

자기공명 담관촬장조영술에서 음성 경구 조영제로 사용한 초상자성 산화철 제재의 유용성

이 정 민 · 송 원 규 · 이 종 덕

목적: 자기공명 담관촬장조영술(MR Cholangiopancreatography, 이하 MRCP)에서 음성 경구 조영제로 사용한 초상자성 산화철 (Superparamagnetic iron oxide, SPIO) 제재의 유용성을 영상 질의 향상 효과를 통하여 알아보려고 하였다.

대상 및 방법: 임상소견, 이학적 검사 및 초음파 검사에서 담도와 촬장질환이 의심되었던 48명의 환자와 자원자 6명을 대상으로 하였다. 음성 경구 조영제로 사용한 SPIO 제재의 적정 농도의 선택을 위해 정주용 SPIO제재 0.5ml, 0.75ml, 1 ml, 1.5 ml 및 2ml을 500ml 물에 희석시켜 가상 실험을 통하여 T2강조영상에서 물의 신호강도가 완전히 소실되는 최소농도를 산출하였다. MRCP영상은 1.5T를 이용하여 지방억제 HASTE (half-Fourier acquisition single-shot turbo spin echo) 와 터보스핀에코(Turbo spin echo) 기법을 이용하여 얻었다. 조영 후 영상은 음성 경구 조영제 300ml를 경구 섭취하고 10분 후에 얻었고, 조영 전 후 영상을 최대 신호 투영법으로 재구성하였다. 영상 분석은 조영 전 영상에 비교하여 위십이지장내의 액체의 고신호강도에 따른 총수담관 및 췌관의 묘출의 방해 정도 및 진단의 향상 정도를 두 명의 방사선과 의사가 합의하여 정성적으로 분석하였다.

결과: 가상 실험에서, 22.4 ugFe/ml 농도의 혼합액 (Feridex I ml 용액을 자유수 500ml에 희석하여 만든 농도)에서의 신호강도 소실 백분율의 증가가 가장 현저한 변화를 보였다. 영상분석에서는, 조영 후 영상이 조영 전 영상에 비해 영상의 질이 향상되었다. 또한 환자의 25% (12/48)에서 조영 전 영상에 비하여 더 정확한 진단을 가능하게 하였다.

결론: MRCP영상 획득 시 음성 경구 조영제로서 사용된 초상자성 산화철 (SPIO) 제재는 영상 질의 향상시켜 담도 및 촬장질환을 평가하는데 유용할 것으로 사료된다.

서 론

자기공명 담관촬장조영술 (MR cholangiopancreatography, 이하 MRCP로 약함)은 담도나 췌관 내의 액체가 강한 T2강조영상기법에서 고신호를 보이는 점을 이용하여 담도와 췌관의 협착 및 폐색등의 형태학적 이상을 묘출하는 자기공명영상 기법으로, 최근에는 진단적 목적의 내시경 역행 담관촬장조영술의 자리를 대체해나가고 있다 (1-4). 현재 MRCP를 얻기 위해 주로 이용되는 기법들은 기존의 고속 경사자장 에코 (high-speed gradient echo) 기법에서 single-shot rapid acquisi-

tion with relaxation enhancement (RARE) 또는 HASTE 기법 등을 이용한 고속 스핀 에코 (fast or turbo-spine echo) 기법으로 대체되고 있다 (1-7). 이러한 방법들은 담도 및 췌관 병변들의 진단에 매우 효과적이나 간혹 위와 십이지장의 분비액에서 발생하는 고신호 강도에 의하여 말단 총수담관 및 췌관의 평가가 어려운 경우가 발생하며 이 문제를 해결하는 것은 중요한 관심사가 되었다. 검사 전 금식만으로는 위장관계 신호 강도를 충분히 제거할 수 없기 때문에, 이러한 목적에서 음성 경구 조영제의 사용은 매우 효과적이다 (8, 9).

초상자성산화철 (superparamagnetic iron oxide, 이하 SPIO 로 약함) 제재는 자기장의 국소적 교란을 통하여 신호 강

대한자기공명의과학회지 5:49-56(2001)

전북대학교병원 진단방사선과

접 수 : 2001년 3월 10일, 채 택 : 2001년 5월 12일

통신저자 : 이정민, (561-712) 전북 전주시 금암동 634-18 전북대학교병원 진단방사선과

Tel. 82-652-250-1152 Fax. 82-652-272-0481

이정민 외

도를 감소시키는 입상성 MR 조영제로서, 정맥 내로 주입시 세 망내피계에 섭취된 후 간의 쿠퍼 (Kupffer) 세포에 축적되어 자장의 불 균일성을 형성하고 T2 이완시간을 단축시킴으로써 간 실질의 신호강도를 감소시켜 간과 비장에서 악성 종양의 발견율을 향상시킨다 (10-16). 원래 정주용으로 개발된 Ferumoxide (Feridex®, Advanced Magnetix, Cambridge, Massachusetts, USA)는 텍스트란과 결합된 SPIO 수성 콜로이드 용액으로 물에 희석할 경우에도 그 화학적 상태가 유지되어 스핀-스핀 이완시간을 현저하게 단축시켜 위장관내 신호 강도를 제거하는 음성 경구 조영제로 사용할 수 있다.

현재까지 MRCP에서 SPIO 제제의 음성 경구 조영제로서의 사용에 대한 연구나 보고는 많지 않다 (17-19). 이에 저자들은 담도 및 췌장질환이 의심되어 MRCP를 시행한 환자들에서 음성 경구 조영제로 사용한 SPIO 제제의 잠재적 유용성을 조영전 후의 영상을 평가함으로써 알아보고자 하였다.

대상 및 방법

대상환자

임상소견, 이학적 검사 및 초음파 검사상 담도 및 췌장질환이 의심되었던 48명의 환자와 자원자 6명을 대상으로 하여 조영 전후 영상을 얻었다. 평균나이는 55세 (29-78세) 였고 남녀 비는 32 : 22 이었다. 내원 당시 임상증상은 복통, 황달, 오심, 구토 등 이었다.

조영제 및 가상 실험

음성 경구 조영제로는 Ferumoxide (Feridex®; Advanced Magnetix, Cambridge, USA) 용액을 사용하였다. Feridex는 자기공명영상 조영제로서 정맥투여 목적으로 만들어진 텍스트란과 결합된 초상자성산화철 수성 콜로이드성 적갈색 용액으로 한 병에 5ml 용량이었고 PH 5-9 에서 1ml 당 11.2 mmg의 철과 61.3 mmg의 만니톨을 함유하고, 또한 텍스트란 (5.6-9.1 mg/ml) 과 구연산 (0.25-0.53 mg/ml) 도 함유하고 있다. 위와 십이지장관내 액체에 의한 신호를 상쇄시키기 위한 적정 농도 산출 가상 실험 (Phantom experiment)은 Feridex 용액 0.5 ml, 0.75 ml, 1 ml, 1.5 ml 및 2 ml를 자유수와 혼합하여 총량이 500ml이 되게 하였다. 이들 100배, 670배, 500배, 330배 및 250 배로 희석한 500ml SPIO혼합액을 다섯 개의 플라스틱 병에 각각 담은 후, 단축방향으로 1.5 Tesla unit (Magnetom Vision ; Simens AG, Erlangen, Germany) 와 위상 배열 코일 (phase array coil)을 사용하여 HASTE (TR 11.9 ms, TE 95 ms), 그리고 TSE (TR 2800 ms, TE 1100 ms) 기법을 이용한 중강조 T2 영상을 얻어 중심원의 중심부에 관심부위 (region of interest, ROI) 를 설정하고 각각의 희석농도에서 신호강도를 측정하였다. 같은 방법으로, 순수 자유수 만으로 채워진 500 ml 플라스틱 병에서 얻어

진 신호강도를 기준으로 하여 각각의 희석농도에서 신호강도 소실 백분율 (Percentage of Signal Intensity Loss, 이하 PSIL로 약함) 을 구하여 적정 투여농도를 산출하였다.

또한, 모든 환자와 자원자들에서 조영 후 영상을 얻은 직후에 맛, 오심, 구토, 복통, 설사, 방귀, 복부 팽만감, 또는 소화불량에 관련한 불편함에 대하여 알아보았고 24 시간 후에 다시 한번 반복해서 질문하여 합병증 유무를 알아보았다.

MR 기법

자원자들은 Feridex희석액의 음성경구조영제로서의 효과를 확인하기 위하여 MRCP시행 20분 전에 100 ml 정도의 자유수를 경구 복용하여 인위적으로 위와 십이지장내에 액체에 의한 고신호강도가 발생하게 하였으며, 대상 환자들은 MRCP 시행 전 3시간 정도 금식을 하였다. 모든 MR 영상은 1.5 Tesla Unit (Magnetom Vision; Simens AG, Erlagen, Germany) 를 이용하여 얻었으며 환자들은 양위로 위치시키고 위상 배열 코일을 이용하였다. MR 영상은 호흡정지 HASTE 기법 (TR 11.9 ms, TE 95 ms, ETL 128, flip angle 150, matrix size 115×256, FoV 333×380, slice thickness 5 mm, scan time 17 seconds) 과 지방신호억제 TSE(TR 2800 ms, TE 1100 ms, flip angle 150, matrix size 240×256, FoV 300×300, scan time 7.2 seconds) 기법을 이용하여 관상면으로 얻었다. 조영 후 영상은 음성 경구 조영제로 Feridex 1ml를 500배로 희석한 용액 300 ml (22.4 ugFe/ml)를 경구 투여하고 10 분 후에 같은 기법으로 얻었으며 최대 신호 투영법으로 재구성하였다.

영상 분석 및 통계 처리

영상 평가는 조영 후 위십이지장내의 신호강도 제거에 의한 원위부 총담관과 췌관의 잘 보이는 정도와 판독에 미치는 영향을 기준으로 하여, 두 명의 방사선과 의사가 합의하여 다음과 같이 4 등급으로 분류하고 각 등급에 맞추어 1점에서 4점까지 점수를 준 후에 평균점수와 각 점수가 차지하는 백분율을 구하였다.

1 : 강한 위십이지장내의 신호강도에 의해 판독이 어려운 경우 (poor).

2 : 일부 위십이지장내의 신호강도가 판독에 나쁜 영향을 주는 경우 (fair).

3 : 일부 위십이지장내의 신호강도가 판독에 영향을 주지 않는 경우 (good).

4 : 위십이지장내의 신호강도가 완전히 제거된 경우 (excellent).

같은 방법으로 조영 전 영상을 분석하여 조영 후 영상과 비교하였다. 또한, 조영 전 영상에서 불명확한 진단이 이루어졌으나 조영 후 영상에서 명확한 진단을 할 수 있었던 증례들을 분석하여 진단율의 향상정도를 알아보았다.

결 과

경구투여의 적정 농도 산출을 위한 가상 실험에서, T2 강조 영상기법 (TSE T2WI, HASTE) 에서 얻어진 같은 양의 물의 신호강도에 비교하여 Feridex 용액의 각각의 희석농도에서 평균 신호강도의 소실 백분율 (PSIL)은 670 배 희석농도 (93.7%)에 비해 500배 희석농도에서 97.7% 정도로 현저하게 증가되었지만 330배 이하의 희석농도에서는 99% 정도로 완만한 증가를 보였다 (Fig. 1). 따라서 Feridex 용액 1 ml를 자유수에 500배 희석하여 만든 농도 (22.4 ugFe/ml)를 적정 경구 투여농도로 하였다.

경구 조영제 섭취 전후 MRCP 영상분석에서, 대상 환자군에

있어서 조영 전 영상은 1점이 3예 (8.3%), 2점이 21예 (41.7%), 3점이 24예 (50%)로 평균 2.4 점이었으며, 조영 후 영상은 3 점이 11예 (22.9%), 4점이 37예 (77.1%)로 평균 3.8 점으로 향상된 영상효과를 보였다 (Fig. 2). 자원자들의 경우에는 조영 전 영상은 영상습득 전 섭취한 자유수의 위장관 내 저류에 의한 강한 신호강도 때문에 1점이 4예, 2점이 2예였지만 조영 후 영상은 4점이 5예, 3점이 1예로서 위 십이장 내 신호강도가 거의 완전히 소실되어 원위부 총담관과 췌관을 전장에 걸쳐 관찰할 수 있었다 (Fig. 3).

500배 희석 SPIO 용액 300 ml의 경구복용으로 대상환자 37예 (77%) 에서 위십이지장내의 신호강도가 완전히 소실되었고, 이중 8예 (21.6%) 에서는 조영 전 영상에서 불확실했던 소견을 명확히 관찰함으로써 확실한 진단을 할 수 있었다. 예를

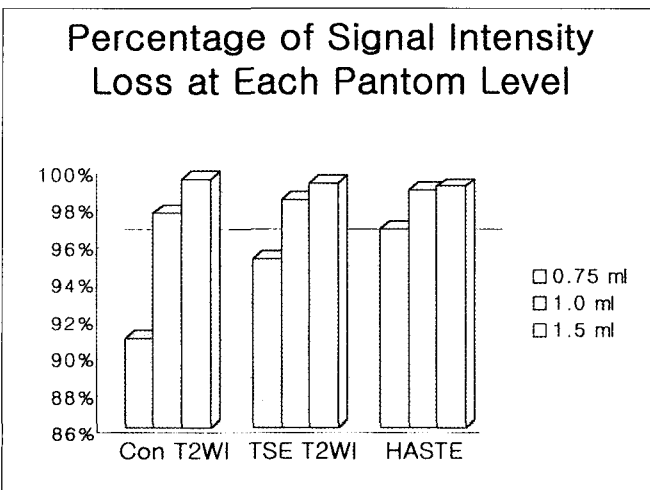
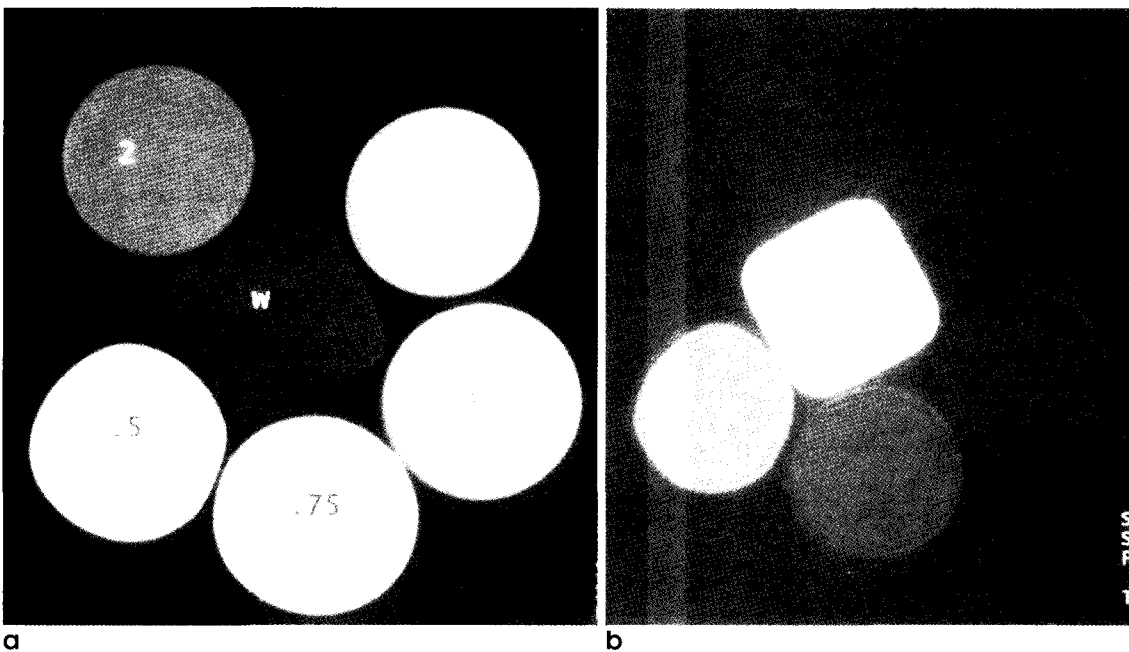


Fig. 1. A phantom experiment for the determination of an optimal administrative concentration of negative oral contrast agent (SPIO)

a. T1-weighted images were obtained in phantoms comprising five free water solutions of different concentration of negative oral contrast agent (SPIO), each filling in 500mL plastic bottles. **b.** In T2-weighted images of each phantom solution of different concentration, the concentration of 22.4ug/Fe/ml (1ml SPIO diluted with 500ml free water) shows remarkable signal intensity loss relative to the lower concentrations (0.5 ml or 0.75ml diluted with 500ml free water). **c.** A histogram shows percentage of signal intensity loss (PSIL) of each phantom in T2-weighted images. A concentration of 22.4ug/Fe/ml (1ml SPIO diluted with 500 ml free water) shows significantly increased PSIL relative to the lower concentration (0.75 ml SPIO diluted with 500ml free water).

이정민 외

들면, 췌장 두부에 낭종성 종괴가 의심되었던 환자와 원위부 총담관 폐쇄가 의심되었던 환자에서 십이지장내의 신호강도를 제거함으로써 각각 낭종성 췌장 종괴와 원위부 총담관결석을 진단할 수 있었다 (Fig. 4). 또한, 급성 괴사성 췌장염이 의심되었던 환자와 췌장 가성낭종이 의심되었던 환자에서도 위장내의 신호강도를 완전히 제거함으로써 각각 염증성 액체저류와 비장내 가성낭종을 명확히 확인할 수 있었다 (Fig. 5). 이 외에도 위십이지장내의 신호강도에 가려서 명확히 보이지 않았던 담낭 또는 간내담도결석등을 명확히 진단할 수 있었다.

또한, 조영 전 영상에서 병변이 의심되었던 4예에서는 조영 후 영상에서 명확하게 정상적인 담도 및 췌관 구조 등을 확인함

으로써 위양성 소견을 배제할 수 있었다. 따라서 전체 환자 48명 중 12명 (25%)에서 조영전 영상에서 불명확했던 병변을 조영 후 영상에서 명확히 진단할 수 있었다.

모든 예에서 경구 조영제를 복용하는데 있어서 특별한 불편감은 호소하지 않았으며 검사 후나 24시간이 지난 후에 특별한 합병증도 없었다.

고찰

현재 MRCP에서 고속영상 기법이 적절한 것으로 생각되고 있기 때문에 고속 스핀에코 기법으로 얻어지는 투영 영상의 유용성이 더욱 더 강조되고 있다. 이러한 기법으로 single-shot RARE or HASTE 기법이 있으며 고속 영상 과 조영증강 영상의 획득이 가능하다는 점에서 원래의 multishot RARE 기법보다 유용하다 (20). Single-shot RARE or HASTE 기법에서는 효과적인 에코 시간이 아주 길기 때문에, 뇌척수액, 위장관액, 소변, 담즙, 그리고 췌장액 등을 포함한 액체 영상이 얻어질 수 있다. 이러한 이유로, 위장관 내용물에 의해 만들어지는 강한 신호강도가 MRCP 에서의 진단에 종종 장애물로 작용한다 (8). 본 연구에서도 조영 전 영상이 1점 (poor)으로 평가되었던 3예 (8.3%) 에서 검사 전 금식만으로는 위십이지장내의 신호강도를 충분히 제거할 수 없었으며 2 점으로 평가되었던 21 예 (41.7%) 에서는 판독에 어느 정도 지장을 받았다. 만약에 이러한 강한 신호강도가 위장관계내의 음성 경구 조영제에 의해 제거될 수 있다면 영상 판독은 좀더 용이해진다.

담도 췌장관계를 평가하고자 하는 MRCP 에서, 십이지장내의 신호강도는 종종 유용할 수 있지만 위 내의 신호강도는 장애물로 작용한다. 이차원적 다층면 펄스 기법으로 얻어진 영상에서는 장관이 원 영상 (source image) 을 참조함으로써 주위 구

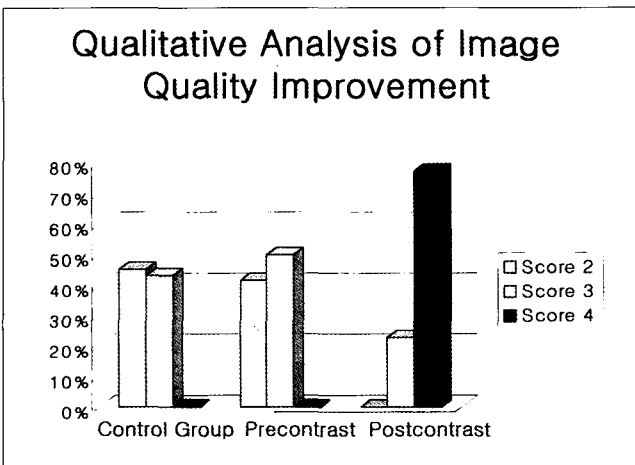


Fig. 2. The histogram of qualitative analysis of image quality improvement after SPIO administration, post-contrast images marks higher scores than precontrast images at MRCP.

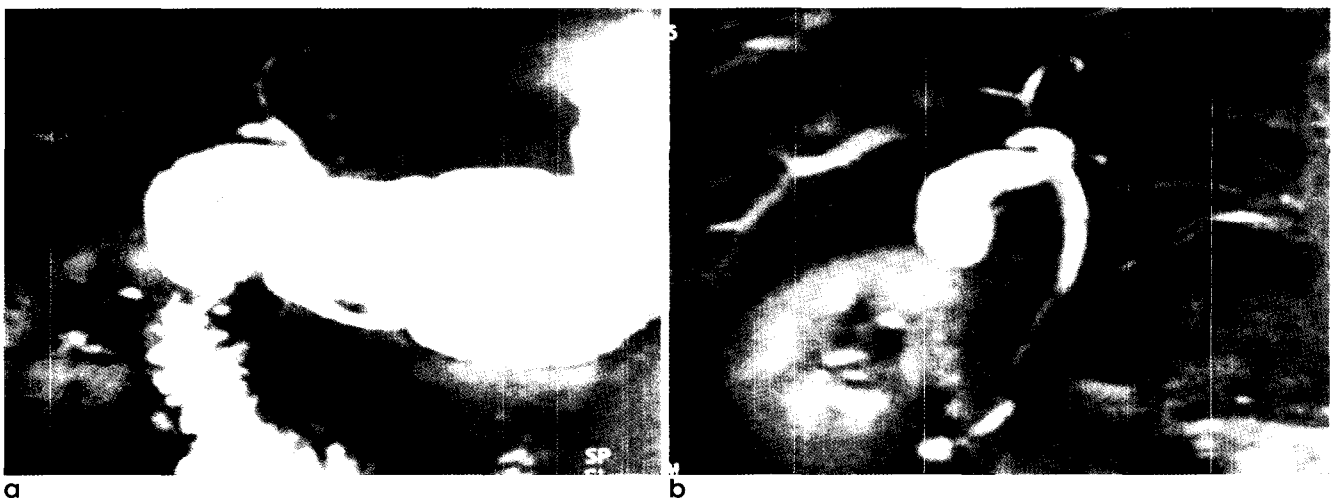


Fig. 3. A 29-year-old healthy volunteer without symptoms of pancreatobiliary tract. **a.** Precontrast MRCP images do not clearly visualize normal pancreatobiliary tract owing to overlapped high signal intensity in stomach and duodenum. **b.** Postcontrast MRCP images clearly visualize normal pancreatobiliary tract by completely eliminating the high signal intensity inside stomach and duodenum.

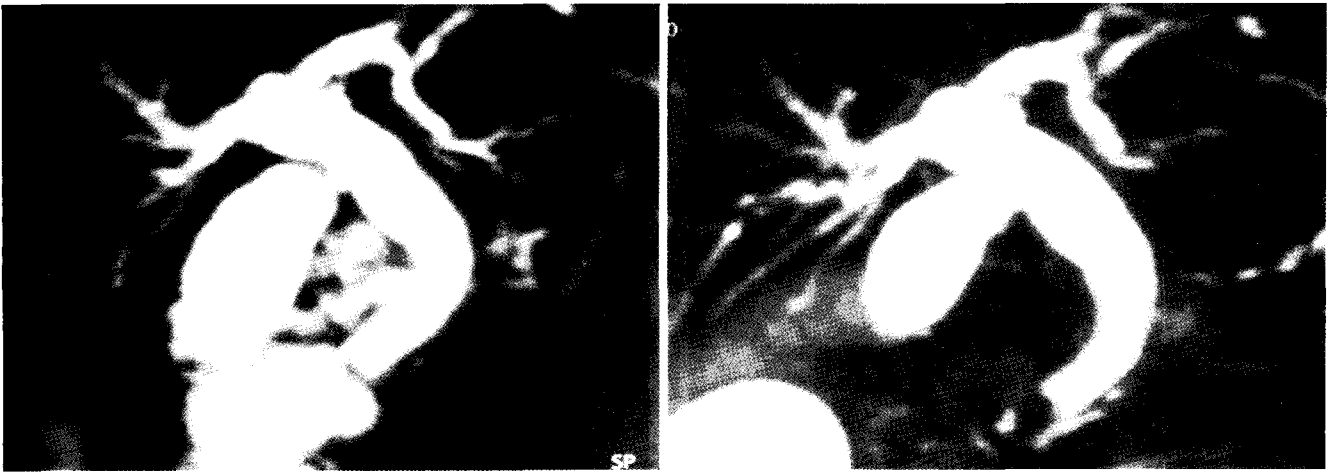


Fig. 4. A 74-year-old man suspected of a distal CBD stone. **a.** In precontrast MRCP images, the distal CBD portion is not clear enough to make a diagnosis owing to overlapped high signal intensity in duodenum. **b.** In postcontrast MRCP Images, the high signal intensity inside duodenum is almost completely eliminated, and a distal CBD stone of sharply defined low signal intensity is clearly visualized.

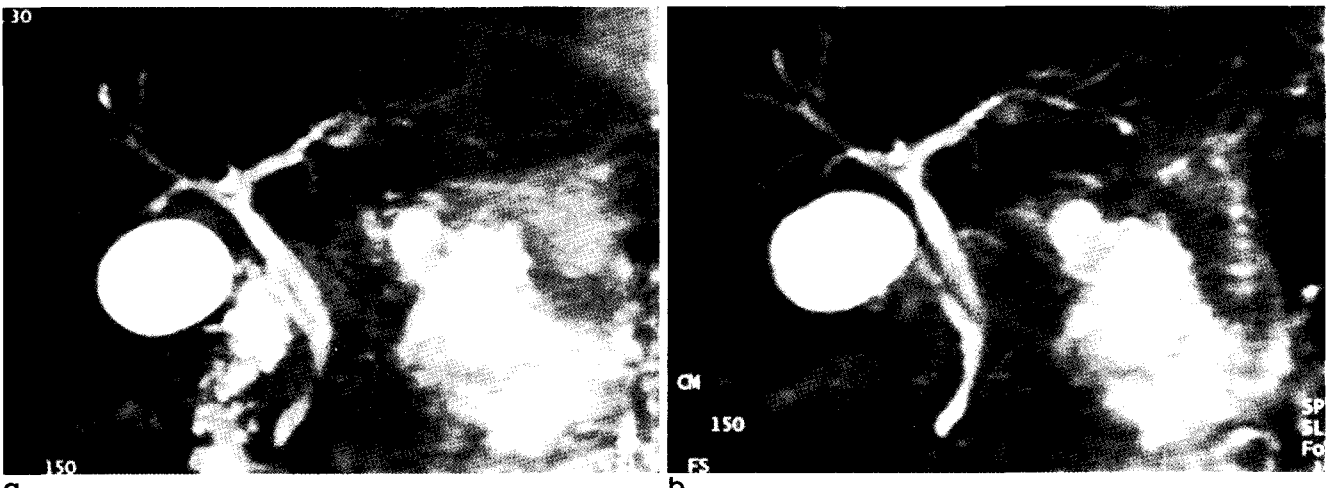


Fig. 5. A 67-year-old woman suspected of acute necrotizing pancreatitis. **a.** In precontrast MRCP images, inflammatory fluid collections of pancreas are not easily distinguishable from the high signal intensity inside stomach and duodenum. **b.** Postcontrast MRCP images clearly demonstrate inflammatory fluid collections of pancreas by completely eliminating the high signal intensity inside stomach and duodenum, and the acute necrotizing pancreatitis is clearly visualized.

조물과의 구분이 용이하기 때문에 장관 내에서 발생하는 고 신호강도가 별다른 문제를 일으키지 않는다. 그러나, single-shot RARE or HASTE 영상에서, 장관 특히 위장내용물에 의한 신호강도의 제거는 MRCP 영상의 질을 향상시키는데 도움이 된다. 본 연구에서도, 자원자들의 경우에서 조영 전에 경구 섭취되었던 자유수에 의한 위십이지장내의 신호강도가 조영 후에 거의 완전히 제거됨으로써 총담관과 췌관을 명확히 볼 수 있어 영상 질의 향상효과를 확인할 수 있었으며, 대상환자들에 있어서도 37예 (77%) 에서 위십이지장의 신호강도가 완전히 제거됨

으로써 향상된 영상효과를 얻을 수 있었고, 이 중 8예 (21.6%) 에서는 판독결과에 결정적으로 영향을 미쳤다. 특히, 위십이지장내 신호강도에 의해 증첩될 수 있는 췌장 내 낭종성 종괴 및 염증성 액체저류, 원위부 총담관 및 좌측 간내담도 결석 또는 확장, 그리고 췌관 결석 및 확장 등의 질환을 진단하는데 유용하였다. 또한, 본 연구의 4예 (8.3%) 에서는 조영 전 영상만으로 병변이 불명확한 경우에 위양성 소견을 배제시킴으로써 비특이적 소견으로 평가할 수 있었다.

복부질환의 진단을 위한 자기공명영상 습득시 경구 조영제들

이정민 외

은 일반적으로 축상면 영상에서 장관과 비장관 구조물을 구분하기 위해서 요구된다. 장관구조물을 표시함으로써, 위장관 조영제는 췌장 두부와 같은 정상구조를 확인하고 동맥근방 림프절종대와 같은 이상 소견들을 감별하는데 기준점이 된다. 자기공명 영상의 이용초기부터 최근까지, MR 영상에서 위장관계의 확인을 용이하게 하기 위해서 신호강도를 증가 또는 감소시키는 다양한 양성 조영제들과 음성 조영제들이 연구되어 왔다. 양성 조영제에는 초자성 물질들 (paramagnetic substances) 이 포함되고 음성 조영제에는 perfluorocarbons, clays, 그리고 산화철 물질들 (iron oxide particles) 등이 있다 (21-24).

위장관계에 사용할 수 있는 전형적인 음성 경구 조영제들은 air (25), perfluorooctylbromide (26), SPIO (9, 17-19), 그리고 Kaopectate (27)를 포함한다. 공기 사용시의 문제점은 많은 양의 투입이 어렵다는 것이고 Kaopectate 는 아직 임상적 적용 단계에 있지 않으며, SPIO 와 perfluorooctylbromide 는 임상적으로 제한된 수의 나라에서만 적용되고 있다. 따라서, 본 연구는 정맥 내 정주용으로 개발되어 사용되고 있는 Ferumoxide 용액을 자유수에 희석하여 경구 복용이 가능하게 조작하였고 가상실험을 통하여 적정 투여농도를 산출하였다.

가상 실험에서, 자유수에 희석하여 만든 Feridex 혼합액은 TSE, HASTE 를 포함하는 T2 강조영상에서 낮은 신호강도를 보였다. 따라서, 중 강조 T2 영상인, HASTE 와 TSE 기법을 이용한 MRCP 에서 Feridex 가 음성 경구 조영제로 사용될 수 있음을 확인하였다. 적정 투여 농도 산출을 위하여 각각 5 단계로 나누어 희석한 농도에서의 신호강도는 농도가 증가할수록 감소하였고 PSIL은 비례하여 증가하였다. 특히, 500배 희석 SPIO용액에서 현저한 변화를 보였고 그 이상의 농도에서는 완만한 변화를 보여 조작이 용이하고 경제적인 비용과 함께 충분한 효과를 얻을 수 있을 것으로 판단하여 이를 적정농도로 결정하였다. 투여 용량은, 자원자들의 경우에서 조영전에 경구로 섭취한 자유수 100 ml 정도로 위십이지장내 거의 전부를 차지하는 신호강도를 얻을 수 있음을 확인하고 환자에게 큰 불편함이 없을 것으로 판단되는 300 ml 정도를 적정용량으로 정하였다. 실제로 대부분의 예 (77%) 에서 위십이지장내의 신호강도가 거의 완전히 소실되었고 복용하는데 큰 불편함은 없었으며 24 시간 후에도 특별한 합병증은 없었다. 또한 이 연구에서 전체적으로 25%의 환자에서 조영 전 영상에서 불명확했던 병변을 조영 후 영상에서 명확히 진단할 수 있었는데 이는 Feridex희석액의 음성경구조영제로서의 복용이 MRCP상 담도 및 췌장질환의 진단의 확실도를 높이는 데 상당한 역할을 할 수 있음을 시사한다.

본 연구의 제한점으로는, 첫째로 SPIO의 적정농도를 결정하는 데 있어 일정한 단위의 다양한 농도를 시험하지 않고 단지 몇 가지 농도의 가상실험만을 시행한 점이 있으며, 둘째로는 다른 음성 경구 조영제와의 비교 연구 와 적정 용량 및 농도를 산출하는데 충분한 연구가 부족하여 안정성 및 비용 효과면에서의 확실성을 줄 수 없었다. 마지막으로 영상 평가에서도 조영 후

영상에서 조영제 섭취 여부를 쉽게 알 수 있기 때문에 주관적 편견의 개입 가능성을 배제할 수 없었다. 그러나 거의 모든 예들에서 조영 전 영상에 비해 원위부 총담관과 췌관이 명확히 관찰되었기 때문에 앞으로 추가 연구를 통하여 조영제의 적정 농도와 용량을 표준화시킨다면 원위부 총담관과 췌관에서 발생한 질환에 대해서는 진단율을 높일 수 있을 것으로 생각한다.

결론적으로 MRCP에서 초상자성산화철 제제 (SPIO) 는 담도췌장질환을 평가하는데 음성 경구 조영제로 유용하게 사용될 수 있으며 영상의 질을 향상시킴으로써 진단의 정확성을 높일 수 있을 것으로 생각한다.

참 고 문 헌

1. Takahara Y, Ichijo K, Tooyama N, et al. Breath-hold MR cholangiopancreatography with a long-echo-train fast spin-echo sequence and a surface coil in chronic pancreatitis. *Radiology* 1994; 192: 73-78
2. Soto JA, Barish MA, Yucel EK, et al. Pancreatic duct: MR cholangiopancreatography with a three-dimensional fast-spin-echo technique. *Radiology* 1995; 196: 459-464
3. Reinhold C, Cubaud L, Genin G, Bret PM. MR cholangiopancreatography: comparison between two-dimensional fast spin-echo and three-dimensional gradient-echo pulse sequences. *JMRI* 1995; 4: 379-384
4. Macaulay SE, Schulte SJ, Sekijima JH, et al. Evaluation of a non-breath-hold MR cholangiopancreatography technique. *Radiology* 1995; 196:227-232
5. Miyazaki T, Yamashita Y, Tsuchigame T, Yamamoto H, Urata J, Takahashi M. MR cholangiopancreatography using HASTE (half-Fourier acquisition single-Shot turbo spin-echo) sequences. *AJR* 1996; 166:1297-1303
6. Reuther G, Kiefer B, Tuchmann A. Cholangiography before biliary surgery: single shot MR cholangiography versus intravenous cholangiography. *Radiology* 1996;198:561-566
7. Hening J, Friedburg H. Clinical applications and methodological developments of the RARE technique. *Magn Reson Imaging* 1988; 6:391-395
8. Shinji H, Rina H, Hideo U, Satoru K, Wataru O, Hajime O, Shiro N. MR Chol-Angiopancreatography and MR Urography: Improved Enhancement with a N-Gative Oral Contrast Agent. *Radiology* 1997; 2-3:281-285
9. Rinck PA, Smevik O, Nilsen G, et al. Oral magnetic particles in MR imaging of the abdomen and pelvis. *Radiology* 1991; 178:775-779
10. Hahn PF and Saini S. Liver-specific MR imaging contrast agents. *Radiol Clin North Am* 1998; 36:287-297
11. Petersein J, Saini S, and Weissleder R. Liver II: iron oxide-based reticuloendothelial contrast agents for MR imaging. *Radiol Clin North Am* 1996; 4:53-60
12. Fret CJ, Elizondo G, Weissleder R, et al. Superparamagnetic iron oxide-enhanced MR imaging: pulse sequence optimization for detection of liver cancer. *Radiology* 1989; 172:393-397
13. Tsang YM, Stark DD, et al. Hepatic micrometastasis in the rat: Ferrite-enhanced MR imaging. *Radiology* 1988; 167: 21-24

14. Saini S, Stark DD, et al. Ferrite particles: a superparamagnetic MR contrast agent for enhanced detection of liver carcinoma. *Radiology* 1987; 162:217-222
15. Winter TC III, Freeny PC, Nighiem HV, et al. MR imaging with IV superpara-magnetic iron oxide: efficacy in the detection of focal hepatic lesions. *AJR* 1993; 161:1191-1198
16. Yamamoto H, Yasuyuki Y, et al. Hepatocellular carcinoma in cirrhotic livers: detection with unenhanced and iron oxide-enhanced MR imaging. *Radiology* 1995; 195:106-112
17. Hahn P.F, Stark D.D, Lewis J.M, et al. First clinical trial of a new superpara-magnetic iron oxide for use as an oral gastrointestinal contrast agent in MR imaging. *Radiology* 1990; 175:695-700
18. Johnson W.K, Stoupis C, Torres G.M, Eugene B, et al. Superparamagnetic Iron Oxide (SPIO) as an oral negative contrast agent in gastrointestinal (GI) Magnetic Resonance Imaging (MRI): Comparison with state-of-the-art Com-puted Tomography (CT). *Magnetic Resonance Imaging* 1996; 14:43-49
19. Blandino A, Gaeta M, Mazziotti S, Settineri N, Pandolfo I. Use of oral super-paramagnetic contrast media in cholangiopancreatography with TSE single-shot magnetic resonance. *Radio Med (Torino)* 1998;96:87-91
20. Laubenberg J, Buchert M, Schneider B, Blum U, Henning J, Langer M. Breath-hold projection magnetic resonance-cholangiopancreatography (MR-CP): a new method for the examination of the bile and pancreatic ducts *Magn Reson Med* 1995; 33:18-23
21. Wesby GE, Breach RC, Engelstad BL, Mass AA, Crooks LE, Bristo AC. Nuclear magnetic resonance contrast enhancement study of the gastrointestinal tract of rats and human volunteers using nontoxic oral iron solutions. *Radiology* 1983; 149:175-180
22. Laniado M, Kornmesser W, Hamm B, Clauss W, Weinmann H-J, Felix R. MR imaging of the gastrointestinal tract: value of Gd-DTPA. *AJR* 1998; 150:817-821
23. Mattrey RF, Hajek PC, Gyls-Morin VM, et al. Perfluorochemicals as gastro-intestinal contrast agents for MR imaging: preliminary studies in rats and humans. *AJR* 1987; 148:1259-1263
24. Listinsky JJ, Bryant RG. Gastrointestinal contrast agents: a diamagnetic approach. *Magn Reson Med* 1988; 8:285-292
25. Weinreb JC, Maravilla KR, Redman HC, Nunnally R. Improved MR imaging of the upper abdomen with glucagon and gas. *J Comput Assist Tomogr* 1984; 8:835-838
26. Brown JJ, Duncan JR, Heiken JP, et al. Perfluorooctylbromide as gastrointestinal contrast agent for MR imaging: use with and without glucagon. *Radiology* 1991; 181:455-460
27. Mitchell DG, Vintiski S, Mohamed FB, Mammone JF, Haidet K, Rifkin MD. Comparison of Kaopectate with barium for negative and positive enteric contrast at MR imaging. *Radiology* 1991; 181:475-480

Usefulness of Superparamagnetic Iron Oxide (SPIO) as a Negative Oral Contrast Agent in MR Cholangiopancreatography

Jeong Min Lee, Won Kyu Song, Chong Deok Lee

Department of Radiology, Chonbuk National University Hospital

Purpose : To evaluate value of superparamagnetic iron oxide (SPIO) as a negative oral contrast agent in MR cholangiopancreatography (MRCP).

Materials and methods : Forty-eight patients with suspected biliary tract or pancreatic diseases and six healthy volunteers were enrolled in this study. All MR images were obtained using a 1.5 T MR unit. MRCP using fat-suppressed half-Fourier acquisition single-shot turbo spin echo (HASTE) and turbo spin echo (TSE) techniques were performed and reconstructed with maximal intensity projection (MIP). To determine the most optimal concentration of SPIO to obliterate the high signal intensity of water, a phantom experiment was conducted with various concentrations of SPIO-water mixture. Two radiologists evaluated pre- and postcontrast MRCPs. The contrast enhancement was assessed on the basis of loss of signal intensity in the stomach and duodenum.

Results : In the phantom experiment, a significant increase of percentage of signal intensity loss (PSIL) occurred in concentration of 22.4 ugFe/ml (Feridex 1 ml diluted with water 500 ml). Postcontrast MRCP showed an improved image quality compared with precontrast images. The rate of improvement in the diagnosis of diseases of the common bile duct and pancreatic duct was 25% (12/48).

Conclusion : In patients with suspected biliary tract and pancreatic diseases, the SPIO is useful as a negative oral contrast agent for MRCP and provides an improvement of image quality.

Index words : MR cholangiopancreatography
Negative oral contrast
Superparamagnetic iron oxide (SPIO)

Address reprint requests to : Jeong-Min Lee, M.D., Department of Diagnostic Radiology, Chonbuk National University Hospital, Keum-am Dong 634-18, Chonju-Shi 561-712, Korea.
Tel. 82-63-250-1152 Fax 82-63-272-0481