

뇌종양에서의 역동적 자기공명영상의 유용성¹

주양구·서수지·전석길·우성구·김 홍·김정식·이성문·이희정·무쯔마사 다까하시²

목 적: 뇌종양 감별진단을 위한 역동적 자기공명영상의 유용성을 검토하였다.

대상 및 방법: 두부 역동적 자기공명영상을 시행하고 병리조직학적으로 뇌종양으로 확진된 43예를 대상으로 하였다. 역동적 자기공명영상은 스피네코(TR 200msec/TE 15msec) 법으로 조영제 Gd-DTPA(0.1mmol/kg)를 급속으로 정맥내 일시 주입한 후 매 30초마다 3~5분간 영상화하여 연속적인 영상을 얻었다. 각 뇌종양에 대해서 역동적 영상 및 조영증강비율(CER)에 의한 그 경시적인 변화를 검토하였다.

결과: 역동적 영상상 신경교종은 180초까지 서서히 조영증강 소견을 보였으며 CER의 경시적 변화는 대부분 완만한 상승곡선을 나타내었다. 전이성 뇌종양은 30초부터 급속한 조영증강을 보이며 그 뒤이어서 빠르게 혹은 서서히 감소되었으며 CER변화상 가파른 상승과 하강곡선을 나타내었다. 수막종은 CER변화상 30 혹은 60초에서 가파른 상승곡선을 보이다가 뒤이어서 유지되거나 경도의 하강곡선을 나타내었다. 임파종 및 배아종의 CER은 30초부터 비교적 가파른 상승곡선을 보이나 조영효과의 정도는 시간이 흐를수록 경도의 상승곡선을 나타내었다.

결론: Gd-DTPA의 bolus injection(혹은, 정맥주사와)과 더불어서 역동적 자기공명영상은 뇌종양에 관한 많은 정보가 제공됨으로서 고식적 자기공명영상에서 불가한 영상 및 조영증강비율의 경시적 변화를 비교분석함으로써 각 뇌종양간의 특성이 기대되므로 감별진단에 도움이 되리라 사료된다.

서 론

뇌종양의 감별진단을 위해서 조영제주입후의 경시적 변화를 영상화하는 진단방법은 delayed computed tomography(CT), dynamic CT, 그리고 arterial bolus dynamic CT등으로 보고되어 있으며 이들의 임상적 의의도 확립되어 있다(1, 2).

1983년 paramagnetic 조영제인 Gd-DTPA가 소개된 이래로 많은 조영제의 발달이 있었으며, 최근에는 Gd-DTPA을 임상에 도입함으로써 병변의 대조도를 증가시키고 병리조직간의 감별에 도움이 되었다. 이와 더불어 역동적 자기공명영상의 영상기법도 개발되어 뇌종양의 감별진단 뿐만 아니라 중추신경계 영역의 많은 병변들의 진단에 대한 유용성이 기대되고 있다(3-5). 역동적 자기공명영상의 영상기법으로는 여러가지 방법이 보고되어 있으며 이들 간에는 각각의 장단점을 가지고 있다(6-8).

본 연구에서는 스피네코(SE)법 역동적 자기공명영상을 이용하여 여러종류의 뇌종양에 대해 조직감별진단과 그 가능성에 대해서 논의하고자 한다.

대상 및 방법

최근 3년간 두부 역동적 자기공명영상을 시행하고 수술 및 병리조직학적으로 뇌종양으로 확진된 43예을 대상으로 하였으며 그 내역은 수막종이 13예, 신경교종 및 신경초종이 각각 7예, 전이성 뇌종양 5예, 두개인두종 4예, 배아종 3예, 그리고 임파종 및 상의세포종이 각각 2예였다. 사용한 기기는 1.5T 초전도형 MRI(Siemens, Magnetom)였으며 역동적 영상은 스피네코법으로 TR이 200msec, TE가 15msec, matrix 수를 128×256, NEX은 1회로 1영상을 찍는데 걸리는 시간은 약 25초 정도가 소요되었다. 절편두께는 5mm, FOV를 25cm으로 하였다.

고식적(conventional) 그리고 역동적영상에서 multislice 기법으로 1~5 section을 얻었다. 조영제 주입전 T1 및 T2강조영상을 얻고 조영제 Gd-DTPA(0.1mmol/kg)을 초당 2~3ml씩 급속으로 정맥내 일시 주입한 직후에 역동적 영상을 매 20~30초마다 3~5분간 영상화하여 7~10연속적인 영상을 얻었다. 조영제 주입전후의 역동적영상에

1) 계명대학교 의과대학 방사선과학교실
2) 구마모토대학교 의과대학 방사선과학교실
이 논문은 1994년도 계명대학교 의과대학 조사연구비 및 을증연구비로 이루어졌음.
이 논문은 1993년 8월 4일 접수하여 1993년 10월 9일에 채택되었음

서 조영제 증강에 의한 변화는 병변부에 관심영역(ROI)을 설정하고 그 신호강도의 측정으로부터 조영증강비율(contrast enhancement ratio: CER)을 산출하고 그래프화 하여서 그 경시적인 변화를 관찰했다.

CER은 다음의 식에 의해서 산출하였다.

$$CER = (S_n - S_0) \times 100 / (S_{max} - S_0)$$

여기서, S_n : 역동적영상의 각 시간별의 신호강도

S_0 : 역동적영상중 최초(조영제 주입전)의 시간에서의 신호강도

S_{max} : 역동적영상중 최고로 강하게 조영증강된 시간에서의 신호강도를 나타낸다.

결 과

신경교종(7예)

역동적 자기공명영상에서는 불규칙한 조영증강부분이 서서히 나타나고 점차로 주위로 확대되며 시간이 경과됨에 따라 조영부분이 유지 혹은 증가하는 소견이 인지되었다.

CER 그래프상 30~60초에는 완만한 상승곡선을 보였

으며 조영효과의 정도는 120초이후로 갈수록 증가하는 소견을 나타내었다(Fig. 1).

또한 신경교종에 있어서 종양의 등급이 높을수록 CER 그래프상 30초에서부터 비교적 가파른 상승곡선을 나타내어서 등급이 낮은 신경교종과는 차이를 보였다.

전이성 뇌종양(5예)

역동적 자기공명영상에서는 급속한 조영증강을 보였으며 조영증강부분이 종양내부로 확대되는 소견이 인지되었다. 종양주위에서도 미비한 조영증강을 보였으며 이들은 시간이 경과됨에따라 조영증강부분이 감소되는 소견을 나타내었다.

CER 그래프상 대부분이 30초에서 급속한 상승과 더불어 그 뒤이어서 하강곡선을 보였으나 각종양의 상승과 하강에는 불규칙한 소견을 나타내었다(Fig. 2).

전이성 뇌종양에 있어서도 과혈성종양으로부터 전이한 경우에는 다른 전이성 뇌종양에 비해 CER 그래프상 급속한 상승과 하강곡선을 나타내었다.

수막종(13예)

역동적 자기공명영상에서는 비교적 급속하고 균일한

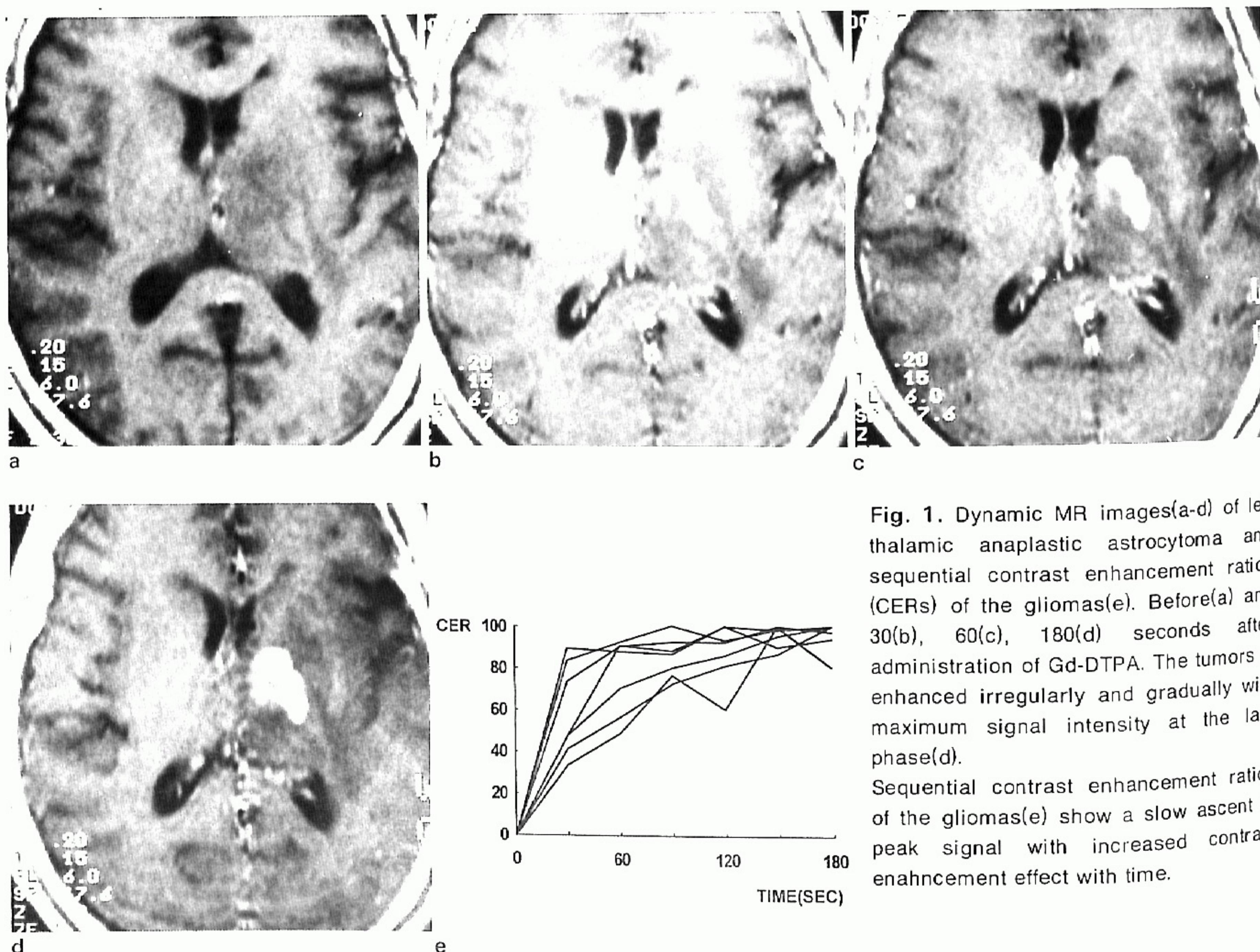


Fig. 1. Dynamic MR images(a-d) of left thalamic anaplastic astrocytoma and sequential contrast enhancement ratios (CERs) of the gliomas(e). Before(a) and 30(b), 60(c), 180(d) seconds after administration of Gd-DTPA. The tumors are enhanced irregularly and gradually with maximum signal intensity at the late phase(d).

Sequential contrast enhancement ratios of the gliomas(e) show a slow ascent to peak signal with increased contrast enhancement effect with time.

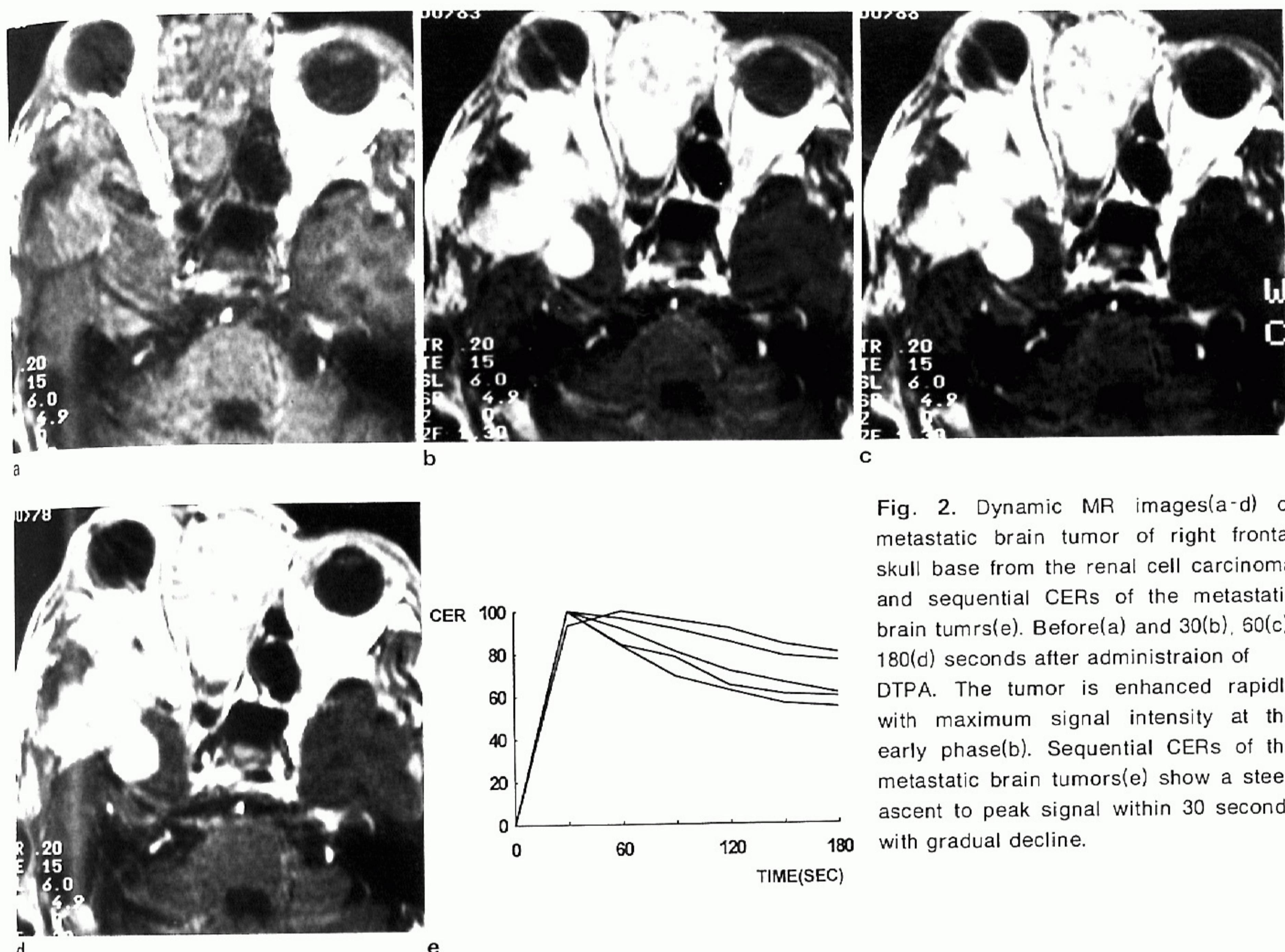


Fig. 2. Dynamic MR images(a-d) of metastatic brain tumor of right frontal skull base from the renal cell carcinoma and sequential CERs of the metastatic brain tumors(e). Before(a) and 30(b), 60(c), 180(d) seconds after administration of DTPA. The tumor is enhanced rapidly with maximum signal intensity at the early phase(b). Sequential CERs of the metastatic brain tumors(e) show a steep ascent to peak signal within 30 seconds with gradual decline.

조영증강을 보였으며 주위로 확대되는 소견은 인지되지 않았다. 시간이 경과됨에 따라 조영증강부분은 유지되거나 경도로 감소되는 소견을 나타내었다.

CER 그래프상 대부분이 30-60초에서 급속한 상승곡선을 보였으며 조영효과의 정도는 유지되거나 혹은 서서히 하강되는 소견을 나타내었다(Fig. 3).

신경초종(7예)

역동적 자기공명영상에서는 균일한 조영증강이 서서히 나타나고 조영증강부분은 시간이 경과될수록 증강하는 소견이 인지 되었다.

CER 그래프상 30-60초에서 완만한 상승곡선을 보이다가 조영효과의 정도는 180초에서 가장 상승되는 소견을 나타내었다(Fig. 4).

두개인두종(4예)

역동적 자기공명영상에서는 조영증강의 정도는 급속한 증강과 감소, 미비한 증강과 유지등 각각의 종양에서 상당히 불규칙적인 소견이 인지되었다.

CER 그래프에서도 조영효과의 정도는 상승과 하강곡선, 혹은 상승과 유지등 불규칙하게 나타났다(Fig. 5).

배아종(3예), 임파종(2예) 및 상의세포종(2예) 역동적 자기공명영상에서는 비교적 균일한 조영증강이 30-60초부터 나타났으며 이들은 시간이 경과될수록 조영부분이 증강하는 소견이 인지되었다.

CER 그래프상 30-60초에서 부터 비교적 급속한 상승곡선을 보이며 조영효과의 정도는 120초 이후로 갈수록 유지되거나 경도의 상승곡선을 나타내었다(Fig. 6).

고 찰

Delayed CT, dynamic CT 혹은 arterial bolus dynamic CT등에 의해 뇌종양의 감별진단에 관한 보고들이 있으며 그 가능성도 인정되고 있다(1, 2).

MRI용 조영제의 개발과 더불어 역동적 기공명영상의 영상기법도 개발되어 뇌종양의 감별진단 뿐 만 아니라 다른 부위에서의 종양의 감별진단에도 이용되고 있다.

1983년에 소개된 MRI용 조영제중 대표적인 Gd-DTPA는 병변을 더 뚜렷이 보이게 하며 병리조직학적 감별을 향상시키는 장점을 지니고 있으며(5), Gd-DTPA를 이용한 초기의 임상적인 연구에서도 이미 좋은 결과를 나타내고 있다(10, 11).

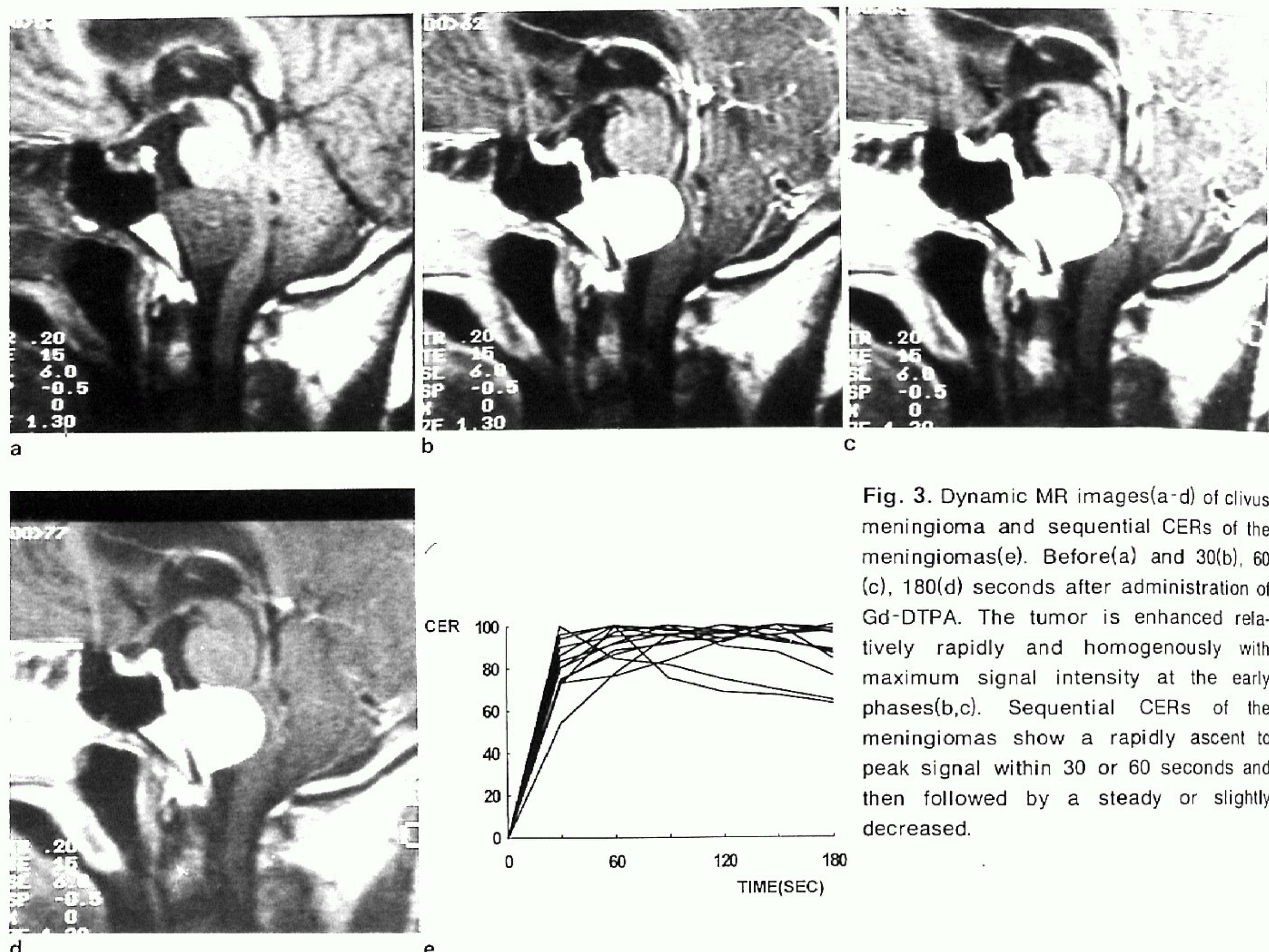


Fig. 3. Dynamic MR images(a-d) of clivus meningioma and sequential CERs of the meningiomas(e). Before(a) and 30(b), 60(c), 180(d) seconds after administration of Gd-DTPA. The tumor is enhanced relatively rapidly and homogenously with maximum signal intensity at the early phases(b,c). Sequential CERs of the meningiomas show a rapidly ascent to peak signal within 30 or 60 seconds and then followed by a steady or slightly decreased.

CT에서의 조영증강의 기전은 혈뇌장벽(BBB)의 파괴, 투과성 항진에 기인하는 조영제의 혈관외누출 등의 혈관외적 용인(extravascular component)과 혈중요도농도, 혈관상(vascularity)의 과다등의 혈관내적 용인(intravascular component)의 관여도 강하게 작용하고 있다는 것이 잘 알려져 있다(12, 13).

이런 CT의 요도조영제와 Gd-DTPA의 조영기전에서 큰 차이점은 요도조영제는 조직내 분포가 X-선 흡수치의 차로써 표시되어지는 반면에 Gd-DTPA는 주위 자장에서의 영향이 proton의 완화시간의 변화로써 간접적으로 표시되며, Gd-DTPA가 그 조영효과의 특성상 요도조영제에 비해 훨씬 감도가 높다고 되어있다(14, 15).

MRI의 조영효과로는 혈관내, 외적요인, 조직본래의 완화시간등이 관여하며, 또한 움직임이 있는 동정맥성분은 신호를 나타내지 않거나 미비하여 CT에 비해서 혈관내적 요인의 관여가 적다고 생각되므로 MRI가 보다 선택적으로 BBB파괴를 나타내고 있는 것으로 생각된다(16, 17).

전술한 바와같이 여러종류의 뇌종양에 대해서 비교적 특징적인 역동적 자기공명영상 및 CER 그래프의 경시적변화의 소견을 나타내었는데 신경교종과 같이 축내(intraxial)종양, 소위 BBB를 포함하는 종양에서는 혈액과

종양조직간의 해리(dissociation) 시간이 길어져, 즉 Gd-DTPA가 종양에서 서서히 축적되며 조직으로부터 배설도 지연되는 것을 나타내고 있다. 이러한 기전으로부터 역동적 자기공명영상 및 CER 그래프의 경시적변화에 영향을 미치는 것으로 생각된다.

우리들의 연구에서도 신경교종에서는 CER 그래프상 초기의 완만한 상승곡선과 조영효과의 유지 혹은 증강을 보였지만, 전이성 뇌종양의 경우는 Ogura등(6)의 보고와는 달리 급속한 상승곡선을 보인 후 뒤이어서 하강곡선을 나타내었는데 이 차이에 관한 정확한 기전은 불분명하나 사용한 역동적 자기공명영상의 영상기법과도 관계가 있는 것으로 생각된다. 신경교종에 있어서 종양의 등급이 높을 수록 CER 그래프상 초기에 비교적 가파른 상승곡선을 나타내어서 등급이 낮은 신경교종과 차이를 보였는데 이에 대해 좀 더 연구가 된다면 역동적 자기공명영상은 신경교종의 등급감별에도 도움이 될 것으로 기대된다.

한편, 소뇌교각에서 수막종이나 신경초종이 작은 종양으로 나타나 감별진단이 어려울 경우에 역동적 자기공명 영상을 이용하면 이들 간에는 상반된 CER 그래프를 보이므로 쉽게 감별되어 많은 도움이 되리라 생각되며 이는 short TE FLASH기법을 이용한 Fujii등(18)의 연구에서

도 유사한 결과를 나타내고 있다.

한편, 두개인두종의 경우는 전술한 바와 같이 상당히 불규칙한 CER 그래프를 나타내었는데, 이는 두개인두종을

이루고 있는 구성성분과 관련이 있는 것으로 생각된다 (19).

Gd-DTPA는 화학적으로 안정된 합성물이며 정맥주사

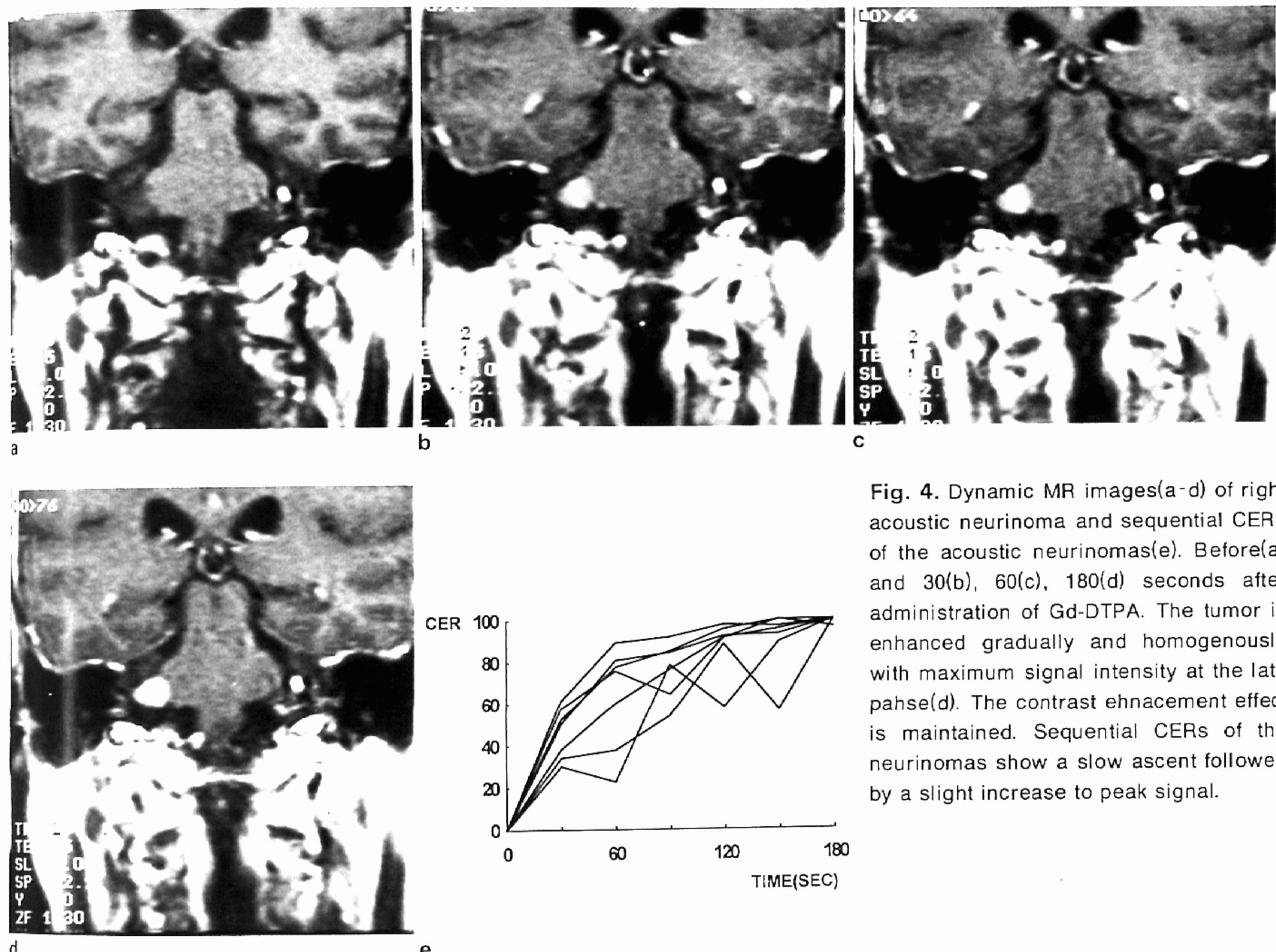


Fig. 4. Dynamic MR images(a-d) of right acoustic neurinoma and sequential CERs of the acoustic neurinomas(e). Before(a) and 30(b), 60(c), 180(d) seconds after administration of Gd-DTPA. The tumor is enhanced gradually and homogenously with maximum signal intensity at the late phase(d). The contrast enhancement effect is maintained. Sequential CERs of the neurinomas show a slow ascent followed by a slight increase to peak signal.

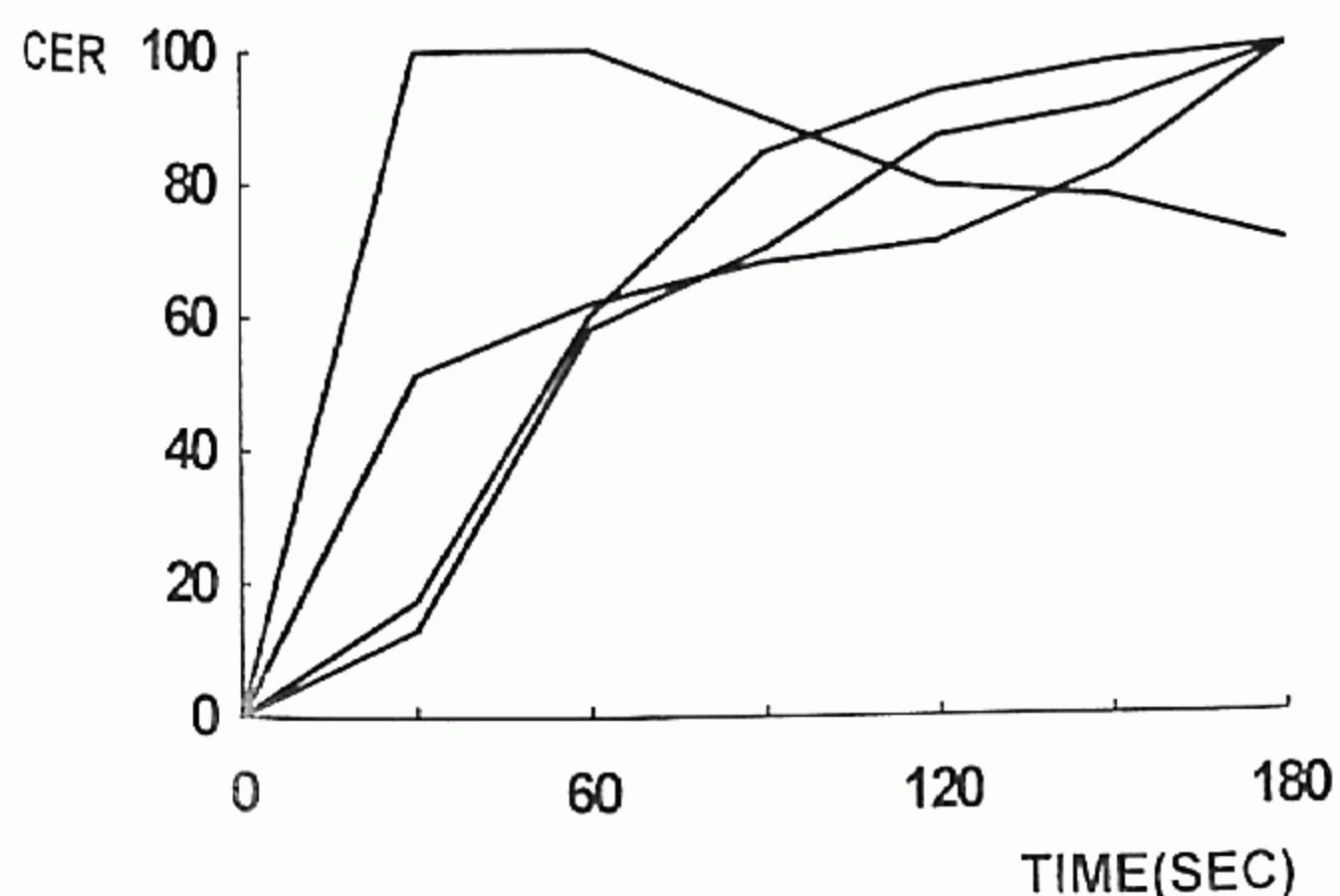


Fig. 5. Sequential CERs of the craniopharyngiomas show an irregular ascent and a variable peak signal.

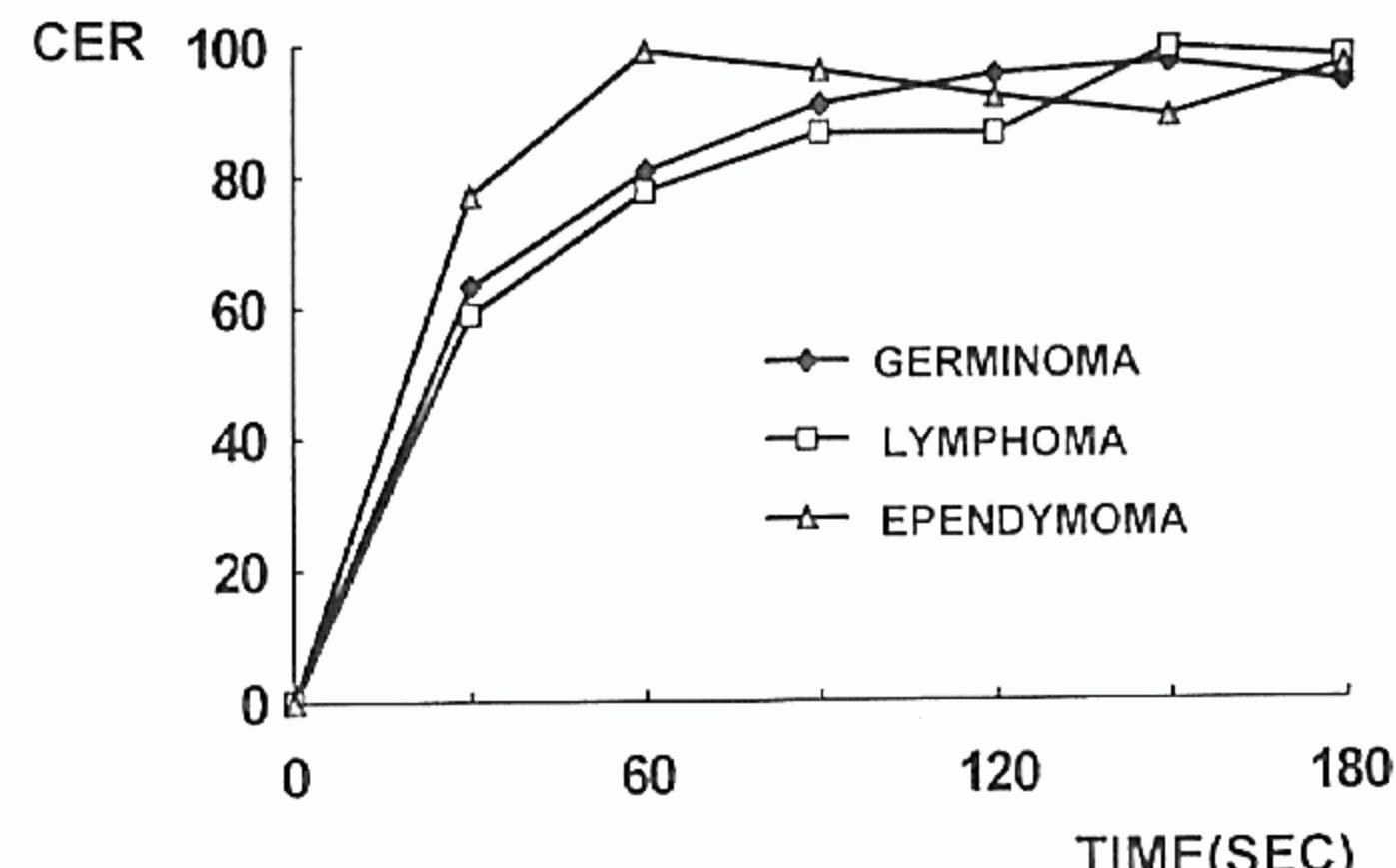


Fig. 6. Mean sequential CERs of the germinomas, lymphomas and ependymomas show a relatively rapid ascent and usually a longer time to peak signal.

후 혈관과 신체의 세포와 공간(extracellular space)에서 빠른 분포를 나타내며 대사없이 신장을 통해서 빠르게 배설되므로 혈액에서 최고농도는 수분이내이다. 그러므로 역동적 자기공명영상에서는 조영제 주입후 초기 농축양상과 종양상(tumor bed)을 급속하게 통과하는 조영제의 농축양상에 관한 정보를 얻기 위해서는 짧은 촬영시간이 필요하며 1분 이내에 일어나는 wash-in-period에 대해 더 많은 정보가 요구되나 몇초 이내에 영상화 하여야 한다는 정확한 시간적 개념에 대해서는 아직 불확실 하지만 적어도 조영제 주입후 30초이내에 촬영하지 않으면 안된다(7, 17).

역동적 자기공명영상의 촬영법으로는 여러가지가 있지만 우리들이 사용한 스픬에코법은 가장 기본적인 촬영법이며 대조도가 우수하고 susceptibility artifact가 없는 장점이 있는 반면에 촬영시간이 길다는 단점이 있으나 TR을 짧게, NEX수도 적게 함으로써 20~30초이내에 촬영이 가능하며 비교적 초기부터 사용되고 있다(20).

그외에도 역동적 자기공명영상의 촬영법으로는 gradient 에코법에 의한 고속주사법이 있으며 수초의 촬영시간 때문에 연속적인 촬영에는 유효하나 susceptibility artifact나 대조도등의 평가에는 문제가 있다.

고속주사의 대표적인 촬영법에는 GRASS(gradient recalled acquisition in the steady state), FISP(fast imaging with steady precession), FLASH(fast low angle shot) 및 field 에코법등이 있으며, 최근에는 T1강조 영상으로써 유효성이 높은 spoiled GRASS법도 개발되어 있으며 촬영시간은 1절편당 3~4초로써 가능하여 역동적 자기공명영상에 의한 경시적인 조영소견의 변화를 용이하게 볼 수 있을 뿐만 아니라 비교적 좋은 T1대조도 영상을 얻을 수 있는 장점이 있다(21).

단시간의 스픬에코법에 의한 T1강조영상과 고속주사와 더불어 앞으로는 새로운 촬영법이 보급될 것이며 더 많은 부위에서 종양의 검출과 조직감별진단에 역동적 자기공명영상이 이용될 것으로 기대된다.

결론적으로 Gd-DTPA의 bolus정맥주사와 더불어서 역동적 자기공명영상은 뇌종양조직에 대한 빠른 정보가 제공되며 고식적 MRI에서 불가한 영상 및 CER 그래프의 경시적 변화를 비교분석 함으로써 각 뇌종양간의 특성이 기대되므로 감별진단에 많은 도움이 되리라 사료된다.

참 고 문 헌

1. Norio T, Ryuichi T, Osamu T, Komei U. Dynamics of contrast enhancement in delayed computed tomography of brain tumors:Tissue-blood ratio and differential diagnosis. *Radiology* 1982;142:663-668
2. Faustino G Jr, Habibullah H, Marsha JC, Mansour M. Dynamic CT using an arterial bolus. *Radiology* 1985;157:529-530
3. Gadian DG, Payne JA, Bryaant DJ, Young IR, Carr DH, Bydder GM. Gadolinium-DTPA as a contrast agent in MR imaging. Theoretical projection and practical observations. *JCAT* 1985;9(2):242-251
4. Koschorek F, Jensen HP, Terwey B. Dynamic MR Imaging:A further possibility for characterizing CNS lesion. *AJNR* 1987;8:250-262
5. Stack JP, Antoun NM, Jenkins JPR, Metcalfe R, Isherwood I, Gadolinium-DTPA as a contrast agent in magnetic resonance imaging of the brain. *Neuroradiology* 1988;30:145-154
6. Ogura Y, Takeshita G, Koga S, Katada KAH, Kanno T. Usefulness of Dynamic MRI in differential diagnosis of brain tumors. *Journal of Medical Imagings(Japan)* 1992;12:16-28
7. Bullock PR, Mansfield P, Gowland P, Worthington BS, Fiirth JL. Dynamic imaging of contrast enhancement in brain tumors. *Magn Res Med* 1992;19:293-298
8. Sakamoto Y, Takahashi M, Korogi Y, Bussaka H, Ushio Y. Normal and abnormal pituitary gland:Gadopentetate dimeglumine-enhanced MR imaging. *Radiology* 1991;178:441-445
9. Felix R, Schorner W, Laniado M, et al. Brain tumor:MR imaging with Gadolinium-DTPA. *Radiology* 1985;156:681-688
10. Graif M, Bydder GM, Steiner R, Niendorf P, Thromas DGT, Young IR. Contrast enhanced MR imaging of malignant brain tumors. *AJNR* 1985;6:855-862
11. Gado MH, Phelps ME, Coleman RE. An extracellular component of contrast enhancement in cranial computed tomography. Part 1:tissue-blood ratio of contrast enhancement. *Radiology* 1975;117:589-593
12. Gado MH, Phelps ME, Coleman RE. An extracellular component of contrast enhancement in cranial computed tomography. Part 2:Contrast enhancement and the blood-tissue barriers. *Radiology* 1975;117:595-597
13. Ogura Y, Takeshita G, Koga S. Dynamic MRI. MR contrast enhancement of cerebrospinal lesions with Gd-DTPA. *Japan Schering* 1990;212-227
14. Brasch RC. Work in progress:Methods of contrast enhancement for NMR. *Radiology* 1983;147:781-788
15. Schorner W, Laniado M, Niendorf HP, Schubert Chr, Fleix R. Time-dependent changes in image contrast in brain tumors after gadolinium-DTPA. *AJNR* 1986;7:1013-1020
16. Yoshida K, Furuse M, Kaneoke Y, et al. Assessment of T1 time course changes and tissue-blood ratio after Gd-DTPA administration in brain tumors. *Magnetic Resonance Imaging* 1989;7:9-15
17. Rosen BR, Belliveau JW, Buchbinder BR, et al. Contrast agents and cerebral hemodynamics. *Magn Res Med* 1991;19:285-292
18. Fujii K, Fujita N, Hirabuki N, Miura T, Kozuak T. Neuroma and meningioma:Evaluation of early enhancement with dynamic MR imaging. *AJNR* 1992;13:1215-1220
19. Ahmadi J, Destian S, Apuzzo MLJ, Segall H, Zee CS. Cystic fluid in craniopharyngiomas:MR imaging and quantitative analysis. *Radiology* 1992;182:783-785
20. Ohtomo K, Itai Y, Yoshikawa K, Kanebo T, Yashiro N, Iio M. Hepatic tumors:Dynamic MR imaging. *Radiology* 1987;163:27-31
21. Yuasa Y. Methods for dynamic MR imaging. *Journal of Medical Imagings(Japan)* 1992;12:6-15

Usefulness of Dynamic Magnetic Resonance Imaging in Brain Tumors

Yang Gu Joo M.D., Soo Jhi Suh, M.D., Seok Kil Zeon, M.D.,
Sung Ku Woo, M.D., Hong Kim, M.D., Jung Sik Kim, M.D.,
Sung Moon Lee, M.D., Hee Jung Lee, M.D., Mutsumasa Takahashi, M.D.¹

Department of Radiology, School of Medicine, Keimyung University

Purpose: To investigate the usefulness of dynamic MR imaging in the differential diagnosis of brain tumors.

Materials and Methods: Dynamic MR imaging was performed in 43 patients with histopathologically proved brain tumors. Serial images were sequentially obtained every 30 seconds for 3–5 minutes with use of spin-echo technique(TR 200msec/TE 15msec) after rapid injection of Gd-DTPA in a dose of 0.1mmol/kg body weight. Dynamics of contrast enhancement of the brain tumors were analyzed visually and by the sequential contrast enhancement ratio(CER).

Results: On the dynamic MR imaging, contrast enhancement pattern of the gliomas showed gradual increase in signal intensity(SI) till 180 seconds and usually had a longer time to peak of the CER. The SI of metastatic brain tumors increased steeply till 30 seconds and then rapidly or gradually decreased and the tumors had a shorter time to peak of the CER. Meningiomas showed a rapid ascent in SI till 30 to 60 seconds and then made a plateau or slight descent of the CER. Lymphomas and germinomas showed relatively rapid increase of SI till 30 seconds and usually had a longer time peak of the CER.

Conclusion: Dynamic MR imaging with Gd-DTPA may lead to further information about the brain tumors as the sequential contrast enhancement pattern and CER parameters seem to be helpful in discriminating among the brain tumors.

Index Words: Magnetic resonance, technique
Brain neoplasm, magnetic resonance

Address reprint requests to : Yang Gu Joo M.D., Department of Radiology, School of Medicine, Keimyung University
194 Dongsan-dong, Chung-gu, Taegu, 700-310 Korea. Tel. (053) 250-7766 Fax. (053) 252-1605