

급성 뇌경색에 대한 혈관내치료의 전후 관리



백 장 현
성균관의대

Periprocedural management of endovascular treatment

Jang-Hyun Baek, MD

Department of Neurology, Kangbuk Samsung Hospital, Sungkyunkwan University School of Medicine, Seoul, Korea

Recently, endovascular treatment of acute intracranial large vessel occlusion has been widely performed. As the periprocedural management is almost always performed by the neurologist, he or she should well understand the treatment procedure and a variety of clinical issues derived from it. Although periprocedural events and managements can not be defined consistently, following clinical issues can be preferentially reviewed. First, as the endovascular procedure (intra-arterial recanalization treatment, IART) is rather invasive, the physician should give more attention to procedure-specific complications: for example, iatrogenic vessel injury (perforation or rupture, dissection, or spasm) with/without bleeding, puncture-site problems (oozing, hematoma pain, infection, pseudoaneurysm or fistula, retroperitoneal hemorrhage), and contrast-related problems (allergy, anaphylaxis, nephrotoxicity). Second, a physician can obtain the informed consent for IART systematically, based on the knowledge of IART process. Third, as the IART could offer a higher chance of significant recanalization, some parts of general medical care for acute stroke, especially blood pressure control should be differentiated. Fourth, as the IART occasionally uses special endovascular modalities to recanalize the artery, such as emergent stenting, early administration of antithrombotics may be necessary. In this lecture, I will review and discuss a few periprocedural issues focusing on the practice of the neurologist.

Key Words: Stroke, Endovascular procedures, Patient care management

서론

급성 뇌혈관 폐색에 대한 혈관내치료(endovascular treatment), 즉 동맥내 재개통치료(intra-arterial recanalization treatment)는 이제 급성 뇌경색에 필수적인 치료 방법이 되었다.¹ 기계적 혈전제거술(mechanical thrombectomy)로 대표되는 동맥내 재개통치료가 흔해 지면서, 예전에는 없던 새로운 임상적 이슈들이 대두되고 있다. 구체적으로, 동맥내 재

개통치료시술의 필요성을 결정하기 위해 보다 다양한 임상적/영상학적 정보를 종합적으로 판단할 필요가 생겼고, 동맥내 재개통치료와 관련한 다양한 의료 자원을 효율적으로 다루어 보다 신속한 치료가 이루어질 수 있도록 관리할 필요도 생겼다. 또한, 침습적인 인터벤션 시술(interventional procedure)에 대한 효과 및 안전과 관련된 문제들이 활발히 논의되고 있다. 이 모든 이슈들이 중요한 이유는 이들이 동맥내 재개통치료를 받은 환자들의 예후와 밀접하기 때문인데, 결국 신경과 의사는 동맥내 재개통치료와 관련된 다양한 이슈들에 관심을 가질 필요가 있다.

이런 맥락에서 동맥내 재개통치료의 "시술 전후 관리(periprocedural management)"는 중요한 의미를 갖는다. 동맥내 재개통치료를 시행함에 있어 신경과 의사가 행하는 모든 의학적 사고와 행동을 시술 전후 관리로 생각할 수 있지

Jang-Hyun Baek, MD

Department of Neurology, Kangbuk Samsung Hospital,
Sungkyunkwan University School of Medicine 29,
Saemunan-ro, Jongno-gu, Seoul 03181, Korea
Tel: +82-2-2001-2413 Fax: +82-2-2001-2067
E-mail: janghyun.baek@gmail.com

만, 사실 동맥내 재개통치료시술(혈관내시술)의 전후 관리에 대한 특정 이론을 얘기하기는 쉽지 않다. 혈관내시술의 전후 관리에 대한 몇몇 강의나 문헌들이 존재하지만, 시술 전후 관리에 대한 정의나 범위(coverage)가 서로 다르고, 특정 주제에 대한 일관된 연구 결과(혹은 행동 지침)가 존재하지 않기 때문이다. 혈관내시술의 전후 관리는 넓게는 동맥내 재개통 치료를 받은 급성 뇌경색 환자의 급성기 관리와 관련된 모든 의학적 상황을 의미할 수 있으며, 좁게는 혈관내시술로 인해 야기되는 구체적인(직접적인) 임상적 상황만을 지칭할 수도 있다(Table 1).

그 중에서도 본 강의는 동맥내 재개통치료시술 환자에게 적용될 수 있는 구체적인 이슈들을 다루고자 한다. 또한 본 강의는 혈관내시술을 전공하지 않은 신경과 의사, 특히 수련 의사의 임상적 행위에 초점을 맞추고 있다.

본론

1. 동맥내 재개통치료시술 전후 관리에 대한 전통적인 주제들

1) 혈압 관리

정맥내 혈전용해치료(intravenous thrombolysis; intravenous tissue-plasminogen activator [tPA] administration)의 경우 약물 투여 전 혈압을 185/110mmHg 미만으로, 투여 후 24시간 동안은 180/105mmHg 미만으로 유지하도록 권고하고 있다.¹ 전통적으로 뇌혈관 재개통치료 전후

의 혈압 조절 범위와 필요성은 혈전용해약물의 정맥 투여 이후 두개강내출혈(intracranial hemorrhage)의 발생 위험성과 뇌관류압(cerebral perfusion pressure)을 유지시켜 뇌허혈반음영(cerebral ischemic penumbra)을 보존하려는 목적 사이에서 결정되어 왔다. 동맥내 재개통치료와 관련한 "명확한" 혈압 기준은 아직 존재하지 않지만, 동맥내 재개통치료와 관련한 혈압 조절의 원칙도 이와 크게 다르지 않을 것으로 생각되어 왔으며, 동맥내 재개통치료 전후의 혈압의 감소와 상승 역시 비슷한 방식으로 영향을 미칠 수 있다고 받아들여지고 있다.^{2,3} 하지만, 정맥내 혈전용해치료와 달리 동맥내 재개통치료는 시술의 시작과 끝이라는 분명한 시점이 존재하고, 무엇보다 혈관이 재개통 되는 순간을 확인할 수 있다는 점에서 정맥내 혈전용해술과는 다르게 접근할 필요가 있어 보인다. 흔히 시술 전, 시술 중, 시술 후 혈압이 동맥내 재개통치료의 예후에 미치는 영향을 조사하였으나 아직까지 일관된 결과를 보여주고 있지는 못한 실정이다.

동맥내 재개통치료에 대한 대부분의 대규모 무작위배정임상시험(randomized control trial)의 경우 시술전 혈압이 185/110mmHg를 초과하는 환자를 배제하였기 때문에, 진료지침 상에서는 시술 전 혈압이 185/110mmHg 이하가 되어야 한다고 권고하고 있다.¹ 실제, 시술 전 혈압이 높은 경우 예후가 좋지 않다는 연구들이 많으며, 수축기 혈압의 기준은 130~150mmHg 미만으로 보고되어 있다.⁴⁻⁶ 다만, 시술의 결과나 조건들을 세밀하게 보정하지 못한 예전 연구들이 많아 그 해석에 주의를 요하고, 일부 연구에서는 J-모양

Table 1. Issues about periprocedural management of intra-arterial recanalization treatment

Timing	Issues		
Before procedure	Determination of eligibility for intra-arterial recanalization treatment ^a Acquisition of informed consent Basic preparation of procedure (e.g., Foley catheter, shaving, etc.) Moderation of critical pathway for rapid and immediate endovascular procedure ^a	Blood pressure control	
During procedure	Conscious sedation Understanding of procedure and its images ^a	Blood pressure control	Administration of early antithrombotics
After procedure	Monitoring and management of arterial puncture site Monitoring and management of contrast-related problems Understanding of follow-up images ^a General medical care for acute stroke (e.g., fluid therapy, nutritional support, adequate oxygenation, management of fever, hypo/hyperglycemia, and infection, etc.) ^a Monitoring and management for early neurological deterioration; Cerebral edema and hemorrhagic transformation; Preservation of brain tissue (e.g., neuroprotection, cerebral perfusion augmentation, etc.) ^a	Blood pressure control	Administration of early antithrombotics

^aNot discussed in this lecture, although they can be also regarded as the kind of periprocedural management in a broad sense.

(J-curve)의 상관성을 가져 혈압이 너무 낮은 경우에도 예후가 좋지 못할 수 있다.⁷

시술 후 혈압이 예후에 미치는 영향은 혈관의 재개통 조건에 따라 다르게 접근해야 한다는 게 최근의 추세이다. 혈관이 재개통 된 경우, 시술 후 혈압이 높으면 예후가 좋지 않았다.⁸⁻¹⁴ 예후가 좋지 못한 시술 후 수축기 혈압의 기준은 130mmHg, 140mmHg, 158mmHg 등으로 연구마다 상이하였다. 혈관이 재개통 되지 않은 상황에 대한 연구는 그 수가 많지 않았는데, 혈압이 다소 높은 경우에 더 좋은 예후로 이어졌거나 예후와 J-모양의 상관성을 보였다.^{13, 14}

시술 중의 혈압 조절이 예후에 미치는 영향에 대해서도 일관된 결과를 보여주지 못하고 있어, 시술 중 혈압이 높은 혹은 낮은 경우 모두 예후에 부정적인 영향을 미친다고 보고하고 있다.^{6, 15-18} 다만, 시술 후 혈압이 예후에 미치는 영향이 혈관의 재개통 상태에 영향을 받는다면, 시술 중의 혈압 조절도 이러한 재개통 여부에 따라 달라져야 하지 않을까 생각된다.^{6, 19}

현재까지 발표된 연구 결과들을 종합하여 볼 때 혈관이 재개통 되기 이전(시술 전 혹은 시술 초반부)의 혈압은 혈관 재개통이 실패한 상황으로 간주하여 혈압을 낮추기 보다는 어느 정도 높게 유지하고, 혈관이 재개통 된 이후(시술 후반부 혹은 시술 후)에는 혈압을 굳이 높일 필요가 없다고 생각된다. 명확한 근거를 제시하기 어렵지만, 흔히 재개통 전에는 수축기 혈압을 160~180mmHg (혹은 진료 지침에 근거하여 180/110mmHg) 미만으로, 재개통 이후에는 120~140mmHg 미만으로 유지하는 것이 합리적일 수 있겠다.²⁰ 결론적으로, 시술 전, 중, 후의 혈압이 모두 예후에 영향을 미칠 수 있다고 생각되지만, 시기에 따른 혈압 목표를 제시하는 것 보다는 혈관의 재개통 상태에 따라 차별화된 혈압 조절 전략을 제시하는 것이 오히려 더 현실적인 대안일 것으로 생각된다.

그 밖에도, 단순히 혈압 수치 자체보다 혈압의 변동성 (variability)이 예후와 밀접함도 잘 알려져 있다. 시술 전, 중, 후의 혈압과 관련된 각종 인자의 변동성이 클수록 예후가 좋지 않았다고 보고되어 있어, 혈압 변화를 크지 않게 유지하는 것도 중요해 보인다.²¹⁻²³ 또한, 단순히 좋은 예후를 보장하는 절대적인 혈압 수치를 제시하기 보다, 환자의 뇌관류 상태를 모니터링하여 개별화된 혈압 목표를 설정하자는 연구 결과도 있으므로 참고해 볼 수 있겠다.^{24, 25}

2) 조기 항혈전약물의 사용

최근의 진료지침이 정맥내 혈전용해술 이후 조기(혈전용해약물 투여 24시간 이내) 항혈전약물(antithrombotics)의 투여를 절대적 금기로 삼고 있지는 않고 있지만, 전통적으로 항혈전약물의 조기 투여에 대해서는 부정적인 견해가 많았다.^{1, 26} 하지만, 동맥내 재개통치료시술 중에 발생하는 특수한 임상적 상황들은 조기 항혈전약물 사용에 대한 필요성을 불러 일으켰으며, 그 효과와 안전성에 대한 논의가 계속 진행 중이다. 동맥내 재개통치료와 관련하여 조기 항혈전약물의 투여가 과연 적절한지 판단하기 이전에, 동맥내 재개통치료 시술 중 항혈전약물의 조기 투여가 필요한 다양한 상황을 이해하는게 중요하다(Table 2).

동맥내 재개통치료시술 후 항혈전약물을 조기 투여하는 것이 추후 항혈전약물을 투여하는 것(통상적으로 시술 24시간 이후 추적 뇌영상을 실시하고 의미 있는 뇌출혈이 없는 경우 투여하는 것)에 비해 혈전 합병증을 효과적으로 예방할 수 있는지 명확한 근거가 있는 것은 아니며, 이는 일반적인(elective) 스텐트 삽입술시 항혈전약물을 미리 충분히 복용시키는 기존의 방법에 근거하고 있을 뿐이다.²⁷ 따라서, 항혈전약물의 조기 투여에 대한 핵심 쟁점은 조기에 상당한 강도의 항혈전약물을 사용하는 것이 혈관내시술, 즉 혈관 재개통치

Table 2. Common situations of early administration of antithrombotics during or after intra-arterial recanalization treatment

Situations	Purpose of administration
1. Emergent extracranial (carotid or vertebral artery) stent insertion for an extracranial atherosclerotic lesion or dissection associated with artery-to-artery embolism or hemodynamic insufficiency	Prevention of in-stent thrombosis and its related complications
2. Emergent intracranial stent insertion to recanalize the intracranial atherosclerotic occlusion	Prevention of in-stent thrombosis and its related complications
3. Residual stenosis after recanalization of intracranial atherosclerotic occlusion with/without reocclusion event (=a stenotic artery recanalized without intracranial stent insertion)	Prevention of reocclusion of the residual stenosis
4. Intra-arterial infusion of glycoprotein IIb/IIIa inhibitors for a rescue therapy of reocclusion during procedure	Recanalization of the reocclusive artery

료 이후 뇌출혈의 발생을 증가시키는데 있다고 할 수 있다. 이에 대해서 직접적인 연구는 아직 없는 상태이지만, 관련 연구들은 조기 항혈전약물의 사용이 의미 있는 뇌출혈을 증가시키지 않는다고 보고하고 있다.²⁸⁻³¹

동맥내 재개통치료시술과 관련하여 사용 가능한 항혈전약물은 모두 항혈소판제제(antiplatelet agent)이다. 경구 약물은 아스피린(aspirin)과 클로피도그렐(clopidogrel)을 복합 투여하는 이중(dual) 항혈소판제제 요법이 대표적이고, 주사제로는 당단백질수용체 길항제(glycoprotein IIb/IIIa inhibitor; abciximab or tirofiban)가 있다. 응급 스텐트 삽입술 후 조기 항혈소판제제의 투여에 있어 경구요법과 주사요법 중 어느 것이 더 효과적인지 혹은 안전한지 아직까지 알려진 바는 없다. 티로피반(tirofiban)의 정맥내 투여와 경구용 아스피린의 단독 투여에 있어서는 두 방법 간에 차이가 없다는 보고가 있기는 하지만, 실제 임상 현장에서 다양한 투여 방법이 사용되고 있어 어떤 방법이 더 효과적인지 얘기할 수 없는 상황이다.³²

그 중 응급 스텐트 삽입술과 관련하여 보고된 조기 항혈전약물의 종류와 방법을 살펴보면 다음과 같다(Table 3). 그 중 가장 흔히 사용되는 약제는 티로피반(Aggrastat[®]; Merck, 한독제약)이다. 1병(vial)에 12.5mg/50mL로 출시되어 있으며, 사용을 위해서는 0.05mg/mL(=50 μ g/mL)로 희석해야 한다. 흔히 1병을 5% 포도당(DW) 혹은 생리식염수 200mL와 혼합해 희석하거나(12.5mg/250mL), 0.5병을 5% 포도당 혹은 생리식염수 100mL와 혼합할 수 있다(6.25mg/125mL). 정맥 유지요법을 위해서는 보다 많은 양이 필요하므로 1병 이상을 혼합해

사용한다. 티로피반 부하(bolus) 주입은 동맥과 정맥 모두 가능하였는데, 동맥내 주입의 경우 단위 몸무게(kg) 당 10 μ g(70kg 기준으로 총 700 μ g=0.7mg=14mL)이 사용되었으므로, 정맥내 주입 용량과 비슷한 양이다. 참고로, 급성관상동맥증후군(acute coronary syndrome)때 허가된 티로피반의 정맥내 부하 용량은 응급 관상동맥스텐트삽입술의 경우 3분간 25 μ g/kg 이므로, 그 양이 훨씬 많다. 스텐트 삽입술이 예정되지 않은 비 ST분절상승심근경색(non-STEMI)의 경우 30분에 걸쳐 0.4 μ g/kg/min으로 주입하게 되어 있으므로 뇌혈관 재개통치료시술에 사용된 양과는 다소 차이가 있어 보인다. 혈관내시술의 경우 공통적으로 0.1~0.15 μ g/kg/min 정도를 유지 용량으로 12~24시간 정도 투여했는데, 급성관상동맥증후군의 허가 용량과 같다. 70kg를 기준으로 대략 분당 7 μ g이 주입되므로, 시간당 420 μ g 즉, 시간당 대략 8.5cc 정도가 필요하다. 약물 유지 시간에 따라 주입 총량이 달라지게 되므로 유지 시간을 결정해줘야 하는데, 24시간 이내에 경구 약제 개시가 가능한 시간을 약물 주입 종료 시간으로 결정할 수도 있다. 약물 주입이 종료되는 시점 이후에는 특별한 경우가 아니라면 예외 없이 경구용 항혈소판제제로 전환한다. 이 경우에도 여러 임상적, 영상학적 조건에 따라 항혈소판제제의 종류와 용량이 결정되어야 하며, 흔히 아스피린과 클로피도그렐의 복합 요법을 선호한다.

동맥내 재개통치료시술과 관련하여 조기 항혈전요법이 흔히 시행되고 있지만, 다음의 사항들을 기억하여야 한다. 첫째, 앞서 얘기한 것처럼 동맥내 재개통치료시술과 관련한 조기 항혈전요법의 효과에 명확한 근거가 있는 것은 아니다. 스텐트 삽입술에서의 항혈소판제제의 역할에 대해서는 다양한

Table 3. Examples of early administration of antithrombotics for emergent stent insertion during or after intra-arterial recanalization treatment

	Oral administration	Injection ^a
During procedure	Aspirin 300mg + clopidogrel 300mg ^{b, 60}	<i>Intra-arterial (IA) + intravenous (IV)</i> IA tirofiban bolus (10 μ g/kg) + IV maintenance (9 μ g/kg/hr; up to 60 hours) ³² IA abciximab 5~10mg + IV maintenance (for 24 hours) ²⁹ <i>IV + IV</i> IV tirofiban bolus (8 μ g/kg; for 3 minutes) + IV maintenance (0.1 μ g/kg/min; up to 24 hours) ³¹ IV tirofiban bolus (10 μ g/kg; for 3 minutes) + IV maintenance (0.1~0.15 μ g/kg/min; 12~24 hours) ⁶¹ IV tirofiban bolus + IV maintenance (24 hours) ^{b, 60} IV tirofiban bolus (0.4 μ g/kg/min; for 30 minutes) + IV maintenance (0.1 μ g/kg/min; at least 12 hours) ⁶²
After procedure	Aspirin + clopidogrel (dose not represented) ⁶³	

^aIntravenous aspirin 200~500mg could be also administered alternatively.^{31, 32, 62, 64}

^bAdministered immediately after stent insertion during procedure

의견들이 존재하며, 실제로 시술 후 초기 24시간 동안 항혈소판제제를 투여하지 않더라도 반드시 혈전 합병증이 발생하는 것은 아니다. 두개강내 동맥경화성 폐색이나 그 재폐색(reocclusion)에서 즉각적인 동맥내 당단백질수용체 길항제의 투여가 효과적이라고 잘 알려져 있지만, 개통된 두개강내 동맥경화성 폐색을 유지시키는데 당단백질수용체 길항제의 "정맥 유지요법"이 효과적인지는 아직까지 확실히 연구된 바가 없다. 둘째, 조기 항혈전요법의 부작용, 즉 뇌출혈의 발생에 대해서도 아직 "직접적인" 연구 결과가 있는 것은 아니다. 다만, 많은 후향 연구나 관련 이차 분석에서 동맥내 재개통치료시술에서의 스텐트 삽입 및 이와 관련한 조기 항혈전약물의 사용이 뇌출혈을 증가시키지 않는다고 알려져 있을 뿐이다. 결론적으로, 지금까지의 연구 결과들이 동맥내 재개통치료와 관련한 특정 상황에서의 조기 항혈전약물 투여를 선호하는 것으로 비춰지지만, 그 효과와 안정성은 환자의 개별적 요소에 의해 크게 달라질 수 있다. 이에, 추가 연구 결과는 물론, 각 사례에 따른 임상적 고민이 더 필요할 것으로 생각된다.

2. 시술 동의서 취득

시술의 필요성이 인정된다면 시술 동의서를 받아야 한다. 각 기관마다 특정한 형태와 내용을 포함한 동의서 형식이 구비되어 있어 대부분 그 내용에 따르겠지만, 시술 동의서에 포

합되는 내용을 이해하는 것은 상당히 중요하다. 첫째, 시술 여부를 결정함에 있어 환자 및 보호자로부터 발생하는 다양한 질의에 객관적인 대답을 해 줄 수 있다. 둘째, 시술 중 발생할 수 있는 각종 의학적 문제를 포괄적으로 이해함으로써 돌발 상황에 대처할 수 있다. 셋째, 시술과 직접 관련된 합병증을 이해함으로써 시술 후 의학적 관리에 대한 구체적 계획을 세울 수 있다. 원칙적으로 시술 동의서의 내용은 시술과 관련된 모든 사항을 포함하여야 하지만, 모든 내용을 설명하기에는 현실적인 제약이 따른다(Table 4). 본 항에서 언급된 내용을 바탕으로 필수적인 내용을 선별하여 설명할 수 있겠다.

1) 동맥내 재개통치료시술의 목적과 내용

동맥내 재개통치료 시술의 목적은 한 마디로 폐색된 뇌혈관을 신속히 재개통시켜, 뇌조직의 손상을 최소화하는 것이다. 이미 충분한 임상적/영상학적 소견을 종합하여 회복시킬 수 있는 뇌조직이 있다고 판단한 상황이므로 목표가 되는 폐색 뇌혈관을 재개통시켜 아직 손상에 이르지 않은 뇌조직을 되살리고, 임상적 회복을 꾀한다. 이 때, 이미 뇌경색으로 진행하여 비가역적 손상에 이른 조직과 아직 회복이 가능한(가역적인) 뇌영역을 구분하는 것이 중요하며, 폐색된 혈관의 재개통이 모든 뇌조직을 원상 복귀시킬 수 없음을 설명하여야 한다. 특히, 신속하게 혹은 소위 골든타임 내에 혈관이 재개통 되었다 하더라도, 회복이 가능한 뇌조직이 얼마나 남아 있

Table 4. Topics that should be considered in obtaining an informed consent for intra-arterial recanalization treatment

Categories	Topics
Purpose and process of the procedure	Purpose of the procedure Method of the procedure Mechanical thrombectomy Intra-arterial thrombolysis (e.g., chemical or mechanical) Balloon angioplasty and stent insertion Conscious sedation Early termination of the procedure Failure of the procedure Impossible to reach the primary target (e.g., anatomical reason) Impossible to remove the clot Migration of the clot far distally
Complications directly related to the procedure	Iatrogenic vessel injury and related bleeding Adverse effects of contrast medium Allergy or anaphylaxis Contrast-induced nephropathy Puncture-site problems Hematoma, infection, pain, pseudoaneurysm, etc. Use of vascular closure device
Clinical events after intra-arterial recanalization treatment (optional)	Hemorrhagic transformation Cerebral edema Reocclusion of recanalized artery after the procedure Clinical recovery after the procedure

느냐에 따라 임상 결과가 달라질 수 있다.

최근의 동맥내 재개통치료시술은 대부분 기계적 혈전제거술을 통해 이루어지며, 회수성 스텐트(stent retriever)나 혈전흡인카테터(aspiration catheter)와 같은 혈전제거기구를 이용해 혈전을 몸 밖으로 끄집어 낸다. 실제로, 동맥내 재개통치료시술의 88% 이상에서 회수성 스텐트가 우선 사용되고 있으며(2018년 국내 120개 병원에 대한 조사), 기계적 혈전제거술로 불충분한 경우 동맥내 혈전용해제(tissue-plasminogen activator)나 당단백질수용체 길항제를 추가 투여하고 있다.³³ 또한, 폐색 원인과 혈관 상태에 따라 두개강내 혈관성형술이나 응급 스텐트 삽입술(28~51%), 그리고 경동맥 스텐트 삽입술도 흔히 시행되고 있으므로 기계적 혈전제거술 이외에 다양한 방법으로 폐색 혈관의 재개통을 시도할 수 있음을 설명한다.

경동맥 원위부(distal internal carotid artery)나 중대뇌동맥(middle cerebral artery) 폐색인 경우 실어증(aphasia), 무시증후군(neglect syndrome) 등을 바탕으로 다양한 행동 증상이 나타날 수 있다. 시술 중 과도한 환자의 움직임이 동맥내 재개통치료시술 결과에 부정적인 영향을 미칠 수 있는 만큼, 안정적인 시술을 위해 환자의 움직임을 최소화 할 필요가 있다. 즉, 필요한 경우 적극적으로 진정 요법을 고려해야 하는데, 동맥내 재개통치료시술 중 전신 마취(general anesthesia)와 의식하 진정(conscious sedation) 중 어떤 방법이 더 좋은지에 대해 아직까지 확실한 결론이 얻어진 것은 아니다.³⁴ 외국의 경우 상당수에서 전신 마취하에 동맥내 재개통치료시술을 시행하고 있지만, 국내의 경우 전신 마취를 시행하는 경우는 거의 없어, 11% 정도에서만 전신 마취 경험이 있다고 조사된 바 있다.³³ 진료 지침상에서도 환자의 상태나 병원의 방침을 바탕으로 진정 요법을 결정하도록 권고하고 있으므로, 시술 중 진정 요법의 필요성과 각 기관의 방침에 따라 적절한 진정 방법을 설명한다.

시술을 시작하였으나, 첫 응급 영상과 달리 폐색된 혈관이 자연히 개통되어 있거나 훨씬 원위부 혈관의 폐색으로 바뀌어 있다면, 시술 적응증 이외로 판단하고 시술을 진행하지 않을 수 있다. 또한, 시술이 필요한 폐색 부위가 확인 되어 각종 시술 방법을 적용하였으나 혈관의 개통을 얻지 못할 수 있다. 기계적 혈전제거술을 이용 하는 경우 재개통 성공률은 공식적으로 71% 정도로 보고되어 있으나, 재개통 성공에는 폐색 원인, 뇌혈관의 해부학적 특성, 디바이스 간의 차이, 혈전의 특성 등 여러 요소들이 관여하므로 연구 결과를 일괄 적용하기 어려운 부분이 있다.³⁵ 특히, 두개강내 동맥경화성 폐색

(intracranial atherosclerotic occlusion)인 경우 회수성 스텐트를 사용하여 의미 있는 재개통을 얻을 수 있는 가능성이 20% 미만이지만, 동맥내 약물이나 스텐트 삽입술을 추가하여 색전성 폐색과 비슷한 수준으로 재개통을 얻을 수 있다.³⁶ 회수성 스텐트 단독 사용의 경우 통상적으로 3번을 초과하여 사용하지 않도록 권고하고 있으나, 횟수가 뚜렷이 제한되어 있지는 않다. 반복된 회수성 스텐트의 사용으로 혈관 손상의 가능성이 증가할 수 있고, 5회를 넘어서는 재개통 확률이 미미하다는 점, 시술 경과 시간이 길어지면서 좋은 예후를 얻을 가능성이 줄어드는 등의 연구 결과는 회수성 스텐트 시도를 무한히 반복할 수 없음을 시사한다.³⁷ 시술을 통해 원(primary) 폐색 혈관은 개통이 되었으나, 혈전이 파쇄(fragmentation)되면서 원위부로 이동할 수 있다. 통상적인 시술로 접근할 수 있는 수준을 넘어서 혈관 손상 등의 위험이 높다고 판단되면 더 이상 시술을 진행하지 않고 종료할 수 있다. 원위부 폐색 범위가 넓어 의미 있는 재관류를 얻지 못했다면 시술 실패로 간주된다.

드물게 해부학적인 원인으로 폐색 부위에 디바이스가 도달하지 못하는 경우가 있다. 대퇴동맥, 대동맥 궁(aortic arch), 경동맥 혹은 척추동맥에 이르는 혈관의 굴곡이 심하여 디바이스 진입이 어려운 경우 시술을 진행하지 못하게 된다. 이러한 제한점을 극복하기 위해 요골동맥이나 상완동맥 천자(radial or brachial approach) 혹은 경동맥의 직접 천자(transcervical approach)를 시행할 수 있지만, 환자 상태나 조건 등에 따라 개별적으로 접근하여야 한다.

2) 시술과 직접 연관되는 합병증

시술과 관련된 합병증(procedure-related complication)은 7~31%로 다양하게 보고되어 있다. 이는 각 연구마다 합병증의 정의가 서로 다르기 때문인데, 흔히 천자 부위의 문제(hematoma, bleeding, infection, pseudoaneurysm), 디바이스 손상이나 위치 이상(misplacement or displacement), 모혈관의 폐색(parent artery occlusion), 혈전의 원위부 이동(embolism to new territory, distal embolism), 혈관 손상(iatrogenic vessel injury including dissection, perforation, or vasospasm), 조영제 유발 신병증(contrast-induced nephropathy), 증상성 뇌내출혈이나 지주막하 출혈 등을 포함한다.^{3, 38} 이 중 시술과 직접 관련된 합병증으로는 디바이스 및 그 조작에 의한 혈관의 손상과 그로 인한 뇌출혈, 조영제 관련 부작용, 천자 부위 합병증을 생각해 볼 수 있다.

동맥내 재개통치료시술시 사용되는 와이어(wire or microwire)와 카테터(catheter or microcatheter)들이 기술적으로 발전되면서 혈관 손상의 가능성은 많이 줄어들었지만, 혈관 손상(perforation)은 0.9~4.9%, 평균 1.4% 정도로 알려져 있다.^{3, 38} 손상된 혈관의 위치에 따라 뇌내출혈이나 지주막하출혈이 발생할 수 있으며, 흔히 시술 중 조영제의 혈관외유출(extravasation)로 나타날 수 있다. 특히, 시술 중에는 뇌혈관 폐색 이후 원위부로 조영제가 도달하지 않기 때문에 와이어의 혈관내 이동을 완전히 확인할 수 없고(blind navigation), 회수성 스텐트를 끄집어 낼 때 작은 혈관들이 당겨지면서 파열될 수 있다. 일반적으로 혈관 손상에 의한 뇌출혈의 발생은 환자의 예후를 나쁘게 하지만, 세정맥(venule)에서 유래한 지주막하출혈등은 예후에 큰 영향일 미치지 않는다는 보고도 있다.^{39, 40} 동맥 파열과는 별도로 동맥 박리도 발생할 수 있다(0.6~6.7%).³⁸

조영제의 사용도 문제가 될 수 있다. 시술 전 CT를 이용해 뇌혈관을 평가하는 경우 세팅에 따라 70~150cc의 조영제가 필요할 수 있고, 동맥내 재개통치료시술 중 사용하는 조영제의 양은 시술의 난이도나 상황에 따라 큰 차이가 있지만 대략 100~300cc 정도의 조영제가 필요할 수 있다. CT 및 동맥내 재개통치료시술 중에 사용된 조영제의 양이 보통 문제가 되는 것은 아니지만, 심부전이나 고령의 환자에게서는 용적 과부하(volume overload)로 작용할 수 있음을 염두 하야 한다.³ 조영제에 대한 알려지는 이미 CT촬영 시에 일차로 확인된 것으로 여겨지지만, 통상적으로 1~12%, 심한 아낙필락시스는 0.01~0.2% 정도로 알려져 있다.⁴¹ 동맥내 재개통치료시술에서의 신장 기능 이상의 빈도는 잘 보고되어 있지 않지만, 심혈관조영술(coronary angiography)의 경우 3.3~16.5% 정도로 보고되어 있고, 응급실에서의 CT 혈관조영술(CT angiography) 이후 3~5%에서 혈청 크레아티닌(serum creatinine)의 상승(보통 25% 이상의 상승으로 정의)이 발생한다고 알려져 있다.⁴²⁻⁴⁴ 뇌혈관조영술(cerebral angiography)에서는 0.15% 정도로 보고되어 있지만, 보고 조건에 따라 그 빈도가 상이하여 해석에 유의를 요한다.⁴⁵ 조영제에 의한 신독성(nephrotoxicity)은 즉각적이기 보다는 시술 종료 후 24시간 이내 혈청 크레아티닌 상승으로 나타나며, 3~5일째 최대치를 보일 수 있다.³ 일시적인 신독성은 7~10일에 접어들면서 신기능이 정상화되는 경우가 많으므로, 충분한 수액을 공급하면서 하면서 관찰해 볼 수 있다.

3. 의식하 진정

앞서 언급한 바와 같이 동맥내 재개통치료시술 중 진정 요법이 필요한 경우 전신 마취 보다는 의식하 진정 요법이 선호된다. 전통적으로 미다졸람(midazolam) 등을 이용해 진정 요법을 수행해 왔으나 미다졸람 사용시 흔히 경험하는 심한 호흡 억제(respiratory depression)나 혈액역학적 불안정(hemodynamic instability) 등은 진정 요법에 중요한 제한 요인이다.⁴⁶ 텍스메테토미딘(dexmedetomidine)은 호흡 부전이나 섬망(delirium)의 발생이 매우 적은 진정제로 기계 호흡을 하는 중환자나 다양한 마취 분야에서 이미 사용되어 왔다.^{46, 47} 텍스메테토미딘은 알파-2-아드레날린 효능제(alpha-2-adrenergic agonist)로 교감신경차단 효과(sympatholytic effect)를 통해, 진정, 항불안, 일부 진통 효과를 갖는다. 뇌혈류에 미치는 영향이 거의 없고 혈액역학적 안정성이 보장된다는 점에서 이미 외국에서는 2010년경부터 텍스메테토미딘이 혈관내시술의 마취 요법에 사용되기 시작하였으며, 전신 마취의 대안으로 여겨지고 있다.^{48, 49}

흔히 0.5 μ g/kg의 부하 용량을 5분에 걸쳐 주입하고(필요에 따라 1~2회 반복 투여), 이후 0.5 μ g/kg/hr의 속도로 지속 주입(infusion)을 시작한다. 진정 상태에 따라 통상적으로 0.3~1.0 μ g/kg/hr로 조절하여 주입하며, 텍스메테토미딘 단독 사용만으로도 63% 환자에게서 추가 약물 없이 동맥내 재개통치료시술을 마칠 수 있다.⁴⁹ 다른 문헌에서는 시술에 앞서 미리 0.3~0.4 μ g/kg/hr로 주입을 시작하고 시술을 진행하면서 필요에 따라 0.5~0.6 μ g/kg/hr로 증량하기도 하였다.⁵⁰ 텍스메테토미딘 사용에 특별한 금기는 알려져 있지 않으며, 고용량 투여시 말초 알파-2-아드레날린 수용체에 작용해 혈압이 상승될 수 있다. 미다졸람과 비교할 때 혈압 변화를 포함한 혈액역학적 인자는 안정적으로 유지되었으나 서맥(bradycardia)의 발생은 다소 흔했다.^{46, 51}

국내에는 프리세덱스®(Precedex®, 한국화이자제약)라는 상품명으로 들어와 있으며 프리세덱스주(100 μ g/mL; 2mL/vial; 희석 필요)와 프리세덱스프리믹스주(4 μ g/mL; 20mL, 50mL, 100mL) 형태가 유통된다. 고시된 용법에 의하면 의식하 진정의 개시를 위해서는 1 μ g/kg의 용량을 10분간 개시 용량으로 투여하고, 이후 0.6 μ g/kg/hr로 지속 주입을 시작한다. 반응에 따라 0.2~1 μ g/kg/hr 범위 내에서 주입 용량을 조절할 수 있다. 침습성이 적은 시술의 경우 개시 용량의 절반만 투여할 수 있다. 통상적인 혈관외 시술이나 침습성이 적은 수술(minor operation)의 경우 대부분 1 μ g/kg로 부하 용량을 주

입하였고, 드물게 절반 용량($0.5\mu\text{g/kg}$)으로 부하 용량을 주입한 경우도 있었다. 이후 $0.05\sim 0.7\mu\text{g/kg/hr}$ 의 속도로 약물을 유지하였는데, 유지 용량 없이 $0.5\mu\text{g/kg}$ 나 $1.0\mu\text{g/kg}$ 만 1회 투여한 경우나 부하 용량 없이 $0.25\mu\text{g/kg/hr}$ 만으로 유지 주입한 보고도 있었다.⁵²

혈관내시술에서의 용법도 특별히 다르지 않을 것으로 생각되며, 다음과 같이 보고되어 있다(Table 5). 실제 동맥내 재개통치료시술 현장에서 사용하기 위해서는 먼저 부하 용량을 주입할 것인지 결정하여 $1\mu\text{g/kg}$ 혹은 $0.5\mu\text{g/kg}$ 를 10분 혹은 5분간 투여할 수 있고, 이후 $0.2\sim 1.0\mu\text{g/kg/hr}$ 내에서 적절한 속도로 시작, 유지할 수 있다. 혹은 $0.1\sim 0.3\mu\text{g/kg/hr}$ 정도의 속도로 시작하여 반응에 따라 즉각적으로 4cc/hr (대략 $0.1\mu\text{g/kg/hr}$ 에 해당) 단위로 증량해볼 수 있다.

4. 대퇴동맥 천자부위의 감시와 관리

대퇴동맥 천자부에 발생 가능한 합병증으로는 혈종(hematoma), 원위부 색전(distal artery embolization), 사지 허혈(critical limb ischemia), 감염, 동맥 박리, 가성동맥류(pseudoaneurysm), 후복막출혈(retroperitoneal hemorrhage) 등이 있다.³⁸ 천자 부위 합병증은 대략 $2\sim 10.7\%$ 정도로 보고되고 있다.^{38, 53}

대퇴동맥 천자는 원칙적으로 총대퇴동맥(common femoral artery)에 이루어지는데, 천자 부위가 너무 높은 경우(more proximal), 특히 대퇴동맥의 후벽(posterior wall)이 천자 되는 경우 후복막출혈이 문제가 된다($0.1\sim 3\%$).^{3, 54} 후복막출혈이 발생하면 등이나 옆구리 통증, 옆구리의 멍(Grey Turner's sign), 복부 팽만, 배꼽주위 점상출혈(periumbilical ecchymosis, Cullen's sign) 등을 보일 수 있으며, 자연적 지혈 구조물이 없어 대량 출혈이 발생할 수 있다. 또한, 시술 후 혈압 저하나 빈맥이 후복막출혈의 징후로 나타날 수 있다. 특히, 후복막출혈은 서혜부 피부 천자 부위의 삼출출혈(oozing)이나 혈종을 동반하지 않을 수 있으므로 각별히 주의하여야 한다.^{3, 55} 천

자 부위의 잡음(bruit), 부종(swelling), 통증은 가성동맥류나 누공(fistula)에 중요한 소견이다. 특히, 천자 부위가 낮은 경우(more distal)는 동정맥누공($<0.1\%$)이나 가성동맥류(1%)가 발생할 가능성이 높아진다.^{3, 38} 의심되는 경우 초음파 검사를 통해 확인하고, 도수 압박(intensive manual compression)이나 색전술을 적극적으로 고려하여야 한다. 또, 가성동맥류나 동정맥누공은 시술 후 어느 정도 시간이 지나서 뚜렷해지는 경우가 많으므로, 시술 후 1주일 가량은 매일 확인해 볼 필요가 있다.² 지연성(late) 합병증으로 대퇴 동맥 주변부의 혈종에 의해 대퇴 신경 압박(femoral nerve compression)이 발생할 수 있다. 드물게 천자 당시 와이어 진입 과정에서 대퇴 동맥의 박리가 발생할 수 있으며, 시술 중에 확인되는 경우가 대부분이다. 보통은 후향적으로(혈류와 반대방향으로) 발생하기 때문에 별다른 조치 없이도 치유되지만, 정도에 따라 시술적 치료가 필요할 수 있다.

지혈도구(vascular closure device)를 사용하지 않는 경우 오랜 기간 충분히 압박지혈(manual compression)하는 게 중요하다. 천자 부위 상방($1\sim 2\text{cm}$ 위)을 압박하며, 흔히 5F 쉬스(sheath)를 생각해 $10\sim 15$ 분을 압박하지만, 동맥내 재개통치료시술을 받은 환자의 경우 정맥내 혈전용해제 등의 약물이 투여된 환자가 많고, 최근에는 8F 이상의 대구경(large-caliber) 쉬스를 흔히 사용하므로 더 오랜 기간 충실하게 압박해야 한다.³ 압박지혈 후 환자를 눕혀 안정 시키는 기간도 중요한데, 천자부위의 출혈 위험성이 높은 만큼, 일반적인 권고 사항보다 보수적으로 설정하는 것이 좋다. 압박지혈 후에는 $8\sim 12$ 시간, 지혈도구 사용 후에는 $2\sim 4$ 시간의 침상 안정을 권고하고 있지만,⁵⁶ 상대적으로 두꺼운 쉬스를 이용한 데다가, 뇌졸중 집중치료실에 입실해 있고, 준중환자에 준하는 처치와 감시를 받게 되므로, 특별한 이유가 없다면 압박지혈의 경우 최소 12시간, 길게는 24시간 동안 절대 안정할 것을 권장하고, 지혈도구를 사용했다 하더라도 최소 6시간은 절대 안정할 수 있도록 하는 것이 안전하다.

Table 5. Use of dexmedetomidine during endovascular procedure^a

	Loading		Initiation of infusion (per hour)		Maintenance of infusion (per hour)	
Primary recommendation	$1\mu\text{g/kg}^b$	35mL	$0.6\mu\text{g/kg}$	21mL	$0.2\sim 1.0\mu\text{g/kg}$	7~35mL
Whalin, et al. ⁴⁹	$0.5\mu\text{g/kg}^c$	17.5mL	$0.5\mu\text{g/kg}$	17.5mL	$0.3\sim 1.0\mu\text{g/kg}$	10.5~35mL
Nii, et al. ⁵⁰	-		$0.3\sim 0.4\mu\text{g/kg}$	10.5~14mL	$0.5\sim 0.6\mu\text{g/kg}$	17.5~21mL

^aPrecedex Premix[®] 100mL + normal saline 100mL ($400\mu\text{g}/200\text{mL}=2\mu\text{g/mL}$) for a 70kg-weighted patient; ^bFor 10 minutes; ^cFor 5 minutes.

대퇴동맥 천자부위에 발생할 수 있는 여러 합병증을 예방, 발견하기 위해 대퇴동맥 천자부위를 육안으로 확인 및 촉진하고(혈종, 삼출출혈, 통증) 맥박을 확인한다. 이와 더불어 슬와동맥(popliteal artery)과 족배동맥(dorsalis pedis artery)의 맥박 확인, 하지의 허혈 증상을 확인해야 한다. 또한, 혈압 저하나 빈맥과 같은 출혈을 암시하는 신체 변화도 주의 깊게 관찰하여야 한다. 관찰 주기에 대해 정해진 권고 사항은 없으나 시술 직후에는 최소 30~60분마다 확인할 수 있도록 하는게 좋다.

지혈도구는 디스크(collagen disc)를 이용해 천자부위(arteriotomy site)를 압착하는 방식(Femoseal[®])과 나일론(nylon) 실로 봉합하는 방식(Perclose[®])이 대표적이며, 시술자의 선호나 혈관 상태에 따라 선택된다. 흔히 8F 이상의 쉬스에 대해서는 봉합 방식을 좀 더 선호하는 경향이 있고, 실제 디스크 방식의 지혈도구는 9F 쉬스 사용 후에는 권장되지 않는다. 8F 쉬스를 이용한 동맥내 재개통치료 시술에서 디스크 방식의 지혈도구를 사용한 결과를 보면, 지혈 성공률은 98.9%였으나 5% 정도에서 천자부위 혈종이 발생하였다.⁵⁷ 혈종은 특별한 치료를 필요로 하지 않은 5cm미만이 대부분이었다. 다른 보고에서도 비슷한 성공률을 보였으며, 약 0.6%에서 가성동맥류가 관찰되었다.⁵³ 디스크 방식의 지혈도구는 디스크의 원위부 색전(disc migration or embolism)에 의한 하지 허혈이 드물게 발생할 수 있는데,⁵⁸ 앞의 두 보고를 합한 약 300례 중에 원위부 색전은 발생하지 않았다. 8F 이상의 쉬스를 이용한 시술에서 지혈도구 사용 이후 대퇴동맥 천자부위의 합병증 발생은 종합적으로 0.4~0.8%로 보고되어 있다.⁵⁹ 하지만, 지혈도구 사용이 압박 지혈에 비해 절대적으로 유리하다고 할 수는 없다. 이 둘간의 지혈 성공률 및 지혈 관련 합병증의 발생 차이는 연구마다 다른데, 아마도 관련 합병증의 정의나 지혈 과정과 관련된 프로토콜의 차이 때문일 것으로 생각된다.⁵⁶ 지혈 성공률에 큰 차이가 없다 하더라도, 지혈 방법의 선택에는 다양한 요인들이 고려되어야 하며(지혈 도구의 사용이 환자의 신체적/심리적 불편을 줄여줄 수 있다는 점, 지혈도구 사용에 대한 숙련도, 지혈 부위의 관리 프로토콜, 고위험 환자 여부, 드물지만 치명적인 지혈도구의 합병증 발생 가능성 등), 어떤 방법을 사용하든 간에 지혈 과정 이후의 진찰과 면밀한 감시가 무엇보다 중요함은 재차 강조되어야 하겠다.

결론

아직까지 급성 뇌경색에 대한 동맥내 재개통치료시술의 전후 관리에 체계적인 견해가 있는 것은 아니다. 동맥내 재개통치료시술의 전후 관리는 넓은 의미에서는 급성 뇌경색의 모든 내외과적 관리를 포함할 수 있겠으나, 혈관내시술 환자에게 특이적으로 발생할 수 있는 임상적 이슈를 우선 이해할 필요가 있다. 이에, 시술 합병증에 초점을 맞춘 시술 동의서의 취득, 텍스메데토미딘을 이용한 시술 중의 진정 요법, 그리고 동맥 천자 부위 합병증에 대해 설명하였다. 동맥내 재개통치료 환자의 혈압 조절과 조기 항혈전약물 투여는 동맥내 재개통치료시술 전후 관리에서 항상 다루어져 왔던 주제이지만 아직 확실한 기준과 근거를 얘기하기는 이른 상태이다. 하지만, 혈관의 재개통 상태에 따라 혈압 조절 전략이 달라질 수 있고, 시술 중 혹은 직후에 항혈전약물을 조기 투여해야 하는 상황이 존재함을 이해하여야 하겠다.

References

1. Powers WJ, Rabinstein AA, Ackerson T, Adeoye OM, Bambakidis NC, Becker K, et al. Guidelines for the Early Management of Patients With Acute Ischemic Stroke: 2019 Update to the 2018 Guidelines for the Early Management of Acute Ischemic Stroke. *Stroke* 2019;50:e344-e418.
2. Leslie-Mazwi T, Chen M, Yi J, Starke RM, Hussain MS, Meyers PM, et al. Post-thrombectomy management of the ELVO patient: Guidelines from the Society of NeuroInterventional Surgery. *J Neurointerv Surg* 2017;9:1258-1266.
3. Jadhav AP, Molyneaux BJ, Hill MD, Jovin TG. Care of the Post-Thrombectomy Patient. *Stroke* 2018;49:2801-2807.
4. Maier B, Gory B, Taylor G, Labreuche J, Blanc R, Obadia M, et al. Mortality and Disability According to Baseline Blood Pressure in Acute Ischemic Stroke Patients Treated by Thrombectomy: A Collaborative Pooled Analysis. *J Am Heart Assoc* 2017;6:e006484.
5. Goyal N, Tsivgoulis G, Iftikhar S, Khorchid Y, Fawad Ishfaq M, Doss VT, et al. Admission systolic blood pressure and outcomes in large vessel occlusion strokes treated with endovascular treatment. *J Neurointerv Surg* 2017;9:451-454.
6. Hindman BJ. Anesthetic Management of Emergency Endovascular Thrombectomy for Acute Ischemic Stroke, Part 1: Patient Characteristics, Determinants of Effectiveness, and Effect of Blood Pressure on Outcome. *Anesth Analg* 2019;128:695-705.
7. Mulder M, Ergezen S, Lingsma HF, Berkhemer OA, Fransen PSS, Beumer D, et al. Baseline Blood Pressure Effect on the Benefit and Safety of Intra-Arterial Treatment in MR CLEAN

- (Multicenter Randomized Clinical Trial of Endovascular Treatment of Acute Ischemic Stroke in the Netherlands). *Stroke* 2017;48:1869-1876.
8. Anadani M, Arthur AS, Alawieh A, Orabi Y, Alexandrov A, Goyal N, et al. Blood pressure reduction and outcome after endovascular therapy with successful reperfusion: a multicenter study. *J Neurointerv Surg* 2019 Dec 5. [Online ahead of print]
 9. Anadani M, Orabi MY, Alawieh A, Goyal N, Alexandrov AV, Petersen N, et al. Blood Pressure and Outcome After Mechanical Thrombectomy With Successful Revascularization. *Stroke* 2019;50:2448-2454.
 10. Chang JY, Jeon SB, Jung C, Gwak DS, Han MK. Postreperfusion Blood Pressure Variability After Endovascular Thrombectomy Affects Outcomes in Acute Ischemic Stroke Patients With Poor Collateral Circulation. *Front Neurol* 2019;10:346.
 11. Chu HJ, Lin CH, Chen CH, Hwang YT, Lee M, Lee CW, et al. Effect of blood pressure parameters on functional independence in patients with acute ischemic stroke in the first 6 hours after endovascular thrombectomy. *J Neurointerv Surg* 2019 Dec 20. [Online ahead of print]
 12. Maier IL, Tsogkas I, Behme D, Bähr M, Knauth M, Psychogios MN, et al. High Systolic Blood Pressure after Successful Endovascular Treatment Affects Early Functional Outcome in Acute Ischemic Stroke. *Cerebrovasc Dis* 2018;45:18-25.
 13. Martins AI, Sargento-Freitas J, Silva F, Jesus-Ribeiro J, Correia I, Gomes JP, et al. Recanalization Modulates Association Between Blood Pressure and Functional Outcome in Acute Ischemic Stroke. *Stroke* 2016;47:1571-1576.
 14. Matusevicius M, Cooray C, Bottai M, Mazya M, Tsivgoulis G, Nunes AP, et al. Blood Pressure After Endovascular Thrombectomy: Modeling for Outcomes Based on Recanalization Status. *Stroke* 2020;51:519-525.
 15. John S, Hazaa W, Uchino K, Toth G, Bain M, Thebo U, et al. Lower Intraprocedural Systolic Blood Pressure Predicts Good Outcome in Patients Undergoing Endovascular Therapy for Acute Ischemic Stroke. *Interv Neurol* 2016;4:151-157.
 16. Löwhagen Hendén P, Rentzos A, Karlsson JE, Rosengren L, Sundeman H, Reinsfelt B, et al. Hypotension During Endovascular Treatment of Ischemic Stroke Is a Risk Factor for Poor Neurological Outcome. *Stroke* 2015;46:2678-2680.
 17. Pikijsa S, Trkulja V, Ramesmayer C, Mutzenbach JS, Killer-Oberpfalzer M, Hecker C, et al. Higher Blood Pressure during Endovascular Thrombectomy in Anterior Circulation Stroke Is Associated with Better Outcomes. *J Stroke* 2018;20:373-384.
 18. Rasmussen M, Schönenberger S, Hendén PL, Valentin JB, Espelund US, Sørensen LH, et al. Blood Pressure Thresholds and Neurologic Outcomes After Endovascular Therapy for Acute Ischemic Stroke: An Analysis of Individual Patient Data From 3 Randomized Clinical Trials. *JAMA Neurol* 2020;77:622-631.
 19. Petersen NH, Ortega-Gutierrez S, Wang A, Lopez GV, Strander S, Kodali S, et al. Decreases in Blood Pressure During Thrombectomy Are Associated With Larger Infarct Volumes and Worse Functional Outcome. *Stroke* 2019;50:1797-1804.
 20. Han B, Sun X, Tong X, Jia B, Mo D, Li X, et al. Early blood pressure management for endovascular therapy in acute ischemic stroke: A review of the literature. *Interv Neuroradiol* 2020 Jun 11. [Online ahead of print]
 21. Maier B, Turc G, Taylor G, Blanc R, Obadia M, Smajda S, et al. Prognostic Significance of Pulse Pressure Variability During Mechanical Thrombectomy in Acute Ischemic Stroke Patients. *J Am Heart Assoc* 2018;7:e009378.
 22. Mistry EA, Dakay K, Petersen NH, Jayaraman M, McTaggart R, Furie K, et al. Pre-endovascular therapy change in blood pressure is associated with outcomes in patients with stroke. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 2020;91:438-439.
 23. Mistry EA, Mehta T, Mistry A, Arora N, Starosciak AK, De Los Rios La Rosa F, et al. Blood Pressure Variability and Neurologic Outcome After Endovascular Thrombectomy: A Secondary Analysis of the BEST Study. *Stroke* 2020;51:511-518.
 24. Chen H, Su Y, He Y, Zhang Y, Sun Y, Fan L, et al. Controlling Blood Pressure Under Transcranial Doppler Guidance after Endovascular Treatment in Patients with Acute Ischemic Stroke. *Cerebrovasc Dis* 2020;49:160-169.
 25. Petersen NH, Silverman A, Wang A, Strander S, Kodali S, Matouk C, et al. Association of Personalized Blood Pressure Targets With Hemorrhagic Transformation and Functional Outcome After Endovascular Stroke Therapy. *JAMA Neurol* 2019;76:1256-1258.
 26. Jauch EC, Saver JL, Adams HP, Jr., Bruno A, Connors JJ, Demaerschalk BM, et al. 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* 2013;44:870-947.
 27. Peeters Weem SM, van Haelst ST, den Ruijter HM, Moll FL, de Borst GJ. Lack of Evidence for Dual Antiplatelet Therapy after Endovascular Arterial Procedures: A Meta-analysis. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 2016;52:253-262.
 28. Baek JH, Kim BM, Heo JH, Kim DJ, Kim YD, Nam HS. Outcomes of Endovascular Treatment for Acute Intracranial Atherosclerosis-Related Large Vessel Occlusion. *Stroke* 2018;49:2699-2705.
 29. Baek JH, Kim BM, Kim DJ, Heo JH, Nam HS, Yoo J. Stenting as a Rescue Treatment After Failure of Mechanical Thrombectomy for Anterior Circulation Large Artery Occlusion. *Stroke* 2016;47:2360-2363.
 30. Jeong HG, Kim BJ, Yang MH, Han MK, Bae HJ, Lee SH. Stroke outcomes with use of antithrombotics within 24 hours after

- recanalization treatment. *Neurology* 2016;87:996-1002.
31. Zhu F, Hossu G, Soudant M, Richard S, Achit H, Beguinet M, et al. Effect of emergent carotid stenting during endovascular therapy for acute anterior circulation stroke patients with tandem occlusion: A multicenter, randomized, clinical trial (TITAN) protocol. *Int J Stroke* 2020 Jun 9. [Online ahead of print]
 32. Gruber P, Hlavica M, Berberat J, Victor Ineichen B, Diepers M, Nedeltchev K, et al. Acute administration of tirofiban versus aspirin in emergent carotid artery stenting. *Interv Neuroradiol* 2019;25:219-224.
 33. Seo KD, Suh SH. Endovascular Treatment in Acute Ischemic Stroke: A Nationwide Survey in Korea. *Neurointervention* 2018;13:84-89.
 34. Zhang Y, Jia L, Fang F, Ma L, Cai B, Faramand A. General Anesthesia Versus Conscious Sedation for Intracranial Mechanical Thrombectomy: A Systematic Review and Meta-analysis of Randomized Clinical Trials. *J Am Heart Assoc* 2019;8:e011754.
 35. Goyal M, Menon BK, van Zwam WH, Dippel DW, Mitchell PJ, Demchuk AM, et al. Endovascular thrombectomy after large-vessel ischaemic stroke: a meta-analysis of individual patient data from five randomised trials. *Lancet* 2016; 387:1723-1731.
 36. Baek JH, Kim BM, Kim DJ, Heo JH, Nam HS, Song D, et al. Importance of truncal-type occlusion in stentriever-based thrombectomy for acute stroke. *Neurology* 2016;87:1542-1550.
 37. Baek JH, Kim BM, Heo JH, Nam HS, Kim YD, Park H, et al. Number of Stent Retriever Passes Associated With Futile Recanalization in Acute Stroke. *Stroke* 2018;49:2088-2095.
 38. Balami JS, White PM, McMeekin PJ, Ford GA, Buchan AM. Complications of endovascular treatment for acute ischemic stroke: Prevention and management. *Int J Stroke* 2018;13: 348-361.
 39. Mokin M, Fargen KM, Primiani CT, Ren Z, Dumont TM, Brasiliense LBC, et al. Vessel perforation during stent retriever thrombectomy for acute ischemic stroke: technical details and clinical outcomes. *J Neurointerv Surg* 2017;9: 922-928.
 40. Yoon W, Jung MY, Jung SH, Park MS, Kim JT, Kang HK. Subarachnoid hemorrhage in a multimodal approach heavily weighted toward mechanical thrombectomy with solitaire stent in acute stroke. *Stroke* 2013;44:414-419.
 41. Bottinor W, Polkampally P, Jovin I. Adverse reactions to iodinated contrast media. *Int J Angiol* 2013;22:149-154.
 42. Gami AS, Garovic VD. Contrast nephropathy after coronary angiography. *Mayo Clin Proc* 2004;79:211-219.
 43. Ehrlich ME, Turner HL, Currie LJ, Wintermark M, Worrall BB, Southerland AM. Safety of Computed Tomographic Angiography in the Evaluation of Patients With Acute Stroke: A Single-Center Experience. *Stroke* 2016;47:2045-2050.
 44. Aulicky P, Mikulik R, Goldemund D, Reif M, Dufek M, Kubelka T. Safety of performing CT angiography in stroke patients treated with intravenous thrombolysis. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 2010;81:783-787.
 45. Alakbarzade V, Pereira AC. Cerebral catheter angiography and its complications. *Pract Neurol* 2018;18:393-398.
 46. Riker RR, Shehabi Y, Bokesch PM, Ceraso D, Wisemandle W, Koura F, et al. Dexmedetomidine vs midazolam for sedation of critically ill patients: a randomized trial. *JAMA* 2009;301: 489-499.
 47. Duan X, Coburn M, Rossaint R, Sanders RD, Waesberghe JV, Kowark A. Efficacy of perioperative dexmedetomidine on postoperative delirium: systematic review and meta-analysis with trial sequential analysis of randomised controlled trials. *Br J Anaesth* 2018;121:384-397.
 48. Farag E, Argalious M, Sessler DI, Kurz A, Ebrahim ZY, Schubert A. Use of $\alpha(2)$ -Agonists in Neuroanesthesia: An Overview. *Ochsner J* 2011;11:57-69.
 49. Whalin MK, Lopian S, Wyatt K, Sun CH, Nogueira RG, Glenn BA, et al. Dexmedetomidine: a safe alternative to general anesthesia for endovascular stroke treatment. *J Neurointerv Surg* 2014;6:270-275.
 50. Nii K, Hanada H, Hiraoka F, Eto A, Mitsutake T, Tsutsumi M. Usefulness of Consciousness Sedation with Dexmedetomidine and Pentazocine during Endovascular Treatment for Acute Stroke. *Neurol Med Chir (Tokyo)* 2018;58:79-84.
 51. Constantin JM, Momon A, Mantz J, Payen JF, De Jonghe B, Perbet S, et al. Efficacy and safety of sedation with dexmedetomidine in critical care patients: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Anaesth Crit Care Pain Med* 2016;35: 7-15.
 52. Barends CR, Absalom A, van Minnen B, Vissink A, Visser A. Dexmedetomidine versus Midazolam in Procedural Sedation. A Systematic Review of Efficacy and Safety. *PLoS One* 2017;12:e0169525.
 53. Wareham J, Luppe S, Youssef A, Crossley R, Mortimer A. Safety profile of an 8F femoral arteriotomy closure using the Angio-Seal device in thrombolysed acute stroke patients undergoing thrombectomy. *Interv Neuroradiol* 2018;24: 540-545.
 54. Eisen A, Kornowski R, Vaduganathan M, Lev E, Vaknin-Assa H, Bental T, et al. Retroperitoneal bleeding after cardiac catheterization: a 7-year descriptive single-center experience. *Cardiology* 2013;125:217-222.
 55. Liu SY, Zeng B, Deng JB. Massive retroperitoneal hemorrhage secondary to femoral artery puncture: A case report and review of literature. *Medicine (Baltimore)* 2017;96: e8724.
 56. Wu PJ, Dai YT, Kao HL, Chang CH, Lou MF. Access site complications following transfemoral coronary procedures: comparison between traditional compression and angioseal vascular closure devices for haemostasis. *BMC Cardiovasc Disord* 2015;15:34.
 57. Chivot C, Deramond H, Bouzerar R, Yzet T. Safety and Efficacy of Femoral Artery Closure with the FemoSeal Device

- After Cerebral Thrombectomy Using an 8 French Sheath. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 2018;55:730-734.
58. Jiao A, Goldman D, Hussain J, Srinivasa RN, Chick JFB, Gemmete JJ, et al. Aspiration Thrombectomy-Assisted Endovascular Retrieval of an Embolized Angio-Seal Device Causing Claudication. *Ann Vasc Surg* 2019;60:476.e7-476.e11.
 59. Shah VA, Martin CO, Hawkins AM, Holloway WE, Junna S, Akhtar N. Groin complications in endovascular mechanical thrombectomy for acute ischemic stroke: a 10-year single center experience. *J Neurointerv Surg* 2016;8:568-570.
 60. Yang D, Lin M, Wang S, Wang H, Hao Y, Zi W, et al. Primary angioplasty and stenting may be superior to thrombectomy for acute atherosclerotic large-artery occlusion. *Interv Neuroradiol* 2018;24:412-420.
 61. Yi TY, Chen WH, Wu YM, Zhang MF, Chen YH, Wu ZZ, et al. Special Endovascular Treatment for Acute Large Artery Occlusion Resulting From Atherosclerotic Disease. *World Neurosurg* 2017;103:65-72.
 62. Forbrig R, Lockau H, Flottmann F, Boeckh-Behrens T, Kabbasch C, Patzig M, et al. Intracranial Rescue Stent Angioplasty After Stent-Retriever Thrombectomy: Multicenter Experience. *Clin Neuroradiol* 2019;29:445-457.
 63. Yoon W, Kim SK, Park MS, Kim BC, Kang HK. Endovascular treatment and the outcomes of atherosclerotic intracranial stenosis in patients with hyperacute stroke. *Neurosurgery* 2015;76:680-686.
 64. Dobrocky T, Kaesmacher J, Bellwald S, Piechowiak E, Mosimann PJ, Zibold F, et al. Stent-Retriever Thrombectomy and Rescue Treatment of M1 Occlusions Due to Underlying Intracranial Atherosclerotic Stenosis: Cohort Analysis and Review of the Literature. *Cardiovasc Intervent Radiol* 2019;42:863-872.