

자기공명 건관절조영검사 시 고함유량 가돌리늄 조영제의 유용성

나사라^{1,2}, 김윤신¹, 최관우², 이호범², 손순룡², 민정환³, 이주아⁴, 마상철⁵, 이종석⁶, 유병규^{6*}

¹한양대학교 대학원 보건학과, ²서울아산병원 영상의학과, ³신구대학교 방사선과,

⁴가톨릭대학교 인천성모병원 방사선종양학과, ⁵신한대학교 방사선학과,

⁶원광보건대학교 방사선과

The usefulness of the contrast agent high in gadolinium for the magnetic resonance shoulder arthrography

Sa-Ra Na^{1,2}, Yoon-Shin Kim¹, Kwan-Woo Choi², Ho-Beom Lee², Soon-Yong Son²,
Jung-Whan Min³, Joo-Ah Lee⁴, Sang-Chull Ma⁵, Jong-Seok Lee⁶
and Beong-Gyu Yoo^{6*}

¹Department of Health Science, Graduate School Hanyang University,

²Department of Radiology, Asan Medical Center,

³Department of Radiology, Shin-Gu University,

⁴Department of Radiation Oncology, Catholic University, Incheon St.Mary's Hospital,

⁵Department of Radiologic Science, Shin han University,

⁶Department of Radiotechnology, Wonkwang Health Science University

요약 본 연구는 자기공명 건관절조영검사 시 단위 부피당 가돌리늄 함유량이 2배 많은 1mmol/mL 조영제를 이용하여 T1 단축효과를 높임으로서 진단적 가치가 높은 영상을 얻을 수 있는 방법을 증명하고자 하였다. 2012년 1월부터 2013년 8월 까지 0.5mmol/mL 함유량을 가진 기존의 조영제를 사용한 20명과 1mmol/mL 함유량을 가진 새로운 조영제를 사용한 21명 등 총 41명의 환자를 연구대상으로 하였다. 연구방법은 가돌리늄 함유량에 따른 대조도 차이를 알아보기 위하여, 건관절의 관절공간과 인접한 근육조직인 극상근, 그리고 상완골두의 신호강도를 각각 측정 한 후 신호대잡음비와 대조도대잡음비를 비교하였다. 연구 결과, 가돌리늄 함유량이 높은 1mmol/mL 조영제가 0.5mmol/mL 조영제에 비해 SNR이 모두 높았으며(관절공간 38.01%, 극상근 8.40%, 상완골두 12.78%), CNR도 가돌리늄 함유량이 높은 1mmol/mL 조영제가 높았다(관절공간과 극상근 48.96%, 관절공간과 상완골두 42.00%). 결론적으로 T1 단축효과를 높이는 다양한 방법 중 현실적으로 구현하기 용이한 가돌리늄 함유량이 높은 1mmol/mL 조영제를 이용하면 효율적으로 T1 단축효과를 높여 진단적 가치가 높은 영상을 얻을 수 있을 것으로 판단된다.

Abstract This research, used an contrast agent, which weighs about 1mmol/mL, of twice as much amount of gadolinium, per unit, for the test of magnetic-resonance shoulder arthrography. the reasearch which was carried out from January, of the year 2012 to August of the year 2013, consisted, of target of 41, patients including 20 ones, of whom an original, contrast agent of amount of 0.5mmol/mL, 21, ones of whom, a new, of amount of 1mmol/mL was used on, were the test target, in order to figure out the differences, according to the amount of gadolinium, according to the test results, the SNR of the contrast agent, of amount of 1mmol/mL, which is of high amount of gadolinium, was noticeably higher than the one of amount of 0.5mmol/mL(the percentage of joint space 38.01%, the supraspinous muscle 8.40%, head of humerus 12.78%). and CNR of the contrast agent, of amount of 1mmol/mL, which is of high amount of gadolinium, was higher than the one of amount of 0.5mmol/mL(the percentage of joint space and supraspinous muscle 48.96%, the one of joint space and head of humerus 42.00%). In conclusion, one of the methods of increasing the reducing effect of T1, is to use contrast agent of amount of 1mmol/mL, in order to increase the reducing effect of T1, acquire the visual of high testing quality.

Key Words : Gadolinium content, 1mmol/mL MR contrast agents, MR arthrography, Direct MR arthrography, Shoulder arthrography

이 연구는 2014년도 원광보건대학교 교내연구비 지원에 의해서 수행됨

*Corresponding Author : Beong-Gyu Yoo(Wonkwang Health Science University)

Tel: +82-10-6255-9783 email: bkyou@wu.ac.kr

Received November 25, 2013

Revised (1st December 30, 2013, 2nd January 14, 2014)

Accepted April 10, 2014

1. 서론

견관절(shoulder joint)은 우리 몸에서 운동범위가 가장 큰 관절로 관절와(glenoid fossa)의 얇은 관절 표면과 상완골두(head of humerus)의 큰 관절 표면이 연결되어 있어 자유로운 움직임이 가능하다. 그러나 두 표면의 넓고 좁음의 차이로 인해 견관절은 본질적으로 불안정하다[1]. 견관절에 이상이 생기면 작업을 하거나 운동을 하는데 필요한 추진력이 약해지고 정밀한 운동이 어려워진다. 또한 관절이 불안정해지며 탈구를 동반하고[2] 퇴행성 변화와 외상 및 충돌과 같은 다양한 원인에 의해 부분 파열에 이르며[3] 시간경과에 따라 치유능력이 소실되어 결국 전층 파열로 진행된다[4].

견관절의 질환에 대해 가장 간단한 검사방법은 단순 X선 촬영이다. 그러나 연부조직으로 구성된 관절 병변에 대해 진단이 어려운 경우가 많아, 초음파나 전산화단층 촬영 또는 자기공명영상 등의 추가적인 검사가 필요하다[5].

자기공명영상은 다른 검사에 비해 다양한 pulse sequence를 이용하여 관절연골의 형태 및 변형을 잘 묘사한다[6]. 또한 판독자의 경험에 의한 진단적 오류가 적고[7] 명확한 진단 기준을 제시해 준다[8]. 특히 견관절의 자기공명관절조영술(magnetic resonance arthrography, 이하 MR arthrography)은 일반적인 자기공명영상에 비해 회전근개와 견관절 테두리의 평가에 있어 더 유용하고[1, 7], 큰 관절주변의 느슨한 부분과 골과 연골의 병변 부위 측정의 정확도가 특히 높다[9, 10]. 뿐만 아니라 선행 연구에서 견관절을 이루는 인대와 관절공간, 관련 병변을 평가는 기법이 잘 정립되어 있어, 민감도와 특이도가 높은 영상을 얻을 수 있다[1, 8].

견관절의 MR arthrography는 관절강 내에 가돌리늄 조영제를 직접 주입하는 direct MR arthrography와 직접 주입하지 않는 indirect MR arthrography가 있다. indirect MR arthrography는 정맥에 주입한 조영제가 혈관의 확산과 투과성에 의해 관절 안으로 유입되는 현상을 이용하는 방법으로[11], 조영제의 주입이 간단하다는 장점이 있다. 그러나 관절강을 충분히 확장하지 못해 관절낭과 연조직의 손상을 잘 볼 수 없으며, 관절에 인접한 구조물의 조영증강이 일어나 정확도와 특이도가 떨어지는 단점이 있어 대부분의 관절검사는 direct MR arthrography로 시행하고 있다[11, 12].

그러나 direct MR arthrography는 방사선 투시조영을 통해 관절강 내에 가돌리늄 조영제와 생리식염수를 혼합하여 직접 주입한 후 영상을 획득하기 때문에, 방사선 투시에 필요한 요오드성 조영제와 가돌리늄 조영제를 희석한 생리식염수가 주입된다. 이로 인해 대조도를 좌우하는 T1 단축 효과(T1 relaxation)가 저하되어 신호대잡음비(signal to ratio, 이하 SNR)와 대조도대잡음비(contrast to noise ratio, 이하 CNR)가 낮아진다[13]. 이는 영상에서 인접조직을 구분하는 대조도 저하의 원인이 되어 정상조직과 병변조직의 구분이 모호해지고 미세한 병변까지 진단할 수 없어 진단과 치료에 심각한 영향을 초래한다[14].

이러한 문제점을 예방하기 위해서는 SNR과 CNR이 높은 영상을 얻어야 하며, SNR과 CNR이 높은 영상을 얻기 위해서는 조영제에 의한 T1 단축효과를 높여야 한다.

조영제에 의한 T1 단축효과를 높이는 방법에는 주자장의 세기 증가, 코일의 감도 증가, 여기횟수의 증가, 단위면적당 조영제 양의 증가 등이 있다. 그러나 주자장의 세기와 코일의 감도 증가는 고비용의 장비교체가 필요하여 현실성이 없고, 여기횟수의 증가는 미미한 T1 단축효과에 비해 시간이 기하급수적으로(n배) 증가하여 비효율적이며, 단위면적당 조영제 양의 증가는 신원성전신성염증의 발생 확률을 증가시키는 단점이 있다. 이로 인해 대다수의 의료기관에서는 현실적으로 마땅한 대안 없이 관행적으로 현재의 검사기법을 고수하고 있으며, 조영제에 관한 연구는 부작용에 관한 내용이 대다수일 뿐 영상개선에 관한 연구는 전무한 실정이다.

본 연구에서는 현실적으로 실현 가능성이 낮은 위의 방법이 아닌 현재 임상에서 사용되는 조영제가 제조회사에 따라 가돌리늄 함유량이 각각 다르다는 점에 착안하였다. 이를 토대로 견관절에 직접 주입하는 direct MR arthrography 검사 시 가돌리늄 함유량이 높은 조영제를 이용하면 T1 단축효과를 효율적으로 높일 수 있으리라는 판단 하에 본 연구를 시도하게 되었다. 즉, 관행적으로 사용하고 있는 기존의 0.5mmol/mL 조영제가 아닌, 단위 부피당 가돌리늄 함유량이 2배 많은 새로운 1mmol/mL 조영제를 이용함으로써, 현실적으로 구현하기 어려운 기존 방법이 아닌 주입되는 가돌리늄 함유량을 증가시켜 효율적으로 T1 단축효과를 높이는 새로운 방법을 제시하고자 하였다.

2. 연구대상 및 방법

연구대상은 2012년 1월부터 2013년 8월까지 건관절의 direct MR arthrography를 검사한 환자 41명을 대상으로 하였다[Table 1].

[Table 1] Departments subjects

Department		Frequency	Percent(%)
Hip	direct	58	49.6
	indirect	4	3.4
Shoulder	direct	41	35.0
Wrist	direct	14	12.0
Total		117	100

연구방법은 단위 부피당 가돌리늄 함유량이 높아지면 조영제의 대조도를 좌우하는 T1 단축효과가 높아지고 그로인해 SNR과 CNR이 증가한다는 원리에 기초하였다 [15].

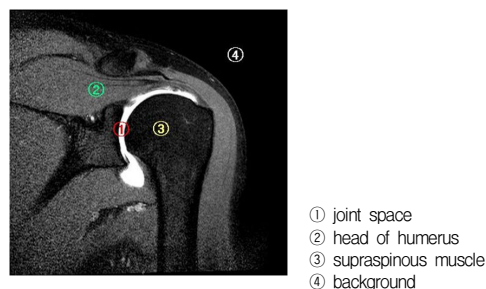
이에 근거하여 단위부피당 0.5mmol/mL의 함유량을 가진 기존의 조영제(gadoterate meglumine) 사용자 20명(48.8%)과 단위부피당 1mmol/mL의 함유량을 가진 새로운 조영제(gadobutrol) 사용자 21명(51.2%)을 대상으로 가돌리늄 함유량에 따른 대조도 차이를 비교하여 대조도 차이가 있다면 단위부피당 가돌리늄 함유량이 높은 조영제의 유용성을 입증할 수 있을 것으로 가정하였다. 이를 위해 가돌리늄 함유량을 제외한 모든 조건을 동일하게 하여 건관절의 direct MR arthrography 영상을 획득한 후 관절공간(joint space) 그리고 인접 조직인 극상근(supraspinous muscle)과 상완골두(head of humerus)의 SNR과 CNR을 비교하였다.

조영제의 건관절 주입은 생리식염수에 각각의 조영제를 혼합한 후 환자의 통증에 따라 10~20mL를 직접 주입하였다. 조영제의 혼합은 단위부피당 가돌리늄의 함유량을 동일하게 하기 위해 0.5mmol/mL 조영제는(현재 대다수 의료기관에서 사용하고 있는 조영제) 0.3mL를, 1mmol/mL 조영제는(최근 개발되어 미적용되고 있는 조영제) 0.15mL를 각각 생리식염수 50mL에 혼합하였다.

영상획득 장비로 Philips Achieva 3.0T MR system과 4channel SENSE shoulder coil을 사용하였다. 조영제에 따른 건관절 영상은 SPIR(spectral presaturation with inversion recovery)기법을 이용하여 건관절에 수평으로 T1 관상면(coronal plan) 영상을 획득하였으며, 사용된

영상변수로는 반복시간(TR) 576 ms, 에코시간(TE) 20 ms, 숙입각(flip angle) 90°, FOV(field of view) 150 × 150 mm, 화소배열수(matrix) 256 × 256, 절편두께(slice thickness) 2 mm, 절편간격(slice gap) 0.5 mm, 절편수(slices) 25 slice, NEX(number of excitation) 2로 하였고, 총 검사시간(scan time)은 4분 29초였다.

신호강도는 영상 평가프로그램인 Image J(Ver. 1.47n, NIH, USA)를 이용하여, 건관절의 관절공간과 인접한 근육조직인 극상근, 그리고 상완골두를 측정하였다[Fig. 1].



[Fig. 1] The SNR and CNR of setting to ROI

SNR과 CNR은 식 1과 식 2를 이용하여 계산하였으며, SNR과 CNR을 구하기 위한 백그라운드 표준편차는 신호를 내지 않는 공기 부분에 관심영역을 설정하여 측정하였다.

$$SNR = \frac{resion\ SI}{background\ noise\ SD} \times 100 \quad (1)$$

$$CNR = \left| \frac{lesions\ SI - surrounding\ tissues\ SI}{background\ noise\ SD} \right| \times 100 \quad (2)$$

분석방법은 가돌리늄 함유량에 따른 SNR과 CNR을 독립표본 T검정(SPSS 버전 18)을 이용하여 비교하였으며, p값이 .05보다 작은 경우 유의한 차이가 있는 것으로 판단하였다.

3. 연구결과

연구대상자의 인구사회학적 특성은 남성이 28명 여성이 13명 이었고, 평균연령은 31.66±12.14세(17세-61세)였다[Table 2].

[Table 2] Socio-demographical variables

Category	Division	Frequency	Percent(%)
Gender	Male	28	68.3
	Female	13	31.7
Age	20 under	5	12.2
	20-29	16	39.0
	30-39	9	22.0
	40-49	7	17.1
	50-59	3	7.3
	60 up	1	2.4
Total		41	100

관절공간의 SNR은 가돌리늄 함유량이 높은 새로운 1mmol/mL 조영제가 310.19±103.78로 가돌리늄 함유량이 낮은 기존의 0.5mmol/mL 조영제 224.76±83.23에 비해 38.01%(85.43) 높았으며, 인접 조직인 극상근과 상완골두의 SNR도 가돌리늄 함유량이 높은 1mmol/mL 조영제가 극상근 65.81±20.81과 상완골두 34.60±18.10으로 가돌리늄 함유량이 낮은 0.5mmol/mL 조영제의 극상근 60.71±24.55와 상완골두 30.68±12.55에 비해 각각 8.40%(5.10)와 12.78%(3.92) 높았다(Table 3).

관절공간과 인접한 극상근과 상완골두의 CNR 또한 SNR과 마찬가지로 1mmol/mL 조영제가 극상근 244.38±86.51, 상완골두 275.60±90.06으로 0.5mmol/mL 조영제의 극상근 164.06±67.04와 상완골두 194.08±75.03에 비해 48.96%(80.32)와 42.00%(81.52) 높게 나타났다 [Table 3].

[Table 3] SNR and CNR according to gadolinium content

Category	0.5mmol/mL	1mmol/mL	Sig.	
	CM (mean±SD)	CM (mean±SD)		
joint space	224.76±83.23	310.19±103.78	.017	
SNR	supraspinous muscle	60.71±24.55	65.81±20.81	.562
	head of humerus	30.68±12.55	34.60±18.10	.478
CNR	supraspinous muscle	164.06±67.04	244.38±86.51	.007
	head of humerus	194.08±75.03	275.60±90.06	.011

가돌리늄 함유량에 따른 관절공간의 SNR 평균차는 1mmol/mL 조영제가 0.5mmol/mL 조영제에 비해 33.72 차이가 있었으며, 통계적으로 유의하여(p<.05) 가돌리늄 함유량에 따른 차이가 있다고 할 수 있다. 그러나 인접조

직인 극상근과 상완골두는 1mmol/mL 조영제가 0.5mmol/mL 조영제에 비해 8.70과 5.45의 차이가 있었으나 통계적으로 유의하지 않아(p>.05) 가돌리늄 함유량에 따른 차이가 있다고 할 수 없다.

관절공간과 극상근의 CNR 평균차는 1mmol/mL 조영제가 0.5mmol/mL에 비해 27.58 차이가 있었으며, 통계적으로 매우 유의하여(p<.01) 가돌리늄 함유량에 따른 차이가 있다고 할 수 있으며, 관절공간과 상완골두의 경우도 1mmol/mL 조영제가 29.91 차이가 있고 통계적으로 유의하여(p<.05) 가돌리늄 함유량에 따른 차이가 있다고 할 수 있다[Table 4].

[Table 4] Independent Sample T-test according to gadolium content

Category	Mean Difference	Std. Error Difference	t	Sig.	
SNR	joint space	-85.43	33.72	-2.533	.017
	supraspinous muscle	-5.11	8.70	-.587	.562
	head of humerus	-3.91	5.45	-.719	.478
CNR	supraspinous muscle	-80.32	27.58	-2.912	.007
	head of humerus	-81.51	29.91	-2.726	.011

4. 고찰 및 결론

견관절의 direct MR arthrography 검사 시 관절 내 병변 부위 측정의 정확도를 높이려면 관절공간과 인접한 주위 구조물간의 SNR과 CNR이 높아야 한다. SNR과 CNR은 조영제에 의한 T1 단축효과에 의해 좌우되는데, 조영제에 의한 T1 단축효과를 높여 SNR과 CNR이 높은 영상을 얻기 위한 연구가 진행되어 왔다.

Bernhard 등[15]과 Gustav 등[16]은 1.5T에서 3T로 주자장의 세기를 증가시키면 SNR과 CNR이 높은 영상을 획득 할 수 있다고 하였다. 이는 현실적인 어려움이 따르는 방안으로 고가인 기계 설비를 교체해야 되기 때문에 현실성이 부족하다. 또한 Park 등[17]과 Kim 등[18]은 검사 시 기술적으로 3D 펄스대열과 breath hold technique을 사용하면 SNR과 CNR을 높일 수 있다고 하였으나, 효과가 미미하여 근본적인 대안이 될 수 없다.

이에 반해 Gabriele 등[19]과 Kim 등[20]은 0.5mmol/ml 조영제의 표지화합물을 바꿈으로써 조직 간

의 대조도를 크게 할 수 있다고 하였으나 가돌리늄의 함유량 변화가 아닌 표지화합물의 특성에 기초한 연구라는 제한점이 있다.

Haneder 등[21]과 Mathias Goyen 등[22], Fenchel 등[23]과 Choi 등[13]도 가돌리늄 함유량이 높은 1mmol/mL 조영제를 사용하여 대조도가 큰 영상을 얻을 수 있다고 보고하였으나 위 연구 모두 뇌혈관과 심장에 국한된 연구로서 본 연구와는 적용부위가 상이하다는 차이점이 있다.

T1 단축효과를 높이는 방법에는 여러 가지가 있다. 주자장의 세기 증가, 코일의 감도 증가, 여기횟수의 증가, 단위면적당 조영제 양의 증가 등이다. 그러나 위와 같은 방법은 현실적인 제약이 따르며 비효율적이고, 그 효과 또한 미미하다. 이에 본 연구에서는 현실적으로 구현하기 어려운 방법이 아닌 가돌리늄 함유량이 높은 조영제를 이용하여 효율적으로 T1 단축효과를 높이는 새로운 방법을 제시하고자 하였다.

연구 결과, SNR은 가돌리늄 함유량이 높은 1mmol/mL 조영제가 가돌리늄 함유량이 낮은 0.5mmol/mL 조영제에 비해 관절공간 38.01%, 극상근 8.40%, 상완골두 12.78% 높았으나 관절공간은 유의한 차이가 있었고, 극상근과 상완골두는 유의한 차이가 없었다. 이는 조영제가 주입된 관절공간에서 새로운 1mmol/mL 조영제가 기존의 0.5mmol/mL 조영제에 비해 단위 부피당 가돌리늄 함유량이 많아 높은 T1 단축효과를 나타내는 것으로 1mmol/mL 조영제가 SNR이 큰 영상을 얻을 수 있어 진단에 유용함을 의미한다. CNR 또한 SNR과 마찬가지로 가돌리늄 함유량이 높은 1mmol/mL 조영제가 관절공간과 극상근 48.96%, 관절공간과 상완골두 42.00% 모두 높았으며 유의한 차이가 있었다. 이 또한 높은 T1 단축 효과를 내는 1mmol/mL 조영제가 조영제가 주입된 관절공간에서 0.5mmol/mL에 비해 조직의 대조도 차이를 크게 하여 CNR이 큰 영상을 얻을 수 있어 진단에 유용함을 의미한다.

위 연구 결과는 새로운 1mmol/mL 조영제가 기존의 0.5mmol/mL 조영제에 비해 높은 T1 단축효과를 나타내는 것으로 다른 기법에 비해 효율적으로 SNR과 CNR이 높은 영상을 얻을 수 있음을 의미하며, 뇌혈관을 연구한 Haneder 등[21]과(SNR: 13.03%, CNR: 13.68%) Mathias Goyen 등[22](SNR: 41.76%, CNR: 42.52%), 심근 생존능을 연구한 Choi 등[13](SNR: 심근 25.13%, 심실

30.74%, CNR: 31.29%) 연구보다 높은 수치로서 획기적인 연구라고 할 수 있다. 또한 1.5T에서 3T로 주자장의 세기의 변화에 따른 Bernhard 등[15]의 심근지연영상 연구(SNR 29.55%, CNR 45.00%)나 Gustav 등[16]의 direct MR arthrography 연구(SNR이 57.38%)와 비교하더라도, 또한 현실적인 면을 감안하였을 때 본 연구가 효율적이고 적절한 방안이라고 할 수 있다.

본 연구는 건관절 질환이 의심되는 환자를 대상으로 하였다는 제한점이 있으나, 건관절의 direct MR arthrography 검사 시 1mmol/mL 조영제에 대한 연구가 없고, T1 단축효과를 높이는 방법 중 현실적으로 구현이 용이한 고함유량의 가돌리늄 조영제를 이용하여 T1 단축효과를 높이는 새로운 방법을 제시하였다는 데에 의의가 있다고 하겠다.

References

- [1] JA Choi, SI Suh, MS Cha, MG Kim, KY Lee, CH Lee, "Comparison between Conventional MR Arthrography and Abduction and External Rotation MR Arthrography in Revealing Tears of the Antero-Inferior Glenoid Labrum" *Korean J Radiol.*, 2, 4, pp.216-221, 2001. DOI: <http://dx.doi.org/10.3348/kjr.2001.2.4.216>
- [2] Jana M, Srivastava DN, Sharma R, Gamanagatti S, Nag HL, Mittal R, Upadhyay AD, "Magnetic resonance arthrography for assessing severity of glenohumeral labroligamentous lesions" *J Orthop Surg (Hong Kong)*, 20, 2, pp.230-235, 2012.
- [3] OS Kwon, SE Park, ES Shin, "Comparative Study of MR-arthrography and Arthroscopy in Partial Thickness Rotator Cuff Tears. *Journal of the Korean shoulder and elbow society*, 12, 1, pp.38-43, 2009.
- [4] Fukuda. H, "The management of partial-thickness tears of the rotator cuff" *Journal of bone and joint surgery; british volume*", pp.3-11, 2003. DOI: <http://dx.doi.org/10.1302/0301-620X.85B1.13846>
- [5] JY Kim, OJ Han, SH Gong, WS Kim, JA Choi, BH Kim, "Multidetector CT(MDCT) Arthrography in the Evaluation of shoulder pathology: Comparison with MR Arthrography and MR Imaging with arthroscopic correlation". *Journal of the korea shoulder and elbow society*, pp.73-82, 2006.
- [6] Rubenstein JD, Li JG, Majumdar S, Henkelman RM, "Image resolution and signal-to-noise ratio requirements

- for MR imaging of degenerative cartilage" *AJR Am J Roentgenol.* 169, 4, pp. 1089-96, 1997.
DOI: <http://dx.doi.org/10.2214/ajr.169.4.9308470>
- [7] Kneeland, JB, Middleton WD, Carrera GF, Zeuqe RC, Jesmanowicz A, Froncisz W, Hyde JS, "MR imaging of the shoulder: diagnosis of rotator cuff tears" *AJR Am J Roentgenol.* 149, 2, pp.333-337, 1987.
DOI: <http://dx.doi.org/10.2214/ajr.149.2.333>
- [8] Hodler J, Kursunoglu-Brahme S, Snyder SJ, Cervilla V, Karzel RP, Schwellzer ME, Flannigan BD, Resnick D, "Rotator cuff disease: assessment with MR arthrography versus standard MR imaging in 36 patients with arthroscopic confirmation" *Radiology.* 182, 2, pp.431-436, 1992.
- [9] Steinbach LS, Palmer WE, Schweitzer ME, "Special Focus Session MR Arthrography" *Radiographics.* 22, 5, pp.1223-1246, 2002.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1148/radiographics.22.5.g02se301223>
- [10] Andreisek G, Duc SR, Froehlich JM, Hodler J, Weishaupt D, "MR arthrography of the shoulder, hip, and wrist: evaluation of contrast dynamics and image quality with increasing injection-to-imaging time" *AJR Am J Roentgenol.* 188, 4, pp.1081-1088, 2007.
DOI: <http://dx.doi.org/10.2214/AJR.06.0719>
- [11] Sahin G, Demirtas M, "An overview of MR arthrography with emphasis of the current technique and applicational hints and tips", *Eur J Radiol.* 58, pp.416-430, 2006.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ejrad.2006.01.002>
- [12] JY Jung, YC Yoon, SK Yi, J Yoo, BK Choe, "Comparison study of indirect MR arthrography and direct MR arthrography of the shoulder" *Skeletal radiol.* 38, 7, pp.659-667, 2009.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s00256-009-0660-7>
- [13] KW Choi, SY Son, HJ LEE, TH Kim, MS Han, JH Min, "Usefulness of contrast agent involving high gadolinium content for myocardial viability assessment", *Journal of academia-industrial technology.* 14, 3, pp.1294-1300, 2013.
DOI: <http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2013.14.3.1294>
- [14] Philip Robinson, "conventional 3T MRI and 1.5T MR arthrography of femoroacetabular impingement", *AJR Am J Roentgenol.* 199, 3, pp.509-515, 2012.
DOI: <http://dx.doi.org/10.2214/AJR.12.8672>
- [15] Schneider G, Fries P, "Intra-individual randomised comparison of gadobutrol 1.0 M versus gadobenate dimeglumine 0.5 M in patients scheduled for preoperative breast MRI", *Eur Radiol.* 23, 8, pp.2095-2056. 2013
DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s00330-013-2879-x>
- [16] Bernhard D, Klumpp, Sandstede, Klaus P, Lodmann, Achim S, Tobias H, Michael F, Ulrich K, Claus D, Claussen, Stephan M, "Intraindividual comparison of myocardial delayed enhancement MR imation using gadobenate dimeglumine at 1.5T and 3T", *European Radiology.* 19, 5, pp.1124-1131, 2009.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s00330-008-1248-7>
- [17] Gustav A, Johannes M, Juerg H, Dominik W, Verena B, Christian W, Chris B, Daniel N, "Direct MR Arthrography at 1.5 and 3.0T: Singal Dependence on Gadolinium and Iodine Concentrations-Phantom Study", *Radiology.* 247, 3, pp.706-716, 2008.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1148/radiol.2473071013>
- [18] SY Park, JS Park, W Jin, Kh Rhyu, KN. Ryu, "Diagnosis of acetabular labral tears: comparison of three-dimensional intermediate -weighted fast spin-echo MR arthrography with two-dimensional MR arthrography at 3.0T", *Acta Radiol.* 54, 1, pp.75-82, 2013.
- [19] JH Kim, JB Seo, KH Do, SH Lee, SM Ko, JN Heo, TH Im, "Myocardial viability: comparison of Free-Breathing Navigator -echo-gated Three-Dimensional Inversion Recovery Gradient Echo MR and Standard Multiple Breath-Hold Two-Dimensional Inversion Recovery Gradient Echo MR", *J Korean Radiol Soc.* 51, 4, pp.393-399, 2004.
- [20] Gabriele A. Krombach, Christa Hahnen, Klaus-Peter Lodemann, Nils Krämer, Felix Schoth, Mirja Neizel, Jan Boeringer, Rolf W, Günther, Malte Kelm, Harald Kühl, "Gd-BOPTA for assessment of myocardial viability on MRI: changes of T1value and their impact on delayed enhancement", *Eur Radiol.* 19, pp.2136-2146, 2009.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s00330-009-1400-z>
- [21] HS Kim, CK Park, DW Park, YS Kim, SC. Joen, YW. Choi, HS. Seo, CK. Hahm, SK Kim, YH. Ahn, YY. Choi, "Diagnostic Accuracy and Evaluation of Myocardial Viability by Cardiac Magnetic Resonance Imaging in Acute Myocardial Infarction:A Comparison with Thallium-201 Myocardial SPECT", *J Korean Radiol Soc. Magn. Reson. Med.* 7, pp.100-107, 2003.
- [22] Haneder S, Attenberger U, Schönberg S, Loewe C, Armaiz G, Michaely HJ, Mannheim DE, Vienna AT, Santander ES, "Intra-individual efficacy evaluation of Dotarem®-enhanced MRA compared to Gadovist®-enhanced MRA in the diagnosis of clinically significant abdominal or lower limb arterial diseases",

Eur Radiol, C-1016, 2010.

[23] Mathias Goyen, Tomas C. Lauenstein, Christoph U. Herborn, Jorg F. Debatin, MBA, Silke Bosk, Stefan G. Ruehm, "0.5M Gd chelate(Magnevist) Versus 1.0M Gd Chelate(Gadovist): Dose-Independent Effect on Image Quality of Pelvic Three-Dimensional MR-Angiography", *J Magn Reson Imaging*, 14, pp.602-607, 2001.

DOI: <http://dx.doi.org/10.1002/jmri.1225>

[24] Fenchel M, Franow A, Martirosian P, M Engels, Kramer U, Stauder NI, Helber U, H Vogler, Claussen CD. Miller S, "1 M Gd-chelate (gadobutrol) for multislice first-pass magnetic resonance myocardial perfusion imaging", *Br J Radiol*, 80, pp.884-892, 2007.

DOI: <http://dx.doi.org/10.1259/bjr/34610669>

나 사 라(Sa-Ra Na)

[준회원]



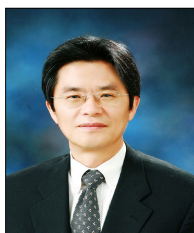
- 2010년 2월 : 고려대학교 보건과 학대학 방사선학과 졸업
- 2010년 2월 ~ 현재 : 서울아산병원 영상의학과
- 2013년 3월 ~ 현재 : 한양대학교 보건학과 석사 과정

<관심분야>

자기공명영상학, 방사선영상학, 디지털영상학

김 윤 신(Yoon-Shin Kim)

[정회원]



- 1978년 2월 : 일본 동경대학교 보건학과 (보건학박사)
- 1985년 2월 : Univ.of Texas SPH at Houston (환경학박사)
- 1986년 3월 ~ 현재 : 한양대학교 보건학과 주임교수, 한양대학교 의과대학 작업환경과 교수
- 2012년 3월 ~ 현재 : 한양대학교 고령사회연구원장

<관심분야>

환경학(실내공기), 산업의학, 보건학, 고령사회, 생애설계

최 관 우(Kwan-Woo Choi)

[정회원]



- 2010년 7월 : 고려대학교 의용과학대학원 의료영상공학과 (공학석사)
- 2013년 3월 : 한양대학교 보건학과 박사과정
- 2001년 2월 ~ 현재 : 서울아산병원 영상의학과

<관심분야>

자기공명영상학, 보건학, 방사선영상학, 의료영상공학

이 호 범(Ho-Beom Lee)

[정회원]



- 2008년 2월 : 고려대학교 보건대학 방사선과 졸업
- 2009년 6월 ~ 현재 : 서울아산병원 영상의학과

<관심분야>

방사선영상학, 디지털영상학

손 순 룡(Soon-Yong Son)

[정회원]



- 1999년 2월 : 단국대학교 보건행정학과졸업 (보건행정학석사)
- 2013년 8월 : 한양대학교 보건학과졸업 (보건학박사)
- 1990년 6월 ~ 현재 : 서울아산병원 영상의학과

<관심분야>

방사선영상학, 디지털영상학, 보건학, 연구조사방법론

민 정 환(Jung-Whan Min)

[정회원]



- 2005년 2월 : 고려대학교 의용과학대학원 (의공학석사)
- 2012년 2월 : 가톨릭대학교 의학물리공학졸업 (이학박사)
- 2010년 3월 ~ 현재 : 신구대학교 방사선과 조교수

<관심분야>

영상정보공학, 전기전자공학, 방사선기기학

이 종 석(Jong-Seok Lee)

[정회원]



- 1988년 2월 : 원광대학교 전기공학과 석사졸업 (공학석사)
- 2002년 2월 : 원광대학교 전기공학과 박사졸업 (공학박사)
- 1984년 2월 ~ 현재 : 원광보건대학교 방사선과 교수

<관심분야>

영상정보공학, 전기전자공학, 방사선기기학

이 주 아(Joo-Ah Lee)

[정회원]



- 2012년 2월 ~ 현재 : 고려대학교 의용과학대학원 의학물리학과 석사과정
- 2009년 8월 ~ 현재 : 가톨릭대학교 인천성모병원 방사선종양학과

<관심분야>

방사선치료, 의학물리

유 병 규(Beong-Gyu Yoo)

[정회원]



- 1996년 2월 : 한양대학교 환경방사선학 졸업 (공학석사)
- 2001년 8월 : 동국대학교 생명과학 졸업 (이학박사)
- 1998년 3월 ~ 현재 : 원광보건대학교 방사선과 교수

<관심분야>

방사선영상정보학, 디지털영상학, 방사선생물학

마 상 철(Sang-Chull Ma)

[정회원]



- 1995년 2월 : 한양대학교 의료행정학과 석사졸업 (행정학석사)
- 2004년 2월 : 경기대학교 의학물리학과 박사졸업 (이학박사)
- 1993년 3월 ~ 현재 : 신한대학교 방사선학과 교수

<관심분야>

방사선영상학, 초음파기술학