



# Endovascular Treatment for Head and Neck Trauma

## 두경부 외상의 인터벤션

Jae Won Han, MD<sup>1</sup> , Jae Il Lee, MD<sup>2,3</sup> , Lee Hwangbo, MD<sup>1,3\*</sup>

Departments of <sup>1</sup>Radiology and <sup>2</sup>Neurosurgery, Pusan National University Hospital, Busan, Korea  
<sup>3</sup>Biomedical Research Institute, Pusan National University Hospital, Busan, Korea

### ORCID iDs

Jae Won Han <https://orcid.org/0009-0003-1867-6092>

Jae Il Lee <https://orcid.org/0000-0003-1412-4146>

Lee Hwangbo <https://orcid.org/0000-0002-1323-4450>

Received April 2, 2023

Revised June 9, 2023

Accepted July 8, 2023

### \*Corresponding author

Lee Hwangbo, MD  
Department of Radiology,  
Pusan National University Hospital,  
179 Gudeok-ro, Seo-gu,  
Busan 49241, Korea.

Tel 82-51-240-7366

Fax 82-51-244-7534

E-mail [hwangbo@pusan.ac.kr](mailto:hwangbo@pusan.ac.kr)

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Trauma to the head and neck region can have serious consequences for vital organs such as the brain, and injuries to blood vessels can cause permanent neurological damage or even death. Thus, prompt treatment of head and neck vessels is crucial. Although the level of evidence is moderate, an increasing amount of research indicates that endovascular treatments can be a viable alternative to traditional surgery or medical management. Embolization or reconstructive endovascular procedures can significantly improve patient outcomes. This article provides an overview of various endovascular options available for specific clinical scenarios, along with examples of cases in which they were employed.

**Index terms** Brain Injuries, Traumatic; Cerebrovascular Trauma; Neck Injuries; Craniocerebral Trauma; Endovascular Procedures; Radiology, Interventional

## 서론

두경부는 중요한 장기인 뇌를 포함하여 중요한 감각기관과 상부 기도와 식도를 포함하고 있는 해부학적 공간으로 외상으로 인한 손상 시 생명을 위협하거나 심각한 후유 장애를 야기할 수 있다. 두경부 외상성 손상의 대리적 통계 지표로 외상성 뇌손상(trumatic brain injury; 이하 TBI)으로 분류되는 경우를 분석할 때, 2018년의 한 연구에 따르면 전 세계적으로 약 6천8백만 명이 매년 TBI를 입으며 이중 81%가 경증이나 나머지는 중등도 이상의 손상으로 분류된다고 추정하였다(1). 대한민국에서 시행된 레지스트리 기반의 연구에서 고령 인구일수록 연령이 증가할수록 TBI 빈도가 증가하는 결과를 확인하였고 국내의 고령화 추세를 고려할 때 TBI를 포함한 두경부 외상은 관심을 가져야 할 질환군으로 생각된다(2).

비교적 다수의 연구가 진행된 TBI의 경우에도 문헌적 근거 수준은 높지 않은 편으로 191개의 무

작위배정 임상 시험(randomized controlled trial)을 대상으로 분석한 2016년의 한 연구에서 26개만이 비교적 강건한 설계로 진행되었고 이들 중 인터벤션 치료 기법을 분석한 결과는 없었다(3, 4). 권역의상센터를 통해 비교적 진료량이 많은 편인 저자들의 기관에서도 편향을 최소화하는 후향적 연구를 진행하는 것이 쉽지 않았다. 따라서 실제 진료 시 두경부 외상에 대한 인터벤션 치료는 유사한 다른 비외상성 질환의 진료 기법을 차용하여 진행하는 것이 보통이며, 후향적 연구 결과와 증례 보고들에 기반하여 환자 개별 상황에 맞는 치료 방침을 결정하게 된다(5-13).

본 증례는 두경부 외상의 흔한 형태들을 둔상에 따른 두경부혈관 박리, 두개강내 동맥류, 경부관통상에 대해서 살펴보고, 비강 출혈, 경동맥해면정맥동루구체적 상황에서 증례과 함께 인터벤션 치료 방법에 대해서도 살펴보고자 한다.

## 외상성 경동맥 및 척추동맥 박리 (Traumatic Carotid Artery and Vertebral Artery Dissection)

### 기전과 임상적 특징 및 영상 소견

둔상성 뇌혈관 손상(blunt cerebrovascular injury; 이하 BCVI)의 용어는 둔상 이후에 경동맥과 추골동맥 부위에서 발생한 혈관 손상 전체를 지칭하며 두경부 외상 환자의 최대 7.6%에서 확인된다(14). 이 수치는 과거의 보고보다 높는데 더욱 넓은 적응증을 가지고 CT angiography (이하 CTA)를 시행했을 때 확인된 빈도이다. BCVI는 주로 둔상에서 발생시 혈관의 과도한 비틀림 또는 젖힘 등으로 동맥의 내막(tunica intima)이 찢어지며 일어나게 된다(15). 손상받은 부위는 내막하 피판(subintimal flap)을 형성하고 그 사이로 들어간 혈액이 동맥의 내막과 중막(tunica media) 사이를 혈류 방향으로 점차 벌려 박리를 유발하게 된다. 만약 박리가 외막(adventitia)까지 확장된다면 혈관 파열로 이어지고 급성출혈이 멈추면 가성동맥류(박리성동맥류)가 형성될 수 있다. 두경부 혈관 박리는 임상적으로 무증상부터 혈전형성, 원위부 색전증을 일으킬 수 있고 벽내혈종(intramural hematoma)으로 인해 동맥의 내경이 좁아져 뇌경색의 원인이 되는 등 다양한 양상으로 나타날 수 있다(16-19).

두경부 혈관 박리가 시작되는 경우 CTA에서 초승달 모양으로 두꺼워진 혈관 벽과 함께 조영제가 찬 혈관 내강이 한쪽으로 치우쳐 좁아진 양상으로 보인다. 이외에도 혈관의 국소 협착 또는 폐쇄, 박리성동맥류, 충만결손, 내막하피판 등이 관찰되기도 한다(15).

색도플러 초음파에서 박리의 벽내혈종을 두꺼운 저반향의 혈관 벽으로 관찰할 수 있다. 또 드물게 내막하피판이 내강 안에서 참속공간(true lumen)과 거짓속공간(false lumen)을 나누고 있는 것을 볼 수 있다. 이 두 공간은 서로 다른 도플러 신호를 보인다(15).

### 인터벤션 치료

BCVI에 대해서는 Biffi 등(17)이 제시한 덴버 기준(Denver criteria)이 현재 가장 흔히 이용되고 있다. 덴버 기준은 BCVI를 영상 소견에 기반하여 I 등급을 25% 이하의 협착을 보이는 박리 또는 혈관의 불균질성, II 등급을 25% 이상의 협착을 보이는 경우이거나 내막 박리 소견이, III 등급은

가성동맥류, IV 등급은 완전 혈관 폐쇄, V 등급을 혈관 절단을 동반한 현성 출혈로 분류하였다(17).

이에 따른 치료 방법은 I, II 등급 손상에 해당하는 박리 소견이 있으면서 해당 약제에 대한 금기증이 없다면 항혈소판제 또는 항응고제를 사용할 것이 권고된다(20). 이 두 약제의 선택에 대해서는 우위가 입증되지 않아 따로 정해진 바가 없고 환자의 임상적 상황을 고려하여 약물을 사용하는 것이 일반적이다. 이는 보다 일반적인 두경부 동맥 박리에 대한 전향적 연구(the cervical artery dissection in stroke study; CADISS) 결과에서도 항혈소판제와 항응고제 사이에 차이가 나타나지 않았다는 점에서 유사하다고 여겨진다(21). 2018년 북유럽에서 제시한 가이드라인에 따르면 BCVI에 대해 최대한 빨리 항혈전 치료를 시작할 것을 권고하고 있고 특히 저분자량 헤파린을 이용한 약물 요법을 추천하고 있다(20).

만약 약물에 대한 금기가 있거나 수술적 접근이 가능하고 신경학적 증상이 있는 경동맥 손상의 경우 수술적 치료나 인터벤션 치료를 고려하여야 한다. 수술적 요법의 경우 결찰, 바이패스 그리고 경동맥 재건 등의 시행될 수 있다. 하지만 이런 수술적 접근은 상당한 위험을 수반한다. 2000년에 보고된 경동맥 박리에 대한 수술적 치료 50건에 대한 분석에서 뇌경색이 10%, 뇌신경손상이 58%에서 발생했다는 보고가 있다(22).

최근에는 인터벤션 치료 기법과 장비가 발달함에 따라 두경부 박리의 새로운 치료법으로 제시되고 있다. 인터벤션 치료는 동맥 흐름을 방해하지 않으면서도 최소한의 침습으로 손상부위에 접근할 수 있다는 장점이 있다. 손상의 위치와 손상받은 혈관의 직경 그리고 모양에 따라서 다양한 방법을 시도해 볼 수 있다. 스텐트 설치술, 스텐트 보조하 코일 색전술, 다중 스텐트 설치술 등을 해볼 수 있다. 2013년에 시행된 체계적 분석에서 내경동맥 환자에서 인터벤션 치료가 99.1%의 높은 기술적 성공률을 보였고 이에 대한 적응증으로는 약물 치료 후의 증상 재발, 혈액학적 저관류(박리가 여러 혈관을 침범하거나 측부혈관이 불량함), 커지거나 증상이 있는 가성 동맥류(Fig. 1), 두개내 또는 전신 출혈로 인한 항응고제 금기를 꼽았다(23). 다만 이 분석은 소규모 후향적 연구들을 종합한 것으로 출판 편향으로 인해서 실제보다 성공률이 과장되었을 가능성도 고려해야 하겠다.

그 외 III-V 등급 손상에 해당하는 BCVI에 대해서는 저자들의 기관에서는 수술적 치료 및 혈관내 치료를 적극적으로 고려하고 있다.

특히 V 등급 손상에서 현성 출혈이나 혈액학적 불안정성을 보일 경우 이에 대해 즉시 수술적 치료 또는 인터벤션 치료를 고려하는 것이 필요하다. III-IV 등급의 손상일 경우에도 해부학적인 고려와 함께 동반 손상의 정도를 고려하여 약물적 치료와 함께 수술적 치료와 인터벤션 치료의 필요성에 대해서 다학제적인 고려가 필요하다(24, 25). 다만 아직까지 치료 방침을 제시할 수 있을 정도의 높은 수준의 문헌 근거는 부족한 실정이다.

종합하면 외상성 두경부 박리의 인터벤션 치료에 대해 표준화된 가이드라인은 없는 실정이다. 따라서 진료지침을 참조하여 개별 환자의 상황에 따라 우선적으로 약물적 치료를 고려하고 환자의 개별 기저질환과 손상 상황에 따라 수술과 인터벤션의 옵션에 대해서도 고려하는 것이 적절하겠다.

**Fig. 1.** A 57-year-old female presented with altered mental status after a fall.

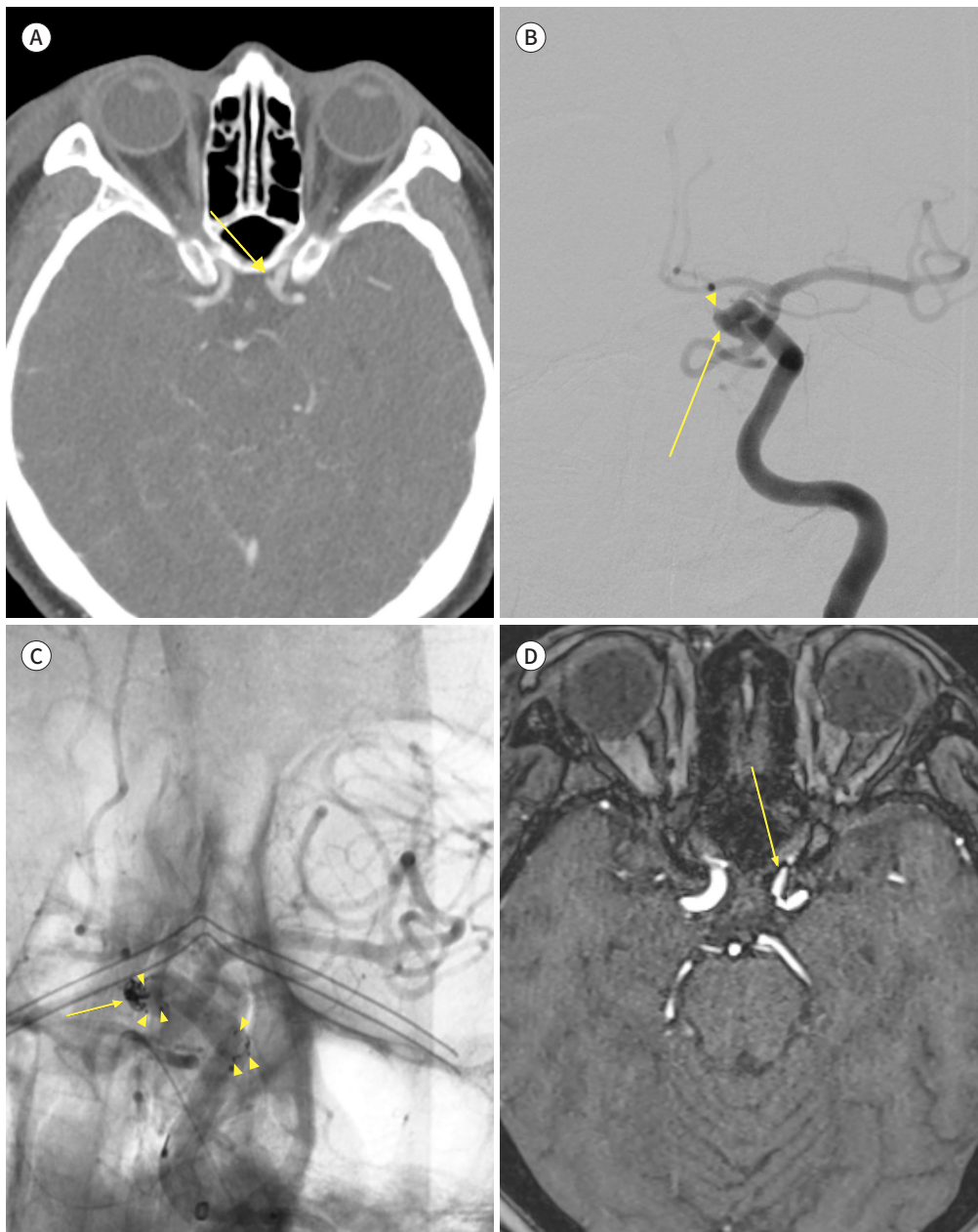
**A.** Follow-up CT angiography demonstrates focal dissection (arrow) at the left paraclinoid ICA which is not evident on the initial CT.

**B.** Initial angiography with left ICA injection confirms a dissecting aneurysm originating from the paraclinoid segment (arrow), along with a daughter sac-like bulge (arrowhead) that potentially represents a weakened arterial wall. These findings necessitates endovascular treatment to mitigate the risk of rupture and subsequent subarachnoid hemorrhage.

**C.** Stent-assisted coiling was performed to reconstruct the injury under dual antiplatelet treatment. Double stents (arrowheads) were used to stabilize the dissection, while two loosely packed coils (arrow) were intended to alleviate intraslesional pressure.

**D.** The three-week follow-up MR angiography shows stable complete occlusion of the dissecting aneurysm (arrow) and no significant stenosis in the stent.

ICA = internal carotid artery



## 외상성 뇌동맥류(TICA)

### 기전과 임상적 특징

외상성 뇌동맥류(trumatic intracranial aneurysms; 이하 TICA)는 둔상이나 관통상 모두에서 발생 가능하다. TICA는 만약에 파열되면 사망률이 50%에 달하고 영구적인 신경학적 손상을 남길 수 있다(26). 따라서 증상이 생기거나 파열되기 전에 이를 확인하는 것이 중요하다.

TICA는 진성동맥류와 가성동맥류로 나뉜다(27). 진성동맥류는 혈관의 내막이나 중막의 파괴로 인해 국소적으로 약해진 혈관벽이 혈류에 밀리면서 형성된 동맥류로 혈관의 외막은 손상 없이 온전하다(28-30). 반면 가성동맥류는 혈관벽의 3층이 모두 손상받아 혈관이 파열되어 지주막하출혈이나 뇌내출혈이 일어나고 이로 인해 생긴 혈종이 기질화되어 혈관 내강과 연결되어 형성된다. TICA에서는 가성동맥류가 더 흔하게 나타난다.

TICA는 발생 위치에 따라 윌리스환(circle of Willis)의 근위부와 원위부로 나눌 수 있다. 대부분의 TICA는 경동맥의 상상돌기 분절(supraclinoid segment)에서 일어난다. 전대뇌동맥(anterior cerebral artery)과 그 분지에서도 많이 발생하는데 이 혈관들은 대뇌낮(falx cerebri)에 상대적으로 고정되어 있어 외상으로 인해 갑작스러운 움직임이 있을 때 TICA가 발생할 수 있다. 이와 비슷하게 후대뇌동맥(posterior cerebral artery)이 천막(tentorium)에 의해 손상받을 수 있다(26).

TICA는 20세 미만의 소아에서 많이 발생한다고 알려져 있다(31). TICA 중 자연 호전의 경우가 보고되어 있으나 경과 관찰 중 모양이 변하고 파열이 발생할 수 있다(32). 외상 이후 출혈까지의 시간은 평균 21일로, 출혈시 사망률은 50% 이상으로 매우 높다(33, 34).

TICA는 CTA에서 일반적인 뇌동맥류 및 가성동맥류와 비슷한 소견을 보인다. 하지만 CTA는 3 mm 이하의 작은 크기의 동맥류를 놓칠 위험이 있다. 따라서 외상 환자의 CTA를 평가할 때 TICA 가능성에 대한 세심한 판독이 필요하겠다.

일부 TICA는 초기 검사에서 보이지 않고 시간이 지남에 따라 점점 커지는 경우가 있기 때문에 2-3주 후 추적검사를 할 것을 권고하기도 한다(35).

### 인터벤션 치료의 적응증과 기법

Fleischer 등(34)에 의하면 보존적으로 치료한 TICA 환자의 사망률은 41%였다. 따라서 수술이나 인터벤션 치료를 고려해야 하는 것이 타당하다.

동맥류에 대한 수술적 치료는 동맥류 경부 결찰술, 동맥류 절제술, 포획술 등을 시도해 볼 수 있다. 하지만 수술의 경우 그 치명률과 사망률이 18%-29%로 높다는 결과가 있었다(35).

1993년 처음으로 모동맥을 보존하면서 TICA를 인터벤션 치료한 사례가 보고된 이후로 TICA에 대한 치료로 혈관내 인터벤션이 우선 고려되는 경우가 증가하였다(5). 인터벤션 치료는 동맥류로의 혈류를 차단시키는 것으로 TICA 각각의 형태적 특징을 이해하여 액상 색전술, 풍선폐쇄술, 코일, 풍선 또는 스텐트 보조 코일링, 혈류전환 스텐트 등을 고려할 수 있다(28, 30, 35, 36). 이때 다발성 외상 및 출혈 위험성으로 항혈소판제의 사용이 제한될 수 있는데, TICA의 다수가 가성동맥류인 상황에서 재건적 치료를 위해서는 스텐트 사용이 필요한 경우가 많다는 점을 고려하면 개별

환자의 위험과 이득에 대한 고민이 필요하다.

모동맥을 포함하여 동맥류를 완전히 폐쇄시키는 것이나 원위부 혈류장애로 인한 이차적 뇌경색의 위험성 때문에 모동맥 폐쇄를 고려하는 경우에는 측부 순환에 대한 이해가 필요하다. 따라서 원위부 대뇌 피질 근처의 병변 정도에서 모동맥 폐쇄를 포함한 동맥류의 색전이 가능하며, 척추동맥 박리 및 파열인 경우 반대편 척추동맥이 굵고 동맥류가 형성된 척추동맥에 주요 관통동맥들이 발달되지 않은 경우 모동맥 폐쇄를 통한 근치적 치료가 가능하다(Fig. 2). 하지만 많은 경우에 있어 모동맥을 보존해야 하며, 일반적인 동맥류 치료와 동일한 방법 및 기준으로 파열된 동맥류만 혈류 순환에서 제외할 수 있도록 색전을 시행해야 한다(Fig. 3).

**Fig. 2.** An 8-year-old child sustained a motor vehicle accident.

**A.** The initial noncontrast CT reveals extensive subarachnoid hemorrhage in the posterior fossa.

**B.** Initial digital subtraction angiography reveals a pseudoaneurysm at the right proximal V4 segment.

**C.** Multiple detachable coils (arrowheads) occluded the injured segment, as confirmed on injection angiography of the ipsilateral vertebral artery before the detachment of the last coil (arrow, coil marker in a microcatheter)

**D.** The contralateral vertebral artery exhibits preserved flow to the anterior spinal artery (arrow) and adequate occlusion (arrowheads) of the injured segment.

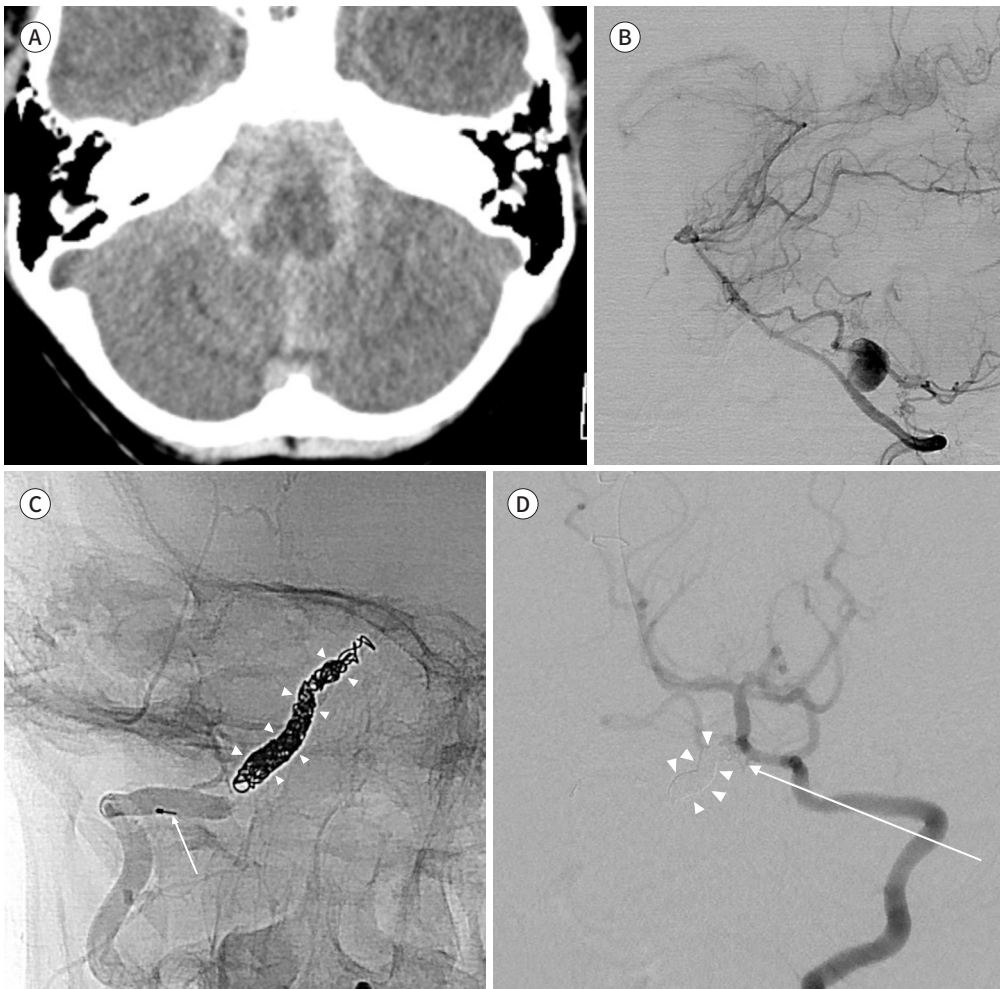


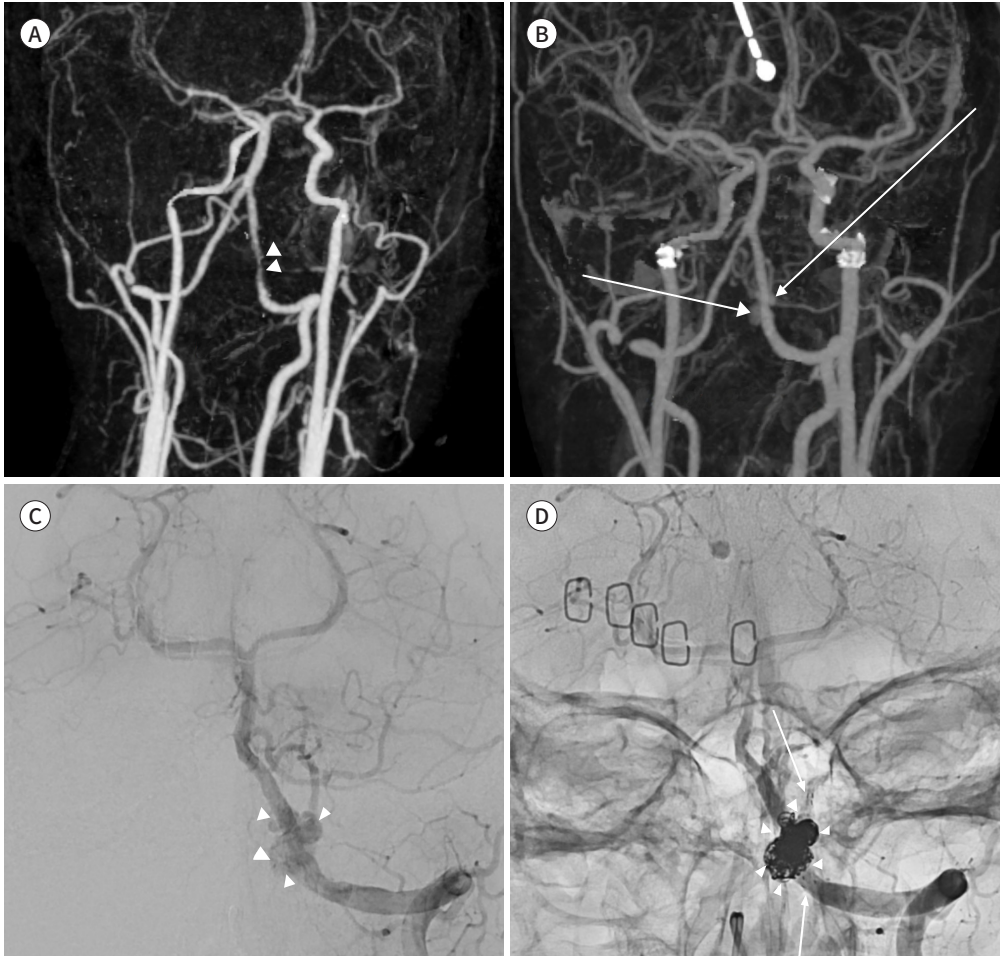
Fig. 3. Delayed TICA formation.

A, B. The initial CT angiography (A) suggests the presence of dissection (arrowheads), while the follow-up CTA (B) 2 days after (A) confirms the diagnosis of TICA (arrows) located at the left V4 segment and PICA.

C. Following a careful injection of contrast material, digital subtraction angiography demonstrates a lobulated TICA (arrowheads) located at the junction of the left V4 segment and PICA.

D. Stent-assisted coiling resulted in the formation of a coil mass within the pseudoaneurysm (arrowheads), effectively sealing the TICA while preserving the parent arteries. Additionally, a neck-bridging stent was deployed from the left V4 to the PICA (arrows). Securely placing the stent over the proximal PICA shielded the medullary segments of the PICA from blockage by the coil mass. This prevented the occurrence of potential lateral medullary syndrome.

PICA = posterior inferior cerebellar artery, TICA = traumatic intracranial aneurysms



## 경부 관통상(Penetrating Neck Injury)

### 기전과 임상적 특징 및 영상 소견

경부의 관통상에 대한 전통적인 접근 방법은 경부 구역을 I, II, III으로 나누어서 이에 따른 치료적 접근을 하는 것이다(37). 이 방법에 따르면 구역 II의 관통상, 즉 하악 각부(mandibular angle)부터 윤상연골(cricoid cartilage) 사이의 손상에 대해서는 탐색적 수술을 진행하도록 권고했다. 하지만 최근의 CTA 등 영상 검사의 발전에 힘입어 덜 침습적인 접근 방법들이 선호되고 있다(38-40). 2013년 제안된 한 진료 지침은 깊은 손상(platysma 침범)이면서 기도나 식도 손상, 신경학적 결

손, 현성 출혈의 직간접 소견, 혈액학적 불안정성의 소견들은 경성 징후(hard sign)로 분류하고 이때 즉시 수술적 치료를 고려하도록 하였고 경성 징후가 아닌 손상 의심 소견에 대해서는 있을 경우 CTA를 적극적으로 활용하도록 권고하였다(38). 다른 연구들에서는 구역과 무관하게(“no zone” approach) 이학적 검사와 CTA를 통한 평가를 통한 접근 방법도 제시한 바 있다(39-41). 깊은 부위의 손상이 의심되는 모든 환자에게 임상적 상황에 따라 즉시 치료 시작 또는 상황이 허락하는 경우 CTA 이후 치료 방침을 결정하는 것이 좋겠다.

경부 관통상의 상황에서 가장 좋은 검사는 CT 기반의 검사이다. MRI의 경우 잔존 이물질이 있어서 위험할 가능성이 있고 초음파의 경우 상처 부위를 통한 공기의 존재로 인해 평가 가능한 부위가 제한될 수 있다. CTA에서 관통상 평가 시 혈관의 손상과 주변 연조직과 장기 손상 정도를 함께 확인하는 것이 중요하겠다(42, 43). 영상 평가의 측면에서 카테터 혈관조영술 대비 CTA의 민감도와 특이도는 모두 90%를 상회한다고 알려져 있다(43).

## 인터벤션 치료

관통상에 속발한 경부 혈관 손상에 대해서는 보존적 치료 상황이 아니라면 수술적 치료에 보완적으로 혈관내 인터벤션의 경우에도 증례 보고 등의 후향적 연구 결과에서 효과적인 치료가 가능했다는 점은 증명되어 있다(44-47). 경우에 따라서는 혈관내 인터벤션 단독으로도 좋은 결과를 얻을 수도 있겠다(Fig. 4). 또한 저자의 기관에서는 우선적으로 인터벤션 치료에 이어 수술적 혈관 재건을 시행하기도 하고 있다. 2022년의 한 종설에 따르면 구역 I에서는 수술적 접근이 가능하며 불가능할 경우 인터벤션 치료, 구역 II의 경우 수술적 접근, 구역 III에서는 인터벤션 치료를 고려하도록 제시한 바 있다(48). 현재는 이전보다 수술적, 인터벤션 치료 양측 모두 발달된 기법과 기구들이 적용 가능하므로 다학제적 접근을 통해서 치료 방침을 적용하는 것이 적절하겠다.

## 외상성 비출혈(Traumatic Epistaxis)

### 기전과 임상적 특징 및 영상 소견

두개강의 두경부 혈관 손상은 둔상, 관통상, 폭발손상에서 다양한 형태로 나타날 수 있으나 저자들은 특히 임상적으로는 비강내 출혈이 조절되지 않는 경우를 주로 치료를 의뢰받고 있으며 일부 경부 혈관 손상에 대해서도 수술적 옵션에 대한 다학제적 고려 후 인터벤션 치료를 진행하고 있다. 외상 후 비강내 출혈에 대한 소규모 후향적 연구에서 4년간 단일기관에서 내경동맥에서 기인한 비출혈 6예와 외경동맥 분지에서 기인한 비출혈 8예를 보고한 바 있다(49). 조절되지 않는 비강내 출혈 환자 중 일부는 출혈 지점이 내경동맥이므로 혈관조영술이나 CT 판독 시에 내경동맥을 면밀히 살피는 노력이 필요하겠다.

### 인터벤션 치료

외상성 두경부 혈관 손상으로 인해 조절되지 않는 현성 출혈이 있는 경우 인터벤션 치료를 고려해 볼 수 있다. 특히 저자들의 기관에서는 외상 후 비강 및 부비동의 출혈이 국소적 압박, 혈관수축



**Fig. 4.** 32-year-old male sustained a penetrating neck injury and subsequent pseudoaneurysm.

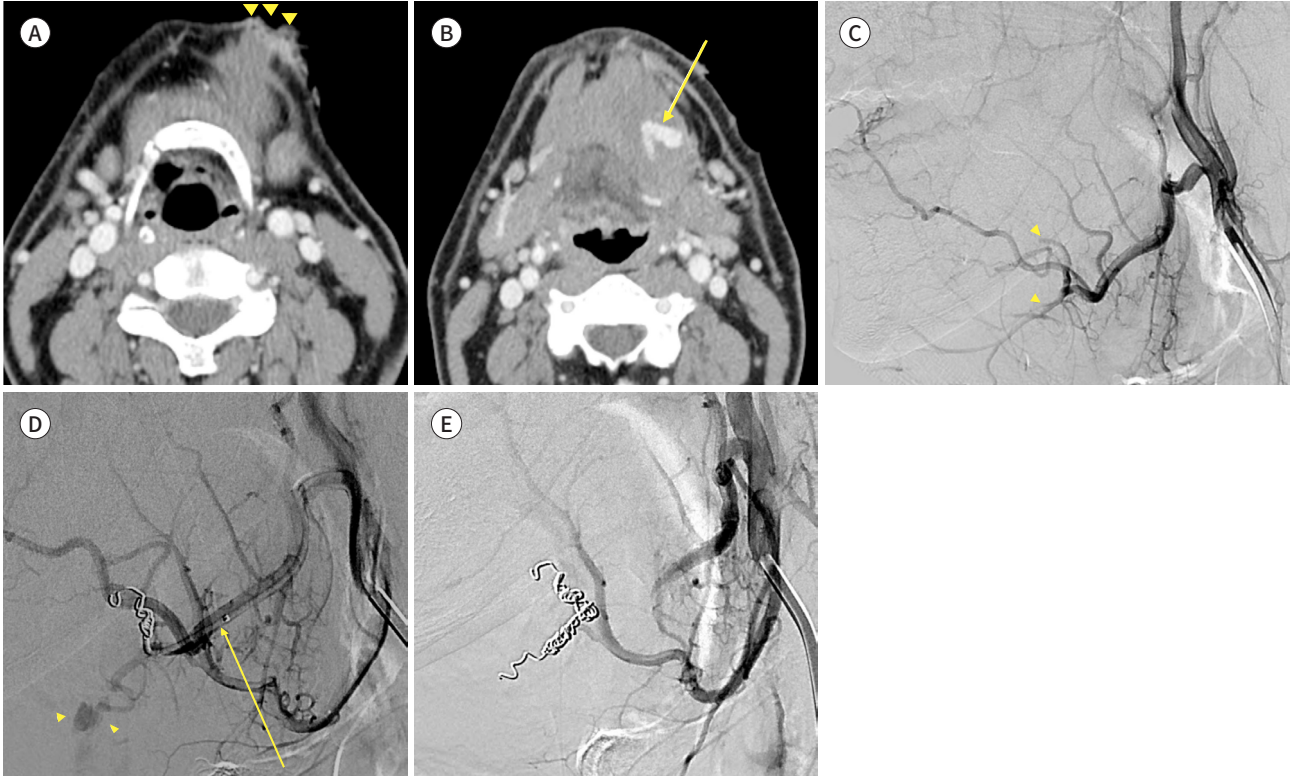
**A.** CT shows penetrating neck injury (arrowheads) by a sharp object at the level of the hyoid bone.

**B.** An irregular pseudoaneurysm is observed in the swollen left sublingual space (arrow).

**C.** Two truncated branches of the left facial artery (arrowheads) identified on the initial digital subtraction angiography prompted further selective angiography with a microcatheter.

**D.** After occlusion of the superior truncated branch with a few fiber coils, a microcatheter injection (arrow) reveals a pseudoaneurysm (arrowheads) originating from the submental artery.

**E.** The pseudoaneurysm was effectively cleared using multiple pushable fiber coils, and the patient had an uneventful recovery.



제를 적신 솜으로 패킹 또는 전기소작술 등으로도 조절되지 않고 출혈량이 많은 경우 색전술을 시도하고 있으며 대부분 기술적으로 성공적인 지혈이 가능하였다. 조절되지 않는 비강 출혈에 대한 색전술은 1974년 처음 시행된 이후 효과적이고 안전한 치료법으로 인정받고 있다(6, 7, 9).

비강의 혈관공급은 외경동맥과 내경동맥의 분지를 통해 이루어진다. 특히 외경동맥은 내상악동맥(internal maxillary artery)을 통해 나비입천장동맥(sphenopalatine artery)으로 분지하여 비강 대부분의 혈액을 공급한다. 이 외에 추가로 안면동맥(facial artery)이 외경동맥에서 분지되어 비강혈류에 일부 기여한다. 내경동맥은 눈동맥(ophthalmic artery)을 통해 앞, 뒤 사골동맥(anterior and posterior ethmoidal arteries)로 분지하여 비강의 천장 부위에 혈류를 공급한다. 한편 외경동맥 분지들은 뇌혈관들과의 잠재적 연결이 존재하는데 이들을 위험한 문합(dangerous anastomoses)이라고 부른다(50). 위험한 문합은 간접적인 연결까지 고려하면 사실상 두경부의 거의 모든 혈관에 존재할 수 있기 때문에 비강동맥 출혈에 대한 혈관내 색전술 시에 색전물질이 문합을 통해 흘러가 뇌경색이나 뇌신경마비 등 심각한 부작용을 유발할 수 있으므로 이를 피하기 위한 주의가 필요하다. 위험한 문합은 과거 여러 문헌에서 문합 채널을 주제로 자세히 다루고 있

어서 진료에 참조할만하다(50, 51). 본 종설에서 통합적으로 기술하는 대신 중요한 채널 몇 가지를 아래와 같이 요약해 보고자 한다.

안와 영역(orbital region), 바위정맥 영역(petrocavernous region), 그리고 후두-경부 영역(occipital-cervical regions)이 두개외-두개내 문합의 주요한 대표적인 영역으로 알려져 있다.

안와 영역에서는 외경동맥의 말단 분지인 얇은관자동맥(superficial temporal artery)이 눈동맥(ophthalmic artery)의 말단 분지인 눈확위동맥(supraorbital artery) 또는 도르래위동맥(supratrochlear artery)과 문합한다. 또 눈물샘동맥(lacrimal artery)이 되돌이뇌막동맥(recurrent meningeal artery)을 통해 중간뇌막동맥(middle meningeal artery)과 문합할 수 있다.

바위정맥 영역은 바위구역(petrous area), 비스듬틀구역(clival area), 해면정맥굴구역(cavernous sinus area)으로 나눌 수 있다. 바위구역에서는 하악동맥(mandibular artery)과 목동맥고실동맥(caroticotympanic artery)을 통해, 비스듬틀구역에서는 뇌막하수체동맥(meningohypophyseal trunk), 가측비스듬틀동맥(lateral clival artery)을 통해 그리고 해면정맥굴구역에서는 내경동맥의 분지인 하외측간(inferolateral trunk)을 통해 두개외-두개내 문합이 이루어진다.

후두-경부 영역에서는 척추동맥과 두개내 후방순환이 외경동맥의 분지 및 오름인두동맥(ascending pharyngeal artery), 후두동맥(occipital artery), 오름목동맥(ascending cervical artery) 그리고 깊은목동맥(deep cervical artery) 등의 경부 혈관과 문합을 이룰 수 있다. 저자들의 기관에서는 일시적 지혈 효과를 목적으로 하고 장기적인 허혈은 피하기 위한 목적으로 코일이나 체내 분해 흡수가 되는 젤라틴 스펀지 입자(gelatin sponge particles)를 큰 크기로 미리 잘라져 제품화된 색전물질을 주로 사용하여 내상악동맥을 색전하고 필요에 따라서 결순환로를 평가하여 추가적 색전술을 시행하고 있다.

이때 내경동맥에서 분지하는 눈동맥이 외경동맥에서 분지한 경우나, 외경동맥과 내경동맥 사이에 큰 크기의 문합이 있을 경우 색전술 중 압력이 증가하여 문합이 개통된 경우 색전물질이 눈동맥으로 흘러갈 수 있다. 이 경우 뇌경색이나 실명 등의 심각한 부작용을 유발할 수 있으므로 이를 피하기 위한 주의가 필요하다(50, 52). 따라서 색전술을 시행하기 전에 혈관조영술을 통해 혈관 변이나 문합 유무를 확인하는 것이 필요하고 만약 문합이 발견될 경우 조심스럽게 색전술을 진행해야 한다(Fig. 5).

## 외상성 경동맥해면정맥동루(Traumatic CCF)

### 기전과 임상적 특징 및 영상 소견

외상성 경동맥해면정맥동루(carotid-cavernous fistula; 이하 CCF)는 내경동맥 외상의 합병증으로 일어날 수 있는 동정맥류의 종류 중 하나이다. 내경동맥과 해면정맥동이 비정상적인 연결을 보이는 질환으로 BCVI의 경우 약 4%에서 일어난다고 알려져 있다(53). 본 종설에서는 치료 기법의 측면에서 특수성을 가지는 이 질환을 따로 설명하고자 한다.

CCF는 과거에는 배로우 분류(Barrow classification)를 이용하여 4개의 유형으로 나누었으나 저자들의 기관에서는 A형에 해당하는 직접형에 대해서는 CCF의 진단으로 사용하고 간접형의 경

**Fig. 5.** Following a pedestrian versus motor vehicle accident, a 55-year-old male experienced ongoing epistaxis despite attempts to stop the bleeding.

**A.** Initial CT angiography identifies a site of localized bleeding in the left nasal cavity (arrow).

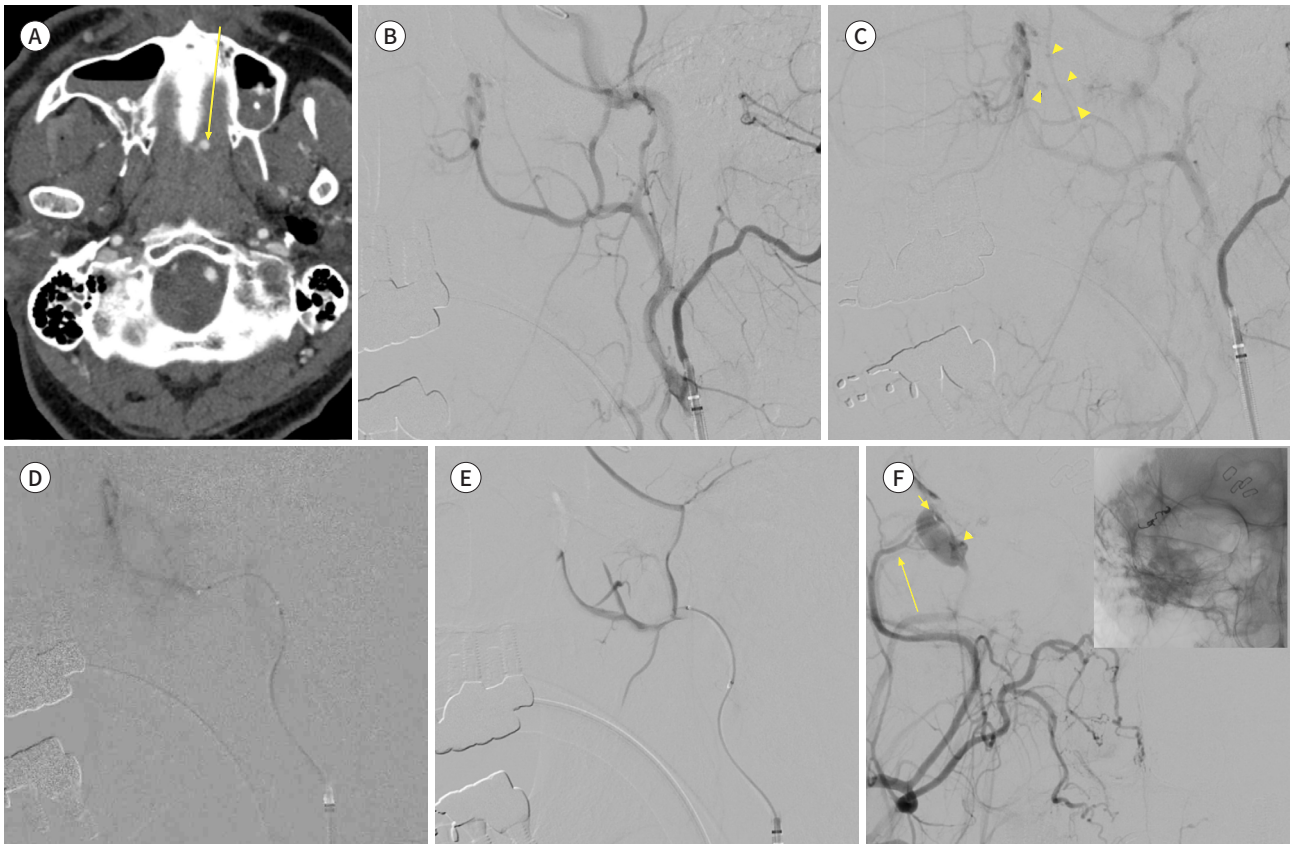
**B.** Early arterial angiography reveals no signs of hemorrhage.

**C.** Later-phase images reveal multiple sites of bleeding (arrowheads).

**D.** The left internal maxillary artery was accessed with a microcatheter, followed by embolization of the vessel using coarse gelatin sponge particles measuring 2–4 mm in size.

**E.** Post-embolization angiography verified successful hemostasis of the hemorrhagic foci.

**F.** In the same patient, a pseudoaneurysm (arrowhead) of the middle meningeal artery (arrows) is observed on contralateral external carotid artery injection. Considering the risk of occluding the ophthalmic artery through dangerous anastomoses, three fiber coils (one detachable, the other two pushable) were used (box) to obliterate the lesion rather than liquid embolic material. This case underscores the significance of detecting concurrent vascular injuries.



우 경막동정맥루로 표현하는 것을 선호한다. 직접형 CCF와 경막동정맥루가 얼핏 혈관조영술 상에서 비슷한 모양을 보일 수는 있으나 병태생리와 질환의 경과가 상이하기 때문이다. CCF는 안구돌출증, 공막위 정맥의 충혈 및 안와 잡음, 복시, 안검하수 등의 증상이 나타난다. 특히 비정상적인 고혈류로 인해 상안정맥(superior ophthalmic vein)으로의 압력이 증가한 상태가 오래 지속될 경우 시력상실로 이어질 수 있다. CCF가 의심될 경우 빠른 진단과 적절한 관리가 중요하다(10, 11, 54).

비침습적 검사로는 보통 CT나 MRI가 고려된다. CCF의 CT 소견으로는 안구돌출, 외안근의 비대, 상안정맥의 확장과 비틀림, 동측 해면정맥동의 확장 등이 있다(55). MRI 소견은 CT 소견과 유사하며 안와부종이나 해면정맥동에서 고혈류를 시사하는 time-of-flight MR angiography (TOF MRA)의 고신호강도나 신호 소실(signal void) 등의 소견도 동반하여 관찰된다(56, 57).

## 인터벤션 치료

저자의 기관에서는 CT와 MR에서 CCF가 의심되는 경우 진단의 확립과 치료 계획 수립을 위해서 디지털 감산 혈관조영술(digital subtraction angiography; 이하 DSA)을 시행한다. DSA 결과와 임상적 상황에 따라서 같은 세션 또는 입원 기간 내에 지연하여 인터벤션 치료를 계획하며 통상적으로 스텐트나 스텐트 그래프트로 혈관을 재구성하기 위해서 항혈소판제를 사용하면서 인터벤션 치료를 진행하게 된다. CCF는 자발적으로 사라지지 않고 두개내출혈이나 신경학적 증상을 유발할 위험이 높기 때문에 치료가 필요하다. 치료의 목표는 누공을 막고 모동맥인 내경동맥을 최대한 보존하는 것이다(55).

저자들은 일차적으로 관상동맥용 스텐트 그래프트로 치료하는 것을 고려하고 해부학적으로 불가능하거나 재발하는 경우 병변 전체 또는 재발 부위를 스텐트 및 풍선 보조하 코일 색전술의 방법으로 전환하고 있다.

CCF의 치료로는 색전술을 가장 우선적으로 시행하고 있다. 통상적 접근 경로에서 혈관 구조가 좋지 않을 경우 상안정맥으로도 접근을 해볼 수도 있다(58-60). 이 방법은 저자의 기관에서 카테터 경유, 경피적 직접 천자 혹은 외안부 안과 전문의와의 협진을 통해서 수술적 접근의 방법으로 상안정맥 접근을 시도한 바 있고 상안정맥 확장이 있는 경우 시도해 볼 수 있는 기법이다.

현재 국내에서 사용 가능한 방법들로는 관상동맥용 스텐트 그래프트(stent graft)의 설치, 스텐트 또는 풍선카테터 보조 하의 해면정맥동 색전술(코일, 액상 색전물질 등), 모동맥 색전술 등이 고려될 수 있다(10, 11, 55, 61-63). 스텐트 그래프트는 관상동맥용으로 개발되어 있어서 두개강 내에 설치 시 내경동맥의 해면정맥동 분절의 정상적 굴곡이 펴지는 현상이 발생할 수 있고, 굴곡의 정도에 따라서는 스텐트 그래프트의 진입이 어려운 경우가 있어서 해부학적 상황에 대한 고려가 필요하다.

저자 기관의 경험으로도 스텐트 그래프트의 재발이나 시술 자체의 실패가 발생하는 경우는 종종 있었다. 그러나 성공적으로 설치되는 경우 손상 혈관을 이상적으로 재건할 수 있어서 저자 기관에서는 일차적으로 고려하고 있는 기법이다.

스텐트나 풍선카테터 보조하에 정맥동 쪽의 색전술을 진행하는 것은 시술 시간이 길어지는 단점은 있으나 내경동맥의 굴곡이 심한 환자에서는 유용한 수단이 될 수 있다. 스텐트 그래프트 적용이 곤란한 경우 저자들은 풍선카테터를 이용하여 단락이 형성된 내경동맥 결손 부위를 찾아두고 미세도관을 동맥 경유 정맥동내 위치 시키고 추가적으로 정맥 경유 미세도관도 단락 근처의 해면정맥동에 1-2개 추가로 유지하면서 풍선 및 스텐트 보조 하 코일 색전술을 시행하고 있다. 만약 스텐트 그래프트 설치 후 재발 혹은 잔여 단락이 있는 경우라면 동맥경유 정맥내 또는 정맥 경유로 단락 위치에 미세도관을 두고 추가적인 코일 색전술과 뇌동맥류 경부 보조용 스텐트 설치를 시행하고 있다(Fig. 6).

대안적으로 고려되는 수술적 치료는 해면정맥동을 지나가는 많은 뇌신경이 손상받을 가능성이 있어 덜 선호되는 방법이며 저자의 기관에서는 인터벤션 치료로 대부분의 환자를 치료하고 있다(64).

**Fig. 6.** A 65-year-old female presented with debilitating left ophthalmodynia two weeks after a slip-and-fall. Preprocedural MR angiography confirmed the diagnosis of direct CCF.

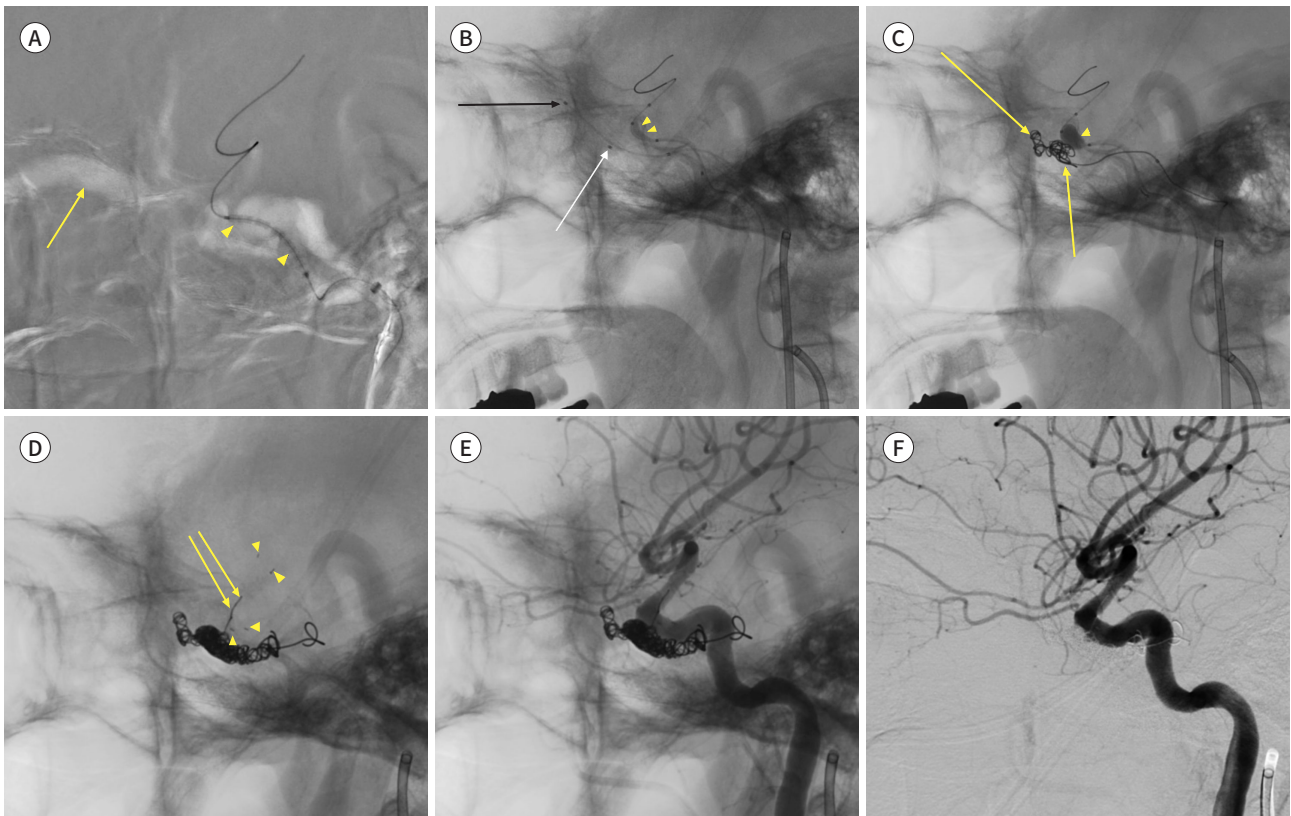
**A.** Stent-graft insertion was attempted, but due to vascular tortuosity, the stent-graft (arrowheads) could not cross the carotid siphon. The left superior ophthalmic vein was engorged (arrow).

**B.** Two 6-Fr guiding catheters were positioned at the left internal carotid artery and left internal jugular vein near the ipsilateral inferior petrosal sinus. The tip of a transvenous microcatheter is visible at the superior ophthalmic vein (black arrow), while another transarterial intravenous microcatheter has crossed the fistula point and its tip is now located in the left cavernous sinus (white arrow). A compliant balloon catheter has been partially inflated to prevent any potential coil herniation (arrowheads).

**C.** The coil frame (arrows) was created using multiple detachable coils, while the inflated compliant balloon (arrowhead) protected the fistula point to prevent possible herniation of the coil mass.

**D.** Within the parent artery, a protruding coil loop was observed (arrows), which was then stabilized by the insertion of a stent (arrowheads) to preserve vessel patency.

**E, F.** Unsubtracted (**E**) and subtracted (**F**). Postprocedural angiography demonstrate successful complete reconstructive repair of the CCF. CCF = carotid-cavernous fistula



## 결론

두경부의 외상에서 혈관내 인터벤션 치료에 대해서 문헌상 근거 수준은 높지 않으나 후향적 연구들을 바탕으로 살펴볼 때, 적절한 적응증으로 개별 환자에게 적용할 경우 환자들의 예후를 개선할 수 있다. 색전술을 시행하는 경우 특히 위험한 문합에 대한 고려가 필요하며, 스텐트나 스텐트 그래프트를 사용할 경우 항혈소판제 사용에 대한 다학제적 고려가 필요하다. 개별 환자의 두경부 내에서도 여러 종류의 혈관 손상이 동반될 수 있어서 CT와 같은 비침습적 영상 검사에 대한 면밀한 사전 검토가 권고된다. 고령화와 함께 두경부 외상의 빈도가 더 증가할 것으로 추정되므로 두

경부 외상에 대한 인터벤션 치료 사례도 증가할 것으로 예상된다.

### Supplementary Materials

English translation of this article is available with the Online-only Data Supplement at <https://doi.org/10.3348/jksr.2023.0034>.

### Author Contributions

Conceptualization, all authors; data curation, H.J.W., H.L.; investigation, all authors; project administration, all authors; resources, H.J.W., H.L.; supervision, L.J.I., H.L.; validation, all authors; writing—original draft, all authors; and writing—review & editing, all authors.

### Conflicts of Interest

JWH declares no conflicts of interest. JIL received honoraria for a lecture from Medtronic Korea, unrelated to the current work. LH received honoraria for lectures from GE Healthcare Korea and Medtronic Korea, unrelated to the current work.

### Funding

None

## REFERENCES

1. Dewan MC, Rattani A, Gupta S, Baticulon RE, Hung YC, Punchak M, et al. Estimating the global incidence of traumatic brain injury. *J Neurosurg* 2019;130:1080-1097
2. Song SY, Lee SK, Eom KS; KNTDB Investigators. Analysis of mortality and epidemiology in 2617 cases of traumatic brain injury : Korean Neuro-Trauma Data Bank System 2010-2014. *J Korean Neurosurg Soc* 2016; 59:485-491
3. Manley GT, Hutchinson PJ, Maas AIR, Rosenthal G, Huang MC, Adams H, et al. *Trauma overview and controversies*. In: Manley GT, Hutchinson PJ, Maas AIR, Rosenthal G, eds. Youmans & Winn neurological surgery. 7th ed. Philadelphia, PA: Elsevier 2017:2743-2747
4. Bragge P, Synnot A, Maas AI, Menon DK, Cooper DJ, Rosenfeld JV, et al. A state-of-the-science overview of randomized controlled trials evaluating acute management of moderate-to-severe traumatic brain injury. *J Neurotrauma* 2016;33:1461-1478
5. Halbach VV, Higashida RT, Dowd CF, Fraser KW, Smith TP, Teitelbaum GP, et al. Endovascular treatment of vertebral artery dissections and pseudoaneurysms. *J Neurosurg* 1993;79:183-191
6. Robinson AE, McAuliffe W, Phillips TJ, Phatouros CC, Singh TP. Embolization for the treatment of intractable epistaxis: 12 month outcomes in a two centre case series. *Br J Radiol* 2017;90:20170472
7. Sokoloff J, Wickbom I, McDonald D, Brahme F, Goergen TC, Goldberger LE. Therapeutic percutaneous embolization in intractable epistaxis. *Radiology* 1974;111:285-287
8. Ventureyra EC, Higgins MJ. Traumatic intracranial aneurysms in childhood and adolescence. Case reports and review of the literature. *Childs Nerv Syst* 1994;10:361-379
9. Strach K, Schröck A, Wilhelm K, Greschus S, Tschampa H, Möhlenbruch M, et al. Endovascular treatment of epistaxis: indications, management, and outcome. *Cardiovasc Intervent Radiol* 2011;34:1190-1198
10. Morón FE, Klucznik RP, Mawad ME, Strother CM. Endovascular treatment of high-flow carotid cavernous fistulas by stent-assisted coil placement. *AJNR Am J Neuroradiol* 2005;26:1399-1404
11. Choi BJ, Lee TH, Kim CW, Choi CH. Endovascular graft-stent placement for treatment of traumatic carotid cavernous fistulas. *J Korean Neurosurg Soc* 2009;46:572-576
12. Sokoloff J, Wickbom I, McDonald D, Brahme F, Goergen TC, Goldberger LE. Therapeutic percutaneous embolization in intractable epistaxis. *Radiology* 1974;111:285-287
13. Duke BJ, Ryu RK, Coldwell DM, Brega KE. Treatment of blunt injury to the carotid artery by using endovascular stents: an early experience. *J Neurosurg* 1997;87:825-829
14. Black JA, Abraham PJ, Abraham MN, Cox DB, Griffin RL, Holcomb JB, et al. Universal screening for blunt cerebrovascular injury. *J Trauma Acute Care Surg* 2021;90:224-231
15. Rodallec MH, Marteau V, Gerber S, Desmottes L, Zins M. Craniocervical arterial dissection: spectrum of imag-

- ing findings and differential diagnosis. *Radiographics* 2008;28:1711-1728
16. Burlaw CC, Biffi WL, Moore EE, Barnett CC, Johnson JL, Bensard DD. Blunt cerebrovascular injuries: redefining screening criteria in the era of noninvasive diagnosis. *J Trauma Acute Care Surg* 2012;72:330-337
  17. Biffi WL, Moore EE, Offner PJ, Brega KE, Franciose RJ, Elliott JP, et al. Optimizing screening for blunt cerebrovascular injuries. *Am J Surg* 1999;178:517-521
  18. Biffi WL, Ray CE Jr, Moore EE, Franciose RJ, Aly S, Heyrosa MG, et al. Treatment-related outcomes from blunt cerebrovascular injuries: importance of routine follow-up arteriography. *Ann Surg* 2002;235:699-706; discussion 706-707
  19. Biffi WL, Moore EE, Ryu RK, Offner PJ, Novak Z, Coldwell DM, et al. The unrecognized epidemic of blunt carotid arterial injuries: early diagnosis improves neurologic outcome. *Ann Surg* 1998;228:462-470
  20. Brommeland T, Helseth E, Aarhus M, Moen KG, Dyrskog S, Bergholt B, et al. Best practice guidelines for blunt cerebrovascular injury (BCVI). *Scand J Trauma Resusc Emerg Med* 2018;26:90
  21. Markus HS, Levi C, King A, Madigan J, Norris J; Cervical Artery Dissection in Stroke Study (CADISS) Investigators. Antiplatelet therapy vs anticoagulation therapy in cervical artery dissection: the cervical artery dissection in stroke study (CADISS) randomized clinical trial final results. *JAMA Neurol* 2019;76:657-664
  22. Müller BT, Luther B, Hort W, Neumann-Haefelin T, Aulich A, Sandmann W. Surgical treatment of 50 carotid dissections: indications and results. *J Vasc Surg* 2000;31:980-988
  23. Xianjun H, Zhiming Z. A systematic review of endovascular management of internal carotid artery dissections. *Interv Neurol* 2013;1:164-170
  24. Rutman AM, Vranic JE, Mossa-Basha M. Imaging and management of blunt cerebrovascular injury. *Radiographics* 2018;38:542-563
  25. Nagpal P, Policeni BA, Bathla G, Khandelwal A, Derdeyn C, Skeete D. Blunt cerebrovascular injuries: advances in screening, imaging, and management trends. *AJNR Am J Neuroradiol* 2018;39:406-414
  26. Larson PS, Reisner A, Morassutti DJ, Abdulhadi B, Harpring JE. Traumatic intracranial aneurysms. *Neurosurg Focus* 2000;8:e4
  27. Miley JT, Rodriguez GJ, Qureshi AI. Traumatic intracranial aneurysm formation following closed head injury. *J Vasc Interv Neurol* 2008;1:79-82
  28. Zheng Y, Lu Z, Shen J, Xu F. Intracranial pseudoaneurysms: evaluation and management. *Front Neurol* 2020;11:582
  29. Ding H, You C, Yin H. Nontraumatic and noninfectious pseudoaneurysms on the circle of Willis: 2 case reports and review of the literature. *Surg Neurol* 2008;69:414-417
  30. Amenta PS, Starke RM, Jabbour PM, Tjoumakaris SI, Gonzalez LF, Rosenwasser RH, et al. Successful treatment of a traumatic carotid pseudoaneurysm with the pipeline stent: case report and review of the literature. *Surg Neurol Int* 2012;3:160
  31. Buckingham MJ, Crone KR, Ball WS, Tomsick TA, Berger TS, Tew JM Jr. Traumatic intracranial aneurysms in childhood: two cases and a review of the literature. *Neurosurgery* 1988;22:398-408
  32. Benoit BG, Wortzman G. Traumatic cerebral aneurysms. Clinical features and natural history. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 1973;36:127-138
  33. Parkinson D, West M. Traumatic intracranial aneurysms. *J Neurosurg* 1980;52:11-20
  34. Fleischer AS, Patton JM, Tindall GT. Cerebral aneurysms of traumatic origin. *Surg Neurol* 1975;4:233-239
  35. Cohen JE, Gomori JM, Segal R, Spivak A, Margolin E, Sviri G, et al. Results of endovascular treatment of traumatic intracranial aneurysms. *Neurosurgery* 2008;63:476-486
  36. Niu Y, Zhou S, Tang J, Miao H, Zhu G, Chen Z. Treatment of traumatic intracranial aneurysm: experiences at a single center. *Clin Neurol Neurosurg* 2020;189:105619
  37. Monson DO, Saletta JD, Freeark RJ. Carotid vertebral trauma. *J Trauma* 1969;9:987-999
  38. Sperry JL, Moore EE, Coimbra R, Croce M, Davis JW, Karmy-Jones R, et al. Western Trauma Association critical decisions in trauma: penetrating neck trauma. *J Trauma Acute Care Surg* 2013;75:936-940
  39. Shiroff AM, Gale SC, Martin ND, Marchalik D, Petrov D, Ahmed HM, et al. Penetrating neck trauma: a review of management strategies and discussion of the 'no zone' approach. *Am Surg* 2013;79:23-29
  40. Nowicki JL, Stew B, Ooi E. Penetrating neck injuries: a guide to evaluation and management. *Ann R Coll Surg Engl* 2018;100:6-11
  41. Ibraheem K, Khan M, Rhee P, Azim A, O'Keeffe T, Tang A, et al. "No zone" approach in penetrating neck trauma reduces unnecessary computed tomography angiography and negative explorations. *J Surg Res* 2018;

221:113-120

42. Offiah C, Hall E. Imaging assessment of penetrating injury of the neck and face. *Insights Imaging* 2012;3:419-431
43. Steenburg SD, Sliker CW, Shanmuganathan K, Siegel EL. Imaging evaluation of penetrating neck injuries. *Radiographics* 2010;30:869-886
44. Yamanaka K, Yamamoto A, Ishida K, Matsuzaki J, Ozaki T, Ishihara M, et al. Successful endovascular therapy of a penetrating zone III jugular bulb injury. A case report. *Interv Neuroradiol* 2012;18:195-199
45. Maras D, Lioupis C, Magoufis G, Tsamopoulos N, Moulakakis K, Andrikopoulos V. Covered stent-graft treatment of traumatic internal carotid artery pseudoaneurysms: a review. *Cardiovasc Intervent Radiol* 2006;29:958-968
46. Kim Y, Choi CH, Lee TH, Cho HJ, Sung SM, Baik SK, et al. Endovascular stenting for symptomatic carotid dissection with hemodynamic insufficiency. *World Neurosurg* 2017;102:598-607
47. Lucas O, Naseem H, Davies JM, Reynold R, Bass KD. Endovascular treatment of a carotid artery pseudoaneurysm due to penetrating trauma in a pediatric patient. *J Pediatr Surg Case Rep* 2017;19:19-21
48. Lauzier DC, Chatterjee AR, Kansagra AP. Neurointerventional management of cerebrovascular trauma. *J Neurointerv Surg* 2022;14:718-722
49. Zhang Cw, Xie Xd, You C, Mao By, Wang Ch, He M, et al. Endovascular treatment of traumatic pseudoaneurysm presenting as intractable epistaxis. *Korean J Radiol* 2010;11:603-611
50. Geibprasert S, Pongpech S, Armstrong D, Krings T. Dangerous extracranial-intracranial anastomoses and supply to the cranial nerves: vessels the neurointerventionalist needs to know. *AJNR Am J Neuroradiol* 2009;30:1459-1468
51. Rinaldo L, Brinjikji W. Dangerous extracranial-intracranial anastomoses: what the interventionalist must know. *Semin Intervent Radiol* 2020;37:140-149
52. Willems PW, Farb RI, Agid R. Endovascular treatment of epistaxis. *AJNR Am J Neuroradiol* 2009;30:1637-1645
53. Miller PR, Fabian TC, Croce MA, Cagiannos C, Williams JS, Vang M, et al. Prospective screening for blunt cerebrovascular injuries: analysis of diagnostic modalities and outcomes. *Ann Surg* 2002;236:386-395
54. Barrow DL, Spector RH, Braun IF, Landman JA, Tindall SC, Tindall GT. Classification and treatment of spontaneous carotid-cavernous sinus fistulas. *J Neurosurg* 1985;62:248-256
55. Gemmete JJ, Chaudhary N, Pandey A, Ansari S. Treatment of carotid cavernous fistulas. *Curr Treat Options Neurol* 2010;12:43-53
56. Ikawa F, Uozumi T, Kiya K, Kurisu K, Arita K, Sumida M. Diagnosis of carotid-cavernous fistulas with magnetic resonance angiography—demonstrating the draining veins utilizing 3-D time-of-flight and 3-D phase-contrast techniques. *Neurosurg Rev* 1996;19:7-12
57. Kim D, Choi YJ, Song Y, Chung SR, Baek JH, Lee JH. Thin-section MR imaging for carotid cavernous fistula. *AJNR Am J Neuroradiol* 2020;41:1599-1605
58. Phan K, Xu J, Leung V, Teng I, Sheik-Ali S, Maharaj M, et al. Orbital approaches for treatment of carotid cavernous fistulas: a systematic review. *World Neurosurg* 2016;96:243-251
59. Uflacker R, Lima S, Ribas GC, Piske RL. Carotid-cavernous fistulas: embolization through the superior ophthalmic vein approach. *Radiology* 1986;159:175-179
60. Catapano JS, Srinivasan VM, De La Peña NM, Singh R, Cole TS, Wilkinson DA, et al. Direct puncture of the superior ophthalmic vein for carotid cavernous fistulas: a 21-year experience. *J Neurointerv Surg* 2022 Oct 19 [Epub]. <https://doi.org/10.1136/jnis-2022-019135>
61. Tiewei Q, Ali A, Shaolei G, Feng L, Zhongsong S, Xuesong L, et al. Carotid cavernous fistulas treated by endovascular covered stent grafts with follow-up results. *Br J Neurosurg* 2010;24:435-440
62. Gomez F, Escobar W, Gomez AM, Gomez JF, Anaya CA. Treatment of carotid cavernous fistulas using covered stents: midterm results in seven patients. *AJNR Am J Neuroradiol* 2007;28:1762-1768
63. Petrov I, Stankov Z, Boychev D, Klissurski M. Use of coronary stent grafts for the treatment of high-flow carotid cavernous fistula. *BMJ Case Rep* 2021;14:e245922
64. Tytle TL, Punukollu PK. Carotid cavernous fistula. *Semin Cerebrovasc Dis Stroke* 2001;1:83-111



## 두경부 외상의 인터벤션

한재원<sup>1</sup> · 이재일<sup>2,3</sup> · 황보리<sup>1,3\*</sup>

두경부 외상은 뇌를 포함한 중요 장기들의 손상을 동반하며 특히 혈관 손상의 경우 영구적 장애를 야기하거나 사망에 이르게 할 수 있어서 적시에 치료가 진행되어야 한다. 혈관내 인터벤션 치료에 대한 문헌적 근거 수준은 높지 않으나 기술의 발전에 힘입어서 혈관 손상의 치료에 대한 좋은 대안이 되고 있다. 고전적인 손상 혈관에 대한 색전술을 통한 치료 이외에도 개선된 혈관내 기구들을 통해 재건적 혈관 치료가 가능해지고 있어서 적절하게 시행될 경우 외상 환자의 예후 개선에 기여할 수 있다. 혈관 손상 치료의 방법은 외상 기전에 따라 상이하며 특정 임상적 상황에서 시술 방법이 달라질 수 있다. 이를 고려한 혈관내 인터벤션을 증례 중심으로 고찰해 보고자 한다.

부산대학교병원 <sup>1</sup>영상의학과, <sup>2</sup>신경외과, <sup>3</sup>의생명연구원