

조영증강검사 시 생체 요인을 이용한 조영제 peak time에 관한 연구

손순룡^{1,2}, 김윤신¹, 최관우², 서성미², 민정환³, 유병규⁴, 이증석^{4*}
¹한양대학교 대학원 보건학과, ²서울아산병원 영상의학과,
³신구대학교 방사선과, ⁴원광보건대학교 방사선과

A study of contrast agent peak time using biomechanics factors experimental contrast medium infusion test using at contrast enhanced magnetic resonance angiography

Soon-Yong Son^{1,2}, Yoon-Shin Kim¹, Kwan-Woo Choi², Sung-Mi Seo²,
Jung-Whan Min³, Beong-Gyu Yoo⁴ and Jong-Seok Lee^{4*}

¹Department of Health Science, Graduate School Hanyang University,

²Department of Radiology, Asan Medical Center,

³Department of Radiology, Shin-Gu University,

⁴Department of Radiotechnology, Wonkwang Health Science University

요 약 본 연구는 조영제 peak time에 영향을 주는 주된 생체 요인을 분석하여 검사에 적용함으로써 추가적인 조영제 주입에 따른 부작용을 최소화 하고 고해상도의 혈관영상을 유지하는 방안을 모색하고자 하였다. 시험적조영제주입법을 이용한 48명의 환자를 대상으로, 검사 전과 검사 중 환자의 생체 요인을 측정된 후, 조영제 peak time과 상관관계를 알아보고, 회귀식을 이용해 산출한 조영제 peak time이 측정된 조영제 peak time과 일치하는지 Bland-Altman plot를 통해 평가하였다. 연구결과, 검사 시 최저혈압과 심박동수가 조영제 peak time과 유의한 음의 상관관계를 보였고, 1단계 증가할 때마다 평균적으로 조영제 peak time은 -0.018과 -0.159로 유의하게 감소하였으며, 일치도가 상당히 높아 두 방법의 차이가 없음을 알 수 있다. 결론적으로 본 연구의 회귀식을 이용하면 우수한 화질을 유지하면서 환자에게 투여되는 조영제 사용량을 줄일 수 있어 기존의 방법을 대체할 수 있으리라 사료된다.

Abstract In this study was explored minimize side effects due to the additional injection of contrast medium and maintaining a high resolution imaging applied to the inspection and analysis of the contrast medium that affect the peak time biomechanics factors. Included 48 patients using the test bolus method, after measuring a patient's biomechanics factors of inspection before and during the test, correlation between contrast medium peak time and learn, matches the regression equation calculated and measured contrast medium peak time was assessed by the Bland Altman plot. Research result, inspections of SBP, HR contrast medium peak time and a significant negative correlation was, step 1, every increase, the contrast medium peak time significantly to -0.018 and -0.159 decreased, a fairly high concordance no difference between the two method. In conclusion, the regression equation using the existing methods, while maintaining excellent image quality that contrast medium is reduced to a patient, it can conclude that the alternative to the existing methods.

Key Words : Biomechanics factors, CE MRA, Contrast medium peak time, NSF, Test bolus method

이 연구는 2012년도 원광보건대학교 교내연구비 지원에 의해서 수행됨

*Corresponding Author : Jong-Seok Lee (Wonkwang Health Science University)

Tel: +82-63-840-1234 email: jslee@wu.ac.kr

Received November 16, 2012 Revised (1st December 17, 2012, 2nd January 11, 2013) Accepted February 6, 2013

1. 서론

2009년 보건복지부 발표에 따르면 우리나라의 뇌혈관 질환 사망률은 인구 10만명당 56.5명으로, 뇌혈관질환은 사망원인별 질환 중 전세 1위(34%)를 차지하고 있는 질환이다[1]. 이로 인해 뇌혈관의 협착 및 폐색, 뇌동맥류를 비롯한 각종 혈관질환의 조기진단 및 치료를 위한 뇌혈관 검사건수도 증가하고 있는 실정이다[2, 3].

뇌혈관을 관찰할 수 있는 방법에는 전리방사선을 이용하는 고식적 혈관조영술(digital subtraction angiography, 이하 DSA)과 전산화단층혈관조영술(computed tomography, 이하 CTA), 그리고 비전리방사선을 이용한 자기공명혈관조영술(magnetic resonance angiography, 이하 MRA)이 있다[4]. DSA나 CTA는 시술적 측면이나 환자 피폭에서 직접적인 위험이 가해질 수 있는 반면[5], MRA는 인체에 무해한 자기장과 비전리방사선인 라디오 고주파를 이용하여 비침습적으로 뇌혈관의 혈류량과 흐름방향을 정량화하는 방법으로 최근에 뇌혈관질환의 조기진단 검사로 널리 이용되고 있다[6].

MRA를 이용하여 뇌혈관을 검사하는 기법으로는 조영제를 사용하지 않는 유체속도 강조기법(time of flight, 이하 TOF MRA)과 위상대조기법(phase contrast, 이하 PC MRA)이 있으며[7], 조영제를 사용하는 조영증강기법(contrast enhanced, 이하 CE MRA)이 있다[6, 7]. TOF MRA와 PC MRA는 조영제 미사용으로 인한 부작용을 최소화 할 수 있으나[2], 영상획득 시간이 길어 양질의 영상을 얻기 힘들고[4], 와류로 인한 신호감소와 혈관 경로가 바뀔 때 생기는 탈위상에 민감하다는 단점이 있다[6, 7]. 이에 반해 CE MRA는 짧은 시간에 주변조직의 포화 정도에 비해 조영제로 인한 혈액의 포화를 적게 하여 아주 우수한 혈관영상을 얻을 수 있다[3]. 그러나 주입된 조영제가 조직이나 대순환 후 뇌혈관에 머물러 있는 짧은 시간동안 혈관영상을 획득해야 하는 문제점이 있다[7]. 이를 해결하기 위하여 임상에서는 고정지연시간법(time resolved method)과 시험적조영제주입법(test bolus method)을 사용하고 있다[8].

고정지연시간법은 환자의 체중에 비례하도록 조영제를 주입한 다음, 연속적으로 영상을 획득하는 방법이다[4]. 추가적인 조영제 사용이 없는 비교적 간단한 검사법이지만[2], 경정맥과 혼재 및 관심 혈관의 불균일한 조영으로 고해상도의 영상을 얻을 수 없어 대다수의 의료기관에서는 시험적조영제주입법을 사용하고 있다[6].

시험적조영제주입법이란 MRA 영상을 얻기 전에 1~2mL의 조영제를 시험적으로 주입하여 시간의 변화에 따른 신호강도곡선(time intensity curve)을 획득한 다음, 이

곡선에서 조영제에 의한 신호강도가 정점에 이루는 시간(peak time)을 산정하여 실제 검사에 이용하는 방법이다[8]. 이는 고정지연시간법에 비해 고해상도의 혈관영상을 얻을 수 있으나[7], 실제 검사에서 소요되는 조영제량(몸무게(kg) x 0.1mL/kg)보다 추가적인 조영제(1~2mL)가 들어가는 단점이 있다. 1~2mL는 매우 미미한 량이라고 생각할 수 있으나, 실제 검사에 소요되는 성인(60kg) 기준 조영제량(7mL)을 고려해 볼 때, 16.7~33.3% 증가되는 것을 의미한다. MR검사에 사용되는 조영제의 성분은 독성이 강한 가돌리늄이므로 반복투여나 허가된 용량을 초과 사용할 경우, 치명적인 신원성 전신섬유증(nephrogenic systemic fibrosis, NSF)의 위험을 증가시키는 요인이 될 수 있다[3]. 특히 신장질환이 있는 환자의 경우, 소량일지라도 추가적인 조영제의 사용은 심각한 부작용을 초래한다[9]. 이러한 문제점에도 불구하고 대부분의 의료기관에서는 고품질의 영상을 얻기 위해 추가적인 조영제를 사용하여 검사를 시행하고 있는 실정이다.

이에 본 연구에서는 조영제 peak time에 영향을 주는 주된 생체 요인을 분석하여 검사에 적용함으로써 추가적인 조영제 주입에 따른 부작용을 최소화 하고 고해상도의 혈관영상을 유지하는 방안을 모색하고자 하였다.

2. 본론

2.1 연구대상 및 방법

2.1.1 연구대상

2011년 10월부터 2012년 8월까지 시험적조영제주입법을 이용한 CE MRA를 검사한 환자 52명을 대상으로 하였다. 이중 조영제 peak time에 영향을 주는 생체요인 측정의 정확도를 높이기 위해 심장질환이나 혈관질환자 4명을 제외한 조기진단 검사 환자 48명을 분석의 대상으로 하였다(Table 1).

[Table 1] Departments subjects

Department	Frequency	Percent(%)
Cardiovascular surgery	1	1.9
Cardiology	2	3.8
Health medicine	2	3.8
Liver transplantation surgery	1	1.9
Neurology	43	82.7
Neurosurgery	1	1.9
Urology	1	1.9
Vascular Surgery	1	1.9

2.1.2 연구방법

연구방법은 조영제 peak time에 영향을 줄 수 있는 생체 요인을 분석하고자 검사 전에 환자 개개인의 키(cm), 몸무게(kg), 연령(세), 성별, 최고·최저혈압(mmHg)을 측정하였으며, 검사 도중에 pulse oximeter(Veris 8600, medrad)를 이용하여 심박동수(회/min) 및 최고·최저혈압을 측정하여 평균값을 산출하였다. 조영제 peak time을 얻기 위한 시험적 조영제 주입은 임상에서 일반적으로 사용하는 검사방법(2mL/sec의 속도로 1mL의 조영제량)으로[6] 자동주입기(Spectris Solaris EP, medrad)를 이용하여 주입하였다.

2.1.3 영상획득 및 기법

영상획득 장비로 3.0T 초전도 자기공명영상장치(Archiva, Philips medical system)와 SENSE NV 16 channel 코일을 사용하였다. 영상기법은 FFE(fast field echo) 기법으로 SPIR(spectral presaturation with inversion recovery)영상을 얻었으며, 사용된 영상변수로는 TR/TE=17/2.1msec, 속입각 30°, FOV 320mm×320mm, matrix 256×256, 절편두께 80mm, dynamic scan time 1sec, dynamic scans 150, NEX 1로 하였다[6].

영상의 포함범위는 경동맥(carotid artery) 분기점(bifurcation)을 중심으로 경동맥에 평행하게 대동맥궁(aortic arch)에서부터 전대뇌동맥(anterior cerebral artery)과 측골동맥(vertebral artery)을 모두 포함하였으며, 총 검사 시간은 2분 37초였다.

2.1.4 분석방법

시험적조영제 주입하여 획득한 영상에서 총경동맥(common carotid artery)에 30mm²의 ROI(resion of interest)를 설정하였으며, 시간의 변화에 따른 신호강도 곡선을 구한 다음, 신호강도가 가장 높은 시간을 조영제 peak time으로 설정하여 측정하였다.

분석방법은 측정된 조영제 peak time과 생체요인들과의 상관관계를 알아본 후, 다중선형회귀분석(SPSS 버전 18)을 이용하여 조영제 peak time의 회귀식을 작성하였다. 작성된 회귀식을 이용하여 조영제 peak time을 산출한 후, 산출한 값이 측정된 조영제 peak time과 일치 여부를 평가교하기 위하여 Bland-Altman plot(MedCalc 버전 12)를 이용하였다.

2.2 연구결과

2.2.1 연구대상자의 인구사회학적 특성

연구대상자의 인구사회학적 특성은 Table 2와 같이 남

성이 23명, 여성이 25명이었고, 평균연령은 58.73±12.25세(79세~28세)였다.

[Table 2] Socio-demographical variables

	Spec.	Frequency	Percent(%)
Gender	Male	23	47.9
	Female	25	52.1
Age	40 under	4	8.4
	41~50	6	12.5
	51~60	15	31.3
	61 up	23	47.9
Height (cm)	150 under	5	10.4
	151~160	18	37.5
	161~170	12	25.0
Weight (kg)	171 up	13	27.1
	50 under	7	14.6
	51~60	8	16.7
Weight (kg)	61~70	20	41.7
	71~80	9	18.8
	81 up	4	8.4

2.2.2 연구대상자의 생체요인 측정 결과

시험적조영제주입법을 이용한 CE MRA 시 조영제의 peak time에 영향을 주는 주된 생체 요인의 검사 전 측정 한 값은 연령 58.73±12.25세, 키 163.77±10.37cm, 몸무게 64.96±11.40kg, 최고혈압 131.21±12.95mmHg, 최저혈압 76.92±10.00 mmHg 이었으며, 검사 도중 측정 한 값은 최고혈압 131.29±12.88mmHg, 최저혈압 79.69±8.86 mmHg, 심박동수 68.23±14.33회/min이었다. 시험적조영제를 주입하면서 측정 한 조영제 peak time은 16.60±3.54sec로 나타났다(Table 3).

[Table 3] Biomechanics factors measurements

Spec.	Measurement (mean±SD)
Age	58.73±12.25
Height	163.77±10.37cm
Weight	64.96±11.40kg
SBP	131.21±12.95mmHg
DBP	76.92±10.00mmHg
Inspection of SBP	131.29±12.88mmHg
Inspection of DBP	79.69±8.86mmHg
Inspection of HR	68.23±14.33beats/min
Measured peak time	16.60±3.54sec

2.2.3 생체요인과 조영제 peak time의 연관성

생체요인 측정치와 조영제 peak time의 상관분석 결과, 나이와 키, 몸무게, 최고혈압, 최저혈압, 검사 시 최

[Table 4] Scatter plot of biomechanics factors and contrast media peak time

Spec.	Measured peak time	Age	Height	Weight	SBP	DBP	Inspection of SBP	Inspection of DBP	Inspection of HR
Measured peak time	1								
Age	.267	1							
Height	.203	-.190	1						
Weight	.106	.129	.584**	1					
SBP	-.109	-.014	.189	.513**	1				
DBP	-.229	-.330*	.347*	.288*	.601**	1			
Inspection of SBP	-.146	.307*	-.005	.145	.175	.038	1		
Inspection of DBP	-.312*	-.002	.101	.246	.317*	.416**	.734**	1	
Inspection of HR	-.661**	-.075	-.198	-.105	.096	.140	.095	.416**	1

* p<.05 ** p<.01

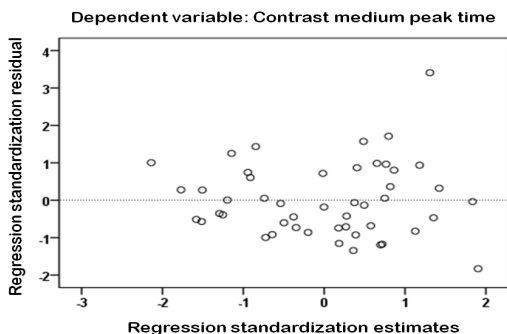
고혈압 등은 유의한 상관관계가 없었으며(p>0.05), 검사 시 최저혈압과 검사 시 심박동수는 유의한 음의 상관관계를 보였다(p<0.05), (Table 4).

측정된 생체요인 중 유의한 상관관계를 보인 검사 시 최저혈압과 검사 시 심박동수를 대상으로 조영제 peak time과 다중선형회귀분석한 결과, 수정된 R제곱 통계량이 0.662로 회귀모형이 66.2%의 높은 설명력을 가지고 있음을 알 수 있으며, 분산분석결과 F검정 통계량이 17.591(p=0.000)로 종속변수에 영향을 주는 하나 이상의 유의한 생체요인이 포함되어 있음을 알 수 있다(Table 5).

[Table 5] Model summary and ANOVA

Adjusted R Square	F	Sig.
0.662	17.591	.000

회귀모형의 잔차분석결과 0을 기점으로 무작위하게 흩어져 오차의 독립성이 만족되며, 대부분의 잔차가 +2와 -2안에 들어와 정규성이 만족되어 회귀모형의 기본가정에 만족한다(Fig. 1).



[Fig. 1] Zresid scatter plot of zpred

2.2.4 조영제 peak time의 회귀식

선형회귀분석 결과, 회귀 절편이 28.858이고 기울기가 검사 시 최저혈압 -0.018, 검사 시 심박동수 -0.159임을 이용하여 회귀식을 작성하였다(Table 6, 식 1).

[Table 6] Coefficients of biomechanics factors and contrast media peak time

	Unstandardized Coefficients		t	Sig.
	B	Std. Error		
(Constant)	28.858	3.604	8.007	.000
Inspection of HR	-.159	.030	-5.233	.000
Inspection of DBP	-.018	.049	-.366	.716

$$y = 28.858 - (0.018x_1 + 0.159x_2) \quad (1)$$

y : Calculated the peak time

x₁ : Inspection of DBP

x₂ : Inspection of HR

이는 검사 시 최저혈압과 심박동수가 1단계 증가할 때마다 평균적으로 조영제 peak time은 검사 시 최저혈압에 따라 -0.018, 검사 시 심박동수에 따라 -0.159로 유의하게 감소함을 의미한다.

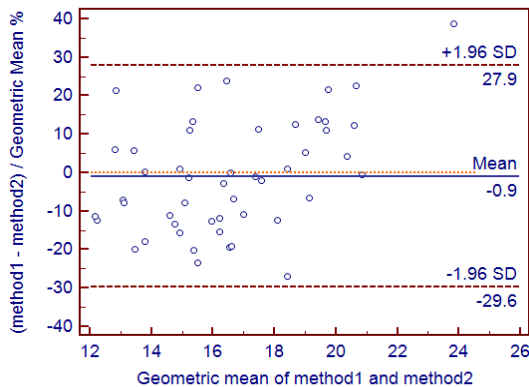
2.2.5 Bland-Altman plot에 의한 일치도

실제 측정된 조영제 peak time과 회귀식에 의해 산출된 조영제 peak time이 일치하는지를 평가하기 위하여 Bland-Altman plot를 시행한 결과, 일치도가 상당히 높다는 것을 확인할 수 있다. 또한 Bland-Altman plot에서 관

찰치의 차이와 평균 간에 어떤 관련성이 없고 무작위하게 분포하고 있다. 이는 두 방법 간의 불일치의 크기가 환자 수와 관련이 없다는 것을 의미한다(Table 7, Fig. 2).

[Table 7] Descriptive statistics of measured peak time and calculated the peak time

	Mean		Std.	Variance
	Statistic	Std. Error	Deviation	
Measured peak time	16.586	.511	3.540	12.530
Calculated the peak time	16.575	.339	2.348	5.515



method1 : Measured peak time
method2 : Calculated the peak time

[Fig. 2] Coincidence result of Bland-Altman plot

3. 고찰 및 결론

CE MRA는 정맥으로 주입된 상자성 조영제가 혈관 내 혈액의 T1 이완시간을 단축시켜 혈관 영상을 얻는 방법으로[10], 혈류변화에 의한 신호감소에 덜 민감하여 혈관 모양에 따른 유동관련인공물이 작고 영상획득시간이 짧아 운동인공물의 영향을 덜 받는다[6]. 그러나 CE MRA는 조영제가 관심혈관을 통과하는 도중 어떠한 시점에 케이 공간의 중심부를 채우느냐에 따라 영상의 질이 좌우되는데[7], 조영제가 대순환 후 동맥에 머물러 있는 짧은 시간동안 혈관영상을 획득해야 하는 문제점이 있다[10].

이를 해결하기 위하여 Bae 등[2]은 고정지연시간법을 이용한 TRICKS(Time Resolved Imaging of Contrast Kinetics) MRA로 해결할 수 있다고 보고하였다. 그러나 TRICKS MRA는 동맥, 모세혈관, 정맥기를 시간대별로

관찰이 가능하지만 공간분해능이 좋지 않아 고해상도의 영상을 얻을 수 없는 한계점이 있다. 또한 Kim 등[7]은 Keyhole 기법과 SENSE 기법을 병용하여 사용함으로써 해상도가 높은 영상을 얻을 수 있다고 하였지만, Bae 등[2]의 연구에 대한 개선안일 뿐, 공간분해능 저하라는 한계로 뇌혈관 질환의 조기 진단 검사에는 부적합하다. 이는 Park 등[6]의 고정지연시간법과 시험적조영제주입법의 비교연구에서도 알 수 있다. 즉 경동맥의 명확성 및 신호강도의 균일성은 시험적조영제주입법이 정성적 분석에서 총 30예 중 28예 대 22예로 월등히 높고, 정량적 분석에서도 67.1+16.1대 27.3+17.8로 월등히 높아, 공간분해능이 저하되는 고정지연시간법 대신 시험적조영제주입법이 유용하다고 하였다.

그러나 시험적조영제주입법은 관심 혈관이 조영 증강되는 시점을 정해야 하는 문제점이 있으므로, 이를 해결하기 위해 추가적인 시험적 조영제 주입을 통한 신호강도곡선을 얻어야 한다[6]. 시험적 조영제 주입은 배경조직의 조영증강 효과가 있다는 점과, 신기능이 저하된 고령인구에서 신원성 전신섬유증의 위험을 증가시킬 수 있다는 점, 그리고 신원성 전신섬유증 환자에게는 치명적이라는 문제점이 있다[3]. 저자들은 조영제 peak time에 영향을 주는 주된 생체 요인을 분석하여 이러한 문제점을 개선하고자 하였다.

연구 결과, 생체요인 중 검사 시 최저혈압과 심박동수가 유의한 음의 상관관계를 보였고, 다중선형회귀분석 결과 회귀 절편이 28.858이고, 기울기가 검사 시 최저혈압은 -0.018, 심박동수는 -0.159였으며, 회귀식에 의해 산출된 조영제 peak time과 실제 측정된 값의 일치도가 상당히 높아 두 방법간 차이가 없음을 알 수 있었다. 이는 본 연구 방법이 우수한 화질을 유지하면서도 환자에게 투여되는 조영제량을 감소시킴으로 기존의 방법을 대체할 수 있음을 의미한다.

선행 연구로 Earls 등[11]은 시험적조영제주입법에서 시간결정검사와 자동주입기를 이용하면 대동맥 MRA의 신호대 잡음비와 대조도대 잡음비를 높일 수 있다고 보고하였다. 그러나 Kim 등[12]은 안전성과 비용을 고려하여 조영제량의 최소화를 주장하였고, 변형 시간결정검사를 이용하여 조영제량을 줄임으로써 Earls 등[11]의 방법보다 우수하다고 하였다. 본 연구는 Kim 등[12]의 연구보다 진일보한 것으로 조영제 peak time을 생체요인으로 산출한 획기적인 성과라 할 수 있다. 이는 신원성 전신섬유증의 위험성을 줄이기 위하여 조영제 사용을 최소화 해야 한다는 Choi 등[3]의 연구와 부합된다.

연구를 진행함에 있어, 뇌혈관 질환의 조기진단 검사의 특성상 연구 대상자가 특정 진료과에 편중되었다는

점과, 연구 대상자가 적다는 점, 그리고 연구목적상 혈류 속도를 고려하지 않았다는 제한점이 있다. 그럼에도 불구하고 국내외적으로 적용한 사례가 없고, 우수한 화질을 유지하면서도 환자에게 투여되는 조영제량을 줄일 수 있는 방안을 제시하였다는 데에 학술적 가치가 있다고 하겠다.

References

[1] Korean Statistical Information Service. Death and daeth rates By cause [Internet]. From: http://kosis.kr/abroad/abroad_01List.jsp?parentid=D. (accessed Oct., 10, 2012)

[2] S. J. Bae, C. H. Lim, B. R. Park, W. J. Shin, J. S. Kim, "The Value of Comparison with Four Dimension Time Resolved Imaging of Contrast Kinetics(TRICKS) MRA by Time of Flight(TOF) MRA", J Magn Korean contents, 10, pp. 215-221, 2009.
DOI: <http://dx.doi.org/10.5392/JKCA.2010.10.3.215>

[3] J. H. Choi, S. M. Lim, Y. Kim, "Comparison of 3D TOF MRA with Contrast Enhanced MRA in Intracranial Atherosclerotic Occlusive Disease", J Korean Radiol Soc, 64, pp. 203-211, 2011.

[4] Y. S. Ji, B. J. Lee, "Usefulness of 3-Dimensional Gadolinium-enhanced MR Angiography for the Evaluation of Pedal Artery: Comparison with digital subtraction angiography", J Korean Radiol Soc, 47, pp. 21-26, 2002.

[5] Y. H. Kim, "Usefulness of Magnetic Resonance Angiography in Intracranial Arteriovenous Malformation", J Korean Radiol Soc, 30, pp. 7-14, 1994.

[6] B. J. Park, M. G. Kim, S. I. Suh, S. J. Hong, K. R. Cho, B. K. Seo, K. Y. Lee, N. J. Lee, J. H. Kim, "The Usefulness of Test Bolus Examination in Three Dimensional Contrast Enhanced MR Angiography of the Carotid Artery", J Korean Med, 44, pp. 317-323, 2001.

[7] S. Y. Kim, Y. K. Kim, S. M. Yoon, K. H. Yoo, J. S. Lim, "Using Keyhole and SENSE Technique 4D (time-resolved) MRA", Korean Journal of Magn Reson technology, 18, pp. 244-252, 2005.

[8] Y. E. Chung, "Optimal delay time for the hepatic parenchymal enhancement at the multidetector CT examination", The Graduate School Yonsei Universit Department of Medicine, 1, pp. 1-50, 2006.

[9] Korean Society of Magnetic Resonance in Medicine, "magnetic resonance imaging", pp. 194-210, 316-326, Ilchokak, 2008.

[10] K. W. Chung, T. S. Chung, J. Y. Joo, "What is the Cause of Signal Inhomogeneity at the Carotid Bifurcation During Contrast Enhanced Carotid MRA? : In Vivo and in Vitro Studies", J Korean Radiol Soc, 30, pp. 7-14, 1994.

[11] J. P. Earls, "Breath-hold single-dose gadolinium enhance three dimensional MR aortography: usefulness of a timing examination and MR power injection", Radiology, 201, pp. 705-710, 1996.

[12] M. K. Kim, Y. W. Oh, K. H. Shin, K. B. Chung, W. H. Suh, "Assessment of Contrast enhanced 3D Ultrafast Pulmonary MR Angiography Using Test Injection: Comparison between Single Dose and Double Dose", J Korean Radiol Soc, 41, pp.73-78, 1999.

손 순 룡(Soon-Yong Son)

[정회원]



- 1999년 2월 : 단국대학교 보건행정학과졸업 (보건행정학석사)
- 2012년 9월 : 한양대학교 보건학과 박사과정 수료
- 1990년 6월 ~ 현재 : 서울아산병원 영상의학과

<관심분야>

방사선영상학, 디지털영상학, 보건행정학, 보건학

김 윤 신(Yoon-Shin Kim)

[정회원]



- 1978년 2월 : 일본 동경대학교 보건학과 (보건학박사)
- 1985년 : 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, 저출산 고령사회

최 관 우(Kwan-Woo Choi)

[정회원]



- 2010년 7월 : 고려대학교 의용과학대학원 의료영상공학과 (공학석사)
- 2001년 2월 ~ 현재 : 서울아산병원 영상의학과

<관심분야>

방사선영상학, 디지털영상학, 의료영상공학

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

서 성 미(Sung-Mi Seo)

[정회원]



- 2006년 2월 : 신구대학교 방사선과 졸업
- 2010년 3월 ~ 현재 : 서울아산병원 영상의학과

<관심분야>

방사선물리학, 방사선생물학, 디지털영상학

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

민 정 환(Jung-Whan Min)

[정회원]



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

<관심분야>

디지털영상처리, 의학물리