

뇌기능 활성화 검사 시 적절한 자극 횟수에 관한 연구

손순룡^{1,2}, 김윤신¹, 최관우², 민정환³, 이종석⁴, 유병규^{4*}

¹한양대학교 대학원 보건학과, ²서울아산병원 영상의학과,

³신구대학교 방사선과, ⁴원광보건대학교 방사선과

A study on proper number of stimulations in functional MRI

Soon-Yong Son^{1,2}, Yoon-Shin Kim¹, Kwan-Woo Choi², Jung-Whan Min³,

Jong-Seok Lee⁴ and Beong-Gyu Yoo^{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

요약 BOLD기법은 자극 횟수가 늘어날수록 시간의 증가 및 검사 실패율이 높아지므로 본 연구를 통해 가장 적절한 자극 횟수를 도출하여 제시함을 목적으로 하였다. 연구대상은 정상인 10명을 대상으로 손 운동 기능검사의 paradigm을, 1회에서 7회까지 자극 횟수로 나누어 피검자에게 시행하였다. 실험장비는 Philips Intera Achieva 3.0T MRI System 및 Invivo사의 Eloquence를 사용하였으며, BOLD-EPI 기법을 이용하여 10번의 휴지기와 10번의 활성화기의 block design을 이용하였다. 관심영역인 primary hand motor area의 활성화 여부와 활성화 cluster 수, 활성화도, 비관심영역의 활성화 cluster 수를 비교하였다. 관심영역의 활성화 cluster 수는 2회 자극이 가장 낮았고, 3회부터는 일정하였으며, 활성화도는 자극 횟수가 늘어날수록 증가하지만, 비례하지는 않았다. 비관심 영역의 활성화 cluster 수는 3회부터 일정하였고, 6회부터 다시 증가하였다. 결론적으로 관심영역과 비관심영역의 활성화를 감안하고, 시간 감소에 따른 환자의 피로를 감소시키면서 정확성에 영향을 주지 않는 자극 횟수로 3회가 적정하리라 사료된다.

Abstract BOLD technique in functional MRI has to apply multiple stimulations. However as the stimulation time increases failure rates rise. In this study we are proposing proper number of stimulations through our experiments. Ten normal people underwent functional MRI hand motor scanning and the paradigms were designed from first to seventh stimulation. Under Philips Intera Achieva 3.0T MR system and Invivo cop's Eloquence equipment, activation periods and rest periods were repeated ten times each, using BOLD EPI technique. Primary hand motor area stimulation and number of clusters, activation rates and number of activated clusters in and outside the region of interest were compared to each other. Number of clusters in region of interest was lower than others at second stimulation and became static from third stimulation. The stimulated ratios were elevated as the number of stimulations were increased but it was not proportional. Number of clusters outside the ROI became static from the third stimulation and started increasing from sixth stimulation. As results, given the activation ratios of ROI and out side the ROI, three times stimulation was the most appropriate because it does not affect accuracy, also decreasing the fatigue of patients by with the decreased scanning time.

Key Words : fMRI, BOLD, Number of stimulations, Activated ratio

이 연구는 2012년도 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 August 27, 2012 Revised (1st September 3, 2012, 2nd September 5, 2012, 3rd September 10, 2012)

Accepted December 6, 2012

1. 서론

뇌는 부위별로 고유한 기능을 지니고 있으므로 어떠한 기능을 수행하기 위하여 특정부위의 뇌신경활동이 항진 되면 그 부위의 국소적 대사와 뇌혈류가 증가한다[1, 2]. 이러한 생리적 변화를 이용하여 뇌에 국소적 신경활성을 유도한 후 그 기능의 위치를 영상으로 표현하려는 기법이 기능적 자기공명영상(functional magnetic resonance imaging, 이하 fMRI) 이다[3, 4].

초기에 시각, 운동 및 감각에 대한 fMRI 결과가 기존의 다른 검사를 통해 알려진[5-7] 뇌활성 부위의 정보와 일치함으로써 fMRI가 뇌의 기능적 활동을 규명할 수 있는 도구로서 사용할 수 있게 되었으며[8], 이후 언어, 기억 등 고등인지기능까지 영상화하기에 이르렀다[9, 10].

fMRI에서 뇌의 특정한 인지기능을 보고자 할 때, 활성화시킬 수 있는 적절한 자극방법을 결정한다. 즉, 운동영역의 활성화는 손의 움직임과 같은 패러다임에 따라 자극을 주는 활성화와 주지 않는 휴지기의 두영상을 번갈아 가면서 BOLD(blood oxygen level-dependent) 기법에 의거 선택적으로 영상을 얻는다[11-13].

BOLD 기법은 활성화(task period)의 국소적 뇌혈류 증가 현상을 이용한 방법으로, 특정 부위에서 뇌혈류량이 증가 할 경우 산소량은 활성화된 조직에서 필요로 하는 양 이상으로 증가한다. 과도한 산소 공급은 조직의 유출 정맥 내 산소헤모글로빈 양을 증가시켜 상대적으로 탈산소헤모글로빈의 농도를 감소시킨다[14-16]. 탈산소헤모글로빈은 주위 양자의 T2 및 T2* 이완시간을 단축시키는 상자성 물질이므로 자화율을 감소시키고, T2 및 T2* 강조영상에서 신호강도의 감소를 초래한다. fMRI는 활성화된 부위가 비활성화된 부위에 비해서 탈산소헤모글로빈의 농도가 적기 때문에 T2 및 T2* 신호강도의 감소가 적게 일어나 활성화된 부위의 신호강도가 다른 부위보다 높게 나타난다[14-19].

BOLD 기법은 한 번에 얻을 수 있는 신호가 매우 작아 같은 부위를 활성화와 휴지기로 번갈아 가며 반복 검사해야 한다. 그러므로 자극 횟수가 늘어날수록 시간이 증가하고, 그로 인해 검사 실패율이 높아 재검사해야 하는 경우가 빈번히 발생한다. 재검사의 경우, 다른 환자의 검사 스케줄상 추후 재교육과 함께 다시 검사일정을 수립해서 시행해야 하므로 치료(수술) 계획의 수정이 불가피할 경우도 있고, 반복적인 실패 확률이 있는 등 진단과 치료에 커다란 문제점을 내포하고 있다. 의료기관에서는 내부적으로 특정 횟수를 설정하여 제각기 적용하고 있는 실정이지만, 환자를 대상으로 몇 번의 자극 횟수가 활성화 영상에 가장 적합한가에 관한 연구가 국내외에 전무

하여 개선이 절실한 실정이다. 이에 따라 저자들은 자극 횟수에 따른 관심영역 및 비관심영역의 활성화 cluster수 및 활성화도를 비교 분석하여 가장 최소의 시간이 소요되면서 최적의 활성화를 보일 수 있는 자극 횟수를 제시하여 임상적용에 기초자료로 제공하고자 하였다.

2. 연구대상 및 방법

2.1 연구대상 및 방법

연구대상은 2012년 1월부터 동년 8월까지 정상인 10명을 대상으로 하였다. 연구방법은 환자의 의지에 의존해야 하는 고등인지 기능검사가 아닌 과제를 얼마나 성실히 수행하는지 여부를 검사자가 직접 확인할 수 있는 손운동 기능검사의 paradigm을, 1번에서 7번까지 자극 횟수로 구분하여, 피검자에게 시행하였다.

2.2 영상획득 및 기법

영상획득 장비로 3.0T 초전도 자기공명영상장치(Archiva, Philips medical system)를 사용하였다. fMRI를 얻기 위한 영상기법은 Ogawa[7]의 EPI-BOLD 기법을 이용하였으며, 사용된 영상변수로는 TR/TE= 3000/35 msec, 숙임각(flip angle) 90°, FOV 220 mm×220 mm, matrix 128×128, 절편두께(slice thickness) 4 mm, 절편간격(slice gap) 0.5 mm, NEX(number of excitation) 1로 하였다. fMRI는 전교련(anterior commissure, AC)과 후교련(posterior commissure, PC)을 연장한 선을 기준으로 하여 뇌의 아래에서부터 위로 횡단면 30절편(slices)으로 구성된 체적 영상(volume image)을 매 3초마다 획득하였다. 영상을 얻기 전 fMRI와 같은 위치에서 T2-강조영상(TR/TE 3000/80 ms, 화소 512×512, 절편두께 4 mm, 절편간격 0.5 mm, FOV 220 mm×220 mm)을 얻어 해부학적 영상으로 사용하였다. 자극 제시는 Invivo사의 Eloquene 장비를 사용하여 피검자가 두부코일(head coil) 내에 부착된 컴퓨터와 연결된 액정패널을 통하여 시각적으로 제시하였다. 활성화를 위한 자극제시방법은 뇌영상 연구에서 가장 기본적인 설계인 블록설계(block design; box-car design)로 10번의 휴지기와 10번의 활성기를 번갈아 제시되도록 구성된 paradigm을 이용하였다.

2.3 영상 후처리

획득한 데이터의 영상후처리는 fMRI 분석 소프트웨어인 SPM 8(statistical parametric mapping 8, The Wellcome Department of Cognitive Neurology, University College,

London, UK)를 이용하여 분석하였다. 영상획득과정에서 움직임 보정하기 위하여 automated image reconstruction(AIR) 프로그램을 이용하여 image를 재정렬하였고[20], gaussian filter를 이용하여 image 다듬기(smoothing)를 시행하였다. ANCOVA model을 이용하여 전체혈류(global flow)를 보정한 후, 화소단위의 t-test를 시행하여 활성화지도(statistical parametric mapping)를 얻었다. 각 자극별로 95%의 신뢰수준에서 활성화 신호를 결정하고, 이를 해부학적 영상인 T2-강조영상에 중첩하여 최종 영상을 얻었다.

2.4 분석방법

영상의 후처리를 통하여 얻어진 최종 영상에서 관심영역인 primary hand motor area (Brodmann area 4, 6)의 활성화 여부와 활성화 cluster 수, 활성화도, 그리고 비관심영역의 활성화 cluster 수를 산출하였다. 산출한 10명의 데이터를 자극횟수별로 1회부터 7회까지 평균하여 비교 분석하였다. 통계적 분석방법은 일원배치분산분석(SPSS 버전 18)을 이용하여 p값이 .05보다 작은 경우 유의한 차이가 있는 것으로 판단하였으며, 가장 적절한 자극 횟수를 알아보기 위해 Duncan의 사후분석을 병행하였다.

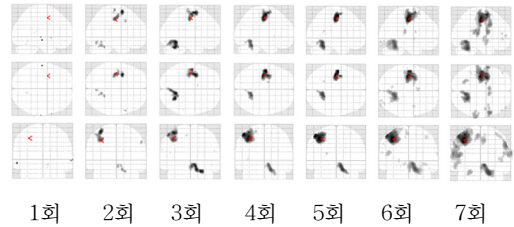
3. 연구결과

연구대상자의 인구사회학적 특성은 표 1과 같이 남성 이 5명, 여성이 5명이었고, 평균연령은 34.5세였다.

[Table 1] Sociological Variables

구분	항목	빈도(명)	비율(%)
성별	남성	5	50.0
	여성	5	50.0
연령	25세 이하	1	10.0
	26세~30세	4	40.0
	31세~40세	3	30.0
	41세 이상	2	20.0
교육 정도	전문대졸	4	40.0
	대학교졸	6	60.0

대상자에 대한 손 운동 기능검사의 paradigm적용 결과, 그림 1과 같이 관심영역인 primary hand motor area에서 활성화를 보였다.



[Fig. 1] Image of primary motor area according to the number of activations.

Primary hand motor area 활성화 여부는 표 2, 3과 같이 1회의 자극에서는 3명이, 2회 이상부터는 10명 모두 활성화 되었다. 따라서 관심영역의 활성화 cluster 수와 활성화도는 자극 횟수가 1회인 경우 검사자마다 활성화 여부가 달라 분석에서 제외하였다.

[Table 2] Activated or not in primary hand motor area

대상자 횟수	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1회	O	X	O	X	X	X	X	O	X	X
2회	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
3회	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
4회	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
5회	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
6회	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
7회	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O

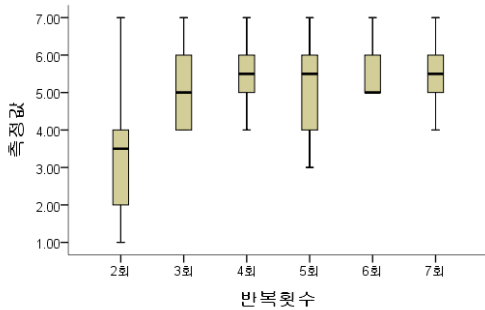
O: 활성화, X: 비활성

SPM 8 프로그램 내에 ANCOVA model을 이용하여 전체혈류(global flow)를 보정한 후, 화소단위의 t-test를 시행하여 활성화지도를 얻은 관심 및 비관심영역의 활성화 cluster 수와 활성화도는 표 3과 같다. 관심영역의 cluster 수가 높을수록 뇌 인지영역의 활성화가 활발하게 됨을 의미하는 것으로 수치가 높을수록 양호함을 의미한다. 활성화도는 활성화의 강도가 얼마나 강한가를 의미하는 것으로 수치가 높을수록 활성화 강도가 강함을 의미한다. 비관심영역의 클러스터수는 보고자하는 뇌 인지영역이 아닌 다른 부분의 활성화수를 의미하는 것으로 수치가 낮을수록 좋음을 의미한다.

[Table 3] Number of clusters and activated ratio in and outside ROI

자극횟수	관심영역		비관심영역
	cluster 수 (ea)	활성화도 (level)	cluster 수 (ea)
1회	X	X	33.5±9.9
2회	3.4±2.1	6.3±2.1	12.4±2.5
3회	5.3±1.2	7.1±1.1	7.3±1.1
4회	5.4±1.3	8.1±1.2	7.4±0.6
5회	5.3±1.3	8.2±0.7	7.1±0.8
6회	5.6±0.8	11.2±1.4	13.3±2.2
7회	5.4±1.0	11.5±1.9	23.64±8.4

관심영역의 활성화 cluster 수는 표 3, 그림 2와 같이 2회의 자극이 가장 낮았고, 3회 부터는 cluster 수가 일정하게 나타났다. 표 4의 사후분석 결과 2회 자극의 경우 뇌의 활성화가 적절히 일어나지 않았고, 3회 자극부터 관심영역 모두에서 활성화되었으며, 통계적으로 차이가 없었다(sig=.657).



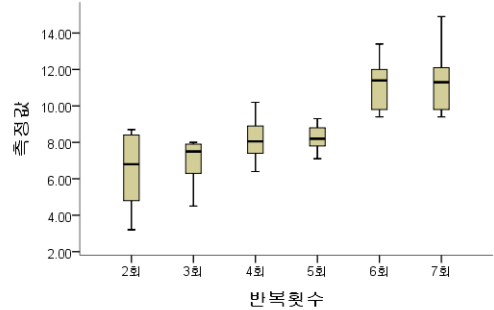
[Fig. 2] Box chart of number of activated clusters in ROI

[Table 4] Duncan multiple comparison for activated cluster numbers in ROI

반복횟수	N	유의수준 = 0.05에 대한 부집단	
		1	2
2회	10	3.40	
3회	10		5.30
5회	10		5.30
4회	10		5.40
7회	10		5.40
6회	10		5.60
유의확률		1.000	.657

활성화도는 표 3, 그림 3과 같이 자극 횟수가 늘어날

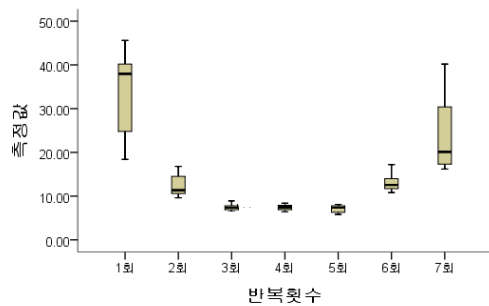
때마다 증가하였다. 표 5의 사후분석 결과, 자극을 반복적으로 시행하면 활성화 강도는 전체적으로 증가하였다. 유의수준 0.05에 대한 부집단의 경우, 3개의 집단간 차이가 존재하였으나, 각 집단내에서는 통계적인 차이가 없었다.



[Fig. 3] Box chart of activated ratio in ROI

[Table 5] Duncan multiple comparison for activated ratio in ROI

반복횟수	N	유의수준 = 0.05에 대한 부집단		
		1	2	3
2회	10	6.30		
3회	10	7.09	7.09	
4회	10		8.16	
5회	10		8.24	
6회	10			11.21
7회	10			11.50
유의확률		.244	.111	.667



[Fig. 4] Box chart of number of activated clusters in outside the ROI

표 6의 사후분석 결과, 충분한 자극이후 자극횟수에 따른 검사시간이 증가함으로써 비관심 영역이 활성화 되지만, 유의수준 0.05에 대한 부집단의 경우 4개의 집단간 차이가 있었으나, 각 집단내에서는 통계적으로 유의한 차이가 없었다.

[Table 6] Duncan multiple comparison for activated cluster numbers in outside the ROI

반복횟수	N	유의수준 = 0.05에 대한 부집단			
		1	2	3	4
5회	10	7.10			
3회	10	7.34			
4회	10	7.44			
2회	10		12.44		
6회	10		13.31		
7회	10			23.63	
1회	10				34.49
유의확률		.890	.704	1.000	1.000

4. 고찰 및 결론

fMRI는 뇌 인지기능의 영상화에 있어서 타 검사에 비해 비침습적이고 높은 시간적/공간적 분해능으로 인해 유용성이 높다. 그러나 보통 한 번에 얻을 수 있는 신호 강도의 차이가 매우 작아 같은 부위를 활성화와 휴지기로 번갈아 가며 촬영하는데, 아직까지 몇 번의 자극 횟수가 활성화 영상에 가장 적합한지는 알려진 바 없다. 1회 자극에 소요되는 시간은 1분으로 과도한 시간을 적용하기 어렵고, 특히 심신이 불안정한 환자를 대상으로 시행할 경우, 움직임에 의한 검사 자체의 실패를 초래할 수 있다. 현재의 4-6회 정도의 자극 횟수는 환자로 하여금 인내와 정신력을 요구하며, 검사 진행에 어려움이 따르고 있다. Menon 등과[12] Thompson 등도[19] 위와 같은 문제점으로 인하여 영상을 얻을 때 block과 자극 횟수는 지원자나 환자의 상태에 따라 연장하거나 줄여서 검사해야 한다고 하였다. 본 연구의 최대 목표는 가급적 자극 횟수 감소를 통한 소요시간의 감소로 환자의 피로도를 줄이면서도 검사의 정확성 및 성공률을 높이고자 함이다.

연구 결과, 관심영역의 활성화 cluster 수가 3회부터 일정하게 나타났는데, 이는 1회와 2회의 자극에서 뇌의 활성화가 적절히 일어나지 않는 것을 의미하며 3회부터 관심영역의 활성화 부위가 모두 활성화되어 동일함을 의미한다.

관심영역의 활성화도는 BOLD기법의 특성상 자극을 반복적으로 시행할수록 수치상으로는 증가하지만, 본 연구 결과 3, 4, 5회는 통계적으로 유의한 차이가 없으므로 3회의 자극으로도 충분히 가능함을 알 수 있다.

불필요한 비관심 영역의 활성화 cluster 수는 3회 부터 일정해 지는데, 이는 자극 횟수가 증가함에 따라 휴지기의

자극이 활성기의 자극을 적절히 제거한 결과라고 판단된다. 1회와 2회는 휴지기의 자극이 반영된 것이며, 6 회부터 증가는 자극 횟수 증가에 따른 검사시간이 증가 함으로써 비관심 부분의 활성화가 증가하는 것으로 분석 된다. Lehericy 등[21]의 연구에 의하면 청각을 이용한 문 장듣기 과제에서 휴지기에 적절한 대조과제인 문장을 거 꾸로 듣게 하면 해결된다고 하였다. 그러나 본 연구와 같 이 자극 횟수에 따른 비관심영역의 증가 추이를 분석하 여 미연에 방지함이 바람직하다고 사료된다. 연구를 종합 해 보면, 자극 횟수의 증가와 활성화는 비례하지 않으며, 비관심영역의 활성화를 증가시키는 요인으로 작용한다. 그러므로 관심영역과 비관심영역의 활성화를 감안하고, 시간 감소에 따른 환자의 피로를 감소시키면서 정확성에 영향을 주지 않는 자극 횟수로 3회가 적절하리라 사료된다.

본 연구는 연구 특성상 실험 대상자가 적다는 점과 환 자가 아닌 정상인을 대상으로 하였다는 제한점이 있다. 향후 유질환자와 정상인, 또는 환자의 다양한 특성별로 추가적인 연구가 필요할 것으로 판단된다. 그럼에도 불구하고 국내외적으로 선행 연구가 없고, 통일된 기준 없이 의료기관별로 자의적 판단 하에 시행하고 있는 자극회수 에 관한 정량적인 기준을 제시하였다는 데에 커다란 의 의가 있다고 하겠다.

References

- [1] Fox PT, et al. "Focal physiological uncoupling of cerebral blood flow and oxidative metabolism during somatosensory stimulation in human subjects". Proc Natl Acad Sci USA, 83, pp. 1140-4, 1986, [Article\(CrossRefLink\)](#)
- [2] Phelps ME, et al. "Metabolic mapping of the brain's response to visual stimulation: studies in humans". Science, 211, pp. 1445-8, 1981, [Article\(CrossRefLink\)](#)
- [3] ConnelJy A, et al. "Functional mapping of activated human primary cortex with a clinical MR imaging system". Radiology, 188, pp. 125-30, 1993.
- [4] Frahm J, et al. "Functional MRI of human brain activation at high spatial resolution". Magn Reson Med, 29, pp. 139-44, 1993, [Article\(CrossRefLink\)](#)
- [5] Rao SM, et al. "Somatotopic mapping of the human primary motor cortex with functional magnetic resonance imaging". Neurology, 45, pp. 919-24, 1995, [Article\(CrossRefLink\)](#)
- [6] Hammeke TA, et al. "Functional magnetic resonance imaging of somatosensory stimulation. Neurosurgery".

35, pp. 677-81, 1994.

[7] Ogawa S, et al. "Intrinsic signal changes accompanying sensory stimulation: functional brain mapping with magnetic resonance imaging". Proc Natl Acad Sci USA, 89, pp. 5951-5, 1992, [Article\(CrossRefLink\)](#)

[8] Stem E, et al. "Advances in functional neuroimaging methodology for the study of brain systems underlying human neuro psychological function and dysfunction". J Clin Exp Neuropsychol, 23, pp. 3-18, 2001, [Article\(CrossRefLink\)](#)

[9] Jack CR Jr, et al. "Sensory motor cortex: correlation of presurgical mapping with functional MR imaging and invasive cortical mapping". Radiology, 190, pp. 85-92, 1994.

[10] Yousry TA, et al. "Topography of the cortical motor hand area: prospective study with functional MR imaging and direct motor mapping at surgery". Radiology, 195, pp. 23-9, 1995.

[11] Mattay VS, et al. "Whole-brain functional mapping with isotropic MR imaging". Radiology, 201, pp. 399-404, 1996.

[12] Menon RS, et al. "Investigation of BOLD contrast in fMRI using multi-shot EPI". NMR Biomed, 10, pp. 179-82, 1997, [Article\(CrossRefLink\)](#)

[13] Howseman AM, et al. "Functional magnetic resonance imaging: imaging techniques and contrast mechanisms". Jhilos Trans R Soc Lond B Biol Sci, 354, pp. 1179-94, 1999, [Article\(CrossRefLink\)](#)

[14] Ogawa S, et al. "Functional brain mapping by blood oxygenation level-dependent contrast magnetic resonance imaging: A comparison of signal characteristics with a biophysical model". Biophys J, 64, pp. 803-12, 1993, [Article\(CrossRefLink\)](#)

[15] Duyn JH, et al. "Inflow versus deoxyhemoglobin effects in BOLD functional MRI using gradient echo at 1.5 T". NMR Biomed, 7, pp. 83-8, 1994, [Article\(CrossRefLink\)](#)

[16] Bandettini PA, et al. "Spin-echo and gradient-echo EPI of human brain activation using BOLD contrast: a comparative study at 1.5 T". NMR Biomed, 7, pp. 12-20, 1994, [Article\(CrossRefLink\)](#)

[17] Hathout GM, et al. "A quantitative physiologic model of blood oxygenation for functional magnetic resonance imaging". Invest Radiol, 30, 669-82, 1995.

[18] Tumer R, et al. "Functional mapping of the human visual cortex at 4 and 1.5 tesla using deoxygenation contrast EPI". Magn Reson Med, 29, pp. 277-9, 1993, [Article\(CrossRefLink\)](#)

[19] Thompson RM, et al. "Imaging of cerebral activation at 1.5 T: optimizing a technique for conventional hardware". Radiology, 190, 873-7, 1994.

[20] Yetkin O, et al. "Use of functional MR to map language in multilingual volunteers". AJNR Am J Neuroradiol, 17, pp. 473-477, 1996.

[21] Lehericy S, et al., "Functional MR evaluation of temporal and frontal language dominance compared with the Wada test", Neurology, 54, pp. 1625-1633, 2000, [Article\(CrossRefLink\)](#)

손 순 룡(Soon-Yong Son)

[정회원]



- 1999년 2월 : 단국대학교 보건행정학과졸업 (보건행정학석사)
- 2012년 9월 : 한양대학교 보건학과 박사과정
- 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 ~ 현재 : 한양대학교보건학과 주임교수, 한양대학교의과대학 산업의학교실 교수
- 2012년 ~ 현재 : 한양대학교 고려사회연구원장

<관심분야>

방사선영상학, 디지털영상학, 의용영상공학

최 관 우(Kwan-Woo Choi)

[정회원]



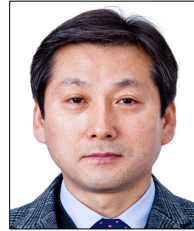
- 2010년 7월 : 고려대학교 의용과학대학원 의료영상공학과 (공학석사)
- 2001년 2월 ~ 현재 : 서울아산병원 영상학과

<관심분야>

방사선영상학, 디지털영상학, 의용영상공학

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

민 정 환(Jung-Whan Min)

[정회원]



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

<관심분야>

디지털영상처리, 의학물리

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