

## 외상성 뇌손상 환자에서 관류 전산화단층촬영의 유용성

연세대학교 원주의과대학 신경외과학교실<sup>1</sup>, 영상의학과학교실<sup>2</sup>

오지웅<sup>1</sup> · 정현호<sup>1</sup> · 변진수<sup>1</sup> · 허 철<sup>1</sup> · 황 금<sup>1</sup> · 이명섭<sup>2</sup>

### The Usefulness of CT Brain Perfusion Image on Evaluation of Traumatic Brain Injury

Ji Woong Oh, MD<sup>1</sup>, Hyen Ho Jung, MD<sup>1</sup>, Jhin Soo Pyen, MD<sup>1</sup>,  
Chul Hu, MD<sup>1</sup>, Kum Whang, MD<sup>1</sup> and Myeong Sub Lee, MD<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Departments of Neurosurgery, <sup>2</sup>Radiology, Wonju College of Medicine, Yonsei University, Wonju, Korea

**Objective:** The purpose of this study is to evaluate the finding of computed tomography brain perfusion (CBP) in early traumatic brain injury patient. **Methods:** 33 patients with head trauma were evaluated and the patients were classified into 4 categories: traumatic subarachnoid hemorrhage (T-SAH), acute epidural hematoma (EDH), acute subdural hematoma (SDH), traumatic intracerebral hemorrhage (T-ICH). We evaluated the cerebral blood flow (CBF), cerebral blood volume (CBV), mean transit time (MTT) of the lesion vs contralateral lesion, lesion's hemisphere and brain stem vs contralateral side and compared them. **Results:** T-SAH was found in 7 cases. And the all T-SAH patients have no perfusion defect and they have no ischemic change on follow up brain CT. EDH was found in 11 cases. 3 of the 11 EDH patients have perfusion defect that was not revealed by non-contrast CT. According to the EDH size, brain stem perfusion value was different. And at the same size of EDH, the value was low if patients have low initial GCS. SDH was found in 9 cases. The 2 cases have different operation. Decompressive craniectomy was made for one patient who have low perfusion value of brain stem. And osteoplastic craniotomy was made for the other patient who have relative high perfusion value. The low perfusion value of brain stem was correlated with brain swelling. T-ICH was found in 12 cases. Contusion sites have decreased perfusion value and the DT-ICH (delayed traumatic intracerebral hemorrhage) was developed perfusion defect area on initial CT brain perfusion. **Conclusion:** The CBP give us meaningful information of traumatic brain injury that associated with patient's unexplained symptom, and may be useful for deciding operative plan, and predicting the prognosis of the patient. (J Kor Neurotraumatol Soc 2010;6:6-12)

**KEY WORDS:** CT brain perfusion · Traumatic brain injury.

## 서 론

두부손상은 사망 및 만성 장애를 일으키는 중요한 원인의 하나이다. 이의 진단은 주로 엑스레이(x-ray)와 컴

퓨터 전산화 단층촬영(CT) 그리고 자기공명영상(MRI) 등에 의해 이루어진다. 그러나 이러한 진단 도구들은 거시적인 해부학적 변화만을 볼 수 있어 두부외상 후 나타날 수 있는 비정상적 뇌혈류 변화 및 그로 인한 증상이나 장애를 알기 어렵다.<sup>8)</sup> 특히 자기공명영상은 응급상황에서의 두부외상 환자 조기평가에 있어 제한점이 많으며, 미 만성 뇌손상(diffuse axonal injury)의 경우와 같은 경우에는 컴퓨터 전산화 단층촬영이나 자기공명영상으로는 손상 정도에 비해 병소의 중증도가 과소평가될 수 있다.<sup>11)</sup> 두부 관류 전산화단층촬영(CT brain perfusion)은 전산화 단층촬영(CT)의 기본적인 해부학적인 영상 이외에 cerebral blood volume (CBV), cerebral blood flow (CBF),

**Received:** April 30, 2010 / **Revised:** May 6, 2010

**Accepted:** May 26, 2010

**Address for correspondence:** Kum Whang, MD

Department of Neurosurgery, Wonju College of Medicine, Yonsei University, 162 Ilsan-dong, Wonju 220-701, Korea

Tel: +82-33-741-0592, Fax: +82-33-746-2287

E-mail: whangkum@yonsei.ac.kr

이 연구는 2007년 연세대학교 원주의과대학 연구비(YUWCM-2007-14)

지원으로 이루어졌음.

mean transit time (MTT)이라는 혈액학적 인자를 구할 수 있으며, 이러한 인자들은 뇌의 혈액학적 인자로 뉴런의 활동성 및 대사, 뇌의 신경생리학적인 상태를 반영한다.<sup>13)</sup> 그리고 관류 전산화단층촬영은 응급상황에서도 시행하기 비교적 쉽고 영상을 빨리 얻을 수 있다는 장점이 있다. 이러한 점으로 인해 최근 두부외상 환자 평가에 있어 관류 전산화단층촬영의 역할에 관한 여러 문헌보고가 되고 있는 상태지만,<sup>12)</sup> 두부외상 환자에 있어 관류 전산화단층촬영의 역할에 대해서는 아직 논의의 여지가 있는 상태이다. 따라서 본 저자들은 두부외상 환자의 조기평가에 있어 관류 전산화단층촬영을 이용 CBV, CBF, MTT를 구하여 각 외상 환자에 있어 관류 전산화단층촬영의 유용성을 평가하고자 하였다.

### 대상 및 방법

2007년 8월부터 2010년 4월까지 응급실로 입원한 두부외상 환자 중 관류 전산화단층촬영을 시행한 33명의 환자군을 대상으로 하였다. 내원 당시 환자는 관류 전산화단층촬영을 시행할 수 있을 정도로 안정된 생명징후를 가지고 있으며, 조영제 과다주입을 방지하기 위해 다발성 외상으로 인해 몸의 다른 부위에 응급으로 전산화단층촬영을 시행하지 않아도 되는 상태였다. 평균 연령은 52세 (8~95세)였으며 외상당일 관류 전산화단층촬영을 시행한 환자를 대상으로 하였다. 혈액학적인 인자로는 CBV, CBF, MTT를 구하였다. 환자군은 초기 두부 전산화단층촬영의 영상학적 소견에 따라 급성 경막외 혈종(acute epidural hematoma), 외상성 뇌지주막하 출혈(traumatic subarachnoid hemorrhage), 외상성 뇌실질내 출혈(traumatic intracerebral hemorrhage), 급성 경막하 혈종(acute subdural hemorrhage)으로 4개의 질환군으로 분류하였다. 외상기전은, 13명은 교통사고였으며 10명은 미끄러짐, 6명은 낙상, 1명은 폭행, 사고기전을 모르는 경우가 3명이었다.

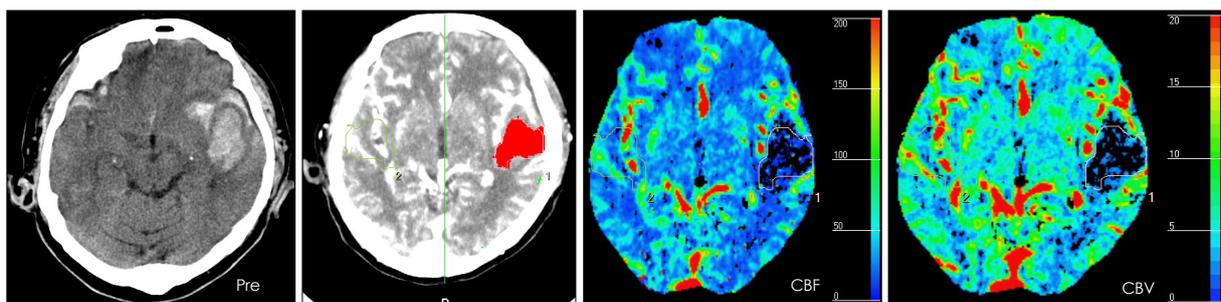
### Imaging protocol

관류 전산화단층촬영은 64채널의 Brilliance 64 (Philips Medical Systems, Netherland)를 이용하여 고식적인 축상면 전산화단층촬영 영상을 얻었다 (80 kVp, 200 mAs and 32×1.25 detector collimation, 5-mm slice thickness, and scanning speed of 0.42 second per rotation). 전상완 정맥을 통하여 총 80 mL의 조영제 (Iohexol; 350 mg I/mL)를 5 mL/s의 속도로 주입 후 5초 후에 촬영하여 영상을 얻었다. 총 15번의 3.8초 간격을 가진 연속적인 촬영을 통해 16개의 축상단면 영상을 얻었다. 관류 전산화단층촬영에서 얻어진 데이터영상들은 Extended Brilliance Workstation을 이용하여 후 처리과정을 거쳐 CBV, CBF, MTT 값을 산출하였다. 관류값 산출시 관심구역(region of interest: ROI)은 전부 저자들에게 의해 설정되었다. 대뇌 반구나 뇌간 혹은 관류 결손부위의 관심구역 설정시, Workstation의 수동적 그리기 설정을 이용하였으며 경막외 혈종과 경막하 혈종과 같은 혈종 자체는 관심구역에서 항상 제외되었다. Brilliance 64모뎀에서는 16개의 축상단면을 얻을 수 있기 때문에 본 저자들이 원하는 관심구역은 그 단면범위 내에서 설정되었다 (Figure 1).

### 결 과

#### 외상성 뇌지주막하 출혈(Traumatic subarachnoid hemorrhage)

7명의 환자가 외상성 뇌지주막하 출혈 소견을 보였으며 평균 연령은 43.28세였다. 지주막하 출혈의 위치는 좌측 실비안 고랑이 4명, 양측 실비안 고랑이 1명, 앞쪽 대내사이열에 2명이었으며, 지주막하 출혈의 두께는 1명에서만 2.05 mm였으며 나머지 6명은 5 mm 이상으로 비교적 두꺼웠다. 이러한 외상성 뇌지주막하 출혈 환자군에서 시행한 관류 전산화단층촬영 결과, 연령, 지주막하 출



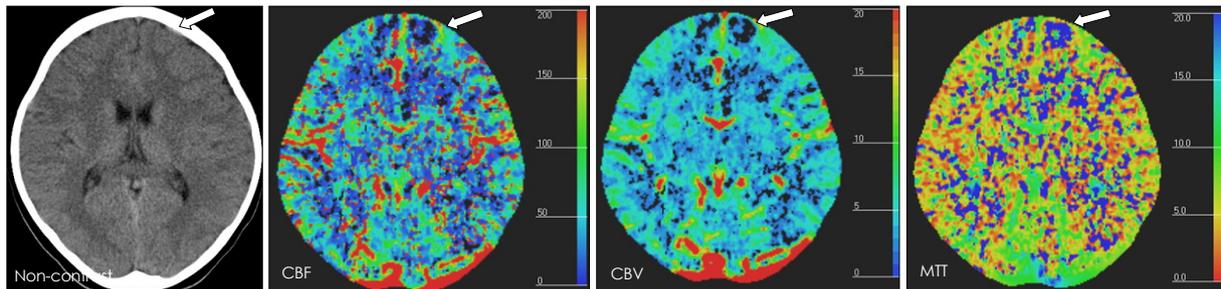
**FIGURE 1.** The example of ROI setting. The pre contrast CT brain showed the ICH on Lt temporal. The work station showed us source image. We draw the ROI on perfusion defect area of ICH. The CBF, CBV was calculated automatically. ROI: region of interest. ICH: intracerebral hemorrhage, CBF: cerebral blood flow, CBV: cerebral blood volume.

혈의 두께, 초기 의식상태 등과 상관 없이 7명 모두에서 관류 결손부위는 관찰되지 않았다. 그리고 추적 전산화단층촬영에서도 뇌실내 크기는 4명에서 증가되는 소견 보였으나, 자발성 뇌지주막하출혈과 같이 뇌혈관연축으로 인한 허혈성 부위는 발생하지 않았다.

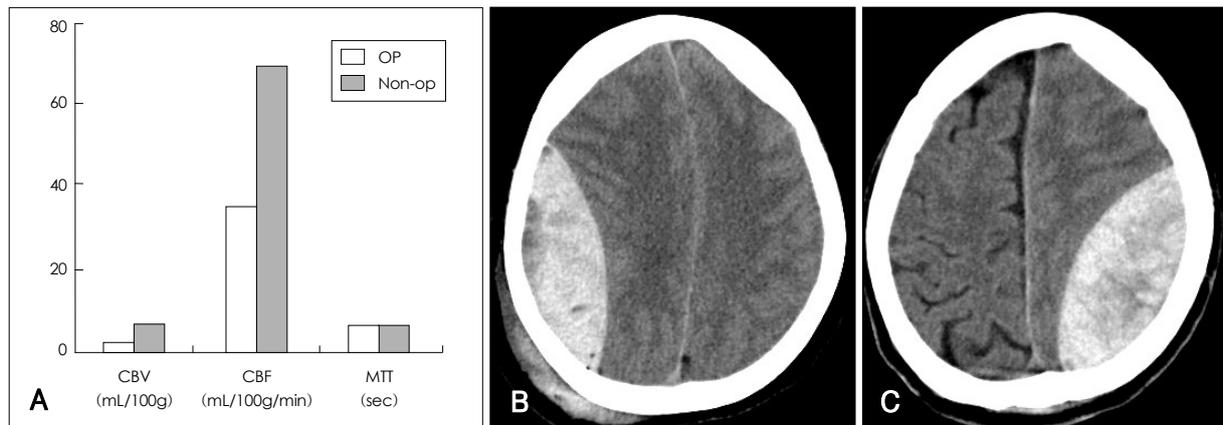
**급성 경막외 혈종(Acute epidural hematoma)**

11명에서 경막외 혈종의 소견을 보였으며 평균 연령은 45.8세였다. 11명의 환자군 중 6명은 경막외 혈종의

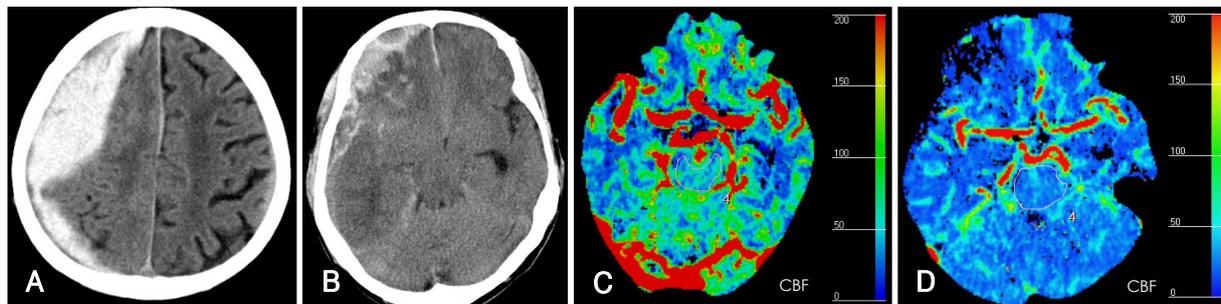
크기가 1 cm 이하로 작아 보존적 치료를 하였으며, 5명은 경막외 혈종의 크기가 1 cm 이상의 두께로 큰 경우로서 혈중제거술을 시행하였다. 11명의 환자군 중 3명은 단순 전산화단층촬영에서는 이상소견이 보이지 않는 곳에 관류값 결손 소견을 보였는데, 그 중 2명은 혼돈(confusion), 수면장애(sleep disorder), 얼굴마비(facial palsy), 눈깜빡임 장애(disability of eye blinking) 등의 일 반적인 전산화단층촬영으로는 설명할 수 없는 신경학적 증상을 보였다 (Figure 2). 그리고 경막외 혈종의 크기에 따



**FIGURE 2.** Perfusion defect area that not revealed non-contrast CT. The patient contusion site (large arrow) which was not revealed by noncontrast CT.



**FIGURE 3.** The comparison of perfusion value of brain stem in EDH patients. A: The perfusion value of Non-operative group was higher than operative group. B: 38 yrs old female. C: 5 yrs male. B have higher perfusion value of brain stem than C. And Initial GCS of B was also higher than C. CBV: cerebral blood volume, CBF: cerebral blood flow, MTT: mean transit time, EDH: epidural hematoma, GCS: Glasgow Coma Scale.



**FIGURE 4.** The comparison of operation case in acute subdural hematoma. A, C: 95 yrs old male. No brain swelling was noted in operating field. So osteoplastic craniotomy and hematoma evacuation was done. The perfusion value of brain stem was normal range. B, D: 72 yrs old male. Severe brain swelling was noted. And so decompressive craniectomy and hematoma evacuation operation was done. Low perfusion value of brain stem was checked. CBF: cerebral blood flow.

라 뇌간의 관류값을 비교한 결과, 혈종의 크기가 큰 군의 뇌간의 관류값이 작은 군에 비해 감소된 소견을 보였으며, 큰 경막외 혈종이라고 하더라도 뇌간의 관류값이 낮은 경우, 초기 글라스고우 혼수지수(Glasgow Coma Scale: GCS)가 낮음을 알 수 있었다 (Figure 3).

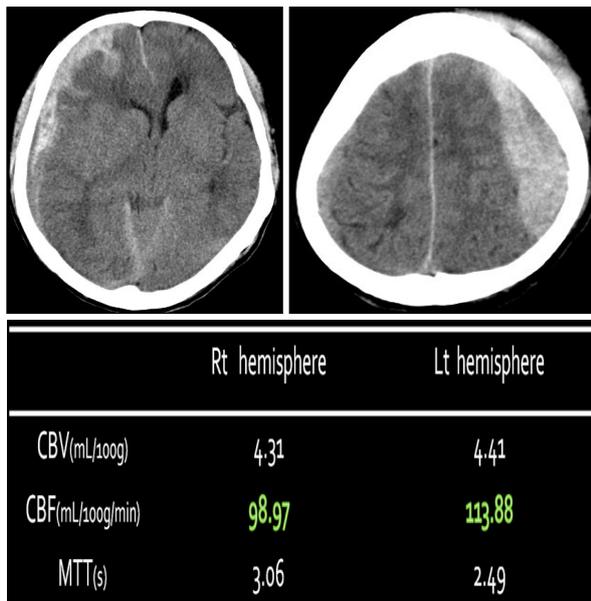
**급성 경막하 혈종(Acute subdural hematoma)**

9명의 환자에서 급성 경막하 혈종 소견을 보였으며 평균 연령은 65.8세였다. 그 중 7명에서는 1 cm 이하의 두께를 가졌으며 초기 전산화단층촬영상 관류값 결손은 보이지 않았으며 보존적 치료를 하였다. 2명의 환자에서는 혈종의 양이 많아 응급 수술을 시행하였다. 수술한 급성 경막하 혈종 환자 중 1명은 뇌부종이 심하여 두개감압술을 시행하였고, 또 다른 1명은 수술 시야상 뇌부종이 심하

지 않아 압박술을 시행하지 않고 혈종만 제거하였다. 이 2명의 환자에서 뇌부종이 심한 환자는 관류 전산화단층촬영상 뇌간의 관류값이 많이 떨어져 있었고, 뇌부종이 심하지 않은 환자는 뇌간의 관류값이 비교적 정상범주에 속해 있었다 (Figure 4). 또 한 환자에서 경막하 혈종과 경막외 혈종이 있어 응급 수술을 한 경우가 있었는데, 오른쪽은 경막하 혈종을 왼쪽은 경막외 혈종을 가진 환자였다. 양쪽 다 수술의 적응증이 되는 크기로 관류값을 양쪽 대뇌 반구에서 구한 결과 양쪽 대뇌 반구에서 갖는 관류값에 차이가 있음을 알 수 있었다. 본 환자에서는 오른쪽 경막하 혈종이 있는 대뇌 반구에서 더 혈종에 의한 압박을 받는 것으로 나타났다 (Figure 5).

**외상성 뇌실질내 출혈(Traumatic intracerebral hemorrhage)**

12명의 환자에서 외상성 뇌실질내 출혈을 가졌으며 평균 연령은 49.2세였다. 그 중 8에는 보존적 치료를 하였으며 4명에서 응급수술을 시행하였다. CBV, CBF의 정상범

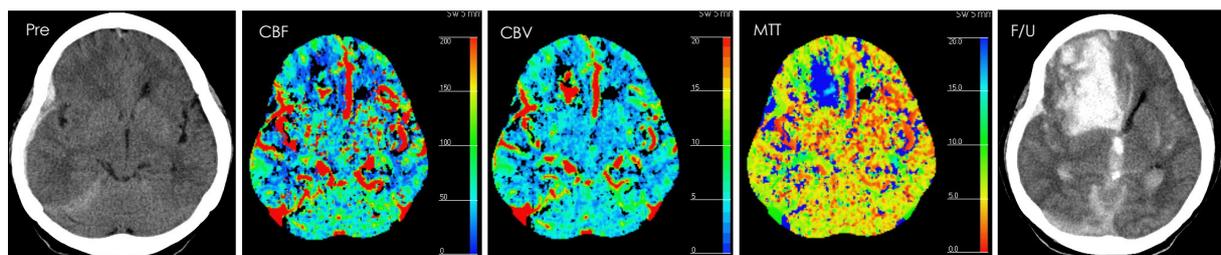


**FIGURE 5.** The comparison of perfusion value in case that have Right SDH and Left EDH. Both injuries required emergency operation. The sum of perfusion value in right hemisphere was relatively lower than that of Left hemisphere, suggesting that more stress was affecting the right side. SDH: subdural hematoma, EDH: epidural hematoma, CBV: cerebral blood volume, CBF: cerebral blood flow.

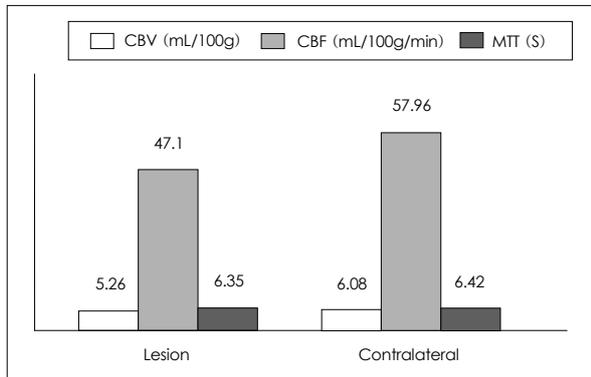
**TABLE 1.** ICH contusion site's perfusion value. CBV, CBF were generally decreased in contusion sites

Case No.	CBF*	CBV†	MTT‡
1	1.66	0.28	10.00
2	9.08	0.31	2.03
3	4.83	1.32	219.33
4	1.94	8.27	0
5	<30	<5	>15
6	4.01	1.09	16.31
7	12.68	1.1	5.19
8	24.24	2.42	6
9	2.11	0.26	7.36
10	11.32	0.85	3.82
11	3.51	0.83	14.26
12	1.65	0.16	5.89

\*mL/100g/min, †mL/100g, ‡second (normal range of CBV, CBF: 3.8±0.5 mL/100mL, 50–100 mL/100g/minute). CBF: cerebral blood flow, CBV: cerebral blood volume, MTT: mean transit time



**FIGURE 6.** DT-ICH on perfusion defect area. On F/U CT brain image, DT-ICH was newly developed on Right Frontal area and that is correlated with initial perfusion defect area. DT-ICH: delayed traumatic intracerebral hemorrhage. F/U: follow up, GCS: Glasgow Coma Scale, CBF: cerebral blood flow, CBV: cerebral blood volume, MTT: mean transit time.



**FIGURE 7.** Perfusion value of both hemisphere in traumatic brain injury patients. The uninjured side's hemisphere had better blood flow and volume than injured side's (Paired t-test,  $p < 0.0142$ ).

위는  $3.8 \pm 0.5$  mL/100mg, 50~100 mL/100g/minute 정도인데, 외상성 뇌실질내 출혈부위는 CBV, CBF는 전반적으로 정상치보다 감소된 소견을 보였으며 (Table 1), 추적 전산화 단층촬영상 저음영 부위 (low density lesion) 가 모든 환자에 지속적으로 나타났다. 한명의 환자에서 지연성 뇌실질내 출혈 (delayed traumatic intracerebral hemorrhage) 이 발생하였는데 초기 관류값 결손부위와 지연성 뇌출혈 발생부위가 일치하였다 (Figure 6).

**병변 측 반구의 관류**

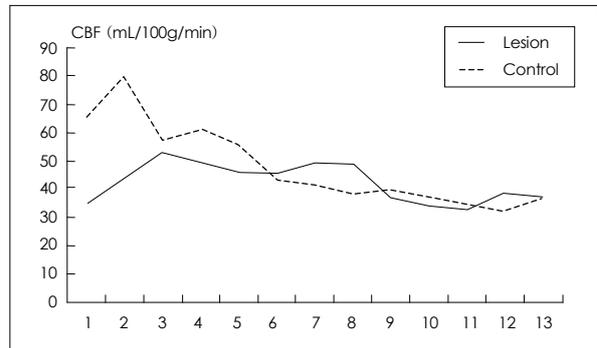
모든 환자군에 병변측 반구와 반대측 반구의 관류값을 비교해보면, 병변측 반구의 관류값 결손이 더 큰 소견을 보였다 ( $p < 0.0142$ ) (Figure 7). 이때의 관류값은 관류 전산화단층촬영에서 잘리는 반구의 모든 축상면에서의 관류값을 의미하며, 그 중 한 두 축상면에서는 거의 항상 병변측 반구의 관류값이 더 높은 곳이 있었다 (Figure 8).

**의식에 따른 뇌간의 관류**

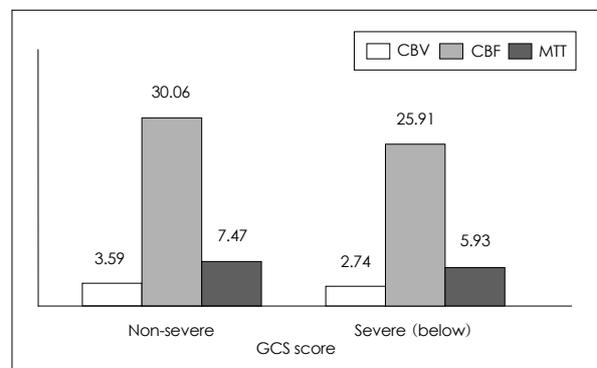
모든 환자의 의식 상태를 글라스고우 혼수지수 (GCS) 8점을 기준으로 중증군 (sever group) 과 비중증군 (non-severe group) 으로 나누어, 뇌간의 관류값을 구한 결과 비중증군이 중증군에 비하여 관류값이 더 높게 관찰되었으나 통계학적 유의성은 없었다 (Figure 9).

**고 찰**

두부 외상 후 나타나는 병소는 크게 일차 손상과 이차 손상으로 나누어 진다. 일차 손상은 처음 충격 당시 나타나는 두개골 골절, 혈중 혈관 파열 등을 말하는 것으로, 뇌압 상승 (intracranial hypertension), 국지적인 혹은 전



**FIGURE 8.** Hemorrhage and CBF of all axial cut image in a case. Our calculation showed better CBF in the control group as a whole. However, in one or two axial images, flows on lesion resulted better than the control group. CBF: cerebral blood flow.



**FIGURE 9.** Mental status and brain stem perfusion. The CBF and CBV of non-severe group were higher than severe group. But no statistical importance was found. CBV: cerebral blood volume, CBF: cerebral blood flow, MTT: mean transit time, GCS: Glasgow Coma Scale.

반적인 뇌허혈 (cerebral isechemia) 등의 경과를 거쳐 이차 손상으로 진행된다. 이러한 이차 손상은 충격 후 수분에서 수일 내에 이온 항상성의 붕괴 및 유리기 (free radical), 흥분성 아미노산, 사이토카인 (cytokine) 같은 신경 전달물질의 유리로부터 야기되는 여러 연쇄작용이며, 뇌 조직의 혈류변화에도 영향을 미치게 된다.<sup>2)</sup> 이러한 두부 외상 이후 뇌혈류 역동학의 변화에 대하여 Martin 등<sup>9)</sup> 은 외상 후 첫 24시간 내에 정상보다 감소된 뇌혈류를 보이는 저관류 (hypoperfusion) 시기, 외상 후 1일에서 3일 사이 점차적인 뇌혈류의 증가를 보이는 뇌충혈 (hyperemia) 시기, 외상 후 4일에서 14일 사이에 나타나는 뇌혈관 연축 (vasospasm) 시기로 분류하였다. 본 연구는 이러한 시기 중 저관류 시기, 즉 초기 외상 환자의 평가에 각 질환 및 의식, 관심구역에 따른 관류 전산화단층촬영의 의미를 관찰하고자 하였다. 두개내 관류값을 알기 위한 진단 도구로는 자기공명영상장치 (MRI) 와 관류 전산화단층촬영의 2가지가 있다. 그러나 응급실에서는, 자기

공명영상장치에 비해서 관류 전산화단층촬영이 비교적 빠른 시간에 영상을 얻을 수 있고 비침습적이며, 병변의 해부학적인 양상과 기능적 양상을 쉽게 연관지을 수 있어 응급상황에서도 큰 어려움 없이 시행할 수 있다는 장점이 있다. 그 이외에도 다양한 관심구역(ROI) 설정을 하여 다양한 구역의 CBF, CBV, MTT 등<sup>7)</sup> 다양한 인자들의 값을 얻을 수 있다는 장점이 있다. 반면 관류 전산화단층촬영의 경우 조영제를 사용하기 때문에 다발성 외상 환자에 있어, 즉 다른 부위에 전산화단층촬영으로 인해 조영제를 사용하여야 하는 경우 조영제 과용량이 들어갈 가능성이 있다는 위험성도 있다.<sup>5)</sup> 본 연구에서는 두부 이외에 다른 부위에 조영제를 이용한 컴퓨터단층촬영이 조금이라도 필요하다고 생각되면 연구에서 제외시켰으며, 조영제로 인한 부작용은 관찰되지 않았다.

외상성 뇌지주막하 출혈의 경우, 본 연구의 환자군의 경우에서는 비록 표본의 수가 많지는 않았지만, 환자의 연령, 의식상태, 지주막하 출혈의 두께와 상관 없이 관류값 결론부위 소견은 없었다. 그리고 자발성 뇌지주막하 출혈과 같이 혈관 연축이나 그로 인한 허혈성 부위도 보이지 않았다. 뇌지주막하 출혈 후 발생하는 혈관 연축은 혈관 내 피인자나 근효소 등과 관련되었다는 것은 이미 문헌에 보고된 사실이다.<sup>6,14)</sup> 그리고 그러한 기전에 의해 혈관 연축의 경과는 출혈이 일어난 원인과 관련없이 외상성, 자발성 뇌지주막하 출혈이 동일한 혈관연축의 결과를 보인다는 문헌보고도 있다.<sup>10)</sup> Sanders와 Klingelhöfer<sup>10)</sup>는 외상성 지주막하출혈 환자군과, 자발성 뇌지주막하 출혈 환자군의 혈관 연축을 조사하여, 두 군의 혈관 연축이 비슷한 경로를 가지며, 외상성 뇌지주막하 출혈시 생기는 허혈성 부위는 다발성 원인에 기인할 가능성이 높다고 보고하였다. 그리고 이러한 다발성 원인의 평가에 도움이 되는 것으로 뇌압 감시(ICP monitoring) 및 CBF 측정이 라고 하였다. 본 연구에서는 외상성 뇌지주막하 출혈 환자군에서 관류 전산화단층촬영을 시행하여, 다발성 원인이 될만한 병변이 이미 배제되었고, 추적 검사상 허혈성 부위가 생긴 환자는 없었다. 이로 미루어 보아, 외상성 뇌지주막하 출혈 환자군에 있어 관류 전산화단층촬영은 당장의 관류값 이상은 발견해내지 못하더라도, 향후 발생할 수 있는 혈관 연축 등으로 인한 허혈성 병변의 발생 예측에 도움이 될 수 있을 것으로 생각된다.

본 연구에서, 통상적인 전산화단층촬영(non-contrast CT)에서는 발견할 수 없는 관류결손 부위가 있는 환자가 있었는데 그 환자들은 아주 적은 양의 경막하 혈종의 환자들이었지만, 혼돈, 수면장애, 얼굴마비 등의 증상이

있었다. 모든 증상을 관류 결론과 관련 지어 설명할 수는 없겠지만, 통상적인 전산화단층촬영에서 설명할 수 없는 일부 증상에 있어서는 관류 전산화단층촬영이 도움이 될 수 있을 것으로 생각된다.

뇌간이 여러 가지 원인으로 압박을 받으면, 수술적 감압치료가 도움이 되는 것은 문헌에도 많이 보고된 상태이며<sup>1)</sup> 신경외과적으로 받아들여지는 사실이다. 본 연구에 있어 전 환자군을 의식에 따른 뇌간에서의 관류 전산화단층촬영의 양상을 보면 뇌간의 관류값과 의식과의 관계는 있을 것으로 생각되나 유의성은 입증하지 못하였다. 그러나 경막하 혈종 환자에 있어 수술할 정도로 크기가 큰 환자의 뇌간의 관류값이 낮았다는 점과 똑같이 수술할 정도로 큰 환자에서도 뇌간의 관류값이 좋을 경우 초기 의식상태가 좋았다는 점으로 미루어볼 때 외상 환자에 있어 뇌간의 관류값은 향후 환자의 치료 계획 및 예후 예측에 도움이 될 것으로 생각된다. 관심구역(ROI)을 대뇌 반구로 확장하여 병변 측 반구와 그 반대쪽 반구의 관류값을 구하였을 경우 확실히 병변 측 반구의 관류값이 더 떨어진다 (Figure 7). 즉 압박을 많이 받은 반구에서 관류값이 떨어짐을 알 수 있다. 이러한 점을 이용, 양쪽에 수술할 병변이 있을 경우 (Figure 5) 양측 대뇌 반구의 관류값을 구하면 수술의 우선순위를 결정해야 될 때 도움이 될 수 있다. 그리고 수술시 병변 측 반구의 CBF가 전반적으로 감소되어 있지만 Figure 8에서와 같이 한 두 측 상면에서는 CBF가 향진되어 있음을 수술시 혈종 제거 및 지혈시 참고해야 하겠다. 다시 말해 CBF가 향진되어 있는 부위는 수술시 혈종 제거 및 지혈에 있어 조금 더 조심해야 하며, 혈종제거로 인한 갑작스런 과관류와 같은 대뇌 혈류변화 가능성을 염두에 두어야겠다. 그리고 본 연구의 환자군에서는 뇌간의 관류값에 따른 뇌부종 정도가 다름을 알 수 있었는데 (Figure 4), 조금 더 큰 규모의 연구를 통해 이를 입증할 수 있다면, 수술전 관류값이 수술 계획 수립에도 도움이 될 수 있을 것이다.

지연성 뇌실질내 출혈(delayed traumatic intracerebral hemorrhage: DT-ICH)의 발생기전에 관해서는 여러 문헌에 보고되고 있으나,<sup>3,4)</sup> 일반적으로 초기 외상과 관련이 있다는 것이 보편적인 생각이다. 본 연구에서도 지연성 뇌실질내 출혈이 발생한 환자도 뇌좌상으로 생각되는 관류결손 부위에 발생하였으나, 모든 지연성 뇌실질내 출혈이 관류결손 부위에 발생하는지 혹은 관류값에 따른 지연성 뇌실질내 출혈이 예상이 가능한지에 관해서는 추후 지속적인 연구가 필요할 것으로 생각된다.

## 결 론

두부 관류 전산화단층촬영은, 통상적인 두부 전산화단층촬영으로는 진단할 수 없는 뇌좌상 및 국지적인 뇌의 자율조절기능의 변화, 그리고 허혈성 변화 등을 알 수 있게 해준다. 그 외에도 뇌간이나 대뇌 반구의 관류값을 통하여, 수술계획 설정 및 그 예후 예측에도 도움을 줄 수 있다. 이와 같이 두부외상 환자에게 있어 시행한 초기 두부 관류 전산화단층촬영은 거시적인 두부의 해부학적인 변화 이외에도, 추가적인 정보를 알 수 있게 해주어 두부외상 환자 평가에 있어 유용한 도구라고 사료된다.

**중심 단어:** 두부 관류 전산화단층촬영 · 두부외상.

## REFERENCES

- 1) Andrews BT, Chiles BW 3rd, Olsen WL, Pitts LH. The effect of intracerebral hematoma location on the risk of brain-stem compression and on clinical outcome. *J Neurosurg* 69:518-522, 1988
- 2) Barzó P, Marmarou A, Fatouros P, Hayasaki K, Corwin F. Contribution of vasogenic and cellular edema to traumatic brain swelling measured by diffusion-weighted imaging. *J Neurosurg* 87:900-907, 1997
- 3) Fukamachi A, Nagaseki Y, Kohno K, Wakao T. The incidence and developmental process of delayed traumatic intracerebral haematomas. *Acta Neurochir (Wien)* 74:35-39, 1985
- 4) Gudeman SK, Kishore PR, Miller JD, Girevendulis AK, Lipper M H, Becker DP. The genesis and significance of delayed traumatic intracerebral hematoma. *Neurosurgery* 5:309-313, 1979
- 5) Komeda Y, Kato H, Saito K, Morishita F, Mori Y. [Adverse effect of iodine contrast media.] *Hinyokika Kyo* 33:183-186, 1987
- 6) Koide M, Nishizawa S, Ohta S, Yokoyama T, Namba H. Chronological changes of the contractile mechanism in prolonged vasospasm after subarachnoid hemorrhage: from protein kinase C to protein tyrosine kinase. *Neurosurgery* 51:1468-1474; discussion 1474-1476, 2002
- 7) Kim JT, Shin DS, Nam TS, Jung ES, Choi SM, Son EJ, et al. Clinical usefulness of perfusion CT in acute ischemic stroke. *J Korean Neurol Assoc* 20:585-591, 2002
- 8) Kim PG, Whang K, Cho SM, Kim HJ, Lee MS, Kim MS. Perfusion brain magnetic resonance image in patients of head trauma. *J Korean Neurosurg Soc* 32:448-452, 2002
- 9) Martin NA, Patwardhan RV, Alexander MJ, Africk CZ, Lee JH, Shalmon E, et al. Characterization of cerebral hemodynamic phases following severe head trauma: hypoperfusion, hyperemia, and vasospasm. *J Neurosurg* 87:9-19, 1997
- 10) Sander D, Klingelhöfer J. Cerebral vasospasm following post-traumatic subarachnoid hemorrhage evaluated by transcranial Doppler ultrasonography. *J Neurol Sci* 119:1-7, 1993
- 11) Smith DH, Meaney DF, Lenkinski RE, Alsop DC, Grossman R, Kimura H, et al. New magnetic resonance imaging techniques for the evaluation of traumatic brain injury. *J Neurotrauma* 12:573-577, 1995
- 12) Wintermark M, van Melle G, Schnyder P, Revelly JP, Porchet F, Regli L, Meuli R, Maeder P, Chiolero R. Admission perfusion CT: prognostic value in patients with severe head trauma. *Radiology* 232:211-220, 2004
- 13) Wu CW, Liu HL, Chen JH, Yang Y. Effects of CBV, CBF, and blood-brain barrier permeability on accuracy of PASL and VASO measurement. *Magn Reson Med* 63:601-608, 2010
- 14) Xie A, Aihara Y, Bouryi VA, Nikitina E, Jahromi BS, Zhang ZD, et al. Novel mechanism of endothelin-1-induced vasospasm after subarachnoid hemorrhage. *J Cereb Blood Flow Metab* 27:1692-1701, 2007