

복부 대동맥확장증의 치료 지침 및 정기적인 검사

¹성균관대학교 의과대학 강북삼성병원 순환기내과, ²울산대학교 의과대학 서울아산병원 심장내과

이종영¹ · 이승환²

Optimal Management of Abdominal Aortic Aneurysm and Regular Surveillance

Jong-Young Lee¹ and Seung-Whan Lee²

¹Division of Cardiology, Department of Internal Medicine, Kangbuk Samsung Hospital, Sungkyunkwan University School of Medicine, Seoul;

²Division of Cardiology, Department of Internal Medicine, Asan Medical Center, University of Ulsan College of Medicine, Seoul, Korea

An abdominal aorta with a maximal diameter of > 3.0 cm is considered aneurysmal. Abdominal aortic aneurysm (AAA) most often affects the segment of aorta between the renal arteries. Patients with aneurysms under observation should undergo periodic imaging to assess for aortic expansion, but the optimal surveillance schedule has not been defined clearly. Generally, surveillance is every 6 to 12 months by ultrasound or computed tomography for medium-sized aneurysms (4.0 to 5.4 cm in diameter), but less frequent intervals (every 2 to 3 years) are recommended for smaller aneurysms. The primary goals of aneurysm repair are to prevent rupture while minimizing morbidity and mortality associated with repair. Two methods of aneurysm repair are currently available: traditional open surgery and endovascular aneurysm repair (EVAR). In randomized trials, EVAR is associated with lower perioperative morbidity and mortality compared with open AAA repair but does not completely eliminate the future risk of AAA rupture, whereas open repair is associated with higher perioperative morbidity and mortality than EVAR but provides a more definitive repair. Physicians must choose an individualized approach for AAA repair, taking into account the patient's age, aortic anatomy, life expectancy, and risk factors for perioperative morbidity and mortality. (Korean J Med 2015;89:398-403)

Keywords: Aortic aneurysm, Abdominal

서 론

복부 대동맥확장증 혹은 대동맥류(abdominal aortic aneurysm)는 정상 대동맥 크기의 50% 이상 국소적으로 확장된 것으로 정의되며, 비교적 흔한 질환이지만 합병증 발생 시에는 매우 치명적일 수 있다. 복부 대동맥은 가장 흔히 동맥류가 발생

하는 곳으로 알려져 있으며, 특히 양쪽 신장동맥 하부 부분이 주로 영향을 받는 것으로 알려져 있다[1-3]. 크기가 증가할수록 파열의 위험성이 증가하는 것으로 알려져 있어 임상적으로 주의를 요하나, 적절한 치료, 관리 방법 및 정기적인 검사에 대해서는 논란이 있어 본 연재에서 이를 살펴보고자 한다.

Correspondence to Seung-Whan Lee, M.D., Ph.D.

Division of Cardiology, Department of Internal Medicine, Asan Medical Center, University of Ulsan College of Medicine, 88 Olympic-ro 43-gil, Songpa-gu, Seoul 05505, Korea

Tel: +82-2-3010-3150, Fax: +82-2-486-5918, E-mail: seungwlee@amc.seoul.kr

Copyright © 2015 The Korean Association of Internal Medicine

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted noncommercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

본 론

복부대동맥류의 정의 및 분류

복부대동맥의 크기가 최대 3.0 cm를 초과할 경우 성인에서는 동맥류로 간주된다. 복부 대동맥류는 대부분 신장동맥 하부를 침범하나, 약 15% 정도에서 신장 동맥 부분을 같이 포함하거나 혹은 신장동맥 상부를 침범하는 것으로 알려져 있다. 위치에 따라서 infrarenal, juxtarenal, pararenal 및 suprarenal (visceral) 형태로 구분할 수 있다. 크기에 따라서는, 4 cm 미만, 작은(small), 4-5.5 cm 사이를 중간 크기(medium), 5.5 cm 이상을 큰(large), 그리고 6.0 cm 이상을 매우 큰(very large)으로 구분하기도 한다.

유병률

노령 인구에서 초음파를 이용한 선별검사에서 약 4.8% 성인이 가지고 있는 것으로 알려져 있다[4-10]. 그러나 대부분 크기가 작은 경우가 많으며 5.5 cm 이상의 크기는 약 0.4-0.6% 내외로 알려져 있다. 주로 여자보다는 남자에서 많이 발생하며[5,7-13], 주로 60대 이상에서 급격하게 유병률이 증가하므로 주로 이 연령대에서 선별 검사를 하는 것이 추천된다.

위험인자

고령, 남성, 동맥경화증, 고혈압, Caucasian 인종, 흡연, 가족력 및 유전적 요인, 복부 비만, 동맥 경화, 기타 혈관 질환 및 대동맥 감염 등이 위험인자로 잘 알려져 있으며, 반면, 여성, 비Caucasian 인종, 당뇨 및 적정량의 음주는 오히려 복부 대동맥류 발생을 억제하는 것으로 알려져 있다.

증상

증상이 없는 복부대동맥류의 경우, 대부분 우연히 발견된 박동성 종괴를 주소로 내원하거나 다른 검사 시 우연히 발견되거나 혹은 초음파 검사를 이용한 선별검사에서 발견되어 내원한다. 증상이 발현될 경우, 대부분 복통, 등쪽 통증 및 옆구리 통증 등을 호소하는 경우가 많으며, 때로 혈전에 의한 색전이 발생하여 하지 허혈을 유발하여 내원하는 경우도 있다. 증상이 발생하는 경우, 파열의 위험성이 급격히 증가하여 사망률이 높다고 알려져 있다. 파열이 발생할 경우, 병원 내 사망률이 무려 30-50%에 이를 정도로 치명적일 수 있다.

자연 경과 및 파열의 위험

복부대동맥류의 자연 경과는 시간이 지날수록 크기가 증가

한다는 것이다. 다만 증가 속도는 차이가 있으며, 매우 다양한 인자에 의해서 결정되는 것으로 정확한 예측이나 위험인자 확인은 어려우나, 확장 및 파열의 위험인자는 대동맥류의 크기, 증가 속도(6개월 이내 0.5 cm 이상 또는 1년 이내 1 cm 이상), 흡연, 혈압, 증상 및 여성 등으로 알려져 있다.

증가속도는 실제로 크기에 연관된 것으로 알려져 있다. 대략적인 정보는 아래와 같다[14].

- 2.8-3.9 cm: 매년 1.9 mm 증가
- 4.0-4.5 cm: 매년 2.7 mm 증가
- 4.6-8.5 cm: 매년 3.5 mm 증가

대동맥류의 파열

파열은 대동맥류의 크기와 가장 밀접한 연관성이 있다. 특히 5.5 cm 이상일 경우 그 위험성이 급격하게 증가하는 것으로 알려져 있다[15-21]. 미국 혈관외과학회에서는 크기에 따른 파열의 위험성을 공표하였다[3].

- < 4.0 cm: zero
- 4.0-4.9 cm: 매년 0.5-5%
- 5.0-5.9 cm: 매년 3-15%
- 6.0-6.9 cm: 매년 10-20%
- 7.0-7.9 cm: 매년 20-40%
- ≥ 8.0 cm: 매년 30-50% 이상

복부대동맥류의 치료

복부대동맥류 치료는 파열을 미연에 방지하고 동반된 다른 위험을 관리하여 사망률을 감소시키는 것을 주목적으로 한다. 일단, 파열이 발생할 경우, 사망률이 50%에 이를 정도로 매우 치명적일 수 있으므로 최대한 빠른 처치가 필요하다. 그러나 증상이 없을 경우에는 보존적 치료를 하거나 대동맥류 치료를 고려할 수 있다. 이전 연구결과를 토대로 하면, 증상이 없을 경우, 크기가 5.5 cm 미만일 경우, 대동맥류 치료에 의한 이득이 파열의 위험성을 증가하지 않는 결과를 근거로, 5.5 cm 미만일 경우에는 혈관내 시술(endovascular aneurysm repair, EVAR) 혹은 수술적(surgical) 치료가 권장되지 않고 있다[22-26]. 동맥류 치료 시기 결정에는 크기뿐 아니라, 동반된 다른 혈관의 동맥류(장골동맥, 대퇴동맥 등) 여부 및 연령이나 크기의 증가 속도 등의 다른 임상적 위험인자도 같이 고려해야 한다.

약물 치료 및 보존적 치료

복부대동맥류를 가진 환자들은 심혈관 질환의 위험성이

높아서 반드시 심혈관 질환의 위험성에 대해서 검사를 시행해야만 한다. 3.5 cm 미만의 복부대동맥류 환자를 4.5년간 추적관찰 시, 사망률이 약 1.3배(95% 신뢰구간, 1.04-1.67)이나 심혈관 질환 사망률은 1.57 (95% 신뢰구간, 1.18-2.07)으로 나타났다[27], 5.5 cm 미만의 복부대동맥류를 대상으로 한 21개 연구의 분석연구에서 허혈성 심장질환은 45%, 급성심근경색은 27%, 및 뇌졸중은 14%에서 발생하였다[28].

보존적 치료

진단 당시 대부분의 복부대동맥류는 처치가 바로 필요하지 않은 경우이다. 특히 5.5 cm 미만일 경우에는 대부분 보존적인 치료로 경과관찰이 중요하며, 다만 정기적인 검사를 통해서 크기의 변화를 확인하는 것이 가장 중요하다.

복부대동맥류의 약물 치료는 교정 가능한 위험인자를 조절함으로써, 심혈관 질환의 위험성을 감소시키고 동맥류의 파열 및 이로 인한 사망 및 질환의 위험을 감소시키는 것이 주 목적이다. 분명한 것은, 많은 약제들이 복부대동맥류의 확장 및 파열을 방지하기 위해서 임상 연구가 시행되었으나, 안타깝게도 현재로서는 어떤 약제(항혈소판제 및 항염증약제 등)도 성공적으로 이런 목적을 증명하는 데 실패했다. 다만, 복부대동맥류의 확장 및 파열에 관여하는 고위험 인자 중에서, 특히 흡연이 중요하므로, 금연은 반드시 시행되어야 한다. 이외에도, 복부대동맥류는 관상동맥위험과 동등한 심장혈관질환의 위험으로 간주되므로, 동맥경화성 심장혈관질환의 위험성을 감소시키기 위해서 아스피린과 스타틴(statins)을 모든 환자에게 처방하는 것을 권고하고 있다[2,3].

복부대동맥류의 진행을 억제할 수 있는 약물 치료로 기대했던 다양한 약물들, 스타틴, 테트라사이클린, 마크로라이드, 베타차단제, angiotensin converting enzyme (ACE) 차단제 및 angiotensin II receptor blocker 억제제 모두 효과성을 입증하지 못하여[29-32], 언급된 약제들 모두 인체 대상 연구에서 진행 억제에 실패하여 현재 권고되지 않고 있다.

위에서 언급한 대로, 현재 흡연은 동맥류의 생성, 확장 및 파열의 가장 위험한 인자로, 금연은 가장 중요한 보존적 치료 방법 중의 하나로 간주되고 있다. 금연 이후 대동맥류의 크기 증가가 감소됨이 입증되었다[33]. 중등도 강도의 운동 역시 크기 증가를 억제할 수 있는 연구가 있으나 운동에 의한 혈압 상승이 오히려 역효과를 일으킬 수 있다는 주장이 있어서 쉽게 결론을 내리기는 어렵다.

고위험 환자에서 보존적 치료

무증상의 5.5 cm 이상의 복부대동맥류에서도 근본적으로 대동맥류를 치료해야 하나, 동반된 질환으로 인해서 처치가 위험할 경우 혹은, 기대 여명이 2년 이내일 경우에는 파열 등을 포함한 증상이 발현될 때까지는 보존적인 치료를 시행해야 한다. 이런 환자에서는 대동맥류 크기의 변화를 위한 정기적인 검사는 권고되지 않고 있다. 고위험인 198명의, 수술적 치료 혹은 혈관내 시술이 시행되지 않은 복부대동맥류 환자에서 1년 내 사망 및 파열의 위험성은 5.5-5.9 cm에서 9.4%, 6.0-6.9 cm에서 10.2%, 7.0 cm 이상일 경우 37.5%로 나타났으며, 다른 연구에서도 5.1-6.0 cm일 경우 평균 44개월, 그중 11%가, 6.1-7.0 cm에서는 평균 26개월 생존, 20%가, 7 cm 이상일 경우, 평균 6개월 생존, 43%가 파열로 인한 사망으로 보고되었다[34,35]. 이런 고위험 환자군에서는 대동맥류 치료 여부가 사망에 관여하지 않을 수도 있는데, endovascular repair of aortic aneurysm in patients physically ineligible for open repair (EVAR2) 연구에서 보면 404명의 5.5 cm 이상의 복부 대동맥류를 가진 수술적 처치가 불가능한 환자에서 혈관내 시술 (EVAR)군이 8년 후 동맥류관련 사망의 상대적 위험도는 0.53 (95% 신뢰구간, 0.32-0.89)으로 낮았으나 8년 후 전체 사망률의 상대적 위험도는 0.99 (95% 신뢰구간, 0.78-1.27)로 유의한 차이가 없었다[36]. 따라서 시술이나 수술의 고위험 환자군에서는 환자 개인별 위험 및 이득을 잘 고려하여 치료 방침을 결정하는 것이 중요하다.

추적관찰

복부대동맥류를 가진 모든 환자들은 정기적인 검사 및 검진을 통해서 증상 발현 여부 및 크기의 변화를 확인하여야 하며, 동시에 혈압이나 다른 동맥 경화 위험인자에 대한 검사도 실시해야 한다.

대동맥류 정기 검사

주기적으로 대동맥류의 진행 여부를 평가하기 위한 검사가 시행되어야 하지만, 적절한 검사 시기 및 기간에 대한 것은 아직 명확하게 정립되어 있지 않다. 다만 최근 발표된 권고안을 보면, 크기에 따라서 검진 시기를 달리 하는 것이 위험도를 예측하는 데 도움이 된다고 하여, 통상적으로 크기가 4.0-5.4 cm일 경우 6-12개월 간격으로, 3.0-4.0 cm일 경우에는 매 2-3년마다, 그리고 2.6-2.9 cm일 경우에는 매 5년마다, 초음파 검사나 컴퓨터 단층촬영(computed tomography, CT) 등

을 이용하여 검진할 것을 권고하고 있다. 동맥류 파열로 내원한 환자를 분석해본 결과, 검진 주기가 너무 길거나 검사 횟수 너무 부족했던 점이 가장 중요한 인자로 발견되었다는 보고도 있으므로, 정기적인 검진이 상당히 중요하다. 이외에도 매년 임상 증상이나 동반된 위험인자에 대한 검사도 같이 시행하는 것이 권고된다.

복부 대동맥류 치료(abdominal aortic aneurysm repair)

적응증

- 파열이 의심되는 경우(증상이 동반되는 경우)
- 무증상의 5.5 cm 이상의 크기
- 빨리 증가하는 경우(0.5 cm/6개월 또는 1 cm/1년 이상)
- 하지 혈관의 동맥류(장골동맥 등)가 동반되었거나 하지 동맥 폐색(장골동맥 등)이 동반되었을 경우

수술적 처치 대 혈관내 처치

복부 대동맥류에 대한 직접적인 처치는 가장 효과적인 방법이다. 개복을 통한 수술적 치료(open surgical repair)와 혈관내 시술(EVAR) 두 가지 방법이 가능하다. 연령, 성별, 기대여명, 해부학적 구조, 동반질환 및 선호도 등 다양한 인자들을 고려하여 진행할 수 있다. 주로, 연령이 젊은 환자들에서는 수술적 처치를, 해부학적 구조가 시술에 적합하다면 연령이 많거나 수술에 따른 위험성이 높은 경우 혈관내 시술이 선호된다.

수술적 치료는 가장 근치적인 치료법으로, 개복 후 확장되어 있는 복부대동맥을 절개 및 절단하고 인공 구조물로 치환하는 것으로, 전신마취 수술에 따른 위험성 이외에도 신부전, 수술 부위 감염, 위장관 허혈, 대동맥-십이지장 누공, 구조물 감염 및 출혈 등의 부작용을 수반하여, 대략 3-5% 정도의 수술 관련 사망률이 보고되고 있다.

혈관내 시술(EVAR)은 장골 혹은 대퇴동맥을 통하여 스텐트 그래프트(endograft)를 삽입하는 방법으로, 이로 인해서 동맥류에 혈류가 공급되지 않도록 하는 것이다. 반드시 시술에 관련된 해부학적 기준에 합당해야 하며, 대략 전체 복부대동맥류 환자의 70%가 대상자가 될 수 있다고 알려져 있다. 비록 시술 전후 단기간 내 합병증 및 사망률의 위험성은 수술적 처치보다는 낮으나(0.5-2.0%), 스텐트 구조물 문제로 인한 문제 및 이로 인한 지연성 대동맥류 파열의 위험성은 더 높다고 보고되고 있다.

다양한 임상 연구(DREAM, EVAR-1, OVER 및 ACE trial)에서 보면 수술 후 30일 이내의 단기간 사망률이나 이환율에

서는 혈관내 시술(EVAR)이 우수하였으나, 수년간 장기간의 추적관찰에는 양 군 간의 유의한 차이는 없어졌으며, 특히 스텐트 그래프트와 관련된 지연된 대동맥류 파열의 위험성이나 재시술의 위험은 혈관내 시술군에서 의미 있게 높았다[37-43]. 따라서 요약해보면, 혈관내 시술(EVAR)은 해부학적 구조가 합당하며, 주로 기대여명이 짧은 고령, 수술에 따른 고위험 환자군에 보다 합당한 치료법이 되나, 젊은 연령 혹은 수술적 위험도가 높지 않을 경우 수술적 처치가 우선될 수 있다. 다만 여전히 두 치료법 사이의 논란은 있는데, 특히 혈관내 시술 후 정기적인 검사를 통한 방사선 노출이나 지연된 대동맥류 파열 등의 문제를 면밀하게 검토해보아야 한다.

대동맥류 치료 후 정기 검사

혈관내 시술(EVAR)을 통한 치료 후 삽입된 스텐트 그래프트에 대한 정기적인 검사가 반드시 필요한데, 문제가 발생할 경우, 대동맥류내로 지속적인 혈류가 공급됨으로써 대동맥류의 확장 및 이로 인한 파열의 위험성이 증가될 수 있기 때문이다. 혈관내 시술의 전체적인 합병증의 발생률은 10% 내외로 알려져 있으며 대부분 혈류누출(endoleak)에 의한 것이 가장 많고 임상적으로도 가장 중요하여, 재시술이나 수술적 처치가 필요할 때도 있다.

따라서 시술 후 시술 부위 및 구조물에 대한 정기적인 검사가 반드시 필요한데, 주로 일반 복부 영상사진과 함께 컴퓨터 단층촬영(CT)이나 초음파를 이용하여 추적 관찰하는데, 시술 후 1, 6, 12개월 후에 시행되며, 그 이후에는 매년 시행하도록 권고되고 있다. 주로 대동맥류의 크기 변화, 스텐트의 위치나 모양 변화, 혈관내 구조물의 파손에 의한 혈류 누출, 스텐트 삽입 및 중첩 부위의 누출 등을 주의 깊게 살펴보아야 한다.

반면에 수술적 치료가 성공적으로 시행된 이후에는 혈관내 시술 치료보다는 대동맥류 부위의 합병증 발생의 위험이 상대적으로 높지 않아, 수술 부위, 환자의 증상이나 하지 혈관 등에 대한 정기적인 검진 및 관찰을 주의 깊게 시행하며, 증상이 없다면 수술 5년 뒤에 컴퓨터 단층촬영(CT)을 검사하여 대동맥확장이나 가성류 발생 여부 등에 대한 검사를 시행하도록 권고하고 있다.

결 론

복부대동맥류는 증상 없이 우연히 발견되는 무증상이 많으며, 크기에 따라서 정기 치료 방법이나 정기적인 검사 시

기가 다르다. 대동맥류에 대한 근치적 치료에는 수술적 치료와 혈관내 시술을 통한 방법이 있으며 크기뿐만 아니라 해부학적 구조, 연령, 기대여명 및 동반 질환 등 다양한 인자들을 고려하여 시행되어야 한다.

중심 단어: 복부대동맥확장증

REFERENCES

1. Johnston KW, Rutherford RB, Tilson MD, Shah DM, Hollier L, Stanley JC. Suggested standards for reporting on arterial aneurysms. Subcommittee on Reporting Standards for Arterial Aneurysms, Ad Hoc Committee on Reporting Standards, Society for Vascular Surgery and North American Chapter, International Society for Cardiovascular Surgery. *J Vasc Surg* 1991;13:452-458.
2. Hirsch AT, Haskal ZJ, Hertzner NR, et al. ACC/AHA 2005 Practice Guidelines for the management of patients with peripheral arterial disease (lower extremity, renal, mesenteric, and abdominal aortic): a collaborative report from the American Association for Vascular Surgery/Society for Vascular Surgery, Society for Cardiovascular Angiography and Interventions, Society for Vascular Medicine and Biology, Society of Interventional Radiology, and the ACC/AHA Task Force on Practice Guidelines (Writing Committee to Develop Guidelines for the Management of Patients With Peripheral Arterial Disease): endorsed by the American Association of Cardiovascular and Pulmonary Rehabilitation; National Heart, Lung, and Blood Institute; Society for Vascular Nursing; TransAtlantic Inter-Society Consensus; and Vascular Disease Foundation. *Circulation* 2006;113:e463-e654.
3. Chaikof EL, Brewster DC, Dalman RL, et al. SVS practice guidelines for the care of patients with an abdominal aortic aneurysm: executive summary. *J Vasc Surg* 2009;50:880-896.
4. Scott RA, Ashton HA, Kay DN. Abdominal aortic aneurysm in 4237 screened patients: prevalence, development and management over 6 years. *Br J Surg* 1991;78:1122-1125.
5. Lederle FA, Johnson GR, Wilson SE, et al. Prevalence and associations of abdominal aortic aneurysm detected through screening. Aneurysm Detection and Management (ADAM) Veterans Affairs Cooperative Study Group. *Ann Intern Med* 1997;126:441-449.
6. Boll AP, Verbeek AL, van de Lisdonk EH, van der Vliet JA. High prevalence of abdominal aortic aneurysm in a primary care screening programme. *Br J Surg* 1998;85:1090-1094.
7. Singh K, Bønaa KH, Jacobsen BK, Bjørk L, Solberg S. Prevalence of and risk factors for abdominal aortic aneurysms in a population-based study: The Tromsø Study. *Am J Epidemiol* 2001;154:236-244.
8. Lederle FA, Johnson GR, Wilson SE, et al. The aneurysm detection and management study screening program: validation cohort and final results. Aneurysm Detection and Management Veterans Affairs Cooperative Study Investigators. *Arch Intern Med* 2000;160:1425-1430.
9. Graham M, Chan A. Ultrasound screening for clinically occult abdominal aortic aneurysm. *CMAJ* 1988;138:627-629.
10. Guirguis-Blake JM, Beil TL, Senger CA, Whitlock EP. Ultrasonography screening for abdominal aortic aneurysms: a systematic evidence review for the U.S. Preventive Services Task Force. *Ann Intern Med* 2014;160:321-329.
11. Darling RC, Messina CR, Brewster DC, Ottinger LW. Autopsy study of unoperated abdominal aortic aneurysms. The case for early resection. *Circulation* 1977;56(3 Suppl):II161-II164.
12. Salo JA, Soisalon-Soininen S, Bondestam S, Mattila PS. Familial occurrence of abdominal aortic aneurysm. *Ann Intern Med* 1999;130:637-642.
13. Lederle FA. The rise and fall of abdominal aortic aneurysm. *Circulation* 2011;124:1097-1099.
14. Brady AR, Thompson SG, Fowkes FG, Greenhalgh RM, Powell JT; UK Small Aneurysm Trial Participants. Abdominal aortic aneurysm expansion: risk factors and time intervals for surveillance. *Circulation* 2004;110:16-21.
15. Powell JT, Greenhalgh RM. Clinical practice. Small abdominal aortic aneurysms. *N Engl J Med* 2003;348:1895-1901.
16. Foster JH, Bolasny BL, Gobbel WG Jr, Scott HW Jr. Comparative study of elective resection and expectant treatment of abdominal aortic aneurysm. *Surg Gynecol Obstet* 1969;129:1-9.
17. Thompson AR, Cooper JA, Ashton HA, Hafez H. Growth rates of small abdominal aortic aneurysms correlate with clinical events. *Br J Surg* 2010;97:37-44.
18. Szilagyi DE, Elliott JP, Smith RF. Clinical fate of the patient with asymptomatic abdominal aortic aneurysm and unfit for surgical treatment. *Arch Surg* 1972;104:600-606.
19. Katz DA, Littenberg B, Cronenwett JL. Management of small abdominal aortic aneurysms. Early surgery vs watchful waiting. *JAMA* 1992;268:2678-2686.
20. Nevitt MP, Ballard DJ, Hallett JW Jr. Prognosis of abdominal aortic aneurysms. A population-based study. *N Engl J Med* 1989;321:1009-1014.
21. Brewster DC, Cronenwett JL, Hallett JW Jr, Johnston KW, Krupski WC, Matsumura JS; Joint Council of the American Association for Vascular Surgery and Society for Vascular Surgery. Guidelines for the treatment of abdominal aortic aneurysms. Report of a subcommittee of the Joint Council of the American Association for Vascular Surgery and Society for Vascular Surgery. *J Vasc Surg* 2003;37:1106-1117.
22. Mortality results for randomised controlled trial of early elective surgery or ultrasonographic surveillance for small

- abdominal aortic aneurysms. The UK Small Aneurysm Trial Participants. *Lancet* 1998;352:1649-1655.
23. Lederle FA, Wilson SE, Johnson GR, et al. Immediate repair compared with surveillance of small abdominal aortic aneurysms. *N Engl J Med* 2002;346:1437-1444.
 24. Cao P, De Rango P, Verzini F, Parlani G, Romano L, Cieri E; CAESAR Trial Group. Comparison of surveillance versus aortic endografting for small aneurysm repair (CAESAR): results from a randomised trial. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 2011;41:13-25.
 25. Ouriel K, Clair DG, Kent KC, Zarins CK; Positive Impact of Endovascular Options for treating Aneurysms Early (PIVOTAL) Investigators. Endovascular repair compared with surveillance for patients with small abdominal aortic aneurysms. *J Vasc Surg* 2010;51:1081-1087.
 26. United Kingdom EVAR Trial Investigators, Greenhalgh RM, Brown LC, Powell JT, Thompson SG, Epstein D. Endovascular repair of aortic aneurysm in patients physically ineligible for open repair. *N Engl J Med* 2010;362:1872-1880.
 27. Newman AB, Arnold AM, Burke GL, O'Leary DH, Manolio TA. Cardiovascular disease and mortality in older adults with small abdominal aortic aneurysms detected by ultrasonography: the cardiovascular health study. *Ann Intern Med* 2001;134:182-190.
 28. Bath MF, Gokani VJ, Sidloff DA, et al. Systematic review of cardiovascular disease and cardiovascular death in patients with a small abdominal aortic aneurysm. *Br J Surg* 2015;102:866-872.
 29. Bergqvist D. Pharmacological interventions to attenuate the expansion of abdominal aortic aneurysm (AAA) - a systematic review. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 2011;41:663-667.
 30. Golledge J, Norman PE. Current status of medical management for abdominal aortic aneurysm. *Atherosclerosis* 2011; 217:57-63.
 31. Rughani G, Robertson L, Clarke M. Medical treatment for small abdominal aortic aneurysms. *Cochrane Database Syst Rev* 2012;9:CD009536.
 32. Assar AN. Medical treatment of small abdominal aortic aneurysm. *J Cardiovasc Surg (Torino)* 2012;53:517-525.
 33. Wilmink TB, Quick CR, Day NE. The association between cigarette smoking and abdominal aortic aneurysms. *J Vasc Surg* 1999;30:1099-1105.
 34. Lederle FA, Johnson GR, Wilson SE, et al. Rupture rate of large abdominal aortic aneurysms in patients refusing or unfit for elective repair. *JAMA* 2002;287:2968-2972.
 35. Western CE, Carlisle J, McCarthy RJ, Currie IC. Palliation of abdominal aortic aneurysms in the endovascular era. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 2013;45:37-43.
 36. Brown LC, Thompson SG, Greenhalgh RM, Powell JT; Endovascular Aneurysm Repair trial participants. Incidence of cardiovascular events and death after open or endovascular repair of abdominal aortic aneurysm in the randomized EVAR trial 1. *Br J Surg* 2011;98:935-942.
 37. Blankensteijn JD, de Jong SE, Prinssen M, et al. Two-year outcomes after conventional or endovascular repair of abdominal aortic aneurysms. *N Engl J Med* 2005;352:2398-2405.
 38. De Bruin JL, Baas AF, Buth J, et al. Long-term outcome of open or endovascular repair of abdominal aortic aneurysm. *N Engl J Med* 2010;362:1881-1889.
 39. EVAR trial participants. Endovascular aneurysm repair versus open repair in patients with abdominal aortic aneurysm (EVAR trial 1): randomised controlled trial. *Lancet* 2005; 365:2179-2186.
 40. Becquemin JP, Pillet JC, Lescalie F, et al. A randomized controlled trial of endovascular aneurysm repair versus open surgery for abdominal aortic aneurysms in low- to moderate-risk patients. *J Vasc Surg* 2011;53:1167-1173.e1.
 41. Lederle FA, Freischlag JA, Kyriakides TC, et al. Long-term comparison of endovascular and open repair of abdominal aortic aneurysm. *N Engl J Med* 2012;367:1988-1997.
 42. Paravastu SC, Jayarajasingam R, Cottam R, Palfreyman SJ, Michaels JA, Thomas SM. Endovascular repair of abdominal aortic aneurysm. *Cochrane Database Syst Rev* 2014;1: CD004178.
 43. Stather PW, Sidloff DA, Dattani N, Choke E, Bown MJ, Sayers RD. Authors' reply: Systematic review and meta-analysis of the early and late outcomes of open and endovascular repair of abdominal aortic aneurysm (*Br J Surg* 2013;100: 863-872). *Br J Surg* 2013;100:1541.