대한방사선의학회지 1999;41:705-711

조영증강복부자기공명혈관조영술에서의 덩어리표지방법의 유용성[1]

서미라 · 이문규 · 홍혁진 · 하현권 · 김표년 · 오용호

목적 : 조영증강복부자기공명혈관조영술의 영상의 질을 높이기 위한 덩어리표지방법 (bolus-tagging method)의 유용성을 알아보고자 하였다. 또한 최고동맥조영시간 (peak arterial enhancement time)과 연령, 체중 및 심박동수와의 연관성을 알아보고자 하였다.

대상 및 방법 : 4개월 동안 3차원 FISP기법을 이용한 조영증강복부자기공명혈관조영술 (contrast-enhanced 3D FISP MR angiography)을 시행한 81명을 대상으로 하였다. 33명의 실험군에서는 Gd-DTPA (gadolinium-diethylenetriamine pentaacetic acid) 1ml를 정맥내로 일시주입하는 덩어리표지방법 (bolus-tagging method)을 이용하여 1초당 1장씩 30개의 영상을 turbo-FLASH 기법으로 얻었다. 이를 기준으로 그린 시간대 신호강도곡선 (time-to-signal intensity curve)에서 최고동맥조영시간을 얻고, 이 값을 이용하여 최적영상지연시간 (optimal scan delay time)을 공식에 의하여 구하였다. 덩어리표지방법 없이 동일 검사를 시행한 48명의 환자를 대조군으로 하였다. 본격적인 영상은 0.2mM/kg Gd-DTPA를 자동강력주입기 (automatic power injector)를 이용하여 정맥내 주입하고 실험군은 최적영상지연시간에, 대조군은 10초 후에 각각 검사를 시작하였다. 두 군에서 동맥기 영상획득의 성공여부를 3등급으로 나누고, 상복부 동맥과 정맥의 가시성(visibility)을 4등급으로 나누어 분석하고 비교하였다. 또한 최고동맥조영시간과 연령, 체중 및 심박동수와의 연관성을 알아보았다.

결과 : 성공적인 동맥기영상획득정도의 비교에서 동맥기영상만을 얻는데 성공한 경우는 실험군에서는 32명(97%), 대조군에서는 40명(83%)으로 두 군간에 유의한 차이는 없었다 ($p>.05$). 동맥의 가시성에 대한 분석에서 진단 가능한 경우는 실험군에서는 30명 (91%), 대조군에서는 33명(69%)으로 실험군에서 유의하게 우수하였다($p=.0197$). 정맥의 가시성은 각각 31명 (94%), 36명(75%)으로 두 군 사이에 유의한 차이는 없었다 ($p=.2367$). 최고동맥조영시간은 연령에 따라 증가하는 경향을 보였으나($r=.443$, $p=.0098$), 체중이나 심박동수와는 유의한 연관성이 없었다 ($p>.05$).

결론 : 조영증강복부자기공명혈관조영술에서 덩어리표지방법을 선행하는 것은 동맥의 가시성을 향상시키는데 있어서 매우 유용하다. 또한 최고동맥조영시간은 연령에 따라 증가하는 경향을 보였다.

조영증강자기공명혈관조영술은 Gd-DTPA (gadolinium-diethylenetriamine pentaacetic acid)를 정맥주사 후 혈관영상을 얻는 방법으로, 이전에는 영상획득시간이 길어서 호흡에 의한 인공물이 발생하며 최적영상지연시간을 예측할 수 없어 정맥과의 겹침 현상등이 나타났고, 또한 다량의 조영제가 필요하였다. 최근에 호흡정지상태에서 영상을 얻을 수 있는 영상기법의 개발에 힘입어 짧은 시간내 영상획득이 가능하게 되었다.

상자성체조영제의 혈관내 T1 단축효과에 의해 혈관이 주위 조직보다 더 조영이 되는데, 이때 충분한 혈액 대 주변조직과의 대조도(blood-to-background contrast)를 얻기 위해서는 혈관내조영제의 농도가 최고에 달했을 때 영상을 얻어야 한다 (1,2). 그러나 조영제 주입부위에서 심장과 폐를 거쳐 보고자 하는 동맥이 최대로 조영되는 시간은 환자의 연령, 체중, 심박동수, 총혈류량, 심박출량 및 조영제 주입 속도등 다양한 요인들에 의해 개인차가 크므로, 모든 환자에서 미리 정한 영상획득 지연시간을 적용했을 때는 원하는 해상력의 동맥영상을 얻기 어렵다 (3,4). 따라서 이상적인 자기공명혈관조영상을 얻기 위해서는 동맥조영이 최대가 되고 정맥조영이 아직 일어나지 않았을 때에 동맥기영상획득을 시작해야 한다.

[1]울산대학교 의과대학 서울중앙병원, 진단방사선과학교실
이 논문은 1999년 5월 13일 접수하여 1999년 7월 22일에 채택되었음.

저자들은 Gd-DTPA 1 ml를 주입하는 덩어리표지방법 (bolus-tagging method)을 이용하여 얻은 영상으로 최고동맥조영시간을 얻고 최적영상지연시간을 계산하여 검사를 시행한 실험군과, 덩어리표지방법을 시행하지 않은 대조군 간의 동맥기 영상획득 성공여부와 혈관의 가시성을 비교하여 덩어리표지방법의 유용성을 알아보고자 하였다. 또한 실험군에서 최고동맥조영시간과 연령, 체중 및 심박동수와의 연관성을 동시에 알아보았다.

대상 및 방법

대상

4개월 동안 조영증강3차원FISP (fast imaging with steady-state precession) 복부자기공명혈관조영술을 시행한 81명을 대상으로 하였다. 덩어리표지방법의 적용 유무에 따라 실험군과 대조군으로 분류하였다.

1998년 1월에서2월까지 덩어리표지방법을 시행하고 조영증강3차원FISP 복부자기공명혈관조영술을 시행한 33명의 환자를 실험군으로 하였다. 남자 20명 여자 13명이었고, 연령분포는 21-82세(평균: 51세)였다. 질환별 분포는 췌장암 7명, 담관암 7명, 간세포암 4명, 담도결석 4명, 간이식기증자 6명, 담낭암 2명, 기타 3명 (담낭염, 담관 낭종, 그리고 문맥류 각각 1명)이었다.

1997년11월에서 12월까지 조영증강3차원FISP복부자기공명혈관조영술을 시행한 48명의 환자를 대상으로 한 대조군에서는 덩어리표지방법을 시행하지 않고 조영제를 주입후 10초에 영상획득을 시작하였다. 남자는 29명, 여자는 19명이었고, 연령분포는 26-84세 (평균: 60세)였다. 이들의 질환별 분포는 췌장암 10명, 담관암 24명, 간세포암 4명, 담도결석 4명, 담낭암 3명, 기타 7명 (담낭염, 간전이암, 담도손상, 간농양, 담낭용종, 점액성 담도확장증, 그리고 콜레스테롤침착증 각각 1명)이었다.

방법

덩어리표지방법 (Bolus-tagging method)

최적영상지연시간을 얻기 위한 방법으로 Gd-DTPA 1 ml를 정맥주사관에 채우고 뒤쪽에 20 ml 생리식염수를 담은 주사기를 연결한 후, 초당 4 ml의 속도로 주입하였다.

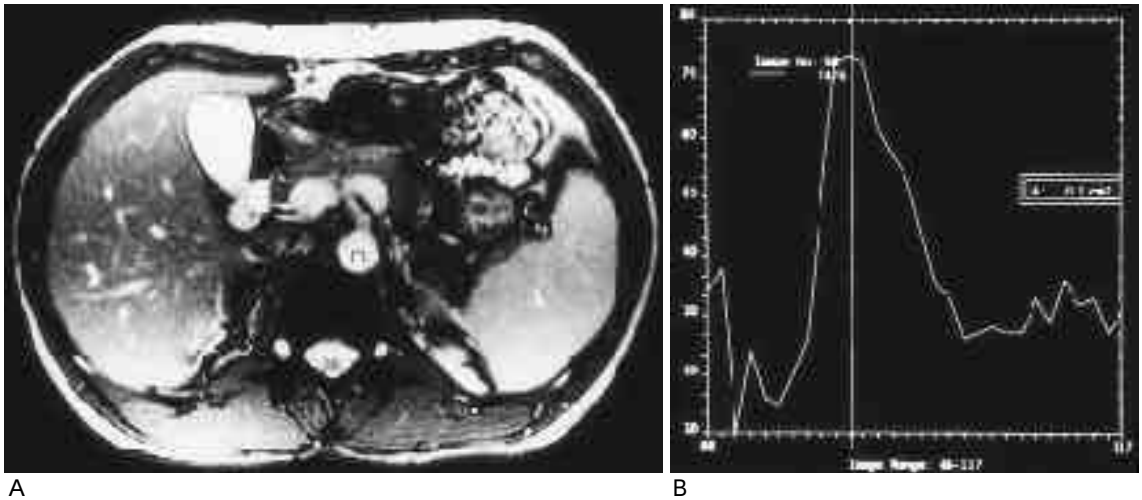
복부의 관상면영상을 얻어 복강동맥줄기 기시부 근처를 확인하여 영상면의 위치를 정하고 이 부위의 대동맥 내에 관심영역 (ROI = region of interist)을 위치시켰다. 조영제주입이 끝나고 1초 후부터 횡단영상을 초당 1장씩 30개의 영상을 얻었다. 이때 사용한 영상기법은 turbo-FLASH (turbo-fast low-angle shot)방법으로, 영상매개변수는 TR/TE, 5.8 msec/2.4 msec; flip angle, 8°; field of view, 350 mm; matrix size 128×256; slice thickness, 10 mm; acquisition time, 31 sec로 하였다.

위와 같은 방법으로 얻은 영상을 이용하여 시간대 신호강도 곡선을 그려서 최고동맥조영시간을 구하고 다음과 같은 공식을 이용하여 최적영상지연시간을 계산하였다 (Fig. 1).

Td = Tp - 1/4 Ta
Td: optimal scan delay time
Tp: arterial peak enhancement time
Ta: acquisition time

자기공명 영상검사

사용한 자기공명영상기기는1.5-T (Magnetom Vision; Siemens, Erlangen, Germany)이고, 위상배열체코일 (phased-array body coil)을 사용하였으며 기울기에코 (gradient-echo)기법의 일종인 3차원 FISP기법을 이용하였다. 영상매개변수는 TR/TE, 4.2 msec/1.7 msec; flip angle, 25°; field of view, 350×400 mm; matrix size 125×256; slab thickness, 96 mm; acquisi-



A B

Fig.1.An example of contrast-enhanced 3D FISP abdominal MR angiography.
A. An image with bolus-tagging method. The region of interest (ROI) is positioned in the aorta. Sequential 30 images are acquired after administration of 1ml Gd-DTPA with 20 ml saline flush.
B. The time-to-signal intensity curve with bolus-tagging method. Signal intensity is displayed graphically as a function of time to determine the peak arterial enhancement time. Optimal scan delay time is calculated using the equation that mentioned in the text.

tion time, 16 sec로 하였다.

실제 영상획득 시는 체중1 kg당 0.2 mM의 Gd-DTPA를 초당4 ml의 속도로 자동강력주입기를 이용하여 정맥주사한 후 영상을 얻었다. 실험군에서는 계산된 최적영상지연시간에, 대조군에서는 영상지연시간을 10초로 간주하고 동맥기영상획득을 시작하였다. 두 군에서 모두 같은 기법으로 동맥기영상획득 후 20초 간격으로 정맥기 영상을 두 번 얻어 좋은 영상을 선택하였다. 이렇게 얻어진 원천영상을 MIP (maximum intensity projection)기법으로 재구성하여3차원영상을 얻어 이 영상을 분석자료로 삼았다.

영상분석

이들 두 군에서 동맥기영상획득성공여부와 동맥 및 정맥의 가시성을 비교하였다. 동맥기획득성공여부는 3등급으로 나누어 분석하였는데, 0등급은 동맥기영상을 얻는데 실패한 경우 (Grade 0=invisible arterial image), 1등급은 동맥기영상은 얻었으나 정맥의 일부가 겹쳐 보인 경우 (Grade 1=venous overlay in arterial phase), 그리고 2등급은 동맥기영상 만을 얻는데 성공한 경우 (Grade 2=arterial image only)로 나누었다. 각각의 등급에 해당하는 모범적인 예를 분석 전에 결정하여 이를 기준으로 하였다.

혈관의 가시성은 상복부의 동맥 (간동맥, 비장동맥, 상장간막동맥)과 정맥 (문맥, 비장정맥, 상장간막정맥)에 대해 4 등급으로 나누어 분석하였는데, 1 등급은 혈관이 보이지 않는 경우 (Grade 1=not visible), 2 등급은 혈관이 보이기는 하나 진단이 불가능한 경우 (Grade 2=visible but not diagnostic), 3 등급은 혈관이 보이며 진단 가능한 경우 (Grade 3=visible and diagnostic), 4 등급은 혈관이 아주 잘 보이며 진단 가능한 경우 (Grade 4=good visibility and diagnostic)로 하였다. 동맥기획득성공여부 분석에서와 마찬가지로 각각의 등급의 모범적인 예를 분석 전에 정하여 비교하며 분석하였다.

또한 덩어리표지방법을 시행한 실험군에서 최고동맥조영시간과 연령, 체중 및 심박동수와의 사이에 유의한 연관성이 있는지 알아보았다.

통계분석

동맥기 획득 성공여부와 혈관의 가시성은 modified Kruskal-Wallis test를 이용하여 통계분석 하였다. 최고동맥조영시간과 연령, 체중 및 심박동수와의 관계는 Pearson's correlation 방법을 사용하였다.

결 과

동맥기영상획득성공여부는 표1과 같다 (Table 1). 동맥기영상만을 얻는데 성공한 경우는 (Grade 2) 실험군 33명 중에서 32명 (97%)이었고 (Fig. 2A), 대조군 48명 중에서 40명 (83%)으로 두 군간에 유의한 차이는 없었으나 ($p>.05$) 실험군에서의 성공율은 산술적으로 더 높았다. 동맥기영상을 얻는데 실패한 경우는 (Grade 0) 실험군에서는1예도 없었고, 대조군에서는1명이었다 (2%). 동맥기 영상에 정맥기 영상이 겹쳐 보였던 경우는 (Grade 1) 각각1명 (2%), 7명 (15%)이었다 (Fig. 2B).

동맥 및 정맥의 가시성의 분석 결과는 표2와 같다 (Table 2). 즉, 동맥의 가시성이 3등급이나 4등급으로 진단이 가능하였던 경우는 (Fig. 3A), 실험군에서는 30명 (91%), 대조군에서는 33명 (69%)으로 실험군에서 더 유의하게 우수한 것으로 나타났다 ($p=.0197$). 동맥의 가시성이 2등급였던 경우는 (Fig. 3B), 각각 3예와 13예에서 보였다.

정맥의 가시성은 3등급 및 4등급으로 진단 가능한 경우는 (Fig. 4A), 실험군과 대조군에서 각각 31명 (94%), 36명

Table 1. Arterial Image Successfulness between Two Groups

	Study Group (n=33)	Control Group (n=48)
Grade*		
0	0	1
1	1	7
2	32	40

Study group: with bolus-tagging method ; Control group: without bolus-tagging method

*Grade 0=invisible arterial image ; Grade 1= venous overlay in arterial phase ; and Grade 2= artery image only.

A B

Fig. 2. Examples of arterial image succesfullness in the arterial phase.
A. See the excellent arterial image when using the bolus-tagging method, which is the example of grade 2. No venous overlay is seen.
B. Venous overlay with arterial image (white arrows) on the first phase. See the portal vein (black arrows) that is simultaneously demonstrated in the arterial phase (grade 1) because of improper scan delay time. The bolus-tagging method was not performed.

(75%)으로 유의한 차이가 없었으나 (p=.2367), 실험군에서 역시 산술적으로 더 우수하였다. 정맥의 가시성이 2등급 였던 경우는 (Fig. 4B), 각각 2예와 11예에서 보였다.

Table 2. Vascular Visibility of Artery and Vein

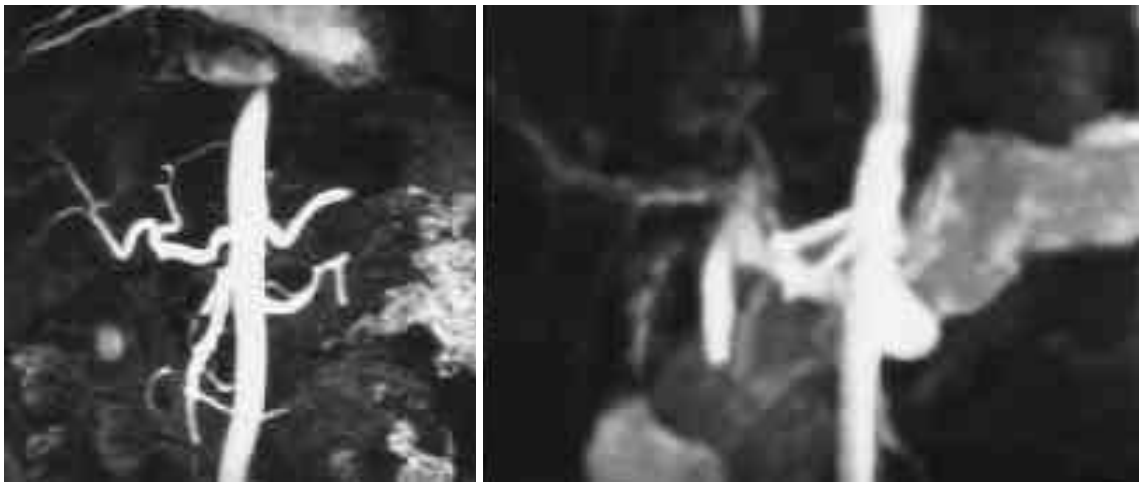
	Artery		Vein	
	Study Group	Control Group	Study Group	Control Group
Grade†				
1	0	2	0	1
2	3	13	2	11
3	9	18	15	15
4	21	15	16	21

† Grade 1 = not visible, Grade 2 = visible but not diagnostic; Grade 3 = visible and diagnostic; and Grade 4 = good visibility and diagnostic.

덩어리표지방법을 시행한 실험군에서 최고동맥조영시간은 9-25초로 평균 15.9초 였다. 이 최고동맥조영시간은 연령이 증가함에 따라 증가하는 경향을 보였으나 (r=.443, p=.0098), 체중과 (r=.326, p=.079) 심박동수 (r=.150, p=.428)와는 유의한 연관성이 없었다 (Fig. 5).

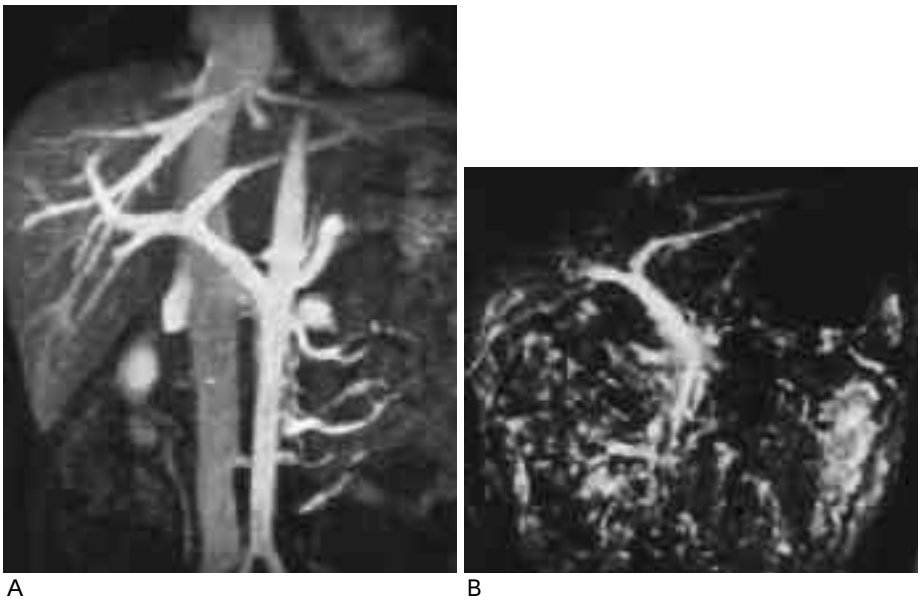
고 찰

기존의 조영제를 사용하지 않는 자기공명혈관조영술은 혈관질환을 검사하는 비침습적인 방법으로, 혈류와 연관된 신호증강을 이용하는 동시에 혈관 이외의 조직에서 나오는 신호를 억제하여 성공적인 혈관영상을 얻는 흐름시간 (TOF) 기법과 위상대조 (phase-contrast) 기법이 있다 (1,2). 복부혈관조영에 주로 이용되어 온 흐름시간기법은 층흐름을 갖는 정



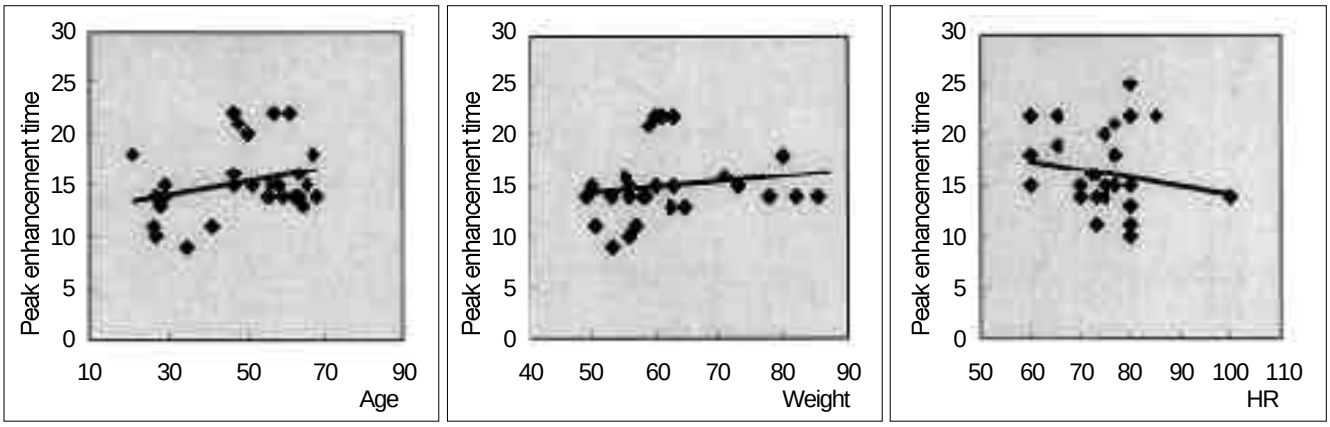
A B

Fig. 3. Arterial visibility in the arterial phase.
A. Hepatic, superior mesenteric and splenic arteries are well displayed when using bolus-tagging method, which is grade 4.
B. See the blurred hepatic artery with contrast enhancement. Vascular invasion was not diagnostic with this image (grade 2).



A B

Fig. 4. Venous visibility in the venous phase.
A. The portal and splenic veins are seen very clearly (grade 4). The middle hepatic vein, which is located on the same two dimensional plane with portal vein, is demonstrated at the same time.
B. The splenic vein and second order branch of right portal vein are faintly seen (grade 2), although the first order branches are well enhanced.



A B C

Fig. 5. Relation between peak arterial enhancement time and age, weight or heart rate.
A. Peak arterial enhancement time prolonged significantly as increasing the age ($r = .443$, $p = .0098$).
B,C. No correlation was seen between peak arterial enhancement time with weight ($p > .05$) or heart rate ($p > .05$).

상직경의 혈관들은 잘 보이나 혈관질환이 있거나, 심박출량이 감소했거나, 혈류가 느린 경우 혹은 사행성 혈관이나 혈관이 영상단면에 수직으로 있지 않은 경우등에서는 신호감소를 일으키며 말초부 혈관의 신호강도가 소실되는 문제점이 있다 (5).

이런 단점을 보완하기 위해 최근에는 T1 단축효과를 주는 조영제를 사용하여 혈류신호강도를 높이는 기법을 이용한 조영증강자기공명혈관조영술을 이용하게 되었다 (6,7). 혈액내에 상자성체조영제인 Gd-DTPA를 주입하여 혈관의 영상을 얻는 방법으로 혈류에 의한 인공물이 적으며 짧은 시간 내에 촬영하여 얻어진 정보를 MIP기법으로 재구성하여 3차원영상을 얻는다.

조영증강자기공명혈관조영술에서 이상적인 혈관영상을 얻기 위해서는 영상획득중간지점에서 최대로 조영되어야 하는데, 이 혈관에 조영제가 도달하는 시간은 환자의 체중, 연령, 심박동수, 총혈류량, 심박출량 및 조영제의 주입속도와 같은 다양한 요인들에 의하여 차이가 있으므로 많은 개인차가 있다 (3,4). 또한 조영제주입속도나 영상획득시의 호흡중지의 성공여부도 영상의 질에 영향을 미친다는 보고가 있다 (8-10). 동맥기영상을 얻고자 할 때 영상획득시작시간이 잘못되어 최고동맥조영 전후에 영상을 얻게 되면 동맥영상을 성공적으로 얻을 수 없거나 부적합한 혈관영상 즉, 동맥과 정맥이 겹쳐진 영상이 나타나게 된다 (3-4,11-12).

이 연구에서는 Gd-DTPA 1 ml를 정맥주사하고 초당 1개씩 30개의 영상에서 얻은 시간대 신호강도곡선으로부터 최고동맥조영시간을 먼저 구하고, 이를 이용하여 최적영상지연시간을 정하는 덩어리표지방법을 시행하였다. 이렇게 덩어리표지방법을 시행한 실험군과, 조영제주입 후 영상지연시간을 10초로 고정한 후 혈관영상을 얻었던 대조군을 비교하여 동맥기영상획득성공여부와 동맥 및 정맥에서의 혈관의 가시성을 비교한 결과 실험군에서 동맥의 가시성이 유의하게 우수한 것으로 나타났고 ($p>.05$), 동맥기 획득성공율 ($p = .0197$)과 정맥의 가시성 ($p = .2367$)에는 유의한 차이는 없었다.

현재까지 조영증강자기공명혈관조영술에서 최적영상지연시간을 얻기 위하여 여러 가지 방법들이 시도되었다. Hany등은 (7) 조영제 4 ml를 2초에 걸쳐 주입하는 시험주사방법으로 최적영상지연시간을 얻은 후에 시행한 신동맥자기공명혈관조영술에서 진단이 가능하였던 경우가 99.7%였으며, 최고동맥조영시간과 환자의 연령, 체중 및 심박동수와의 유의한 연관성은 없었다고 하였다. 한편, 식염수주입이 최고동맥조영시간을 단축시키는 효과가 있다고 하였으나 이 연구에서는 이에 대한 비교분석은 하지 않았다. Earls등은 (4) 대동맥영상을 얻기 위해 강력주입기를 이용하여 조영제 1 ml를 주입 후 바로 생리식염수 15 ml를 추가로 주입하는 방법으로 최적영상지연시간을 얻었던 군과 시험주사방법을 시행하지 않고 조영제를 손주사한 군과 비교하였는데, 조영제의 시험주사를 시행한 군에서 신호강도대 잡음비가 유의하게 증가하였다 ($p<.001$).

이러한 조영제시험주사방법 외에도 보고자 하는 동맥부위에 큰 화적소를 위치시키고 조영제의 앞끝이 대동맥에 도달하면 일정한 시간 후 (대략 4-5초)에 자동적으로 케이공간 (k-space) 중심부의 영상획득을 시작하는 자동유발방법이나 (11), 보고자 하는 혈관의 정해진 부피내의 신호강도가 문턱값 (threshold) 이상 증가하면 영상획득이 자동적으로 시작되는 스마트프랩 (Smartprep) 방법이 (12) 있는데 이들의 문제점은 혈관 내의 신호강도검출부위가 잘못 정해지거나 환자가 검사중 움직이면 정확한 영상획득을 할 수 없다는 것이다.

이 연구에서 시행한 덩어리표지방법은 시험주사로 인하여 사용하는 조영제의 전체양이 약간 증가되고 시간이 추가로 든다는 단점이 있다. 특히 조영제의 시험주사에 의해 혈관주변조직이 조영증강이 되어 혈관과의 대조도가 감소되는 문제점이 있었으나 주변조직의 조영증강은 미미하여 진단에는 큰 영향이 없었다. 또한 자기공명혈관조영술의 여러 방법에서 보편적으로 사용하는 MIP 영상 기법은 3차원영상을 얻기 위하여 사용되는데 이때 영상을 재구성하는 과정에서 시행자에 따라 영상의 질이 달라질 수 있으며 즉, 표적용적, 관찰 각도 및 각도 증가 등이 주요한 변수이다.

결론적으로 조영증강복부자기공명혈관조영술에서 덩어리 표지방법을 선행하는 것은 동맥영상의 가시성을 향상시키는 데 있어서 매우 유용하다. 또한 최고동맥조영시간은 연령에 따라 증가하는 경향을 보였다.

참 고 문 헌

1. Anderson CM, Edelman RR, Tuski PA. *Clinical magnetic resonense angiography*. 1st ed. New York: Raven press, 1993:1-122
2. Edelman RR. MR angiography: present and future. *AJR* 1993;161: 1-11
3. Hany TF, McKinnon GC, Leung DA, Pfammatter T, Debatin JF. Optimization of contrast timing for breath-hold three dimentional MR angiography. *J Magn Reson Imaging* 1997;7:551-556
4. Earls JP, Rofsky NM, DeCorato DR, Krinsky GA, Weinreb JC. Breath-hold single-dose gadolinium-enhanced three-dementional MR aortography: usefullness of a timing examination and MR power injector. *Radiology* 1996;201:705-710
5. Prince MR. Gadolinium-enhanced MR aortography. *Radiology* 1994; 191:155-164
6. Lee M-G, Jeong YK, Sung KB, Kim MH, Lee SG, Chien D, et al. Breath-hold contrast-enhanced 3D MR angiography in 19 seconds: value in the assessment of vascular invasion in pancreaticobiliary diseases. *Proceedings of ISMRM* ; 1997. April 12-18; Vancouver, Canada; 1997. p. 92
7. Lee M-G, Shin Y-M, Jeong YK, Sung KB, Yoon HK, Kim MH. Contrast-enhanced FISP 3D MR angiography in hilar cholangiocarcinoma: comparison with conventional arterial angiography. *Proceedings of ISMRM* ; 1998, April 18-24; Sydney, Australia;1998. p.707
8. Strouse PJ, Prince MR, Chenevert TL. Effect of the rate of gadopentetate dimeglumine admistration on abdominal vascular and soft-tissue MR imaging enhancement patterns. *Radiology*; 201: 809-816
9. Shetty AN, Shirkhoda A, Bis KG, Alcantara A. Contreast-enhanced three-dimentional MR angiography in a single breath-hold: a novel technique. *AJR* 1995;165:1290-1292
10. Prince MR, Narasimham DL, Stanley JC, Chenevert TL, Williams DM, Marx MV. Breath-hold gadolinium-enhanced MR angiography of the abdominal aorta and its major branches. *Radiology* 1995;197: 785-792
11. Prince MR, Chenevert TL, Foo TKF, Londy FJ, Ward JS, Maki JH. Contrast-enhanced Abdominal MR angiography: optimization of imaging delay time by automating the detection of contrast material arrival in the aorta. *Radiology* 1997;203:109-114
12. Foo TKF, Saranthan M, Prince MR, Chenevert TL. Automated detection of bolus arrival and initiation of data acquisition in fast, three-dimensional, gadolinium-enhanced MR angiography. *Radilogy* 1997;203:275-280

대한방사선의학회지 1999;41:705-711

J Korean Radiol Soc 1999;41:705-711

Value of a Bolus-Tagging Method on Contrast-Enhanced Abdominal MR Angiography

Mi Ra Seo, M.D., Moon-Gyu Lee, M.D., Hyuk Jin Hong, M.D., Hyun Kwon Ha, M.D., Pyo Nyun Kim, M.D., Yong Ho Auh, M.D.

[1]*Department of Diagnostic Radiology University of Ulsan, Asan Medical Center*

Purpose : To assess the value of the bolus-tagging method for improving the image quality of contrast-enhanced MR abdominal angiography, and to evaluate the relationship between peak arterial enhancement time and patients ' age, weight and heart rate.

Materials and Methods : Contrast-enhanced 3D FISP abdominal MR angiography was performed in 81 patients during a four-month period. The bolus-tagging method was used in a study group comprising 33 patients, and to this end, 1 ml of Gd-DTPA (gadolinium-diethylenetriamine penta-acetic acid) was administered. thirty sequential images (1 image/sec) were then obtained using turbo-FLASH sequencing. After determining peak arterial enhancement time from the time-to-signal intensity curve, optimal scan delay time can be calculated according to the formula used in our patient series. The 48 patients in whom the bolus-tagging method was not used comprised the control group ; in the study group scanning commenced at the optimal scan delay time (and at 10 seconds in the control group) after the administration of 0.2 mM/kg Gd-DTPA using an automatic power injector. Using a three-point scale we evaluated and compared between the two groups the success with which arterial images were obtained. In addition, vascular visibility -an indication of the quality of arteries and veins-was determined using a four-point scale. In the study group, the relationship between peak arterial enhancement time and patients ' age, weight heart rate was also assessed.

Results : Pure arterial images were successfully obtained in 32 patients (97%) in the study group and in 40 (83%) in the control group. This difference was not statistically significant ($p > .05$). With regard to vascular visibility, diagnostic arterial images were seen in 30 patients (91%) in the study group and in 33 patients (69%) in the control group; arterial visibility was significantly better in the study group ($p = .0197$). On the other hand, the diagnostic venous images were seen in 31 patients (94%) in the study group and in 36 (75%) in the control group; there was no significant difference between the two groups ($p = .2367$). Peak arterial enhancement time increased significantly with age ($r = .443$, $p = .0098$); no correlation,however was seen between peak arterial enhancement time and weight ($p > .05$) or heart rate ($p > .05$).

Conclusion : Used with contrast-enhanced 3-D FISP MR abdominal angiography, the bolus-tagging method provides better arterial visibility. Peak arterial enhancement time increased significantly with age.

Index words : Gadolinium
Magnetic resonance (MR), contrast enhancement
Magnetic resonance (MR), vascular studies

Address reprint requests to : Moon-Gyu Lee, MD., Department of Diagnostic Radiology University of Ulsan, Asan Medical Center
#388-1 Poongnap-Dong, Songpa-Ku, Seoul 138-040, Korea.
Tel. 82-2-2224-4400 Fax. 82-2-476-4719