

뇌성마비 환아에서의 뇌 자기공명영상 소견과 발달장애와의 상관관계

연세대학교 의과대학 재활의학교실 및 재활의학 연구소

박창일 · 박은숙 · 신지철 · 김성우 · 방인걸

= Abstract =

Magnetic Resonance Findings in Cerebral Palsy and a Correlation with Developmental Disabilities

Chang Il Park, M.D., Eun Suk Park, M.D., Ji Cheol Shin, M.D.
Seong Woo Kim, M.D. and In Keol Bang, M.D.

*Department of Rehabilitation Medicine and Research Institute of Rehabilitation,
Yonsei University College of Medicine*

Objective: To investigate the correlation between magnetic resonance imaging (MRI) findings for children with cerebral palsy (CP) and the severity of their developmental disability.

Method: MRI and Münchener Funktionelle Entwicklungs Diagnostik (MFED) were used for the evaluation of 52 children with CP. MFED quotient (MFED age/corrected age \times 100) was compared to the MRI findings.

Results: Of the 52 MRIs, no abnormalities were found in 7 cases (13%), periventricular leukomalacias (PVLs) in 37 cases (71.2%), corpus callosum abnormalities in 33 cases (63.5%), delayed myelinations in 8 cases (15.4%), congenital brain abnormalities in 6 cases (11.5%), and central sulcus abnormalities in 3 cases (5.8%). Among 27 patients who were born preterm, the major MRI finding was PVL (100%), indicative of a hypoxic brain injury. All patients with a normal MRI were born at term. There were significant correlations between the MFED quotient and the severity of PVL. The ratio of corpus callosum length/brain anteroposterior diameter was correlated with a developmental disability.

Conclusion: MRI findings for the patients with CP are well correlated with the developmental disabilities and the timing of brain insult.

Key Words: Cerebral palsy, Brain MRI, Münchener Funktionelle Entwicklungs Diagnostik,
Developmental disability

서 론

여러가지 신경학적 검사와 방사선학적 검사인 초음파, 전산화 단층 촬영,²¹⁾ 자기공명영상, single photon emission computerized tomography(SPECT),³⁾ 그리고 positron emission tomography(PET)의 발달은 뇌성마비 환아에 있어 뇌 병변의 손상정도 및 위치 확인, 병태생리학적 이해에 많은 발달을 가져왔다. 이 중 뇌 자기공명영상은 수초형성의 평가를 이용한 뇌의 성숙도 분석,²³⁾ 저산소증에 의한 뇌 병변,^{18,25)} 백질내의 미세한 병변,^{22,24)} 선천성 뇌기형,²²⁾ 뇌량의 이상소견^{12,14)}을 관찰하는데 유용한 것으로 알려져 있다. 특히 저산소증에 의한 뇌실주위 백질연화증은 뇌 자기공명영상의 T2 강조영상에서 뇌실주위 조영증강, 백질양 감소, 뇌실확장 소견을 보임으로써 환아의 임상양상과 비교되어 뇌성마비의 병태생리를 밝히는데 많은 연구가 이루어졌다.^{25,26)}

많은 연구자들이 뇌 자기공명영상 검사를 통하여 재태기간, 임상유형, 발달장애와 방사선학적 소견의 상관관계를 연구함으로써 뇌의 손상시기와 원인을 추정하고, 뇌의 손상정도 및 부위에 따른 발달장애 정도를 추정하였다.^{4,17,22,26)} Yokochi등²⁶⁾은 경직성 양지마비환아에서 뇌실주위 백질연화증의 정도가 환아의 임상적인 장애정도와 연관이 있다는 보고를 하였고, Iai등¹⁴⁾은 뇌성마비에서 뇌량의 위축과 뇌손상의 연관성을 보고하였다.

이에 본 연구자들은 뇌성마비로 진단받은 환아의 뇌 자기공명영상 소견을 알아보고 각 병변들과 발달장애 정도와의 연관성을 분석하여, 뇌성마비 환아에서 자기공명영상 소견이 가지는 임상적 의미를 찾아보고자 하였다.

대상 및 방법

1) 연구대상

1995년 10월부터 1997년 4월까지 연세대학교 의과대학 재활의학과에서 입원치료를 받은 뇌성마비 환아들 중 뇌 자기공명영상 검사와 뮌헨 발달검사를 시행한 52명을 대상으로 하였다. 이 중 남자는 31명, 여자는 21명이었으며, 평균연령은 18.6개월(4개월~44개월)이었다. 대상이 되었던 뇌성마비환아의

임상유형은 경직성 양지마비가 33명(63.5%)으로 가장 많았고, 이외 경직성 사지마비가 7명(13.5%), 편마비가 5명(9.6%), 혼합형이 2명(3.8%), 불수의 운동형 1명(1.9%)이었다. 뇌성마비의 위험인자로는 신생아 가사가 21명(40.4%), 병적 황달이 11명(21.1%), 출생시 몸무게 2500 g 이하인 저출생 체중이 27명(51.9%)에서 관찰되었다. 재태연령 36주 이하인 미숙아가 27명(51.9%)이었고, 37~42주인 만삭아가 25명(48.1%)이었다.

2) 연구방법

(1) 발달장애 평가: 뇌성마비 환아의 발달장애의 정도를 평가하기 위하여 뮌헨 발달검사(MFED)를 시행하였다. 각각의 영역에서 뮌헨 발달연령을 구하여 교정연령(corrected age)으로 나누어 100을 곱하여 뮌헨 발달지수(MFED quotient)를 구하였다.

(2) 뇌 자기공명영상: 뇌 자기공명영상은 1.5 tesla signa unit(General Electrics Medical systems, Milwaukee, Wis.)를 이용하여, 축상의 T1 및 T2 강조 영상과 시상상의 T2 강조영상을 얻었다. 뇌 자기공명영상 이상소견의 분석은 뇌위축, 뇌백질의 수초화 지연, 뇌실주위 백질연화증, 심부 백질의 부피감소, 뇌량의 국소적 또는 전반적 두께 감소나 형성부전의 이상소견 및 뇌량의 크기, 선천성 뇌기형, 뇌중심구 이상으로 나누어 관찰하였다. 이 중 뇌량의 이상 유무 관찰 및 계측은 시상 단면상 정중선상에서 뇌량

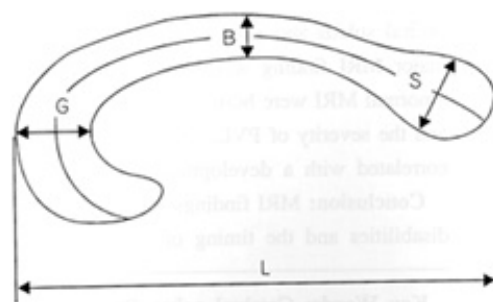


Fig. 1. Schematic diagram showing corpus callosum. Each thickness was measured perpendicular to the midline of the corpus callosum. G=thickness of the genu; B=thickness of the midbody; S=thickness of the splenium; L=length of the corpus callosum This figure derived from reference No. 14.

의 두께 및 뇌량의 전체적인 모양을 육안적으로 관찰하여 이상유무를 관찰하였고, 뇌량 슬(genu), 뇌량 체(body), 뇌량 팽대(splenium)의 두께와 뇌량의 길이를 계측하여 뇌량 슬, 뇌량 체, 뇌량 팽대는 뇌량의 길이로 나누고, 뇌량의 길이는 뇌의 전후직경으로 나누어 그 비를 변수로 이용하였다(Fig. 1).

(3) 통계방법: 뇌 자기공명 검사상 각 이상소견의 유무에 따른 운동발달 장애의 정도의 차이를 알아보기 위하여 뮌헨 발달지수를 t-test와 회귀분석을 이용하여 분석하였다.

결 과

1) 뇌 자기공명영상 소견

대상환아 52명 중 정상소견을 보인 경우는 7명(13.5%)이었다. 비정상소견의 경우 뇌실주위 백질연화증을 비롯한 심부 백질의 이상소견이 37명(71.2%)으로 가장 많았으며, 뇌량의 이상소견이 33명(63.5%), 뇌위축이 14명(26.9%), 수초화 지연이 8명(15.4%), 선천성 뇌기형이 6명(11.5%), 뇌중심구 이상이 3명(5.8%), 시상과 기저핵에서의 이상소견이 2명(3.8%)이었다. 선천성 뇌기형으로는 거뇌회증(pachygyria), 열두증(schizencephaly), 공뇌증(porencephaly), 대뇌뇌증(macroglyria)이 각각 1명씩이었고, 이소성 피질증(gray matter heterotopia)이 2명이었다. 재태기간에 따른 뇌 자기공명영상 소견을 살펴보면 미숙아인 경우 27명 모두에서 뇌실주위 백질연화증이 관찰된 반면, 만삭아인 경우는 10명(40%)에서 백질연화증의 소견이 관찰되었다. 뇌량의 이상소견은 미숙아 20명(74.1%), 만삭아 13명(52%)에서 관찰되었으며, 선천성 뇌기형 6명은 모두 만삭아에서 관찰되었다(Table 1).

2) 뇌위축 소견과 뮌헨 발달지수의 비교

뇌 자기공명영상에서 뇌위축 소견의 유무에 따른 환아들의 뮌헨 발달지수를 비교해 보면 뮌헨 발달 검사 모든 영역에서 뇌위축 소견을 보인 군이 뇌위축 소견을 보이지 않은 군에 비하여 더 낮은 뮌헨 발달지수를 보였으나 통계학적으로 유의한 차이는 없었다(Table 2).

Table 1. Comparison of MRI¹⁾ Findings in Preterm and Term Cerebral Palsy

MRI ¹⁾ findings	No. of cases(%)		
	Preterm (n=27)	Term (n=25)	Total (n=52)
Normal	0(0)	7(28.0)	7(13.5)
Abnormal			
Cortical atrophy	6(22.2)	8(32.0)	14(26.9)
Delayed myelination	5(18.5)	3(12.0)	8(15.4)
Periventricular leukomalacia	27(100)	10(40.0)	37(71.2)
Corpus callosum abnormality	20(74.1)	13(52.0)	33(63.5)
Central sulcus abnormality	2(7.4)	1(4.0)	3(5.8)
Thalamus and BG ²⁾ abnormality	1(3.7)	1(4.0)	2(3.8)
Congenital abnormality	0(0)	6(24.0)	6(11.5)

- 1. MRI: Magnetic resonance imaging
- 2. BG: Basal ganglia

Table 2. MFED¹⁾ Quotient according to Cortical Atrophy

Cortical atrophy	MFED ¹⁾ quotient				
	Gross motor	Fine motor	Language	Perception	Social
Absent(n=38)	65±26	75±27	77±26	79±27	82±23
Present(n=14)	58±29	62±31	65±32	65±31	70±34

Values are mean±standard deviation(%).

1. MFED : Münchener funktionelle entwicklungs diagnostik

Table 3. MFED¹⁾ Quotient according to Delayed Myelination

Delayed myelination	MFED ¹⁾ quotient				
	Gross motor	Fine motor	Language	Perception	Social
Absent(n=44)	64±26	73±29	74±29	76±28	79±25
Present(n=8)	49±28	56±28	60±26	59±31	70±34

Values are mean±standard deviation(%).

1. MFED : Münchener funktionelle entwicklungs diagnostik

Table 4. MFED¹⁾ Quotient according to Periventricular Leukomalacia

Periventricular leukomalacia	MFED ¹⁾ quotient					
	Gross motor	Fine motor	Language	Perception	Social	Independence
Localized(n=9)	80±23	91±13	86±12	92±10	95±5	89±15
Generalized(n=28)	61±23*	71±28*	74±28	74±30*	79±26*	86±17

Values are mean±standard deviation(%). *p<0.05

1. MFED : Münchener funktionelle entwicklungs diagnostik

Table 5. MFED¹⁾ Quotient according to Congenital Brain Abnormality

CBA ²⁾	MFED ¹⁾ quotient					
	Gross motor	Fine motor	Language	Perception	Social	Independence
Absent(n=46)	64±26	72±29	75±28	76±29	80±27	84±18
Present(n=6)	40±26*	40±22*	41±25*	41±24*	48±22*	45±5*

Values are mean±standard deviation(%). *p<0.05

1. MFED: Münchener funktionelle entwicklungs diagnostik

2. CBA: Congenital brain abnormality

3) 수초화지연 소견과 뮌헨 발달지수의 비교

수초화지연의 유무에 따라 뮌헨 발달지수를 비교해 보면 뮌헨 발달검사 모든 영역에서 수초화지연 소견을 보인 군이 수초화지연 소견을 보이지 않는 군에 비하여 더 낮은 뮌헨 발달지수를 보였으나 통계학적으로 유의한 차이는 없었다(Table 3).

4) 뇌실주위 백질연화증 소견과 뮌헨 발달지수의 비교

뇌 자기공명영상상 뇌실주위 백질연화증이 측뇌

실의 삼각(trigone)과 후두각(occipital horn)에만 국한된 경우와 전각(anterior horn)과 후각(posterior horn)에 광범위하게 있는 경우의 두 군으로 나누어서 뮌헨 발달지수를 살펴본 결과, 백질연화증이 광범위한 군이 백질연화증이 국한된 부위에만 있는 군보다 대 근육운동, 소 근육운동, 인지능력, 사회성 영역에서 통계학적으로 의미있게 낮은 뮌헨 발달지수를 보였다(Table 4).

5) 선천성 뇌기형 소견과 뮌헨 발달지수의 비교

선천성 뇌기형의 유무에 따른 뮌헨 발달지수를

Table 6. MFED¹⁾ Quotient according to Corpus Callosum Abnormality

CCA ²⁾	MFED ¹⁾ quotient					
	Gross motor	Fine motor	Language	Perception	Social	Independence
Absent(n=19)	57±26	69±31	68±32	72±30	76±29	83±21
Present(n=33)	63±27	69±29	73±28	72±30	76±28	80±21

Values are mean±standard deviation(%).

1. MFED : Münchener funktionelle entwicklungs diagnostik
2. CCA : Corpus callosum abnormality

Table 7. Correlation Coefficiency of MFED¹⁾ Quotient and Size of Corpus Callosum

MFED ¹⁾	Size of corpus callosum			
	G/L ²⁾	B/L ³⁾	S/L ⁴⁾	TL/AP ⁵⁾
Gross motor	-0.184	-0.105	-0.118	0.316*
Fine motor	-0.241	-0.101	-0.164	0.324*
Language	-0.125	-0.069	-0.152	0.194
Perception	-0.206	-0.058	-0.093	0.287*
Social	-0.048	-0.052	-0.157	0.161
Independence	-0.198	-0.109	-0.037	0.194

* p < 0.05

1. MFED: Münchener Funktionelle Entwicklungs Diagnostik
2. G/L: Thickness of genu/total length of corpus callosum
3. B/L: Thickness of body/total length of corpus callosum
4. S/L: Thickness of splenium/total length of corpus callosum
5. TL/AP: Total length of corpus callosum/anteroposterior diameter of brain

비교해보면 뮌헨 발달지수 모든 영역에서 선천성 뇌기형 소견을 보이는 군이 선천성 뇌기형 소견을 보이지 않는 군에 비하여 통계학적으로 의미있는 발달 장애를 보였다(Table 5).

6) 뇌량의 이상 소견과 뮌헨 발달지수의 비교

뇌 자기공명영상에서 뇌량의 육안에 의한 이상소견 유무에 따른 두 군의 뮌헨 발달지수를 비교해보면 모든 영역에서 의미있는 차이는 없었다(Table 6). 그러나 뇌량의 측정치와 뮌헨 발달지수의 상관관계

를 분석한 결과, 뇌량의 길이/뇌의 전후직경 비가 낮을수록 대 근육운동, 소 근육운동, 인지능력 영역에서 뮌헨 발달지수가 낮았으며 통계학적으로 의미있는 상관관계를 보였다(Table 7).

고 찰

뇌성마비는 미성숙한 뇌의 손상이나 병변으로 인하여 자세 및 운동 기능 장애를 주증상으로 하는 비진행적인 증후군이다. 뇌성마비로 진단된 환아에서 뇌 손상을 확인하기 위한 진단방법으로는 뇌 초음파, 뇌 전산화 단층촬영, 뇌 자기공명영상, 뇌파검사, 뇌간유발전위, 시각유발전위, SPECT, PET가 이용되고 있다. 이중 뇌 자기공명영상은 축상 단면뿐만 아니라 시상 및 관상 단면을 이용하여 수초형성 및 정상 뇌 발달 평가, 뇌 백질의 미세한 병변, 선천성 뇌기형, 뇌량의 이상소견, 기저핵과 시상의 병변을 관찰하는데 유용하며,^{13,18,21)} 특히 허혈성 뇌증을 진단하고 평가하는데 가장 유용한 검사방법이다.^{22,24,25)} Volpe²⁴⁾는 저산소증에 의한 뇌손상에서 관찰되는 5가지의 기본적인 신경병리학적 소견으로 선택적인 신경세포 괴사, 기저핵과 시상주변부의 대리석상태, 대뇌 시상주변부(parasagittal)의 손상, 뇌실주위 백질연화증과 국소적이고 다병소성 신경세포 괴사를 제시하였다. 뇌 자기공명영상은 이러한 섬유성 반흔이나 신경교조직의 증식과 정상 뇌조직을 민감하게 구분할 수 있어 뇌손상의 위치 및 정도를 평가하는데 유용하다. Truwit²²⁾은 뇌성마비 환아 중 93%에서 뇌 자기공명영상에서 이상소견을 관찰하였으며, 본 연구에서는 총 52명의 뇌성마비 환아

중 45명(86.5%)에서 비정상소견을 관찰하였다. 이처럼 뇌 자기공명영상은 중추신경계의 구조적 손상을 민감하게 반영하는 검사법임을 알 수 있다.

만삭아와 미숙아에서의 뇌 자기공명영상 검사결과와는 상당한 차이를 보이는데 본 연구에서는 미숙아의 경우는 대상 환아 전부에서 이상소견이 관찰된 반면에 만삭아의 경우는 72%에서만 이상소견을 보여 미숙아에서 뇌 자기공명영상의 이상소견이 더 빈번히 관찰됨을 알 수 있었다. 이는 Hayakawa¹²⁾의 연구결과와도 일치되었다. Barkovich와 Truwit⁴⁾의 보고에 의하면 재태기간과 뇌 자기공명영상 소견 사이에는 연관성이 있어, 재태기간이 28주에서 34주인 미숙아의 경우 저산소증에 노출되면 뇌실주위 백질연화증이 잘 나타난다고 하였다. 반면 만삭아인 경우는 기저핵과 시상주변부가 저산소증에 의해 손상받기 쉬운 부위로 알려져 있다.¹⁷⁾ 본 연구에서도 미숙아인 경우 27명 모두에서 뇌실주위 백질연화증이 관찰된 반면에 만삭아인 경우는 10명(40%)에서만 백질연화증의 소견이 관찰되어 뇌실주위 백질연화증이 미숙아에서 보여지는 특징적인 소견임을 확인할 수 있었다.

뇌 자기공명영상 검사가 뇌성마비 환아에서 운동 발달 및 인지능력 발달의 정도를 예측하는데 있어서의 유용성을 규명하고자하는 여러 시도들이 있었다.^{6,7,20,26)} Yokochi²⁶⁾은 뇌실주위 백질연화증의 정도와 대뇌백질량의 감소의 정도는 운동장애와는 높은 상관관계를 보였으나 인지능력과는 연관성을 보이지 않았다고 보고하였다. Cioni⁸⁾은 경직성 양지마비 환아의 경우 뇌 자기공명영상 검사상 이상소견이 있는 경우에는 더 심한 감각운동 발달장애 및 인지능력 발달장애를 보인다고 하였으며, 특히 대뇌 백질의 이상여부와는 높은 연관성을 보인다고 하였다. Fedrizzi¹⁰⁾은 경직성 양지마비 환아를 대상으로 1~2세경에 시행한 뇌 자기공명영상의 소견중 뇌실 확장, 뇌 백질량 감소의 정도와 분포, 시각방사의 손상, 후뇌량의 손상과 6세 이후에 시행한 전체 지능지수와 수행성 지능지수와는 유의한 상관성을 보인다고 보고하였다. Koeda 및 Takeshita¹⁵⁾도 뇌 자기공명영상에서 뇌실주위 백질량 감소와 수행성 지능지수는 상관관계가 있다고 하였다. 본 연구에서는 뇌실주위 백질연화증이 측뇌실의 삼각 또는 후두각 주변부에 국한되어 있는 경우와 뇌실주위 백질연화

증이 광범위하게 있는 경우로 대별하여 본 결과 뇌실주위 백질연화증이 광범위하게 있는 군이 국한되어 있는 군에 비하여 발달검사상 대 근육운동, 소 근육운동, 인지능력, 사회성 영역 모두에서 의미있게 낮은 발달지수를 보여 뇌 자기공명영상 검사상 뇌백질의 손상정도와 운동발달 및 인지능력발달 정도와는 연관성이 있음을 알 수 있었으며, 이는 위에 언급한 연구결과들과도 일치되었다.

뇌 백질의 수초화 형성은 일정한 과정을 거치는데 뇌간과 소뇌에서 시작하여 대뇌의 상부와 전방으로 진행한다. 임신 5개월에는 뇌신경의 수초화가 시작되고, 임신 7개월에는 아래 소뇌 다리(inferior cerebellar peduncle), 생후 3개월내에는 중간 소뇌 다리(middle cerebellar peduncle)와 내섬유막 후각(posterior limb of internal capsule)에 수초화가 형성되며, 생후 15개월에는 전두엽과 후두엽의 피질하 백질에서 수초화가 나타나는 것으로 알려져 있다.^{5,9,11)} 수초화 형성은 자기공명영상 검사의 T1 강조영상에서 고신호강도, T2 강조영상에서 저신호강도로 나타나며 이들은 뇌성숙의 중요한 지표로 이용된다. 수초화 형성지연과 발달지연의 상관관계에 대한 연구보고들이 있다.^{2,9,23)} Dietrich⁹⁾은 T2 강조영상에서 백질과 회백질의 신호강도를 분석하여 임상적으로 발달지연을 보이는 환아에서 수초화 형성이 늦어진다고 하였고, Van der Knaap²³⁾은 수초화와 정신운동 발달과의 상관관계에 대해 보고하였다. 본 연구에서는 통계학적으로 의미는 없었지만 수초화지연 소견을 보인 군이 수초화지연 소견을 보이지 않는 군에 비하여 모든 영역에서 발달지연을 보였다. 이는 신경학적 이상소견이 없는 발달지연 환아에서는 수초화 형성 정도가 뇌성숙 및 발달연령을 평가하는데 유용하지만 뇌성마비 환아에서는 다른 뇌손상의 원인에 의해 운동발달이 영향을 받았기 때문인 것으로 생각된다.

Hayakawa¹²⁾은 뇌량 손상의 정도는 운동장애의 정도와 관련이 높아 뇌백질의 손상의 정도를 보여주는 민감한 지표로 사용할 수 있다고 하였으며, Sheth¹⁹⁾은 뇌량의 크기는 뇌성마비를 진단하는데 유용한 지표로 이용할 수 있다고 하였다. Iai¹⁴⁾은 경직성 양지마비 환아의 경우 정상아에 비하여 뇌량의 길이에 대한 뇌량 팽대와 뇌량 체의 두께의 비가 감소되어 있다고 보고하였으며 이중 뇌량 팽

대의 비는 운동장애의 정도와 높은 연관성을 보인다고 하였다. 본 연구에서도 단순한 뇌량의 이상유무보다는 뇌량의 계측치가 대 근육운동, 소 근육운동, 인지능력 영역에서 뭇헨 발달지수와와의 연관성을 보임을 알 수 있어 뇌량의 계측이 발달예후를 예측하는데 도움이 됨을 알 수 있었다.

뇌위축 소견을 보이는 환아가 운동발달이 지연되었다는 연구보고들이 있다.^{1,21,25)} 본 연구에서는 뇌위축을 보인 군이 보이지 않는 군에 비해 전반적으로 모든 영역에서 낮은 발달지수를 보였지만 통계학적 의미는 없었다. 이는 발달정도를 평가하기 위해 사용한 뭇헨발달 지수의 값이 두 군에서 표준편차가 크게 나왔기 때문으로, 단순한 뇌위축의 유무보다는 다른 동반된 이상소견의 영향에 의한 것으로 생각된다. 이밖에도 본 연구에서는 선천성 뇌기형 소견을 보이는 군에서 심한 발달장애를 보이는 것을 관찰할 수 있었다. 이는 신경모세포 이동 이상과 같은 선천성 뇌기형이 대뇌에 광범위한 손상을 주기 때문인 것으로 생각된다.

이상에서와 같이 본 연구에서는 뇌 자기공명영상으로 뇌성마비 환아의 다양한 뇌손상의 구조적 이상소견을 관찰하였고, 백질연화증의 침범정도와 뇌량의 위축정도에 따른 뇌손상 정도를 파악하여 발달장애의 정도를 예측할 수 있었다.

결 론

미숙아에서는 뇌실주위 백질연화증과 뇌량의 비정상소견이 높은 빈도로 관찰되었고, 신경모세포 이동 이상을 포함한 선천성 뇌기형은 만삭아에서만 관찰되었다.

심한 뇌실주위 백질연화증이 있거나 선천성 뇌기형이 있을 때 발달장애의 정도가 심하였으며, 뇌량의 길이/뇌의 전후직경의 비는 뭇헨 발달지수와와의 연관성을 가장 잘 나타내었다.

따라서 뇌 자기공명영상 소견은 뇌의 성숙도를 평가하고, 뇌의 손상시기를 유추하는데 도움이 될 뿐 아니라, 뇌의 손상정도 및 병변의 위치를 파악하여 뇌성마비 환아의 발달장애정도를 예측하는데 유용한 검사임을 알 수 있었다.

참 고 문 헌

- 1) 김세주, 나진경, 설혜영: 뇌성마비 환아의 자기공명 영상 소견. 대한재활의학회지 1995; 19: 725-731
- 2) 문정림, 양승한, 강세운 등: 운동 발달 지연을 동반한 영유아에서의 뇌 자기공명영상 소견. 대한재활의학회지 1993; 17: 585-594
- 3) 박창일, 김성우, 김유철 등: 뇌성마비환아에서의 뇌 자기공명영상과 SPECT 소견. 대한재활의학회지 1997; 21: 1060-1067
- 4) Barkovich AJ, Truwit CL: Brain damage from perinatal asphyxia: Correlation of MR findings with gestational age. Am J Neuroradiol 1990; 11: 1087-1096
- 5) Bird CR, Healberg M, Dryer BP, Keller PJ, Flon RA, Hodak JA: MR assesement of myelination in infants and children: Usefulness of marker sites. Am J Neuroradiol 1989; 10: 731-740
- 6) Byrne P, Welch R, Johnson MA, Darrah J, Piper M: Serial magnetic resonance imaging in neonatal hypoxic-ischemic encephalopathy. J Pediatr 1990; 117: 694-700
- 7) Cioni G, Bartolena L, Biagioni E, Boldrini A, Canapicchi R: Neuroimaging and functional outcome of neonatal leukomalacia. Behav Brain Res 1992; 49: 7-19
- 8) Cioni G, Di paco MC, Bertuccelli B, Paolicelli PB, Canapicchi R: MRI findings and sensorimotor development in infants with bilateral spastic cerebral palsy. Brain Dev 1997; 19: 245-253
- 9) Dietrich RB, Bradely WG, Zaragoza IV EJ, Otto RJ, Taira RK, Wilson GH, Kangaroo H: MR evaluation of early myelination patterns in normal and developmentally delayed infants. Am J Neuroradiol 1988; 150: 889-896
- 10) Fedrizzi E, Inverno M, Brunzzone MG, Botteon G, Saletti V, Farinotti M: MRI features of cerebral lesions and cognitive functions in preterm spastic diplegic children. Pediatr Neurol 1996; 15: 207-212
- 11) Harbord MG, Finn JP, Hall-Craggs MA, Robb SA, Kendall BE, Boyd SG: Myelination patterns on magnetic resonance of children with developmental delay. Dev Med Child Neurol 1990; 32: 295-303
- 12) Hayakawa K, Kanda T, Hashimoto K, Okuno Y, Yamori Y, Yuge M, Ando R, Ozaki N, Tamomoto A: MR imaging of spastic diplegia: The importance of corpus callosum. Acta Radiol 1996; 37: 830-836
- 13) Holland BA, Haas DK, Norman D, Brant-Zawadzki

- M, Newton TH: MRI of normal brain maturation. *Am J Neuroradiol* 1986; 7: 201-208
- 14) Iai M, Tanabe Y, Goto M, Sugita K, Niimi H: A comparative magnetic resonance imaging study of the corpus callosum in neurologically normal children and children with spastic diplegia. *Acta Paediatr* 1994; 83: 1086-1090
 - 15) Koeda T, Takeshita K: Visuo-perceptual impairment and cerebral lesions in spastic diplegia with preterm birth. *Brain Dev* 1992; 14: 239-244
 - 16) McArdle CB, Richardson CJ, Hayden CK, Nicholas DA, Amparo EG: Abnormalities of the neonatal brain: MR imaging. *Radiology* 1987; 163: 395-403
 - 17) Okumura A, Hayakawa F, Kato T, Kuno K, Watanabe K: MRI findings in patients with spastic cerebral palsy I: correlation with gestational age at birth. *Dev Med Child Neurol* 1997; 39: 363-368
 - 18) Pasternak JF, Predey TA, Mikhael MA: Neonatal asphyxia: Vulnerability of basal ganglia, thalamus, and brainstem. *Pediatr Neurol* 1991; 7: 147-149
 - 19) Sheth RD, Schaefer GB, Keller GM, Hobbs GR, Ortiz O, Bodensteiner JB: Size of the corpus callosum in cerebral palsy. *J Neuroimaging* 1996; 6: 180-183
 - 20) Skranes JS, Vik T, Nilsen G, Smevik O, Andersson HW, Rinck P, Brubakk AM: Cerebral magnetic resonance imaging(MRI) and mental and motor function of very low birth weight infants at one year of corrected age. *Neuropediatrics* 1993; 24: 256-262
 - 21) Taudrof K, Melchoir JC, Pedersen H: CT findings in spastic cerebral palsy: Clinical, etiological and prognostic aspects. *Neuropediatrics* 1984; 15: 120-124
 - 22) Truwit CL, Barkovich AJ, Kock TK, Ferriero DM: Cerebral palsy: MR findings in 40 patients. *Am J Neuroradiol* 1992; 13: 67-78
 - 23) Van der Knaap MS, Valk J, Bakker CJ, Schooneveld M, Faber JAJ, Willemse J, Gooskens RHJM: Myelination as an expression of the functional maturity of the brain. *Dev Med Child Neurol* 1991; 33: 849-857
 - 24) Volpe JJ: Value of MR in definition of the neuropathology of cerebral palsy in vivo. *Am J Neuroradiol* 1992; 13: 79-83
 - 25) Wilson DA, Steiner RE: Periventricular leukomalacia: Evaluation with MR imaging. *Radiology* 1986; 160: 507-511
 - 26) Yokochi K, Aiba K, Horie M, Inukai K, Fugimoto S, Kodama M, Kodama K: Magnetic resonance imaging in children with spastic diplegia; Correlation with the severity of their motor and mental abnormality. *Dev Med Child Neurol* 1991; 33: 18-25