie de sellado no presenta diferencia en los distintos modelos utilizados en el estudio.

BIBLIOGRAFÍA

- Bannazadeh M, Beckerman WE, Korayem AH, McKinsey JF. Two-year evaluation of fenestrated and parallel branch endografts for the treatment of juxtarenal, suprarenal, and thoracoabdominal aneurysms at a single institution. *J Vasc Surg.* 2020; 71(1):15-22.
- Pecoraro F, Pfammatter T, Mayer D, Frauenfelder T, Papadimitriou D, Hechelhammer L, Veith FJ, Lachat M, Rancic Z. Multiple periscope and chimney grafts to treat ruptured thoracoabdominal and pararenal aortic aneurysms. *J Endovasc Ther.* 2011; 18(5):642-9.
- Rinaldi LF, Chierico S, Marazzi G, Marone EM. Parallel graft techniques for urgent complex aortic diseases: Mid-term results of 12 cases. *Vascular.* 2020; 28(6):675-682.

RESULTADOS

A El análisis de los resultados cuantificados mayor número de prótesis accesorias, se observó que había mayor tamaño de los espacios existentes tras la implantación de los stents en paralelo. Los valores máximos se alcanzaron cuando la prótesis principal era de 30 mm (datos que se mostraron estadísticamente significativo). A mayor tamaño de la prótesis principal, los espacios eran menores y mayor superficie de sellado presentaron. La superficie de coaptación entre prótesis también es mayor, cuanto más endoprótesis en paralelo se colocaban logrando una mayor área de sellado. Aunque sin demostración estadística, se obtuvieron diferencias en el tamaño de los espacios libres tras la implantación de las prótesis accesorias disminuyendo progresivamente a medida que aumentaba el tamaño del stent.

	Nº stent	Nº stent	Estimac.	se	IC 95% dif	IC 95% dif	valor p
PROXIMAL	1	2	-2,77	0,297	-3,36	-2,19	p<0.001
PROXIMAL	1	3	-6,75	0,297	-7,34	-6,17	p<0.001
PROXIMAL	1	4	-13,7	0,297	-14,3	-13,1	p<0.001
PROXIMAL	2	3	-3,98	0,297	-4,56	-3,4	p<0.001
PROXIMAL	2	4	-10,9	0,297	-11,5	-10,4	p<0.001
PROXIMAL	3	4	-6,96	0,297	-7,54	-6,37	p<0.001
	Nº stent	Nº stent	Estimac.	se	IC 95% dif	IC 95% dif	valor p
DISTAL	1	2	-2,81	0,31	-3,42	-2,2	p<0.001
DISTAL	1	3	7,48	0,31	8,09	6,87	p<0.001
DISTAL	1	4	-14,3	0,31	-14,9	-13,7	p<0.001
DISTAL	2	3	-4,67	0,31	-5,28	-4,06	p<0.001
DISTAL	2	4	-13,5	0,31	-12,1	-10,9	p<0.001
DISTAL	3	4	-6,83	0,31	-7,44	-6,22	p<0.001
	Nº stent	Nº stent	Estimac.	se	IC 95% dif	IC 95% dif	valor p
SUPERFIC...	1	2	728	34,8	660	797	p<0.001
SUPERFIC...	1	3	892	34,8	823	960	p<0.001
SUPERFIC...	1	4	1083	34,8	1015	1151	p<0.001
SUPERFIC...	2	3	164	34,8	95,2	232	p<0.001
SUPERFIC...	2	4	355	34,8	286	423	p<0.001
SUPERFIC...	3	4	191	34,8	123	260	p<0.001

Tabla 1. Comparaciones múltiples entre diferentes números de stents. La proporción de variabilidad explicada por el número de stent fue Proximal 0.8701, Distal 0.8727 y Superficie de coaptación 0.7575

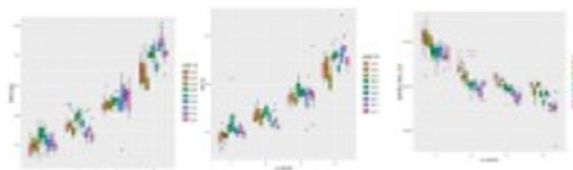


Fig 6 Representación gráfica en los diferentes grupos estudiados de los diferentes parámetros, representados los valores medios y la desviación tipo

Conclusión principal: Se obtiene una menor superficie de sellado cuanto más endoprótesis accesorias se implantan y cuanto mayor sea el tamaño de la endoprótesis principal.