대한방사선의학회지 2002;47:457 - 462

MRA상 뇌동맥류가 의심되는 환자에서 PC를 사용한 삼차원 용적묘사기법의 유용성[1]

백승일 · 이기재 · 심재찬 · 방선우 · 유석종 · 김호균

목적: 두개내 자기공명혈관조영술(MRA)을 시행한 환자 중 뇌동맥류가 의심되는 환자에서 일반 PC상에서 삼차원 영상소프트웨어를 이용한 용적묘사(volume rendering)기법의 유용성에 대해 알아보고자 하였다.

대상과 방법: 전향적 방법으로 시행하였으며 최근 5개월간 뇌졸증을 의심하여 3D TOF기법으로 MRA를 시행한 135명 중 축상면과 사상면을 따라 15도씩 증가하여 얻은 통상적 최대강도투사(MIP) 영상에서 뇌동맥류가 의심되었던 21명을 대상으로 하였다. 부위별로는 전교통부 8명, 후교통부 3명, 내경동맥 분기점 5명, 중대뇌동맥 분기점 4명, 그리고 뇌저동맥 첨단부위가 1명이었다. 남녀비는 14:7였으며, 평균연령은 62세였다. 이들 21명에 대하여 MRA 원천영상(source image)을 LAN으로 연결된 PC상에서 삼차원 영상소프트웨어를 이용한 삼차원 용적묘사기법으로 뇌동맥류의 유무를 알아보았다. MIP영상과 삼차원 용적묘사에서 뇌동맥류의 유무는 2명의 방사선과 전문의가 합의하에 판정하였다.

결과: MIP 영상에서 전교통동맥류를 의심하였던 8명중 1명, 그리고 후교통동맥류를 의심하였던 3명중 1명에서 삼차원 용적묘사기법으로 동맥류를 확인할 수 있었다. 이 2명에 대하여는 뇌혈관조영술을 시행하였다. 나머지 19명에서는 삼차원 용적묘사기법을 이용하여 9명에서는 혈류 전위 인공음영(flow displacement artifact), 2명에서는 후교통동맥 누두부(infundibulum), 그리고 나머지 8명에서는 겹쳐진 정상혈관이나 좁아진 혈관에 의한 가성병변임을 확인할 수 있었다. 이중 2명에서만 추가적으로 뇌혈관조영술을 시행하여 이를 확인하였다.

결론: 삼차원 영상소프트웨어를 이용한 일반 PC를 사용한 용적묘사기법은 MRA를 시행한 환자 중 뇌동맥류가 의심되는 환자에 있어서 이를 확인하는데 도움을 주며, 침습적인 검사인 뇌혈관조영술을 피할 수 있어 유용한 방법이라 생각된다.

뇌동맥류를 진단하는 방법은 이차원 혹은 그리고 삼차원 디지털감산혈관조영술(digital subtraction angiography, 이하 DSA), CT angiography(이하 CTA), MR angiography (이하 MRA), 그리고 기타 많은 후처리연산법(postprocessing algorithm) 등이 있다. 이 중 MRA는 미파열뇌동맥류 등의 잠재성, 무증상성 뇌동맥류질환의 평가에 있어서 먼저 시행될 수 있는 선별검사이며 뇌신경내외과영역의 일반진찰에서 광범위하게 시행되고 있다(1, 2). 최근의 MRI의 발전과 촬영기술의 혁신으로 MRA는 촬영시간의 대폭적인 단축과 화질향상을 보이고 있다. 이들 고품질 용적정보(volume data)는 DICOM 등을 사용한 네트워크의 구성에 의해 용이하게 웍스테이션(workstation)으로 전송되고 화질재구성기술의 눈부신 발전과 더불어 뇌혈관구축의 삼차원 영상을 단시간내로 재구성이 가능하게 되었다(1 - 3). 그 중 뇌동맥류 등의 MRA 진단에 있어서는 종래의 최대강도투사(maximum intensity projection, 이하 MIP)영상, 그리고 최근에는 삼차원 용적묘사(volume rendering)기법이 사용되어 임상에서 많이 응용되고 있다(1, 3 - 6).

이에 저자들은 뇌졸중환자 중 MRA를 시행하여 뇌동맥류가 의심되는 경우 이를 LAN으로 연결된 PC상에서 삼차원 영상소프트웨어를 이용한 용적묘사기법으로 재구성하여 MRA 영상과 비교 평가하고, 필요한 경우 추가적으로 뇌혈관조영술을 시행하여 삼차원 용적묘사기법의 유용성에 대해 알아보고자 하였다.

대상과 방법

전향적 방법으로 최근 5개월 동안 임상적으로 뇌졸중증세를 보여 MRA를 시행한 135명 중 통상적인 MIP 영상에서 2명의 방사선과 전문의가 합의하에 뇌동맥류가 의심된 21명이 대상

[1]인제대학교 의과대학 서울백병원 진단방사선과
이 논문은 1998년 재단법인 인제연구장학재단의 보조에 의한 것임.
이 논문은 2002년 7월 10일 접수하여 2002년 11월 5일에 채택되었음.

이었다. 환자의 연령분포는 28세에서 79세까지(평균 62세)였으며 남자는 14명이었고 여자는 7명이었다.

MRA는 1.0T MRI (Magentom Impact, Siemens, Germany)를 사용하여 3D TOF (time - of - flight)방법으로 촬영하였다. 촬영 조건은 TR/TE 42 msec/10 msec, flip angle 15°, field of view 150 mm×200 mm, number of excitation 1회, 3 slabs (covered volume: 9 cm), effective thickness 1 mm로 영상획득시간은 14분 3초였으며, 뇌출혈의 여부를 평가하기 위해 모든 환자에서 FLAIR (fluid - attenuated inversion recovery) 영상을 추가로 시행하였다.

MRA의 source image는 MRI와 LAN으로 연결된 PC로 전송되어 여기서 삼차원 영상소프트웨어 (Rapidia, 3D Med, Korea)를 사용하여 용적묘사기법으로 삼차원 영상을 얻었다. 한 영상 당 약 6초의 전송시간이 걸려, 한 환자 당 PC로의 전송에 약 9분이 소모되었다. 이후에 20인치 PC 모니터상에서 이 삼차원 용적묘사영상을 회전, 확대, 혹은 관심영역 외의 부위를 없애버리는 조각 (sculpture)기능을 이용하여 보다 입체적으로 관찰하였다. 완성된 삼차원 용적묘사영상을 MIP 영상과 비교하여 뇌동맥류의 유무를 알아보았고 삼차원 용적묘사영상에서 동맥류가 확인된 경우 추가적으로 뇌혈관촬영술을 시행하였다.

결 과

모든 환자의 FLAIR 영상에서 거미막하출혈소견은 보이지 않았다. MIP 영상에서 뇌동맥류를 의심되었던 21명 중 전교통동맥이 8명, 후교통동맥이 3명이었는데 이들 중 각각 1명에서 용적묘사영상상 동맥류가 관찰되었고 이들 2명에 대해서는 뇌혈관조영술로 동맥류임을 확인 후 GDC (Guglielmi detachable coil) 색전술까지 성공적으로 시행하였다 (Fig. 1). 나머지 19명에서는 삼차원 용적묘사영상에서 8명이 혈류 전위 인공음영 (flow displacement artifact)이었고 (Fig. 2), 2명에서는 후교통동맥 누두부 (infundibulum), 그리고 나머지 9명에서는 겹쳐진 정상혈관이나 좁아진 혈관에 의한 가성병변임을 확인할

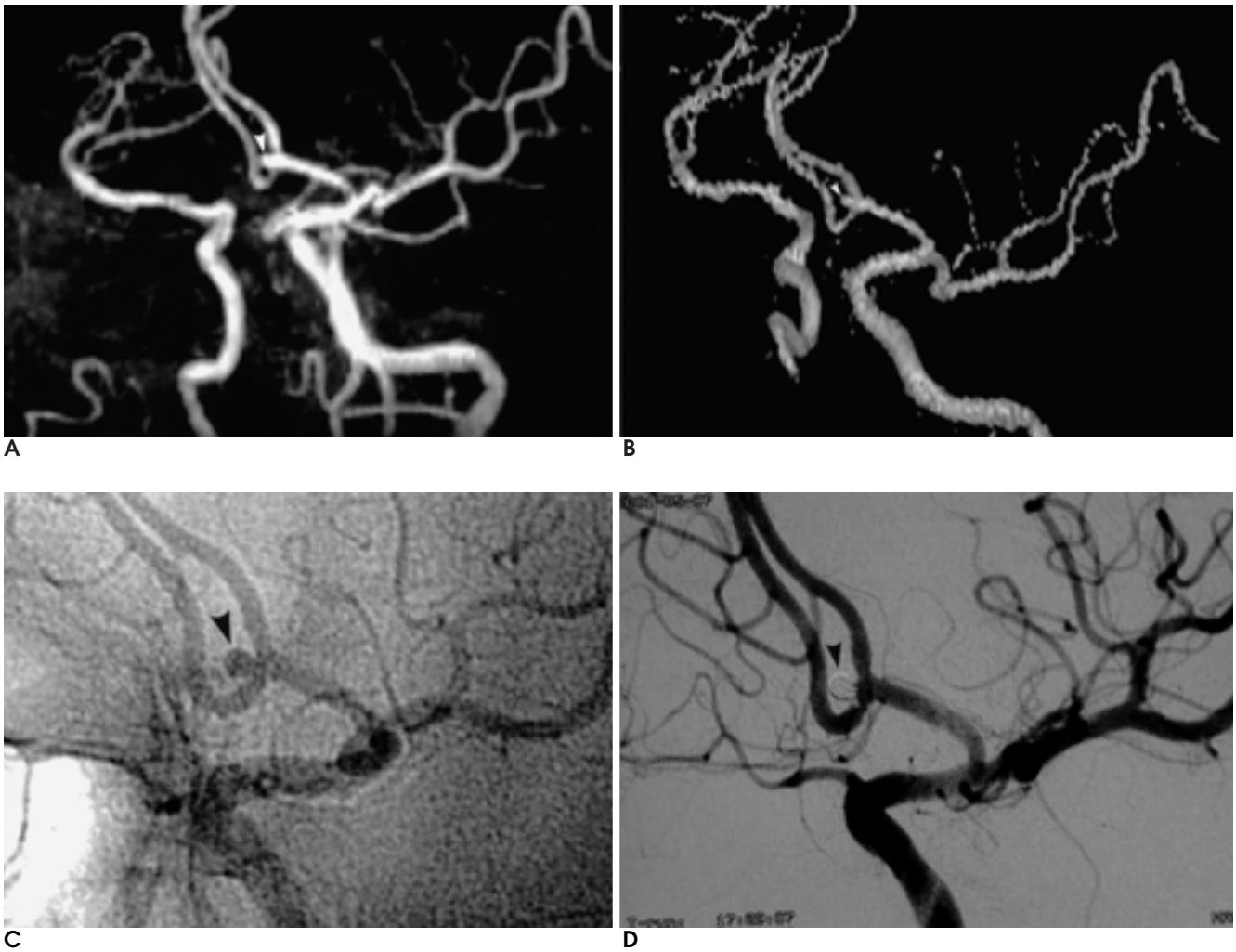
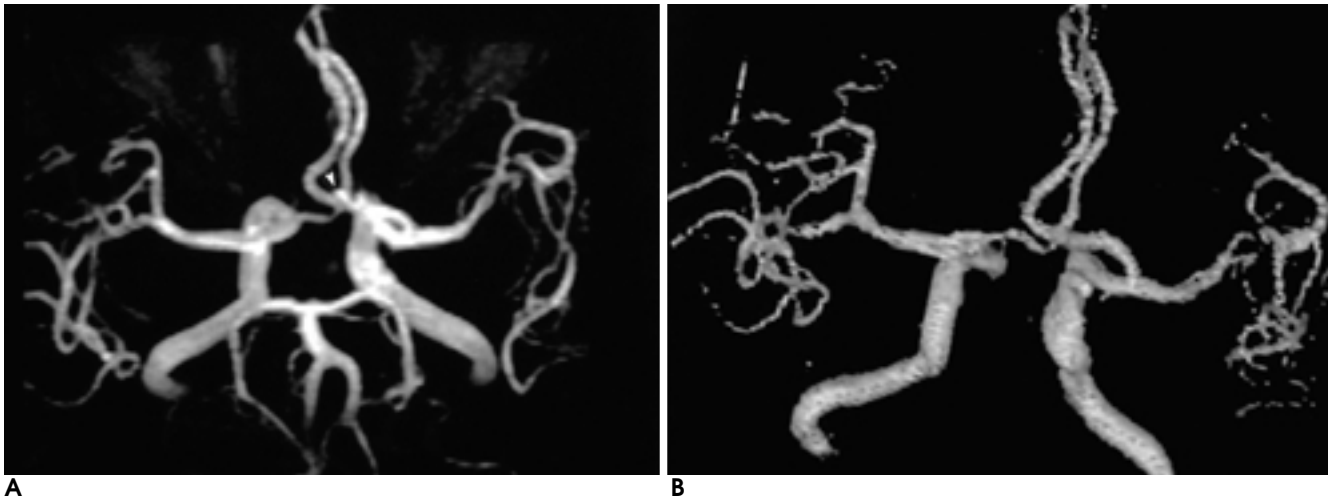


Fig. 1. Left side A-com aneurysm (arrowheads).
Aneurysm is suspected at left side A-com area on routine MIP image (**A**), and it is easily verified on volume rendering image (**B**). The aneurysm was confirmed on angiography (**C**) and embolized by GDC (**D**).

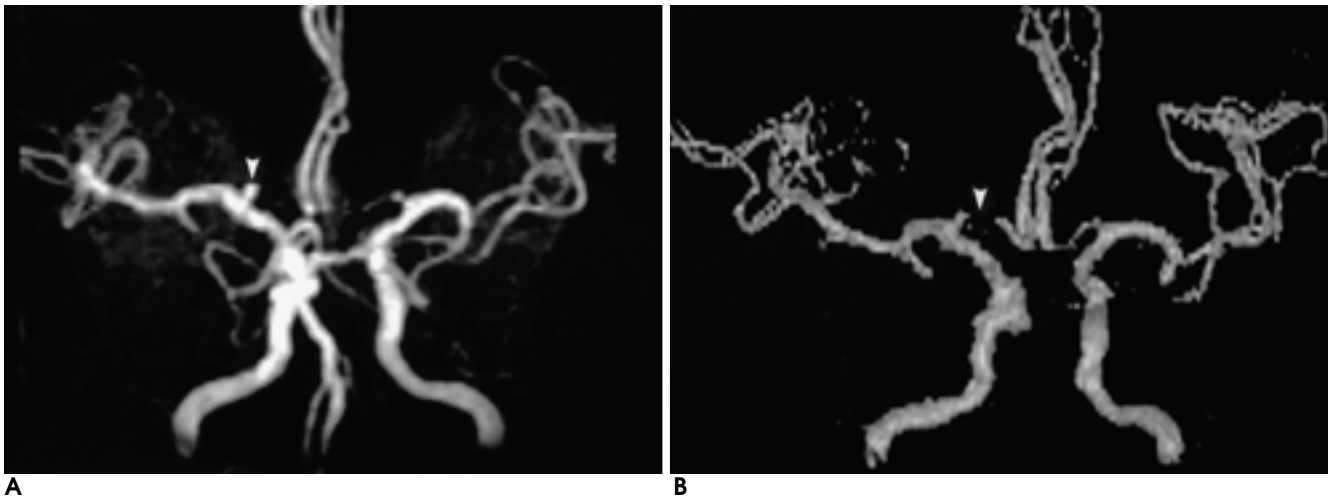
수 있었다(Fig. 3). 또한 19명중 2명에서는 혈관조영술을 시행하여 삼차원 용적묘사영상에서의 결과를 확인할 수 있었다.

각 부위별에서의 결과는 Table 1과 같다.

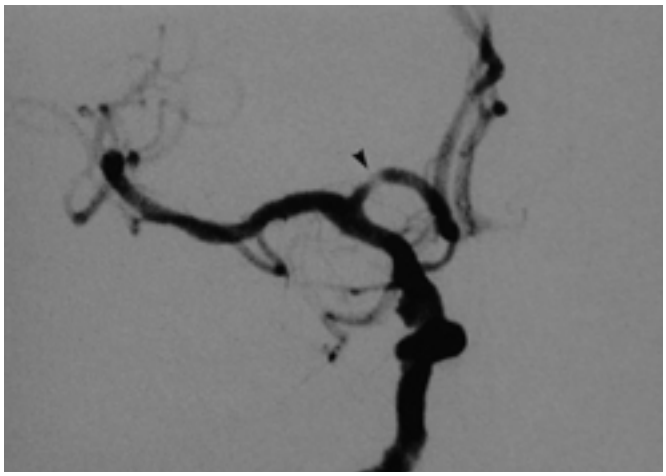


A B

Fig. 2. Flow displacement artifact.
Aneurysm (arrowhead) is suspected at left side A-com area on routine MIP image (**A**) as in Fig. 1, but on volume rendering image (**B**), there is no aneurysm.



A B



C

Fig. 3. Vascular narrowing mimicking aneurysm (arrowheads).
Aneurysm is suspected at right internal carotid artery bifurcation on MIP image (**A**), but volume rendering image (**B**) reveals stenosis of right A1, based on its shape and course. It was confirmed on angiography (**C**).

Table 1. Analysis of MIP Data with Volume Rendering Images and Angiography

Suspected Aneurysmal Site(MIP)	Volume Rendering Images	Angiography
A-com (8)	Aneurysm (1) Artifact (5) Vessel (2)	Aneurysm (1) Normal (1)
MCA(4)	Artifact (2) Vessel (2)	
ICA bifurcation (5)	A1 narrowing (4) Artifact (1)	A1 narrowing (1)
P-com (3)	Aneurysm (1) P-com infundibulum (2)	Aneurysm (1)
Basilar tip (1)	Artifact (1)	

MIP: maximum intensity projection

고 찰

현재 비교적 간편한 연산법이면서 조영제를 사용하지 않는 비침습적인 MIP 영상법은 뇌동맥류의 선별검사로 사용되고 있는데(1, 7 - 11), 이는 관찰하고자 하는 방향에서의 MRI 신호강도의 최대치를 평행투영법상에서 대응하는 투영면으로 투사하는 이차원영상이며(1) MIP 영상에서는 투영상의 최대치만을 사용하여 묘출한다. 따라서 최대치이외의 정보는 상실되어 투시방향에 따라 혈관이 중첩되는 경우는 신호강도가 높은 쪽이 항상 전방으로 묘출되는 단점이 있어 한 면의 영상만으로는 정확히 뇌동맥류를 관찰하기가 어렵다(2, 11). 또한 지주막하출혈과 지방 등으로 인해 혈관주변의 신호강도가 높아지는 경우, 그리고 혈류속도가 느린 경우 등에서는 영상묘출대상정보의 합량을 감소시켜 실제 혈관내경보다 좁아 보이거나 보이지 않는 경우도 있다(9, 11, 14 - 20). 이러한 MIP 영상법의 단점을 보완할 수 있고 MIP 영상법과 SSD(shaded surface display) 영상법의 장점을 갖추었다고 할 수 있는 삼차원 용적묘사영상법은 근래의 기술로서 삼차원 영상을 구축하기 위해 모든 묘출대상정보를 사용하며 공간적, 밀도적(densitometric) 정보를 포함하는 고화질영상을 제공한다(22, 23). 이로 인해 중첩된 혈관의 전후관계가 구별되고, 혈관의 연속성, 뇌동맥류과 모동맥 등 주변혈관과의 복잡한 관계, 그리고 뇌동맥류의 경부를 분석하며 원근감이 있는 한 장의 영상으로 묘출된다(1, 13). 또한 혈관구조의 색용적묘사, 색조의 조절을 통해 사실적인 입체영상을 묘출할 수 있다(2, 12). 또한 기전의 MIP 영상에서는 통상 규정된 축에 대한 회전만이 가능하였지만 삼차원 용적묘사영상법은 모든 방향으로부터의 관찰이 가능하여 중첩되는 부위의 뇌혈관이나 뇌동맥류의 형태파악에 유용하리라고 생각된다.

특히 MIP인 경우 혈관의 곡선주행부분에서는 오지정에 의한 혈류 전위 인공음영으로 혈류가 혈관밖으로 벗어나는 것처럼 보이거나 심한 경우 혈류의 신호가 곡선을 이루는 혈관의 한 지점에서 모여 동맥류처럼 보이기고 하는 것으로 알려져 있다(11). 실제 저자들의 경우에서도 이러한 혈류 전위 인공음영에 의해 뇌동맥류를 의심한 경우가 전체 21예 중 8예로 가성병변의 가장 많은 원인을 차지하였다.

Korogi 등(5)은 MRA에서 크기가 5 mm 이상의 뇌동맥류에서 묘출이 가능하다고 하였으나 Maeder 등(12)은 지주막하출혈이 없는 뇌동맥류에서는 삼차원 용적묘사영상법을 사용한 경우 크기가 3 mm 이상에서 묘출이 가능하다고 주장하였으며 뇌동맥의 형태, 특히 경부를 파악하는데는 MIP 영상법보다 우월하다고 하였다. 또한 Tsushiya 등(13)은 삼차원 용적묘사영상법은 뇌동맥류의 경부와 기저부의 형태 그리고 모동맥과의 관계를 묘출하는데 CTA나 DSA보다 우월하다고 하였다. 하지만 삼차원 용적묘사영상법은 표지역치의 조절에 따라 화상이 변화되어 역치를 너무 높이게 되면 정상부위가 협착이 있는 것처럼 묘출되는 일이 있어 항상 최적의 표지역치를 고려해야만 하는 결점이 있으며 또한 주위조직과의 신호강도의 차이가 작은 말초혈관의 관찰에는 MIP 영상이 우수하다고 보고있다(2).

본 연구의 많은 증례에서 시행되지 못한 gold standard라 할 수 있는 DSA는 침습적이며 시행자의 기술에 의존적이고 시간이 걸리며 혈관경련과 혈전 등 여러 합병증을 야기할 가능성이 있다(10, 12). 또한 각각의 혈관을 관찰하기 위해 여러 방향에서 투영해야 한다. 파열된 뇌동맥류는 지주막출혈을 보여 이러한 경우는 DSA가 절대적 적응증이 된다고 알려져 있지만(10) 이러한 경우를 제외하면 삼차원 용적묘사영상법은 DSA에 비해 비침습적이며 시간이 적게 걸리며 뇌동맥의 형태를 파악하는데 유용하므로 Maeder 등(12)은 수술전, 중재적 시술전 계획을 세우는데 있어 DSA보다 우수하다고 하였다. 또한 본 연구에서 시행하지 못한 연구로서 CTA인 경우에 있어서는 김 등(10)은 다절편(Multislice)을 이용한 CTA는 DSA보다 뇌동맥류 경부를 평가하는데 우월한 것으로 평가하였고 Sato(1)는 삼차원 용적묘사영상은 CTA에 필적하는 진단적 가치가 있다고 주장하였다.

저자들이 사용한 소프트웨어의 화상처리에 있어서, 한 환자당 MRI에서 PC로의 데이터 전송에 약 9분, 그리고 PC에서 용적묘사기법을 이용한 분석에 초기에는 약 20분이 소요되었으나 점차 익숙해지면서 10분정도가 소요되어, 전체 약 20분이면 확인이 가능하므로, 이러한 방법은 신속하고도 보다 정확한 정보를 제공한다고 하겠다. 웍스테이션상에서 용적묘사기법을 이용한 화상처리와 일반 PC상에서 용적묘사기법이 가능한 삼차원 소프트웨어를 이용한 경우를 비교, 분석한 논문은 아직 발표되지 않았으나, 저자들의 경험에 의하면 이러한 PC를 이용한 작업은 초기에는 최적의 영상을 만드는데 익숙할 때까지 어느 정도 시간이 필요하나 웍스테이션에서 작업하는 것에 비해 신속하고 PC 환경에 친숙한 작업자에게는 쉽게 적응할 수 있다는 점이 오히려 장점이라 할 수 있겠다.

본 연구에서 있어서 증례수가 적다는 점, MRA가 1.0 T MR unit에 의해 시행되어 PC상에서 영상의 질이 1.5 T MR에 비해 약간 떨어진다는 점, 그리고 모든 증례에서 gold standard

라 할 수 있는 혈관조영술로 뇌동맥류를 확진하지 못하였다는 점 등이 제한점이라 할 수 있으나 결론적으로 MRA의 MIP 영상을 LAN으로 연결된 일반 PC상에서 삼차원 영상소프트웨어를 이용한 용적묘사기법에 의한 뇌동맥류의 분석은 통상적 MIP 영상에 비해 보다 나은 뇌동맥류에 대한 영상를 묘출할 수 있으며 뇌동맥류와 유사한 병변을 보이는 경우 환자가 불필요한 혈관조영술을 피할 수 있어 유용한 방법으로 생각된다.

참 고 문 헌

1. Satoh T. Delineation of cerebral aneurysms with fly-through imaging of 3D-MRA using perspective volume rendering. *No Shinkei Geka* 2001;29:181-186
2. Akihiko S. Evaluation of time of flight MR angiography for stenotic arterial lesions: including comparison of maximum intensity projection and volume rendering technique. *Nippon Igaku Hoshasen Gakkai Zasshi* 1994;54:975-987
3. Shigematsu Y, Korogi Y, Hirai T, Okuda T, Sugahara T, Ling L, Ge Y, Takahashi M. Virtual MR endoscopy in the central nervous system. *J Magn Reson Imaging* 1998;8:289-296
4. Fellner F, Blank M, Fellner C, Bohm-Jurkovic H, Bautz W, Kalender WA. Virtual cisternoscopy of intracranial vessels: a novel visualization technique using virtual reality. *Magn Reson Imaging* 1998;16:1013-1022
5. Korogi Y, Takahashi M, Mabuchi N, et al. Intracranial aneurysms: diagnostic accuracy of three-dimensional. fourier transform, time-of-flight MR angiography. *Radiology* 1994;193:181-186
6. Rubin GD, Beaulieu CF, Argiro V, et al. Perspective volume rendering of CT and MR images: applications for endoscopic imaging. *Radiology* 1996;199:321-330
7. 최대섭, 장기현, 정혜원, 한문희. 경부 및 두개내 혈관 질환에서 자기공명 혈관조영술과 고색적 혈관조영술과의 비교. *대한방사선의학회지* 1995;32:209-214
8. 김윤현, 강형근, 서정진, 김재규, 문웅재, 정현대. 두개내 동·정맥 기형에서 자기공명 혈관조영술의 유용성. *대한방사선의학회지* 1994;30:7-14
9. Perl J 2nd, Turski PA, Masaryk TJ. MR Angiography. In Atlas SW. *Magnetic Resonance Imaging of the Brain and Spine*. 2nd ed. Philadelphia: Lippincott-Raven, 1996:1547-1610
10. 김유경, 백승국, 신매정. 최한용. 뇌동맥류 경부의 평가에서 CTA와 DSA의 비교. *대한방사선의학회지* 2001;44:665-670
11. 박동우, 이승로 , 함창곡, 김용수, 박충기. 두개내 혈관의 3D TOF 및 PC자기공명 혈관조영술에 있어서의 인공음영. *대한방사선의학회지* 1997;36:553-560
12. Philippe P. Maeder, Reto A. Meuli and Nicolas De Tribolet. Three-dimensional volume rendering for magnetic resonance angiography in the screening and preoperative workup of intracranial aneurysms. *J Neurosurg* 1996;85:1050-1055
13. K. Tsuchiya, S. Katase, A.Yochino, J. Hachiya, K. Yodo. Preliminary evaluation of volume-rendered three-dimensional display of time-of-flight MR angiography in the diagnosis of intracranial aneurysms. *Neuroradiology* 2001;43:633-636
14. Carriero A, Magarelli N, Tamburri L, et al. Artifacts in magnetic resonance angiography. *Radilo Med (Torino)* 1994;88:765-770
15. Johnson BA, Helserman JE, Drayer BP, Keller PJ. Intracranial MR angiography: its role in the integrated approach to brain infarction. *AJNR Am J Neuroradiol* 1994;15:901-908
16. Wilcock DJ, Jaspan T, Worthington BS. Problems and pitfalls of 3-D TOF magnetic resonance angiography of the intracranial circulation. *Clin Radiol* 1995;50:526-532
17. Huston J 3rd, Rufenacht DA, Ehman RL, Wiebers DO. Intracranial aneurysms and vascular malformation: comparison of time-of-flight and phase-contrast MR angiography. *Radiology* 1991;181: 721-730
18. 김아영, 최혜영, 정은철, 곽현주, 윤희자, 이선화. 뇌경색환자에서의 자기공명영상 및 자기공명 혈관조영술 소견과의 비교. *대한방사선의학회지* 1996;34:3345-350
19. 정현웅, 서정진, 김윤현, 문웅재, 김재규, 강형근. 비외상성 두개내 출혈환자에서 자기공명 혈관조영술의 유용성. *대한방사선의학회지* 1994;31:799-806
20. 정태섭, 임윤철, 서상호, 김경오, 김은호. 자기공명 혈관촬영술을 이용한 분지형 경동맥 Phantom상 혈류의 표현성에 대한 실험연구. *대한방사선의학회지* 1995;33:189-195
21. Anderson CM, Saloner D, Tsuruda JS, Shapeero L, Lee RE. Artifacts in maximum-intensity-projection display of MR angiograms. *AJR Am J Roentgenol* 1990;154:623-629
22. Pavone P, Luccichenti G, Cademartirei F. *From maximum intensity projection to volume rendering. Semin Ultrasound CT MR* 2001 Oct; 22:413-419
23. Kirchgeorg MA. Prokop M. Increasing spiral CT benefits with post processing applications. *Eur J Radiol* 1998;28:39-54

J Korean Radiol Soc 2002;47:457 - 462

Usefulness of PC Based 3D Volume Rendering Technique in the Evaluation of Suspected Aneurysm on Brain MRA[1]

Seung Il Baek, M.D., Ghi Jai Lee, M.D., Jae-Chan Shim, M.D.,
Sun Woo Bang, M.D., Seok Jong Ryu, M.D., Ho Kyun Kim, M.D.

[1]*Department of Diagnostic Radiology, College of Medicine, Inje University*

Purpose: To evaluate usefulness of volume rendering technique using 3D visualization software on PC in patients with suspected intracranial aneurysm on brain MRA.

Materials and Methods: We analyzed prospectively 21 patients with suspected aneurysms on the routine MIP images which were obtained 15 °increment along axial and sagittal plane, among 135 patients in whom brain MRA was done due to stroke symptoms for recent 5 months. The locations were the anterior communicating artery (A-com) in 8 patients, the posterior communicating artery (P-com) in 3, the ICA bifurcation in 5, the MCA bifurcation in 4, and the basilar tip in one. Male to female ratio was 14:7 and mean age was 62 years. MRA source images were sent to PC through LAN, and the existence of aneurysm was evaluated with volume rendering technique using 3D visualization software on PC. The presence or absence of aneurysm on MIP and volume rendering images was decided by the consensus of two radiologists.

Results: We found the aneurysms with volume rendering technique, from 1 patient among 8 patients with suspected aneurysm at A-com and also 1 patient among 3 patients with suspected aneurysm at P-com on routine MIP images. Confirmative angiography and interventional procedures were done in these 2 patients. The causes for mimicking the aneurysm on MIP were flow displacement artifact in 9, normal P-com infundibulum in 2, and overlapped or narrowed vessels in 8 patients, and among them confirmative angiography was done in 2 patients.

Conclusion: Volume rendering technique using visualization software on PC is useful to scrutinize the suspected aneurysm on routine MIP images and to avoid further invasive angiography.

Index words : Digital subtraction angiography
Magnetic resonance (MR), angiography
Magnetic resonance(MR), maximum intensity projection

Address reprint requests to : Ghi Jai Lee, M.D., Department of Diagnostic Radiology, Seoul Paik Hospital, College of Medicine, Inje University, 2-85, Jur-dong, Chung-gu, Seoul 100-032, Korea.
Tel. 82-2-2270-0134 Fax. 82-2-2266-6799