

A Case Report of Contrast-Enhanced Ultrasonography of Type Ib Endoleak in a Patient with Mild Renal Impairment

Ju-Yeong Yeom¹, Myeong-Hoon Ji^{2,*}

¹Department of Biohealth Convergence, Daegu Health College Graduate School of Meister

²Department of Radiologic Technology, Daegu Health College

Received: December 05, 2024. Revised: December 30, 2024. Accepted: December 31, 2024.

ABSTRACT

We report a case of a Type Ib endoleak detected following endovascular aneurysm repair (EVAR) for an abdominal aortic aneurysm, diagnosed via Superb Micro-vascular Imaging (SMI) and contrast-enhanced ultrasound (CEUS). A 79-year-old male patient, who had previously undergone EVAR, presented with a palpable pulsatile abdominal mass. His serum creatinine level was 1.30 mg/dL, which was at the upper limit of the normal reference range (0.7-1.2 mg/dL). To evaluate for a possible endoleak, SMI and CEUS were performed. SMI demonstrated subtle microvascular flow within the graft, whereas CEUS revealed contrast agent inflow distal to the left limb graft, consistent with a Type Ib endoleak. Early detection and comprehensive assessment of endoleaks are crucial to prevent aneurysm sac re-expansion and potential rupture. This case underscores the efficacy and safety of microbubble-based CEUS in endoleak evaluation, particularly for patients with suboptimal renal function, as it obviates the need for iodinated contrast agents used in computed tomography. CEUS therefore represents a valuable alternative diagnostic modality for endoleak assessment in selected populations.

Keywords: Contrast Enhanced Ultrasonography, Abdominal Aortic Aneurysm, EndoVascular Aneurysm Repair, Endoleak

I. INTRODUCTION

복부대동맥류(Abdominal aortic aneurysm)는 대동맥 벽이 확장되어 발생하는 질환으로, 파열 시 치명적인 결과를 초래할 수 있어 조기 발견과 치료가 매우 중요하다^[1]. 복부대동맥류의 수술적 치료는 1951년 처음 보고된 이후 지속적으로 발전해 왔으며, 1991년에는 기존의 개복수술(Open surgery)을 대체할 수 있는 관내치료(Endovascular treatment) 방법으로 대동맥류 스텐트 그라프트 삽입술(Endo Vascular Aortic Repair, EVAR)가 처음 도입되었다^[2]. EVAR는 기존의 개복수술에 비해 수술 후 사망률을 현저히 낮추고, 최소침습(Minimal Invasive) 특성을 통해 환자의 회복을 촉진하며 입원 기간을 단축시키는 장점으로 인해 현재 일차적인 치료 방법으로

선호되고 있다. 그러나 EVAR 시술 이후에도 여러 합병증이 발생할 수 있어 지속적인 추적 관찰과 평가가 필수적이다^[3,4]. 특히, 가장 빈번하게 발생하는 합병증인 내강누출(Endoleak)은 시술 후 대동맥류 내 혈류가 재유입되는 현상으로, 이를 주기적으로 모니터링하고 내강누출의 누출부위 특성에 맞게 치료하지 않으면 대동맥류의 재파열 위험을 증가시킬 수 있다^[5]. 이외에도 스텐트 그라프트(Stent Graft)의 전위(Migration), 혈전증(Thrombosis), 감염(Infection), 폐색(Occlusion) 등의 합병증이 발생할 수 있어, 이러한 위험 요소들에 대한 정기적인 영상학적 평가가 중요하다^[6,7].

내강누출을 평가하는 대표적인 방법으로는 조영제를 사용한 혈관조영 전산화 단층 촬영(Computed Tomography Angiography, CTA)이 널리 이용되고

* Corresponding Author: Myeong-Hoon Ji E-mail: bangour@naver.com
Address: 15, Yeongsong-ro, Buk-gu, Daegu, 41453, Republic of Korea

Tel: +82-10-9220-4906

있으며, 이 기법은 고해상도의 영상을 제공하여 정확한 진단을 가능하게 한다^[8]. 그러나 요오드성 조영제(Iodinated contrast agent)에 대한 사용이 제한되는 환자들, 특히 만성신부전(Chronic renal failure) 환자들의 증가로 인해 CTA의 대안으로 조영증강 초음파(Contrast-Enhanced Ultrasound; CEUS)의 사용이 확대되고 있다. CEUS는 미세기포(Microbubble)로 구성된 초음파 조영제를 정맥 주사하여 혈류와 조직의 에코증강을 감지하고 영상을 구현하는 방법으로, 신장 기능에 따른 제한이 없고 방사선 피폭 위험이 없다는 장점이 있다. 또한, 금식 등의 특별한 전처치가 필요하지 않으며 고식적 초음파와 동시에 시행할 수 있는 등 여러 임상적 장점이 입증되어 점차 그 활용도가 높아지고 있다^[9].

최근에는 CEUS와 같이 초음파를 사용한 미세혈류영상(Superb Micro-vascular Imaging, SMI)이 도입되어 내강누출 평가에 효과적인 도구로 주목받고 있다. SMI는 미세한 혈류를 고해상도로 시각화할 수 있는 도플러 초음파 기술로, 조영제 없이도 미세 혈류를 감지할 수 있다는 특징이 있다. SMI는 특히 신장 기능이 저하된 환자나 조영제 알레르기가 있는 환자들에게 유리하며, CTA 비해 방사선 노출 위험이 없고 반복 검사에 용이하다는 장점이 있다. 연구에 따르면, SMI는 CTA, CEUS와 비교하여 내강누출 검출 및 분류에서 높은 민감도와 특이도를 보이며, 특히 내강누출의 장기 추적 관찰에 있어 유망한 기술로 제시되고 있다^[10].

따라서 본 증례 보고에서는 EVAR 시술 후 제1형b 내강누출(Type Ib Endoleak)이 발생한 환자가 신장 기능 저하로 인해 CTA를 진행할 수 없는 상황에서 CEUS와 SMI를 활용하여 진단을 시도하였으며, 이를 통해 두 검사 방법의 유용성을 평가하였다. 또한 본 증례를 바탕으로 CEUS와 SMI의 임상적 적용 가능성을 제시하고, 향후 유사한 환자들을 위한 기초자료를 제공하고자 하였다.

II. MATERIAL AND METHODS

1. 환자특성

증례 대상은 79세 남성 환자로 과거 복부대동맥

류로 인해 EVAR 시술을 받고 추적 관찰하던 환자로 시술 후 복부에서 다시 만져지는 박동성 종괴(Pulsation mass)를 주소로 내원하였다. 환자는 복부 대동맥류 외에 고혈압, 전립선비대증의 과거력을 가지고 있었으며 내원 당시 혈중요소질소 28 mg/dL, 사구체 여과율 67.2, 혈중크레아티닌 농도 1.30 mg/dL로 신장기능 저하를 보였다. 활력 징후는 혈압 140/80 mmHg, 맥박 62 회/분, 호흡 20 회/분, 체온 36.8°C 이었다.

2. 비침습적 혈관기능검사

복부대동맥류의 내부에 삽입된 스텐트 그래프트의 개통성을 평가하기 위하여 비침습적 혈관기능 검사장비(FALCON PRO, Viasonix, Israel)를 사용하였다. 우선 시행한 발목상완지수(Ankle Brachial Index, ABI)의 결과는 Fig. 1과 같이 상완혈압 162 mmHg, 우측발목혈압 202 mmHg, 좌측발목혈압 192 mmHg로 측정되었다. 결과는 1.25/1.19의 정상 범위(0.9 - 1.3)^[6]로 스텐트 그래프트의 개통성을 확인하였다.

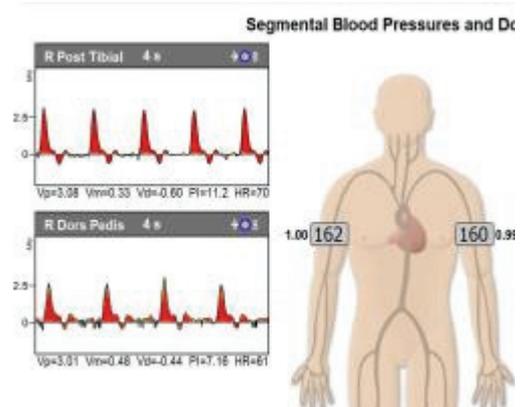
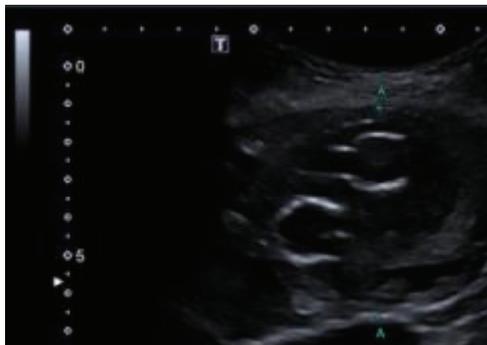


Fig. 1. Ankle-Brachial Index.

3. 혈관초음파 검사

혈관초음파 검사는 국제 혈관초음파 자격증(Registered Vascular Technician, RVT)을 취득하고 임상 경험이 10년 이상인 방사선사 한 명이 검사하였다. 혈관초음파 장비(Aplio 500, Canon, Japan)와 주파수 범위가 1.6 - 6.0 MHz인 부채꼴형 탐촉자(PVT375BT, Canon, Japan)를 사용하여 검사하였다.

환자의 복부대동맥류 크기를 이전과 비교 측정하기 위해 Fig. 2 - (a)와 같이 회색조 영상에서 복부대동맥류의 가장 큰 직경을 전-후 직경 (Anterior-Posterior diameter, A-P diameter)으로 측정하였으며 그 크기는 55.1 mm로 측정되었다. CEUS 시행 전 복부대동맥류 내부의 내강누출을 평가하기 위해 SMI을 이용하였다. 검사조건은 저속혈류의 신호를 얻어 영상화 하기위하여 펄스반복주파수 1.6 Hz, SMI 주파수 3.0 Hz, 프레임률 29FPS, 필터 단계 4로 영상을 획득하였다. SMI 검사결과 Fig. 2 - (b)와 같이 그래프트 내에 미세한 내강누출을 검출하였고 자세한 검사를 위해 주치의가 CEUS를 의뢰하였다.



(a) Largest AP diameter of AAA sac(55.1mm)



(b) Superb Microvascular Image for weak flow(arrow)

Fig. 2. Vascular Ultrasonography.

4. 조영증강 혈관초음파 검사

4.1. 초음파 조영제 제작

초음파 조영제는 소노뷰(SonoVue, Bracco, Italy)를 사용하였다. 소노뷰는 Fig. 3 - (a)와 같이 투명

vial에 동결건조상태로 보관되어 있다. 또한 Fig. 3 - (b)와 같이 프리필드시린지(Pre-filled Syringe)에 담긴 염화나트륨 0.9% w/v 용액 5 mL를 주입기(미니스파이크 트랜스퍼시스템)를 통하여 vial에 주입시킨다. 그 이후 미세기포 동결건조물이 완전히 녹을 때 까지 20초 동안 격렬하게 흔든다. 잘 희석된 미세기포액 분산액을 시린지로 취하여 환자의 말초정맥으로 주사한다. 권장 투여량은 혈관도플러 영상에서 2.4 mL이며, 1회 검사시 의사가 필요하다고 판단될 때 투여량의 2번째 투여가 가능하다.



(a) SonoVue Kit



(b) SonoVue and Pre-filled Syringe combined with Mini-Spike Transfer System

Fig. 3. Preparation of SonoVue injection.

4.2. 조영증강 초음파

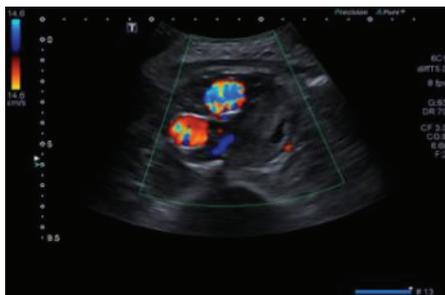
CEUS는 다음과 같은 순서로 진행되었다.

첫째, 조영증강 검사 시행 전 사전 초음파 스캔으로 복부대동맥류의 최대직경지점, 스텐트 그래프

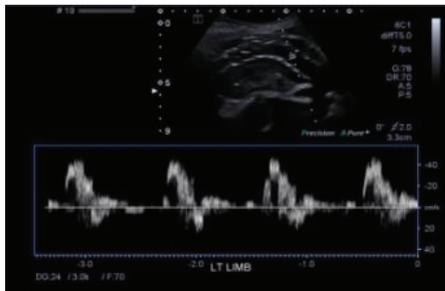
트의 위치, 양측 하지 그래프트의 개통성 등의 해부학적 구조를 확인하였다. 또한 Fig. 4 - (a)와 같이 초음파 도플러 평가로 컬러 도플러를 시행하였고 Fig. 4 - (b)와 같이 스펙트럴 도플러 영상을 얻어 사전에 내강누출이 의심되는 부분을 확인하고 영상을 저장하였다.

둘째, 초음파 조영제를 주입할 때는 1회 주입 시 10 mL의 멸균 생리식염수로 플러싱을 함께 시행한다. 이 과정에서 중요한 점은 Fig. 5와 같이 의약품 직접주입용 기구(3-way Stopcock)와 수액 주입용 라인에 초음파 조영제 시린지를 직선 방향으로 연결하고, 수직 방향에는 플러싱용 멸균 생리식염수를 연결하는 것이다. 이러한 방식은 초음파 조영제를 수직으로 주입함으로써 진행 방향에 따른 마찰로 인해 미세 기포가 파괴되는 것을 방지하는 데 도움이 된다^[11].

셋째, 조영제 주입 준비를 마친 후 초음파 장비의 CEUS 모드를 선택하고 환자의 말초정맥으로 초음파 조영제를 주입하면 10초 이내에 복부대동맥에 도달하게 되며 이때부터 스캔을 시작한다. 스캔은 미세기포가 모두 소멸되는 5분까지 스캔하였으며, 조영제 도달 시간에 따른 내강 유출의 유형을 구별할 수 있도록 동영상을 저장하며 스캔하였다.



(a) Color doppler



(b) Spectral doppler

Fig. 4. Pre-Contrast exam with color doppler and spectral doppler.



Fig. 5. 3-way Stopcock line connect.

III. RESULTS

1. 조영증강 혈관초음파 결과

사전에 시행한 SMI검사에서 복부대동맥류 내 삽입된 스텐트 그래프트 주위로 미세 혈류 신호(Microvascular flow)가 관찰되어, 그래프트 주변에서 발생하는 내강누출 가능성이 시사되었다. 이에 보다 정밀한 평가를 위해 주치의가 CEUS를 의뢰하였다.

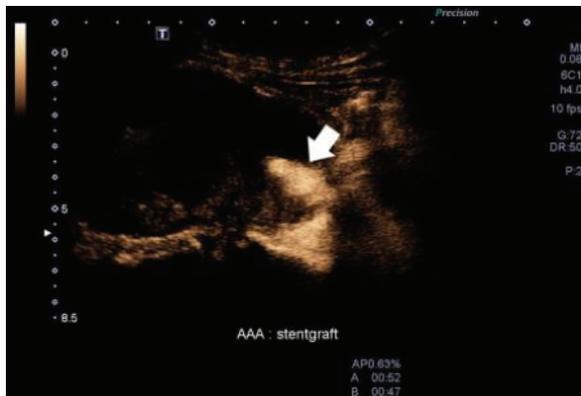
추후 시행한 CEUS에서 본 증례 환자의 복부대동맥류 내부에 삽입된 스텐트 그래프트 주위로 조영제 누출이 확인되었다. Fig. 6와 같이 횡단스캔(Transverse scan)상 복부대동맥류의 내부로 유입되는 조영제가 명확히 확인되어 누출이 존재함을 시사하였으며, 초기에는 누출 위치를 근거로 요추동맥에서 유입되는 Type IIb 내강누출로 의심하였다. 하지만 이어진 종단스캔(Longitudinal scan)에서 Fig. 7 - (a)와 같이 좌측 하지 그래프트의 하방에서 유입되는 혈류신호를 확인하였고, Fig. 7 - (b)처럼 입사각을 달리하여 스캔 한 영상에서도 같은 소견을 보여 주치의가 Type Ib 내강누출으로 진단하였다.



Fig. 6. Endoleak(arrow) observed in abdominal aortic aneurysm sack.



(a) Endoleak(arrow) from distal end of graft on Contrast Enhanced Ultrasonography

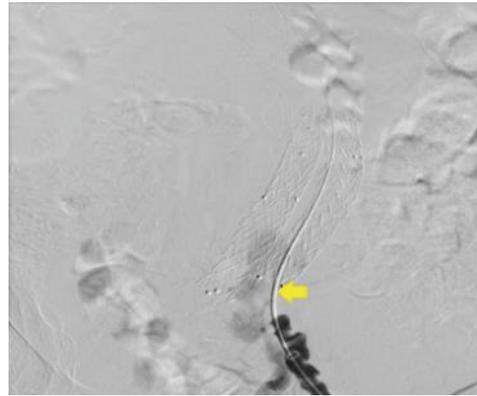


(b) Endoleak(arrow) detected the other scan plane

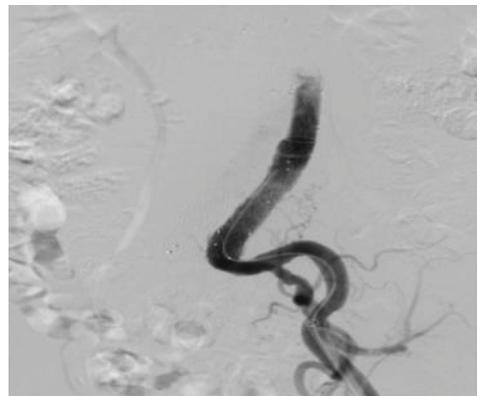
Fig. 7. Type Ib Endoleak on Contrast Enhanced Ultrasonography.

2. 지연 내강누출의 치료

본 증례환자의 치료는 CEUS로 내강누출을 확인한 후 입원하여 내강누출이 발생한 스텐트 그라프트 원위부 말단에 추가 스텐트를 설치하였다. 치료는 혈관외과 전문의가 직접 시행하였으며 원내 하이브리드 수술실에서 한 명의 방사선사와 한 명의 간호사와 함께 시술을 시행하였다. 스텐트 설치 전 시행한 혈관조영술에서 Fig. 8 - (a)와 같이 스텐트 원위부 말단에서 보이는 내강누출을 확인하였고 Fig. 8 - (b)와 같이 추가 스텐트 설치 후 Type Ib 내강누출이 완전히 사라진 것을 확인한 후 시술을 종료하였다.



(a) Type Ib Endoleak(arrow) from distal end of graft on conventional angiography



(b) Successful Re-intervention for Type Ib Endoleak

Fig. 8. Treatment of Type Ib Endoleak.

IV. DISCUSSION

본 증례는 79세 남성 환자로, 과거 복부대동맥류로 인해 EVAR 시술을 받은 후 재발성 박동성 종괴로 내원한 사례이다. 환자는 고혈압과 전립선비대증의 병력이 있으며, 내원 당시 신장 기능 저하 소견을 보였다. 혈액 검사 결과, 혈중 요소 질소, 사구체 여과율, 크레아티닌 농도가 모두 비정상적으로 측정되었으나, 환자의 활력 징후는 비교적 안정적이었다.

초기 비침습적 검사로 시행된 ABI는 1.25/1.19로 측정되어 정상 범위에 속하였다. ABI는 상완과 발목의 혈압을 비교하여 계산되는 지수로, 단순한 혈류 상태 평가뿐만 아니라 장기적인 심혈관 건강과 임상적 예후와도 밀접한 관련이 있는 중요한 지표이다

[12]. 최근 연구에서는 ABI가 낮은 환자군에서 심혈관 사건의 발생률이 유의미하게 증가하는 것으로 보고되었으며, ABI는 독립적으로 임상 사건을 예측하는 중요한 인자로 평가되고 있다[13]. 따라서 본 증례에서 정상 범위의 ABI는 복부 대동맥류 스텐트 그라프트가 적절히 유지되고 있음을 시사한다.

EVAR 시술 이후 스텐트의 추적관찰은 CT 조영제를 사용하여 추가적인 영상 검사가 필요하다. 그러나 조영제 유발 신독성(Contrast-Induced Nephropathy, CIN)에 대한 우려가 있었다. 한 연구에 따르면, 조영증강 컴퓨터단층촬영을 시행한 외래 환자 중 69%가 신기능 저하 또는 CIN의 위험인자를 보유하고 있었다는 보고되었다. 특히, 사구체 여과율이 60.0 이하인 경우, 신독성 발생 위험이 크게 증가하는 것으로 나타났다[14]. 본 증례처럼 신장 기능 저하를 보이는 고령 환자에서는 조영제 사용에 대한 신중한 접근이 필요하다. 따라서 초기 평가에서 확인된 신장 기능 저하와 관련하여 조영제 사용이 제한되었으며 비교적 안전한 CEUS를 선택했다.

CEUS는 미세기포로 이루어진 초음파 조영제를 체내에 정맥주사 하여 조영제에 의한 에코증가를 감지하여 영상화하는 방법이다. 1세대 초음파 조영제의 첫 소개 이후 2001년에 단점들을 보완한 2세대 조영제가 개발되어 보급되면서 간세포암, 복부대동맥, 심장, 경동맥 등의 여러 분야에 활용되어 오고 있다. 특히 체내에서 세포 외 공간으로 빠르게 확산이 일어나는 CTA, MRI 등의 조영제와는 달리 혈관 내에만 존재하고 혈액에 용해도가 낮은 기체를 사용하여 안정성이 높은 것이 특징이다[15]. 미세기포는 파괴된 후 폐를 통해서 체외로 배출된다. 2세대 조영제인 소노뷰(SonoVue)는 인지질로 이루어진 얇은 피막(shell) 내부에 설퍼헥사플루오라이드(sulfurhexafluoride) 기체가 채워져 있고 체내에 투여하게 되면 CEUS의 고유모드에서 특정 기계지수(0.2 - 0.5)를 가지는 초음파를 발생시켜 초음파 조영제에서 나오는 하모닉 신호를 얻어 영상화하게 된다[16].

CEUS는 미세혈관구조와 느린 혈류 관찰에 용이한 장점이 있지만 조영지속시간이 약 5분 내외로 짧기 때문에 검사 전 세심한 준비가 필요하다. 회

색조 영상 및 컬러도플러, 미세혈류영상 등을 사용하여 조영제 투여 전 해부학적 구조 및 혈류역학적 정보를 충분히 얻고 시작하는 것이 좋다[17].

SMI는 저속혈류에 대한 정보를 얻을 수 있는 최신 도플러 기술이다. 기존의 도플러 영상은 벽 필터(wall filter)를 이용하여 움직임에 의한 인공물과 조직에서 발생하는 허상을 제거한다. 이때 저속혈류에 의한 낮은 신호는 분리되지 않기 때문에 같이 제거가 되어 신호를 얻을 수 없게 된다. 하지만 SMI 영상은 고유의 클러터 억제 알고리즘(Clutter Suppression Algorithm)을 사용하여 움직이는 조직과 혈류 흐름 사이에서 조직 신호만을 선택적으로 제거함과 동시에 혈류 신호만 분리하여 나타낼 수 있다. 이를 통하여 낮은 신호를 발생시키는 저속혈류의 정보를 효과적으로 얻을 수 있다[18].

EVAR 시술 후 발생하는 내강 누출은 5가지 유형으로 구분되며, 각각 발생 원인과 치료 방법이 다르다. 본 증례에서 관찰된 내강 누출은 Type I으로 분류되며, 이는 스텐트와 혈관 벽 사이의 불완전한 밀착으로 인해 대동맥류로 혈액이 직접 유입되는 상태를 의미한다. 특히 본 증례는 Type Ib에 해당되었으며, 이는 스텐트의 하단에서 혈류가 유입되는 경우이다. Type Ib 내강 누출은 발생률이 약 0-8%로 보고되었으며, 여러 해부학적 요인이 위험을 증가시킬 수 있다. 예를 들어, 총장골동맥 직경이 18 mm 이상이거나 20 mm 이상의 연장형 다리(FL)를 사용해야 하는 경우, 총장골동맥 착지부 길이가 20 mm 미만일 때, 심한 장골 동맥의 만곡, 그리고 큰 초기 대동맥류 직경 등이 이러한 누출 위험을 높일 수 있다[19]. 이러한 경우, 대체 치료법이나 더 엄격한 추적관리가 필요할 수 있다. 따라서, 본 증례의 Type Ib 내강누출은 이러한 해부학적 특성과 관련되어 있을 가능성이 있으며, 즉각적인 치료가 요구되었다. 이에 따라 혈관외과 주치의의 신속한 중재적 시술을 통해 추가적인 스텐트 삽입을 시행하였고, 성공적으로 내강 누출을 해결하였다.

본 연구는 후향적 사례 보고로, 기존에 수집된 임상 데이터와 완료된 진료 과정을 기반으로 작성되었으며, 연구 과정에서 추가적인 개입이나 데이터 수집이 이루어지지 않았으며 환자의 익명성을

철저히 보장하고 헬싱키 선언 등 윤리적 지침을 준수하여 수행되었다.

CEUS는 미세혈관 구조와 느린 혈류를 관찰하는데 효과적일 뿐만 아니라, EVAR 시술 후 내강누출 평가에도 유용하였다. 특히, 신독성 위험군에서 조영제 사용을 제한해야 하는 경우 대체제로서 활용이 증가할 것으로 판단된다. 그러나 조영 지속 시간이 짧아 신중한 준비가 필요하며 검사 전에 회색조 영상, 컬러도플러, SMI 등 다양한 기술을 활용하여 해부학적 구조와 혈류역학적 정보를 충분히 수집한 후에 진행해야 정확한 평가가 가능할 것이다.

V. CONCLUSION

본 증례 보고는 정도의 신기능 장애로 CT 검사가 제한되는 환자에서 복부대동맥류의 스텐트 그라프트 삽입 이후 발생한 내강누출을 평가하기 위하여 SMI와 CEUS를 시행하였고 다음과 같은 결론을 얻었다.

첫째, 초음파 장비의 발전으로 CEUS, SMI 등의 기술이 발전함에 따라 임상적으로 신뢰할 수 있는 검사가 가능해졌다.

둘째, 국내뿐만 아니라 전세계적으로 신장 기능 장애 환자들이 늘어나는 추세로 요오드성 조영제를 사용하지 않고 초음파 조영제를 사용하는 CEUS는 안정성면에서 우수하며 형태학적인 정보와 혈류역학적 정보를 동시에 얻을 수 있어 유용하다.

셋째, EVAR 이후 발생하는 내강누출은 가장 빈번히 발생하는 합병증이며 복부대동맥류의 재팽창의 원인이기 때문에 CEUS를 포함한 혈관초음파 검사가 유용하게 사용될 수 있다.

Acknowledgement

본 논문은 2024년도 교육부 ‘전문대학 마이스터대 지원사업’의 지원을 받아 수행된 연구임.

Reference

[1] N. Sakalihasan, R. Limet, O. D. Defawe, "Abdominal aortic aneurysm", *The Lancet*, Vol. 365,

No. 9470, pp. 1577-1589, 2005.
[http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736\(05\)66459-8](http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736(05)66459-8)

- [2] J. C. Parodi, J. C. Palmaz, H. D. Barone, "Transfemoral intraluminal graft implantation for abdominal aortic aneurysms", *Annals of Vascular Surgery*, Vol. 5, No. 6, pp. 491-499, 1991.
<http://dx.doi.org/10.1007/BF0201527>
- [3] E. L. Chaikof, D. C. Brewster, R. L. Dalman, M. S. Makaroun, K. A. Illig, G. A. Sicard, C. H. Timaran, G. R. Upchurch, F. J. Veith, "The care of patients with an abdominal aortic aneurysm: the Society for Vascular Surgery practice guidelines", *Journal of Vascular Surgery*, Vol. 50, No. 4, pp. 2-49, 2009.
- [4] R. M. Greenhalgh, L. C. Brown, G. P. Kwong, et al., "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", *The Lancet*, Vol. 364, No. 9437, pp. 843-848, 2004.
[http://doi.org/10.1016/S0140-6736\(04\)16979-1](http://doi.org/10.1016/S0140-6736(04)16979-1)
- [5] S. Cifuentes, A. Tabiei, B. C. Mendes, N. C. Cirillo-Penn, D. V. S. Rodrigues, J. J. Colglazier, T. E. Rasmussen, F. Shuja, M. Kalra, M. S. Schaller, J. J. Morrison, R. A. Vierkant, R. R. DeMartino, "Implications and late outcomes of type II endoleaks after endovascular aneurysm repair", *Journal of Vascular Surgery*, Vol. 80, No. 3, pp. 702-713, 2024. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jvs.2024.03.457>
- [6] S. Elkouri, P. Glociczki, M. A. McKusick, J. M. Panneton, J. Andrews, T. C. Bower, A. A. Noel, W. S. Harmsen, T. L. Hoskin, K. Cherry, "Perioperative complications and early outcome after endovascular and open surgical repair of abdominal aortic aneurysms", *Journal of Vascular Surgery*, Vol. 39, No. 3, pp. 497-505, 2004.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.jvs.2003.10.018>
- [7] F. L. Moll, J. T. Powell, G. Fraedrich, F. Verzini, S. Haulon, M. Waltham, J. A. van Herwaarden, P. J. E. Holt, J. W. van Keulen, B. Rantner, F. J. V. Schlösser, F. Setacci, J. B. Ricco, "Management of abdominal aortic aneurysms clinical practice guidelines of the European Society for Vascular Surgery", *European Journal of Vascular and Endovascular Surgery*, Vol. 41, No. 1, pp. S1-S58, 2011. <http://doi.org/10.1016/j.ejvs.2010.09.011>

- [8] E. Choke, M. Thompson, "Endoleak after endovascular aneurysm repair: current concepts", *Journal of Cardiovascular Surgery (Torino)*, Vol. 45, No. 4, pp. 349-366, 2004.
- [9] R. G. Barr, "How to Develop a Contrast-Enhanced Ultrasound Program", *Journal of Ultrasound in Medicine*, Vol. 36, No. 6, pp. 1225-1240, 2017. <https://doi.org/10.7863/ultra.16.09045>
- [10] M. Curti, F. Piacentino, F. Fontana, C. Ossola, A. Coppola, P. Marra, A. Basile, A. M. Ierardi, G. Carrafiello, G. Carcano, M. Tozzi, G. Piffaretti, M. Venturini, "EVAR Follow-Up with Ultrasound Superb Microvascular Imaging (SMI) Compared to CEUS and CT Angiography for Detection of Type II Endoleak", *Diagnostics*, Vol. 12, No. 2, p. 526, 2022. <http://doi.org/10.3390/diagnostics12020526>
- [11] C. Greis, "Technology overview: SonoVue (Bracco, Milan)", *European Radiology*, Vol. 14, No. 8, pp. 11-15, 2004. <http://doi.org/10.1007/s10406-004-0076-3>
- [12] H. L. Kim, J. B. Seo, W. Y. Chung, J. H. Zo, M. A. Kim, S. H. Kim, "Prognostic value of the ankle-brachial index in patients undergoing drug-eluting stent implantation", *Journal of Atherosclerosis and Thrombosis*, Vol. 22, No. 1, pp. 27-37, 2015. <https://doi.org/10.5551/jat.24406>
- [13] G. H. Lee, S. B. Kang, S. W. Jeon, S. Y. Kang, "The relationship between cardio-ankle vascular index (CAVI), ankle-brachial index (ABI), and cardiovascular risk factors in healthy adults", *Journal of Korean Medical Science*, Vol. 41, No. 3, pp. 434-446, 2020. <https://doi.org/10.22246/jikm.2020.41.3.434>
- [14] R. J. McDonald, J. S. McDonald, J. P. Bida, "Intravenous contrast material-induced nephropathy: causal or coincident phenomenon", *Radiology*, Vol. 267, No. 1, pp. 106-118, 2013. <https://doi.org/10.1148/radiol.12121823>
- [15] Y. E. Chung, K. W. Kim, "Contrast-enhanced ultrasonography: advance and current status in abdominal imaging", *Ultrasonography*, Vol. 34, No. 1, pp. 3-18, 2015. <https://doi.org/10.14366/usg.14034>
- [16] M. S. Kim, S. H. Kim, "Comparative Study on Signal Strength of Mechanical Index Using Ultrasound Machines with SonoVue Contrast", *Journal of the Korean Society of Radiology*, Vol. 13, No. 1, pp. 21-29, 2019. <http://dx.doi.org/10.7742/jksr.2019.13.1.21>
- [17] M. Y. Kim, "The Usefulness of Contrast-Enhanced Ultrasonography in the Diagnosis of Hepatocellular Carcinoma", *Journal of Liver Cancer*, Vol. 14, No. 1, pp. 7-13, 2014. <https://doi.org/10.17998/jlc.14.1.7>
- [18] Y. Xiao, X. Chen, X. F. Guan, H. Wu, W. Qin, B. M. Luo, "Superb microvascular imaging in diagnosis of breast lesions: a comparative study with contrast-enhanced ultrasonographic microvascular imaging", *British Journal of Radiology*, Vol. 89, No. 1066, pp. 20160546, 2016. <https://doi.org/10.1259/bjr.20160546>
- [19] G. Zuccon, M. D'Oria, F. B. Gonçalves, C. Fernandez-Prendes, K. Mani, D. Caldeira, M. Koelemay, D. Bissacco, S. Trimarchi, I. Van Herzeele, A. Wanhainen, "Incidence, Risk Factors, and Prognostic Impact of Type Ib Endoleak Following Endovascular Repair for Abdominal Aortic Aneurysm: Scoping Review", *European Journal of Vascular and Endovascular Surgery*, Vol. 66, No. 3, pp. 352-361, 2023. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ejvs.2023.06.017>

복부대동맥류 스텐트 그래프트 삽입술 이후 발생한 제1형 내강누출의 조영증강 초음파 검사 증례보고

염주영¹, 지명훈^{2,*}

¹대구보건대학교 마이스터대학 바이오헬스융합학과

²대구보건대학교 방사선학과

요 약

본 연구는 복부대동맥류 스텐트 그래프트 삽입술(Endovascular Aneurysm Repair, EVAR) 후 발생한 제1형 내강누출(Type Ib Endoleak)을 미세혈류영상(Superb Micro-vascular Imaging, SMI)과 조영증강 초음파(Contrast-Enhanced Ultrasound, CEUS)를 이용하여 진단한 증례를 보고한다. 대상 환자는 79세 남성으로, EVAR 시술 후 복부에서 촉진되는 박동성 종괴를 주소로 내원하였다. 환자의 혈청 크레아티닌 수치는 1.30 mg/dL로, 정상 참고치(0.7 - 1.2 mg/dL)상 경계선에 해당하였다. 내강누출 여부를 평가하기 위해 SMI와 CEUS를 시행한 결과, SMI에서 graft 내로 미세혈류가 관찰되었으며 CEUS에서 좌측 limb graft 하방에서 유입되는 조영제가 관찰되어 제1형 내강누출로 진단되었다. EVAR 이후 발생하는 내강누출의 조기 진단과 평가는 동맥류 재팽창 및 파열 예방에 있어 필수적이다. 본 증례는 미세기포 기반 CEUS가 전산화단층촬영에 사용되는 요오드성 조영제로 인한 부작용 우려 없이 안전하고 효과적으로 내강누출 평가에 활용될 수 있음을 보여준다. CEUS는 특히 신기능 저하 환자에서 내강누출 진단에 있어 유용한 대안으로 고려될 수 있다.

중심단어: 조영증강 초음파, 복부대동맥류, 복부대동맥류 스텐트그래프트 설치술, 내강누출

연구자 정보 이력

	성명	소속	직위
(제1저자)	염주영	대구보건대학교 마이스터대학 바이오헬스융합학과	대학원생
(교신저자)	지명훈	대구보건대학교 방사선학과	조교수