apm ANESTHESIA & PAIN MEDICINE

Anesth Pain Med 2019;14:123-134
https://doi.org/10.17085/apm.2019.14.2.123
pISSN 1975-5171 • eISSN 2383-7977

종설

KSNACC

신경방사선학적 중재술의 마취관리

최준권

동국대학교 일산병원 마취통증의학과

Anesthetic management for interventional neuroradiology

Jun Gwon Choi

Department of Anesthesia and Pain Medicine, Dongguk University Ilsan Hospital, Goyang, Korea

Received February 8, 2019
Accepted April 2, 2019

Corresponding author
Jun Gwon Choi, M.D.
Department of Anesthesia and Pain Medicine, Dongguk University Ilsan Hospital, 27 Dongguk-ro, Ilsandong-gu, Goyang 10326, Korea
Tel: 82-31-961-7873
Fax: 82-31-961-7864
E-mail: cjanes@naver.com
ORCID
https://orcid.org/0000-0001-6375-799X

With the field of neuroradiological procedures consistently expanding, breaking the border between the medical and surgical treatment, anesthetic involvement in those procedures is also increasing, which underscores the importance of related anesthesia management. The objective of this study is to review the closing or open endovascular procedures for intracranial aneurysm, arteriovenous malformation, acute ischemic stroke, and carotid stenosis and related anesthetic implications.

Keywords: Anesthesia; Arteriovenous malformation; Carotid stenosis; Endovascular procedures; Intracranial aneurysm; Stroke.

서 론

중재적신경방사선학(interventional neuroradiology, INR)은 중추신경계의 병소를 최소 침습적 방법으로 진단하고 치료하는 분야로서, 통증치료, 경피적 시술 등의 비혈관성중재(nonvascular intervention)와 주로 마취관리가 필요한 혈관 내 치료(endovascular treatment, EVT)를 포함하며, 여기서 다룰 EVT는 다음의 두 분야로 나눌 수 있다.

· 개통술(opening procedures): 급성 허혈성 뇌졸중(acute ischemic stroke, AIS), 두개내 외 혈관 협착(extra or intracranial artery stenosis), 지주막하 출혈의 혈관경련(vasospasm of subarachnoid hemorrhage, SAH) 등에서의 막힌 혈관의 재관류 혹은 혈관 재형성(reperfusion or revascularization)

· 폐쇄술(closing procedures): 파열 혹은 비파열 두개내동맥류(ruptured or unruptured intracranial aneurysms, RIA or UIA), 동정맥기형과 누공(arterio-venous malformation, AVM and fistulae)에서의 비정상 혈관의 폐색, 술전 종양색전술(preoperative embolization of tumors)

이들 개통 혹은 폐쇄를 위한 EVT는 최근 들어 양적인 팽창이 가속화되고 있으며, 영상촬영 기법, 네비게이션 기술, 코일, 색전용 액체, 미세도관(microcatheter), 스텐트 등 관련된 기술과 장비 또한 눈부시게 발전하고 있다. 아울러 숙련된 EVT 전문가들이 늘어나고 체계적인 교육이 가능해지면서 EVT는 더 이상 단순한 보조적 영역이 아닌 수술과 상호보완적이면서도 독립적인 영역으로 탈바꿈하고 있으며, 내과적 치료영역과 외과적 치료영역의 경계를 허물어뜨리고 있다. 현재 이들 EVT의 안전성과 유효성에 관한 많은 경험들이 축적됨에 따라 마취관리의 중요성 또한 더욱 커지고 있다.

INR 영역의 진단과 치료를 위해 가장 기본이 되는 영상 기법은 high-resolution fluoroscopy와 high-speed digital subtraction angiography이다. 이는 정찰필름(scout film)으로부터 뼈나 비혈관성 구조물을 뺀 조영제에 의한 혈관의 영상만을

실시간으로 얻는(road mapping) 기법으로서 움직임이 없어야 좋은 영상을 얻을 수 있다. 아울러 환자 머리 쪽에 위치하는 C-arm의 회전을 통하여 얻은 영상들을 재조합 하여 3D 영상을 얻을 수 있으며 이를 통해 비정상 혈관구조물에 대한 입체적 계측, 치료의 적절성 여부 등에 대한 정보를 얻을 수 있다. 하지만 혈관조영실에서 이루어지는 이 영상기법으로 인해 이곳에서 일하는 모든 사람들은 일반적인 진단 검사보다 훨씬 더 높은 방사선 피폭의 위험을 마주하게 되는데, 환자 머리 주변의 C-arm에서 발생하는 산란 방사선의 농도는 마취의의 주된 업무 공간인 정맥로나 마취기 주변이 특히 높다고 알려져 있다[1]. 방사선배지와 함께 납가운, 갑상선 보호대, 납안경 등의 방사선 보호장구를 반드시 착용해야 하고 방사선 피폭량은 거리의 제곱에 반비례하게 되므로 가능하다면 최대한 떨어진 곳에서 필요한 일들을 해야 한다. 시술의와 달리 마취의에 대한 방사선 보호 표준지침이 없다 보니 백내장과 같은 방사선 피폭의 영향에 가장 민감한 눈에 대한 보호에 소홀한 경우가 흔하므로 이에 대한 각별한 관심과 주의가 필요하다[1].

혈관 내 치료 마취를 위한 일반적인 고려사항

비침습적인 촬영의 경우라도 협조의 문제, 의식의 변화, 유・소아, 폐소공포증 등의 상황에서는 진정이나 전신마취가 필요할 수 있다. Magnetic resonance imaging (MRI) 촬영의 경우 pacemaker를 가지고 있는 환자는 촬영실의 안전선을 넘어서는 안 되며, 환자와 동행해야 하는 의료진은 강자성을 가지는 모든 물질을 제거해야 하고, 마취기나 감시장비 모두 MRI 호환성과 함께 기능과 환자의 안전 측면에서 문제가 없어야 한다. 흉골 철사, 외과용 클립, 인공 심장 판막, 관절 내 인공 삽입물 등은 수술 후 6주가 경과했다면 촬영에 문제가 없다고 알려져 있다.

EVT를 위한 마취의 선택은 시술의나 환자 혹은 마취의의 선호도, 환자상태, 질환 요인, 시술 요인 등에 좌우되며, 현재까지는 논란에도 불구하고 마취 종류가 결정적인 치료성적의 차이를 만든다는 증거는 없다. AIS의 경우, 전신마취가 의식하진정에 비해 기계적 혈전제거술 사망률이나 이환율을 증가시킨다는 보고도 있으나, 최근의 무작위 임상연구는 마취방법에 따른 차이가 없음을 보고하고 있다[2,3]. 국소마취 단독 혹은 진정과의 병행하에서는 시술 동안에 신경학적 평가가 가능하고, 협심증과 같은 증상을 표현할 수 있으며, 뇌혈류의 자동 조절이 유지되어 뇌관류가 저해되는 위험성을 줄일 수 있다. 또한, 마취유도 혹은 회복과 관련된 합병증을 피할 수 있으며, 필요한 경우 신속하게 시술을 시작할 수 있다. 진정을 시행한다면 마취의가 관리하는 것이 안전하고 전신마취로의 전환 가능성은 항상 대비해야 한다. 전신마취는 시술의의 선호도도 중요하지만, 시술 시간이나 난이도의 증가, 혈역학적 불안정성, 협조나 의사소통의 문제, 장시간 누워 있을 수 없는 상황, 예상되는 어려운 기도관리나 폐흡인의 위험성 등이 있을 때 우선적으로 선택이 되며, 환자의 움직임에 의한 치명적인 합병증 발생을 막을 수 있고, 움직임으로 인한 영상의 질 감소가 없으며, 시술 중의 응급상황에 대한 빠르고 적절한 대처(기도관리, 혈압관리, 이산화탄소 분압관리)가 가능하다. 전신마취를 위해서는 기본적인 마취전 상태평가에 더하여, 신경학적 평가, 질환의 자연경과와 병태생리, 동반질환, 계획된 시술의 종류 등이 잘 파악되어야 한다. 개두술을 위한 뇌신경마취와 마찬가지로 두개내압(intracranial pressure, ICP)의 상승을 예방하면서 뇌관류압(cerebral perfusion pressure, CPP)을 유지하고, 시술 중의 합병증 발생에 적절하게 대처하는 것이 마취관리의 핵심이다. 전정맥마취(total intravenous anesthesia)와 흡입마취의 비교 우위는 확립되어 있지 않다. 뇌허혈 감시를 위해 뇌파검사와 같은 신경계 감시가 시행된다면 전정맥마취나 0.5 최소폐포농도(minimum alveolar concentration)를 넘지 않는 범위에서 흡입마취가 이루어져야 한다. N_2O의 사용은 시술 중 미세 공기색전의 팽창을 유발할 수 있고, 회복 시 구역/구토를 증가시켜 신경학적 합병증을 유발할 수 있는 점 등을 감안해야 한다. 혈압 상승의 예방과 빠른 신경학적 평가를 위해 부드럽고 신속하게 마취로부터의 각성과 필요한 발관이 이루어져야 한다. 회복 후에 심한 두통이나 새로운 신경학적 결손이 나타나면 신속한 영상촬영을 통해 진단이 내려져야 한다. EVT 마취를 위해 공통적으로 적용되는 일반적인 고려 사항들은 다음과 같다.

- 삼차원적인 영상과 술기 상의 필요로 인하여 수술대가 자주 움직일 수 있고, 또한 방사선 노출을 최소화하는 거리를 확보해야 하므로 마취기로부터 환자 기관내삽관튜브를 포함한 호흡회로, 수액 라인, 감시모니터 라인은 모두 충분히 길이에 여유가 있어야 하며 꺾이거나 당겨지지 않도록 주의해야 한다. 강화(reinforced) 기관내삽관튜브도 이러한 목적에 부합한다.
- 표준 감시법과 함께 침습적 동맥압 감시가 필요하다. 시술부위인 대퇴동맥 삽입침(introducer)의 side port를 이용하여 동맥압 감시를 할 경우 마취유도 시와 시술 종료 후에는 사용할 수 없으므로 환자의 상태나 시술의 종류에 따라 사용 여부를 미리 정해야 한다.
- 방사선 영상기기의 작동과 맞물려 실내온도 조절을 마음대로 할 수 없으며 장시간 시술이 이루어질 수 있으므로 저체온의 가능성에 대비해야 한다.
- 치명적인 합병증의 발생을 막고 좋은 영상을 얻기 위하여 환자의 움직임을 방지하는 것은 매우 중요하며 이를 위해 지속적인 신경근 감시가 필요하다. 때로는 간헐적인 인공 환기의 중단이 필요하다.
- 도뇨관을 거치해야 하며, 고장성의 조영제에 의한 이뇨작용, 시술 동안 주입되는 헤파린 희석액의 양 등을 감안하여 수액

관리를 해야 한다.

· 수술실 안에 혈관조영실이 위치하지 않는다면 친숙하지 않은 환경과 인력, 시설 및 장비, 약물의 제약으로 인해 응급상황에 대한 대처가 어려운 상황에 놓일 수 있으므로 이를 대비해야 한다.

· EVT로 인한 출혈성 혹은 폐쇄성 합병증의 신속한 진단 및 치료를 위해 지속적인 감시와 시술의와 마취의 사이의 소통이 중요하다.

· 조영제에 의한 유해반응은 알레르기 반응, 조영제의 고장성, 직접적인 심장억제 등으로 발생한다. 요오드조영제에서 알레르기 반응은 0.6%, 심한 반응은 0.04% 정도 발생하며 가돌리늄 조영제는 이보다 더 드물게 발생한다고 알려져 있는데, 이전의 조영제 유해반응, 천식의 기왕력 등은 이 위험성을 높인다. 심한 심질환, 신질환, 불안 등도 조영제로 인한 비알레르기성 유해반응의 위험요소로 알려져 있다[4]. 조영제신병증(contrast induced nephropathy)은 요오드조영제로 인한 급성신손상이며, 기존의 신질환이 가장 중요한 위험인자로서 알려져 있고, 고령, 당뇨, 고혈압, 고용량의 조영제 주입, 체액 결핍, 심혈관질환, 신독성 물질의 동시 투여 등도 위험 인자들로 거론되고 있다. 신성전신섬유증(nephrogenic systemic fibrosis)은 가돌리늄조영제로 인한 유해반응이며 만성 혹은 급성의 신손상이 발생 위험성을 증가시킨다[4].

뇌동맥류의 혈관 내 치료와 마취관리

1962년 러시아의 신경외과 의사인 Fedor Serbinenko가 라텍스 풍선(latex balloon)을 이용한 EVT를 뇌동맥류에 처음 적용한 이후[5], 1990년, Dr. Guido Guglielmi는 이를 토대로 분리가능한 코일기술을 임상에 적용하였으며, 이 Guglielmi detachable coil (GDC) 색전술은 정확한 위치에 코일을 삽입하여 뇌동맥류의 폐색을 가져올 수 있는 혁신적인 변화를 가져왔다[6]. 이 혁신적인 EVT는 1995년에 미국 Food and Drug Administration (FDA)의 승인을 받았는데 기존의 외과적 수술로는 위험성이 매우 높거나 수술이 불가능하다고 판단될 경우로 그 적응증이 명시되었다. 1990년대 말부터 2000년대 초 사이에 EVT의 많은 경험들이 축적되었는데, RIA 환자들에서 1년간의 사망률과 장애 발생률을 비교했을 때 EVT가 외과적 결찰술(surgical clipping)보다 우수하다는 2002년의 International Subarachnoid Aneurysmal Trial (ISAT) 연구결과는 EVT를 보완적 치료 개념으로부터 경쟁적 혹은 대체적 치료의 개념으로 이동시키는 계기가 되었으며, ISAT 이후 최장 18년까지의 추적조사와 Barrow Ruptured Aneurysm Trial (BRAT) 및 이후의 추적조사에서도 그 안전성과 유효성이 입증되었다[7-9]. UIA의 경우에 International Study of UIAs (ISUIA), Analysis of Treatment by Endovascular approach of Nonruptured Aneurysms (ATENA), 메타분석 등을 통해 그 안전성과 유효성이 보고되었지만 아직까지는 좀 더 장기간의 추적조사가 필요하다[10-12]. 사망률이나 이환율 이외에 동맥류의 완전폐색과 지속성 역시 치료 성과를 반영하는 중요한 요소인데, 해부학적 난이도에 따라 다르지만, EVT는 외과적 결찰술에 비해 동맥류의 불완전한 폐색율과 재치료율이 높다고 알려져 있으며, 이는 EVT 초기의 사망률과 이환율에서의 장점을 흐리게 만들 수 있다. 그럼에도 장기적으로 그로 인한 사망이나 심각한 장애의 위험성은 높지 않고 폐색의 지속성 또한 신뢰할 수 있다고 알려져 있다[7,13,14]. EVT 후의 재개통이나 재치료의 위험인자들로서 최초의 불완전한 폐색, 동맥류의 파열, 후방순환, 크기(> 10 mm), 넓은 목, 중뇌동맥 분지 동맥류(middle cerebral artery bifurcation aneurysm) 등이 거론되고 있다[15-17].

외과적 결찰술과 EVT 중 어느 치료법을 선택할지에 대한 결정은 시술의의 경험과 기술, 다학제간 교통, 파열 여부, 연령, 동반 질환, 동맥류의 특성(크기, 위치, 모양 등), SAH grade, 뇌출혈 동반 여부 등을 모두 고려하여 사례별로 이루어져야 한다. 일반적으로, 기대여명이 짧은 고령 환자, 외과적 수술에 동반되는 위험도가 높은 환자, 목이 좁거나 크기가 크지 않은 동맥류, 후방순환 동맥류 등에서는 EVT가 장점이 있다고 알려져 있으며, 이와는 달리 넓은 목(dome/neck ratio < 2, 혹은 neck width > 4 mm), 혈관내 접근성의 문제, 불안정한 내강 혈전(intraluminal thrombus), 동맥류 목에서의 동맥 분지, 매우 작은 크기(< 3 mm) 등은 EVT를 어렵게 하는 요소로서 거론되고 있다[18,19]. 하지만 ISAT 이후의 EVT의 양적인 팽창과 더불어 기술과 장비의 발전이 동반되면서, EVT의 영역은 앞에서 언급된 해부학적 난제의 영역으로 점진적으로 확대되고 있다. 카테터, 마이크로카테터, 네비게이션 기술이 발전하면서 혈관내 접근성이 향상되고 있고, 생물학적으로 불활성인 bare platinum 코일에 활성물질을 코팅한 새로운 코일들이 개발되어 적용되고 있다. 코일 안과 주변의 섬유화를 촉진시켜 패킹의 지속성을 증가시키는 polymer-coated 코일이나, 혈액같은 액체 상태에서 팽창함으로써 더 치밀한 패킹을 만들어 재개통을 제한하는 hydrogel-coated 코일 등과 같은 활성 코일들은 기존의 코일과 비교해서 이론적인 장점이 크게 나타나고 있지 않지만 어려운 동맥류의 경우에는 재발을 낮출 수 있을 것으로 기대되고 있다[20-22]. 넓은 목을 가진 동맥류처럼 GDC 단독으로는 치료가 어려울 때는 balloon-assisted coiling, stent-assisted coiling (Fig. 1), balloon-assisted coiling with stent deployment 등이 안전하고 효과적으로 쓰이고 있다. 하지만 스텐트의 거치로 인한 항혈소판제의 사용은 급성의 RIA에서는 출혈의 위험성을 증가시키고 예상보다 혈전색전증이 예방이 되지 않는다고 알려져 있어 이러한 상황에서는 stent-assisted coiling을 피하는 것이 현

명해 보인다[23]. 기존의 코일 패킹 대신 높은 금속 성분을 가진 조밀한 스텐트를 모동맥에 동맥류 목을 가로질러 거치하여 둘 사이의 혈류를 분리하여 결과적으로 동맥류의 위축을 가져오는 flow diversion 기술은(Fig. 2) 최초로 FDA 승인을 받은 Pipeline Embolization Device (PED, eV3/Covidien, USA) 사용 경험이 쌓이고 다양한 flow diverter들이 개발, 적용되면서, 넓은 목을 갖거나 크기가 큰 동맥류, 혹은 방추형(fusiform)이나 수포형(blister)의 복잡한 동맥류에서 좋은 치료 성적을 보여주고 있다[25,26] 최근에는 Woven EndoBridge (WEB, Sequent Medical, USA)와 같이 동맥류 안에 직접 거치하여 팽창시킴으로써 동맥류 혈류를 차단하는 flow diversion 기술의 안전성과 유효성이 큰 기대를 받고 있다[27]. 현재 외과적 수술과 EVT가 모두 가능한 상황에서는 EVT가 우선적으로 선택되며, 한국에서는 2013년에 EVT 건수가 외과적 결찰술을 넘어선 이후 전체 건수의 2/3 이상에서 EVT가 시행되고 있다[28].

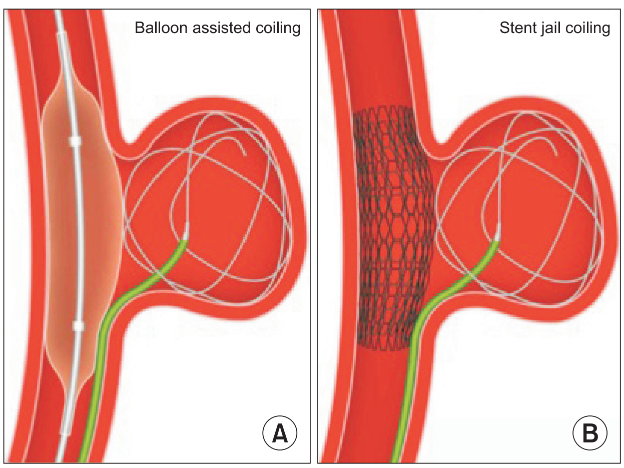

Fig. 1. Schematic diagram of balloon-assisted coiling (A) and stent jail techniques (B) for wide-necked aneurysms. Reprinted from the article of Zhao et al. (Angiology 2018; 69: 17-30) [24].

마취관리

EVT는 외과적 결찰에 비해 덜 침습적이며 자극이 크지 않고 경막절개와 뇌의 노출, 뇌견인, 일과성 동맥결찰 등을 피할 수 있다는 장점이 있다. 기본적으로 일반적인 외과적 결찰술과 같은 마취관리의 원칙이 적용되며, 그 시작은 뇌동맥류의 임상경과에 대한 이해로부터 출발한다. RIA의 경우 SAH 발생 이후 첫 24시간, 그 중에서도 첫 6시간이 재출혈의 가능성이 가장 크고, 4-14일 사이 그 중에서도 7-10일 사이에는 혈관연축(vasospasm)과 그에 의한 지연성 뇌허혈(delayed cerebral ischemia)의 가능성이 크기 때문에, SAH 경과시간을 감안하여 재출혈 및 뇌허혈의 예방에 각별한 관심과 주의를 가져야 한다. 예컨대, SAH 발생 후 첫 몇 시간 안에 이루어 지는 환자 이송과 뇌혈관조영술 시에는 특히 고혈압의 발생에 주의해야 한다. 술전 준비로서 신경학적 상태, 동반된 다른 질환, 동맥류의 파열 여부, SAH 이후의 경과 시간, 기저혈압, 심근의 이상 혹은 심전도의 변화, 혈관내용적 상태, 전해질 이상 등에 대한 철저한 평가가 우선되어야 한다. 혈압관리는 이러한 마취전 평가에 기반하여 개별화되어야 하는데, SAH 이후 발생한 고혈압의 인위적 치료는 뇌허혈의 위험성을 증가시켜 치료결과를 나쁘게 한다는 사실이 알려져 있고,

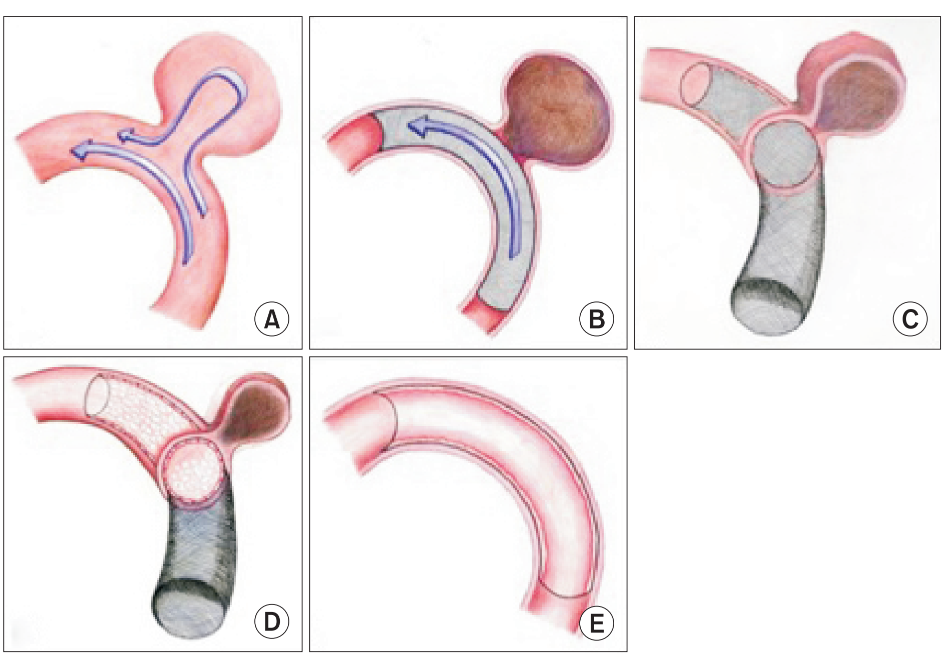

Fig. 2. Flow diversion concept: placement of a high-mesh density stent (flow diverter) in the parent vessel disrupts blood flow into the aneurysm (A and B), allowing for progressive intra-aneurysmal thrombosis over time with subsequent obliteration of the aneurysm (C and D). Additionally, the flow diverter provides a scaffold for neoendothelialisation, which treats the weakened abnormal arterial wall and isolates the aneurysm from the parent circulation resulting in durable occlusion of the aneurysm (E). Reprinted from the article of Jiang et al. (Stroke Vasc Neurol 2016; 1: 93-100) [25].

반대로 과도한 혈압 상승은 재출혈의 위험성을 증가시키므로 "개별화된 정상범위"의 혈압 관리가 중요하다[29]. 2012 SAH guideline에서는 SAH 증상 발현 후 동맥류 폐쇄 전까지의 내과적 치료에서, 뇌허혈을 예방할 수 있는 뇌관류압을 유지하면서도 재출혈의 예방을 위해 수축기 혈압을 160 mmHg 아래로 유지하는 것을 제시하고 있다[29]. 마취와 관련하여 확립된 혈압에 대한 지침은 없지만, 일반적으로 신경학적 상태가 좋은 환자라면 140 mmHg 아래로 유지하고, 신경학적 상태가 나빠서 뇌관류압 감소의 가능성이 높은 환자에서는 이보다 높은 혈압이더라도 인위적인 감압은 피하는 것이 현명하다고 판단이 된다. 동맥류 폐색을 시행한 후라면 이미 경색이 있거나 심한 고혈압이 아니라면 적극적인 혈압 조절은 추천되지 않는다. 앞에서 언급한 대로 뇌관류압을 유지하여 뇌허혈을 막으면서도 동맥류 경벽압(transmural pressure = CPP = mean arterial pressure – ICP)의 지나친 증가를 막는 것이 마취관리의 핵심이다. 마취유도 시에는 재출혈을 유발하는 동맥류 경벽압의 증가를 막기위해 과환기에 의한 두개내압의 감소나 기관내삽관 자극에 의한 혈압 상승을 억제하는 것이 중요하고, 아울러 환자의 신경학적 상태가 나쁘다면 약용량 등에 주의하여 뇌허혈을 조장하는 심한 혈압감소를 예방해야 한다. 마취 유지를 위해 전정맥마취나 균형 흡입마취 모두 사용될 수 있지만 모든 흡입마취제는 농도에 비례하여 뇌혈관을 확장시키고 이로 인한 뇌혈량의 증가와 두개뇌압의 상승을 유발할 수 있으며 뇌혈류의 자동조절능과 이산화탄소에 대한 반응성을 감소시킬 수 있음을 알아야 한다. 자주 동반되는 심근 혹은 심전도 상의 이상 소견을 감시하고 저칼슘혈증, 저칼륨혈증, 뇌성 염분소실증후군(cerebral salt wasting syndrome) 등에 의한 저나트륨혈증, 혈관내 용적의 감소 등에 대한 적절한 처치가 필요하다. 신경학적 평가를 위한 빠른 회복이 필요한 경우가 많으며, 적극적인 통증조절과 혈역학적 안정을 위해 노력해야 한다. 동맥류의 모양, 위치, 크기, 보조적 기구의 사용 등에 따라 다양하지만 시술 중에 발생하는 출혈성 합병증은 2–5% 정도, 허혈성 합병증은 이보다 많은 4–8% 정도로 보고되고 있다[12,30,31]. 따라서 이에 대한 시술의와 마취의 사이의 의사 소통이 중요하며, 상황에 따른 시술의의 혈압에 대한 요구를 적절히 반영할 필요가 있다. 시술 중의 갑작스러운 혈압의 상승과 서맥(Cushing response) 혹은 조영제의 누출이 있다면 출혈의 가능성이 높으므로 빠른 의사소통과 함께 protamine의 투여를 고려해야 한다. 출혈량이 늘어날 경우 혈압을 낮게 유지할 필요가 있으며 혈중 이산화탄소 농도는 정상에 가깝게 유지한다. 시술 현장에서 코일을 패킹하거나 풍선을 동맥류 부위에서 팽창시켜 치료할 수 있으며, 응급 뇌실외배액술이나 개두술이 필요할 수도 있다. 허혈성 합병증은 혈전증, 혈전색전증, 코일의 동맥류 밖으로의 돌출이나 잘못된 위치로 인한 혈류의 저해, 혈관연축 등에 기인한다. 혈압을 정상보다 높게 유지하면서, 뇌혈관조영상 보이는 혈전에 대한 동맥내 기계적 혈전제거술(intra-arterial mechanical thrombectomy, IMT), 동맥내 약물투여(intra-arterial thrombolysis, IAT) 등을 시도할 수 있다. 필요하면 코일 위치 조정이나 제거 후 재삽입을 해야 한다. 혈관연축의 예방 및 치료를 위해, triple H (hypertension, hypervolemia, hemodilution) 치료가 오랫동안 시도되어 왔다. 하지만 노인이나 기존의 심폐질환을 가진 환자에서는 심근경색, 폐부종, 뇌부종, 전해질 이상 등의 위험성이 증가하며, 과혈량증이 뇌혈류량을 의미 있게 증가시키지 않는다고 보고되면서 현재는 유도 고혈압과 등혈량증(induced hypertension, euvolemia) 치료라는 새로운 전략으로 이동이 되었다[29,32]. 혈관연축에 의한 뇌허혈이 발생한 상황에서는 연축 혈관 주변의 혈류를 증가시킬 수 있는 즉각적인 구조치료가 필요한데, 뇌관류압을 유지할 수 있도록 우선적으로 phenylephrine, norepinephrine, 필요하다면 dopamine, dobutamine 등을 이용해 빠르게 혈압을 올려야 하며, 증상의 호전에 따라 혈압 상승을 적정(titration)한다. 등장성 정질액의 빠른 정주로 정상 혹은 약간의 과혈량증을 유도하며 헤마토크릿은 30% 수준을 유지하도록 한다. 내과적 치료에 반응하지 않거나 이로 인한 위험성이 높은 경우 percuaneous transluminal balloon angioplasty가 특히 2시간 이내 시행된다면 거의 100%의 임상적 호전까지 기대할 수 있다고 알려져 있으며[33,34], 좀 더 원위부의 혈관이라면 해당 동맥내 nimodipine, nicardipine, verapamil이나 최근에 주목받고 있는 milrinone 등을 투여할 수 있다.

뇌동정맥기형(brain AVM, bAVM)의 혈관 내 치료와 마취관리

뇌동정맥기형은 두통, 경련, 두개내출혈을 주소로 하여 주로 젊은 나이에 발생하는 비교적 드문 혈관질환으로서, 영양동맥(feeding arteries), 배출정맥(draining veins), 둥지(nidus: 동정맥션트로 작용하는 비정상적인 이형성 혈관들이 얽힌 뭉치)로 구성되어 있으며, 모세혈관이 없기 때문에 높은 혈류의 동정맥 션트가 일어난다. 뇌동맥류가 AVM 환자의 10–15%에서 발견되며 대부분 션트로 인한 높은 혈류와 관계되는 것으로 생각되고 있다[35,36]. 치료의 목표는 두개내 출혈의 위험성을 없애고 신경학적인 기능을 유지하거나 호전시키는 것이다. Medical management with or without interventional therapy for unruptured brain arteriovenous malformations (ARUBA) trial에서는 파열되지 않은 bAVM 환자들을 대상으로 하여 신경학적 증상에 따른 내과적 단독 치료와 내과적 치료와 중재술(외과적 치료, 색전술, 방사선치료 중 단독 혹은 병행)을 병행한 치료를 비교하였다[37]. 2007년에 시작한 연구는 2013년에 등록이 중단되었는데, 중재술 병행군에서 사망이나 뇌졸중의 발

생위험이 의미있게 높았기 때문이다. 이 연구결과는 AVM의 자연 경과를 이해하는 것이 중요하고 또한 앞에서 언급된 중재술의 위험성이 그만큼 크다는 것을 의미한다. bAVM의 혈관 구조는 복잡하고 이질적인 병변들이 많기 때문에, 치료 방법을 선택할 때는 다학제간 협진을 통해서 내과적 치료, 미세현미경 수술(microsurgery), 방사선치료(stereotatic radiosurgyery), EVT(색전술)의 4가지 중에서 적용 가능한 모든 방법을 동원해야 한다. 미세현미경 수술이 완치의 목적으로 가장 많이 시행되는데, 수술 후 치사율과 이환율에 대한 위험성을 예측하는 간단한 방법으로서 Spetzler-Martin (SM) grading system (Table 1)이 많이 쓰이고 있다[38]. SM grade에 의한 수술의 위험성은 기대여명, 동반질환, 질환의 자연경과, 술전 색전술의 필요 여부, 환자 개개인의 기대 수준 등과 함께 종합적으로 평가되어 최선의 치료방법이 정해진다. 일반적으로 가장 적절한 외과적 절제대상은 grade 1, 2, 3 (small size)이고, grade 3 (medium size), 4, 5는 수술의 위험성이 크다[39]. 방사선치료는 위치나 동반질환 등으로 수술의 위험성이 높으면서 bAVM이 크지 않을 때 적절한 대상이 되며 실제 효과나 부작용이 나타나는데 2-3년의 시간이 필요하다.

bAVM 색전술은 현재 여러 가지 다양한 목적으로 사용되고 있는데, 색전용 액체인 Onyx (ethylene vinyl alcohol [EVOH] copolymer, non-adhesive)는 기존의 nBCA (n-butyl cyanoacrylate, adhesive)보다 bAVM의 치료성적을 상당히 향상시켰다[40]. 술전 색전술은 가장 흔하게 시행되는 색전술로서 수술 전에 AVM의 크기를 줄이거나 AVM으로 가는 혈류를 점진적으로 줄여 술중 혹은 술후 출혈의 위험성을 감소시키는 목적으로 사용된다. 또한, 방사선치료에 적당한 크기로 줄이기 위한 보조적 수단으로도 많이 쓰이고 있으며, 국소적 신경학적 결손을 유발하는 특정한 높은 혈류의 영양동맥의 색전을 통해 신경학적 증상을 완화할 목적으로도 시행된다[41]. 또 하나의 목적으로서, 표적색전술(targeted embolization)은 둥지동맥류(nidal aneurysm)나 동정맥루(A-V fistula) 등으로 인해 출혈의 위험성이 높지만 다른 치료가 어려운 상황에서 출혈의 위험을 줄일 수 있는 유일한 치료법으로서 쓰이기도 한다[42]. bAVM의 완치를 위한 색전술의 경우, 앞에서 언급된 Onyx의 도입 이후 성적이 많이 향상되었는데, 50%에서부터 정선된 대상으로 시행했을 때는 거의 100%까지 혈관조영술상의 완전 폐색을 보고하고 있다 [43-45]. 일반적으로 이러한 근치적 색전술을 위해서는, bAVM의 복잡한 혈관 구조상 작은 크기의 둥지와 한 개의 영양동맥을 갖는 AVM이 가장 적당한 대상인데, 이러한 대상은 SM grade 1이나 2에 해당하여 외과적 수술 또한 가능하므로 앞에서 언급한 여러 가지 요인들을 종합적으로 평가하여 치료방법을 결정하는 것이 현명하다.

마취관리

전신마취는 장시간의 시술 시에 필요하며, 움직임이 없고 때로는 간헐적 호흡 중단이나 발살바 법을 실시할 수 있어 이를 통해 깨끗하고 정확한 영상을 얻을 수 있고, 색전용 액체가 주입되는 것을 잘 볼 수 있으므로 목표 이외의 곳에 잘못 투여되는 것을 막을 수 있다는 장점이 있다. 특히 이는 Onyx처럼 긴 시간의 주입이 필요할 때 중요하다. 국소마취 단독 혹은 진정하에서는 신경학적 평가에 장점이 있는데, 폐쇄하고자 하는 혈관에 카테터를 올바르게 위치시키기 위해 시행하는 super-selective Wada test와 같은 테스트의 결과는 위음성이나 위양성의 가능성을 감안하여 혈관조영술상의 다른 소견들과 함께 평가할 필요가 있다.

마취관리의 핵심은 과탄산혈증을 피하고 철저한 혈압관리를 하는 것이다. 색전용 액체 주입 시에는 영양동맥으로 가는 혈류의 속도를 줄이고 systemic glue embolization을 막기 위해 유도 저혈압이나 adenosine을 이용한 일시적 심정지가 필요하다. 만성적으로 저압력, 고유량의 상태에 놓여 있던 AVM 주변의 정상 뇌조직이, AVM 절제 후에 자동 조절능을 초과하는 갑작스러운 정상 압력에 노출되면서 출혈이 발생할 수 있으므로(normal perfusion pressure breakthrough), 시술 후에는 기저 평균 동맥압의 약 15-20% 아래 수준으로 혈압을 유지하는 것이 중요하다. 만약 시술 후에 심한 두통이 있다면 뇌출혈의 가능성을 배제해야 한다. 수 시간 내 발생하면 동맥 출혈, 수 일 내에 발생하면 정맥 출혈의 가능성이 높다.

급성허혈성 뇌졸중(AIS)과 마취관리

뇌졸중은 24시간 이상 지속되는 신경학적 장애가 동반되는 혈관성 뇌질환으로써 미국에서 매년 80만명에 가까운 환자가 발

Table 1. Spetzler-Martin Grading System

Size	Score	Location	Score	Venous drainage	Score
Small (< 3 cm)	1	Non-eloquent brain	0	Superficial	0
Medium (3-6 cm)	2	Eloquent brain	1	Deep	1
Large (> 6 cm)	3				

Grade 1-5 = size score + location score + drainage score, grade 6 = inoperable.

생하며 이 중 대부분은(87%) 허혈성이다. 뇌졸중의 표준화된 평가도구로서 National Institute of Health Stroke Scale (NIHSS)이 가장 많이 쓰이는데, 11가지의 각기 다른 수행능력에 대한 점수의 합이며 높을수록 수행능력이 떨어지고 예후가 나쁘다.

AIS의 치료는 곧 시간과의 싸움이다. 응급실 도착 20분 이내에 noncontrast computed tomography를 이용한 기본적인 진단이 이루어져야 하며 치료의 근간은 recombinant tissue plasminogen activator의 정주에 의한 혈전용해술(IV thrombolysis, IVT)로서, 증상발현 3–4.5시간 안에 이루어져야 한다. 동맥내 기계적 혈전제거술(IMT)은 또 하나의 중요한 치료 수단으로서, 최근 기술과 장비의 발전에 힘입어 IVT 단독치료보다 AIS의 치료성적을 눈에 띄게 향상시키고 있다. 현재 stent retrievers와 aspiration retrievers라는 두 가지 유형의 IMT 기구들이 다양하게 만들어져 쓰이고 있는데, 스텐트 방식은 운반용 카테터를 이용해 혈전 위치의 혈관 안에 wire mesh tube를 거치한 후 팽창시키면서 그 안에 혈전을 가두어 끌어내는 방식이며, 흡인 방식은 직경이 큰 흡인 카테터를 혈전 근처에 위치시켜 펌프나 흡인을 이용해 여러 작은 조각들로 부순 후에 흡인하는 방식이다. 1세대인 MERCI retrieval system (Concentric Medical Inc., USA)에 비해 stent retriever인 Solitaire system (ev3/Covidien, USA), Trevo system (Stryker Neurovascular, USA)과 aspiration retriever인 Penumbra 5 MAX ACE (Penumbra Inc., USA) 등은 modified treatment in cerebral infarction (mTICI) 점수 목표인 2b–3 (목표 허혈 영역의 50% 이상의 재관류)를 달성하는데 있어 거의 2배 이상의 재관류율을 보여주었다[46]. 2018 AIS guideline에서는, 근위부 전방순환에서의 큰 혈관의 폐쇄(large artery occlusion in the proximal anterior circulation)로 인하여 AIS가 발생한 경우, 숙련된 전문가가 있는 기관이라면, IVT 시행 여부에 관계없이 증상발현 6시간 이내에 stent retriever를 이용한 IMT를 시행할 것을 권고하고 있으며, 신경학적 증상과 영상소견간의 불일치(경색크기에 비해 증상이 심한 경우)가 있다면 6–24시간 사이에 stent retriever를 이용한 IMT가 신경학적 호전을 가져올 수 있음을 제시하고 있다[47]. 후방순환 동맥의 폐쇄로 인한 AIS의 경우 IMT의 이점이 확립되어 있지는 않지만, 숙련된 전문가가 있는 기관이라면 치료의 옵션이 될 수 있다.

일반적인 지지치료

혈압관리의 중요성에도 불구하고 AIS 환자들을 위한 이상적인 혈압의 범위는 아직 규명되어 있지 않다. AIS 환자들에서 자주 혈압의 상승이 관찰되는데, 이는 막힌 혈관 원위부의 관류를 증가시키기 위한 방어적 기전과 기존의 고혈압, 교감신경계 항진, 통증, 두개강내압 상승 등이 관계한다. 이론적으로 중등도의 고혈압은 뇌관류압을 증가시킬 수 있지만 뇌부종이나 뇌경색부위의 출혈성 전환이 발생할 수 있으므로 주의해야 한다. Leonardi-Bee 등[48]은 기저 수축기 혈압이 200 mmHg보다 높거나 120 mmHg보다 낮을 경우 치료결과가 나쁘다는 U자 형태의 혈압과 치료성적의 관계를 보고하고 있다. 2018 AIS guideline에서는, IVT를 시작하기 위해서는 185/110 mmHg 아래로, 치료 첫 24시간 동안에는 180/105 mmHg 아래로, IMT를 시행한다면 180/105 mmHg 아래로 혈압을 유지할 것을 권고하고 있다[47]. IVT나 IMT가 적용되지 않는 환자에서는 심근경색이나 대동맥 박리 등의 동반된 다른 질환으로 인해 혈압을 낮춰야 하는 상황이 아니라면 220/120 mmHg보다 낮은 혈압에 대해서는 AIS 발생 2–3일 안에 인위적인 감압을 시도할 필요는 없다. 혈압을 낮춰야 할 필요가 있을 때는 급격한 혈압의 감소가 일어나지 않도록 하는 것이 중요하고, labetalol, nicardipine, nitroprusside 등을 상황에 맞게 사용할 수 있다. 100 mmHg 아래의 수축기 혈압은 AIS 환자들에게서 드물게 나타나지만 나쁜 예후를 반영하므로 부정맥, 심근허혈, 대동맥박리, 저혈량증의 여러 가능성을 배제해서 적절한 치료를 해야 한다. 지속되는 저혈압에는 혈관수축제를 사용하거나 0.9% 생리식염수로 혈관내 용적을 증가시킬 필요가 있다. 열은 증상발현 첫 수시간 내에 AIS 환자들의 신경학적 예후를 악화시키므로 38°C 이상의 열에 대해서는 그 원인을 찾아서 치료해야 하며, 고혈당과 저혈당 모두 피해야 하지만, 일반적으로 140–180 mg/dl의 혈당 범위를 유지하는 것이 도움이 되고, 60 mg/dl 이하의 저혈당은 적극적으로 치료해야 한다[47]. 중요한 점은, 언급된 이러한 내과적 치료의 기본 개념들이 AIS 환자의 EVT를 위한 마취관리에도 적용되어야 한다는 것이다.

마취관리

마취관리는 동맥경화와 관계된 심혈관계질환, 부정맥, 당뇨병, 신질환 등 다른 동반 질환에 대한 철저한 마취전 평가로부터 시작해야 한다. AIS 환자들에서 의식의 소실이 있었다면 경추 손상의 가능성을 배제해야 하며, 금식시간이 지켜지지 않은 환자에 준해서 마취유도를 해야 하는 경우가 많다. 마취 중의 혈압 관리에 관해서는 확립되어 제시되는 기준은 없지만, 언급된 AIS 환자의 혈압관리 지침을 적용하되 개개인의 기저혈압을 감안해서 이루어져야 한다. 재관류 전까지는 140–180 mmHg 사이의 수축기 혈압이 권고되고 있으며 재관류 후에는 시술의와 소통하면서 더 낮은 수준의 혈압을 유지할 필요가 있다[49]. 드물지만, 재관류 후에 자동조절능의 장애가 있는 뇌조직으로의 증가된 뇌혈류로 인한 뇌출혈의 가능성도 염두해 두어야 한다. 저혈압은 원인을 찾는 일이 중요하고, 일반적으로 수액과 혈관수축제를 이용해 치료하게 된다. 저산소증, 저탄산혈증, 고탄산혈증이 발생

하지 않도록 하고 정상범위의 체온과 혈당 유지에 유의해야 한다. 경색부위가 넓을수록, 재관류가 지연될수록 시술과 관련된 출혈성 합병증은 증가한다. 뇌출혈이 발생한다면 프로타민 가역이 필요하다. 허혈성 합병증은 동맥경화, IMT 중의 미세색전, 저혈압 등에 의해 그 위험성이 증가한다고 알려져 있다. 마취의는 안정적인 활력징후를 유지함과 동시에 시술의와 소통하면서 이러한 합병증을 신속하게 진단하고 필요한 조치를 취할 수 있어야 한다. 회복은 부드럽고 신속하게 이루어져야 하며, 추가적인 평가나 치료가 필요한 상황이 아니라면 빨리 발관을 한다. 회복 시에는 시술 전의 신경학적인 상태를 기준으로 비교할 필요가 있으며 각성의 지연이 있을 때는 마취제의 잔여 효과뿐만 아니라 뇌출혈, 후두부 순환 허혈 등의 가능성도 배제해야 한다.

동맥경화성 뇌혈관질환과 마취관리

두개외 동맥협착증(Extracranial artery stenosis)

사망과 장애의 주된 원인인 뇌졸중의 87%는 허혈성으로 발생하며, 이 허혈성 뇌졸중의 15%는 경동맥 죽상경화증(extracranial carotid atherosclerotic disease)에 기인한다고 알려져 있다[50,51]. 이 경동맥의 협착으로 인해 발생하는 뇌졸중을 예방하기 위한 3가지의 치료 방법은 carotid endartectomy (CEA), carotid artery stenting (CAS), 내과적 치료이다. 일반적으로 CEA는 수술에 동반되는 위험성이 높지 않다면, 증상이 있거나 혹은 무증상의 심한 경동맥 협착 치료에 우선적으로 선택되며, CAS는 수술에 동반되는 위험성이 높은 경우에 선택이 되고 있다. 이는, CEA는 오래 축적된 경험과 다양한 임상연구들을 통해 그 유효성과 안전성이 확립되어 있으며, CEA와 CAS를 비교하는 많은 임상연구들에서 CAS가 주술기 뇌졸중 발생을 유의하게 증가시킨다는 보고들이 반영된 결과로 보인다. 하지만 초기 연구의 경우 각 시술의 숙련도에 차이가 있었으며, CAS 시술 시 색전예방기구(embolic protection device, EPD)가 쓰이지 않았던 경우가 많았다는 점을 감안해서 주의 깊게 해석할 필요가 있다. CAS를 시행 받은 고령환자들에서 치료성적이 나빴는데 이는 나이 자체의 위험성보다는 나이에 따른 대동맥궁의 변형으로 인한 혈관접근성의 문제나 동맥경화증 등이 관계되었을 가능성이 높다. 2004년의 Stenting and Angioplasty with Protection in Patients at High Risk for Endarterectomy (SAPPHIRE) trial의 결과는 고위험 환자들의 CAS의 적용에 대한 FDA 승인과 함께 대대적인 시술 건수의 증가를 불러오는 기폭제가 되었으며[52], 또한 다양한 혈관성형용 풍선과 효과적인 스텐트의 개발, 원위부 EPD 적용 등을 통해 영역이 더욱 확대되고 발전하는 계기가 되었다. 현재까지의 가장 대규모의 무작위 대조 임상실험인 Carotid Revascularization Endarterectomy versus Stenting Trial (CREST)에서는 주술기 및 이후 10년까지의 종합적인 합병증 발생과 재협착 혹은 폐쇄율에 있어 두 군간에 차이가 없어 CAS가 CEA에 필적할만한 안전성과 유효성을 가진 치료 방법임을 보고하였다[53]. 이러한 연구결과 및 기술과 장비의 발전이 제시하는 좋은 전망에도 CAS의 활용에 대해서는 보수적 견해가 우세하다. 2017 European society for vascular surgery 가이드라인에서는 최근 6개월 내 증상이 있었던 경동맥 협착(70–99% 협착, 70세 이상의 50–99% 협착)의 치료로서 주술기 사망률/뇌졸중 발생률이 6% 미만인 기관에서 CEA를 시행할 것을 권고하고 있으며, 6개월 내 증상이 있었던 70세 미만의 경우라면 CAS가 CEA의 대안으로서 시행될 수 있음을 제시하고 있다. 뇌졸중의 발생위험이 높다고 평가되는 무증상의 60–99% 협착의 경우는 3% 미만의 합병증 발생 성적을 가지고 있고 기대여명이 5년 이상이면서 수술의 위험도가 높지 않다면 우선적으로 CEA를, 높다면 CAS를 시행할 것을 제안하고 있다[54]. CAS는 해부학적 혹은 동반질환으로 인하여 CEA로 인한 수술과 마취의 위험성이 증가하는 상황에서 우선 선택이 되는데, 이러한 요인들로는 수술적 접근의 어려움, CEA 후의 재협착, 반대편 경동맥의 폐쇄나 후두신경마비, 이전의 목의 방사선 치료, 목의 움직임 제한, 심한 두개내 협착, 기관절개술 등의 해부학적 요인들과 중증의 심폐 혈관, 간, 신질환 등의 동반질환 등의 요인들이 있다[55]. 하지만 유럽이나 혹은 미국의 가이드라인에서 제시하는 CAS의 제한적 활용에도 불구하고, 실제 적용범위나 시행건수는 나라별로 차이가 크다. 예컨대, 미국에서는 경동맥혈관재형성술(carotid revascularization) 건수의 80% 이상이 CEA이고 CAS는 점진적으로 증가추세인 반면 한국에서는 CAS가 거의 80%를 차지하고 있고 CEA 건수는 조금씩 증가하고 있다[56,57]. 이에 대한 일률적인 해석은 어렵지만 CEA의 도입 시기와 경험, CAS의 숙련도, 관련 임상실험 결과의 축적, 시술의 침습성, 신의료 기술/장비 도입 제도의 차이, 의료 급여의 차이 등 다양한 요인이 반영된 결과로 보인다.

마취관리

마취 종류에 따른 장단점은 앞에서 언급된 부분이며, 종류에 상관없이 시술 중에 심근 허혈, 혈역학적 불안정성, 뇌허혈이나 과관류(hyperperfusion)의 위험성은 항상 존재하므로 이에 대한 예방과 신속한 진단 및 치료는 매우 중요하다. 마취전 평가는 자주 동반되는 심근허혈이나 경색과 같은 심혈관계질환에 집중되어야 한다. 시술 중의 혈압관리에 대한 정해진 기준은 없지만 고혈압이나 저혈압 모두 적극적으로 치료하면서 기저혈압 수준으로 유지할 필요가 있다. 고혈압은 흔하며 심근 허혈과 cerebral hyperperfusion syndrome (CHS)의 위험성을 높인다. 저혈압이나 서맥은 풍선 확장이나 스텐트 거치 시 경동맥의

압수용체의 자극으로 인해 흔하게 발생하는데, phenylephrine, dopamine, atropine 등을 투여하여 적시에 치료해야 하며, 때로는 cardiac pacing이 필요할 수도 있다. 정상탄산혈증을 유지한다. 시술과 관련하여 허혈성 혹은 출혈성 합병증이 발생할 수 있으므로 신속한 진단과 처치가 중요하다. CAS 시 미세색전의 위험성은 EPD의 사용으로 줄었다 해도 여전히 존재하며 혈관연축과 더불어 뇌허혈을 유발할 수 있다. CHS는 만성적인 저관류로 인해서 뇌혈관의 자동조절능이 깨져있는 상태에서 재개통으로 증가하는 뇌혈류를 감당하지 못해 발생하며, 보고자에 따라 다양하지만 최근의 메타분석에 따르면 CAS 시행 환자의 3.5%에서 발생하고 첫 12시간이 가장 위험하여 수일간 위험이 지속된다[58]. CHS에서는 보통 뇌혈류의 2-3배의 증가가 관찰되지만 그보다 더 적은 혈류의 증가도 관찰되며 이는 정상혈압에서도 CHS가 발생할 수 있고, 시술중뿐만 아니라 술후에도 철저한 혈압관리가 중요함을 의미한다. 증상으로는 고혈압이 선행되는 경우가 많으며, 편측의 두통, 간질발작, 국소적 신경학적 결손 등이 나타나고 뇌부종, 뇌출혈로 사망할 수 있다. 협착이 심할수록, 주술기 동안의 혈압이 높을 수록 위험은 증가한다. 진단과 치료를 위해 transcranial doppler가 유용하게 쓰일 수 있다. 회복 시에 경동맥 압수용체의 장애로 인해 혈역학적인 불안정성이 나타날 수 있으므로 적극적으로 감시해야 하며, 100–150 mmHg 사이의 수축기 혈압을 유지하는 것이 안전하다. 통증조절은 혈압관리의 측면에서 중요하지만, 저산소증 시 보상작용으로 호흡수를 증가시키는 경동맥 화학수용체에 문제가 있을 수 있으므로, 과도한 아편유사제의 사용으로 호흡억제가 발생하지 않도록 주의해야 한다. 마취로부터의 각성의 지연될 때, 마취제의 잔여효과, 저체온, 과탄산혈증 등을 배제할 수 있다면, CHS나 다른 뇌졸중에 대한 빠른 진단과 처치가 필요하다.

두개내 동맥협착증(Intracranial artery stenosis)

두개내에 위치하는 주요 혈관의 죽상동맥경화증 또한 허혈성 뇌졸중의 중요한 원인이며, 뇌졸중 발생을 예방하기 위해서 적극적인 내과적 치료, extracranial-intracranial bypass, percutanous transluminal balloon angioplasty and stenting의 3가지의 치료방법이 있지만, 2011년의 The Stenting and Aggressive Medical Management for Preventing Recurrent Stroke in Intracranial Stenosis (SAMMPRIS) trial과 2014년의 추적조사의 결과가 제시하는 것처럼[59,60], 항혈소판 제제(aspirin + clopidogrel), 고혈압 조절, 콜레스테롤의 조절(statins), 생활습관 개선 등의 적극적인 내과적 치료가 심한 협착을 가진 두개내 동맥협착 환자의 뇌졸중 예방을 위한 치료의 근간을 이루고 있다.

결 론

최근 지속적으로 이루어지고 있는 EVT의 기술적 발전과 영역의 확대에 따라 마취관리의 역할과 중요성 또한 더욱 커지고 있다. EVT의 마취를 위해서는 환자, 질환, 시술과 관련된 3가지 요소의 측면에서 종합적인 평가와 파악이 이루어져야 하고, 시술의와의 소통, 합병증의 신속한 진단 및 처치 또한 강조되는 부분이다. 아직까지 EVT를 위한 확립된 마취관리의 지침이 만들어져 있지 않지만, 신경외과적 수술 시에 적용되는 마취관리에 더하여 관련 질환의 관리를 위한 일반적 보조요법과 EVT 치료에 대한 여러 임상가이드라인 등을 함께 적용하는 것이 현명한 임상 마취의 방법이라고 사료된다.

CONFLICTS OF INTEREST

No potential conflict of interest relevant to this article was reported.

REFERENCES

1. Anastasian ZH, Strozyk D, Meyers PM, Wang S, Berman MF. Radiation exposure of the anesthesiologist in the neurointerventional suite. Anesthesiology 2011; 114: 512-20.
2. Brinjikji W, Pasternak J, Murad MH, Cloft HJ, Welch TL, Kallmes DF, et al. Anesthesia-related outcomes for endovascular stroke revascularization: a systematic review and meta-analysis. Stroke 2017; 48: 2784-91.
3. Simonsen CZ, Yoo AJ, Sørensen LH, Juul N, Johnsen SP, Andersen G, et al. Effect of general anesthesia and conscious sedation during endovascular therapy on infarct growth and clinical outcomes in acute ischemic stroke: a randomized clinical trial. JAMA Neurol 2018; 75: 470-7.
4. Davenport MS, McDonald RJ, Asch D, Mervak B, Cavallo J, Mody R, et al. ACR manual on contrast media [serial on the Internet]. 2018 [2019 Jan 21]. Available from https://www.acr.org/-/media/ACR/Files/Clinical-Resources/Contrast_Media.pdf#page=7.
5. Teitelbaum GP, Larsen DW, Zelman V, Lysachev AG, Likhterman LB. A tribute to Dr. Fedor A. Serbinenko, founder of endovascular neurosurgery. Neurosurgery 2000; 46: 462-9.
6. Guglielmi G, Viñuela F, Dion J, Duckwiler G. Electrothrombosis of saccular aneurysms via endovascular approach. Part 2: Preliminary clinical experience. J Neurosurg 1991; 75: 8-14.
7. Molyneux A, Kerr R, Stratton I, Sandercock P, Clarke M, Shrimpton J, et al. International Subarachnoid Aneurysm Trial (ISAT) of neurosurgical clipping versus endovascular coiling in 2143 pa-

tients with ruptured intracranial aneurysms: a randomised trial. Lancet 2002; 360: 1267-74.

8. Molyneux AJ, Birks J, Clarke A, Sneade M, Kerr RS. The durability of endovascular coiling versus neurosurgical clipping of ruptured cerebral aneurysms: 18 year follow-up of the UK cohort of the International Subarachnoid Aneurysm Trial (ISAT). Lancet 2015; 385: 691-7.
9. McDougall CG, Spetzler RF, Zabramski JM, Partovi S, Hills NK, Nakaji P, et al. The barrow ruptured aneurysm trial. J Neurosurg 2012; 116: 135-44.
10. Wiebers DO, Whisnant JP, Huston J 3rd, Meissner I, Brown RD Jr, Piepgras DG, et al; International Study of Unruptured Intracranial Aneurysms Investigators. Unruptured intracranial aneurysms: natural history, clinical outcome, and risks of surgical and endovascular treatment. Lancet 2003; 362: 103-10.
11. Naggara ON, White PM, Guilbert F, Roy D, Weill A, Raymond J. Endovascular treatment of intracranial unruptured aneurysms: systematic review and meta-analysis of the literature on safety and efficacy. Radiology 2010; 256: 887-97.
12. Pierot L, Spelle L, Vitry F. Immediate clinical outcome of patients harboring unruptured intracranial aneurysms treated by endovascular approach: results of the ATENA study. Stroke 2008; 39: 2497-504.
13. Molyneux AJ, Kerr RS, Birks J, Ramzi N, Yarnold J, Sneade M, et al. Risk of recurrent subarachnoid haemorrhage, death, or dependence and standardised mortality ratios after clipping or coiling of an intracranial aneurysm in the International Subarachnoid Aneurysm Trial (ISAT): long-term follow-up. Lancet Neurol 2009; 8: 427-33.
14. Schaafsma JD, Sprengers ME, van Rooij WJ, Sluzewski M, Majoie CB, Wermer MJ, et al. Long-term recurrent subarachnoid hemorrhage after adequate coiling versus clipping of ruptured intracranial aneurysms. Stroke 2009; 40: 1758-63.
15. Taki W, PRESAT group. Factors predicting retreatment and residual aneurysms at 1 year after endovascular coiling for ruptured cerebral aneurysms: Prospective Registry of Subarachnoid Aneurysms Treatment (PRESAT) in Japan. Neuroradiology 2012; 54: 597-606.
16. Eskridge JM, Song JK. Endovascular embolization of 150 basilar tip aneurysms with Guglielmi detachable coils: results of the Food and Drug Administration multicenter clinical trial. J Neurosurg 1998; 89: 81-6.
17. Murayama Y, Nien YL, Duckwiler G, Gobin YP, Jahan R, Frazee J, et al. Guglielmi detachable coil embolization of cerebral aneurysms: 11 years' experience. J Neurosurg 2003; 98: 959-66.
18. Bohman LE, Winn HR, LeRoux PD. Surgical decision making for the treatment of intracranial aneurysms. In: Youmans and Winn neurological surgery. 7th ed. Edited by Winn HR: Philadelphia, Elservier. 2017, pp 3248-56.
19. Steiner T, Juvela S, Unterberg A, Jung C, Forsting M, Rinkel G. European Stroke Organization guidelines for the management of intracranial aneurysms and subarachnoid haemorrhage. Cerebrovasc Dis 2013; 35: 93-112.
20. White PM, Lewis SC, Gholkar A, Sellar RJ, Nahser H, Cognard C, et al. Hydrogel-coated coils versus bare platinum coils for the endovascular treatment of intracranial aneurysms (HELPS): a randomised controlled trial. Lancet 2011; 377: 1655-62.
21. Molyneux AJ, Clarke A, Sneade M, Mehta Z, Coley S, Roy D, et al. Cerecyte coil trial: angiographic outcomes of a prospective randomized trial comparing endovascular coiling of cerebral aneurysms with either cerecyte or bare platinum coils. Stroke 2012; 43: 2544-50.
22. McDougall CG, Johnston SC, Gholkar A, Barnwell SL, Vazquez Suarez JC, Massó Romero J, et al. Bioactive versus bare platinum coils in the treatment of intracranial aneurysms: the MAPS (Matrix and Platinum Science) trial. AJNR Am J Neuroradiol 2014; 35: 935-42.
23. Bechan RS, Sprengers ME, Majoie CB, Peluso JP, Sluzewski M, van Rooij WJ. Stent-assisted coil embolization of intracranial aneurysms: complications in acutely ruptured versus unruptured aneurysms. AJNR Am J Neuroradiol 2016; 37: 502-7.
24. Zhao J, Lin H, Summers R, Yang M, Cousins B, Tsui J. Current treatment strategies for intracranial aneurysms: an overview. Angiology 2018; 69: 17-30.
25. Jiang B, Paff M, Colby GP, Coon AL, Lin LM. Cerebral aneurysm treatment: modern neurovascular techniques. Stroke Vasc Neurol 2016; 1: 93-100.
26. Cagnazzo F, di Carlo DT, Cappucci M, Lefevre PH, Costalat V, Perrini P. Acutely ruptured intracranial aneurysms treated with flow-diverter stents: a systematic review and meta-analysis. AJNR Am J Neuroradiol 2018; 39: 1669-75.
27. Gawlitza M, Januel AC, Tall P, Bonneville F, Cognard C. Flow diversion treatment of complex bifurcation aneurysms beyond the circle of Willis: a single-center series with special emphasis on covered cortical branches and perforating arteries. J Neurointerv Surg 2016; 8: 481-7.
28. Chang HW, Shin SH, Suh SH, Kim BS, Rho MH. Cost-effectiveness analysis of endovascular coiling versus neurosurgical clipping for intracranial aneurysms in Republic of Korea. Neurointervention 2016; 11: 86-91.
29. Connolly ES Jr, Rabinstein AA, Carhuapoma JR, Derdeyn CP, Dion J, Higashida RT, et al. Guidelines for the management of aneurysmal subarachnoid hemorrhage: a guideline for healthcare professionals from the American Heart Association/American

Stroke Association. Stroke 2012; 43: 1711-37.
30. van Rooij WJ, Sluzewski M, Beute GN, Nijssen PC. Procedural complications of coiling of ruptured intracranial aneurysms: incidence and risk factors in a consecutive series of 681 patients. AJNR Am J Neuroradiol 2006; 27: 1498-501.
31. Shigematsu T, Fujinaka T, Yoshimine T, Imamura H, Ishii A, Sakai C, et al. Endovascular therapy for asymptomatic unruptured intracranial aneurysms: JR-NET and JR-NET2 findings. Stroke 2013; 44: 2735-42.
32. Athar MK, Levine JM. Treatment options for cerebral vasospasm in aneurysmal subarachnoid hemorrhage. Neurotherapeutics 2012; 9: 37-43.
33. Rosenwasser RH, Armonda RA, Thomas JE, Benitez RP, Gannon PM, Harrop J. Therapeutic modalities for the management of cerebral vasospasm: timing of endovascular options. Neurosurgery 1999; 44: 975-9.
34. Chalouhi N, Tjoumakaris S, Thakkar V, Theofanis T, Hammer C, Hasan D, et al. Endovascular management of cerebral vasospasm following aneurysm rupture: outcomes and predictors in 116 patients. Clin Neurol Neurosurg 2014; 118: 26-31.
35. Lv X, Wu Z, Li Y, Jiang C, Yang X, Zhang J. Cerebral arteriovenous malformations associated with flow-related and circle of Willis aneurysms. World Neurosurg 2011; 76: 455-8.
36. D'Aliberti G, Talamonti G, Cenzato M, La Camera A, Debernardi A, Valvassori L, et al. Arterial and venous aneurysms associated with arteriovenous malformations. World Neurosurg 2015; 83: 188-96.
37. Mohr JP, Parides MK, Stapf C, Moquete E, Moy CS, Overbey JR, et al. Medical management with or without interventional therapy for unruptured brain arteriovenous malformations (ARUBA): a multicentre, non-blinded, randomised trial. Lancet 2014; 383: 614-21.
38. Spetzler RF, Martin NA. A proposed grading system for arteriovenous malformations. J Neurosurg 2008; 108: 186-93.
39. Spetzler RF, Ponce FA. A 3-tier classification of cerebral arteriovenous malformations. Clinical article. J Neurosurg 2011; 114: 842-9.
40. Elsenousi A, Aletich VA, Alaraj A. Neurological outcomes and cure rates of embolization of brain arteriovenous malformations with n-butyl cyanoacrylate or Onyx: a meta-analysis. J Neurointerv Surg 2016; 8: 265-72.
41. Derdeyn CP, Zipfel GJ, Albuquerque FC, Cooke DL, Feldmann E, Sheehan JP, et al. Management of brain arteriovenous malformations: a scientific statement for healthcare professionals from the American Heart Association/American Stroke Association. Stroke 2017; 48: e200-24.
42. Krings T, Hans FJ, Geibprasert S, Terbrugge K. Partial "targeted" embolisation of brain arteriovenous malformations. Eur Radiol 2010; 20: 2723-31.
43. Saatci I, Geyik S, Yavuz K, Cekirge HS. Endovascular treatment of brain arteriovenous malformations with prolonged intranidal Onyx injection technique: long-term results in 350 consecutive patients with completed endovascular treatment course. J Neurosurg 2011; 115: 78-88.
44. van Rooij WJ, Jacobs S, Sluzewski M, van der Pol B, Beute GN, Sprengers ME. Curative embolization of brain arteriovenous malformations with onyx: patient selection, embolization technique, and results. AJNR Am J Neuroradiol 2012; 33: 1299-304.
45. Pierot L, Cognard C, Herbreteau D, Fransen H, van Rooij WJ, Boccardi E, et al. Endovascular treatment of brain arteriovenous malformations using a liquid embolic agent: results of a prospective, multicentre study (BRAVO). Eur Radiol 2013; 23: 2838-45.
46. Yoo AJ, Andersson T. Thrombectomy in acute ischemic stroke: challenges to procedural success. J Stroke 2017; 19: 121-30.
47. Powers WJ, Rabinstein AA, Ackerson T, Adeoye OM, Bambakidis NC, Becker K, et al. 2018 Guidelines for the early management of patients with acute ischemic stroke: a guideline for healthcare professionals from the American Heart Association/American Stroke Association. Stroke 2018; 49: e46-110.
48. Leonardi-Bee J, Bath PM, Phillips SJ, Sandercock PA. Blood pressure and clinical outcomes in the International Stroke Trial. Stroke 2002; 33: 1315-20.
49. Talke PO, Sharma D, Heyer EJ, Bergese SD, Blackham KA, Stevens RD. Society for Neuroscience in Anesthesiology and Critical Care Expert consensus statement: anesthetic management of endovascular treatment for acute ischemic stroke: endorsed by the Society of NeuroInterventional Surgery and the Neurocritical Care Society. J Neurosurg Anesthesiol 2014; 26: 95-108.
50. Go AS, Mozaffarian D, Roger VL, Benjamin EJ, Berry JD, Blaha MJ, et al. Heart disease and stroke statistics--2014 update: a report from the American Heart Association. Circulation 2014; 129: e28-292.
51. Kolominsky-Rabas PL, Weber M, Gefeller O, Neundoerfer B, Heuschmann PU. Epidemiology of ischemic stroke subtypes according to TOAST criteria: incidence, recurrence, and long-term survival in ischemic stroke subtypes: a population-based study. Stroke 2001; 32: 2735-40.
52. Yadav JS, Wholey MH, Kuntz RE, Fayad P, Katzen BT, Mishkel GJ, et al. Protected carotid-artery stenting versus endarterectomy in high-risk patients. N Engl J Med 2004; 351: 1493-501.
53. Mantese VA, Timaran CH, Chiu D, Begg RJ, Brott TG. The Carotid Revascularization Endarterectomy versus Stenting Trial (CREST): stenting versus carotid endarterectomy for carotid dis-

ease. Stroke 2010; 41: S31-4.
54. Naylor AR, Ricco JB, de Borst GJ, Debus S, de Haro J, Halliday A, et al. Editor's choice - management of atherosclerotic carotid and vertebral artery disease: 2017 clinical practice guidelines of the European Society for Vascular Surgery (ESVS). Eur J Vasc Endovasc Surg 2018; 55: 3-81.
55. Munich SA, Mokin M, Krishna C, Siddiqui AH. Carotid artery angioplasty and stenting. In: Youmans and Winn neurological surgery. 7th ed. Edited by Winn HR: Philadelphia, Elservier. 2017, p 3113.
56. Dumont TM, Rughani AI. National trends in carotid artery revascularization surgery. J Neurosurg 2012; 116: 1251-7.
57. Cho SS, Joh JH, Ahn HJ, Park HC. National trends in carotid endarterectomy and stenting in Korea from 2004 to 2013. Exp Ther Med 2016; 12: 2639-43.
58. Huibers AE, Westerink J, de Vries EE, Hoskam A, den Ruijter HM, Moll FL, et al. Editor's choice - cerebral hyperperfusion syndrome after carotid artery stenting: a systematic review and meta-analysis. Eur J Vasc Endovasc Surg 2018; 56: 322-33.
59. Chimowitz MI, Lynn MJ, Derdeyn CP, Turan TN, Fiorella D, Lane BF, et al. Stenting versus aggressive medical therapy for intracranial arterial stenosis. N Engl J Med 2011; 365: 993-1003.
60. Derdeyn CP, Chimowitz MI, Lynn MJ, Fiorella D, Turan TN, Janis LS, et al. Aggressive medical treatment with or without stenting in high-risk patients with intracranial artery stenosis (SAMMPRIS): the final results of a randomised trial. Lancet 2014; 383: 333-41.