

ORIGINAL

Reparación endovascular del aneurisma de aorta abdominal. Papel del deterioro postoperatorio de la función renal en la supervivencia



F. García-Boyano*, B. Segura Méndez, S. Pérez de Paz, O. de la Torre Scherack, J. Río Gómez y L.M. Repáraz Asensio

Servicio de Angiología y Cirugía Vascular, Hospital Universitario Gregorio Marañón, Universidad Complutense, Madrid, España

Recibido el 25 de septiembre de 2017; aceptado el 25 de noviembre de 2017

Disponible en Internet el 26 de febrero de 2018

PALABRAS CLAVE

Aneurisma de aorta abdominal;
Reparación endovascular;
Enfermedad renal;
Supervivencia

Resumen

Introducción: La reparación endovascular del aneurisma de aorta abdominal (EVAR) ha supuesto desde su llegada y desarrollo una disminución en la mortalidad precoz con respecto a la cirugía convencional. Como factores predictivos de mortalidad se han identificado el deterioro de función renal preoperatorio, la enfermedad pulmonar obstructiva crónica y la cardiopatía isquémica.

Objetivo: Evaluar la influencia en la supervivencia a largo plazo de los factores de riesgo preoperatorios y del deterioro de función renal perioperatorio en los pacientes sometidos a EVAR en nuestro centro.

Material y métodos: Se realizó un estudio observacional retrospectivo en pacientes sometidos a EVAR en nuestro centro entre los años 2008 y 2012. Se hizo un análisis de la supervivencia a medio y largo plazo, llevado a cabo mediante curvas de Kaplan-Meier. Se estudió la influencia de los factores de riesgo preoperatorios y del deterioro de función renal perioperatorio sobre la supervivencia empleando el modelo de regresión de Cox.

Resultados: Se incluyeron 79 pacientes con una edad media de 75,2 años (57,6-85,9). La mediana del tiempo de seguimiento fue de 38 meses (0,4-83,4). Durante este periodo de tiempo se registraron 26 muertes (32,9%). La probabilidad de supervivencia al cabo de un año fue del 93,7%; a los 2 años del 82,3%; a los 4 años del 68,9%; y a los 6 años del 56,5%. Una mayor tasa de supervivencia se asoció con cifras analíticas de creatinina menores de 1,2 mg/dl a las 24 h y a los 7 días, y filtrado glomerular mayor de 60 ml/min a las 24 h y a los 7 días. El análisis multivariante evidenció una probabilidad de muerte 2,39 veces mayor en los pacientes que presentaron un valor analítico de creatinina a las 24 h mayor de 1,2 mg/dl con respecto a los que mostraron una cifra menor de 1,2 mg/dl (HR: 2,39; IC95%: 1,06-5,42); $p=0,037$).

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: fgboyano@hotmail.com (F. García-Boyano).

KEYWORDS

Abdominal aortic aneurysm;
Endovascular repair;
Renal function impairment;
Survival

Conclusión: El deterioro de función renal tras la EVAR es un factor independiente de mal pronóstico a largo plazo. Tanto en la preparación preoperatoria como durante el postoperatorio deben ponerse los medios necesarios encaminados a corregir las circunstancias que provoquen un deterioro de la función renal.

© 2018 SEACV. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Todos los derechos reservados.

Endovascular aortic repair of abdominal aortic aneurysm: Role of post-surgical renal function decline in survival

Abstract

Background: Since its introduction and development, endovascular aortic repair (EVAR) has shown an improvement in short-term mortality compared to conventional surgery. Pre-operative renal function impairment, chronic obstructive pulmonary disease, and ischaemic heart disease, have been identified as mortality predictors.

Objective: To assess the influence on long-term survival of pre-operative risk factors and peri-operative renal function impairment in patients that underwent EVAR in our centre.

Material and methods: A retrospective observational study was conducted on patients subjected to EVAR in our centre between the years 2008 and 2012. The Kaplan-Meier curve was used to analyse the long and medium-term survival. The influence of pre-operative risk factors and perioperative renal impairment on survival was analysed using the Cox regression model.

Results: A total of 79 patients were finally included in the study. The mean age was 75.2 years (57.6-85.9). The mean follow-up period was 38 months (0.4-83.4). During this period 26 (32.9%) deaths were registered. Survival probabilities during the first, second, fourth, and sixth years were 93.7%, 82.3%, 68.9%, and 56.5%, respectively. A greater survival rate was associated with creatinine levels lower than 1.2 mg/dL at 24 hours and at 7 days, and a glomerular filtration rate higher than 60 mL/min at 24 hours and at 7 days. Multivariate analysis showed a HR 2.39 higher in patients with a creatinine level higher than 1.2 mg/dL at 24 hours compared to patients with a creatinine level lower than 1.2 mg/dL (HR: 2.39, 95% CI: 1.06-5.42; $P = .037$).

Conclusion: Renal function impairment after endovascular aortic repair of abdominal aortic aneurysm represents an independent long-term poor prognosis factor. During pre-operative preparation and post-operative care necessary steps should be taken aimed at correcting the circumstances that cause renal function impairment.

© 2018 SEACV. Published by Elsevier España, S.L.U. All rights reserved.

Introducción

El término aneurisma hace referencia a la dilatación permanente de un vaso sanguíneo y la localización anatómica más frecuente es la aorta abdominal infrarrenal¹. La tendencia natural del aneurisma es hacia un crecimiento progresivo con el riesgo de rotura que ello conlleva.

La indicación de tratamiento del aneurisma de aorta abdominal infrarrenal no complicado se establece en un diámetro mayor de 55 mm en varones y 50 mm en mujeres, que corresponde al diámetro en el que el riesgo inherente al aneurisma supera al de su reparación de forma electiva².

La reparación endovascular (EVAR) ha supuesto desde su llegada y desarrollo una disminución en la mortalidad precoz con respecto a la cirugía convencional³, y actualmente se puede llevar a cabo de forma electiva en pacientes que cumplen unos criterios anatómicos mínimos⁴.

En las series publicadas hasta la fecha se identifican como factores predictivos de mortalidad el deterioro de función renal preoperatorio, la enfermedad pulmonar obstructiva crónica y la situación cardiológica del paciente^{5,6}. Estos factores y otros, entre los que se incluyen sexo, edad o isquemia crónica de miembros inferiores, están recogidos

en las escalas de riesgo preoperatorio de Glasgow y la escala de Egorova y Giacovelli^{7,8}.

La función renal puede alterarse tras la EVAR por problemas técnicos que ocasionen hipoxia o embolia durante el procedimiento; por una estenosis de arteria renal que se manifiesta tras la colocación de la endoprótesis; también puede ser debida a la administración de contraste, por toma de nefrotóxicos o ateroembolismo renal⁹.

Los objetivos de nuestro estudio son, en primer lugar, evaluar la influencia de los factores de riesgo preoperatorios en la mortalidad a largo plazo en los pacientes sometidos a EVAR en nuestro centro, y en segundo lugar, evaluar la influencia del deterioro de función renal perioperatorio en la supervivencia.

Material y métodos**Población a estudio**

Este es un estudio observacional retrospectivo en el que se incluyen 79 pacientes, 77 hombres y 2 mujeres, con una edad media de 75,2 años (rango 57,6-85,9), diagnosticados

de aneurisma de aorta abdominal y sometidos a una reparación endovascular de forma electiva del mismo entre los años 2008 y 2012 en nuestro centro.

Los datos recogidos provienen de historias clínicas elaboradas de forma sistemática, de marcadores analíticos y de pruebas complementarias.

En cada paciente se recogen factores clásicos de riesgo cardiovascular y enfermedades de base presentes en el momento de la cirugía. Para su evaluación clínica, se definieron diferentes entidades clínicas: *hipertensión arterial*, definida como tensión arterial mayor de 150/90 mmHg o tratamiento con fármacos hipotensores; *diabetes mellitus*, definida por tratamiento con hipoglucemiantes orales o insulina; *enfermedad renal crónica* definida como creatinina sérica mayor de 1,2 mg/dl, filtrado glomerular calculado por CKD-EPI menor de 60 ml/min¹⁰ o seguir tratamiento sustitutivo renal mediante hemodiálisis; *enfermedad pulmonar obstructiva crónica* definida mediante criterios espirométricos; *cardiopatía isquémica*, definida por antecedentes clínicos de angor, infarto de miocardio o revascularización coronaria; *enfermedad arterial periférica*; y *tabaquismo*.

Se recogió diámetro del aneurisma medido en angioTC, y la fracción de eyección del ventrículo izquierdo, medida por ecocardiografía transtorácica. Ambos parámetros corresponden a las pruebas realizadas más próximas a la intervención.

Los datos analíticos hemoglobina y creatinina basal corresponden a la analítica preoperatoria que se solicita de forma sistemática el día previo a la intervención.

De forma preventiva, con intención de minimizar el riesgo de toxicidad renal por contraste, a todos los pacientes se les administró N-acetilcisteína (2 dosis de 600 mg antes de la intervención y 2 dosis de 600 mg después) y se realizó hidratación con suero salino pre- y postoperatoriamente.

Tras la realización del procedimiento se recogieron datos correspondientes a la evolución analítica de la función renal (creatinina), que se determinó en distintos momentos: primeras 24 h, primera semana (entre 48 h y 7 días), primer mes (entre 3 y 6 semanas tras la cirugía), y más de 6 meses (después de 6 meses tras la cirugía).

El seguimiento de los pacientes se extiende desde el día de la intervención hasta el fallecimiento del paciente o hasta la fecha de la última revisión en el momento de recogida de los datos.

Análisis estadístico

La mediana y el rango intercuartílico se utilizaron como medidas resumen de variables cuantitativas de distribución asimétrica; y la media y desviación estándar para las de distribución normal. Se incluyeron para el análisis las siguientes variables: hipertensión arterial, diabetes mellitus, enfermedad renal crónica, hemodiálisis, enfermedad pulmonar obstructiva crónica, cardiopatía isquémica, tabaquismo (categorizado como «no fumador», «fumador activo» y «exfumador de más de 6 meses»), diámetro del aneurisma (categorizado en 3 grupos: menor de 60 mm, entre 60 y 70 mm y mayor de 70 mm), fracción de eyección del ventrículo izquierdo, hemoglobina basal (mayor y menor de mediana), creatinina basal, a las 24 horas, a los 7 días, al mes y a los 6 meses (se analizaron distintos puntos de

Tabla 1 Características clínicas y demográficas

	EVAR (n = 79)	Rango
Edad (años)	75,2 ± 6	58-86
Sexo (masculino)	77 (97%)	
Diámetro AAA (mm)	60 (56-68)	52-92
Hipertensión arterial	63 (80)	
Diabetes mellitus	17 (21%)	
Tabaquismo activo	21 (27%)	
Enfermedad renal crónica	15 (19%)	
Hemodiálisis	2 (2)	
EPOC	24 (30%)	
Cardiopatía isquémica	32 (40%)	
Enfermedad vascular periférica	7 (9%)	
Hemoglobina (g/dl)	13,6 ± 1,9	8,2-19
Fracción de eyección VI	60 (55-60)	25-70
Creatinina sérica basal (mg/dl)	0,97 (0,8-1,1)	0,6-2,3
Creatinina sérica 24 h (mg/dl)	0,84 (0,7-1,2)	0,5-5,6
Creatinina sérica 7 días (mg/dl)	0,92 (0,8-1,2)	0,3-3,4
Tiempo de seguimiento (meses)	41,1 ± 20,7	0,4-84

AAA: aneurisma de aorta abdominal; EPOC: enfermedad pulmonar obstructiva crónica; VI: ventrículo izquierdo.

corte: 1 mg/dl; 1,1 mg/dl y 1,2 mg/dl), filtrado glomerular a los mismos tiempos y categorizado en mayor y menor de 60 ml/min.

Se realizó un análisis de supervivencia mediante curvas de Kaplan-Meier. Para calcular el efecto de las variables en la mortalidad se empleó el modelo de regresión de Cox. Se comprobó la proporcionalidad de las variables introducidas en el análisis tanto gráficamente como mediante la introducción de la interacción entre la variable principal y la covariable dependiente del tiempo.

En el análisis multivariante se introdujeron aquellas variables cuya p fue inferior a 0,25 en el análisis univariado.

Los cálculos se llevaron a cabo con el programa estadístico SPSS (IBM SPSS Statistics[®] 19).

Resultados

Las características clínicas y demográficas de la población se recogen en la [tabla 1](#).

La mediana del tiempo de seguimiento fue de 38 meses (rango 0,4-83,4). En este tiempo se registraron 26 muertes (32,9%). La probabilidad de supervivencia al cabo de un año fue del 93,7%; a los 2 años del 82,3%; a los 4 años del 68,9%; y a los 6 años del 56,5% ([fig. 1](#)).

Análisis univariado

Una mayor probabilidad de supervivencia se asoció con cifras analíticas de creatinina menores de 1,2 mg/dl a las 24 h y a los 7 días, y filtrado glomerular mayor de 60 ml/min a las 24 h y a los 7 días ([tabla 2](#)).

El resto de variables analizadas no mostraron asociación estadísticamente significativa con la supervivencia en el análisis univariado.

Los pacientes con deterioro de función renal a las 24 h presentaron una disminución significativa (p=0,01) de la

Tabla 2 Predictores de mortalidad tras reparación del aneurisma de aorta con EVAR (análisis univariado)

Variable	N.º	N.ºeventos	Supervivencia actuarial (%)						HR	IC95%	p
			12 m	24 m	36 m	48 m	60 m	72 m			
<i>Varón</i>	77	25	92	82	70	65	65	60	1,13	0,15-8,55	0,906
<i>Mujer</i>	2	1	100	100	100	100	100	50	1		
<i>Edad > 76 años</i>	39	15	97	85	71	64	64	52	1,11	0,50-2,43	0,802
<i>Edad < 76 años</i>	40	11	88	80	71	71	71	71	1		
<i>Hipertensión arterial</i>	63	19	94	83	73	71	71	59	1,55	0,65-3,70	0,32
<i>Normotenso</i>	16	7	88	81	63	63	50	50			
<i>No fumador</i>	5	2	80	80	80	80	80	40	1		
<i>Exfumador > 6 meses</i>	53	19	94	81	69	65	59	51	1,08	0,25-4,71	
<i>Fumador</i>	21	5	91	86	76	76	76	76	0,65	0,13-3,34	0,602
<i>Cardiopatía isquémica</i>	32	9	97	87	77	71	71	57	0,7	0,31-1,58	0,394
<i>No cardiopatía isquémica</i>	27	17	89	78	67	67	62	56			
<i>Enfermedad vascular periférica</i>	7	0	100	100	100	100	100	100	0,04	0,00-9,99	0,256
<i>No enfermedad vascular periférica</i>	72	26	92	81	68	66	63	53	1		
<i>Hb < 13,6 g/dl</i>	40	14	93	78	70	65	65	56	1,2	0,56-2,60	0,641
<i>Hb > 13,6 g/dl</i>	39	12	92	87	73	73	67	59	1		
<i>Diámetro aneurisma</i>											
< 60 mm	42	13	78	73	59	59	59	59	1		
60-70 mm	20	8	60	60	60	60	60	60	1,5	0,62-3,64	0,373
>70 mm	17	5	71	57	57	57	57	57	1,03	0,37-2,89	0,959
<i>Diabetes mellitus</i>	17	3	100	94	87	87	87	58	0,42	0,13-1,40	0,159
<i>No diabéticos</i>	62	23	90	79	66	64	60	55	1		
<i>EPOC</i>	24	11	88	75	57	57	50	50	1,87	0,86-4,08	0,115
<i>No EPOC</i>	55	15	95	85	77	74	74	60	1		
<i>Enfermedad renal crónica</i>	15	7	80	80	59	59	59	30	1,8	0,75-4,08	0,115
<i>No enfermedad renal crónica</i>	64	19	95	83	74	72	68	63	1		
<i>Creatinina 24 h</i>											
> 1,2 mg/dl	18	9	78	72	54	40	40	40	2,39	1,06-5,42	0,037
< 1,2 mg/dl	61	17	97	85	76	76	73	61	1		
<i>Creatinina 7 días</i>											
> 1,2 mg/dl	16	9	75	69	49	37	37	-	3,18	1,33-7,62	0,009
< 1,2 mg/dl	51	14	98	86	78	78	74	62	1		
<i>Filtrado G 24 h</i>											
< 60 ml/min	19	10	79	68	51	38	38	38	2,74	1,23-6,11	0,01
> 60 ml/min	80	16	97	87	77	77	74	62	1		
<i>Filtrado G 7 días</i>											
< 60 ml/min	17	9	77	71	52	41	41	-	2,78	1,17-6,62	0,016
> 60 ml/min	50	14	98	86	77	77	73	59	1		

EPOC: enfermedad pulmonar obstructiva crónica; Filtrado G: filtrado glomerular (CKD-EPI); Hb: hemoglobina sérica.

supervivencia (fig. 2A). Del mismo modo, la supervivencia fue menor ($p=0,016$) en los pacientes con disminución del filtrado glomerular en la primera semana (fig. 2B).

Análisis multivariante

El análisis multivariante de la creatinina sérica a las 24 h controlada por diabetes mellitus y enfermedad pulmonar obstructiva crónica arroja el siguiente resultado: en los pacientes que presentaron un valor analítico de creatinina a las 24 h mayor de 1,2 mg/dl la velocidad de muerte es 2,39 veces mayor que en los que presentaron una cifra menor de 1,2 mg/dl (HR: 2,39; IC95%: 1,06-5,42; $p=0,037$).

Discusión

Desde su llegada, las técnicas endovasculares han supuesto una auténtica revolución en la reparación del aneurisma de aorta abdominal. Asociadas a una menor morbimortalidad perioperatoria³, han permitido el tratamiento de pacientes no candidatos a una reparación quirúrgica por el riesgo inherente a su enfermedad de base.

En primer lugar nuestro estudio no ha demostrado que la edad en el momento de la cirugía sea un factor de riesgo para el pronóstico a largo plazo, lo que nos invita a pensar que hay que dar más importancia a otros factores pronósticos a la hora de sentar la indicación quirúrgica.

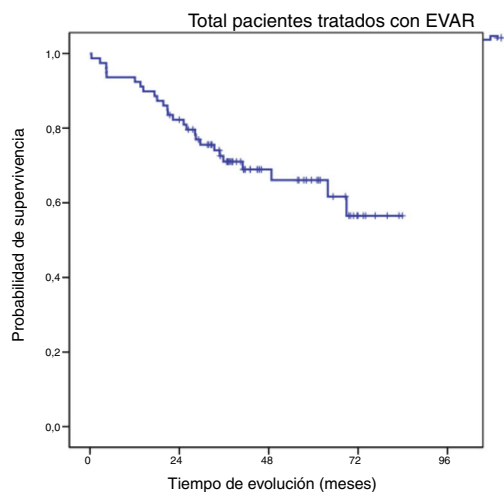


Figura 1 Análisis mediante curva de Kaplan-Meier de supervivencia de los pacientes sometidos a reparación endovascular de aneurisma de aorta.

La supervivencia a los 2 años de seguimiento en nuestro estudio es del 82,3%, similar a los resultados de los estudios EVAR-1 (80%) y DREAM (89.4%), y discretamente mejores que los del estudio OVER (67,1%)¹¹⁻¹³.

La cardiopatía isquémica¹⁴ y la enfermedad pulmonar obstructiva crónica⁶ se asocian con mayor tasa de muerte y complicaciones perioperatorias, también con una menor tasa de supervivencia a 5 años con respecto a la población general. En nuestro estudio no pudimos confirmar ninguna de estas asociaciones, aunque encontramos relación entre la enfermedad pulmonar obstructiva crónica y una menor tasa de supervivencia a 5 años, sin alcanzar la significación estadística. Posiblemente con un mayor tamaño muestral se hubiera podido confirmar alguna de estas asociaciones.

En diferentes trabajos la enfermedad renal es un fuerte predictor de mortalidad tras reparación endovascular¹⁵. En nuestra serie los pacientes con enfermedad renal crónica previa a la reparación tuvieron una menor supervivencia,

aunque no alcanzó significación estadística, probablemente por el tamaño muestral.

Esta asociación nos orientó a plantearnos el objetivo inicial de evaluar la evolución de la función renal tras EVAR y a estudiar su relación con la mortalidad a medio y largo plazo. En el análisis univariado pudimos confirmar una menor tasa de supervivencia durante el tiempo de seguimiento en los pacientes con cifras analíticas de creatinina sérica mayores de 1,2 mg/dl y de filtrado glomerular menor de 60 ml/min durante las primeras 24 h y a los 7 días tras EVAR. Además el análisis multivariado confirma el deterioro de la función renal en el postoperatorio como factor pronóstico independiente a largo plazo.

De forma global la creatinina sérica se incrementó apenas 0,1 mg/dl en la semana posterior al procedimiento. De forma similar, cuando se analiza este aspecto tanto la cirugía abierta como endovascular tienen escasa influencia en la función renal posterior, sin diferencia entre ambos procedimientos^{16,17}. Sorprende, por tanto, que esta pequeña variación sea la responsable de la mortalidad, cuando apenas desciende el filtrado glomerular en 5 ml/min. El deterioro objetivado por el riñón pone de manifiesto una reducida reserva renal, que es la expresión de un daño estructural y, aunque por sí misma no condicionaría una mayor mortalidad, probablemente es un reflejo de la severidad de una enfermedad cardiovascular, de la cual el riñón forma parte¹⁸.

Hasta ahora la valoración de la función renal previa a la cirugía se ha incluido en los «scores» de riesgo para la supervivencia⁵. Es necesario monitorizar la función tras el procedimiento, ya que un deterioro de la misma obliga a un seguimiento estrecho de comorbilidades con el fin de mejorar la supervivencia. Se necesitan estudios más amplios, que puedan analizar este parámetro.

El carácter retrospectivo de este estudio es una de sus principales limitaciones, a pesar de que la base de datos fue recogida de forma prospectiva. Otra importante limitación es el pequeño tamaño de la muestra, lo que resta potencia al estudio y nos obliga a interpretar los resultados de forma cautelosa.

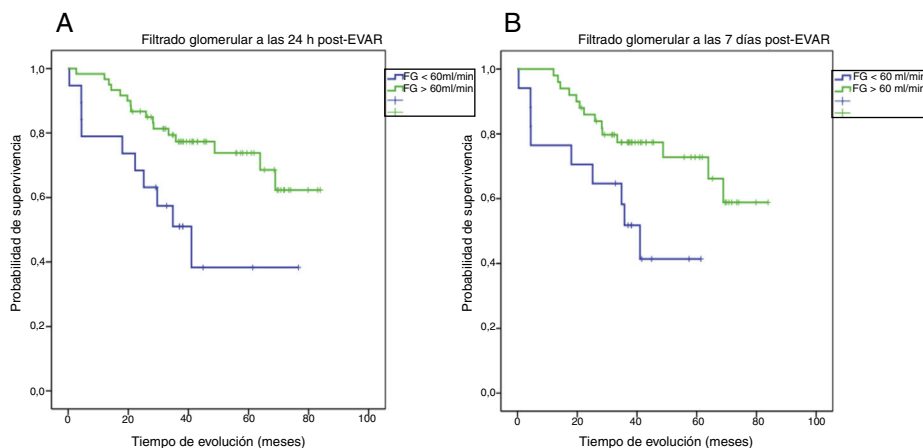


Figura 2 Curvas de Kaplan-Meier de supervivencia según filtrado glomerular tras reparación endovascular (EVAR) A. A las 24 h post-EVAR. B. A los 7 días post-EVAR. FG: filtrado glomerular CKD-EPI.

Conclusiones

El deterioro de función renal tras la reparación endovascular del aneurisma de aorta abdominal es factor independiente de mal pronóstico a largo plazo. Tanto en la preparación preoperatoria como durante el postoperatorio deben ponerse los medios necesarios encaminados a corregir las circunstancias que provoquen un deterioro de la función renal.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Bibliografía

1. Deaton DH. Arterial aneurysms: General considerations. En: Cronenwett JL, Johnston KW, editores. *Rutherford's vascular surgery*. 8th ed Philadelphia: Elsevier Saunders; 2014. p. 1990–9.
2. Esteban C, Lahoz C, Bellmunt Montoya S, Reinares García L, Botas Velasco M, Brea Hernando A, et al. Guía de práctica clínica para el diagnóstico y tratamiento del aneurisma de aorta abdominal. *Angiología*. 2015;67:7–56.
3. Greenhalgh R, Brown L. Endovascular versus open repair of abdominal aortic aneurysm. *N Engl J Med*. 2010;362:1863–71.
4. Moll FL, Powell JT, Fraedrich G, Verzini F, Haulon S, Waltham M, et al. Management of abdominal aortic aneurysms clinical practice guidelines of the European society for vascular surgery. *Eur J Vasc Endovasc Surg*. 2011;41 Suppl 1:S1–58.
5. Patel VI, Lancaster RT, Mukhopadhyay S, Aranson F N.J., 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.
6. Giles KA, Schermerhorn ML, O'Malley AJ, Cotterill P, Jhaveri A, Pomposelli FB, et al. Risk prediction for perioperative mortality of endovascular vs open repair of abdominal aortic aneurysms using the Medicare population. *J Vasc Surg*. 2009;50:256–62.
7. Patterson BO, Holt PJE, Hinchliffe R, Loftus IM, Thompson MM. Predicting risk in elective abdominal aortic aneurysm repair: A systematic review of current evidence. *Eur J Vasc Endovasc Surg*. 2008;36:637–45.
8. Egorova N, Giacobelli JK, Gelijns A, Greco G, Moskowitz A, McKinsey J, et al. Defining high-risk patients for endovascular aneurysm repair. *J Vasc Surg*. 2009;50:1271–9.
9. Walsh SR, Tang TY, Boyle JR. Renal consequences of endovascular abdominal aortic aneurysm repair. *J Endovasc Ther*. 2008;15:73–82.
10. Levey AS, Stevens LA, Schmid CH, Zhang YL, Castro AF 3rd, Feldman HI, et al. A new equation to estimate glomerular filtration rate. *Ann Intern Med*. 2009;150:604–12. Erratum en *Ann Intern Med*. 2011;155:408.
11. Brown L, Powell J, Thompson S, Epstein D, Sculpher M. The UK Endovascular Aneurysm Repair (EVAR) trials: Randomised trials of EVAR versus standard therapy. *Health Technol Assess*. 2012;16:1–218.
12. De Bruin JL, Baas AF, Buth J, Prinssen M, Verhoeven ELG. Long-term outcome of open or endovascular repair of abdominal aortic aneurysm. *N Engl J Med*. 2010;362:1881–9.
13. Lederle FA, Freischlag JA, Kyriakides TC, Matsumura JS. Long-term comparison of endovascular and open repair of abdominal aortic aneurysm. *N Engl J Med*. 2012;367:1988–97.
14. Poldermans D, Bax JJ, Boersma E, de Hert S, Eeckhout E, Fowkes G, et al. Guidelines for pre-operative cardiac risk assessment and perioperative cardiac management in non-cardiac surgery. *Eur Heart J*. 2009;30:2769–812.
15. Van Eps RG, Leurs LJ, Hobo R, Harris PL, Buth J, EUROSTAR Collaborators. Impact of renal dysfunction on operative mortality following endovascular abdominal aortic aneurysm surgery. *Br J Surg*. 2007;94:174–8.
16. Brown LC, Brown EA, Greenhalgh RM, Powel 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.
17. De Bruin JL, Vervloet MG, Buimer MG, Baas AF, Prinssen M, Blankensteijn JD, DREAM Study Group. Renal function 5 years after open and endovascular aortic aneurysm repair from a randomized trial. *Br J Surg*. 2013;100:1465–70.
18. Go AS, Chertow GM, Fan D, McCulloch CE, Hsu CY. Chronic kidney disease and the risks of death cardiovascular events, and hospitalization. *N Eng J Med*. 2004;351:1296–305.