

# 수술중 경두개 초음파 집중감시

성균관대학교 의과대학 삼성서울병원 신경과

서 대 원

## Intraoperative Transcranial Doppler Monitoring

Dae Won Seo, M.D.

Department of Neurology, Samsung Medical Center  
Sungkyunkwan University School of Medicine

### - Abstract -

Transcranial Doppler (TCD) monitoring is a new application of ultrasonography which allows the noninvasive detection of blood flow velocity in the horizontal (M1) segment of the middle cerebral artery (MCA) and detects microembolic phenomena in the cerebral circulation. Recent studies emphasized the potential of using this technique in vascular surgery (carotid endarterectomy, cardiopulmonary bypass), interventional and intensive care setting. Although the disparity between CBF and blood velocity was noted and the clinical significance of microemboli was not clearly verified, the change in blood flow velocity and number of microemboli could be used to prevent cerebral ischemia and embolism based on clinical studies. A reduction of more than 60% of MCA can reflect hemodynamic ischemic state and acoustic feedback of high intensity transient signals(HITS) from the TCD monitoring unit has a direct influence on surgical technique. TCD monitoring can immediately provide information about thromboembolism and hemodynamic changes, which may be a useful tool in the study and prevention of stroke.

**Key Words :** TCD monitoring, Intraoperative monitoring, Carotid endarterectomy, Emboli

## 서 론

경두개 초음파는 물리학자인 Christian Andreas Doppler (1803-1853)의 도플러효과 (Doppler effect)를 토대로 응용한 것으로, 두개강외 동맥에서의 뇌혈류 측정이 1965년 Miyazaki와 Kato에 의해서 처음 보고되었으며 두개강내 동맥에서는 1982년 Aaslid에 의해서 처음 시도 되었다<sup>1</sup>. 그 후 많은 뇌혈관 질환에서 이용되었다. 1990년 Spencer등이 경동맥내막절제술 동안 고형의 전색물질을 초음파로 확인할 수 있었다고 보고하면서 전색증의 진단에 이용되면서 경두개초음파 집중감시 (transcranial Doppler monitor-

ing: TCD monitoring)가 더욱 활발하게 이용되었다. 이러한 TCD monitoring이 이용되는 분야는 Table 1과 같다. 우선 뇌혈류 속도 측정면에서 중환자실에서 지주막하출혈환자의 혈관 연축을 조기에 진단하는데 이용할 수 있으며, 물론 뇌졸중의 원인인 전색증을 진단 내릴 수 있으며, 그에 대한 항응고제의 효과를 판정할 수도 있겠다. 또한 수술중 및 신경방사선과적 처치에서도 이용될 수 있다. 현재 TCD monitoring이 이용될 수 있는 수술은 경동맥내막절제술 (carotid endarterectomy), 심폐측부순환 (cardiopulmonary bypass surgery)이 필요한 심장수술, 그 외의 다른 대동맥 박리증 (aortic dissection), 대동맥 동맥류 (aortic aneurysm)에서도 이용될 수 있으며 점차 그 이용이

교신저자: 서 대 원

서울특별시 강남구 일원동 50번지

성균관대학교 의과대학 삼성서울병원 신경과

TEL) 02-3410-3595, FAX) 02-3410-0052, E-mail) dwseo@smc.samsung.co.kr

**Table 1. Potentials uses of transcranial Doppler monitoring**

Perioperative intensive care setting
Subarachnoid hemorrhage
Trauma
Increased intracranial pressure
Impending brain death
Non-interventional setting
Migraine
Localization of embolic source
Identification of at-risk patients (carotid/cardiac embolism)
Monitoring of effectiveness of treatment of anticoagulation
Intraoperative monitoring
Carotid endarterectomy
Cardiopulmonary bypass
Interventional setting
Carotid angioplasty
Cerebral angiography

넓어질 것으로 생각된다. 신경방사선과적 처치로 경동맥 혈관성형술 (carotid angioplasty), 및 기타 혈관조영술에서 이용할 수 있겠다.

수술중 집중감시를 하기 위해서는 몇 가지 고려해야 될 점이 있다. 우선 수술에 도움을 주기 위해서는 수술을 하는 외과의사, 또한 마취과 의사, 또한 검사를 진행하는 기사, 이를 감독하고 판정하는 신경과 의사 또는 전기생리학자의 긴밀한 협조 또는 team approach가 필요하다. 둘째 수술 중 감시를 하는데 있어서 영향을 줄 수 있는 기술적, 마취적, 외과적 원인에 대한 충분한 이해가 있어야 한다. 특히 병변 및 수술 방식이 환자마다 외과의사의 취향에 따라 다를 수 있으므로 이를 수술전에 충분히 이해한 후에 집중감시에 임해야 하겠다. 셋째, 시행하고 있는 감시의 장점, 단점을 특히 위양성 및 위음성을 충분히 이해해야 하겠다. 실제 경두개 초음파 감시는 미세전색증을 나타내는 신호 변화는 매우 민감해서 위양성의 가능성이 높지만 위음성은 낮다. 그외에 집중감시의 안정성, 자료의 검토를 위한 보관 및 최근의 기종을 이용하는 것 등이 필요하겠다. 이상의 의미에 대해 충분히 이해하고 있어야 하겠다. 본 글에서는 수술중 집중감시 및 신경방사선적 처치와 관련된 TCD monitoring에 대해서 설명하겠다.

## 본 론

### 1. TCD monitoring 방법

수술 및 신경방사선적 처치에서의 TCD monitoring은 주로 머리피를 이용하여 probe를 고정하고 중뇌동맥의 M1 부분을 감시한다. 이 때 probe는 일반 검사실의 handheld probe와 같이 2 MHz이지만 그 모양이 머리피에 고정될 수 있게 제작된 것이어야 한다. 특히

머리피에 완전히 고정되는 것이 매우 중요하다. 깊이는 40~50 mm 정도에서 시행하며 sample volume은 10 mm<sup>3</sup>로 한다. 이렇게 probe를 설치한 후 기초가 되는 혈류 속도를 측정 한 후 지속적으로 혈류속도를 측정하여 혈류속도의 감소 또는 증가 정도를 계산하여 뇌혈류 속도를 파악한다. 또한 일시적인 신호 변화 대개 10-20 msec 정도의 아주 짧은 기간에 주위보다 강한 신호가 나타나는지 확인 하여 미세색전이 발생하는지 파악하게 된다. 이러한 신호는 적어도 100 msec 미만이며, 주위 보다 3~9 dB 정도로 강하게 나타나며, 일정한 한 방향으로 나타나며 (probe 쪽으로), 날카로운 특유의 소리를 나타낸다. 물론 probe의 미끄러짐, bovie 등에 의한 artefact와 감별이 필요하며 이 경우 소리가 다소 둔탁하며, 양방향성으로 길게 나타난다. 일반적인 검사실에서 이용하는 pulsatile index는 monitoring에서는 잘 이용되지 않는다.

### 2. 뇌혈류와 중뇌동맥의 혈류속도 관계

TCD monitoring에서 나타나는 혈류 변화가 과연 뇌혈류의 감소를 반영할 수 있을까? 우선 뇌혈류는 평균혈압 60~150 mmHg 정도에서 일정하게 유지되는 자동조절기능이 있다. 이것은 뇌혈류 저항이 가장 큰 소동맥 부분에서의 혈관 직경의 변화를 통해 이루어지는데 만일 혈압이 감소한다면 소동맥의 직경의 증가를 통해 혈류저항을 떨어뜨려 뇌혈류를 일정하게 유지하게 된다 (Ohm's law:  $Q = \Delta P/R$ ). 혈류량과 속도에 대한 관계를 보면 혈류량은 단면적에 혈류 속도를 곱한 값 ( $Q = \pi r^2 \times FV$ )이므로 일정한 직경의 혈관에서는 혈류량과 혈류속도는 정비례 관계에 있다. 그 정도는 직경의 4승 정도 비율로 강력한 역할을 하게 된다 (Poiseuille's law:  $R = 8nl/m^4$ ). 따라서 압력이 떨어지면 혈류량이 감소하고 혈류속도 역시 감소하는 단순한 관계를 생각할 수 있으나, 뇌혈관의 자동조절기능 등에 의해 직경이 변하게 되므로 간단치가 않다. 또한 뇌혈류 속도는 소동맥에서 측정하기 불가능하고 중뇌동맥에서 이루어진다. 따라서 실제 혈관마다 차이있는 직경의 변화에 의한 저항의 감소와 그와 관련된 혈류속도의 변화 또한 혈류량의 변화를 예측하기는 어렵다. 또한 만성 고혈압 등의 질환을 가지고 있다면 자동조절기능의 범위 역시 변화하기 때문에 더욱 복잡해진다. 그러나 실제 뇌혈류와 비교적 잘 비례한다고 알려져 있는 이산화탄소 분압과 뇌혈류속도의 변화는 비교적 좋은 비례 관계를 유지하고 있다고 한다. 따라서 뇌혈류의 절대치가 뇌혈류량을 반영하지는 못하지만 뇌혈류속도의 변화는 뇌혈류량의 변화와 비교적 상관 관계를 나타내며 특히 낮은 혈류속도에서는 더욱 좋은 관계를 나타내는 것으로 알려져 있다.

어느 정도의 혈류량 감소가 비가역적 뇌손상을 일으



키게 되는가? 뇌 경색의 역치는 허혈의 정도와 지속되는 시간 및 뇌세포의 대사 상태에 따라 생각해 다르다. 즉 완전히 차단한 상태와 20 ml/100g/min 정도의 상태에서 전자는 4분 정도 후자는 10~30분 정도 지속되어야 뇌경색이 발생한다. 또한 왕성히 세포가 활동하는 상태와 마취제 사용, 저체온의 상태에서는 이러한 뇌 경색이 발생하기 까지 걸리는 지속 시간은 더욱 길어지겠다. TCD monitoring에서는 혈류속도가 60% 정도 감소하면 뇌혈류량은 15 ml/100g/min 정도일 때이며 전기생리학적 비교 연구에 의하면 형성되지 못하는 상태라고 한다. 따라서 이러한 점들을 고려하여 중뇌혈류 속도의 60% 정도 감소가 있을 경우 전위형성을 할 수 없을 정도의 뇌혈류 감소가 있다고 보고 뇌경색의 역치로 삼고 있다. 임상적으로도 60% 정도의 감소가 있을 경우 뇌기능의 손상이 일어난다고 한다. 또한 100% 이상 증가하면 뇌출혈의 위험성이 10배나 높아진다고 한다. 따라서 중뇌동맥의 뇌혈류 속도의 기준값을 얻은 후 이것의 60% 감소치와 100% 증가치를 계산하고 얻어지는 결과가 그 범위 안에 속하는 지 확인하면서 감시한다.

### 3. 미세전색의 특징

TCD가 monitoring으로 이용될 수 있는 장점은 미세전색을 확인할 수 있다는 점이다. 실제 미세전색이 TCD monitoring 관찰되어도 많은 경우에서 임상적 이상소견은 나타나지 않는다. 그러나 그 숫자가 많을수록 신경학적 이상과 상관관계를 나타내므로 수술 등에서 이에 대한 주의가 필요하다. 미세전색의 TCD상의 특징은 네가지로 정해진다. 첫째 그 신호기간이 일시적이다 (대개 100 msec 미만, 아주 길어도 300 msec 미만). 둘째, 아주 강한 신호 증가로 나타난다 (적어도 3 dB 이상, 붉은색). 셋째, 한방향성을 나타낸다. 넷째, 특유의 강하고 날카로운 소리를 나타낸다는 점이다. 따라서 미세전색을 HITS (high intensity transient signals)라고 한다. 따라서 이러한 소리를 스피커를 통해서 들어 놓아 수술 중 직접적으로 외과의사에게 feedback을 줄 수 있다는 점이 장점이 되겠다. 물론 검사자는 소리가 HITS에 합당한 지 확인을 해주어야겠다. 그러나 이러한 신호는 가스나 지방과 같이 실제 뇌경색의 위험성이 떨어지는 bubble emboli에서도 관찰되며, 응고된 혈액, 죽상물질과 같이 뇌경색의 위험성이 높은 solid emboli (formed element)에서도 관찰될 수 있다. 실제 이에 대한 감별은 쉽지 않다. 그러나 probe의 움직임 등에 의한 artefacts의 경우는 양방향성으로 bovie 등에 의한 경우는 비교적 오랜시간 지속되므로 감별가능하다.

### 4. 경동맥 내막절제술에서의 TCD monitoring

동맥내막절제술 (carotid endarterectomy:CEA)은 1954년 Eastcott et al<sup>2</sup>이 경동맥 협착 (carotid artery stenosis)이 있는 환자에서 뇌허혈 (cerebral ischemia) 상태를 치료할 목적으로 처음 시행한 이후 1980년까지 증가하다 수술 효과에 대한 의문이 제기된 후 다소 감소하였지만<sup>3</sup>, 최근 다기관 연구 (multicenter study)에 의해 어느 정도 그 효과가 밝혀졌다<sup>4,5</sup>. 또한 국내에서도 뇌졸중이 서구와 비슷한 양상으로 변화하고 의사들의 적극적으로 참여하여 경동맥내막절제술이 활성화되고 있다. 수술중 합병증 (perioperative complication)은 일반적으로 유병률 (morbidity) 1.5~16%, 사망률 (mortality) 0~5% 정도로 알려졌다. 합병증은 크게 수술중 및 수술 직후 뇌졸중과 관련된 합병증과 외과적 시술에 의한 수술 주변 부위의 신경계 손상으로 나누어 볼 수 있다. 일반적으로 수술자체로 인한 국소적인 신경계 손상은 매우 드문 편이며 뇌졸중과 관련된 합병증이 많으며 이에 대한 보고로 NASCET<sup>6</sup>에서는 수술 받은 환자 중 5.5%에서 뇌졸중이 나타났으며, 3.7%는 경도의 뇌졸중 (minor stroke), 1.5%는 중증도의 뇌졸중 (major stroke : deficits persisting 3 months or more)을 나타내었고, 0.3%는 사망하였다고 보고되었다. Mayo clinic의 회고적 연구에 의하면 2% 였는데<sup>6</sup>, 이 중 받은 수술 중 나머지 받은 수술 후 동안 발생한다고 한다. 수술 중 발생한례들 중 18.2%는 뇌허혈증으로, 81.8%는 전색증으로 보이며, 전색증 중 22.2%는 션트를 설치하다 발생한 것으로 보고하였다. 이러한 경동맥내막절제술 합병증과 관련된 원인들로는 첫째, 수술중 전색증이나 내경동맥의 교차결찰 (cross-clamping of ICA)시의 뇌허혈, 둘째, 수술 직후 발생하는 내경동맥 혈전성 폐쇄 (thrombotic occlusion of ICA) 또는 혈류의 증가로 인한 뇌출혈, 세째, 그 외에 다른 뇌혈관 문제 (심근경색, 울혈성 심부전증, 부정맥 등) 때문에 발생한 것으로 정리할 수 있겠다. 이러한 원인들은 TCD monitoring을 통해 어느 정도 조기에 발견하여 빈도를 낮출 수 있겠다. 특히 수술동안 내경동맥의 교차결찰시 뇌허혈 상태가 발생한다거나, 이를 막기위한 션트 (shunt) 삽입술 동안 죽상물질 (atheromatous materials)의 전색증 등은 TCD monitoring을 통해 낮출 수 있겠다.

경동맥 내막절제술의 수술방법은 다음과 같다. 경동맥 협착 부위를 보고 하악골 (mandible)의 탈골 (dislocation) 여부를 판단한 후 수술할 부위의 목을 노출시킨다. 부드럽게 소독한 후 피부에 절개를 가하고 경동맥을 노출한다. 이 때 설하신경 및 미주신경 등을 확인하여 보존하고 경동맥을 박리한다. 경동맥 교차결찰은



내경동맥 (ICA:internal carotid artery), 총경동맥 (CCA:common carotid artery) 및 외경동맥 (ECA:external carotid artery) 순서로 결찰하고 필요하면 션트를 할지 판단한다. 경동맥 내막을 절제한 후 정맥이식 또는 남아있는 외막을 봉합한다. 만일 션트를 했으면 CCA, ECA, ICA 순서로 교차결찰을 풀고 남은 부분을 봉합하며 protamine으로 회복시킨다. 수술할 부위의 소독 순간부터 색전증의 위험성이 있으므로 섬세한 수술 방법을 요하며, 특히 션트를 할지의 판단은 혈류속도의 감소 정도를 중심으로 션트를 시행하겠다. 수술중 집중감시는 이러한 교차결찰 때의 션트 여부 결정 뿐만 아니라, 수술중 전신적인 문제를 포함한 여러 문제로 인해 허혈성 손상이 일어나기 전에 회복시켜 주는 것을 목적으로 하겠다<sup>13</sup>. 션트의 사용은 션트를 넣기 위한 두 군데의 천자부위 (puncture site)에서 또는 수술기간이 오래 걸릴 때 전색증을 일으킬 수 있으므로 주의해야 한다<sup>7</sup>. 따라서 아직 션트의 필요성에 대해서는 여러 이견이 많다<sup>8,9</sup>. 일부 외과의사는 항상 션트를 사용하고, 일부 외과의사는 션트를 사용하지 않으며, 많은 외과의사는 환자별로 뇌파 감시하에 선택적으로 션트를 사용하고 있다. 션트의 사용을 반대하는 입장의 Hasley 등은 1,495례의 경험을 토대로 뇌혈류의 감소 없는 환자에서 션트를 하는 것이 뇌졸중의 위험성이 6배로 높았다고 보고하였다<sup>10</sup>. 현재 대부분의 경우 수술중 션트의 필요성을 뇌파가 잘 예측할 수 있다고 알려져 있으며, 또한 선택적인 션트 (selective shunt)가 많이 이용되고 있다. 수술중 집중 감시로 (1) 션트의 기능장애 (2) 심한 협착과 측부순환이 발달하지 못한 환자에서 저혈압과 관련된 뇌허혈을 확인할 수 있다고 보고되었다<sup>6,13</sup>.

일반적으로 전신마취를 시행하지만 국소 마취하에 환자를 직접 관찰하면서 수술을 시행하는 경우도 있다<sup>10</sup>. 국소마취의 경우 환자의 기능을 직접적으로 평가하면서 수술을 시행할 수 있다는 장점이 있으나, 뇌혈류 역학적인 면에서나 기도 확보 문제에 대해 환자가 깨어 있는 상태에서는 어려운 점이 많겠다. 경동맥내막절제술 중 마취는 전신 마취를 하는 경우에 마취유도제, 흡입마취제, 근육이완제를 사용하게 되며, 수술중 적절한 마취를 유지하는 것이 필수적이다. 예를 들면 흡입 마취제 (inhalant anesthetics)를 많이 쓸 경우 뇌혈류 속도의 증가가 나타날 수 있으며, 바비류레이트제제, 벤조다이아제핀제제는 뇌혈류의 감소를 가져올 수 있다. 또한 경정맥동 (carotid sinus)의 조작 (manipulation) 때문에 또는 원래 고혈압 (underlying hypertension)을 갖고 있는 경우에 심한 혈압의 변동이 나타날 수 있으며 모두 뇌혈류에 영향을 줄 수 있다. 특히 수술 동안 경동맥동 등의 자극으로 혈압의 변화폭이 매우 크며, 두개골 안의 혈관에 협착이 있거나, 측부순환이 잘 안되는 경

우, 반대측 경동맥의 협착을 동시에 가지고 있는 경우 등 다른 부위의 혈관에 문제가 같이 있는 경우에는 뇌혈류 감소가 쉽게 발생할 수 있으므로 이에 대해 주의해야 한다. 또한 PaCO<sub>2</sub>의 감소 및 PaO<sub>2</sub>의 증가는 뇌혈관의 수축을 가져와 뇌혈류의 증가를 일으킬 수 있으므로 주의 깊게 관찰해야 하겠다.

뇌혈류 집중감시는 특수하게 제작된 머리띠 등을 이용하여 probe를 고정한 후 측두엽창 (transtemporal window)을 통해서 중뇌동맥의 혈류를 감시하여 뇌혈류 감소나 증가를 감시하면서 수술 중 또는 션트 삽입동안 발생하기 쉬운 미세전색 (microemboli)을 검사할 수 있는 장점이 있다. 수술측 부위에 고정된 probe의 일정한 깊이 즉 insonation depth에서 중뇌동맥의 혈류 속도를 지속적으로 측정하여 혈류 속도의 감소 또는 증가를 확인하여 뇌허혈 상태를 판단한다. 대개 MCA M1 부분에서 측정하게 되며 45~55 mm 정의 깊이에서 sample volume 10 mm<sup>3</sup>를 많이 이용한다. 미세전색 전증으로는 high intensity transient signals, (HITS)의 신호 및 특징적인 소리를 감시한다.

방법적인 면에서 측두엽창으로 중뇌동맥의 혈류를 측정할 수 없는 환자가 있을 수 있으므로 수술전에 반드시 확인하는 절차가 필요하다. 또한 수술 중 머리띠나 probe가 움직이면 뇌혈류를 측정할 수 없으므로 견고한 고정 및 기기의 선택이 필요하다. 그런 후 수술 시작하면서 (1)기본 정상 중뇌동맥의 속도 (baseline normal MCA flow) 측정, (2)교차결찰 동안 2분간 중뇌동맥의 속도 (MCA flow)가 회복되는지 확인하여 기본 혈류 (baseline flow)가 50% 이상 회복되지 않으면 션트 여부 결정, 션트를 하면 션트의 기능이 잘되는지 확인, 션트 제거 동안 내경동맥의 혈류 회복 (ICA flow reversal) 확인, 또한 이 기간 동안 미세전색에 의한 HITS (high intensity transient signals: more than 3 dB, less than 300 msec) 가 일어나는지 확인, (3) 션트 제거 후 또는 수술후 기간 (postoperative period) 동안 뇌혈류 속도의 증가 (increased flow velocities) 또는 급격한 감소를 확인한다.

이상 여부의 판단은 중뇌동맥 속도의 경우 절대치가 20 cm/sec 이하로 될 때, 교차결찰 후 50% 이상으로 회복되지 못할 때, 수술 후 100% 이상의 증가를 나타낼 때이며, 또한 응고된 혈액, 혈소판, 죽상물질 및 지방, 공기로 인한 전색증으로 HITS가 관찰될 때이다.

Xenon CT를 이용한 중뇌동맥 혈류 (MCA flow) 속도 측정과 TCD 상의 속도 측정은 좋은 상관관계를 나타내며 특히 경동맥내막절제술 동안 중뇌동맥의 혈류가 낮을 때 잘 연관된다고 알려져 있다. 교차결찰 동안 혈류속도의 교차결찰 전 후의 비율 (clamping-preclamping ratio)이 0.6일 경우 89%, 0.3일 경우 100%의 정확성을 나타낸다고 한다. 따라서 경동맥 교차결찰 직후 측부



순환이 열리는 2분까지 기다려도 계속되게 혈류 속도가 이상범위로 나타나면 셉트의 사용을 고려해야겠다. 수술 후 100% 이상의 혈류 증가를 나타낼 때는 10~20% 정도에서 뇌출혈 (breakthrough hemorrhagic infarction)을 일으키므로 혈압을 조절하는 것이 중요하다. 또는 경동맥 봉합 후 갑자기 감소할 경우는 경동맥 폐쇄를 의미하며 이 경우는 내막의 flap 등이 발생하여 일어날 수 있으므로 응급수술이 필요하겠다. 미세전색증에 의한 경우 지방이나 공기에 의한 기포 전색 (bubble emboli)의 경우 보다 응고된 혈액, 혈소판, 죽상물질에 의한 경우 고형 물질 전색 (formed element emboli)에 의한 경우가 다소 낮은 신호 (low signal)를 나타내면서 20% 정도로 뇌졸중과 잘 연관되는 것으로 알려져 있다. 또한 수술중 미세전색증이 많이 발생한다면 즉시 신경학적 결손은 없어도 수술 후 고위뇌기능의 손상을 가져올 수 있겠다<sup>15</sup>. 특히 HITS는 수술 후 임상적으로 증세는 없지만 자기공명영상 (magnetic resonance image: MRI)나 컴퓨터 전산화 단층 촬영 (computerized tomography: CT)상 관찰된 새로운 뇌경색의 소견과 잘 일치한다. 그러나 이러한 전색증으로 인해 뇌경색이 발생한다면 이때는 이미 늦으므로 전색증으로 인한 특징적인 소리를 외과의사가 듣게 하면서 주의를 하게 하는 것이 좋겠다. 실제 이러한 감시하에 수술할 때는 4.8%에서 1.5%로 뇌졸중 발생률을 낮출 수 있었다고 말하며, 특히 심한 신경학적 결손의 경우는 2.2%에서 0.0%로 낮출 수 있었다고 보고하였다<sup>14</sup>. 이러한 HITS가 10개 이상 발생한 경우는 35%에서 있었으며 수술후 신경학적 결손이 발생한 경우는 10%였는데 모두 HITS가 10개 이상이었다 즉 HITS 10개를 기준으로 할 때 민감도는 100%였으나, 특이도는 72%로 낮고, 양성예측률 역시 29%로 낮다는 문제점이 있다. 이러한 HITS가 발생하는 시간은 경동맥 박리하는데 까지 45.5%, 교차결찰과 관련되어 55.5%에서 발생한다<sup>15</sup>. 수술 종료시 혈류 속도가 2배 이상 증가하는 과관류가 있을 때는 10배 정도에서 뇌출혈의 위험성이 높으므로 지속적으로 뇌혈류를 감시하면서 혈압을 잘 조절하고, 항혈소판제의 사용을 금하고, 임상증세를 관찰하는 것이 필요하다. 과관류로 인한 혼한 임상양상 세가지는 두통 (특히 동측 머리, 안구, 얼굴 부위에서), 경련발작, 뇌출혈이다.

그러나 10~20% 정도에서 측두엽창을 통해 중뇌동맥의 혈류 속도를 측정할 수 없는데 특이 고령의 여성에서 서구보다는 동양인에서 더욱 많은 것으로 생각되므로 수술전 측정 가능한 지 확인 한 후에 수술에 들어가야 하겠다. 또한 수술 중 머리띠의 고정기 확실하지 않거나 외과의사가 probe주위에 압력을 가할 때 약간의 움직임이 있을 수 있으며 이로 인해 artefacts는 물론 초기의 방향과 insonation angle이 다르게 잡히거나 심지어 소실될 수도 있으므로 확실한 고정과 외과의사

에 대한 환기 역시 필요하다. 혈류속도에 대해서는 반드시 중뇌동맥의 혈류 속도가 뇌혈류를 직접적으로 나타내지 못하며 단지 혈류 속도의 감소가 뇌혈류의 감소를 간접적으로 반영한다는 것을 이해해야 한다. 또한 HITS 역시 전색증에 의한 뇌경색을 직접적으로 반영하는 것은 아니며 단지 위험성이 높다는 정도로 이해해야 될 것이다.

## 5. 심장수술에서의 TCD monitoring

심장 수술의 사망률은 1% 유병률은 2~55% 정도로 알려져 있다. 그러나 신경심리검사를 시행하면 장애를 나타내는 경우가 25~70% 정도라고 보고 되었다. 특히 기억력, 고도의 운동기능 (fine compound motor skills), 주의 집중력 등이 감소한다고 알려져 있다. 이러한 원인으로는 저혈압 등의 원인에 의한 뇌혈류감소 및 뇌 전색증이 주요 두 가지 원인일 수 있으나, TCD monitoring을 통해 혈류감소를 나타낸 군과 정상군을 비교 연구한 것에 의하면 뚜렷한 차이가 없다는 보고를 고려할 때, 수술 중 저체온상태로 뇌대사율이 현저히 떨어져 뇌혈류 감소에 어느 정도 내성이 있을 수 있다는 점을 고려할 때 전색증이 주요 원인일 수 있다고 생각할 수 있다. 전색증은 HITS를 통해 확인할 수 있는데 물론 모두 고형의 전색물질 (solid emboli)이 아니더라도 200개 미만에서는 9% 에서 신경학적 결손이 관찰되었는데 500개 이상은 31%, 1,000개 이상은 43%에서 신경학적 결손이 나타나 HITS의 수와 신경학적 결손의 정도는 좋은 상관관계를 나타낸다고 알려져 있다<sup>16</sup>. 이러한 HITS가 주로 일어나는 시기는 심장이나 대동맥의 조작이나 대동맥 교차결찰 중에 주로 발생하지만 그 이외의 알 수 없는 원인에 의해서도 30% 정도 발생한다고 한다<sup>17</sup>.

## 6. 신경방사선적 처치에서의 TCD monitoring

일반적인 경동맥 혈관조영술에서도 미세전색증이 발생할 수 있다고 알려져 있다. 카테터를 통해 고압으로 주사할 때, 조영제 주사할 때, 카테터나 guide-wire를 조작할 때 발생하는 것으로 알려져 있으며, 대부분 기체성분의 전색물질로 주사기의 연결점을 통해 들어간 것으로 직접적으로 신경학적 결손과는 관계가 없다. 하지만 경동맥성형술과 같이 직접적으로 죽상물질에 영향을 주거나 죽상물질을 guide-wire조작시 물리적 영향을 주어 고형성분의 죽상물질 관련 미세전색증이 발생하여 신경학적 결손이 발생할 수 있겠다. 실제 경동맥 성형술로 인한 뇌졸중 발생률은 4~5% 정도로 알려져 있으며 90%에서 풍선을 수축시킨 직후 발생하며 그 후 5번의 박동시까지 지속될 수 있으며, 첫 시도시에 가장 많이



발생하는 것으로 보고하였다. 그러나 실제 신경학적 결손이 관찰되는 경우는 11% 정도였으며, 고형의 미세전색증은 주로 풍선을 확장시킬 때 발생한다고 보고하였다<sup>18</sup>. 특히 Landau et al<sup>19</sup>은 35례의 경동맥 성형술 후 3례에서 18~36시간 후에 뇌졸중이 발생하였는데 이것은 혈관성형술 후 내막이 벗겨지면서, 중막과 외막 역시 당겨지면서 플라그가 깨지고 그 안의 죽상물질이 나중에 전색증을 일으킬 수 있는 원인이 될 수 있다고 하였다. 그러나 현재 일반적으로 모든 처치에서 이용되고 있는 않으며, 이에 대한 cost-effect에 대한 비교 연구가 있어야 될 것 같다. 또한 향후 좋은 혈관조영술 기구나 방식의 개발에 도움을 줄 수 있을 것으로 생각된다.

## 결 어

경두개 초음파 감시는 뇌혈관 질환과 관련되어 진단 수술, 및 처치에 광범위하게 이용될 수 있으며, 특히 미세전색증의 확인을 통해 매우 용이하게 전색증과 관련된 뇌졸중을 예측할 수 있으며, 중뇌동맥의 혈류 속도의 변화를 가시하여 뇌혈류의 감소를 손쉽게 간접적으로 판단할 수 있다. 아직 일부를 제외하고는 유용성이 확실히 밝혀져 있지는 않으며, 장차 많은 비교 연구에 의해 점차 확립될 수 있을 것으로 생각된다.

## 참고문헌

1. Aaslid R, Markwalder TM, Nornes H. Noninvasive transcranial Doppler ultrasound recording of flow velocity in basal cerebral arteries. *J Neurosurg* 1982;57:769-774.
2. Eastcott HHG, Pickering GW, Rob CG. Reconstruction of internal carotid artery in a patient with intermittent attacks of hemiplegia. *Lancet* 1954;2:994-996.
3. Cooley DA, Al-Naaman YD, Carton CA. Surgical treatment of arteriosclerotic occlusion of common carotid artery. *J Neurosurg*. 1956;13:500-506.
4. North American Symptomatic Carotid Endarterectomy Trial Collaborators. Beneficial effect of carotid endarterectomy in symptomatic patients with high-grade carotid stenosis. *N Eng J Med* 1991;325:445-453.
5. European Carotid Surgery Trialsist' Collaborative Group. MRC European Carotid Surgery Trial: Interim results for symptomatic patients with severe (70-99%) or with mild (0-29%) carotid stenosis. *Lancet* 1991;337:1235-1243.
6. Sundt TM, Sharbrough FW, Piepgras DG, et al. Correlation of cerebral blood flow and EEG changes during carotid endarterectomy. Relevancy to operative and postoperative results and complications. *Ann. Surg.* 1981;203-204.
7. Tompson JE. Complications of carotid endarterectomy and their prevention. *World J Surg* 1979;3:155-165.
8. Ferguson GG. Carotid endarterectomy. To shunt or not shunt, *Arch. Neurol.* 1986;43:615-617.
9. Ojemann, RG, Heros RC. Carotid endarterectomy. To shunt or not to shunt. *Arch. Neurol.* 1986;43:617-618.
10. Halsey JH, McDowell HA, Gehnan S, et al. Blood velocity in the middle-cerebral artery and regional cerebral blood flow during carotid endarterectomy. *Stroke* 1989;20:53-58.
11. Hafner CD, Evans WE. Carotid endarterectomy with local anesthesia: Results and advantages. *J Vasc Surg* 1988;7:232-239.
12. Ferguson GG. Shunt almost never. *Int Anesthesiol Clin* 1984;22:147-152.
13. Spackman TN, Faust RJ, Cucchiara RF, et al. A comparison of aperiodic analysis of the EEG with the standard EEG and cerebral blood flow for detection of ischemia. *Anesthesiology* 1987;66-229.
14. Jansen C, Moll FL, Vermeulen FEE, Van Haelst JMPI, Ackerstaff RGA. Continuous transcranial Doppler ultrasonography and electroencephalography during carotid endarterectomy: a multimodal monitoring system to detect intraoperative ischemia. *Ann Vasc Surg*. 1993;7:95-101.
15. Jansen, Ramos, Heesewijk, et al. Impact of microembolism and hemodynamic changes in the brain during carotid endarterectomy. *Stroke* 1994;25 (5):992-997.
16. Pugsley W, Klinger L, Paschalis C, et al. The impact of microemboli during cardiopulmonary bypass on neuropsychological functioning. *Stroke* 1994;25:1393-1399.
17. Stump DA, Newman SP. Embolus detection during cardiopulmonary bypass. In: Tegler CN, Babikina VL, Gomez CR, eds. *Neurosonology*. St Louis: Mosby, 1996;252-255.
18. Markus HS, Clinton A, Buckenham T, Brown MM, et al. Carotid angioplasty. Detection of emboli signals during and after the procedure. *Stroke* 1994;25:2403-2406.
19. Landau C, Lange RA, Hillis LD. Percutaneous transluminal coronary angioplasty. *NEJM* 1994;330:981-993.