

Factores que impactan la función renal durante la reconstrucción abierta y endovascular de aneurismas aórticos

Factors that impact kidney function during open and endovascular reconstruction of aortic aneurysms

Carlos A. Hinojosa*, Javier E. Anaya-Ayala, Myriam Carrera-Ramirez, Paula Leal-Anaya, Ramón García-Alva y Rodrigo Lozano-Corona

Dirección de Cirugía, Sección de Angiología, Cirugía Vascular y Terapia Endovascular, Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán, México

Resumen

Objetivo: Analizar qué factores influyen en el deterioro de la función renal en pacientes sometidos a reconstrucción aórtica abierta o endovascular, y su impacto en la supervivencia. **Método:** Estudio retrospectivo. Se analizaron variables demográficas, de laboratorio, transoperatorias y posoperatorias. Se determinó la función renal y se utilizó la prueba exacta de Fisher en la búsqueda de asociaciones, y el análisis de Kaplan-Meier para estimar la supervivencia. **Resultados:** De 2007 a 2017, 80 pacientes (media de edad: 70 años) fueron sometidos a procedimientos de reconstrucción aórtica. Cincuenta y ocho (73%) eran de sexo masculino. Doce (15%) tuvieron elevación de creatinina en el posoperatorio y sangrado mayor de 1500 ml con necesidad de transfusión que se asoció a insuficiencia renal aguda ($p = 0.005$). Durante el periodo de seguimiento de 60 meses, 8 (10%) pacientes desarrollaron insuficiencia renal crónica, 2 (2.5%) requirieron hemodiálisis y 18 (22%) fallecieron. La edad, el sexo, la comorbilidad y las características anatómicas del aneurisma, así como el tipo de intervención o el nivel de pinzamiento aórtico, no impactaron la función renal posoperatoria. **Conclusiones:** La reparación de los aneurismas aórticos complejos continúa siendo un reto. Un sangrado superior a 1500 ml, con necesidad de transfusión, se asoció a deterioro de la función renal posoperatoria e impactó en la supervivencia a 5 años.

PALABRAS CLAVE: Aneurismas aórticos. Reconstrucción aórtica. Función renal.

Abstract

Background: To analyze the factors that influence the deterioration of postoperative renal function in patients undergoing open or endovascular aortic reconstruction, and the impact on survival. **Method:** Retrospective review of patients who underwent invasive treatment was conducted. Demographics, laboratory data, clinical, intraoperative and postoperative variables were recorded; renal function was determined, Fisher's exact test was used to find associations and Kaplan Meier analysis to estimate survival. **Results:** From 2007 to 2017, 80 patients (mean age: 70 years) were studied. Fifty-eight (73%) were male, none of these patients had known diagnosis of chronic kidney insufficiency. Twelve (15%) patients had elevated creatinine in the postoperative period; variables such as intraoperative bleeding greater than 1500 ml were associated with acute renal failure ($p = 0.005$). During the follow-up period of 60 months, 8 (10%) patients progressed to chronic renal failure, 2 (2.5%) requiring hemodialysis, 18 (22%). Age, gender, comorbidities and anatomic characteristics of the aneurysm, type of intervention or level of aortic cross-clamping did not impact the postoperative renal function. **Conclusions:** The repair of complex aortic aneurysms

Correspondencia:

*Carlos A. Hinojosa

Vasco de Quiroga, 15

Col. Sección XVI, Del. Tlalpan

C.P. 14080, Ciudad de México, México

E-mail: carlos.a.hinojosa@gmail.com

Fecha de recepción: 10-05-2018

Fecha de aceptación: 24-08-2018

DOI: 10.24875/CIRU.18000448

Cir Cir. 2019;87:170-175

Contents available at PubMed

www.cirugiacirujanos.com

ms continues to be a challenge. Intraoperative bleeding greater than 1500 ml and the need of blood transfusion was associated with deterioration of postoperative renal function, affecting the 5-year survival of patients.

KEY WORDS: Aortic aneurysms. Aortic reconstruction. Kidney function.

Introducción

Un aneurisma es un aumento del diámetro normal de un vaso sanguíneo superior al 50% como resultado del debilitamiento progresivo de su pared, y la aorta es una de las arterias que con mayor frecuencia se ve afectada por esta patología¹. La prevalencia de los aneurismas aórticos varía según su localización, y su diagnóstico ha aumentado de manera importante con la mejora de los métodos de tamizaje y los avances tecnológicos en materia de imagen. Con respecto a los aneurismas de la aorta torácica, se reporta una incidencia de 6 a 10 casos por cada 100,000 individuos al año, principalmente durante la sexta y la séptima décadas de la vida, siendo el sexo masculino el más afectado, hasta cuatro veces más que el femenino^{2,3}. De todos los aneurismas torácicos, los que involucran la aorta ascendente son los más frecuentes, comprendiendo el 50% de estos, seguidos por los de la aorta torácica descendente en el 40% y los del cayado aórtico en un 10%. En la mayoría de los casos, los que afectan la aorta ascendente son el resultado de necrosis quística de la media, que histológicamente corresponde a una pérdida de células musculares lisas y una degeneración de las fibras elásticas, que genera debilidad de la pared arterial^{2,3}. La patogénesis de los aneurismas torácicos y toracoabdominales se asocia con frecuencia con enfermedades del tejido conectivo, como el síndrome de Marfan, el síndrome de Loeys-Dietz y el síndrome familiar de aneurismas de la aorta torácica (Fig. 1). Por otro lado, los aneurismas localizados en la porción abdominal se relacionan principalmente con el envejecimiento y con factores de riesgo como hipertensión, dislipidemias y tabaquismo; se estima que afectan aproximadamente al 6% de los hombres mayores de 65 años⁴⁻⁶ (Fig. 2).

Los aneurismas aórticos generalmente son asintomáticos y su diagnóstico se realiza, en la mayoría de los casos, de manera incidental. De manifestarse clínicamente, la complicación más temida es la rotura, la cual se asocia a una elevada mortalidad, por lo que el tratamiento invasivo está justificado e indicado.

Actualmente existen técnicas abiertas y endovasculares cuyo objetivo es aislar de la circulación el aneurisma,

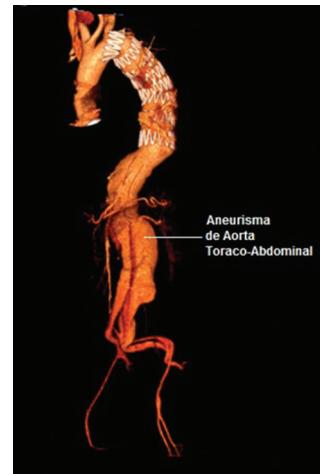


Figura 1. Reconstrucción en tercera dimensión de angiotomografía que muestra la aorta torácica y abdominal con un aneurisma toracoabdominal en una paciente de 35 años con síndrome de Marfan. Nótese que la aorta torácica había sido tratada con un injerto endovascular previamente.

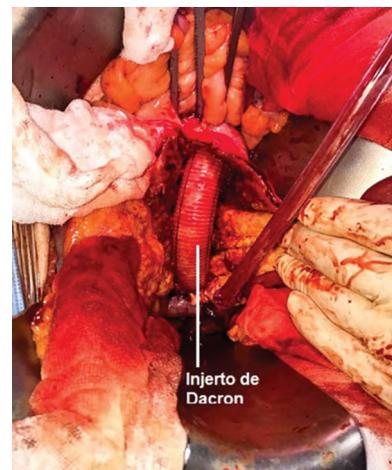


Figura 2. Fotografía transoperatoria de la reparación de un aneurisma aórtico abdominal infrarenal roto. Se reemplazó el segmento afectado con un injerto de Dacron®.

eliminando el riesgo de rotura⁴. Se reconocen factores que determinan la evolución posoperatoria y la supervivencia posterior a la realización de reconstrucciones aórticas, incluyendo entre ellos la comorbilidad del paciente y las características anatómicas del aneurisma; también se ha estudiado que la función renal posoperatoria es uno de los predictores de mortalidad de mayor relevancia⁵⁻⁹. Las complicaciones renales pueden ocurrir durante el posoperatorio y pueden manifestarse con elevación de la creatinina sin oliguria, la cual lleva en los

primeros días a una insuficiencia renal aguda que requiere terapia sustitutiva con hemodiálisis. Se sabe que esta complicación puede contribuir de manera significativa en la morbilidad posoperatoria e incrementar la mortalidad. Los predictores de mortalidad de mayor importancia son el antecedente de insuficiencia renal crónica y los aspectos técnicos asociados a la complejidad de los procedimientos o complicaciones transoperatorias¹⁰⁻¹⁴.

El diagnóstico y el tratamiento de los aneurismas aórticos va en aumento en el Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán. El objetivo de este estudio fue analizar los factores que deterioran la función renal posoperatoria en pacientes sometidos a reconstrucción aórtica abierta o endovascular en nuestra institución, así como el impacto en la sobrevida.

Método

Análisis retrospectivo de 2007 a 2017 que incluyó pacientes del servicio de angiología y cirugía vascular que fueron sometidos a reparación quirúrgica o endovascular de aneurismas de la aorta torácica descendente, toracoabdominal y abdominal. Se recolectaron variables demográficas (edad y sexo), de laboratorio, clínicas, transoperatorias y posoperatorias, que fueron analizadas mediante estadística descriptiva. Se estudió la función renal preoperatoria y posoperatoria, y se utilizó la prueba exacta de Fisher para encontrar posibles asociaciones que impacten en la función. La definición de lesión renal aguda utilizada fue la de las guías internacionales del consorcio KDIGO (*Kidney Disease: Improving Global Outcomes*)¹. Para realizar el análisis de supervivencia en los pacientes sometidos a procedimientos abiertos y endovasculares se utilizaron curvas de estimación de Kaplan-Meier. Se usó el programa estadístico STATA versión 14. El estudio fue aprobado por el comité de ética del Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán con el número de folio SIN 828-13/13-1.

Resultados

Se incluyeron en el estudio 80 pacientes, de los cuales 58 (72%) eran hombres y 22 (28%) eran mujeres. La edad mínima de presentación fue de 21 años y la máxima de 97, con una media de 70 años y una desviación estándar de 10.4, con un intervalo de confianza del 95% de 67.6 a 72.4 años. Los pacientes fueron sometidos a 80 procedimientos de reconstrucción aórtica (60 abiertos y 20 endovasculares): 12 (15%) en la aorta torácica o toracoabdominal y 68 (85%) en

Tabla 1. Características demográficas y comorbilidad de todos los pacientes incluidos en el estudio (n = 80)

Sexo	
Femenino	22 (27%)
Masculino	58 (73%)
Edad, años, media (desviación estándar)	70 (\pm 10.4)
Hipertensión arterial sistémica (sistólica > 140 y diastólica > 90 mmHg)	54 (67.5%)
Diabetes tipo 2	18 (22%)
Enfermedad coronaria	14 (17%)
Obesidad (índice de masa corporal > 30)	8 (10%)

la aorta abdominal. Cincuenta y cuatro (67%) pacientes tenían hipertensión arterial sistémica, 18 (22%) diabetes tipo 2, y 14 (17%) enfermedad coronaria aterosclerótica; ninguno de estos pacientes tenía diagnóstico conocido de insuficiencia renal crónica. La tabla 1 resume las características demográficas y la comorbilidad de todos los pacientes estudiados.

La mortalidad posoperatoria a 30 días fue del 14%; de los fallecimientos, tres fueron con aneurismas toracoabdominales sintomáticos y dos con aneurismas abdominales rotos. Doce (15%) pacientes presentaron insuficiencia renal aguda durante el posoperatorio, de los cuales 11 (19%) pertenecían al sexo masculino y 1 (4.5%) al femenino. Con respecto a los antecedentes personales patológicos de los pacientes que tuvieron complicaciones renales, la diabetes tipo 2 estuvo presente en dos casos (11.2%), la hipertensión arterial sistémica en 10 (18.6%) y la enfermedad coronaria en 3 (21.4%) (Tabla 2). Entre las variables intraoperatorias, el sangrado de más de 1500 ml con necesidad de transfusión se asoció a insuficiencia renal aguda ($p = 0.005$). Durante el periodo de seguimiento de 60 meses, 8 (10%) pacientes tienen actualmente insuficiencia renal crónica y 2 (2.5%) de ellos se encuentran en hemodiálisis; 7 (8%) pacientes fallecieron por causas no asociadas a la intervención quirúrgica, sumando una mortalidad a 5 años del 22%. La edad, el sexo, la comorbilidad, las características anatómicas del aneurisma, el tipo de intervención y el nivel de pinzamiento aórtico no impactaron la función renal posoperatoria. En nuestra serie no se observó diferencia significativa entre realizar tratamiento abierto o endovascular como factor determinante para el desarrollo de insuficiencia renal aguda (Tabla 3).

En la figura 3 se muestra el análisis de Kaplan-Meier para evaluar la supervivencia global durante el periodo de seguimiento de los pacientes intervenidos con técnica abierta y endovascular.

Tabla 2. Análisis comparativo de las variables demográficas y la comorbilidad en los pacientes que desarrollaron insuficiencia renal aguda posoperatoria y aquellos que no la desarrollaron

Variables	Sin insuficiencia renal aguda	Con insuficiencia renal aguda	Total pacientes por cada variable	p*
Sexo				
Femenino	21 (95.5%)	1 (4.5%)	22 (100%)	NS
Masculino	47 (81%)	11 (19%)	58 (100%)	NS
Edad, años, media	70	71		NS
Comorbilidad				
Diabetes tipo 2	16 (88.8%)	2 (11.2%)	18 (100%)	NS
Hipertensión arterial sistémica (sistólica>140 y diastólica>90 mmHg)	44 (78.57%)	10 (21.43%)	54 (100%)	NS
Obesidad (índice de masa corporal>30)	5 (50%)	5 (50%)	10 (100%)	NS
Tabaquismo	60 (89.5%)	7 (10.5%)	67 (100%)	NS
Enfermedad coronaria aterosclerótica	11 (78.57%)	3 (21.43%)	14 (100%)	NS

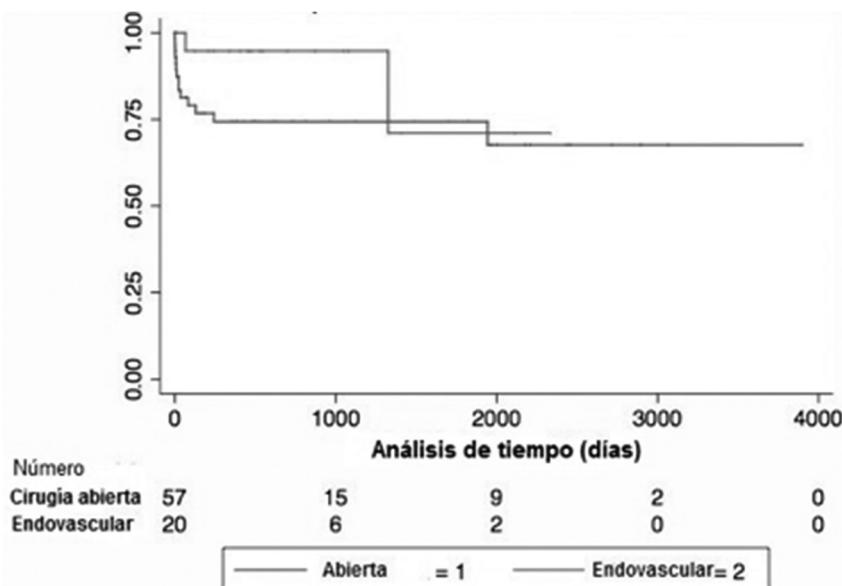
*p≤0.05: significativo.

NS: no significativo.

Tabla 3. Análisis comparativo del tipo de procedimiento, la región anatómica intervenida y el volumen de sangrado transoperatorio entre los pacientes que desarrollaron insuficiencia renal aguda y los que no

Variables	Sin insuficiencia renal aguda (n = 68) (%)	Con insuficiencia renal aguda (n = 12) (%)	p*
Tipo de cirugía			
Abierta	49 (72%)	11 (92%)	NS
Endovascular	19 (28%)	1 (8%)	NS
Región de cirugía			
Toracoabdominal	9 (13%)	3 (25%)	NS
Abdominal	59 (87%)	9 (75%)	NS
Sangrado>1500 ml (transfusión de>2 paquetes)	5 (7%)	5 (41%)	0.005
Mortalidad a 5 años	13 (19%)	5 (41%)	NS

* P ≤ 0.05: significativo. NS: no significativo.

**Figura 3.** Gráfica del análisis de Kaplan-Meier para comparar la supervivencia de los pacientes sometidos a reconstrucción aórtica abierta (1) y endovascular (2).

Discusión

La prevención de fallecimientos como consecuencia de rotura de aneurismas aórticos depende en gran

medida de un diagnóstico precoz y un tratamiento oportuno, en especial si estos procedimientos se indican y se realizan cuando el riesgo de rotura es mayor que el inherente a una cirugía vascular

compleja en un centro de excelencia especializado^{2,3}. La reconstrucción endovascular se ha asociado a una reducción significativa de la morbilidad y de la mortalidad a 30 días, y actualmente esta técnica ha ganado aceptación global y constituye el abordaje de primera elección en los países industrializados, como los EE.UU., donde se reporta que más del 70% de los aneurismas abdominales se reparan mediante técnicas endovasculares^{4,15}. A pesar de la importante reducción de la morbilidad y la mortalidad durante los procedimientos de reconstrucción aórtica, en la práctica contemporánea de la cirugía vascular y endovascular todavía existen pacientes que tienen que someterse a reconstrucción abierta debido a aspectos anatómicos, como aneurismas toracoabdominales extensos o aneurismas infrarrenales con un cuello corto e inadecuado para la colocación del dispositivo endovascular estándar^{4,16}. En nuestro país, a la fecha no existe un registro nacional en el que se reporte la prevalencia de esta enfermedad. En el Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición, buscando de manera intencionada en 4809 estudios demográficos se encontró una prevalencia del 5.63%. La disponibilidad de la tecnología endovascular es otro de los aspectos que en los países en vías de desarrollo, como el nuestro, limita la capacidad de ofrecer este tratamiento al paciente. El abordaje endovascular ha demostrado una reducción significativa de la morbilidad comparado con la reconstrucción abierta en ensayos clínicos^{4,15}, y en nuestra experiencia reportada en este artículo se observó una menor tasa de complicaciones que con la técnica abierta, aunque la diferencia no fue significativa a largo plazo.

El compromiso de la función renal posoperatoria, ya sea con técnica abierta o endovascular, conlleva un incremento de la morbilidad y la mortalidad, y la necesidad de recursos como la terapia sustitutiva renal. El estudio y el análisis de estos factores tienen un peso específico muy importante en la toma de decisiones clínicas⁷⁻⁹. Los investigadores en esta área afirman que los pacientes que presentan necrosis tubular renal en el posoperatorio incrementan la mortalidad hasta tres veces más que aquellos que tienen un curso posoperatorio sin complicaciones. Algunos autores han reportado que una mayor necesidad de hemodiálisis durante el postoperatorio está relacionada con la edad avanzada y la comorbilidad de los pacientes sometidos a reconstrucción de aorta para el tratamiento de aneurismas. Por otro lado, con respecto a las características de los dispositivos endovasculares se ha concluido que los endoinjertos de fijación suprarrenal se asocian

a una mayor tasa de complicaciones¹⁷⁻²⁰. En nuestra serie, estos factores no se asociaron al deterioro de la función renal ni a la supervivencia durante el seguimiento de 5 años. Los pacientes con enfermedad renal crónica representan una de las poblaciones con mayores desafíos cuando se considera una intervención, debido a que tienen un riesgo cardiovascular aumentado y una menor supervivencia en comparación con los pacientes sin patología renal subyacente^{21,22}.

La población que padece aneurismas aórticos generalmente está constituida por individuos de edad avanzada con comorbilidad, y durante estos complejos procedimientos pueden ocurrir hemorragias transoperatorias que requieran transfusiones sanguíneas²³⁻²⁶. Esta práctica ha sido estudiada en el escenario de intervenciones de revascularización de miembros inferiores por O'Keeffe, et al.²⁷, quienes concluyen que los pacientes sometidos a derivaciones en los miembros pélvicos que recibieron al menos tres paquetes globulares tenían una razón de momios de 2.48 (intervalo de confianza del 95%: 1.55-3.98) mayor para desarrollar complicaciones posoperatorias que aquellos que no requirieron transfusiones. En 2017, Kougias, et al.²⁸ analizaron 2508 procedimientos vasculares en 2106 pacientes durante un periodo de 8 años, y concluyeron que la anemia posoperatoria era un factor que incrementaba la mortalidad temprana y los eventos isquémicos, en particular en los pacientes con riesgo cardiovascular. Estos autores hacen énfasis en la necesidad de realizar ensayos clínicos controlados que aborden este dilema clínico, favoreciendo la restricción de transfusiones en los pacientes que se someten a cirugía vascular mayor. En nuestra institución hemos implementado estrategias para minimizar las complicaciones hemorrágicas transoperatorias que requieran transfusiones, y de esta manera impactar en la sobrevida de los pacientes sometidos a reparación de aneurismas aórticos.

Reconocemos que este estudio cuenta con limitaciones, tales como la naturaleza retrospectiva y la experiencia reportada de un solo cirujano vascular, pero en la literatura mexicana todavía no existía un análisis de la influencia de la función renal en la supervivencia de los pacientes con aneurismas aórticos, y por ello consideramos que contribuye al conocimiento de esta patología en nuestro país. Aunque los factores asociados al paciente desempeñan un papel importante en el desenlace, las variables asociadas al cirujano deben entrar en consideración y resulta crucial que los procedimientos de reconstrucción

aórtica se lleven a cabo en las mejores condiciones de eficiencia y tiempo para un resultado favorable.

Conclusión

Un incremento en el grado de disfunción renal se asoció con un aumento en la mortalidad a corto, mediano y largo plazo. Estos hallazgos confirman lo que otros autores han publicado y la importancia de normar conductas preoperatorias y transoperatorias para reducir complicaciones que pudieran comprometer la función renal. Los aneurismas aórticos son una patología poco reconocida en nuestro país y su tratamiento invasivo continúa siendo un reto. El sangrado de más de 1500 ml y la necesidad de transfusiones se asocian a un deterioro de la función renal posoperatoria, e impactan en la supervivencia del paciente a 5 años.

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existen conflicto 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 han seguido los protocolos de su centro de trabajo sobre la publicación de datos de pacientes.

Derecho a la privacidad y consentimiento informado. Los autores declaran que en este artículo no aparecen datos de pacientes.

Bibliografía

- Hinojosa CA, Anaya-Ayala JE, Bermúdez-Serrato K, Leal-Anaya P, Laparra-Escareno H, Torres-Machorro A. Predictive value of computed tomographic screening of aortic aneurysms in the Mexican population older than 55 years. *Gac Med Mex.* 2017;153(Supl. 2):S27-S33.
- De Backer J, Renard M, Campens L, Mosquera LM, De Pepe A, Coucke P, et al. Marfan syndrome and related heritable thoracic aortic aneurysms and dissections. *Curr Pharm Des.* 2015;21:4061-75.
- Elefteriades JA. Perspectives on diseases of the thoracic aorta. *Adv Cardiol.* 2004;41:75-86.
- Hinojosa CA, Anaya-Ayala JE, Laparra-Escareno H, Lizola R, Torres-Machorro A. Sequential hybrid repair of aorta and bilateral common iliac arteries secondary to chronic aortic dissection with extensive aneurysmal degeneration in a Marfan patient. *Vasc Specialist Int.* 2017;33:112-6.
- Johnston KW, Scobie TK. Multicenter prospective study of nonruptured abdominal aortic aneurysm. II. Variables predicting morbidity and mortality. *J Vasc Surg.* 1989;9:437-47.
- Patel VI, Lancaster RT, Mukhopadhyay S, Aranson NJ, Conrad MF, LaMuraglia GM, et al. Impact of chronic kidney disease on outcomes after abdominal aortic aneurysm repair. *J Vasc Surg.* 2012;56:1206-13.
- Aranson NJ, Lancaster RT, Ergul EA, Conrad MF, LaMuraglia GM, Kwolek CJ, et al. Chronic kidney disease class predicts mortality after abdominal aortic aneurysm repair in propensity-matched cohorts from the Medicare population. *Ann Surg.* 2016;264:386-91.
- Brown JR, Cochran RP, MacKenzie TA, Furnary AP, Kunzelman KS, Ross CS, et al. Northern New England Cardiovascular Disease Study Group. Long-term survival after cardiac surgery is predicted by estimated glomerular filtration rate. *Ann Thor Surg.* 2008;86:4-11.
- National Kidney Foundation K/DOQI clinical practice guidelines for chronic kidney disease: evaluation, classification, and stratification. *Am J Kidney Dis.* 2002;39(2 Suppl 1):S1-266.
- Siddiqui NF, Coca SG, Devereaux PJ, Jain AK, Li L, Luo J, et al. Secular trends in acute dialysis after elective major surgery — 1995 to 2009. *CMAJ.* 2012;184:1237-45.
- Khwaja A. KDIGO clinical practice guidelines for acute kidney injury. *Nephron Clin Pract.* 2012;120:c179-84.
- Kudo FA, Nishibe T, Keiko M, Murashita T, Yasuda K, Ando M, et al. Postoperative renal function after elective abdominal aortic aneurysm repair requiring suprarenal aortic cross-clamping. *Surg Today.* 2004;34:1010-3.
- Howell SJ. Abdominal aortic aneurysm repair in the United Kingdom: an exemplar for the role of anaesthetists in perioperative medicine. *Br J Anaesth.* 2017;119(Suppl 1):i15-i22.
- Schermerhorn ML, O'Malley AJ, Jhaveri A, Cotterill P, Pomposelli F, Landon BE. Endovascular vs. open repair of abdominal aortic aneurysms in the Medicare population. *N Engl J Med.* 2008;358:464-74.
- Epstein D, Sculpher MJ, Powell JT, Thompson SG, Brown LC, Greenhalgh RM. Long-term cost-effectiveness analysis of endovascular versus open repair for abdominal aortic aneurysm based on four randomized clinical trials. *Br J Surg.* 2014;101:623-31.
- Svensson LG, Crawford ES, Hess KR, Coselli JS, Safi HJ. Experience with 1509 patients undergoing thoracoabdominal aortic operations. *J Vasc Surg.* 1993;17:357-70.
- Wahlberg E, Dimuzio PJ, Stoney RJ. Aortic clamping during elective operations for infrarenal disease: the influence of clamping time on renal function. *J Vasc Surg.* 2002;36:13-8.
- Filsoof F, Rahaman PB, Castillo JG, Silvay G, Carpenter A, Adams DH. Predictors and early and late outcomes of dialysis-dependent patients in contemporary cardiac surgery. *J Cardiothorac Vasc Anesth.* 2008;22:522-9.
- Norwood M, Polimenovi N, Sutton A, Bown M, Sayers R. Abdominal aortic aneurysm repair in patients with chronic renal disease. *Eur J Vasc Endovasc Surg.* 2004;27:287-91.
- Lee JT, Varu VN, Tran K, Dalman RL. Renal function changes after snorkel/chimney repair of juxtarenal aneurysms. *J Vasc Surg.* 2014;60:563-70.
- Brown LC, Brown EA, Greenhalgh RM, Powell JT, Thompson SG; UK EVAR Trial Participants. Renal function and abdominal aortic aneurysm (AAA): the impact of different management strategies on long-term renal function in the UK EndoVascular Aneurysm Repair (EVAR) Trials. *Ann Surg.* 2010;251:966-75.
- Zettervall SL, Deery SE, Soden PA, Shean K, Siracuse JJ, Alef M, et al. Vascular Study Group of New England. Renal complications after EVAR with suprarenal versus infrarenal fixation among all users and routine users. *Eur J Vasc Endovasc Surg.* 2017;54:287-93.
- Svensson LG, Crawford ES, Hess KR, Coselli JS, Safi HJ. Experience with 1509 patients undergoing thoracoabdominal aortic operations. *J Vasc Surg.* 1993;17:357-70.
- Wahlberg E, Dimuzio PJ, Stoney RJ. Aortic clamping during elective operations for infrarenal disease: the influence of clamping time on renal function. *J Vasc Surg.* 2002;36:13-8.
- Glance LG, Dick AW, Mukamel DB, Fleming FJ, Zollo RA, Wissler R, et al. Association between intraoperative blood transfusion and mortality and morbidity in patients undergoing noncardiac surgery. *Anesthesiology.* 2011;114:283-92.
- Wu WC, Trivedi A, Friedmann PD, Henderson WG, Smith TS, Poses RM, et al. Association between hospital intraoperative blood transfusion practices for surgical blood loss and hospital surgical mortality rates. *Ann Surg.* 2012;255:708-14.
- O'Keefe SD, Davenport DL, Minion DJ, Sorial EE, Endean ED, Xenos ES. Blood transfusion is associated with increased morbidity and mortality after lower extremity revascularization. *J Vasc Surg.* 2010;51:616-21.
- Kougias P, Sharath S, Barsnes NR, Chen M, Mills JL Sr. Effect of postoperative anemia and baseline cardiac risk on serious adverse outcomes after major vascular interventions. *J Vasc Surg.* 2017;66:1836-43.