

경동맥 혈관확장술과 스텐트삽입술 후에 발생한 치명적인 두개내출혈

김광수 · 정규식¹

*고신대학교 의과대학 신경과학교실, 영상의학교실¹

Fatal Intracranial Hemorrhage after Carotid Angioplasty and Stenting

Kwangsoo Kim · Gyoo-Sik Jung¹

Departments of Neurology and Radiology¹, Kosin University College of Medicine, Busan, Korea

Abstract

Cerebral hyperperfusion with intracranial hemorrhage is a rare complication of carotid angioplasty and stent placement. A 71-year-old man presenting with dysarthria underwent carotid angioplasty and stent placement for 85% and 90% stenosis of the right internal carotid artery. At 14 hours after carotid stenting the patient suddenly had generalized tonic-clonic seizures and deteriorated. Brain CT revealed hematomas in the right frontal lobe and right basal ganglia and diffuse subarachnoid hemorrhage with acute hydrocephalus. He subsequently died 11 hours later. We report the occurrence of fatal intracranial hemorrhage in a patient undergoing carotid angioplasty and stent placement.

Key words : Carotid stenosis, Hyperperfusion, Intracranial hemorrhage, Stenting

서 론

경동맥의 동맥경화성 협착은 뇌졸중의 원인이 되며, 중등도 이상의 경동맥 협착이 있는 징후성 혹은 무증상의 환자에서 경동맥 동맥내막절제술 (endarterectomy)은 뇌졸중의 발생률을 줄일 수 있다.^{1,2)} 경동맥 혈관확장술과 스텐트삽입술은 경동맥 협착의 치료방법으로 동맥내막절제술의 대안이 되고 있다. 경동맥 동맥내막절제술 혹은 경동맥 스텐트삽입술 후에 나타날 수 있는 색전증, 초기 스텐트 혈전증, 혈관절개, 혈액학적 불안정성, 두개내출혈을 포함한 대뇌 과관류증후군 (hyperperfusion syndrome) 등은 잘 알려진 합병증이다. 대뇌 과관류증후군은 경동맥 혈관재개통의 드문 합병증으로서 임상적

으로 동측부 두통, 고혈압, 발작, 국소 신경학적 장애 등이 특징적으로 나타난다. 대뇌 과관류증후군을 적절히 치료하지 않는 경우에는 심한 대뇌부종, 뇌내출혈, 지주막하출혈, 사망 등이 초래될 수 있다. 경동맥 스텐트삽입술 후에 대뇌 과관류증후군의 발생은 경동맥 스텐트삽입 시술을 받은 환자의 1.1-5%이고,³⁻⁶⁾ 두개내출혈은 환자의 0.67-2.3%에서 발생한다.^{3,7)} 대뇌 과관류증후군과 두개내출혈은 발생빈도는 비교적 낮지만 경동맥 혈관재개통 후에 초래되는 이환율과 사망률의 중요한 원인이 된다.

본 증례보고의 목적은 경동맥 혈관확장술과 스텐트삽입술을 시행한 경동맥협착 환자에서 초래된 치명적인 뇌내출혈과 지주막하출혈의 발생을 보고하고, 경동맥 스텐트삽입술 후에 나타날 수 있는 두개내출혈의 위험인자에 대하여 알아보고 예방방법을 제시하고자 하였다.

교신저자 : 김 광 수
주소 : 602-702 부산광역시 서구 압남동 34번지
고신대학교 의과대학 신경과학교실
TEL : 051-990-6274 FAX : 051-990-3077
E-mail : nekim@ns.kosinmed.or.kr

중 례

71세 남자가 2일 전에 갑자기 나타난 구음장애를 주소로 내원하였다. 내원 당시에 환자는 구음장애 외에 다른 증상은 호소하지 않았다. 과거력상 20년 전 뇌경색으로 우측 반신마비가 나타났던 적이 있으나 이후 뇌경색 재발예방을 위한 항혈소판제 복용은 하지 않았으며, 20년 전 고혈압과 당뇨병 진단을 받고 약물치료를 받고 있었다. 흡연은 하지 않고 있으며, 음주력은 최근 4년 전부터 거의 매일 소주를 하루에 1-2잔 씩 하고 있었다. 가족력상 특이한 병력은 없었다. 이학적 검사상 활력징후는 혈압 150/100 mmHg, 맥박 80 회/분, 호흡수 20 회/분, 체온 36.5℃ 등으로 혈압이 높았으며, 그 외에 특이 소견은 없었다. 신경학적 검사상 환자는 우측 손잡이로 의식은 명료하였고, 말할 때 발음이 부정확하고 속도가 느린 양상의 구음장애가 있었으나 뇌신경검사, 운동계 검사, 감각계 검사, 소뇌기능검사 등은 정상이었고, 심부건반사는 양측 상하지 모두 대칭적으로 정상 활동성 반사를 보였으며, 보행도 정상이었다. 내원 당시 혈당치는 316 mg/dl로 높았다. 뇌 전산화단층촬영상 양측 뇌실 주변 백질부, 기저핵, 시상 등 부위에서 저강도 음영과 우측 전두엽 부위에 국소 뇌연화증 (encephalomalacia)을 의심케 하는 소견을 보였으며, 뇌 자기공명영상의 확산강조영상에서 급성기 병변으로 우측 중뇌동맥 분포부위에 다발성 국소 뇌경색 소견을 보였다 (Fig. 1). 입원 후 뇌경색, 고혈압, 당뇨병 진단 하에 clopidogre l(Plavix[®]) 75 mg qd, aspirin 100 mg qd, amlodipine / losartan (Amosartan[®]) 5/50 mg qd, glimepiride (Amaryl[®]) 2 mg qd, metformin (Diabex[®]) 500 mg tid, atorvastatin (Lipitor[®]) 40 mg qd 경구투여를 하였다. 좌측 대퇴동맥을 통하여 시행한 뇌혈관조영촬영에서 우측 내경동맥의 구상(bulb) 부분에 NASCET 방법으로 측정하여 85% 동맥협착이 있었으며, 해면 (cavernous) 부분에는 90%의 심한 동맥협착을 보였다 (Fig. 2). 외경동맥을 통한 우회혈관에 의하여 우측 중뇌동맥이 조영되었다. 좌측 내경동맥은 근위부에 47% 동맥협착이 있었으며, 전교통동맥 (anterior communicating artery)을 통하여 우측 전뇌동맥이 조영되었다.

구음장애가 나타난 후 8일째 날에 우측 내경동맥에

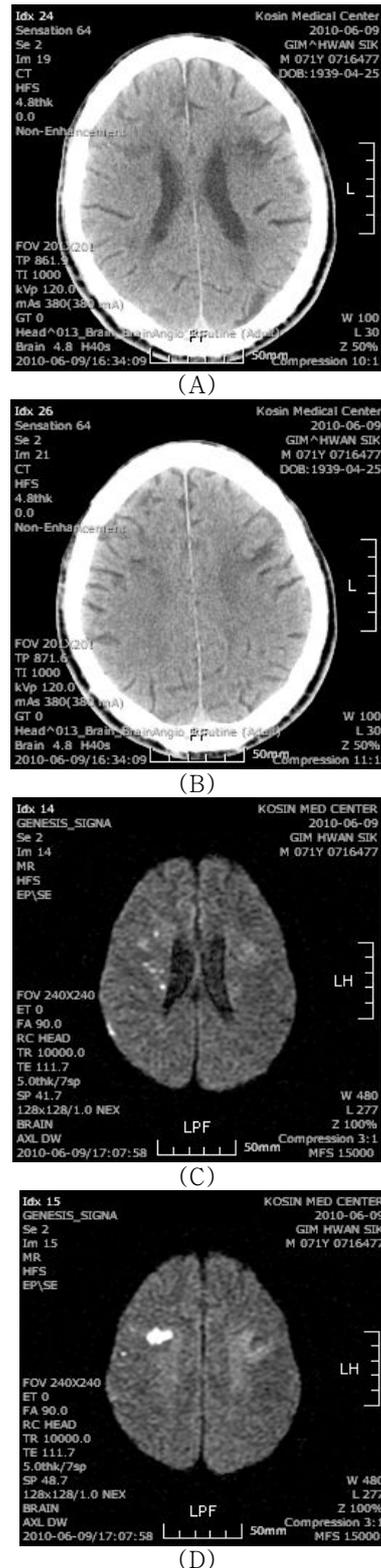


Fig. 1. Brain CT and MRI of a patient. Brain CT shows suspicious low density lesions in the right anterior centrum semiovale region and focal encephalomalacia in the left frontal lobe (A, B). Diffusion weighted MRI shows multiple small high signal intensity lesions in the right middle cerebral territory (C, D).

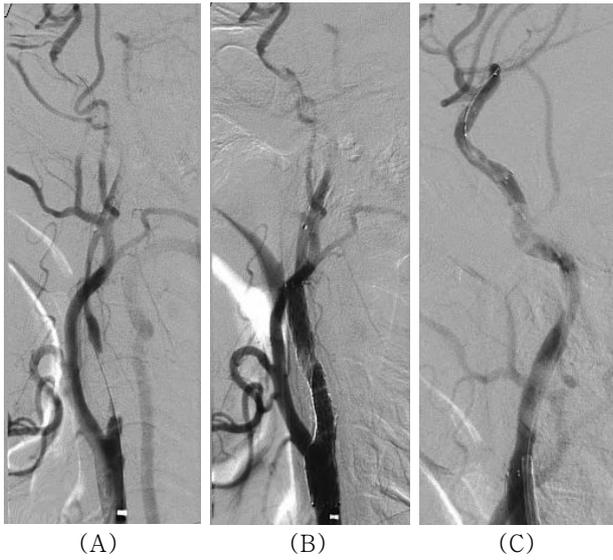


Fig. 2. Cerebral angiography of a patient. Carotid angiography shows severe stenotic narrowing in the bulbous and cavernous portions of the right internal carotid artery (A). Carotid stents are inserted in the proximal and distal parts of the right internal carotid artery (B, C).

스텐트를 삽입하기 위하여 뇌혈관조영촬영을 다시 시행하였다. 뇌혈관조영촬영을 시행하기 직전에 측정된 혈압은 172/81 mmHg, 맥박은 48 회/분 등이었다. 시술하기 직전 Heparin 4,000 Unit를 정맥주사 후 우측 내경동맥의 협착 부위에 스텐트삽입술을 시행하였다. 스텐트 삽입은 0.014인치 유도전선 (guide wire)을 이용하여 협착부위를 통과시킨 후 이를 따라 거미필터장치 (spider filter device)를 내경동맥의 두개골기저 수준에 설치하고, 이를 통하여 4 mm 풍선도관 (balloon catheter)을 협착부위에 위치시킨 다음 혈관확장술 (angioplasty)을 시행하였다. 혈관확장술 후에도 동맥협착이 50% 이상 지속되어 경동맥 스텐트 (10×60 mm)를 삽입하고, 6×20 mm 풍선도관을 이용하여 스텐트 혈관확장술을 시행하였다. 추적 경동맥조영촬영에서 우측 내경동맥의 추체부 (petrous portion)와 해면 부분에 심한 협착과 혈전형성이 관찰되었다. 필터장치를 제거한 후 길이 300 cm의 0.014인치 유도전선을 진입시켜 협착부위를 관통한 후 유도전선을 따라 4×15 mm 풍선도관을 이용하여 혈관확장술을 시행하였다. 그 후 혈관조영촬영에서 우측 내경동맥 해면부분에 50% 이상 협착이 지속되어 두개내용 스텐트인 Wingspan 스텐트 2개

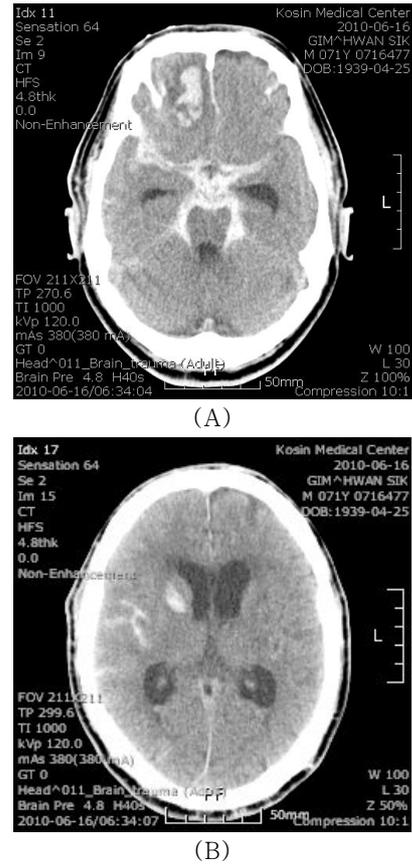


Fig. 3. Brain CT of a patient 14 hours after carotid stenting. Brain CT shows hematomas in the right frontal lobe and right basal ganglia, subarachnoid hemorrhage and ventricular dilatation (A, B).

(4×15 mm, 4×25 mm)를 우측 내경동맥의 추체부와 해면 부분에 각각 삽입 설치하였다. 마지막으로 우측 내경동맥조영촬영을 하여 조영제의 흐름이 회복된 것을 확인한 후 시술을 마쳤다. 시술도중에 발생할 수 있는 색전의 방지와 혈압조절을 위하여 Heparin 1,000 Unit와 베타차단제 Labetalol 정맥주사를 하였다. 경동맥 스텐트는 우측 경동맥의 구상부, 추체부 및 해면부에 각각 삽입 설치되었다. 모든 스텐트 삽입설치가 완료되고 5분 후 abciximab (ReoPro®) 10 mg을 동맥주사하고, Heparin 1,000 Unit를 정맥주사 하였다. 시술이 완료된 직후 혈압은 147/75 mmHg, 맥박 61 회/분 등이었으며, 신경학적 검사에서 의식은 명료하였고, 시술전과 비교하여 차이가 없는 구음장애 외에 새로 나타난 이상 소견은 없었다. 경동맥 혈관확장술과 스텐트삽입술을 마친 후 환자 관리를 위하여 중환자실로 이송하였다.

중환자실에서 관찰 중 환자는 두통, 안통, 오심, 구토

등 뇌압증가를 의심케 하는 소견은 보이지 않았으며, 혈압도 140/80 mmHg 이내로 조절되고 있었다. 시술 후 14시간째 환자가 갑자기 전신에 힘을 준 후 전신성 강직-간대성 발작을 하였다. 의식은 반혼수 상태였다. 이 당시 촬영한 뇌 전산화단층촬영에서 우측 전두부와 우측 기저핵 (basal ganglia) 부위에 혈종, 지주막하출혈, 뇌실 확장 등 소견을 보였다 (Fig. 3). 두개내출혈을 확인한 후 항혈소판제인 Plavix와 Aspirin 투여를 중단하고, 혈압조절과 두개내압을 낮추는 처치를 하였다. 환자는 지속적인 혼수상태를 보이다가 시술 후 25시간째 사망하였다.

고 찰

본 증례는 우측 내경동맥의 심한 동맥협착에 대하여 경동맥 혈관확장술과 스텐트삽입술을 시행하였으며, 스텐트삽입술은 급성 합병증 없이 수행되었으나 14시간 후에 갑자기 전신성 강직-간대성 발작과 의식저하가 나타나서 뇌전산화단층촬영상 우측 전두엽과 기저핵에 뇌내출혈과 광범위한 지주막하출혈이 확인된 후 사망한 증례이다.

대뇌 과관류증후군은 뇌혈류의 자가조절 장애로 인하여 발생한다.^{3,7)} 심한 경동맥협착에 의한 만성 저혈류 상태는 적절한 뇌혈류를 유지하기 위한 정상 자가조절 반응에 의하여 협착부위의 원위부 혈관이 보상적으로 팽창하게 된다. 만성 혈관팽창이 있는 혈관은 혈압변화에 따른 혈관수축 능력이 소실되어 있어서 재관류 후에 뇌혈류가 증가하게 되는데 이를 과관류 (hyperperfusion) 라고 한다. 또한 과관류 현상은 스텐트삽입술 후에 동측 뇌혈류가 100% 이상 증가함을 의미한다.⁸⁾ 대뇌 과관류 증후군은 재관류 시술 후에 박동성 동측 전측두부 혹은 안와주위 두통, 혼미, 황반부종, 시력장애, 발작, 국소 신경장애 등의 임상증상이 나타날 경우에 의심할 수 있으며, 뇌 전산화단층촬영에서 동측 뇌내출혈 혹은 지주막하출혈, 뇌부종, 혹은 충혈상태 등이 보이고, 혈전색전증의 증거가 없을 때 확진 할 수 있다.⁶⁾ 본 증례는 시술 후 급성기 합병증은 없었으나 시술 후 14시간 지나서 갑자기 발작과 혼미가 나타나서 뇌 전산화단층촬영에

서 뇌내출혈과 지주막하출혈이 확인된 경우로 대뇌 과관류증후군의 진단에 합당하였다. Abou-Chebl 등³⁾은 스텐트삽입술 후 대뇌 과관류증후군의 증상은 시술 후 6시간-4일 (평균 10시간) 이내에 나타났다고 하며, Ogasawara 등⁴⁾은 시술 후 12시간 이내에 가장 흔하게 나타났다고 한다. Kaku 등⁸⁾은 심한 동맥협착 환자 30명에서 혈관확장술과 스텐트삽입술을 하였는데 이들 중 3명이 시술 직후에 대뇌 과관류 현상을 보였다고 한다.

재관류 시술 후 과관류증후군 발생의 위험인자는 심한 동측 동맥협착, 고령, 심한 반대측 동맥협착 혹은 폐색, 불충분한 우회혈류, 고혈압, 시술 후 고혈압, 최근 뇌허혈증 등이 있다.^{3,5,9)} 풍선 혹은 경동맥 스텐트에 의한 경동맥 압력수용체 (baroreceptor)의 자극도 지연성 과관류증후군 발생에 중요한 역할을 한다.⁸⁾ 경동맥 압력수용체의 자극은 일과성 서맥과 저혈압을 일으키고, 이어서 나타나는 반동성 고혈압이 대뇌 과관류를 유도할 수 있다. 본 증례는 심한 동측 동맥협착, 고령, 고혈압, 시술 후 고혈압, 최근 뇌허혈증 등의 여러 위험인자를 가지고 있었다.

경동맥 내막절제술 혹은 스텐트삽입술 후 두개내출혈은 대뇌 과관류증후군과 관련되어 나타난다. Ogasawara 등⁴⁾은 경동맥 내막절제술 혹은 스텐트삽입술 시술을 받은 경동맥협착 환자 4,494명에 대한 후향성 조사에서 대뇌 과관류증후군과 관련된 두개내출혈은 전체 환자들 중 27명 (0.6%)에서 발생하였으며, 동맥내막절제술 후에 발생한 출혈은 환자 6명 모두 뇌내출혈이었고, 경동맥 스텐트삽입술 후에 출혈이 발생한 환자 21명 중 18명은 뇌내출혈, 2명은 지주막하출혈, 1명은 뇌내출혈과 지주막하출혈 등이었다고 한다. Morrish 등⁹⁾은 경동맥협착에 대한 혈관확장술과 스텐트삽입술을 받은 환자 90명에 대한 후향성 조사에서 4명 (4.4%)에서 두개내출혈이 나타났으며, 지주막하출혈 1명, 뇌실내출혈 1명, 지주막하출혈과 뇌실내출혈 1명, 경막하출혈 1명 등이었다고 한다. 본 증례의 혈관확장술과 스텐트삽입술 후에 대뇌 과관류증후군과 관련하여 발생한 뇌내출혈과 지주막하출혈은 드문 경우이다. Buhk 등¹⁰⁾은 뇌내출혈은 대부분 재관류 시술을 받은 동측 기저핵에서 나타나고, 급성 뇌경색 부위에서는 나타나지 않았다고 한다.

재관류 시술 후에 만성적으로 저관류 상태에 있는 뇌에 정상 뇌혈류의 회복은 뇌부종, 모세혈관 파열, 작은 동맥의 섬유상괴사 (fibrinoid necrosis)와 관련된 혈관주위 출혈 등을 일으킬 수 있다.⁹⁾ 또한 전형적인 고혈압성 뇌내출혈의 기전과 같이 갑자기 정상적인 관류압에 급성 노출된 기저핵의 작은 관통동맥 (perforating artery) 파열에 의하여 뇌내출혈이 발생하기도 한다.¹⁰⁾ 경동맥 스텐트삽입술시 내경동맥의 폐색동안 초래되는 일시적인 서맥과 저혈압에 의한 대뇌허혈은 많은 활성산소종 (reactive oxygen species)을 생성한다. 만들어진 활성산소종은 동측 대뇌동맥에 광범위한 내막손상을 일으켜서 두개내출혈의 위험성을 높이기도 한다.⁴⁾ 경동맥 내막절제술 혹은 스텐트삽입술 후에 발생하는 지주막하출혈은 손상된 자가조절 기전과 관계가 있다.¹¹⁾ 재관류 후 발생하는 높은 관류압으로 인하여 모세혈관 내막세포의 밀착접합부 (tight junction)에 박리가 일어나서 뇌내출혈 뿐만 아니라 지주막하출혈을 일으킨다. 또한 경동맥 스텐트삽입술 후에 뇌혈류와 혈압이 증가함으로 인하여 혈관 혹은 동맥류가 파열하여 지주막하출혈이 발생할 수도 있다.¹¹⁾ 경동맥 스텐트삽입술 후에 지주막하출혈이 발생한 환자의 부검결과 Willis 회로의 원위부 지주막하에 위치하고 있는 동맥혈관벽의 파열이 확인되었다.¹¹⁾

경동맥 혈관확장술과 스텐트삽입술 후 두개내출혈의 발생 위험인자는 동측 경동맥의 90% 이상 심한 동맥협착, 반대측 경동맥의 폐색이 있는 오래된 심한 경동맥협착, 불충분한 우회혈류, 시술전후 고혈압, 과량의 헤파린 주사, 항혈소판제 사용 등이다.^{9,11)} Abou-Chebl 등³⁾은 경동맥 스텐트삽입술을 받은 450명의 후향성 조사에서 심한 양측성 경동맥협착과 동시에 고혈압을 가지고 있는 환자에서 두개내출혈이 발생하였다고 한다. 그러나 Ogasawara 등⁴⁾은 동맥내막절제술을 받은 환자에서 두개내출혈은 시술 후 불충분한 혈압조절과 유의한 상관관계가 있었으나 스텐트삽입술 후에 발생하는 두개내출혈은 혈압조절과 상관관계가 없었다고 한다. 이전의 보고들과 비교하여 본 증례의 경동맥 혈관확장술과 스텐트삽입술 후 두개내출혈의 발생 위험인자로는 동측 경동맥의 심한 동맥협착, 철저하게 조절되지 않은 시술 전후의 고혈압, 항혈소판제와 항응고제의 과도한 사용

등이다. 또한 증후성 뇌경색 발생 후 스텐트삽입술을 시행하기 까지 짧은 기간도 어느 정도 영향을 미쳤을 것으로 생각된다.

경동맥 재관류 시술시기는 일반적으로 일과성 뇌허혈 발작 혹은 뇌졸중이 발생하고 나서 6주가 지난 다음에 실시한다. 2주 이내에 경동맥 혈관내막절제술을 받는 환자에서 예후가 가장 좋았다는 보고가 있다.¹²⁾ 그러나 Rockman 등¹³⁾은 4주 이내에 경동맥 혈관내막절제술을 받은 일과성 뇌허혈 발작과 뇌졸중 환자에서 시술후 뇌졸중의 위험이 유의하게 높았다고 한다. Zaidat 등¹⁴⁾은 급성 허혈성 뇌졸중 환자 38명에서 경동맥 스텐트삽입술을 뇌졸중 후 1.5-157 시간 (평균 55시간)에 실시한 후 두개내출혈은 1명 (2.6%)에서 나타났다고 한다. 그리고 Buhk 등¹⁰⁾은 경동맥 스텐트삽입술 후 발생한 뇌내출혈이 급성 뇌경색 부위에서는 나타나지 않으므로 급성 뇌경색은 뇌내출혈의 위험인자가 아니라고 한다. 그러나 Tan과 Phatouros⁷⁾는 경동맥 스텐트삽입술 후 큰 뇌내출혈의 발생은 일과성 뇌허혈 발작 혹은 뇌경색이 나타난 후 2-6주 이내에 시술한 증례에서 나타났다고 한다. 본 증례는 증후성 뇌경색 후 8일째 경동맥 혈관확장술과 스텐트삽입술을 실시하였으며, 뇌내출혈이 나타난 부위는 동측 전두엽과 기저핵으로 급성 뇌경색이 있었던 부위는 아니었다.

경동맥 스텐트삽입술 후 과관류증후군과 두개내출혈이 나타날지 여부를 미리 예측할 수 있는 검사법으로는 단광자방출단층촬영 (single photon emission CT, SPECT), 대뇌관류단층촬영 (cerebral perfusion CT), 경두개도플러초음파검사 (transcranial Doppler sonography, TCD) 등이 있다. 시술하기 전에 SPECT를 실시하여 안정시 뇌혈류와 acetazolamide challenge 검사를 통한 뇌혈관의 예비능을 확인함으로써 대뇌 과관류증후군을 미리 예측할 수 있으며,⁸⁾ 대뇌관류단층촬영을 스텐트삽입술 1일 전에 실시하여 뇌혈액량, 평균 통과시간 (mean transit time), 뇌혈류 등을 계산하여 평균 통과시간이 3초 이상 연장되는 경우 과관류의 위험성이 높으므로 면밀히 감시하여 과관류의 발생을 미리 방지할 수 있다.⁶⁾ 그리고 지속적인 TCD로 시술한 동측의 경동맥에 과관류가 있는지 여부를 감시할 수 있다.¹⁵⁾

경동맥 혈관확장술과 스텐트삽입술 후 과관류증후군

및 두개내출혈의 발생을 예방하기 위해서는 위험성이 높은 환자를 신중하게 선별하고, 시술후 과관류 징후를 철저히 감시하고, 시술후 혈압을 적극적으로 감시하고 조절하며, 시술 전후에 혈액응고 상태를 면밀히 조절하고 시술 중 과도한 항응고제의 사용을 피하여야 할 것이다.

참고문헌

- 1) North American Symptomatic Carotid Endarterectomy Trial Collaborator : Beneficial effect of carotid endarterectomy in symptomatic patients with high grade carotid stenosis. *N Engl J Med* 325:445-453, 1991
- 2) Executive Committee for the Asymptomatic Carotid Atherosclerosis Study : Endarterectomy for asymptomatic carotid artery stenosis. *JAMA* 273:1421-1428, 1995
- 3) Abou-Chebl A, Yadav JS, Reginelli JP, Bajzer C, Bhatt D, Krieger DW : Intracranial hemorrhage and hyperperfusion syndrome following carotid artery stenting: risk factors, prevention, and treatment. *J Am Coll Cardiol* 43:1596-1601, 2004
- 4) Ogasawara K, Sakai N, Kuroiwa T, Hosoda K, Iihara K, Toyoda K, Sakai C, Nagata I, Ogawa A : Intracranial hemorrhage associated with cerebral hyperperfusion syndrome following carotid endarterectomy and carotid artery stenting: retrospective review of 4494 patients. *J Neurosurg* 107:1130-1136, 2007
- 5) Brantley HP, Kiessling JL, Milteer Jr. HB, Mendelsohn FO : Hyperperfusion syndrome following carotid artery stenting: the largest single-operator series to date. *J Invasive Cardiol* 21:27-30, 2009
- 6) Tseng YC, Hsu HL, Lee TH, Hsieh IC, Chen CJ : Prediction of cerebral hyperperfusion syndrome after carotid stenting: a cerebral perfusion computed tomography study. *J Comput Assist Tomogr* 33:540-545, 2009
- 7) Tan GSS, Phatouros CC : Cerebral hyperperfusion syndrome post-carotid artery stenting. *J Med Imaging Radiat Oncol* 53:81-86, 2009
- 8) Kaku Y, Yoshimura S, Kokuzawa J : Factors predictive of cerebral hyperperfusion after carotid angioplasty and stent placement. *Am J Neuroradiol* 25:1403-1408, 2004
- 9) Morrish W, Grahovac S, Douen A, Cheung G, Hu W, Farb R, Kalapos P, Wee R, Hudon M, Agbi C, Richard M : Intracranial hemorrhage after stenting and angioplasty of extracranial carotid stenosis. *Am J Neuroradiol* 21:1911-1916, 2000
- 10) Buhk JH, Cepek L, Knauth M : Hyperacute intracerebral hemorrhage complicating carotid stenting should be distinguished from hyperperfusion syndrome. *Am J Neuroradiol* 27:1508-1513, 2006
- 11) Hartmann M, Weber R, Zoubaa S, Schranz C, Knauth M : Fatal subarachnoid hemorrhage after carotid stenting. *J Neuroradiol* 31:63-66, 2004
- 12) Rothwell PM, Eliasziw M, Gutnikov SA, Warlow CP, Barnett HJ : Endarterectomy for symptomatic carotid stenosis in relation to clinical subgroups and timing of surgery. *Lancet* 363:915-924, 2004
- 13) Rockman CB, Maldonado TS, Jacobowitz GR, Cayne NS, Gagne PJ, Riles TS : Early carotid endarterectomy in symptomatic patients is associated with poorer perioperative outcomes. *J Vasc Surg* 44:480-487, 2006
- 14) Zaidat OO, Alexander MJ, Suarez JI, Tarr RW, Selman WR, Enterline DS, Smith TP : Early carotid artery stenting and angioplasty in patients with acute ischemic stroke. *Neurosurgery* 55:1237-1242, 2004
- 15) Pfefferkorn T, Mayer T, Von Stuckrad-Barre S, Covi M, Hamann GF : Hyperperfusion-induced intracerebral hemorrhage after carotid stenting documented by TCD. *Neurology* 57:1933-1935, 2001