

## 복부대동맥류의 혈관내치료

# Endovascular Treatment of Abdominal Aortic Aneurysm

김효철

서울대학교병원 영상의학과

**Hyo-Cheol Kim, M.D.**

Department of Radiology, Seoul National University Hospital, Seoul, Korea

책임저자 주소: 110-744, 서울시 종로구 연건동 28번지

서울대학교병원 영상의학과

Tel: 02-2072-2584, Fax: 02-743-6385

E-mail: angiointervention@gmail.com

투고일자: 2010년 11월 6일, 심사일자: 2010년 12월 8일, 게재확정일자: 2011년 12월 27일

### Abstract

Endovascular aneurysm repair (EVAR) has been a revolutionary development in the treatment of abdominal aortic aneurysms (AAAs) since its introduction in the early 1990s. The result of the two randomized controlled trials comparing EVAR versus open repair for the treatment of AAAs has provided some insight to the advantages and limitations of EVAR technology. Endoleaks continue to be a challenge for EVAR and most endoleaks can now be successfully managed by endovascular techniques. Fenestrated and branched stent-graft technology is increasingly applied to patients with complex AAA anatomies. This paper outlines some of the concepts and discusses the controversies and challenges facing clinicians involved in EVAR today and in the future.

**Key Words:** Endovascular aneurysm repair, Stent-graft, Abdominal aortic aneurysm

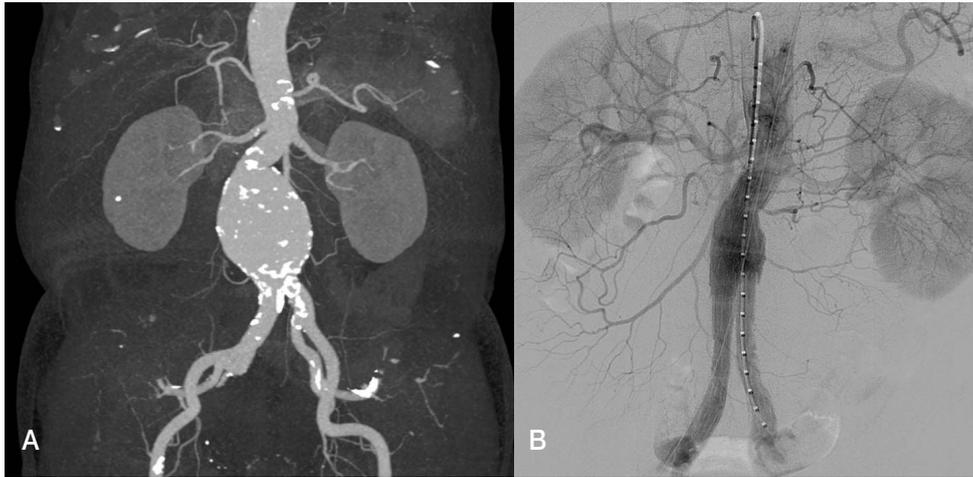
### 서론

복부대동맥류(abdominal aortic aneurysm, AAA)는 서서히 대동맥이 팽창하다가 한순간에 파열되어 심각한 결과를 초래한다. 미국에서는 60세 이상인 사람에서 5% 정도에서 발견되고, 13번째로 흔한 사망원인으로 보고되었다.<sup>1</sup> 과거에는 수술로 치료하였으나 1990년대 초에 stent-graft가 도입되어 수술과 비슷한 결과를 보이면서 많은 환자가 혈관내치료(endovascular aneurysm repair, EVAR)를 받고 있다.<sup>2</sup> 최근에는 Stent-graft의 제조 기술이 발전하여 과거에 불가능하다고 여겨졌던 환자들에서도 EVAR가 시행되고 있으며, 향후에는 EVAR로 거의 모든 복부대동맥류를 치료하게 될 것으로 여겨진다. 본 논문에서는 복부대동맥류의 EVAR에 대한 임상결과와 제한점을 알아보고 향후 발전 방향에 대하여 알아보려고 한다.

### 본론

#### 1. 형태적인 제한점

초기의 EVAR의 임상적 성적은 대동맥류의 모양에 많이 좌우되었다. 특히 근위부 동맥류목(aneurysm neck)이 1.5 cm 이상으로 충분히 길고 대동맥의 기울어진 각도가 60도 이하여야 EVAR를 시행할 수 있었다(Fig. 1).<sup>3</sup> 이러한 기준으로는 복부대동맥류 환자의 절반 정도만이 EVAR를 시행할 수 있는 것으로 보고 되고 있다. 그러나 최근 일부 저자들은 동맥류목이 1 cm에 가깝거나 경사각이 큰 경우에도 확장력이 좋고 유연한 stent-graft를 정확히 위치시켜서 신동맥의 폐쇄가 없으면서도 대동맥류의 혈류차단을 할 수 있다는 보고를 하였다.<sup>4,5</sup> 또한 창문형과 분지형 stent-graft를 사용하여 신동맥, 복강동맥, 상장간막동맥 및 내장골동맥의 혈류를 유지하면서 EVAR를 시행할 수 있어서 과거의 형태적인 제한점은 많이 약화되었다.<sup>6</sup>



**Fig. 1.** A 74-year-old man with abdominal aortic aneurysm. A) CT angiography with maximal intensity projection shows an infrarenal abdominal aortic aneurysm. B) Aortography after endovascular aneurysm repair shows exclusion of abdominal aortic aneurysm.

## 2. 시술전 영상검사

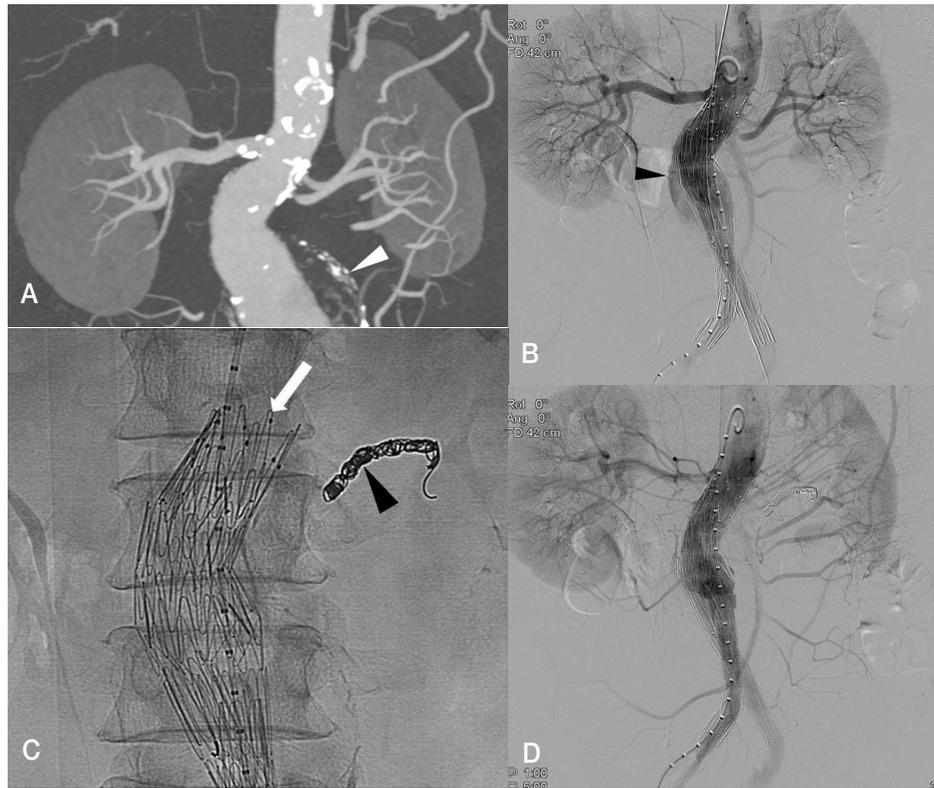
조영증강 CT가 표준검사로 가장 널리 사용된다. 다중검출기 CT가 널리 보급되었고, 3차원 재구성 영상으로 동맥류의 크기와 모양을 정확히 측정할 수 있어서 필요한 stent-graft의 크기를 정확히 잴 수 있다. MRI는 신장기능이 감소한 환자에서 CT를 대신하여 사용될 수 있으나 가격이 비싸다.

## 3. 마취

대부분의 병원에서는 전신마취하에 EVAR 시술이 이루어지고 있으나, 일부 병원에서 국소마취하에 EVAR시술이 가능하다고 보고하였다.<sup>7</sup> Perclose device와 같은 지혈기구를 사용하면 혈관을 수술적으로 절개하지 않고 경피적 천자만으로 EVAR가 가능하다. 국소마취하에 경피적 천자로 EVAR를 시행할 경우 시술시간과 입원기간을 단축할 수 있고, 심폐기계 합병증을 줄일 수 있을 것으로 기대된다. 그러나 일부 연구에서는 국소마취하의 EVAR의 장점이 크지 않고, 일부 환자에서는 수술적 절개술로 전환이 필요하였고, 후복강 출혈 등의 합병증을 보고하였다.<sup>8</sup> 수술적 절개술로의 전환이나 후복강 출혈 등의 합병증을 방지하기 위해서는 시술 전에 접근 경로가 좋은 환자를 잘 선택하여 시술하는 것이 좋다.

## 4. 기구의 삽입에 관한 문제

Stent-graft의 도입기구(introducing device)는 직경이 대략 6 mm를 넘는 경우가 대부분이어서 장골동맥이 작거나 매우 구불구불한 경우에는 기구의 도입이 불가능하다. 또한 EVAR의 시술과 관련된 사망의 가장 흔한 원인은 환자의 장골동맥이 작아서 발생하는 장골동맥의 파열이다. 장골동맥이 작거나 매우 구불구불한 경우 수술로 도관(conduit)을 만들어서 EVAR를 시행할 수 있다.<sup>9</sup> 후복막으로 접근하여 총장골동맥이나 대동맥의 분지부위에 도관을 연결한 후 이를 통하여 stent-graft를 삽입하여 EVAR를 시행하게 된다. 그러나 후복막 박리에 의한 이환율도 높기 때문에 풍선혈관성형술이나 stent를 사용하여 장골동맥을 넓힌 후 EVAR를 시행하는 것이 요즘 추세이다.<sup>10, 11</sup> 풍선혈관성형술만으로 장골동맥을 충분한 크기로 넓히지 못하는 경우는 stent-graft의 iliac limb을 off-label로 사용하거나 Viabahn과 같은 covered stent를 장골동맥에 삽입하고 풍선혈관성형술을 과하게 시행하여 통제된 장골동맥 파열로 삽입경로를 안전하게 확보할 수 있다.<sup>12</sup> 최근에는 직경이 5 mm 미만으로 가늘고 유연성이 뛰어난 제품이 개발되면서 특히 동양인과 같이 장골동맥이 가늘고 또한 구불구불한 경우에도 시술이 가능하게 되었다.



**Fig. 2.** A 63-year-old man with abdominal aortic aneurysm. A) CT angiography with maximal intensity projection shows an infrarenal abdominal aneurysm with wall calcification (arrowhead). Note two left renal arteries. B) Aortography after stent-graft deployment shows type I endoleak (arrowhead). C) Spot image obtained after deployment of proximal extender cuff (arrow). Left lower renal artery (arrowhead) was embolized by using multiple coils to prevent type II endoleak before deployment of extender cuff. D) Aortography after deployment of extender cuff reveals disappearance of type I endoleak.

## 5. Endoleak

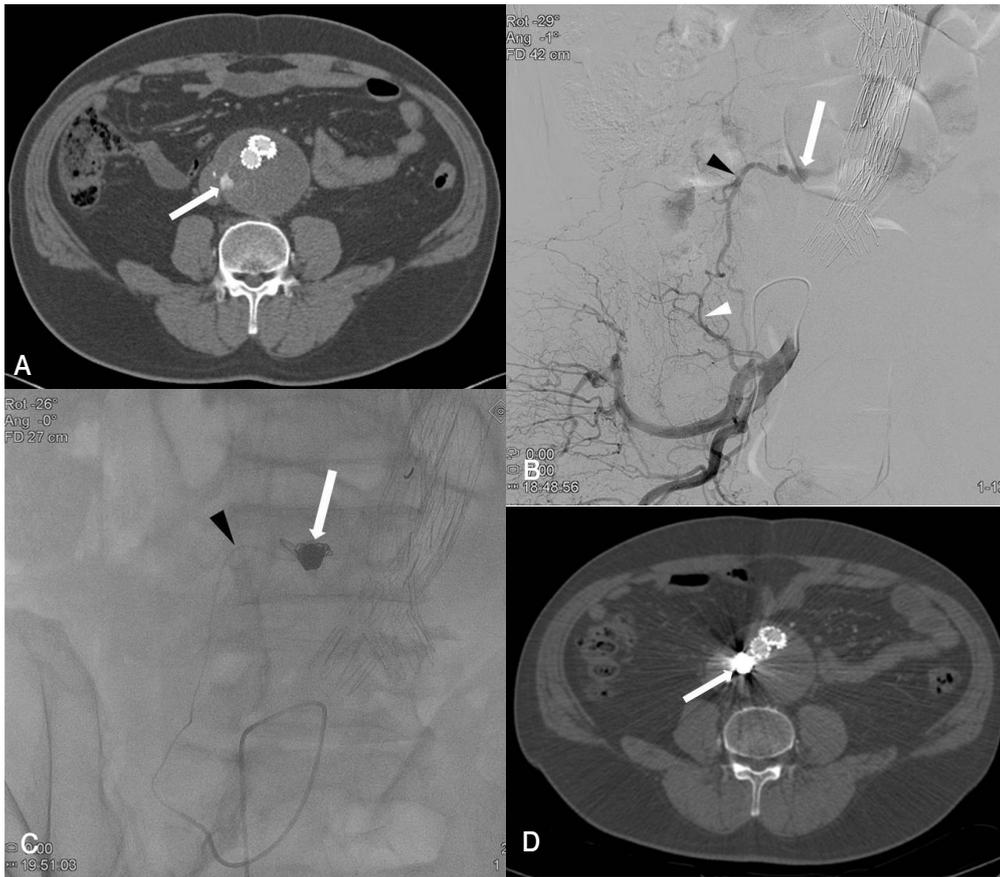
### 1) 1형 endoleak

Stent-graft의 근위부나 원위부가 대동맥 혹은 장골동맥의 내벽과 완전히 밀착되지 않아 발생한다. 환자의 4-6%에서 발견된다고 보고되고 있다. 1a형은 근위부에 발생하는 것이고, 1b형은 원위부(장골동맥)에 발생하는 것이다. 시술 전에 stent-graft를 시행하기에 적당한 환자를 고르고, 환자에 맞는 stent-graft를 선택하는 것이 1형 endoleak를 예방하는 최선의 방법이다. 근위부 동맥류목의 길이가 10 mm 이하이거나 동맥류목이 지름이 크거나 동맥류목이 점점 가늘어지거나 60도 이상의 구부러짐이 있는 경우 발생할 가능성이 높다.<sup>13</sup> 동맥류목보다 15%정도 큰 stent-graft를 사용하고, 신동맥기시부에 가까이 stent-graft를 위치시키는 것이 1형 endoleak를 방지하는데 도움이 된다. 1형 endoleak는

대개 시술 중에 발견하게 되고, 발견하는 경우 즉시 치료하는 것이 원칙이다. 근위부에서 endoleak가 발생하는 경우 제조업체에서 제공하는 다양한 extender cuff를 사용할 수 있고(Fig. 2), Palmaz stent와 같은 큰 bare stent를 사용하기도 한다. Stent-graft의 근위부가 신동맥에 매우 가까이 위치하여 extender cuff를 사용할 수 없는 경우는 액체색전물질(glue)이나 코일을 이용하여 색전술을 시행할 수도 있다.<sup>14</sup>

### 2) 2형 endoleak

하장간막동맥, 요추동맥, 내장골동맥 등의 대동맥의 분지 혈관을 통하여 혈류가 역행하여 동맥류와 연결되는 경우에 발생한다. Endoleak 중에서 가장 흔하여서 전체 환자의 10-25%에서 발생한다고 보고되며, 치료법에 대해 논쟁의 여



**Fig. 3.** A 54-year-old man who received endovascular aneurysm repair for abdominal aortic aneurysm. A) Axial CT image of arterial phase shows small enhancing lesion (arrow) within abdominal aortic aneurysm suggesting type II endoleak. B) Right internal iliac angiography shows small sac filled with contrast media which is supplied by the iliolumbar artery (white arrowhead) connected with the lumbar artery (black arrowhead). C) Spot image obtained during the procedure of embolization shows coils (arrow) within the sac. Microcatheter (arrowhead) within the lumbar artery is noted. D) Axial CT image of arterial phase shows coils within endoleak sac.

지가 많다.<sup>15</sup> 2형 endoleak 치료의 필요성에 대해서는 의견이 분분하여 일부는 동맥류의 크기가 증가하지 않는 경우는 치료할 필요가 없다고 주장하고, 추적관찰하면 40%의 환자에서는 자연적으로 혈전이 생성되어 소실된다고 한다. 일부는 발견되는 즉시 치료하여야 한다고 주장하고 있다. EUROSTAR 연구에서는 2형 endoleak가 있는 환자에서는 없는 환자보다 동맥류의 크기 증가나 재시술의 빈도가 높다고 보고하였다. 이러한 보고에 근거하여 시술 후 6개월에 2형 endoleak가 있고, 동맥류의 크기가 감소하지 않는다면 적극적으로 치료해야 한다고 주장하는 하는 연구자도 있다.<sup>16</sup> 반면에 Bernhard 등은 동맥류의 크기가 증가하지 않는다면 치료하지 않고 경과 관찰로 충분하다고 주장하고 있

다.<sup>17</sup> 본원에서는 동맥류의 크기가 증가하는 경우에만 2형 endoleak를 치료하고 있다.

하장간막동맥과 연결된 2형 endoleak는 상장간막동맥을 통하여 하장간막동맥으로 접근이 가능하며, 요추동맥과 연결된 2형 endoleak는 내장골동맥에서 기시하는 혈관을 통하여 접근이 가능하다(Fig. 3).<sup>18</sup> 미세도관으로 동맥류낭(aneurysm sac)에 직접 접근을 하여서 접착제나 코일을 이용하여 색전술을 시행할 수 있고, 혈관내치료가 불가능한 경우 CT 유도하에 허리경유접근법(translumbar approach)으로 동맥류낭을 직접 천자하여 색전술을 시행할 수 있다.<sup>19</sup>

일부 저자는 EVAR시행 전에 2형 endoleak를 예방하기 위하여 대동맥의 분지를 색전하는 것으로 추천하기도 하지

만,<sup>20</sup> 다른 보고에서는 예방적인 분지 색전술이 2형 endoleak를 감소시키지 못한다고 하였다.<sup>21</sup> 또한 대동맥류에서 기지하는 요추동맥이나 하장간막동맥의 접근이 쉽지 않아서 색전술이 기술적으로 불가능할 수도 있다.

### 3) 3형 endoleak

Stent-graft를 구성하는 연결부위나 graft가 파열되어 발생하는 경우이며, type I endoleak와 비슷하게 즉시 치료하여야 한다. 혈관의 구부러짐이 심한 경우 발생할 가능성이 많으며, 대개는 추가적인 stent-graft를 설치하여 치료한다.

### 4) 4형 endoleak

Stent-graft의 fabric pore를 통하여 혈류가 동맥류 내로 통하는 경우이며, 최신의 제품은 거의 없는 것으로 여겨진다.

### 5) 5형 endoleak

Endoleak가 보이지 않으나 동맥류의 크기가 증가하는 경우로 endotension이라고도 하며, Graft의 벽에 전달되는 맥박이 동맥류의 혈전을 거쳐서 동맥류벽에 전달되는 것으로 생각하고 있다.<sup>22</sup> 다양한 영상검사로 다른 type의 endoleak가 아닌 것을 배제하여야 하며, stent-graft를 추가로 시술하거나 수술로 치료하는 것이 좋다.

## 6. 시술후 영상검사

동맥류파열의 방지가 성공적인 동맥류 혈관내치료의 목적이며, 치료의 결과를 평가하고 EVAR의 합병증을 검사하는데 영상검사가 필수적이다. 영상검사는 동맥류의 크기를 측정하고, endoleak를 발견하고, stent-graft의 구조를 평가할 수 있어야 한다.

단순촬영검사는 stent-graft의 구조 변화를 평가하고, stent-graft의 골절(fracture)이나 꼬임(kink)을 발견하는데 유용하다.<sup>23</sup> 초음파는 편리하고, 비침습적이고, 가격이 저렴하고, 방사선 위해나 조영제 부작용이 없는 장점이 있어 선별 검사로 유용하지만, 사용자에 따라 결과가 달라질 수 있어 논쟁의 대상이 되고, 우리나라에서는 아직 보험이 적용되지 않아서 저렴하지 않다. 초음파는 동맥류의 크기를 측정하는데 있어서 CT만큼 정확한 것으로 보고되고 있으나,<sup>24</sup> endoleak를 발견하는데 있어서는 CT보다 낮은 정확성을 보이며, 66-69%의 민감도와 91-93%의 특이도를 보이는 것으로 보고된다.<sup>25</sup> CT는 가장 널리 사용되고 있으며, 동맥류 크기의

측정에서 표준검사로 인정받고 있고, endoleak의 발견율도 초음파나 혈관조영술보다 우수한 것으로 보고되고 있다. 조영증강전영상, 동맥기 영상, 지연기 영상을 포함하는 삼중시기 CT가 endoleak의 발견율이 가장 높은 것으로 보고되고 있으나, 방사선 노출이 증가하는 단점이 있고, 삼중시기를 모두 얻는 것이 좋은지에 대한 논쟁이 아직 있다. CT는 stent-graft의 구조 변화를 보는데도 유용하며, 특히 3차원 재구성 영상이 도움이 된다. CT의 단점은 조영제 유발 신독성과 반복적인 검사로 인한 방사선 피폭이 있다. MR은 비싼 가격, 긴 영상검사시간, 스테인레스스틸로 만들어진 stent-graft의 감수성인공음영이 문제가 되어 우리나라에서는 거의 사용되지 않는다. 그러나, 동맥류 크기의 측정과 endoleak의 발견율은 CT와 비슷한 것으로 알려져 있고,<sup>26</sup> 방사선 노출이 없고, 신독성이 적으므로 신장 기능이 약간 감소된 젊은 환자에서는 MR이 유용할 수 있다.

## 7. 무작위 대조 연구

EVAR에 관한 논문은 많이 있으나 대부분 후향적 연구이거나 의뢰자 주도 임상시험이었다. 근래 들어서 네덜란드의 DREAM trial과 영국의 EVAR trial이 전향적 무작위 연구들로 보고가 되었다.<sup>27-32</sup> DREAM trial은 직경 5 cm 이상의 AAA 환자 345명을 대상으로 시술 30일 이내의 외과적 치료의 사망률이 4.6%인데 비해 EVAR 치료의 사망률은 1.2%에 불과하며( $P=0.10$ ), EVAR를 시행한 군에서 시술 전후에 출혈이 적고, 중환자실과 병원입원 기간이 단축되었다고 보고하였다. 그러나 다른 질환에 의한 사망을 포함하여 전체 3년 생존율은 양 군간에 차이가 없었다고 하였다(외과치료 89.6%, EVAR 89.7%).

EVAR 1 trial은 직경 5.5 cm 이상의 AAA 환자 1,082명을 대상으로 시술 30일 이내 사망률이 외과치료에서 4.7%, EVAR군에서 1.7%로 현격한 차이가 있었다( $P=0.009$ ). 그러나 합병증은 외과치료군에서는 9%이고 EVAR군에서는 41%로 유의한 차이가 있었고( $P=0.001$ ), 병원비도 외과치료군은 17500달러 이었고, EVAR군은 23500달러이었다. 그러나 문제는 1년과 2년 시점에서 환자들의 삶의 질(quality of life)이 두 군간에 차이가 없었다는 점으로 이는 EVAR군에서 더 자주 영상의학적 검사로 추적검사가 이루어지며 외과치료군보다 2-3배 높은 재시술(reintervention)이 이루어지는 것과 무관하지 않다. 4년 추적검사에서 대동맥류와 연관된 사망률은 외과치료 7%, EVAR 4%로 지속적인 차이를

유지하였다고 하였다( $P=0.04$ ). 그러나 다른 질환에 의한 사망을 포함하여 전체 4년 사망율은 양 군간에 차이가 없었다고 하였다(외과치료 29%, EVAR 26%,  $P=0.46$ ). EVAR는 30일 사망률이 낮으나, 4년 생존율에는 차이가 없고, 합병증이 더 많아서 재시술이 더 많이 필요하였다(4년 재시술율, 외과치료 6%, EVAR 20%).

## 8. 파열된 복부대동맥류의 치료

대동맥류가 파열되면 사망률이 80-90%에 이르며, 이는 수술적 치료를 하여도 전신 염증반응과 다기관부전(multiorgan failure)으로 사망하는 경우가 많기 때문이다. Stent-graft를 이용한 EVAR는 국소마취로도 가능하고, 회복하지 않아서 출혈이 적으며, 시술 시간도 절반으로 줄일 수 있고, 수혈의 양도 적어서 환자의 체온 유지에 유리하여 사망률을 낮출 수 있는 것으로 보고되고 있다. 여러 연구에서 수술적 치료의 30일 사망률은 40% 전후로 보고되고 있는데 반하여 EVAR의 30일 사망률은 20% 전후로 보고되고 있다.<sup>33-35</sup> 응급으로 EVAR를 성공적으로 시행하기 위해서는 응급의학과, 마취과, 혈관외과, 영상의학과와의 유기적인 협력 시스템이 갖추어져 있어야 하며, 의사, 방사선사 및 간호사의 응급호출시스템이 필수적이다. 복부구획증후군(abdominal compartment syndrome)은 파열된 대동맥류에 대하여 EVAR를 시행한 환자에서 20%까지 보고되는 합병증이다.<sup>36</sup> 복부가 팽창되고, 소변량이 감소하며, 폐모세혈관압, 기도압력과 방광압이 증가하는 것으로 임상적으로 진단한다.

## 9. 창문형과 분지형 Graft (Fenestrated and Branched graft)

창문형 stent-graft는 1996년 박재형 교수가 처음으로 보고하였다.<sup>37</sup> 지금은 상품화된 제품이 있으나 국내에서는 아직 사용할 수 없다. 창문형 stent-graft는 대동맥 가지의 입구에 맞는 구멍을 graft에 만들어서 대동맥 가지의 입구를 막지 않고 stent-graft를 안정적으로 설치할 수 있도록 고안된 것이고, 분지형 stent-graft는 대동맥 가지에 맞는 분지가 stent-graft에 붙어 있는 것이다. 동맥류목이 짧거나 구부러짐이 심하면 1형 endoleak가 발생할 가능성이 많아서 EVAR를 시행할 수 없게 된다. 따라서 창문형 stent-graft로 신동맥의 혈류를 보존하면서 신동맥 상부에 stent-graft를 고정하게 되면 endoleak를 방지하면서 EVAR를 시행할 수 있다. 창문형

stent-graft로 119명에서 EVAR를 시행한 연구에 따르면 기술적 성공율은 100%이고, 1형 endoleak는 7명, 2형 endoleak는 19명에서 발견되었고, 사망한 예는 없었다.<sup>38</sup> 그러나 12명에서는 신동맥 협착이 발생하였고, 10명에서는 신동맥 폐쇄가 발생하였다.

동맥류가 양측 총장골동맥을 침범한 경우 양측 내장골동맥을 색전하고 stent-graft는 양측 외장골동맥까지 연장하여야만 하는 경우가 종종 있다. 이런 경우 양측 내장골동맥색전술을 시행하면 엉덩이 파행(buttock claudication), 골반 허혈이나 직장 허혈과 같은 합병증이 발생할 가능성이 있다. 분지형 stent-graft를 이용하여 내장골동맥의 혈류를 보존하면서 외장골동맥까지 stent-graft가 내려오도록 시술하면 이러한 합병증을 예방할 수 있으며, 아주 좋은 초기 결과를 보고하고 있다.

동맥류가 흉부대동맥과 복부대동맥을 모두 침범한 경우 분지형 stent-graft를 이용하여 복강동맥, 상장간막동맥과 신동맥의 혈류를 보존하면서 EVAR를 시행할 수 있다. 이런 경우는 Adamkiewicz동맥이 T9에서 T11 사이에서 기시하는 경우가 많아서 하지마비의 위험성이 있으므로 시술 중에 고혈압을 유지하고 뇌척수액을 배액하는 것으로 하지마비의 위험을 줄이도록 해야 한다.<sup>39</sup>

## 결 론

Stent-graft는 대동맥질환의 기본치료방법의 하나로 정립되었다고 할 수 있으며 아직도 부단한 연구개발을 통해 제한점들을 해결해 나가고 있다. 최근 중장기성적이 속속 발표되면서 특히 수술과 비교하여 낮은 초기사망률과 환자의 삶의 질을 향상시키는 보고들이 나오고 있다. 또한 경험이 쌓이면서 불필요한 추적검사 및 재시술을 줄임으로써 더욱 이러한 경향을 뒷받침하고 있다. 향후 계속 더 발전된 기구가 개발되고 endovascular technique이 발전하게 될 것이고 그에 따라 대동맥 질환의 치료에 있어 stent-graft의 중요성은 더욱 증대될 것으로 생각한다.

## References

1. Ernst CB. Abdominal aortic aneurysm. N Engl J Med

- 1993;328:1167-72.
2. Parodi JC, Palmaz JC, Barone HD. Transfemoral intraluminal graft implantation for abdominal aortic aneurysms. *Ann Vasc Surg* 1991;5:491-9.
  3. Armon MP, Yusuf SW, Whitaker SC, Gregson RH, Wenham PW, Hopkinson BR. The anatomy of abdominal aortic aneurysms: implications for sizing of endovascular grafts. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 1997;13:398-402.
  4. Greenberg R, Fairman R, Srivastava S, Criado F, Green R. Endovascular grafting in patients with short proximal necks: an analysis of short-term results. *Cardiovasc Surg* 2000;8:350-4.
  5. Choke E, Munneke G, Morgan R, Belli AM, Loftus I, McFarland R, Loosemore T, Thompson MM. Outcomes of endovascular abdominal aortic aneurysm repair in patients with hostile neck anatomy. *Cardiovasc Intervent Radiol* 2006;29:975-80.
  6. Haulon S, Greenberg RK, Pfaff K, Francis C, Koussa M, West K. Branched grafting for aortoiliac aneurysms. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 2007;33:567-74.
  7. Henretta JP, Hodgson KJ, Mattos MA, Karch LA, Hurlbert SN, Sternbach Y, Ramsey DE, Sumner DS. Feasibility of endovascular repair of abdominal aortic aneurysms with local anesthesia with intravenous sedation. *J Vasc Surg* 1999;29:793-8.
  8. Teh LG, Sieunarine K, van Schie G, Goodman MA, Lawrence-Brown M, Prendergast FJ, Hartley D. Use of the percutaneous vascular surgery device for closure of femoral access sites during endovascular aneurysm repair: lessons from our experience. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 2001;22:418-23.
  9. Abu-Ghaida AM, Clair DG, Greenberg RK, Srivastava S, O'Hara P J, Ouriel K. Broadening the applicability of endovascular aneurysm repair: the use of iliac conduits. *J Vasc Surg* 2002;36:111-7.
  10. Lee WA, Berceli SA, Huber TS, Ozaki CK, Flynn TC, Seeger JM. Morbidity with retroperitoneal procedures during endovascular abdominal aortic aneurysm repair. *J Vasc Surg* 2003;38:459-63; discussion 64-5.
  11. Henretta JP, Karch LA, Hodgson KJ, Mattos MA, Ramsey DE, McLafferty R, Sumner DS. Special iliac artery considerations during aneurysm endografting. *Am J Surg* 1999;178:212-8.
  12. Peterson BG, Matsumura JS. Internal endoconduit: an innovative technique to address unfavorable iliac artery anatomy encountered during thoracic endovascular aortic repair. *J Vasc Surg* 2008;47:441-5.
  13. Stanley BM, Semmens JB, Mai Q, Goodman MA, Hartley DE, Wilkinson C, Lawrence-Brown MD. Evaluation of patient selection guidelines for endoluminal AAA repair with the Zenith Stent-Graft: the Australasian experience. *J Endovasc Ther* 2001;8:457-64.
  14. Kato N, Semba CP, Dake MD. Embolization of perigraft leaks after endovascular stent-graft treatment of aortic aneurysms. *J Vasc Interv Radiol* 1996;7:805-11.
  15. Buth J, Harris PL, van Marrewijk C, Fransen G. The significance and management of different types of endoleaks. *Semin Vasc Surg* 2003;16:95-102.
  16. Jones JE, Atkins MD, Brewster DC, Chung TK, Kwolek CJ, LaMuraglia GM, Hodgman TM, Cambria RP. Persistent type 2 endoleak after endovascular repair of abdominal aortic aneurysm is associated with adverse late outcomes. *J Vasc Surg* 2007;46:1-8.
  17. Bernhard VM, Mitchell RS, Matsumura JS, Brewster DC, Decker M, Lamparello P, Raithel D, Collin J. Ruptured abdominal aortic aneurysm after endovascular repair. *J Vasc Surg* 2002;35:1155-62.
  18. Gorich J, Rilinger N, Sokiranski R, Kramer S, Schutz A, Sunder-Plassmann L, Pamler R. Embolization of type II endoleaks fed by the inferior mesenteric artery: using the superior mesenteric artery approach. *J Endovasc Ther* 2000;7:297-301.
  19. Stavropoulos SW, Park J, Fairman R, Carpenter J. Type 2 endoleak embolization comparison: translumbar embolization versus modified transarterial embolization. *J Vasc Interv Radiol* 2009;20:1299-302.
  20. Bonvini R, Alerci M, Antonucci F, Tutta P, Wyttenbach R, Bogen M, Pelloni A, Von Segesser L, Gallino A. Preoperative embolization of collateral side branches:

- a valid means to reduce type II endoleaks after endovascular AAA repair. *J Endovasc Ther* 2003;10:227-32.
21. Gould DA, McWilliams R, Edwards RD, Martin J, White D, Joeques E, Rowlands PC, Brennan J, Gilling-Smith G, Harris PL. Aortic side branch embolization before endovascular aneurysm repair: incidence of type II endoleak. *J Vasc Interv Radiol* 2001;12:337-41.
  22. Heikkinen MA, Arko FR, Zarins CK. What is the significance of endoleaks and endotension. *Surg Clin North Am* 2004;84:1337-52, vii.
  23. Fearn S, Lawrence-Brown MM, Semmens JB, Hartley D. Follow-up after endovascular aortic aneurysm repair: the plain radiograph has an essential role in surveillance. *J Endovasc Ther* 2003;10:894-901.
  24. Sprouse LR, 2nd, Meier GH, 3rd, Parent FN, DeMasi RJ, Glickman MH, Barber GA. Is ultrasound more accurate than axial computed tomography for determination of maximal abdominal aortic aneurysm diameter? *Eur J Vasc Endovasc Surg* 2004;28:28-35.
  25. Ashoke R, Brown LC, Rodway A, Choke E, Thompson MM, Greenhalgh RM, Powell JT. Color duplex ultrasonography is insensitive for the detection of endoleak after aortic endografting: a systematic review. *J Endovasc Ther* 2005;12:297-305.
  26. van der Laan MJ, Bartels LW, Viergever MA, Blankensteijn JD. Computed tomography versus magnetic resonance imaging of endoleaks after EVAR. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 2006;32:361-5.
  27. Prinssen M, Buskens E, Blankensteijn JD. The Dutch Randomised Endovascular Aneurysm Management (DREAM) trial. Background, design and methods. *J Cardiovasc Surg (Torino)* 2002;43:379-84.
  28. Prinssen M, Verhoeven EL, Buth J, Cuypers PW, van Sambeek MR, Balm R, Buskens E, Grobbee DE, Blankensteijn JD. A randomized trial comparing conventional and endovascular repair of abdominal aortic aneurysms. *N Engl J Med* 2004;351:1607-18.
  29. Blankensteijn JD, de Jong SE, Prinssen M, van der Ham AC, Buth J, van Sterkenburg SM, Verhagen HJ, Buskens E, Grobbee DE. Two-year outcomes after conventional or endovascular repair of abdominal aortic aneurysms. *N Engl J Med* 2005;352:2398-405.
  30. Greenhalgh RM, Brown LC, Kwong GP, Powell JT, Thompson SG. Comparison of endovascular aneurysm repair with open repair in patients with abdominal aortic aneurysm (EVAR trial 1), 30-day operative mortality results: randomised controlled trial. *Lancet* 2004;364:843-8.
  31. Endovascular aneurysm repair versus open repair in patients with abdominal aortic aneurysm (EVAR trial 1): randomised controlled trial. *Lancet* 2005;365:2179-86.
  32. Endovascular aneurysm repair and outcome in patients unfit for open repair of abdominal aortic aneurysm (EVAR trial 2): randomised controlled trial. *Lancet* 2005;365:2187-92.
  33. Lee WA, Hirneise CM, Tayyarah M, Huber TS, Seeger JM. Impact of endovascular repair on early outcomes of ruptured abdominal aortic aneurysms. *J Vasc Surg* 2004;40:211-5.
  34. Resch T, Malina M, Lindblad B, Dias NV, Sonesson B, Ivancev K. Endovascular repair of ruptured abdominal aortic aneurysms: logistics and short-term results. *J Endovasc Ther* 2003;10:440-6.
  35. Peppelenbosch N, Yilmaz N, van Marrewijk C, Buth J, Cuypers P, Duijm L, Tielbeek A. Emergency treatment of acute symptomatic or ruptured abdominal aortic aneurysm. Outcome of a prospective intent-to-treat by EVAR protocol. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 2003;26:303-10.
  36. Ivatury RR, Diebel L, Porter JM, Simon RJ. Intra-abdominal hypertension and the abdominal compartment syndrome. *Surg Clin North Am* 1997;77:783-800.
  37. Park JH, Chung JW, Choo IW, Kim SJ, Lee JY, Han MC. Fenestrated stent-grafts for preserving visceral arterial branches in the treatment of abdominal aortic aneurysms: preliminary experience. *J Vasc Interv Radiol* 1996;7:819-23.
  38. O'Neill S, Greenberg RK, Haddad F, Resch T, Sereika

- J, Katz E. A prospective analysis of fenestrated endovascular grafting: intermediate-term outcomes. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 2006;32:115-23.
39. Weigang E, Hartert M, Siegenthaler MP, Beckmann NA, Sircar R, Szabo G, Etz CD, Luehr M, von Samson P, Beyersdorf F. Perioperative management to improve neurologic outcome in thoracic or thoracoabdominal aortic stent-grafting. *Ann Thorac Surg* 2006;82:1679-87.