

## 중증 미만성 뇌손상의 예후에 관한 분석\*

계명대학교 의과대학 신경외과학교실  
손은익 · 임만빈 · 김인홍

### =Abstract=

### Analysis of Factors on Outcome in Severe Diffuse Brain Injury

Eun Ik Son, M.D., Man Bin Yim, M.D., In Hong Kim, M.D.

Department of Neurosurgery, School of Medicine, Keimyung University,  
Daegu, Korea

Computed tomography(CT) has enabled early recognition and treatment of focal injuries in patients with head trauma. However, CT has been less beneficial in identifying diffuse brain injury(DBI).

The authors have analyzed retrospectively, a series of 132 patients with DBI observed for 2 years from Aug. 1986 to Jul. 1988 to evaluate the significance of the factors affecting outcome. Eighty-three patients were selected as being compatible with moderate and severe diffuse axonal injury(DAI) classified by Gennarelli, defined by coma without a CT lesion that is an obvious cause and coma greater than 24 hr with or without decerebration.

The results are summarized as follows :

- 1) The 38(45.7%) out of 83 patients were found below age of 20, but there was no statistical significance between age distribution and outcome.
- 2) In case of initial Glasgow coma scale(GCS) of 7 or 8, 32(86.5%) out of 37 patients revealed good outcome, but 18(90%) of 20 patients with a score of 3 or 4 revealed poor outcome( $p<0.001$ ).
- 3) With regard to brain swelling in CT, there was significant statistical difference to outcome( $p<0.05$ ).
- 4) Small hemorrhages on corpus callosum, basal ganglia, basal cistern, peritentorial, lateral ventricle that is characteristic CT findings for DAI were showed 58(70%) out of all cases.

It might be concluded that initial GCS, brain swelling and small hemorrhages in CT were significant factors affecting outcome in DAI.

KEY WORDS : Brain injury · Outcome · CT scan · Diffuse axonal injury.

\*본 논문의 요지는 1988년 10월 제 28차 추계신경외과학회에서 발표 되었음.

\*본 논문은 1989년도 계명대학교 동산의료원 학술연구비로 이루어진 것임.

## 서 론

CT가 임상에 도입된 후 두뇌외상의 국소성과 그 범위를 알고 신속한 외과적 처치를 하는데는 많은 진전이 있어 왔다. 그러나 CT상 수술이 필요할 만한 종괴 병소가 없음에도 불구하고 혼수상태가 지속되어 중증 장애나 식물상태에 빠지게 되는데, 이의 가장 직접적인 병인으로 미만성 축색손상이 많은 것으로 알려져 있다. 그러나 미만성 뇌손상은 성상 및 경과의 다양성 때문에 환자를 분류하고 그 예후를 추정하며 치료를 평가하는데는 아직 미흡한 점이 많다.

저자들은 지난 2년간 본원에 입원한 미만성 뇌 손상환자의 기록과 CT상을 재검토하여 24시간 이상 혼수상태가 지속된 중등도 이상의 중증 미만성 축색손상 환자 83례를 분석하고 그 결과를 보고한다.

### 대상 및 방법

1986년부터 1988년 까지 2년 동안 두뇌외상으로 본원 신경외과에 입원 가료했던 689례중, CT상 국소 종괴병소가 없으면서 혼수상태였던 환자 83례를 대상으로 하였다(표 1).

대상기준으로 혼수상태는 입원 당시부터 GCS가 8

점이하이면서, 24시간 이상 지속된 경우로 하였고, CT 소견으로는 정중선 이동등의 국소종괴효과(mass effect)가 없는 경우로 하여 이들의 병상기록을 근거로 하여, 1) 환자의 연령, 2) 입원당시의 혼수정도(GCS), 3) CT상 이상소견 및 뇌부종의 정도, 4) CT상의 심부 소출혈 및 좌상의 위치등과 예후와의 관계를 관찰하였으며, 그 유의성은 Chi-square test에 의하여 분석하였다.

여기서 뇌부종의 정도는 본교실에서 고안한 평균종 창계수를 적용, 비교하였으며, 이는 뇌기저조(0~2점) 와 뇌실(0~3점)의 압박정도에 따라, 정상을 0점으로 하고 극심한 뇌부종은 5점으로 하였다.

모든 환자는 스테로이드, 이뇨제, 만니톨 등의 고식적인 치료를 하였으며 경우에 따라서는 과호흡 및 barbiturate치료를 병행하기도 하였다.

### 결 과

#### 1) 환자의 연령별 분포와 예후

연령은 3세에서 83세까지 분포하였고 20세 미만이 38명(45.7%)으로 가장 빈도가 높았으며 20~39세군에서는 22명, 40~59세군에서는 16명, 60세 이상에서는 7명의 순이었다.

연령과 예후와의 관계를 보면 20세 미만에서는 양

Table 1. Head injury classification in 689 patients\*

Classification	No. of cases
Focal injuries	
Cerebral contusion	98
Extradural hematoma	170
Subdural hematoma	135
Intracerebral hematoma	154
Diffuse brain injuries	
Cerebral concussion	6
Diffuse axonal injuries(DAI)	126
Mild : coma for 6 to 24 hrs	43
Moderate, severe : coma for longer than 24 hrs**	83
Total	689

\*all admitted patients in Keimyung Univ. hospital(Aug. 1986-Jul. 1988)

\*\*selected patients for this report

호한 예후를 보인 율이 58%로 20세 이상군의 42%보다 높았으나 통계학적인 유의성은 없었다( $p>0.1$ ). 사망율은 20세 미만과 이상에서 각각 31.6%, 31%로 비슷하였다(표 2).

### 2) 입원당시의 혼수정도와 예후

입원 당시의 Glasgow coma scale(GCS)은 3~4점이 20례, 5~6점이 26례, 7~8점이 37례 였으며, 양호한 예후를 보인 율은 각각 10%, 26.9%, 86.5% 였으며(표 3), 사망율은 각각 70%, 34.6%, 8.1%로 입원당시의 혼수정도가 예후에 큰 영향을 미치는 것으로 나타났으며 이는 통계학적으로 아주 유의하였다( $p<0.001$ ).

### 3) CT소견 및 뇌부종의 정도와 예후

CT상 이상소견이 없는 경우가 25례(30%) 였으며

이들 중 양호한 예후를 보인 예는 19례인데 그중 20세 미만이 14례로 대부분을 차지하였고, 불량한 예후를 보인 예는 6례였다. CT상 미만성 축색손상의 소견으로 볼 수 있는 뇌량, 백질부, 지저핵 등의 부위의 심부좌상 및 소출혈을 보인 것이 58례(70%) 였으며 이들의 예후는 양호 22례, 불량 36례로 나타나 CT상 이상소견이 있을 때 대체로 불량한 예후임을 보여준다(표 4).

뇌부종의 정도를 평균종창계수(MSS)로 예후를 비교하여 보면 20세 미만에서는 양호 1.9, 2.3 불량 3.0, 3.0이며, 20세 이상에서는 양호 1.6, 1.5 불량 4.0, 2.0으로 나타나, 각군에서 뇌부종의 정도가 예후에 영향을 미치며 이는 통계학적으로 유의하였다( $p<0.05$ ,  $p<0.1$ ). 그러나 심부좌상이나 소출혈등의 소견이 있는 경우에는 뇌부종의 정도에서 유의한 차이는 없었다.

Table 2. Outcome related to age in 83 patients of severe diffuse brain injury

		Age(yrs)	0~19	20~39	40~59	over 60
Outcome						
Good	GR*	14	8	2	1	
	MD	8	3	5	0	
Poor	SD	3	1	2	1	
	VS	1	2	4	2	
	Dead**	12	8	3	3	
	Total( % )	38(45.7)	22(26.5)	16(19.3)	7(8.5)	

\*GR=good recovery, MD=moderate disability, SD=severe disability,

VS=vegetative state. Graded by the categories of Jennett and Bond.

\*\*overall mortality : 31%

Table 3. Outcome related to initial GCS in 83 patients of severe diffuse brain injury

		Initial GCS	8~7	6~5	4~3
Outcome					
Good		32(86.5 % )	7(26.9 % )	2(10 % )	
	GR*	22	3	0	
Poor	MD	10	4	2	
		5(13.5 % )	19(73.1 % )	18(90 % )	
	SD	1	4	2	
	VS	1	6	2	
	Dead( % )	3	9	14	

\*GR=good recovery, MD=moderate disability, SD=severe disability,

VS=vegetative state. Graded by the categories of Jennett and Bond.

**Table 4.** Outcome related to CT findings in 83 patients of severe diffuse brain injury

CT finding	Outcome	<20yrs		>20yrs	
		Good	Poor	Good	Poor
normal c or s	n=25	14	4	5	2
swelling	(MSS*)	(1.9)	(3.0)	(1.6)	(4.0)
deep contusion	n=58	8	12	14	24
or hemorrhage	(MSS)	(2.3)	(3.0)	(1.5)	(2.0)

\*MSS(0~5) : Mean brain Swelling Score(normal=0, partially compressed(1) or absent(2) basal cistern, mild(1) moderate(2) severe(3) compression of lateral ventricle)

**Table 5.** Outcome from severe diffuse brain injury related to 58 patients of various brain contusion or hemorrhage in CT

Anatomical locus	No. of case	<20, >20yrs	MSS*	Outcome	
				Good	Poor(dead)
Corpus callosum	6	(1, 5)	1.0	3	3 (2)
Basal ganglia	12	(7, 5)	1.6	5	7 (7)
Lateral ventricle	7	(1, 6)	0.8	3	4 (4)
Basal cistern	9	(3, 6)	3.4	2	7 (5)
Peritentorial region	5	(4, 1)	3.6	4	1 (0)
Brain stem & Cbl.	6	(1, 7)	0.1	1	5 (1)
Miscellaneous**	13	(3, 10)	2.8	6	7 (4)

\*MSS : Mean brain Swelling Score(0~5, degree of compression of basal cistern and lateral ventricle)

\*\*Include hemorrhages in superior cbl. peduncle, periventricular area and subarachnoid hemorrhage.

4) CT상 심부좌상 및 소출혈의 위치와 예후  
CT상 해부학적인 위치에 따라 구분하여 뇌량에 6례, 기저핵부위 12례, 측뇌실 7례, 뇌기저조 9례, 천막주위 5례, 뇌간 6례였으며 그외 지주막하출혈, 상소뇌각, 뇌실주위 등이었다(표 5). 평균종창계수는 뇌기저조, 천막주위의 출혈시 3.4, 3.6으로 높았으며, 기저핵부위, 뇌기저조, 뇌간출혈시 대체로 예후가 불량하였으나 각각의 예수가 적어 통계학적 의의는 없었다.

### 고 찰

두부외상의 증가와 CT의 사용이 보편화됨에 따라, 국소병소 즉 두개강내 혈종 및 국소뇌좌상은 진단명과 임상경과에 대해서 비교적 정립<sup>9)23)</sup>이 되어 있으나, 미만성 뇌손상은 여러 저자들에 의해 새로운 분류들이 제시되고 있다.

미만성 뇌손상을 1982년 Gennarelli<sup>8)19)</sup>는 뇌진탕과 미만성 축색손상으로 분류하였는데, 원래는 축색돌기 손상과 퇴축구(axonal retraction ball)등의 병리조직 학적인 소견을 기초로 한 것이었으나<sup>9)14)</sup>, 임상적으로는 미만성 즉시충격손상(diffuse brain damage of immediate impact type), 미만성 백질변성(diffuse degeneration of white matter), 미만성 백질전단손상(diffuse white matter shearing injury), 내부뇌손상(inner cerebral trauma)등의 의미<sup>19)</sup>로 사용된다. 1987년 Gennarelli<sup>7)</sup>는 미만성 축색손상을 CT와 신경생리적검사 등으로 세분화하여 외상후 혼수의 지속시간과 뇌간손상증후에 의해 경도, 중등도, 중증으로 분류하여 각각의 임상증상과 예후와의 관계를 보고하였다. 이에 저자들은 Gennarelli가 정의한 분류중 혼수의 지속시간이 24시간 이상인 중등도 및 중증의 미만성 축색손상에 대해 검토하였다.

미만성 뇌손상의 예후를 결정하는 인자들로는 환자의 연령, 입원당시의 혼수정도와 의식소실의 기간, 신경학적인 검사상 동공의 변화와 뇌간반사 및 제뇌강직의 유무, CT상 병변의 유무와 뇌부종의 정도 등으로 알려져 있다<sup>1)2)3)4)5)11)25)27)</sup>.

환자의 연령별 분포는 일반적으로 Kim<sup>13)</sup>등과 Becker<sup>2)</sup>등에 의하면 국소성 병변보다 미만성 뇌손상에서는 일반적으로 연령이 낮을수록 빈도가 높은 것으로 되어있다. 이는 20세 미만에서 전체의 45.7%를 차지하고 있는 저자들의 예와 일치하였다.

각 연령층에 따른 예후는 20세 미만에서 양호한 예후를 보인율이 58%로 20세 이상의 42%보다 높았으며<sup>23)</sup>, 사망율은 각각 31.6%, 31%로 연령층에 따른 차이는 없었다. 그러나 Jennett<sup>11)</sup>에 의하면 20세 미만과 60세 이상의 군에서는 사망율이 의의가 있는 것으로 보고하고 있다.

이 사망율은 저자의 예와 같이 미만성 뇌손상을 다른 보고에서는 Gennarelli의 33.3%, Kim<sup>13)</sup>등의 31%와 비슷하였다. 국소병변을 포함한 중증 뇌손상 환자의 보고와 비교해 보면 Richmond등과는 비슷하나 Glasgow, Holland, Rossanda등의 52%보다는 낮았다<sup>2)</sup>. 이는 국소병변이 있는 경우보다 미만성 병변에서 대체로 좋은 예후를 보인다는 것을 알수 있다.

외상후 혼수상태의 지속시간이 예후에 상당한 영향을 주며, 특히 입원 당시의 혼수정도는 예후와 밀접한 관계가 있다<sup>12)31)32)</sup>. Levati<sup>20)</sup>등은 입원당시의 Glasgow coma scale(GCS) 5점이하와 6점이상의 예후를 비교하여 아주 유의한 차이를 보고하였고 Kim, Gennarelli등도 GCS 5점이하에서 60.9%, 51%의 높은 사망율을 보이고 있다<sup>3)13)</sup>. 저자들의 예에서도 입원당시의 GCS 3~4점과 7~8점에서 각각 70%, 8.1%의 극심한 대조를 보이고 있다.

CT상의 소견과 예후와의 관계는 여러 저자들에<sup>10)15)18)21)25)28)30)</sup> 의해 언급이 되고 있으며, 특히 CT상 뇌실의 변화에 따른 뇌부종 및 뇌압상승<sup>22)24)28)30)33)</sup>의 정도에 관한 보고가 많다. Sadhu<sup>28)</sup>등은 slit ventricle보다 반대쪽 측뇌실의 확장이 뇌압상과 연관이 많은 것으로 보고하였고 Teasdale<sup>30)</sup>등은 CT상 뇌기저조의 폐쇄와 제3뇌실의 압박정도가 외상초기의 뇌압상승과 밀접한 관계가 있는 것으로 보고하였으며, Kim<sup>13)</sup>등은 측뇌실

의 압박정도를 유의하게 설명하였다. 저자들도 뇌기저조 및 측뇌실의 압박정도로 측정한 평균종창계수와 예후와 연관관계를 보면 통계학적으로 유의하였다.

그러나 Narayan<sup>25)</sup>등의 보고와, 혼수상태인 환자의 치료에 두개강내압 측정의 의미가 없다는 보고<sup>22)24)</sup>를 종합해 보면, CT 소견만으로 예후평가의 의미보다는 진단 및 치료에 의미가 더 있으므로 의식상태, 뇌간반응, 운동장애 등의 임상소견을 복합적으로 적용해야 의미있는 예후판정이 될 것으로 본다.

한편 뇌부종의 정도와<sup>4)6)</sup> CT소견을 비교하기 위해 Yoshino<sup>33)</sup>는 동적(dynamic) CT를 시행한 결과 뇌용적의 증가는 뇌조직내의 수분증가와 뇌내 혈액의 증가에 의한 것이지 뇌부종에 의한 것이 아니라고 주장하고 이는 Xenon-133을 이용한 뇌혈류 검사<sup>4)33)34)</sup>, CT상의 밀도변화<sup>4)34)</sup>와 steroid치료에 대한 무반응 등의 소견이 뒷받침하고 있다. 또한 Naruse<sup>26)</sup>등은 뇌부종의 MRI소견으로 T1의 연장, T2의 분리가 외상 초기부터 시작된다는 보고를 하여, MRI를 이용한 뇌부종의 정도판정에 도움이 되고 있다.

미만성 축색손상의 CT소견으로는 뇌백질부, 뇌량, 기저핵부위, 뇌실내, 천막주위 등의 심부소출혈을 볼 수 있으며<sup>10)15)34)</sup>, Gentry<sup>10)</sup>는 MRI를 이용하여 뇌백질부, 뇌량외에도 방선관(corona radiata), 내포(internal capsule) 등에도 병변이 있음을 보고하고 있다.

특히 뇌량부출혈에 대한 기전으로 Robotham<sup>9)34)</sup>은 대뇌경(falx cerebri)과의 충돌로 설명하나, Komatsu<sup>16)</sup>등은 46례의 뇌손상 환자의 부검에서 뇌량부출혈을 발견하고, 이중 대뇌경과 가장 근접해 있는 뇌량팽대부(splenium)의 출혈은 4례에 불과하여 대뇌경에 의한 출혈을 부인하고 있다. 한편 Lindberg<sup>16)34)</sup>등과 Holbourn은 기계적인 힘에 의하여 성상이 다른 뇌조직의 전단손상으로 설명하고, Strich<sup>34)</sup>는 이때의 출혈을 현미경으로 관찰하면 뇌량외에도 뇌간부, 뇌궁(fornix), 전교련(anterior commissure)등에도 축색 돌기에 손상이 있는 것으로 보고하고 있다.

Gentry<sup>10)</sup>등은 미만성 뇌손상의 진단에서 CT에서는 17.7%, MRI의 T1 강조영상에서는 67.6%, T2 강조영상에서는 93.3%의 민감도를 보인다고 보고하여 MRI 특히 T2 강조영상의 중요성을 지적하고 있다. 향후 MRI의 이용으로 미만성 축색손상의 진단과 분류가

더욱 용이하여 점과 아울러 그 개념의 보편화도 되어질 것으로 생각된다. 따라서 MRI외에도 PET, EP등의 이용으로<sup>17)</sup> 뇌손상 특히 미만성 축색손상의 역동학적 인면이 더욱 연구되면 치료와 예후 판정에 한층 도움이 될 것이다.

## 결 론

1987년 8월부터 1988년 7월까지 본원 신경외과에 입원하여 중등도 및 중증의 미만성 축색손상환자로 진단되어 치료한 83명의 환자를 대상으로 예후에 영향을 미치는 인자를 임상 분석하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 20세 미만이 38명(45.7%)으로 가장 빈도가 높았으며 연령 분포와 예후와의 관계를 보면 20세미만이 비교적 양호한 예후를 보였다.
- 2) 입원당시의 혼수의 정도(GCS)가 예후에 큰 영향을 미치고 있다( $p<0.001$ ).
- 3) 뇌부종의 정도가 예후에 유의한 영향을 주고 있다( $p<0.05$ ).
- 4) CT상 미만성 축색손상의 소견으로 볼 수 있는 뇌량, 백질부, 기저핵 등의 부위에 심부좌상 및 소출혈을 보인 것이 58례(70%)였으며 대체로 불량한 예후를 보였다.

## References

- 1) Andrew HK, Robert LL : *Evaluation of head trauma by computed tomography*. Radiology 123 : 345-350, 1977
- 2) Becker DP, Miller JD, et al : *The outcome from severe head injury with early diagnosis and intensive management*. J Neurosurg 47 : 491-502, 1977
- 3) Bowers SA and Marshall LF : *Outcome in 200 consecutive cases of severe head injury treated in San Diego county : A prospective analysis*. Neurosurgery 6 : 237-242, 1980
- 4) Bruce DA, Alavi A, et al : *Diffuse cerebral swelling following head injuries in children : the syndrome of "malignant brain edema"*. J Neurosurg 54 : 170-178, 1981
- 5) Bruce DA, Luis S, Leonard AB, et al : *Outcome following severe head injuries in children*. J Neurosurg 48 : 679-688, 1978
- 6) Clifton GL, Grossman RG, et al : *Neurological course and correlated computerized tomography findings after severe closed head injury*. J Neurosurg 52 : 611-624, 1980
- 7) Gennarelli TA : *Cerebral concussion and diffuse brain injuries*. Head injury. Edited by Cooper 1987, pp108-123
- 8) Gennarelli TA, Spielman GM, Langfitt TW, et al : *Influence of the type of intracranial lesion on outcome from the severe head injury*. J Neurosurg 56 : 26-36, 1982
- 9) Gennarelli TA, Thibault LE : *Biomechanics of head injury* : Neurosurgery. Edited by Wilkins RH, Rengachary SS 1985, pp1531-1536
- 10) Gentry LR, Godersky JC, Thompson B : *MR imaging of head trauma : Review of the distribution and radiopathologic feature of traumatic lesions*. AJNR 9 : 101-110, 1988
- 11) Jennett B, Teasdale G, et al : *Prognosis of patients with severe head injury*. Neurosurgery 4 : 283-289, 1979
- 12) Jun YH, Leem W, et al : *A clinical analysis and assessment of outcome by Glasgow coma scale in 1210 adult head injury*. J Kor Neurosurg Soci 15 : 395-417, 1986
- 13) Kim BT, Lee IS, et al : *Coma without mass lesion on CT scan after head injury*. J Kor Neurosurg Soci 17(4) : 789-796, 1988
- 14) Kim HJ : *Pathophysiology of craniocerebral trauma*. J Kor Neurosurg Soci 16(4) : 1183-1199, 1987
- 15) Kobayashi S, Nakazawa S, Otsuka T : *Clinical value of serial computed tomography with severe head injury*. Surg Neurol 20 : 25-29, 1983
- 16) Komatsu S, Sato T, Kagwa S, et al : *Traumatic lesions of the corpus callosum*. Neurosurgery 5 : 32-35, 1979
- 17) Kuhl DE, Alavi A, Hoffman EJ, et al : *Local cerebral blood volume in head-injury patients. Determination*

- by emission computed tomography of  $99\text{mTc}$ -labeled red cells. *J Neurosurg* 52 : 309-320, 1980
- 18) Langfitt TW and Gennarelli TA : *Can the outcome from head injury be improved?* *J Neurosurg* 56 : 19-25, 1982
  - 19) Langfitt TW and Gennarelli TA : *A holistic view of head injury including a new clinical classification* : *Seminars in neurological surgery*. Edited by Grossman RG, Gildenberg PL 1982, pp1-14
  - 20) Levati A, Farina ML, et al : *Prognosis of severe head injuries*. *J Neurosurgery* 57 : 779-783, 1982
  - 21) Lobato RD, Cordobes F, et al : *Outcome from severe head injury related to the type of intracranial lesion*. *A computerized tomography study*. *J Neurosurg* 59 : 762-774, 1983
  - 22) Marshall LF, Becker DP, et al : *The National Traumatic Coma Data Bank*. *J Neurosurg* 59 : 276-278, 1983
  - 23) McLaurin RL, McLennan JE : *Diagnosis and treatment of head injury in children* : *Neurological surgery*. Edited by Youmans JR 4 : 1982, pp2084-2136
  - 24) Miller JD, Becker DP, et al : *Further experience in the management of severe head injury*. *J Neurosurg* 54 : 289-299, 1981
  - 25) Narayan RK, Greenberg RP, et al : *Improved confidence of outcome prediction in severe head injury*. *J Neurosurg* 54 : 751-762, 1981
  - 26) Naruse S, Horikawa Y, Tanaka C, et al : *Proton nuclear magnetic resonance studies on brain edema*. *J Neurosurg* 56 : 747-752, 1982
  - 27) Rimel RW, et al : *Disability caused by minor head injury*. *Neurosurgery* 9 : 221-226, 1981
  - 28) Sadhu VK, Haar FL, Pinto RS, et al : *Correlation between computed tomography and intracranial pressure monitoring in acute head trauma patients*. *Radiology* 133 : 507-509, 1979
  - 29) Saul TG and Ducker TB : *Effect of intracranial pressure monitoring and aggressive treatment on mortality in severe head injury*. *J Neurosurg* 56 : 498-503, 1982
  - 30) Teasdale E, Cardoso E, Galbraith S, et al : *CT scan in severe diffuse head injury* : *physiological and clinical correlations*. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 47 : 600-603, 1984
  - 31) Williams JM, Gomes F, et al : *Predicting outcome from closed head injury by early assessment of trauma severity*. *J Neurosurg* 61 : 581-585, 1984
  - 32) Young B, Rapp RP, et al : *Early prediction of outcome in head-injury patients*. *J Neurosurg* 54 : 300-303, 1981
  - 33) Yoshino E, Yamaki T, et al : *Acute brain edema in fatal head injury* : *Analysis by dynamic CT scanning*. *J Neurosurg* 63 : 830-839, 1985
  - 34) Zimmerman RA, Bilaniuk LT, Gennarelli TA : *Computed tomography of shearing injuries of the cerebral white matter*. *Radiology* 127 : 393-396, 1987