

미만성 축삭 손상과 장애 평가

부산대학교 의과대학 신경외과학교실

김정호 · 성순기 · 조원호 · 최창화

Disability Estimation in the Diffuse Axonal Injury

Jeong Ho Kim, MD, Soon Ki Sung, MD, Won Ho Cho, MD and Chang Hwa Choi, MD

Department of Neurosurgery, School of Medicine, Pusan National University, Busan, Korea

Objective: Diffuse axonal injury (DAI) is one of the most important types of brain damage that can occur as a result of acceleration-deceleration head injury. This type of injury can be classified as 3 types according to the lesion site and severity of damage by MRI findings. This study was undertaken to estimate the neurobehavioral impairment and disability according to DAI degree. **Methods:** Total 50 patients from 1998 to 2003 with DAI cases were analyzed according to MRI finding, psychometry results and locomotor dysfunction retrospectively. Main analyses of psychometry were about intelligence quotient (IQ) (K-WAIS test) and memory (Rey-Kim test). Disability was estimated by single doctor (author) according to neurocognitive dysfunction in psychometry and the severity of locomotor ataxia comparing the degree of DAI. **Results:** 1) There was no significant difference in intelligence and memory according to DAI grade. But memory quotient (MQ) was decreased in grade III vs grade I+II with significance. 2) There was high incidence of locomotor ataxia and increasing McBride disability due to locomotor ataxia (category III) as increasing DAI grade with significance. 3) There was significant difference of verbal IQ and decreasing tendency of memory quotient (MQ) in case of positive temporal lobe lesion, excluding the effect of corpus callosum and brain stem injury. **Conclusion:** In diffuse axonal injury, estimations of main disability were cognitive dysfunction, especially intelligence and memory and locomotor ataxia. As increasing the grade of DAI, there were decreasing memory quotient, increasing locomotor ataxia, and McBride disability. The Significant difference of verbal IQ and decreasing tendency of MQ were presented in positive temporal lesion. (J Kor Neurotraumatol Soc 2007;3:13-18)

KEY WORDS: Diffuse axonal injury · Neurobehavioral impairment · Psychometry · Disability.

서론

미만성 뇌축삭 손상은 교통사고와 같은 가속 및 감속 두부 손상의 결과로 발생할 수 있는 뇌손상의 가장 흔한 형태 중의 하나이다.^{7,10)} 이러한 치명적인 비탄두성(non-missile) 두부 손상 치험의 증가로 이러한 미만성 축삭 손상은 세 가지 형태로 분류할 수 있게 되었다.¹⁾ 그러나 미만성 축삭 손상의 정도에 따른 신경 행동학적인 장애

는 미만성 축삭 손상 환자의 사회 적응에 있어서 매우 중요한 요소로 작용하고 있음에도 불구하고 미만성 축삭 손상의 신경 행동 인지 장애에 대한 연구는 그리 많지 않다.^{3-6,19)} 이에 이 연구에서는 미만성 축삭 손상의 신경 행동 장애를 확인하기 위해 다음의 주 가설을 설정하고 미만성 축삭 손상의 정도에 따른 신경 행동 장애, 기능적 회복 및 장애 정도 등을 임상 심리 검사와 보행 활동력 등을 중심으로 평가하였다.

이러한 가설은 첫째, 미만성 축삭 손상의 정도에 따른 신경 인지 기능 회복 (주로 지능 및 기억)의 차이가 있는지, 둘째, 미만성 축삭 손상의 정도에 따라 운동성 보행 장애의 정도에 차이가 있는지, 셋째, 미만성 축삭 손상에 따라 맥브라이드식의 장애율의 평가에 있어서 어떠한 차이가 있

Address for correspondence: Chang Hwa Choi, MD
Department of Neurosurgery, School of Medicine, Pusan National University, 10 Ami-dong 1-ga, Seo-gu, Busan 602-739, Korea
Tel: +82-51-240-7257, Fax: +82-51-244-0282
E-mail: chwachoi@pusan.ac.kr

본 연구는 부산대학교병원 의학연구소 연구비 지원으로 이루어졌음.

능지를 후향적으로 분석하였다.

대상 및 방법

1998~2003년 사이의 MRI 사진상 명확한 미만성 축삭 손상 병변이 확인되었고, 두개강 내 병변으로 인해 수술을 시행하지 않았던 환자 중 임상 심리 검사를 시행한 16세 이상의 환자 50명을 대상으로 하였다.

임상 심리 검사의 분석은 주로 K-WAIS 검사를 이용한 지능 지수(intelligence quotient: IQ) 검사와 REY-KIM 검사를 이용한 기억 검사 등을 분석하였으며 모든 자료는 후향적으로 분석하였다.^{12,21)} K-WAIS 검사는 언어성 IQ와 동작성 IQ로 나누어 분석하였고 언어성 검사에서는 기본 지식 문제와 숫자 외우기, 어휘 문제, 산수 문제, 이해 문제, 공통성 문제 등을 평가하여 점수화하였고 동작성 검사에서는 빠진 곳 찾기, 차례 맞추기, 토막 짜기, 모양 맞추기, 바꿔 쓰기 등의 5항목의 점수를 평가하였으며 언어성 검사의 동작성 검사 전체의 평균 환산 IQ를 평가하였다. 기억 검사는 REY-KIM 기억 검사 방법을 사용하였고 언어성 기억과 시각적 기억을 분석 평가하였으며 이러한 심리 검사는 동일한 단일 전문 임상 심리사에 의해 시행되었다. 미만성 축삭 손상의 정도는 Gradient-Echo MR 영상 (Hemorrhagic Sequence)에서 명확한 뇌병변이 확인되는 경우로,¹⁷⁾ Grade I은 대뇌 반구의 백질 부위에만 축삭 손상의 흔적이 있는 경우, Grade II는 뇌량체에 국소적 병변이 있는 경우, Grade III은 뇌간 부위에 국소적 병변이 있는 경우로 분류하였다.¹⁾

장애 정도의 평가는 한 사람의 평가자 (연구자)에 의해 맥브라이드의 장애 평가 기준에 의해 평가되었고 주된 적용 항목은 신경인지 장애 부분인 기질적 뇌중후군 IX 항목과 보행 장애가 있는 경우에는 운동 실조 항목인 III 항목에 따라 평가하였고 통계학적인 유의성은 SPSS 10.5를 이용하여 분석하였다.

결 과

나이, 성별 및 원인

미만성 축삭 손상 환자의 분포는 주로 20~50대의 활동기 연령에서 주로 발생하였고 평균 연령은 Grade I에서는 36세, Grade II에서는 35세, Grade III에서는 36세로 별다른 차이를 나타내고 있지 않았으며, Grade I 18예, Grade II 22예, Grade III 10예였다. 남성에서 훨씬 호발하여 Grade I에서는 남성의 비율이 83%, II에서는 91%,

III에서는 70%를 차지하였다. 수상 원인은 탑승자 교통사고 및 보행자 교통사고가 대부분이었고 추락 사고 환자 1명이 Grade I에 포함되었다 (Table 1).

최초 의식 상태

최초 의식 상태는 Grade I의 경우 기면 상태에서부터 혼수상태까지 다양하였으나 대부분 (82%)이 혼미 상태의 의식을 나타내었고 Grade II에 있어서는 혼미 상태가 95% (21예), 기면 상태가 5% (1예)를 차지하였으며 Grade III에 있어서는 혼미 상태가 90% (9예), 혼수상태가 10% (1예)를 차지하였다 (Table 2).

외상 후 임상 심리 검사까지의 기간

최초 수상 후 임상 심리 검사까지의 기간은 최소 6개월 이상 경과한 시점에서 시행하였으며 Grade I에서는 16.1개

TABLE 1. Age, sex and causes according to diffuse axonal injury Grade

	Grade 1 (18 cases)	Grade 2 (22 cases)	Grade 3 (10 cases)
Age (years)			
<19	3 (17%)	2 (9%)	4 (40%)
20-40	6 (33%)	12 (55%)	4 (40%)
40-60	8 (44%)	8 (36%)	1 (10%)
>61	1 (6%)	0 (0%)	1 (10%)
Mean	36	35	36
Range	17-67	16-58	17-73
Sex (No. of cases)			
Male	15 (83%)	20 (91%)	7 (70%)
Female	3 (17%)	2 (9%)	3 (30%)
Cause			
Pedestrian	7 (39%)	11 (50%)	6 (60%)
Traffic accident	10 (56%)	11 (50%)	4 (40%)
Fall down	1 (5%)	0 (0%)	0 (0%)

TABLE 2. Initial level of consciousness

	Initial LOC			
	Drowsy	Stupor	Semicoma	Coma
Grade 1 (18 cases)	1 (6%)	15 (82%)	1 (6%)	1 (6%)
Grade 2 (22 cases)	1 (5%)	21 (95%)		
Grade 3 (10 cases)		9 (90%)		1 (10%)

LOC: level of consciousness

TABLE 3. Time interval between trauma and psychometry

	Time interval between T-P (months)
Grade 1	16.1 (6-46 months)
Grade 2	14.7 (6-78 months)
Grade 3	14.9 (6-27 months)

T: trauma, P: psychometry

월 (6~46개월), Grade II에서는 14.7개월 (6~78개월), Grade III에서는 14.9개월 (6~27개월)로 검사 시기의 의미 있는 차이는 없었다 (Table 3).

지능 검사 결과

K-WAIS 지능 검사 결과는 Grade I, II, III에 따른 언어성 IQ는 의미 있는 차이를 나타내지 않았고 동작성 IQ 또한 의미 있는 차이를 나타내지는 않았다. 그러나 IQ 편차 (difference; 병전 IQ와 검사상 IQ의 차이)는 미만성 측삭 손상의 Grade가 증가함에 따라 다소 증가하는 경향을 나타내었지만 통계학적 의미 있는 차이는 보이지 않았다 (Table 4). 그러나 뇌간 손상이 있는 Grade III와 그렇지 않은 Grade I+II를 따로 비교하였을 때 (Grade I과 II를 한 군으로 분류) 언어성 IQ에서는 의미 있는 차이를 나타내지 않았고, 동작성 IQ에서도 의미 있는 차이를 나타내지 않았지만 IQ 편차에 있어서는 Grade III에서 Grade I+II군에 비해 편차가 증가하는 결과를 나타내었으나 통계학적 의미는 없었다 (Table 5). 따라서 K-WAIS 검사를 통한 IQ 검사상에 있어서 미만성 측삭 손상 Grade 증가에 따른 의미 있는 차이는 없었다.

기억 검사 결과

REY-KIM 검사를 이용한 기억 검사에 있어서 기억 지수는 미만성 측삭 손상의 Grade 증가에 따른 감소 경향을 나타내었고 IQ와 기억 지수(memory quotient: MQ) 편차 또한 Grade가 증가함에 따라 편차가 증가하는 결과를 나타내었으나 통계학적으로 의미 있는 결과는 아니었다. 또한 이러한 기억 검사의 차이를 Grade III와 Grade I+II의 두 군으로 비교하였을 때 기억 지수는 Grade III군에서 Grade I+II군에 비해 감소되는 결과를 나타내었고 통계학적으로 의미 있는 소견이었다. 또한 IQ-MQ 편

TABLE 4. Intelligence difference by K-WAIS

	Verbal IQ	Performance IQ	IQ difference
Grade 1	85.50±11.29	81.67±13.13	11.94±4.09
Grade 2	86.73±18.08	78.91±18.34	13.72±6.77
Grade 3	82.20±14.72	78.40±13.05	15.67±4.44
p value	0.741	0.817	0.239

IQ difference: premorbid IQ-test IQ. By one-way ANOVA

TABLE 5. Brain stem lesion: intelligence difference

	Verbal IQ	Performance IQ	IQ difference
Grade 1+2	86.18±15.23	80.15±16.07	12.83±5.59
Grade 3	82.20±14.72	78.40±13.05	15.57±4.44
p value	0.461	0.762	0.166

IQ difference: premorbid IQ-test IQ. By t-test

차도 Grade III에서 Grade I과 II에 비해 현저히 편차가 증가하는 결과를 나타내었으나 통계학적 의미는 나타내지 않았다 ($p=0.087$) (Table 6, 7).

McBride 장애 평가표에 의한 장애 정도

운동 실조 즉 보행 장애 부분의 발생 빈도는 미만성 측삭 손상 Grade가 증가함에 따라 의미 있는 증가를 나타내었고 ($p=0.016$), 신경 인지 장애 등을 나타내는 기질적 뇌증 후군의 IX항목의 장애 정도는 미만성 측삭 손상의 Grade 증가에 따라 특별한 의미 있는 장애율의 증가를 나타내지는 않았으며 장애율의 평가에 있어서는 신경 인지 장애를 나타내는 McBride IX항목의 장애 평가에서 Grade I+II는 평균 22%, Grade III에서는 평균 27%로 의미 있는 장애율의 차이는 나타내지 않았다. 운동 장애 항목을 나타내는 보행 장애 (운동 실조증) 즉 맥브라이드 III항목의 장애 평가에 있어서는 Grade I에 있어서는 보행 장애 부분의 노동 능력 상실로 평가된 증례는 한 명도 없었고 Grade II에서 평균 32%, Grade III에서 평균 52%의 노동 능력 상

TABLE 6. Memory difference by Rey-Kim

	Memory quotient	IQ-MQ difference
Grade 1	75.20±12.12	7.5 (-06-23)
Grade 2	74.57±19.05	9.5 (-10-24)
Grade 3	62.06±14.28	17.5 (-03-30)
p value	0.109	0.126

By one-way ANOVA, By Kruskal Wallis test

TABLE 7. Brain stem lesion: memory difference

	Memory quotient	IQ-MQ difference
Grade 1+2	74.90±15.56	9 (-10-24)
Grade 3	62.60±14.28	17.5 (-03-30)
p value	0.034	0.087

By t-test, By Mann-Whitney test

TABLE 8. Assessment of disability by McBride disability table

	Locomotor ataxia	Disability (%)	
		IX category	III category
Grade 1	4 (22.2%)	22 (12-40)	0
Grade 2	5 (22.7%)	22 (10-76)	32 (32)
Grade 3	7 (70.0%)	27 (12-58)	52 (27-88)
p value	0.016	0.230	0.373

By chi-square, By Kruskal Wallis test

TABLE 9. Brain stem lesion: assessment of disability

	Locomotor ataxia	Disability (%)	
		IX category	III category
Grade 1+2	9 (22.5%)	22 (10-76)	32 (32)
Grade 3	7 (70 %)	27 (22-58)	52 (27-88)
p value	0.007	0.032	0.667

Fisher's exact test. By Mann-Whitney test

실이 평가되어 Grade I에서는 보행 장애의 노동 능력 상실이 발생하지 않음을 알 수 있었고 Grade II와 III에 있어서는 뇌간 손상이 동반된 Grade III에서 현저한 보행 장애의 노동 능력 상실이 발생함을 알 수 있었다. 그러나 이러한 장애율의 차이는 통계학적인 의미는 없었다 ($p=0.373$). 또한 Grade III군과 Grade I+II군을 비교 분석한 결과 운동 장애가 발생한 빈도는 Grade I+II군에서 22.5% (9예), Grade III군에서는 70% (7예)였고 역시 뇌간 손상이 동반된 Grade III에서 의미 있는 운동 장애가 발생함을 알 수 있었다 ($p=0.007$). 그러나 보행 장애 부분인 McBride III 항목에 있어서는 Grade I+II군에 있어서는 평균 32%, Grade III군에 있어서는 평균 52%로 뇌간 손상이 동반된 Grade III에서 현저한 운동 장애의 노동 능력 상실률이 증가하는 경향을 나타내고 있음을 알 수 있었다. 그러나 통계학적인 의미는 없었다 ($p=0.667$) (Table 8, 9).

뇌병변의 분포와 심리 검사 결과

미만성 축삭 손상에 있어서 뇌병변의 분포를 분석한 바,

TABLE 10. Brain lesion distribution

	White matter injury	
	Right hemisphere	Left hemisphere
Frontal	30	23
Temporal	16	14
Parietooccipital	8	11
Cerebellum	3	1
Basal ganglia	4	11
Thalamus	1	3
Corpus callosum	28	
Brain stem	10	

Operation cases by combined intracranial lesion was excluded

TABLE 11. Frontal lesion: intelligence & memory difference

	VIQ	PIQ	DIQ	MQ	DIM
Lesion (+): 13 cases	86.15±10.37	81.62±11.72	12.38±4.41	74.82±13.57	6.20± 8.38
Lesion (-): 5 cases	83.80±14.65	81.80±17.89	10.80±3.27	76.25± 8.34	12.75±10.66
p value	0.705	0.980	0.479	0.808	0.242

For excluded the effect of corpus callosum & brainstem, only use Grade 1 group. DIQ: IQ difference, VIQ: verbal IQ, PIQ: performance IQ, MQ: memory quotient, DIM: IQ-MQ difference

TABLE 12. Temporal lesion: intelligence & memory

	VIQ	PIQ	DIQ	MQ	DIM
Lesion (+): 10 cases	78.63±11.12	76.00±14.44	11.25±3.54	68.66±13.79	7.80±10.62
Lesion (-): 8 cases	91.00± 8.31	86.20±10.58	12.50±4.60	79.56± 9.20	8.22± 8.97
p value	0.016	0.103	0.536	0.088	0.938

For excluded the effect of corpus callosum & brainstem, only use Grade 1 group. MQ: memory quotient, DIM: IQ-MQ difference, DIQ: IQ difference, VIQ: verbal IQ, PIQ: performance IQ

전두엽, 측두엽에 호발하였으며^{8,9)} 다음으로 뇌량체, 두정 후두엽, 뇌기저핵부, 뇌간부, 소뇌 및 시상부순으로 병변의 호발 빈도를 나타내었다 (Table 10). 이러한 병변의 부위에 따른 IQ 및 기억 지수를 분석한 결과는 (뇌량체나 뇌간 부위 손상의 영향을 배제하기 위해 Grade II 또는 III에 속하는 환자는 이 평가에서 제외됨) 전두엽 병변이 양성인 경우와 전두엽 병변이 음성인 경우를 비교 분석하였을 때 언어성 IQ (verbal IQ: VIQ), 동작성 IQ (Performance IQ: PIQ), IQ 편차(IQ difference: DIQ), 기억 지수 및 IQ와 MQ차이(IQ-MQ Difference: DIM)에 있어서 의미 있는 차이를 나타내지는 않았다 (Table 11). 또한 두정 후두엽 병변이 있는 경우와 없는 경우에 있어서 동일한 방법으로 평가하였을 때 역시 VIQ, PIQ, DIQ, MQ, DIM에 있어서 의미 있는 차이를 나타내지 않았다. 그러나 측두엽 병변이 있는 경우와 없는 경우의 두 군으로 IQ 및 MQ 부분을 평가하였을 때 측두엽 병변이 있는 경우가 없는 경우에 비해 VIQ가 의미 있게 감소되는 결과를 나타내었고 ($p=0.016$), 그 외에도 PIQ가 감소되는 경향 ($p=0.103$)을 나타내었으며 MQ에 있어서는 통계학적으로 의미 있는 수치는 아니나 상당히 감소하는 경향을 나타내었다 ($p=0.088$) (Table 12). 이러한 결과는 측두엽 병변이 있는 경우 기능 해부학적 위치상 측두엽이 언어와 기억에 관여하고 있는바 VIQ와 MQ에 있어서 상당한 저하 소견을 나타내고 있음을 확인할 수 있었다.¹⁸⁾

고 찰

미만성 뇌축삭 손상과 MRI상의 손상 정도에 따른 예후 분석에 대한 논문은 다소 찾아 볼 수 있다. 특히 Oh 등¹⁶⁾은 미만성 축삭 손상 환자의 자기공명영상 소견과 예후와의

상관관계 분석에서 뇌간 및 뇌량체 손상이 동반된 경우 예후가 불량함을 보고하고 있으며 Kim 등¹¹⁾은 의식 소실 기간은 MRI Grade가 높을수록 증가하는 경향을 보였으나 MRI Grade와 입원 당시 Glasgow 혼수계 (GCS)로 분류한 임상 정도와의 관계는 통계학적 의미가 없음을 보고하였고 예후와도 통계학적 의미가 없다고 보고하였다. 또한 미만성 축삭 손상 환자의 예후 판정은 MRI보다는 임상 양상을 참조하는 것이 바람직하다고 주장하였다. Kim 등¹³⁾은 뇌간 손상이 있는 미만성 축삭 손상의 경우가 다른 경우에 비해 훨씬 나쁜 예후를 가진다고 보고하였다. 그러나 1992년 Mendelsohn 등¹⁵⁾에 의하면 MRI상 뇌량체 손상이 반드시 나쁜 예후를 시사하는 것은 아니라고 주장하고 있으며 2001년 Wallesh 등²⁰⁾에 의하면 국소적인 전두엽 좌상이 행동이나 재활의 문제점을 유발하여 나쁜 예후를 나타낸다는 보고도 있으나 실질적인 신경 인지 장애 부분을 구체적인 임상심리검사를 통해 IQ 및 기억 지수 부분을 분석 평가한 논문은 찾아보기 어렵다.

Axouvi 등²⁾에 의하면 외상성 뇌손상의 인지 및 행동 장애는 전 전두엽 및 대상엽 그물망(Prefrontal-Cingulate Network)의 활성 결손에 기인된다고 주장하였다. 그러나 이 연구에서처럼 미만성 축삭 손상 정도에 따른 구체적인 임상 심리 분석 결과를 통한 신경 인지 장애 특히 IQ 및 기억력 장애를 분석 평가한 내용은 찾아보기 어렵고 더욱이 McBride에 의한 최종 후유 장애 상태를 Grade 정도에 따라 항목 분석한 논문은 더더욱 찾아보기 어렵다. 또한 이 연구에서는 뇌량체 및 뇌간 손상의 영향을 배제한 Grade I의 환자군에서 전두엽 병변의 유무에 따른 IQ와 MQ를 비교 분석하였으나 의미 있는 차이를 나타내지 않았고 측두엽 병변의 유무에 따른 비교 분석에서 측두엽 병변이 있는 경우가 없는 경우에서보다 의미 있는 VIQ 감소와 MQ의 감소 경향을 나타내었다. Mataro 등¹⁴⁾은 미만성 축삭 손상 Type I의 환자에서 다른 군의 환자에 비해 신경 정신적 회복이 양호함을 보고하였고 특히 두개강 내에 종괴 병변 (혈종 등)이 존재하는 경우에 비해 더 나은 예후를 보고하였다. 이러한 연구에서 그들은 미만성 손상의 범위 정도는 언어성 기억과 집중력, 인지 기능의 유연성과 상관 관계가 있음을 보고하면서 특히, 뇌실 확장이 종괴성 병변 (혈종 등)이 있는 환자에 있어서 더욱 뚜렷하였고 미만성 손상의 정도가 감소할수록 뇌실 크기가 감소하는 결과를 보고하였다. 실제로 미만성 축삭 손상 환자에 있어서 신경 행동학적인 결손을 객관적으로 평가한다는 것은 매우 어렵다. 이 연구에 포함된 분석 대상의 제한점으로는 최소한 임상 심리 검사를 시행할 정도의 인

지 기능을 가지고 임상 심리 검사를 시행할 때까지 생존한 환자를 대상으로 하였다는 점과 둘째로는 신경 행동학적인 결손을 가지지 않는 환자는 제외되었고, 또한 최소한 중등도의 장애를 가진 환자들에서 평가가 시행되었다는 점, 셋째로는 이러한 평가 대상의 환자가 보상의 문제가 걸려 있는 교통사고와 관련된 환자가 대부분이었다는 점에서의 손상 기전의 다양성이 배제되었고 평가 대상의 보상적 욕구 증가 등이 문제점으로 지적될 수 있다고 본다.

또한 최종 장애를 평가함에 평가자에 따른 주관적인 편차가 있을 수 밖에 없다는 점을 들 수 있겠으나 동일한 임상 심리사와 동일한 평가자에 의해 평가된 내용을 분석한 것이므로 최소한 동질성을 가진다고는 볼 수 있겠다. 또한 임상 심리 검사의 시점과 장애 평가의 시점이 통일된 시점이 아닌 편차를 가진다는 점도 들 수 있겠다. 그러나 최소한 수상일로부터 6개월 이상 경과한 시점에서 급성기의 충분한 회복이 이루어진 이후의 평가라는 점, 또한 평균 평가 시점이 14.7~16.1개월 사이였다는 점에서 어느 정도의 평가 시점의 타당성은 인정할 수 있을 것으로 본다.

결 론

미만성 축삭 손상 환자에 있어서 신경 행동학적인 결손을 객관적으로 평가하는 것은 매우 어렵지만 이러한 분석 결과를 바탕으로 차후 전향적인 정밀 정리된 다양한 분석표를 작성하여 더 많은 증례의 분석 평가를 통한 미만성 축삭 손상의 정도와 신경 인지 기능 장애 및 최종 장애율과의 상관관계의 연구를 지속한다면 미만성 축삭 손상 환자의 장애를 평가하는 보다 나은 지표를 발견할 수 있을 것으로 기대된다.

중심 단어 : 미만성 축삭 손상 · 신경행동학적 장애 · 임상 심리 검사 · 장애 평가.

REFERENCES

- 1) Adams JH, Doyle D, Ford I, Gennarelli TA, Graham DI, McLellan DR. Diffuse axonal injury in head injury: definition, diagnosis and grading. *Histopathology* 15:49-59, 1989
- 2) Axouvi P. Neuroimaging correlates of cognitive and functional outcome after traumatic brain injury. *Curr Opin Neurol* 13:665-669, 2000
- 3) Blumer D, Benson DF. Psychiatric aspects of neurological disease. New York: Grune & Stratton, 1975
- 4) Bond MR. Assessment of the psychological outcome of severe head injury. *Acta Neurochir* 34:57-70, 1976
- 5) Bond MR, Brooks DN. Understanding the process of recovery as a basis for the investigation of rehabilitation for the brain injury. *Scand J Rehabil Med* 8:127-133, 1976
- 6) Brooks DN, Mckinlay W. Personality and behavioral change

- after severe blunt head injury-a relative's view. **J Neurol Neurosurg Psychiatry** 46:336-344, 1983
- 7) Douglas HS, David FM, William HS. Diffuse axonal injury in head trauma. **J Head Trauma Rehabil** 18:307-316, 2003
 - 8) Gentry JR, Godersky JC, Thompson B. MR imaging of head trauma: review of the distribution and radiographic features of traumatic brain lesions. **AJR** 150:663-672, 1988
 - 9) Gurdijan ES. Cerebral contusion: re-evaluation of the mechanism of their development. **Journal of Trauma** 16:35-51, 1976
 - 10) Iwata A, Stys PK, Wolf JA, Chen XH, Taylor AG, Meaney DF, et al. Traumatic axonal injury induces proteolytic cleavage of the voltage-gated sodium channels modulated by tetrodotoxin and protease inhibitors. **Journal of Neuroscience** 24:4605-4613, 2004
 - 11) Kim CH, Lee HK, Koh YC, Hwang DY. Clinical analysis of diffuse axonal injury (DAI) diagnosed with magnetic resonance image (MRI). **J Korean Neurosurg Soc** 26:241-248, 1997
 - 12) Kim H. Rey-Kim memory test. **Korea Neuropsychology Press**, 1999
 - 13) Kim HJ, Park IS, Kim JH, Kim KJ, Hwang SH, Kim ES. Clinical analysis of the prognosis of the patients with cerebral diffuse axonal injuries, based on gradient-echo MR imaging. **J Korean Neurosurg** 30:168-172, 2001
 - 14) Mataro M, Poca MA, Sahuquillo J, Pedraza S, Ariza M, Amoros S. Neuropsychological outcome in relation to the traumatic data bank classification of computed tomography imaging. **J Neurotrauma** 18:869-879, 2001
 - 15) Mendelsohn DB, Levin HS, Harward H, Bruce D. Corpus callosum lesions after closed head injury in child MRI, clinical features and outcome. **Neuroradiology** 34:384-388, 1992
 - 16) Oh KS, Ha SI, Suh BS, Lee HS, Lee JS. The correlation of MRI findings to outcome in diffuse axonal injury patients. **J Korean Neurosurg Soc** 30:320-324, 2001
 - 17) Scheid R, Preul C, Gruber O, Wiggins C, von Cramon DY. Diffuse axonal injury associated with chronic traumatic brain injury: evidence from T2-weighted gradient-echo imaging at 3T. **AJNR** 24:1049-1056, 2003
 - 18) Soeda A, Nakashima T, Okumura A, Kuwata K, Shinoda J, Iwama T. Cognitive impairment after traumatic brain injury: a functional magnetic resonance imaging study using the Stroop task. **Neuroradiology** 47:501-506, 2005
 - 19) Tabaddor K, Mattis S, Zazula T. Cognitive sequelae and recovery course after moderate and severe head injury. **Neurosurgery** 14:701-708, 1984
 - 20) Wallesch CW, Curio N, Kutz S, Jost S, Bartels C, Synowitz H. Outcome after mild-to-moderate blunt head injury: effect of focal lesions and diffuse axonal injury. **Brain Inj** 15:401-412, 2001
 - 21) Youm TH, Park YS, Oh KJ. K-WAIS Manual. Korea: Korea Guidance, 1992