

Factores determinantes de morbilidad y mortalidad en aneurismas de aorta abdominal rotos en cirugía abierta

Determinant factors of morbidity and mortality in ruptured abdominal aortic aneurysms in open surgery

Brian B. Domínguez-González^{1*}, Omar A. Hernández-Hurtado¹, Carlos Flores-Ramírez¹, Joaquín M. Santoscoy-Ibarra², Leopoldo E. Padilla-Hernández¹ y Xavier O. Arroyo-Sámano¹

¹Servicio de Angiología y Cirugía Vascular y Endovascular, Hospital Central del Estado de Chihuahua; ²Servicio de Angiología y Cirugía Vascular y Endovascular, Hospital General de Chihuahua. Chihuahua, Chih., México

Resumen

Antecedentes: La ruptura de un aneurisma de aorta abdominal (rAAA) tiene una alta mortalidad. **Objetivo:** Analizar los factores que influyen en la mortalidad y la supervivencia de los pacientes con rAAA. **Métodos:** Revisión retrospectiva, se estudiaron 32 pacientes tratados por rAAA, calculando medidas de tendencia central, prueba de χ^2 , riesgo de razón de momios (OR, odds ratio) e intervalo de confianza del 95% (IC95%) de la variable mortalidad. **Resultados:** La mortalidad a 30 días fue del 84.4%. El 53.23% desarrolló falla renal aguda y encontramos que el 80% de los pacientes con control suprarrenal estaba en este grupo (OR: 3.529; IC95%: 0.442-28.202), con una mortalidad del 100% cuando se asoció a hemodiálisis (OR: 1.929; IC95%: 1.341-2.774; $p = 0.044$). Un pinzamiento mayor de 50 minutos se asoció a un 95% de fallecimientos (OR: 4.074; IC95%: 0.669-23.73). Un índice neutrófilo-linfocito > 5 tuvo un 96% de mortalidad (OR: 4.444; IC95%: 0.766-25.784). **Conclusiones:** La identificación de los factores implicados en la morbilidad y mortalidad nos asistirá en la implementación de programas como el cribado para una detección oportuna y ofrecer tratamientos apropiados de manera electiva antes de que ocurran complicaciones como la ruptura con un desenlace catastrófico.

Palabras clave: Aneurismas. Ruptura. Mortalidad.

Abstract

Background: Ruptured abdominal aortic aneurysms (rAAA) have an elevated mortality. **Objective:** To analyze factors that influence in mortality and survival in patients with rAAA. **Methods:** Retrospective review, thirty-two patients treated for rAAA were studied, calculating measures of central tendency, χ^2 test, odds ratio (OR), and 95% confidence interval (95%CI) of the variable mortality. **Results:** Mortality at thirty days was 84%, 53% of patients developed acute renal failure, and we found that 80% of patients with suprarenal control were in this group (OR: 3.529; 95%CI: 0.442-28.202), with a mortality of 100% when associated with hemodialysis (OR: 1.929; 95%CI: 1.341-2.774; $p = 0.044$). A clamping longer than 50 minutes was associated with 95% deaths (OR: 4.074; 95%CI: 0.669-23.73). The neutrophil-lymphocyte ratio > 5 had 96% mortality (OR: 4.444; 95%CI: 0.766-25.784). **Conclusions:** The identification of the factors involved in morbidity and mortality will assist us to carry out programs such as screening for timely AAA detection, and to offer timely treatments electively before complications occurs such as rupture with a catastrophic outcome.

Keywords: Aneurysms. Rupture. Mortality.

*Correspondencia:

Brian B. Domínguez-González
E-mail: bbdg114@hotmail.com

Fecha de recepción: 09-10-2022

Fecha de aceptación: 18-10-2022

DOI: 10.24875/RMA.22000036

Disponible en internet: 15-12-2022

Rev Mex Angiol. 2022;50(4):134-139

www.RMAngiologia.com

0377-4740/© 2022 Sociedad Mexicana de Angiología y Cirugía Vascular y Endovascular, A.C. Publicado por Permanyer. Este es un artículo open access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Introducción

La patología aneurismática de la aorta abdominal representa un reto diagnóstico y terapéutico para el cirujano vascular, por lo que ha sido ampliamente estudiada en la época contemporánea y ha mejorado sus alcances. Sin embargo, ya hacia el año 3500 a.C. se documentan sus primeras descripciones¹. En el Papiro de Ebers (1500 a.C.) se describen los aneurismas como dilataciones o tumores². Rufo de Éfeso acuña el término «aneurisma» en el siglo I a.C., y posteriormente Galeno (siglo II d.C.) refiere la identificación de masas pulsátiles palpables en ciertos pacientes, los cuales, si llegasen a experimentar una ruptura de dicha tumoración, sufrirían un sangrado difícil de contener³. Con la descripción de Vesalius de un aneurisma de la aorta abdominal (AAA) en el siglo XVI comienza la comprensión de la patología⁴. En 1888, Rudolf Matas realiza la primera endoaneurismorrafia con éxito, aunque de localización en la arteria humeral. Nissen, basándose en los trabajos de Pearse y Harrison respecto al *wrapping* con papel celofán, interviene al físico Albert Einstein en 1949⁵, quien fallece 5 años después de complicaciones relacionadas. En 1951, Charles Dubost revolucionó el tratamiento de los AAA al realizar de manera exitosa la exclusión aneurismática con revascularización con homoinjerto de aorta cadavérico⁶.

Apegados a su etimología, un aneurisma (del griego ἀνεύρυσμα *aneúrysma*) es una dilatación o ensanchamiento que, enfocados en la patología de la aorta abdominal, la Sociedad Europea de Cardiología define como un diámetro de la aorta abdominal de 3.0 cm o más, que suele estar por encima de dos desviaciones estándar del diámetro medio para los hombres⁷.

La prevalencia del AAA en la población general es de 1-1.5%⁸; los AAA son los más frecuentes y representan el 75% de todos los aneurismas. El 70-75% de los AAA son asintomáticos⁹. Existen múltiples posturas respecto al beneficio de realizar un cribado poblacional a pacientes con factores de riesgo de desarrollar AAA, con el objeto de poder llevar a cabo una reparación electiva oportuna; sin embargo, la forma de presentación más temida es la ruptura del AAA (rAAA), la cual tiene una incidencia de 6-21 pacientes por millón¹⁰. Se cree que solo el 30-50% de los casos alcanza a tener atención médica, teniendo una mortalidad alrededor del 80%¹¹. Cannon¹² reporta que, en todo el mundo, los años de vida perdidos por rAAA podrían sumar 2,881,760 años. El tabaquismo puede contribuir hasta en un 50% en el riesgo de rAAA, pero esta es producto

de la contribución de múltiples procesos bioquímicos, celulares, proteolíticos y biomecánicos que aun se encuentran en estudio¹³. Una vez instaurada la ruptura, varios factores relativos al paciente y al manejo quirúrgico, transoperatorio y posoperatorio impactarán en su morbimortalidad. Por lo anterior, con sustento en la literatura^{8,9}, decidimos realizar un análisis retrospectivo de los pacientes tratados por el servicio de angiología y cirugía vascular del Hospital Central del Estado para determinar los factores sociodemográficos, preoperatorios y transoperatorios que influyen en la mortalidad y la sobrevida de los pacientes con rAAA.

Método

Entre marzo de 2019 y marzo de 2022, 32 pacientes fueron intervenidos de rAAA por el servicio de angiología y cirugía vascular del Hospital Central Universitario Chihuahua. Realizamos un análisis retrospectivo de las variables preoperatorias, transoperatorias y posoperatorias que se describen más adelante. Definimos la ruptura como la extravasación de sangre fuera de la pared aórtica (hematoma extraaórtico) confirmada por tomografía computarizada o durante la laparotomía. La información fue recolectada en una base de datos usando el programa Microsoft Office Excel 2020 con datos obtenidos del expediente de cada paciente: edad, género, enfermedad de base, comorbilidad, tabaquismo, fecha de la cirugía, datos laborales, tiempo de pinzamiento aórtico, sitio de pinzamiento aórtico, hipotensión controlada y aspectos durante el procedimiento, como la diuresis cuantificada. El análisis estadístico se realizó utilizando el programa SPSS® (IBMTM Statistical Package for the Social Science versión 26.0; SPSS, Chicago, IL, USA), con el que obtuvimos medidas de tendencia central, así como la realización de la prueba de χ^2 o la prueba exacta de Fisher para las variables categóricas y de tablas de 2×2 , razón de momios (OR, *odds ratio*) e intervalos de confianza del 95% (IC95%), todo lo anterior buscando la relación de la mortalidad en función del conjunto de variables.

Resultados

Del total de los 32 pacientes, el grupo de 76-80 años fue el de mayor prevalencia, con el 43.8%, predominando los hombres (65.6%). El 100% de los pacientes contaban con el antecedente de hipertensión arterial sistémica y consumir activamente tabaco; 15 pacientes tenían antecedente de diabetes *mellitus* (46.9%) (Tabla 1).

Tabla 1. Factores sociodemográficos

Variable	Defunción	OR (IC95%)	p
Edad			
66-70 años	6	1.750 (0.215-14.24)	0.081
71-75 años	7	1.300 (0.515-3.281)	
76-80 años	14	0.743 (0.227-2.431)	
Sexo			
Hombre	16	1.608 (1.234-2.307)	0.78
Mujer	11	1.875 (0.268-13.094)	
Diabetes <i>mellitus</i>			
Sí	12	1.350 (0.588-3.098)	0.55
No	15	0.720 (0.234-2.218)	
Hipertensión arterial			
Sí	27	-	-
No			
Tabaquismo			
Sí	27	-	-
No			

IC95%: intervalo de confianza del 95%; OR: *odds ratio*.

Todos los pacientes fueron intervenidos por laparotomía, teniendo como primer hallazgo la ruptura libre a la cavidad peritoneal (34.4%) o la ruptura contenida al retroperitoneo (65.6%). Evaluamos el sitio de pinzamiento aórtico y lo reportamos como control infrarrenal (el de mayor uso, con el 84.4%) o suprarrenal (15.6%). Por último, medimos el tiempo de pinzamiento aórtico y lo reportamos respecto al punto de corte como más de 50 minutos (71.9%) o menos de 50 minutos (28.1%). Sobre el transoperatorio y el postoperatorio evaluamos la diuresis transoperatoria como mayor de 400 ml (15.6%) o menor de 400 ml (84.4%). Dimos seguimiento a la función renal del paciente y la aparición de falla renal aguda (FRA), encontrando que el 53.1% desarrolló la lesión renal posterior a la intervención y el 40.6% requirió hemodiálisis. Decidimos enfocar el cálculo del índice neutrófilo-linfocito (INL) como marcador de morbilidad, identificando que 25 pacientes tuvieron un puntaje > 5, de los cuales 24 fallecieron, mientras que con < 5 hubo 7 pacientes y de ellos 4 sobrevivieron.

La mortalidad a 30 días fue de 27 de 32 rAAA (84.4%): 3 de los 32 (9.4%) murieron en el transoperatorio, 5 de los 32 (15.6%) en las primeras 48 horas, 19 de los 32 (59.4%) dentro de los 30 días, y 5 de los 32 (15.6%) sobrevivieron después de los 30 días. El grupo de edad de 75-80 años representó el de mayor mortalidad, con un 51.8% de defunciones. El 100% de las mujeres fallecieron. La hipertensión arterial y el tabaquismo reportaron ambos una mortalidad del 84.37% y

solo un 15.7% de sobrevivida. La diabetes *mellitus* se relaciona con una mortalidad del 37.5% (OR: 1.350) (Tabla 1).

La hipotensión permisiva se llevó a cabo en 5 pacientes, y de ellos 4 sobrevivieron (OR: 0.200).

De los 11 pacientes con ruptura libre a la cavidad peritoneal, ninguno sobrevivió; de aquellos con ruptura contenida al retroperitoneo, 16 fallecieron y 5 sobrevivieron (OR: 0.593; IC95%: 0.433-0.810; p = 0.078). Todos los pacientes con control suprarrenal fallecieron, mientras que de los 27 pacientes con control infrarrenal fallecieron 22 y sobrevivieron 5 (OR: 1.227; IC95%: 1.025-1.469; p = 0.295). El 80% de los pacientes a quienes se realizó un pinzamiento menor de 50 minutos sobrevivieron (OR: 0.231; IC95%: 0.094-0.572; p = 0.005), y de aquellos en los que el pinzamiento fue mayor de 50 minutos fallecieron el 95% (OR: 4.074; IC95%: 0.669-23.73).

Cinco de los pacientes presentaron una diuresis mayor de 400 ml y sobrevivieron todos, mientras que en el grupo con menos de 400 ml no hubo ninguno que sobreviviera. El 46.87% de los pacientes no desarrolló FRA, y de ellos el 66.6% falleció y el 33.4% sobrevivió (OR: 0.416; IC95%: 1.651-4.415; p = 0.010). El 53.23% desarrolló FRA y encontramos que el 80% de los pacientes con control suprarrenal estaba en este grupo (IC95%, OR: 3.529: 0.442-28.202) con una mortalidad de 100% cuando se asoció a hemodiálisis, (IC95%, OR: 1.929: 1.341-2.774, p = 0.044), de lo que inferimos que no desarrollar falla renal y no tener que llevar a cabo hemodiálisis disminuye el riesgo de mortalidad. (OR, IC95%: 0.225, p = 0.001, 0.039- 1.305). El INL mayor de 5 tuvo 96% de mortalidad (OR: 4.444, IC95%: 0.766-25.784) y un INL menor tuvo una sobrevivida de 57.14% (OR: 7.200, IC95%: 0.039-1.305, p = 0.001) (Tabla 2).

Discusión

La alta mortalidad identificada en varias series de casos de rAAA se ha centrado en variables relacionadas con el riesgo de ruptura; sin embargo, es importante adentrarse en las condiciones metabólicas que impactan en la morbilidad de los pacientes y su respuesta metabólica al trauma quirúrgico. Recientemente, Tambyraja¹⁴ recomienda estudiar los factores clínico-biológicos para trazar un plan e implementar estrategias diagnóstico-terapéuticas¹⁵. De igual manera Cho refiere que los rAAA siguen siendo un problema altamente letal. Algunas de las estrategias de

Tabla 2. Variables pre-, trans- y posoperatorias

Variable	Defunción	Sobrevida	OR (IC95%)	p
Tipo de ruptura				
Libre	5	0		
Contenida	16	5	0.593 (0.433-0.810)	0.078
Control aórtico				
Suprarrenal	5	0		
Infrarrenal	22	5	0.815 (0.681-0.975)	0.295
Hipotensión permisiva				
Sí	1	4		
No	27	1	1.148 (1.003-1.315)	0.000
Índice neutrófilo- linfocito				
> 5	24	1	4.44 (0.766-25.784)	0.001
< 5	3	4	0.139 (0.044-0.440)	
Diuresis				
> 400 ml	0	5	-	0.000
< 400 ml	27	0	-	
Falla renal aguda				
Sí	17	0		
No	10	5	0.370 (0.226-0.660)	0.010
Tiempo de pinzamiento				
> 50 min	22	1	4.074 (0.669-23.73)	0.005
< 50 min	5	4	0.231 (0.094-0.572)	
Hemodiálisis				
Sí	3	0		
No	14	5	0.370 (0.226-0.660)	0.044

IC95%: intervalo de confianza del 95%; OR: *odds ratio*.

tratamiento pueden estar en relación de acuerdo al volumen de pacientes tratados¹⁵.

Algunos de nuestros hallazgos se presentan de forma muy similar a los publicados en series de otros centros. La mortalidad por grupos de edad se relaciona con poblaciones más vulnerables, con porcentajes similares a los reportados por Bown et al.¹⁶, siendo alrededor del 55%. De igual manera, Howard et al.¹⁷ refieren que los mayores de 75 años son el sector más vulnerable para presentar rAAA. Recientemente, Hinojosa et al.¹¹ han pugnado por la realización de un esfuerzo interinstitucional para la detección oportuna del AAA en grupos de menores y mayores de 65 años, en los que se encuentran la gran mayoría de las rupturas.

Koplovic et al.¹⁸ reportaron que el 45% de los pacientes con rAAA desarrollará FRA, pero nuestra serie presentó porcentajes más altos de FRA. Lo anterior genera un impacto en la mortalidad y la necesidad de terapia sustitutiva en los pacientes. En nuestra serie, no desarrollar FRA representa una mayor probabilidad de supervivencia. La necesidad de terapia de reemplazo renal en nuestros pacientes fue por encima

del 40%, condición similar a la referida por Johnston¹⁹ (11-40%). Este autor destaca una mortalidad del 76-89%, que en nuestro estudio se eleva hasta el 100% cuando se asociaron FRA y hemodiálisis. En relación con la búsqueda de causa-efecto, haber realizado pinzamiento suprarrenal como parte del control aórtico se ha descrito como uno de los factores que impactarán en la perfusión renal, y en consecuencia en el desarrollo de FRA y el riesgo de requerir terapia sustitutiva. Desgranges et al.²⁰ y Sabrout y Reul²¹ mencionan que el pinzamiento cruzado suprarrenal es uno de los factores asociados a FRA, sobre todo en pacientes con factores de riesgo como vejez y choque hipovolémico, condiciones que son frecuentes en la rAAA. El porcentaje identificado en nuestra población con pinzamiento suprarrenal confirma lo descrito anteriormente al obtener hasta un 80% de FRA.

Existen diversos marcadores a los que con el paso del tiempo se ha dado mayor relevancia y trascendencia en el estudio de la rAAA. Estudiar la relación del INL asociado con un aumento de la mortalidad en los pacientes con rAAA ha sido parte de los esfuerzos más recientes en la literatura. Kordzadeh et al.²² mencionan

que un INL > 5 se asocia a mayor mortalidad dentro de los 30 días posteriores a la intervención. En nuestra serie, dicho valor tuvo un 96% de mortalidad (OR: 4.444). La compresión fisiopatológica de las explosiones oxidativas realizadas por los polimorfonucleares que impactan en la oxidación tisular en modelos animales y humanos sugiere una probable relación entre este índice y la alta mortalidad de la rAAA después de su reparación, y un hecho de por qué, a pesar de los avances en el tratamiento perioperatorio, la mortalidad no ha disminuido drásticamente²³.

El adecuado manejo de la reanimación hídrica controlada, denominada hipotensión permisiva, ha demostrado su beneficio en diferentes estudios, como el IMPROVE, en el que se demostró que los pacientes con la presión arterial más baja tenían la mortalidad más alta y el aumento de la presión arterial sistólica a más de 70 mmHg fue beneficioso. A la vez, se recomienda que la reanimación con líquidos sea suficiente para mantener el estado de consciencia, minimizar la isquemia de los órganos, prevenir la depresión del segmento ST y mantener unas presiones sistólicas de 70-80 mmHg, aunque pueden también considerarse cifras de presión arterial más bajas. De acuerdo con lo antes mencionado, analizamos la hipotensión permisiva en nuestros grupos, en los que solo en un pequeño número de pacientes se realizó, resultando con una sobrevida del 100%. La falta de identificación oportuna de la patología aneurismática desde el traslado y el manejo inicial por diversos servicios previo al establecimiento del tratamiento definitivo por angiología y cirugía vascular (ACV), fomenta el no realizar de manera sistemática y oportuna esta buena práctica. Así mismo, no encontramos una correcta documentación de dicha práctica, por lo que podemos sugerir un sesgo en su reporte. La hipotensión permisiva adecuadamente realizada previo al procedimiento quirúrgico evita la elevación de la presión arterial, previniendo una hemorragia adicional al superar el taponamiento y de esta manera hemodilución, coagulopatía, hipotermia y acidosis, y un mayor aumento de la mortalidad posoperatoria^{24,25}.

Starnes et al.²⁶ reportan una incidencia de rupturas libres del 20%, con mayor mortalidad en comparación con las contenidas en la cavidad retroperitoneal. Davidović et al.²⁷ hacen mención a factores intraoperatorios asociados a mayor mortalidad: la diuresis menor 400 ml y el tiempo de pinzamiento aórtico mayor a 47 minutos. Con base en lo anterior, encontramos que en una diuresis menor a 400 ml ningún paciente sobrevivió; cuando hubo un pinzamiento menor a 50 minutos, el 80% sobrevivió y solo el 20% falleció. Cuando hubo un

pinzamiento mayor a 50 minutos, se asoció con una mortalidad del 95%.

Conclusiones

Comprender los factores implicados en la mortalidad de la rAAA es de vital importancia para determinar estrategias con el objetivo de aumentar las tasas de supervivencia, mediante la mejora en aspectos que incluyen la logística (manejo ofertado en el traslado de pacientes con sospecha de rAAA), las salas de urgencias o los médicos de primer contacto para la realización de diagnósticos más precisos y oportunos con base en el conocimiento de la patología, y por ende mejores protocolos de manejo (hipotensión permisiva). Hay que tener en cuenta aspectos intraoperatorios relevantes, como el tiempo de pinzamiento y el sitio de pinzamiento, los cuales hasta cierto punto son aspectos poco modificables porque dependen de la complejidad de cada paciente. Hoy en día el INL goza de auge en enfermedades cardiovasculares. Este es de suma importancia, ya que traduce los efectos fisiopatológicos de esta entidad catastrófica y es buen marcador pronóstico que muestra que a pesar de los avances en el tratamiento perioperatorio o transoperatorio, la mortalidad no ha disminuido drásticamente.

Todo el conocimiento antes mencionado nos ayuda a comprender más sobre la patología aórtica (rAAA), con la finalidad de mejorar y disminuir las tasas de mortalidad, haciendo hincapié en el cribado y la detección oportuna del AAA para poder ofertar un tratamiento quirúrgico de manera electiva y con ello disminuir la mortalidad, antes de llegar a la ruptura que tiene desenlaces catastróficos.

Financiamiento

La presente investigación no ha recibido ninguna beca específica de agencias de los sectores públicos, comercial o con ánimo de lucro.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflictos de intereses.

Responsabilidades éticas

Protección de personas y animales. Los autores declaran que para esta investigación no se han realizado experimentos en seres humanos ni en animales.

Confidencialidad de los datos. Los autores declaran que en este artículo no aparecen datos de pacientes.

Derecho a la privacidad y consentimiento informado. Los autores han obtenido la aprobación del Comité de Ética para el análisis y publicación de datos clínicos obtenidos de forma rutinaria. El consentimiento informado de los pacientes no fue requerido por tratarse de un estudio observacional retrospectivo.

Bibliografía

- Osler W. Aneurysm of the abdominal aorta. *Lancet*. 1905;166:1089-96.
- Bobadilla JL. From Ebers to EVARs: a historical perspective on aortic surgery. *Aorta*. 2013;1:89-95.
- Erichsen J. Observations on aneurism. London: C&J Allard; 1844.
- Vesalius A. De humanis corporis fabrica libri septem. Basilea: Ex officina Joannis Oporini; 1543.
- Parodi JC, Palmaz JC, Barone HD. Transfemoral intraluminal graft implantation for abdominal aortic aneurysms. *Ann Vasc Surg*. 1991;5:491-9.
- Rea CE. The surgical treatment of aneurysm of the abdominal aorta. *Minn Med*. 1948;31:153-6.
- Erbel R, Aboyans V, Boileau C, Bossone E, Di Bartolomeo R, Eggebrecht H, et al. 2019 ESC guidelines on the diagnosis and treatment of aortic diseases. *Eur Heart J*. 2019;35:2873e926.
- Blanco Cañibano E, Morata Barrado PC, Muela Méndez M, García Fresnillo B, Guerra Requena M. Prevalencia de aneurismas de aorta abdominal en una población de riesgo en una consulta de cirugía vascular. *Angiología*. 2020;72:118-25.
- Enríquez-Vega ME, Solorio-Rosete HF, Cossío-Zazueta A, Bizueto-Rosas H, Cruz-Castillo JE, Iturburu-Enríquez A. Detección oportuna de aneurismas de aorta abdominal en población de riesgo. *Rev Mex Inst Mex Seguro Soc*. 2015;53(Supl 1):S100-3.
- Bautista S, Guzmán OR, Sandoval FG. Aneurisma aórtico abdominal. *Rev Med MD*. 2012;3:4:204-10.
- Hinojosa C, Chiquete E, Bobadilla-Rosado L. Mortalidad por aneurismas aórticos en México: necesidad de un registro nacional. *Rev Mex Angiol*. 2021;49:71-3.
- Cannon JW. Hemorrhagic shock. *N Engl J Med*. 2018;378:370-9.
- Schmitz-Rixen T, Keese M, Hakimi M, et al. Ruptured abdominal aortic aneurysm epidemiology, predisposing factors, and biology. *Langenbecks Arch Surg*. 2016;(401)3:275-288.
- Tambyraja AL. Prediction of outcome after abdominal aortic aneurysm rupture. *J Vasc Surg*. 2008;47:222-30.
- Cho JS, Kim JY, Rhee RY, Gupta NY, Marone LK, Dillavou ED, et al. Contemporary results of open repair of ruptured abdominal aortoiliac aneurysms: effect of surgeon volume on mortality. *J Vasc Surg*. 2008;48:10-8.
- Bown MJ, Sutton AJ, Bell PR, Sayers RD. A meta-analysis of 50 years of ruptured abdominal aortic aneurysm repair. *Br J Surg*. 2002;89:714-30.
- Howard DP, Banerjee A, Fairhead JF, Handa A, Silver LE, Rothwell PM; Oxford Vascular Study. Age-specific incidence, risk factors and outcome of acute abdominal aortic aneurysms in a defined population. *Br J Surg*. 2015;102:907-15.
- Koplovic I, Simmonds K, Duggan S, Ewanchuk M, Stollery DE, Bagshaw SM. Elevated cardiac troponin in the early post-operative period and mortality following ruptured abdominal aortic aneurysm: a retrospective population-based cohort study. *Crit Care*. 2012;16:R147.
- Johnston KW. Ruptured abdominal aortic aneurysm: six-year follow-up results of a multicenter prospective study. Canadian Society for Vascular Surgery Aneurysm Study Group. *J Vasc Surg*. 1994;19:888-900.
- Desgranges P, Kobeiter H, Katsahian S, Bouffi M, Gouny P, Favre JP, et al. ECAR (Endovasculaire ou Chirurgie dans les Anévrismes aorto-iliaques Rompus): a French randomized controlled trial of endovascular versus open surgical repair of ruptured aorto-iliac aneurysms. *Eur J Vasc Endovasc Surg*. 2015;50:303-10.
- El Sabrout RA, Reul GJ. Suprarenal or supraceliac aortic clamping during repair of infrarenal abdominal aortic aneurysms. *Tex Heart Inst J*. 2001;28:254-64.
- Kordzadeh A, Malietzis G, Browne T, Prionidis I, Panayiotopoulos YP. Neutrophil to lymphocyte ratio (NLR) of five predicts 30-day morbidity in ruptured abdominal aortic aneurysms (rAAA): a retrospective cohort study. *Int J Surg*. 2015;15:45-8.
- Lindsay TF, Memari N, Ghanekar A, Walker P, Romaschin A. Rupture of an abdominal aortic aneurysm causes priming of phagocytic oxidative burst. *J Vasc Surg*. 1997;25:599-610.
- IMPROVE trial investigators; Powell JT, Hinchliffe RJ, Thompson MM, Sweeting MJ, Ashleigh R, Bell R, et al. Observations from the IMPROVE trial concerning the clinical care of patients with ruptured abdominal aortic aneurysm. *Br J Surg*. 2014;101:216-24.
- Dick F, Erdoes G, Opfermann P, Eberle B, Schmidli J, von Allmen RS. Delayed volume resuscitation during initial management of ruptured abdominal aortic aneurysm. *J Vasc Surg*. 2013;57:943-50.
- Starnes BW, Mehta M, Veith FJ, editores. Ruptured abdominal aortic aneurysm. The definitive manual. New York: Springer; 2017.
- Davidović L, Marković M, Kostić D, Cinara I, Marković D, Maksimović Z, et al. Ruptured abdominal aortic aneurysms: factors influencing early survival. *Ann Vasc Surg*. 2005;19:29-34.