

MR 부피측정의 의의와 한계: 정상성인과 해마경화증 간질 환자의 비교

김홍대^{1,5} · 장기현¹ · 한문희¹ · 김현집² · 이상건³ · 이명철⁴

목적 : 해마의 위축(hippocampal atrophy)은 해마경화증(hippocampal sclerosis)의 가장 특징적인 병리학적 소견의 하나로서, 이의 진단하기 위하여 해마의 자기공명(MR) 영상이 필수적이다. 본 연구에서는 정상성인과 해마경화증 환자에서 해마에 대한 MR부피를 측정하여 해마경화증의 진단기준을 제시하고자 하였다.

대상 및 방법 : 신경학적으로 정상이며 MR영상에서 뇌실질부위에 이상소견이 없는 정상 성인 30명(20-46세, 남자 16명, 여자 14명)을 대상으로 하여 양측해마의 부피를 측정하고 그 분포를 구하였다. 또한 측두엽 간질환자로서 최종진단이 해마경화증으로 판정된 28명의 환자(9-55세, 남자 14명, 여자 14명)를 대상으로 하여 해마부피를 측정한 후 각각의 좌우 차를 구하고 정상분포와 비교하였다.

결과 : 한국성인의 해마의 정상부피의 평균치와 표준편차는 남자가 우측 $2.20 \pm 0.73 \text{ cm}^3$, 좌측 $2.17 \pm 0.72 \text{ cm}^3$ 좌우 차 $0.14 \pm 0.11 \text{ cm}^3$ 이었고, 여자가 우측이 $2.27 \pm 0.47 \text{ cm}^3$, 좌측이 $2.23 \pm 0.48 \text{ cm}^3$ 좌우 차 $0.19 \pm 0.13 \text{ cm}^3$ 이었다. 좌우와 남녀간에 통계학적으로 유의한 차이는 없었다. 해마경화증 환자에서의 해마의 부피는 전체 해마경화증 환자 군에서 평균과 표준편차가 $1.46 \pm 0.60 \text{ cm}^3$, 좌우 차 $0.51 \pm 0.41 \text{ cm}^3$ 였으며, 우측 해마경화증 환자 군에서 평균이 $1.39 \pm 0.58 \text{ cm}^3$, 좌우 차 $0.38 \pm 0.27 \text{ cm}^3$, 좌측 해마경화증 환자 군에서 평균이 $1.56 \pm 0.65 \text{ cm}^3$, 좌우 차 $0.71 \pm 0.52 \text{ cm}^3$ 였다. 해마경화증 환자군과 정상성인군의 부피의 절대치와 좌우 부피 차의 분포를 비교해 본 결과 해마부피분포는 정상 성인군과 해마경화증 환자군 사이에 많은 경우에서 절대치가 중첩되어 해마부피분포의 절대치는 진단기준으로서 유용하지 않았다. 좌우 부피 차 0.4 cm^3 이상을 해마위축의 기준으로 할 때 MR-based volumetry 만의 민감도와 특이도는 각각 0.61, 0.90로 좌우 부피 차 0.4 cm^3 이상이 적절한 진단기준으로 생각되었다. 0.4 cm^3 이상의 좌우 부피차를 보이는 모든 증례에서 육안적으로도 해마위축이 뚜렷이 나타났다.

결론 : MR영상을 이용한 해마의 부피측정은 해마경화증 환자의 진단에 있어 육안적인 MR 진단이 어려운 제한된 경우에만 실제적 도움을 줄 수 있는 보조적인 방법으로 생각된다.

대한자기공명의과학회지 6:47-54(2002)

¹서울대학교 의과대학 방사선과학교실

²서울대학교 의과대학 신경외과학교실

³서울대학교 의과대학 신경과학교실

⁴서울대학교 의과대학 핵의학과학교실

⁵강남성모병원 방사선과

접수 : 2001년 11월 7일, 채택 : 2002년 4월 9일

통신저자 : 김홍대, (150-950) 서울시 영등포구 대림동 강남성심병원 방사선과

Tel. (02) 829-5241 Fax. (02) 832-1845

서 론

측두엽간질(temporal lobe epilepsy)은 청소년기부터 중년기 사이의 간질 중 가장 흔한 복잡부분 간질의 한 유형이다. 측두엽간질의 약 40%는 내과적 치료만으로 조절되지 않는다고 알려져 있으며, 이 경우 간질을 유발시키는 간질유발부위(epileptogenic focus)를 수술로 절제해 줌으로써 치료가 가능하다 (1). 측두엽에 위치한 어떠한 종류의 병변도 측두엽간질을 일으킬 수 있으며, 부검 및 수술후 병리조직학적으로 밝혀진 자료에 따르면 측두엽 간질의 원인의 50-70%는 해마경화증(hippocampal sclerosis)이며 그 외 측두엽종양, 혈관기형, 이행기형(migration anomaly) 등이 원인이 될 수 있고 알려져 있다 (2). 해마경화증은 병리학적으로 정상 해마에 비하여 30% 이상의 해마신경세포의 소실과 교질화(gliosis)를 보이는 질환으로, 이의 정확한 원인은 아직 밝혀지지 않았으며 유아기의 열성간질(febrile seizure)의 병력과 관련이 있다고 알려져 있다. 해마경화증은 외과적 치료로 90% 이상에서 완치가 가능하므로 이의 정확한 수술전 진단은 매우 중요하다 (3). 해마경화증의 유무를 포함한 측두엽간질의 정확한 간질유발 병소를 수술 전에 찾아내기 위하여 임상적 검사, 간질발작간과 간질 발작기 뇌파검사(interictal and ictal EEG), 양전자 단층촬영술(PET), 단일광자방출전산화단층촬영(SPECT), 자기공명(MR)영상 등을 함께 시행하며, 이들의 결과가 일치하지 않으면 수술실에서 뇌표면 혹은 뇌실질 내에 전극을 삽입하여 시행하는 침습적 뇌파검사(invasive EEG)를 시행하기도 한다 (4).

측두엽간질환자에서 MR영상은 SPECT나 PET와 같은 다른 영상기법에 비해 고해상도의 영상을 얻을 수 있어 해마경화증의 특이 진단이 가능하며, 종양이나 이행기형과 같은 동반병변의 발견에도 유리하여 측두엽 간질의 영상진단에 있어 가장 중요한 역할을 담당하고 있다. 해마경화증의 MR 소견은 해마의 위축 및 T2 신호강도의 증가로 요약될 수 있으며 이는 80-90% 정도에서 육안적으로 진단될 수 있다 (5, 6). 해마경화증의 육안적 진단은 좌우측의 해마의 크기와 모양, T2 신호강도, 해마주위의 구조물의 이차적 변화 등을 좌우 비교하여 대부분에서 비교적 용이하게 진단할 수 있으나, 해마 경화증이 양측에 있는 경우, 그리고 MR 스캔에서 환자의 머리가 약간 돌아(rotation) 좌우해마가 비대칭으로 스캔된 경우, 좌우 측 해마가 정상적으로 비대칭적인 모양을 보이는 경우 등에서는 육안적 진단이 어려울 수도 있다. 육안적으로 해마위축의 유무를 판정하기 어려운 경우에는 해마의 부피측정이나 신호강도 측정과 같은 정량적 평가가 도움을 줄 수 있다 (7, 8). 즉 좌우 해마의 부피를 비교하여 작은 측을 위축이 있는 환측으로 판정하는 방법이며 지금까지의 연구결과에 의하면 해마경화증의 진단에 있어서 이러한 MR부피측정을 통한 좌우비교방법의 민감도는 76-95%로 보고되고 있다 (5, 6). 이 방법을 사용하기 위해서는

정상인에서의 해마의 부피 분포를 먼저 알아야 하며, 좌우 측 해마를 모두 침범하는 양측 해마 경화증의 경우(전체 해마경화증의 10-15%) 좌우 차로 진단할 수 없으며 양측 해마의 절대 부피를 정상군 해마 부피치의 분포와 비교하여야 한다는 난점이 있다.

본 연구에서는 phantom을 사용하여 MR영상을 이용한 부피치와 실제치를 비교함으로써 MR 부피측정의 정확도와 측정간계를 평가하고, 정상 성인 해마의 MR 부피를 측정하여 정상치의 분포를 구하고, 해마경화증 환자에서 해마의 부피를 측정하여 정상성인과 비교함으로써 MR 부피측정의 임상적 가치를 평가하고자 하였다.

대상 및 방법

Phantom 제작

측정하고자 하는 대상의 크기와 MR 신호강도에 따라 정확도가 달라지는지의 여부를 알기 위하여 다음과 같은 세 가지의 phantom을 제작하였다. 첫째 phantom은 세 가지 크기의 latex 고무 풍선 A(23 cm³), B(2.6 cm³), C(46 cm³)을 물(water)로 채워 이들을 한천(agar)으로 채운 상자에 나란히 잠입(immersion)시켜 phantom을 제작하였다 (Fig. 1). 한천에 잠입시키기 전에 이 풍선들의 부피(volume)를 Archimedes 원리에 의해 각각을 3회 측정한 후 평균하여 실제부피의 표준으로 삼았다. 둘째 phantom은 첫째 phantom에서 사용한 동일한 크기의 고무풍선 A, B, C에 옥수수기름(corn oil)을 넣었고, 셋째 phantom은 MR 조영제인 gadolinium(Magnevist, Schering, Germany) 희석액(1:5000 dilution with water)을 각각 채운 후 첫째 phantom과 동일한 방법으로 각각

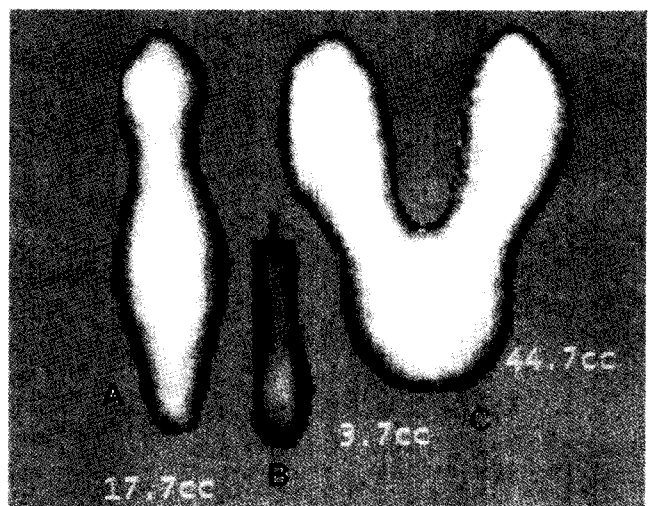


Fig. 1. Three dimensional volume images of 3 balloon phantoms (A, B, C) acquired after processing of MR images. The volumetric data below the each balloon represent the volume measured by MR volumetry.

phantom을 제작하였다.

정상 성인군

신경학적으로 정상이며 MR 영상상 뇌실질 부위에 이상이 없는 성인 30명을 대상으로 하였다. 이들 중 남자가 16, 여자가 14 명이었고 나이는 20세에서 46세였다.

측두엽간질 환자군

임상적 검사, interictal 및 ictal EEG, PET, SPECT, MR 영상, 침습적 검사 등을 종합해서 측두엽간질의 간질유발병변이 해마경화증으로 진단 받은 28명을 대상으로 하였다. 이 중 6명에서 수술에 의해 해마경화증으로 확진되었다. 이들 중 남자가 14, 여자가 14명이었고, 나이는 9세에서 55세였다. 이들 중 최종진단이 우측 측두엽 간질이었던 경우가 17예, 좌측이었던 환자가 11예였다.

MR 영상

Phantom, 정상성인, 해마경화증 환자 모두에서 MR영상은 1.5 T MR 영상장치(Magnetom, Siemens, Germany)에서 3D MPRAGE(Magnetization Preparation Rapid Acquisition with Gradient Echo) sequence를 사용하여 2mm 두께로 간격없이 얻었다. phantom의 경우 풍선의 장축 방향의 단면영상을 얻었으며 정상 성인과 해마 경화증환자에서는 시상영상을 얻었다. 촬영 조건은 repetition time: 10, echo time: 4, time delay: 0, inversion time: 300 msec, flip angle: 10°, matrix: 256×256, averaging: 1로 하였다.



Fig. 2. Three-dimensional volume images of normal hippocampi in both sides acquired after processing of coronal MR images. The volumetric data below the each balloon represent the volume(mm³) measured by MR volumetry (R: right, L: left).

삼차원 Volumetric Rendering

Phantom, 정상성인, 해마경화증환자 모두에서 얻어진 MR data를 graphic workstation(Allegro, ISG technology, Canada)으로 옮겨서 관상재구성(coronal reformation)을 시행한 후 정상성인과 해마경화증 환자에서는 해마의 장축에 직각 방향인 같은 두께의 사위관상영상(oblique coronal image)으로 재구성하였다. 인접한 temporal lobe cortex의 gray-white matter differentiation이 육안으로 판단하여 가장 정확하게 되는 threshold 값을 구하고 이 threshold를 사용하여 threshold-seeding 방법을 적용한 이후 manual-tracing으로 threshold seeding상 잘못 적용된 부위를 수정하는 방법으로 3D object image를 생성하고 workstation에 내장된 자동 측정 프로그램에 의해 그 부피를 계산하였다 (Fig. 2, 3). manual tracing시 해마의 경계는 앞쪽에서는 두부(head)가 편도(amygdala)와 육안적으로 가느다란 뇌백질에 의해 구별되어 보이는 부위까지, 아래쪽에서는 치상회(dentate gyrus) 내측 경계선의 연장선을 기준으로 하여 외측의 지각(subiculum)의 일부까지 포함하였고, 상측경계는 백판(alveus), 외측경계는 측실(lateral ventricle)의 측두각으로 비교적 tracing이 용이했으며, 후부 경계는 해마의 미부(tail)가 내상방으로 만곡을 보여 경계가 불분명하여지기 전까지를 포함하였다.

해마부피측정 결과 분석

각 phantom의 MR 부피측정결과와 실제부피를 비교하여 각 경우에 따른 측정오차를 얻었다. 정상군에서 좌우 측의 해마의 부피를 구한 후 각 성별 평균과 표준오차를 구하였다. 환자군에서 환측과 건측의 평균과 표준편차를 구하고 좌우 차의 분포를



Fig. 3. Three-dimensional volume images of both hippocampi of a patient with left temporal lobe epilepsy acquired after processing of coronal MR images. The size of left (L) hippocampus is significantly smaller than that of right one (R).

김홍대 외

구하였다. 측두엽간질 환자의 부피측정 결과를 정상분포와 비교하여 진단기준을 변화시킴에 따른 민감도와 특이도의 변화를 구하여 적절한 진단기준의 도출을 시도하였다. 그리고 MR부피측정결과와 육안적 MR 영상진단, 최종진단과의 좌우 일치도를 비교하여 측두엽간질에서 해마의 MR부피측정의 진단적 가치를 평가하였다.

통계처리

통계처리는 IBM PC에서 SPSS/PC+ ver. 4.0(SPSS Inc. Chicago, Illinois)을 사용하였다. 성별 및 좌우차이 검정에는 Student T-test를 사용하였으며 cut off value 분석에는 ROC analysis를 적용하였다.

결 과

Phantom 부피측정

크기가 다른 세 풍선(A, B, C)으로 만든 phantom을 사용하여 MR 부피측정을 실시한 결과는 Table 1과 같다. 측정오차는 0.7%에서 17%의 넓은 범위에 걸쳐 있었으며 풍선의 크기가 작아질수록 측정오차가 증가하는 경향을 보였다. 풍선의 내부가 외부 환경에 비해 저 신호강도(water)이거나 고 신호강도(oil, gadolinium) 이거나 간에 풍선내부의 신호강도의 정도는 측정의 정확도에 거의 영향을 미치지 않았다.

정상성인의 해마부피

정상 성인군에서의 좌우의 해마의 부피와 그 좌우 차는 Table 2와 같다. 평균치와 표준편차는 남자가 우측 2.20 ± 0.73 cm³, 좌측 2.17±0.72 cm³ 좌우 차 0.14±0.11 cm³이었고, 여자가 우측이 2.27±0.47 cm³, 좌측이 2.23±0.48 cm³ 좌우 차 0.19±0.13 cm³이었고 전체평균은 우측이 2.23 ±0.61 cm³, 좌측이 2.2±0.61 cm³, 좌우 차가 0.16±0.12 cm³ 이었다. Table 2에서 표준편차가 0.61 임으로 정상해마부피의 95% 신뢰구간은 1.0-3.4 cm³이 된다. 유의수준을 0.05로 하여 좌우 측과 남녀간에 해마의 부피차이가 있는가에 대하여 T test로 검정하였을 때 유의한 차는 없었다.

측두엽간질 환자에서의 해마부피

측두엽간질 환자군에서의 환측 해마의 부피와 좌우 차는 Table 3에 정상 성인군의 정상치와 함께 비교하였다. 최종진단이 우측 측두엽간질이었던 환자의 우측해마부피의 평균은 1.39 cm³, 표준편차 0.38 cm³, 좌측 측두엽간질이었던 환자의 좌측 해마부피의 평균은 1.56 cm³, 표준편차 0.65 cm³ 이었으며 전체 환자군에서의 좌우 차는 평균 0.51 cm³, 표준편차 0.41 cm³이었다.

정상성인군과 해마경화증 환자군의 해마부피의 비교

해마부피 절대치의 정상군과 환자군간에 전체적인 분포의 차이를 보기 위해서 정상 성인군에서의 해마의 부피 분포와 측두

Table 1. Measurement Errors of MR Volumetry of Phantoms

Kind of balloon phantoms	Materials inside the balloon phantom	True volume*	MR volume*	Measurement error**(%)
A phantom	water	15.0	15.2	1
	corn oil	19.7	20.2	3
	diluted Gd.***	17.0	17.7	4
B phantom	water	3.0	2.5	17
	corn oil	3.5	4.0	14
	diluted Gd.***	3.2	3.7	16
C phantom	water	40.0	37.5	6
	corn oil	46.0	45.0	2
	diluted Gd.***	45.0	44.7	0.7

* unit: cm³; ** measurement error(%) = $\frac{|MR\ volume - true\ volume|}{true\ volume} \times 100$

*** Gd. = gadolinium

Table 2. Data of Hippocampal Volume Measured by MR Volumetry in Normal Adults

	male(n = 16)	female(n = 14)	total(n = 30)
	mean* ± SD**	mean ± SD	mean ± SD
Right	2.20±0.73(1.0-3.5)	2.27±0.47(1.4-3.2)	2.23±0.61(1.0-3.5)
Left	2.17±0.72(1.1-3.5)	2.23±0.48(1.5-3.2)	2.20±0.61(1.1-3.5)
R-L difference	0.14±0.11(0-0.4)	0.19±0.13(0-0.4)	0.16±0.12(0-0.4)

* unit: cm³; ** SD: standard deviation

엽간질환자군에서의 해마의 부피분포는 Fig. 4에 도시하였으며 양 군에서의 좌우 측 부피차의 분포는 Fig. 5에 도시하였다. 해마부피 절대치의 분포는 정상군과 환자군간에 겹쳐져 있는 부분이 많아 정상군의 부피분포가 넓은 범위에 걸쳐있음을 알 수 있다. Fig. 5의 좌우 측 부피차의 분포에서는 비교적 두 군이 잘 분리되어 보이며 측두엽간질 환자의 좌우측 부피차의 분포를 정상에서의 좌우측 부피차의 분포와 비교하여 보면 정상성인군에서는 중심부에 분포하는 반면 측두엽 간질환자군에서는 좌우 차가 양 측부에 치우쳐 있어 좌우 차가 환자군에서 큰 것을 알 수 있다. 좌우측 해마의 부피차의 일정치 이상을 경화증의 진단기준으로 설정하고 이를 변화시키기에 따른 해당 민감도와 특이도의 변화를 Table 4에 도시하였다. 진단기준을 좌우부피차 0.5 cm³ 이상으로 하면 특이도는 100%이나 민감도가 43%로 지나치게 감소하며 진단기준을 좌우 부피차 0.3 cm³ 이상으로 낮추어도 민감도가 64%정도로밖에 높아지지 않아서 좌우 부피차 0.4 cm³ 이상이 적절한 기준으로 생각되며 이때의 민감도와 특이도는 각각 61%, 90%였다.

Table 3. Hippocampal Volume measured by MR volumetry in Hippocampal Sclerosis in Comparison with Normal Hippocampus in Normal Adults

	sclerotic hippocampus			normal hippocampus		
	mean	SD	n	mean	SD	n
Right	1.39*	0.38**	17	2.23	0.61	30
Left	1.56	0.65	11	2.20	0.16	30
R-L difference	0.51	0.41	28	0.16	0.12	30

* unit: cm³; ** SD: standard deviation

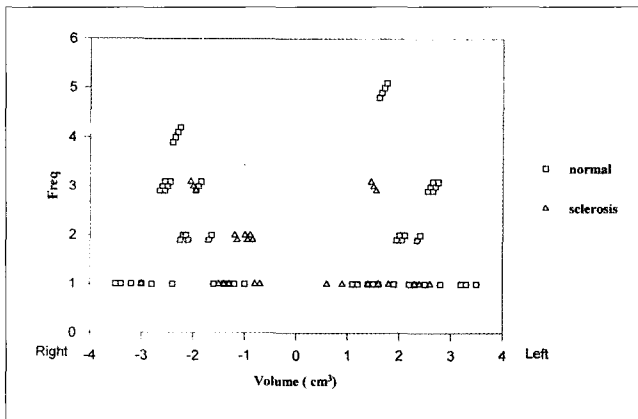


Fig. 4. The distribution of the volumes of hippocampus of normal adults (squares) and patients with hippocampal sclerosis (triangles). Minus numbers represent the size of the right hippocampus. Note that absolute volumes of normal hippocampus in normal control group and abnormal hippocampus in hippocampal sclerosis are overlapped in many patients.

해마의 육안적 평가: MR 부피측정평가 및 최종진단과의 비교

육안적인 MR진단과 최종진단과의 좌우 일치도를 비교하였을 때 환자군 28예중 육안적인 MR 진단과 최종진단이 일치한 경우는 23예였고 일치하지 않은 경우는 5예였다. 일치하지 않은 5예의 각각의 경우를 Table 5에 요약하였다. 이들은 육안적 MR진단이 정상이었던 경우가 2예, 육안적으로는 양측 위축이

Table 4. Sensitivity and Specificity Determined by Changing Diagnostic Cut-off Values of Right-Left Volumetric Difference

cut off value	sensitivity	specificity
≥ 0.2 cm ³	0.75	0.50
≥ 0.3 cm ³	0.64	0.80
≥ 0.4 cm ³	0.61	0.90
≥ 0.5 cm ³	0.43	1

Table 5. Comparison of MR volumetry, Visual MR diagnosis and Final Diagnosis in 5 Discordant Cases

no.	age	sex	visual-Dx.	MR volumetry			final Dx.
				vol R*	vol L*	difference*	
1	55	F	normal	1.4	1.1	0.3	R TLE
2	31	F	normal	3.0	3.2	0.2	R TLE
3	28	F	L TLE	0.9	0.7	0.2	R TLE
4	22	F	R TLE	1.0	1.8	0.8	L TLE
5	12	M	B TLE	1.3	1.3	0	R TLE

* unit: cm³ (vol: volume, R: right, L: left, B: both, TLE: Temporal lobe epilepsy, Dx: diagnosis)

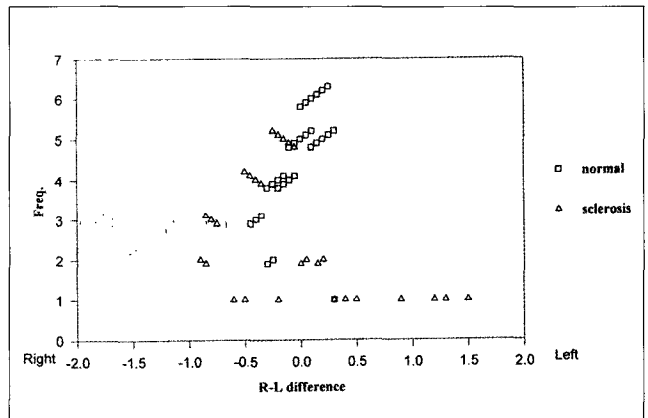


Fig. 5. The distribution of the right-left volume differences of hippocampus in normal control group (squares) and temporal lobe epilepsy patients (triangles). Minus numbers represent either right-sided hippocampal sclerosis or smaller size on right side in normal control group. Right-left difference greater than 0.4cm³ suggests hippocampal sclerosis strongly with 95% confidence level.

김홍대 외

었으나 우측 해마경화증으로 진단된 경우가 1예, 육안적 진단과 최종 진단이 반대로 나온 경우가 2예였다. 육안적으로 정상이었던 2예에서 MR 부피 측정상 좌우 부피차는 0.4 미만이었다. 육안적 진단과 최종 진단이 반대로 나온 2예에서는 육안적 진단과 MR 부피측정은 일치하는 결과를 보였다. 결국 이들 4예는 모두 육안적 진단과 해마부피의 좌우 차로 진단할 수 없어서 부피측정은 이 경우 진단에 도움이 되지 않았다.

고 찰

Latex 풍선을 사용한 phantom의 MR volumetry 실험에서 MR 부피측정의 측정오차는 0.7%~17%의 범위를 보였다. 풍선의 크기가 사람의 해마크기만큼 작은 경우(풍선 B) 측정오차가 커지는 경향을 보였다. 측정오차의 원인은 MR 영상획득시의 오차, threshold-seeding 및 manual tracing 에 의한 3차원 영상 형성시 시행자의 오차 등을 생각할 수 있다. MR 영상획득시의 오차는 해마와 같이 3 ml 이하의 작은 부피를 측정하는 데 2-3 mm의 두께의 단면영상을 사용하는 데 기인하는 기술적인 한계가 가장 중요한 원인이라고 생각되며 Jack 등(1990)의 phantom실험에 의하면 측정오차는 5% 정도로 보고되었으며 충분히 큰 A, B phantom에서는 역시 5%이하의 측정오차를 보였다(9). 그러나 크기가 작은 경우의 부피측정에서 측정오차의 원인을 모두 영상획득시의 오차로 설명하기는 어려울 것으로 생각된다. threshold-seeding method 시행상 상하의 threshold 지정시 threshold를 넓게 잡으면 실제보다 크게 3차원영상이 형성되며 대상의 크기가 작을수록 전체부피에 비해 오차의 비율이 크게 되므로 threshold의 적합한 지정이 측정오차의 감소에 가장 큰 기여를 하고 있을 것으로 생각된다. 따라서 threshold 지정시 보다 더 세심하게 정확성을 기하려고 노력한다면 오차의 범위를 줄일 수 있을 것으로 생각된다. 또한 manual tracing시에도 시각적으로 완벽한 정확성을 기하기가 어려우므로 manual tracing시에도 오차의 가능성을 내포하고 있다. 정상성인군에서의 좌우 해마의 평균부피는 2.2 cm³로 Jack 등(1989)의 측정치인 2.8 cm³ 보다 적었고 이는 인종적인 차이 가능성이 있으며, manual tracing에서 인접한 뇌백질의 일부가 포함되었는지의 여부에 따른 차이일 수도 있다. 또한 phantom 실험에서 나타난 것과 같은 측정오차의 가능성도 배제할 수 없다.

유의수준 0.05에서 좌우 측과 남녀간의 해마부피의 유의한 차이는 없었지만 우측이 약간 큰 경향을 보였는데 이는 Jack 등(1989)의 보고와 일치하는 결과이다. Fig. 4.에 도시된 정상 해마와 환측 해마부피 측정치의 분포양상과 양 집단의 95% 신뢰구간을 비교해 볼 때 두 집단의 분포가 서로 겹치는 부분이 대부분이어서 해마 부피측정치의 절대값은 정상여부의 판별기준으로 이용할 가치는 거의 없다고 생각된다. 바꾸어 말하면 좌우 측의 비교 없이 해마의 부피측정 단독으로는 해마경화증의 진단에 큰 도움이 되지 않을 것으로 생각된다. Fig. 5.의 정상

과 측두엽 간질환자의 좌우 부피차의 분포에서 정상군과 환자군이 비교적 분리되어 있어 좌우 부피차가 편측성 해마경화증의 정량적 평가의 진단기준으로 유용할 것으로 생각되며 그 기준은 Table 3의 민감도와 특이도 분석을 참조할 때 좌우 부피차 0.4 cm³가 가장 적절한 기준으로 생각된다. 대부분의 측두엽간질환자의 경우 육안적 MR진단만으로 정확한 진단을 내릴 수 있었으며 이 경우 좌우 부피차는 모두 0.4 cm³이상이었다. 육안적 진단에서 정상 해마를 이상으로 판정하거나 환측을 정상으로 판정한 Table 3의 5예중 4예는 MR 부피 측정시 모두 0.4 cm³ 이하의 좌우 차를 보여 정량적 평가는 육안적 MR진단에 더 이상의 도움이 되지 않았다.

이상에서 MR부피측정은 육안적 MR진단이 어려운 극히 일부에서만 도움이 될 수 있을 것으로 생각되며 MR 부피측정을 상시 시행할 경우는 부피 측정인을 일정하게 하고 환자마다의 해마의 경계기준을 일정하게 하여 주관적인 오차를 극소화하는 것이 필요할 것으로 생각된다. MR volumetry는 graphic workstation과 같은 고가의 장비를 필요로 하며, 걸리는 시간 소모가 많고, 측정인에 따라 해마의 경계를 다르게 잡아 측정오차를 크게 만들 수 있다는 점등의 단점 때문에 MR volumetry를 통상적으로 시행할 필요는 없다고 생각한다.

결 론

측두엽간질 환자에서 해마의 MR부피측정의 진단기준은 좌우 부피차 0.4 cm³으로 하는 것이 가장 적절할 것으로 생각되며 이때의 민감도와 특이도는 각각 61%, 90%이다. MR 부피측정에 의한 좌우 해마의 부피차가 정상군과 해마경화증환자군의 많은 경우에서 중첩되고 MR부피 측정이 현재로서는 기술적으로 용이하지 않고 상당한 시간이 소요되므로 MR부피측정은 육안적 MR진단이 어려운 극히 일부의 환자에서 보조적으로 시행하여 도움을 줄 수 있는 검사방법으로 생각된다.

참 고 문 헌

1. Bronen RA. Epilepsy: the role of MR imaging. Am J Roentgenol 1992;159:1165-1174
2. Bronen RA, Cheung G, Charles JT, et al. Imaging findings in hippocampal sclerosis: correlation with pathology. AJNR Am J Neuroradiol 1991;12:933-940
3. Jack CR Jr, Sharbrough FW, Cascino GD, et al. Magnetic resonance image-based hippocampal volumetry: correlation with outcome after temporal lobectomy. Ann Neurol 1992;31:138-146
4. Martinez M, Santamaria J, Mercader JM, et al. Correlation of MRI hippocampal volume analysis, video/EEG monitoring and inter- and postictal single photon emission tomography in refractory focal epilepsy. Neurorad 1994;36:11-16
5. Jack CR Jr, Sharbrough FW, Twomey CK, et al. Temporal lobe seizures: lateralization with MR volume measurements of the

- hippocampal formation. *Radiology* 1990;175:423-429
6. Sehericy S, Semah F, Hasboun D, et al. Temporal lobe epilepsy with varying severity: MRI study of 222 patients. *Neuroradiology* 1997;39:788-796
 7. Van Paesschen W, Connely A, King MD, Jackson GD, Duncan JS, The spectrum of hippocampal sclerosis: a quantitative magnetic resonance imaging study. *Ann Neurol* 1997;41:41-51
 8. Cook MJ, Fish DR, Shorvon SD, Straughan K, Stevens JM, Hippocampal volumetric and morphometric studies in frontal and temporal lobe epilepsy. *Brain* 1992;115:1001-1015
 9. Cascono GD, Jack CR Jr, Parisi JE, et al. Operative strategy in patients with MRI- identified dual pathology and temporal lobe epilepsy. *Epilepsy Res* 1993;14:175-182
 10. Grattan-Smith JD, Harvey AS, Desmond PM, Chow CW, Hippocampal sclerosis in children with intractable temporal lobe epilepsy: detection with MR imaging. *Am J Roentgenol* 1993;161:1045-1048
 11. Garcia PA, Laxer KD, Barbaro NM, Dillon WP. Prognostic value of qualitative magnetic resonance imaging hippocampal abnormalities in patients undergoing temporal lobectomy for medically refractory seizures. *Epilepsia* 1994;35:520-524
 12. Grattan-Smith JD, Harvey AS, Desmond PM, Chow CW. Hippocampal sclerosis in children with intractable temporal lobe epilepsy: detection with MR imaging. *Am J Roentgenol* 1993;161:1045-1048
 13. Jack CR Jr, Bentley MD, Twomey CK, Zinsmeister AR. MR imaging- based volume measurements of the hippocampal formation and anterior temporal lobe: validation studies. *Radiology* 1990;176:205-209
 14. Jack CR Jr, Gehring DG, Sharbrough FW, et al. Temporal lobe volume measurement from MR images: accuracy and left-right asymmetry in normal persons. *J Comput Assist Tomogr* 1988;12:21-29
 15. Jack CR Jr, Twomey CK, Zinsmeister AR, et al. Anterior temporal lobes and hippocampal formations: normative volumetric measurements from MR images in young adults. *Radiology* 1989;172:549-554
 16. Jackson GD, Berkovic SF, Duncan JS, Connely A. Optimizing the diagnosis of hippocampal sclerosis using MR imaging. *AJNR Am J Neuroradiol* 1993;14:753-762
 17. Jackson GD, Kuzniecky RI, Cascino GD. Hippocampal sclerosis without detectable hippocampal atrophy. *Neurology* 1994;44:42-46
 18. Naidich TP, Daniels DL, Houghton VM, et al. Hippocampal formation and related structures of the limbic lobe: anatomic-MR correlation. *Radiology* 1987;162:747-761
 19. Rusinek H, Mourino MR, Firooznia H, et al. Volumetric rendering of MR images. *Radiology* 1989;171:269-272
 20. Tien RD, Felsberg GJ, Crain B. Normal anatomy of the hippocampus and adjacent temporal lobe: high-resolution fast spin-echo MR images in volunteers correlated with cadaveric histologic sections. *Am J Roentgenol* 1992;159:1309-1313
 21. Murro AM, Park YD, King DW, et al. Seizure localization in temporal lobe epilepsy: a comparison of scalp-sphenoidal EEG and volumetric MRI. *Neurology* 1993;43:2531-2533
 22. Cascino GD, Jack CR Jr, Parisi JE, et al. Magnetic resonance imaging based volume studies in temporal lobe epilepsy: pathological correlations. *Ann Neurol* 1991;30:31-36
 23. Bhatia S, Bookheimer SY, Gaillard WD, Theodore WH. Measurement of whole temporal lobe and hippocampus for MR volumetry: normative data. *Neurology* 1993;43:2006-2010
 24. Jackson GD, Berkovic SF, Duncan JS, Connely A. Optimizing the diagnosis of hippocampal sclerosis using MR imaging: *Am J Neuroradiol* 1993;14:753-762

The Significance and Limitation of MR Volumetry: Comparison between Normal Adults and the Patients with Epilepsy and Hippocampal Sclerosis

Hong-Dae Kim^{1,5}, Kee Hyun Chang¹, Moon Hee Han¹, Hyun-Jib Kim²,
Sang Gun Lee³, Myung Chul Lee⁴

¹Department of Radiology, Seoul National University College of Medicine

²Department of Neurosurgery, Seoul National University College of Medicine

³Department of Neurology, Seoul National University College of Medicine

⁴Department of Nuclear Medicine, Seoul National University College of Medicine

⁵Department of Radiology, Kangnam Sacred Heart Hospital

Purpose : Hippocampal atrophy is one of the characteristic pathologic findings of hippocampal sclerosis, for which MR imaging of the hippocampus is essential in the evaluation of hippocampal sclerosis. The purpose of this study is to present the normal MR volumetric data of the hippocampus in normal adult Korean and to compare those with MR volumetric data of hippocampus in patients with hippocampal sclerosis, providing the diagnostic volume criteria of the hippocampal atrophy.

Materials and methods : MR volumetry was performed in 30 normal adults and 28 patients with temporal lobe epilepsy whose final diagnosis was hippocampal sclerosis. The volumetric data were compared between sexes, right and left sides, and normal and abnormal hippocampus, and the volume criteria for the diagnosis of hippocampal atrophy was determined.

Results : The mean volumes (\pm standard deviation) of normal Korean adult were 2.20 ± 0.73 cm³ (right) and 2.17 ± 0.72 cm³ (left) in male and 2.27 ± 0.47 cm³ (right) and 2.23 ± 0.48 cm³ (left) in female. The mean right-left differences were 0.14 ± 0.11 cm³ and 0.19 ± 0.13 cm³ in male and female, respectively. The MR volumetry showed no significant statistical differences between sexes and between right and left. The mean volume and standard deviation of the hippocampus in hippocampal sclerosis patients was 1.46 ± 0.60 cm³, and the right-left difference was 0.51 ± 0.41 cm³. In comparison of two volume distributions between normal adult group and hippocampal sclerosis patients group, the reasonable diagnostic volume criteria was 0.4 cm³ as right-left volume difference, in which the sensitivity and specificity are 0.61 and 0.90. In all patients with right-left volume difference more than 0.4 cm³, visual determination of unilateral hippocampal atrophy was possible.

Conclusion : The MR-based hippocampal volumetry is a useful add-on of visual MR diagnosis, only when visual diagnosis of hippocampal sclerosis is difficult.

Index words : Hippocampus, MRI, volumetry

Address reprint requests to : Hong Dae Kim, M.D., Department of Radiology, Kangnam Sacred Heart Hospital,
Daerim-dong, Youngdeungpo-ku, Seoul 150-950, Korea.
Tel. 82-2-829-5241 Fax. 82-2-832-1845