뇌기능 자기공명영상의 시계열 신호 분석에 의한 공간인지과제 수행시 산소 공급의 효과 관찰

정순철[1] · 손진훈[2] · 유지혜[1] · 엄진섭[3] · 이수열[4]

목적 : 본 연구는 외부에서 고 농도(30%)의 산소 공급이 공간 인지 능력에 어떠한 변화를 유발하는지 뇌기능 자기공명영상의 시계열 신호 분석을 통해 관찰하고자 한다.

대상 및 방법 : 비슷한 난이도의 공간 인지 과제 두 세트를 제작하기 위해 집단 검사를 실시하였다. 집단검사는 263명의 대학생을 대상으로 수행되었다. 그 결과 공간 인지 능력 측정을 위해 20 문항을 포함하는 두 개의 문제지를 제작하였다. 8명의 오른손잡이 남자 대학생(평균 23.5세)이 뇌기능 자기공명영상 실험의 피험자로 참여하였다. 21%와 30%의 산소를 공급하면서 공간 인지 과제를 수행하는 두 번의 실험이 설계되었다. 각 실험은 네 개의 블록으로 구성되고, 각 블록은 통제 및 공간 과제로 구성되었다. 3T MRI 기기를 사용하여 single-shot EPI 방법으로 뇌기능 영상을 획득하였다. 감산법을 이용하여 공간 과제 수행 시 활성화 되는 뇌 영역을 추출하였다. 활성화 영역의 시계열 신호 분석을 위해 대표적인 네 영역(소뇌, 후두엽, 두정엽, 전두엽)을 선정하였다.

결과 : 평균 정답률은 21%와 30% 산소 농도에서 각각 50.63 ± 8.63와 62.50 ± 9.64 이었고, 두 농도간의 통계적 유의차가 발생하였다 ($p<0.05$). 21%에 비해 30% 산소 농도에서 소뇌, 후두엽, 두정엽, 전두엽 영역에서 신경 활성화의 면적이 증가 하였다. 소뇌, 후두엽, 두정엽 영역의 신경 활성화 면적의 증가율은 약 17%이었고, 전두엽은 약 50% 이었다. 특히, 공간 인지 처리와 가장 밀접한 관련이 있는 두정엽 영역에서는 신경 활성화 강도도 증가하였다. 좌 두정엽에서 신경 활성화 강도의 증가율은 약 1.4% 이었고, 우 두정엽은 약 1.7% 이었다.

결론 : 고농도의 산소가 과제수행에 필요한 산소 공급을 충분하게 하여 과제수행에 필요한 신경망을 보다 활성화시켰다. 그리고 그 결과로 과제 수행 능력도 증가시킨다는 결론을 도출할 수 있다.

서 론

Moss(1996) 등과 Scholey(1999) 등은 외부에서의 100% 산소 공급이 단어 기억력 증가와 빠른 인지 처리에 긍정적인 영향을 미친다는 사실을 보고하였다 (1, 2). 또한 본 연구팀에서는 뇌기능 영상 기법(functional Magnetic Resonance Imaging: fMRI)을 이용하여 산소가 공간 인지 능력에 미치는 효과를 관찰하였을 때 일반 공기 중의 산소 농도 환경(21%)에 비해 30%의 고농도 산소 환경에서 공간 인지 기능을 담당하는 두정엽을 포함한 소뇌, 후두엽 영역과 전두엽 영역의 신경 활성화 면적이 증가하였다고 보고하였다 (3, 4). 즉, 21% 산소 환경에서 활성화 되지 않았던 영역이 30% 농도에는 활성화되어 과제 수행을 위해 좀 더 많은 뇌를 사용하였다고 보고하였다.

대한자기공명의과학회지 9:9-15(2005)
[1]건국대학교 의학공학부
[2]충남대학교 심리학과, 뇌과학연구소
[3]충북대학교 심리학과
[4]경희대학교 동서의학 대학원
접 수 : 2005년 1월 5일, 채 택 : 2005년 3월 22일
통신저자 : 정순철, (380-701) 충북 충주시 단월동 322번지 건국대학교 의학공학부
Tel. (043)840-3759 Fax. (043)851-0620 E-mail: scchung@kku.ac.kr

이러한 결과로부터 고농도의 산소 공급이 공간 과제를 수행하는 동안 과제 수행에 필요한 산소 공급을 충분하게 하여 과제 수행에 필요한 신경망을 보다 활성화시키게 되고, 그 결과로 과제 수행 능력도 증가한다는 결론을 유도하였다 (3, 4).

그러나 선행 연구에서는 신경 활성화 면적을 계산할 때 소뇌, 후두엽, 두정엽 영역들이 모두 집단(cluster)을 형성하고 있었기 때문에 함께 면적을 계산하였다. 즉, 대뇌의 각 영역을 정확히 구분하여 신경 활성화 면적을 계산하는데 어려움이 있었기 때문에 신경 활성화의 증가가 정확히 어디에서 발생했는지를 도출하는데 한계가 있었고, 특히 공간 인지와 직접적인 연관이 있는 두정엽 영역에서 신경 활성화의 증가가 확실하다는 증거가 부족하였다 (5, 6).

본 연구에서는 선행 연구의 데이터를 보다 구체적으로 분석하고자한다. 즉, 선행 연구에서는 신경 활성화 면적 변화에 초점을 맞추었으나, 본 연구에서는 뇌기능 영상의 시계열 신호를 분석함으로서 신호 강도 변화에 초점을 맞추고자한다. 뇌기능 영상에서 시계열 데이터의 신호 강도는 신경 활성화 정도를 나타내는 지표이므로, 인지 처리에 대한 산소의 긍정적인 효과를 뒷받침하는 또 다른 근거가 될 수 있을 것이다 (7, 8). 또한 시계열 데이터는 각 영역별로 구분하여 분석할 수 있기 때문에 고농도 산소 공급으로 발생한 신경 활성화의 증가가 정확히 어디에서 발생했는지를 도출하는데 도움이 될 수 있을 것이다.

대상 및 방법

산소 공급 장치 및 실험 참여자

일반 공기 중의 산소 농도 인 21%의 산소와 30%의 고농도 산소를 각각 8L/min의 양으로 일정하게 공급할 수 있는 산소 공급 장치(Oxy Cure Co.)를 개발하였다. 산소 공급 장치에서 발생된 산소는 마스크를 통하여 실험 참여자에게 전달되었으며, 실험 참여자는 어떠한 농도의 산소가 공급되는지 모르게 하였다. 뇌 손상의 경험이 없는 8명의 오른손잡이 남자 대학생(평균 23.5세)을 본 연구의 실험 참여자로 선정하였다.

공간 인지 과제의 문항 선정

공간 인지 능력 측정을 위한 문항 선정을 위해, 집단검사를 통하여 유사한 난이도의 문항을 포함하는 두 개의 문제지를 제작하였다. 자세한 선정 과정은 다음과 같다. 먼저 집단 검사에 사용할 문제지를 구성하기 위하여 지능 진단 검사, 적성 진단 검사 그리고 일반 적성 검사(General Aptitude Test Battery: GATB)로부터 공간 인지 능력을 측정할 수 있는 소검사들을 선정하였다 (9-11). 집단검사 문제지는 A와 B, 두 가지 유형으로 제작되었다. A형의 집단검사 문제지는 지능 진단 검사 중에 공간 인지 검사 15문항, 적성 진단 검사 중에 공간 관계 검사 홀수번 10문항, 그리고 일반 적성 검사 중에 공간 인지 검사와 관련 있는 검사 D의 짝수번 20문항으로 하여 총 45 문항으로 구성 되어 있다. B형의 집단검사 문제지는 지능 진단 검사 중에 공간 인지 검사 15문항, 적성 진단 검사 중에 공간 관계 검사 짝수번 10문항, 그리고 일반 적성 검사 중에 공간 인지 검사와 관련 있는 검사 D의 홀수번 20문항으로 하여 총 45 문항으로 구성 되어 있다.

각 45 문항의 문제들로 구성된 문제지 A, B를 이용하여, 263명(남: 143명, 여: 120명)의 대학생을 대상으로 집단검사를 실시하였다. A형 문제지를 푼 학생은 139명(남: 77명, 여: 62명)이었으며, B형 문제지를 푼 학생은 124명(남: 66명, 여: 58명)이었다. A, B의 총 90 문항 각각에 대한 정답률((정답자 수/응답자 수)×100)을 산출하였다.

집단검사로부터 계산된 정답률을 바탕으로 총 90 문항을 정답률 순위대로 나열하여 A′와 B′에 유사한 난이도의 문제가 포함되도록 문제지를 재구성하였다. 이중에서 39 - 91%의 정답률 범위에 있는 총 20쌍 (40 문항)을 공간 인지 과제로 최종 선정하였다. 선정된 20쌍의 공간 인지 문제 종류는 두 가지 유형이다. 주어진 도형의 모양과 똑 같은 모양을 네 개의 보기 중에 찾는 유형과, 주어진 도형의 전개도를 찾는 유형으로 구성되어 있다.

실험 설계 및 절차

21% 산소 농도 일 때 공간 인지 과제를 수행하는 실험과, 30% 산소 농도 일 때 과제를 수행하는 실험을 설계하였다. 첫 번째 실험이 종료되고 30분이 지난 후 두 번째 실험을 수행하였다. 유사한 난이도끼리 짝지어 선정된 20쌍의 공간 인지 문제들을 두 실험(A′, B′ 양식)에 나누어 분포시킴으로써 실험 간에 문제 난이도의 차이가 없도록 하였다. 한 실험은 네 개 블록으로 구성되었으며, 각 블록은 통제 과제(1분)와 공간 인지 과제(1분)를 포함하도록 하였다. 한 실험 당 소요시간은 블록 당 2분씩, 총 8분이었다. 선정된 통제 과제와 인지 과제는 뇌기능 영상 실험을 위한 자극 제시 S/W인 SuperLab 1.07(Cedrus Co.)을 사용하여 제작하였고, 컴퓨터와 빔 프로젝터를 이용하여 MRI 내부의 피검자에게 거울을 통하여 제시하였다. 피검자는 제시된 문제에 대해 반응 버튼을 누르도록 하여 해답을 결정하도록 하였다.

통제 과제에서는 1, 2, 3, 4의 네 개 숫자 중 화면에 제시되는 번호에 해당하는 버튼을 누르게 하여 본 실험에 집중하게 하였다 (블록 당 8번 시행). 공간 인지 과제에서는 문제들을 제시하고 각 문제의 정답에 해당하는 버튼을 눌러 반응하게 하였다 (블록 당 5번 시행). 또한 각 시행들이 한 블록 내에서 무작위로 제시되도록 하였다.

실험에 참여하기 전 실험 참여자들은 실험에 대한 전반적인 설명을 듣고 문제 유형을 익히기 위해 연습문제를 풀어 보도록 하였다. 산소 농도 21% 일 때 A′양식의 문제를 풀었던 실험 참여자들은 산소 농도 30% 일 때 B′양식을 풀도록 하였고, 산소 농도 21% 일 때 B′양식의 문제를 풀었던 실험 참여자들은 산소 농도 30% 일 때 A′양식을 풀도록 하였다.

뇌기능 영상 획득

뇌기능 영상 획득은 KAIST 뇌과학 연구 센터에 있는 3T MRI(ISOL Technology FORTE)를 사용하였으며, single-shot Echo Planar Imaging(EPI) 방법(TR/TE: 3000/35 msec, FOV 240 mm, matrix 64×64, slices thickness 4mm)으로 각 볼륨 당 35장의 뇌 절편 영상을 획득하였다. 하나의 볼륨 영상을 획득하는데 3초가 (TR=3000 msec) 소요되므로 8분 동안의 실험 시간 동안 총 160 개의 시계열 볼륨 영상을 획득하게 된다. 즉, 한 블록 당 통제 과제 수행 (1분) 동안 20개, 인지 과제 수행 (1분) 동안 20개로 40개의 시계열 볼륨 영상을 획득하고, 네 블록 동안 160 개의 시계열 볼륨 영상을 획득하게 된다. T1 강조영상법인 3-D FLAIR 방법 (TR/TE: 280/14 msec, FOV 240 mm, matrix 256×256, slice thickness 4 mm)으로 해부학적 뇌 영상을 획득하였다.

정답율 및 뇌기능 영상 분석

뇌기능 영상을 획득하면서 각 실험 참여자는 두 개 실험 (21%와 30% 산소 농도)에 걸쳐 공간 인지 과제를 수행하였고, 과제 수행 결과로부터 정답률((정답수/총문항수)×100)을 산출하였다.

뇌기능 영상 데이터는 SPM-99(Statistical Parametric Mapping-99, Wellcome Department of Cognitive Neurology, Oxford, 1999) S/W를 사용하여 분석하였다. 재배열(realignment) 과정으로 머리의 움직임을 교정하고, 기능적 영상과 해부학적 영상을 상관정립(coregister)하여 공통 좌표로 합성해 주었다. 각 개인의 뇌 형태적 차이를 교정하기 위하여 표준화된 뇌 공간에 template image(Montreal Neurologic Institute)를 사용하여 normalization 하였다 (12). 활성화된 뇌 영역은 normalization 된 개인의 영상 자료를 그룹으로 분석하여 활성화의 평균치를 구하고 T score에 따라 색채 부호화(color coding)하여 개인별 및 그룹별로 뇌 지도를 얻었다. 이때 감산법(Visuospatial tasks - Control tasks)을 사용하여 인지 과제를 풀 때 신경망의 활성화가 일어나는 뇌 영역을 추출하였다.

시계열 신호 분석

뇌기능 영상 분석 결과로부터 활성화가 발생한 각 영역의 시

Table 1. Talairach coordinates, the Brodmann' s area, and t-score of selected eight areas

Region	Brodmann area	Talairach coordinates			T-score
		x	y	z	
Occipital lobe	18	32	-94	8	30.73
	18	-28	-94	6	16.29
Parietal lobe	7	24	-68	56	24.99
	7	-24	-68	56	16.18
Frontal lobe	46	46	18	24	15.32
	46	-46	18	24	16.91
Cerebellum		2	-84	-36	18.75
		-2	-84	-36	19.47

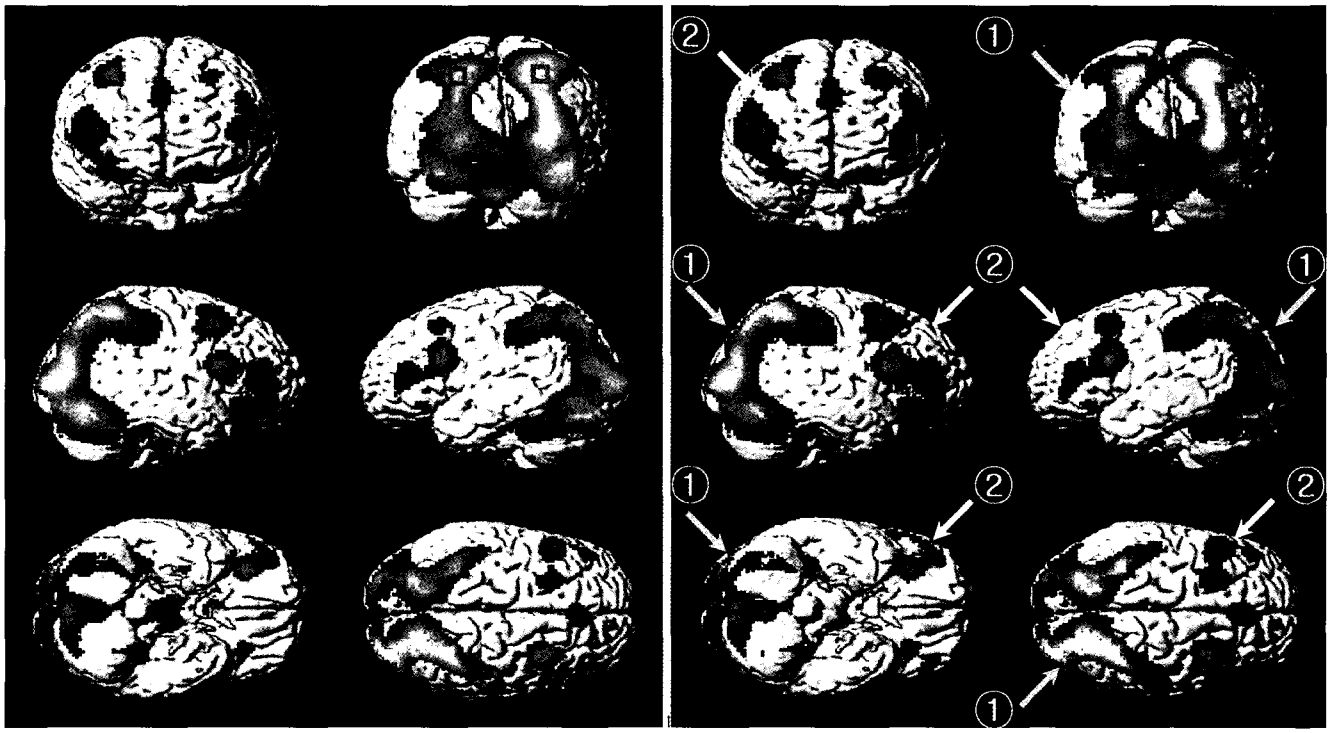


Fig. 1 The brain activation areas in the condition of 21% and 30% oxygen administration, respectively (n=8, $p<0.05$).

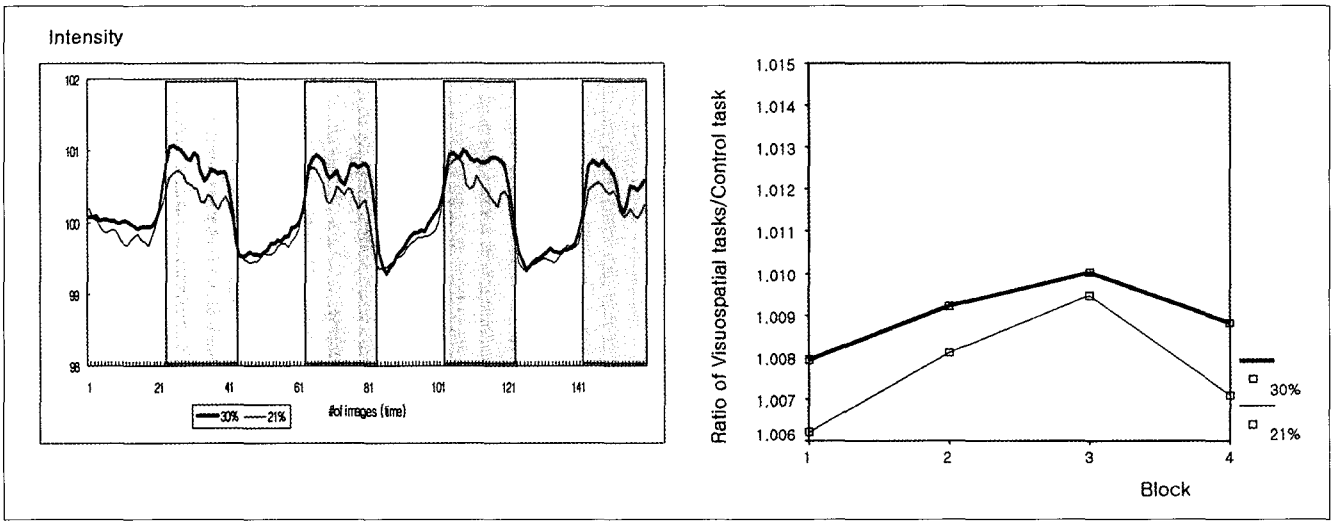
계열 신호를 관찰하기 위하여, 21% 산소 농도일 때 활성화가 발생한 영역 중 대표적인 네 영역(소뇌, 후두엽, 두정엽, 전두엽)을 선정하였고 이 영역을 좌, 우로 구분하여 여덟 영역을 선정하였다. 선정 기준은 각 영역별로 활성화의 통계적 유의도가 가장 큰 voxel를 중심으로 5×5×5 영역으로 선택하였다. 두 가지 산소 농도에서 선택된 여덟 영역의 시계열 신호를 분석하였다.

두 산소 농도 사이의 시계열 신호의 크기 차이에 대한 통계분석을 위하여 다음과 같은 방법을 이용하였다. 첫 번째로, 여덟 영역 각각에서 얻은 5×5×5 voxel 의 값들을 평균하여 한 영역에서 하나의 값을 산출하였다. 두 번째로, 여덟 영역과 두 가지 산소 농도 각각에 대하여, 160개의 시계열 신호를 네 개의 블록(각 블록 당 40개)과 각 블록에 포함되어 있는 두 가지 과제(통제 과제: 20개, 공간인지 과제: 20개)로 구분 한 후, 각 과제를 수행하였을 때 얻은 20개의 시계열 신호 평균을 산출하였다. 세 번째로, 각 블록 내에서 공간 인지 과제의 활성화 평균을 통제 과제의 활성화 평균으로 나누어 통제 과제에 비교한 공간 인지 과제의 활성화 비율을 산출하였다. 마지막으로, 위의 활성화 비율에 대하여 산소 농도(2수준)와 블록(4수준)을 독립변인으로 한 이원 반복측정 변량분석 (two-way repeated measures ANOVA)을 SPSS(ver. 10.0)을 이용하여 수행하였다. 블록을 독립변인으로 사용한 이유는 시간의 경과에 따른 오차를 산소 농도의 효과에서 제거하기 위해서였다.

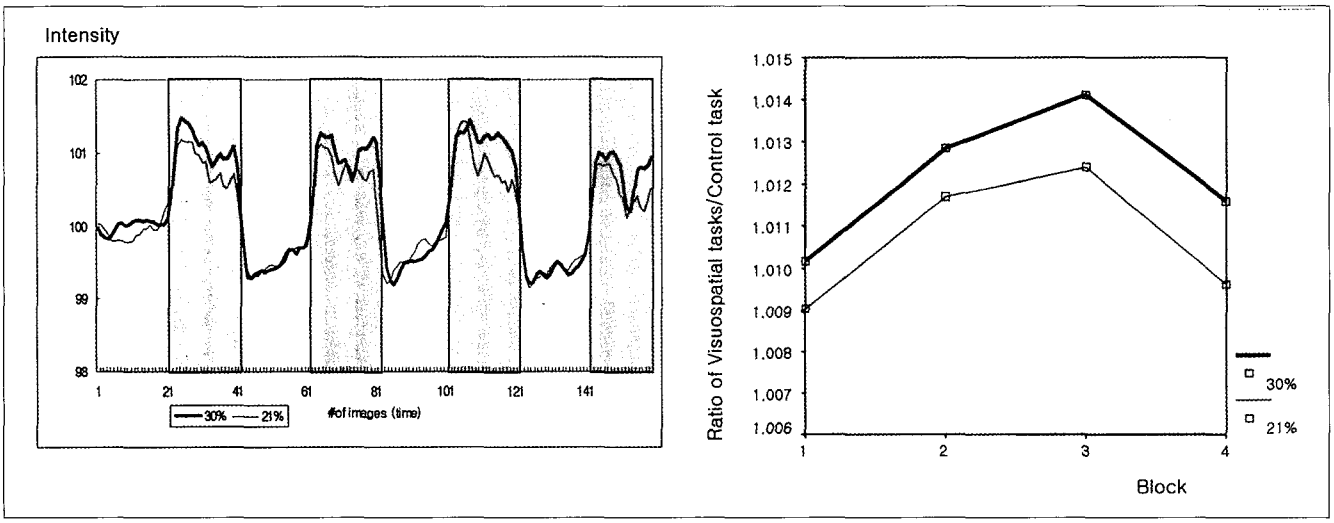
결 과

공간 인지 과제 정답율

평균 정답률은 21%와 30% 산소 농도에서 각각 50.63±



a



b

Fig. 2 Time course data of left and right parietal lobes in the condition of 21% and 30% oxygen administration, respectively (n = 8, $p < 0.05$) (**a**) left (**b**) right. Duration of visuospatial tasks are indicated by shaded vertical bars.

8.63와 62.50±9.64이었다. paired t-test(SPSS ver. 10.0)를 사용하여 통계 분석을 한 결과 정답률에서 두 농도간의 유의한 차이가 발생하였다 ($t=3.252$, $df=7$, $p=0.014$).

뇌기능 영상 분석 결과

그림 1에서와 같이 산소 농도 21%와 30%에서 각각 공간 인지 과제를 수행하였을 때 활성화되는 뇌 영역은 동일하였다. 소뇌(cerebellum), 후두엽(occipital lobe), 두정엽(parietal lobe), 전두엽(frontal lobe) 부분이 동일하게 활성화되었다 (corrected $p<0.05$, cluster level). 그러나 산소 농도 21%에 비해 30% 농도 일 때 활성화 된 모든 대뇌피질 영역에서 활성화 양(면적)이 증가하였다 (3, 4). 그림 1(b)에서와 같이 활성화 양이 증가 된 영역을 화살표로 표시하였다. 그림 1(b)에서 1번 화살표는 소뇌, 후두엽, 두정엽 영역이고, 이 영역에서 산소 농도 21%에 비해 30%일 때 약 17%의 활성화 면적의 증가를 관찰하였다 (4). 2번 화살표는 전두엽 영역을 나타내고, 이 영역에서 산소 농도 21%에 비해 30%일 때 약 50%의 활성화 면적의 증가를 관찰하였다 (4). 이때 1번 화살표의 소뇌, 후두엽, 두정엽 영역들이 모두 집단(cluster)을 형성하고 있기 때문에 신경 활성화의 증가가 정확히 어디에서 얼마만큼 발생했는지를 도출하는데 한계가 있었다.

시계열 신호 분석 결과

시계열 신호 분석을 위해 대표적으로 선정된 여덟 영역의 Talairach coordinates, Brodmann area, t-score을 표1에 나타내었다. 각 영역의 시계열 신호 분석 결과 두정엽 영역을 제외하고 나머지 영역에서는 산소 농도에 따라 신호 강도가 통계적으로 차이가 없었다 ($p>0.05$). 두 가지 산소 농도에서 좌, 우 두정엽 부분의 시계열 신호와 이원 반복측정 변량분석 결과를 그림 2에 나타내었다. 선정된 좌, 우 두정엽 위치는 그림 1(a)에 사각형으로 표시하였다. 그림 2(a)와 같이 좌 두정엽 영역에서는 21%에 비해 30% 산소 농도 일 때 시계열 신호 강도(신경 활성화 강도)가 약 1.4% 유의하게 증가하였다 ($p<0.05$). 그림 2(b)와 같이 우 두정엽 영역에서는 21%에 비해 30% 산소 농도 일 때 시계열 신호 강도가 약 1.7% 유의하게 증가하였다 ($p<0.05$). 또한 산소 농도에 무관하게 왼쪽에 비해 오른쪽 두정엽의 신경 활성화 강도가 모두 컸다.

고 찰

본 연구에서는 일반 공기 중의 산소 농도(21%) 환경에 비해 외부에서 고 농도(30%)의 산소 공급이 공간 인지 능력에 미치는 효과를 뇌기능 영상의 시계열 신호의 분석을 통해 관찰하고자 하였다.

공간 인지 과제 처리 결과는 21%에 비해 30%의 산소 농도 일 때 정답률이 통계적으로 유의하게 증가하여, 고농도의 산소 공급이 공간 인지 능력 향상에 긍정적인 영향을 미친다는 결론을 도출할 수 있었다.

공간 인지 과제와 관련된 뇌 신경망 및 뇌 기능에 관한 연구들은 과제의 유형, 난이도, 성별, 개인 능력에 따라 다양한 연구결과들을 보고해 왔다. 그러나 다양한 유형의 공간 과제 수행시 두정엽이 공통적으로 활성화 되고, 우측 두정엽의 활성화 양이 크다는 사실들이 보고 되었다 (3-7, 13). 즉, 공간 인지 처리는 두정엽 영역과 밀접한 연관이 있고, 특히 오른쪽 두정엽 부분이 중요한 역할을 수행한다는 사실이 밝혀졌다. 이러한 결과는 산소 농도에 무관하게 두정엽 부분이 활성화 되고, 특히 좌측에 비해 우측 두정엽의 활성화 양(면적, 강도)이 보다 우세한 것으로 나타난 본 연구의 결과와 일치하는 것이다.

본 연구의 주된 관심이었던 두 가지 산소 농도에 따른 뇌 활성화 강도는 다르게 나타났다. 선행 연구에서 1번 화살표인 소뇌, 후두엽, 두정엽 영역과 2번 화살표인 전두엽 영역에서 산소 농도 21%에 비해 30% 농도 일 때 활성화 면적이 증가하였다고 보고한 바가 있다 (3, 4). 그러나 1번 화살표의 소뇌, 후두엽, 두정엽 영역들이 모두 집단(cluster)을 형성하고 있기 때문에, 공간 인지와 가장 밀접한 관련이 있는 두정엽 영역에서 신경 활성화의 증가가 확실하다는 증거가 부족하였다.

본 연구에서는 신경 활성화의 또 다른 지표가 될 수 있는 뇌 기능 영상의 시계열 신호를 분석하였다. 21%에 비해 30% 농도 일 때 소뇌, 후두엽, 전두엽 영역의 시계열 신호의 신호 강도는 차이가 없었으나 두정엽 영역의 신경 활성화 강도는 유의하게 증가하였다. 이러한 결과는 고농도의 산소 공급이 공간 인지 처리와 가장 밀접한 관련이 있는 두정엽 영역의 신경 활성화를 보다 크게 유발하였다는 확실한 증거가 될 수 있을 것이다. 그러므로 본 연구의 결과는 고농도(30%)의 산소공급이 공간 인지 처리와 직접적으로 관련한 뇌신경 활동에 필요한 산소 공급을 충분하게 하여, 과제 수행 능력을 증가시킬 수 있다는 결론을 도출하는데 충분한 근거가 될 수 있을 것이다.

선행연구에서 21%에 비해 30% 농도 일 때 소뇌, 후두엽, 두정엽, 전두엽 영역의 신경 활성화 면적이 증가하였다고 보고하였으나, 본 연구에서는 두정엽 영역에서만 신경활성화 강도 변화를 관찰 할 수 있었다. 이것은 각 영역에서 활성화의 통계적 유의도가 가장 큰 voxel를 중심으로 5×5×5 영역의 대표적인 위치에서만 시계열 신호를 관찰하였기 때문에 발생한 것 일수도 있다. 또한 실험 과제, 실험 설계 등의 다양한 요인이 원인이 될 수 있을 것이다. 그러므로 분석 위치 변화, 관찰 영역의 체적 변화, 실험 설계의 변화 등의 다양한 추가 연구가 필요로 할 것이다. 향후 다양한 산소 농도에 대한 연구로부터 인지 기능을 최대한 높일 수 있는 최적의 산소 농도를 찾는 연구가 필요할 것이다. 본 연구에서와 같이 인지 기능의 단기 효과(8분 동안의 짧은 실험 시간) 뿐만 아니라 장기적으로 고농도의 산소가 어떠한 영향을 미치는지에 대한 연구도 필요할 것으로 사료된다. 언어, 학습, 추리, 지각, 정서 등의 다양한 인간의 인지 기능에 고농도의 산소 공급이 어떠한 변화를 유발하는지에 대한 연구도 필요할 것이다. 또한 고농도 산소 공급의 인지 기능에 대한 긍

정적인 효과뿐만 아니라 인간의 다양한 신체적 및 정신적 부정적 효과에 대한 검증 연구도 필요할 것이다.

결 론

결론적으로 공간 인지 과제 수행 시 고농도의 산소 공급으로 소뇌, 후두엽, 전두엽 영역에서는 새롭게 신경 활성화가 발생한 영역이 생겼고, 두정엽 영역에서는 신경 활성화 면적의 증가뿐만 아니라 신경 활성화 강도도 증가하였다는 사실을 도출할 수 있다.

Acknowledgement

This work was supported by a grant R11-2002-103 from Korea Science & Engineering Foundation.

참 고 문 헌

1. Moss MC, Scholey AB. Oxygen administration enhances memory formation in health young adults. Psychopharmacology (Berlin) 1996;124:255-260
2. Scholey AB, Moss MC, Neave N, Wesnes K. Cognitive performance, hyperoxia, and heart rate following oxygen administration in healthy young adults. Physiology & Behavior 1999;67(5):783-789
3. Chung SC, Tack GR, Lee B, Eom GM, Lee SY, Sohn JH. The effect of 30% oxygen on visuospatial performance and brain activation: An fMRI study. Brain and Cognition 2004;56:279-285
4. Chung SC, Tack GR, Kim IH, Lee SY, Sohn JH. The effect of highly concentration oxygen administration on cerebral activation levels and lateralization in visuospatial task. Integrative Physiological and Behavioral Science 2004;39:153-165
5. Fink GR, Marshall JC, Weiss PH, Zilles K. The neural basis of vertical and horizontal line bisection judgments: an fMRI study of normal volunteers. Neuroimage 2001;14:59-67
6. Ng VW, Eslinger PJ, Williams SC, Brammer MJ, Bullmore ET, Andrew CM, Suckling J, Morris RG, Benton AL. Hemispheric preference in visuospatial processing: a complementary approach with fMRI and lesion studies. Human Brain Mapping 2000;10:80-86
7. Moonen CTW, Bandettini PA. Functional MRI. New York: Springer 1999
8. Ogawa S, Tank DW, Menon R, Ellermann JM, Kim SG, Merkle H, Ugurbil K. Intrinsic signal changes accompanying sensory stimulation: Functional brain mapping with magnetic resonance imaging. Proceeding of the National Academy of Sciences of the United States of America 1992;89:5951-5955
9. Lee SR. Intelligence test 151-Ga Type (High school students ~ adults). Seoul: Jungangjucksung Press 1982
10. Lee SR, Kim KR. Aptitude test 251-Ga (High school students ~ adults). Seoul: Jungangjucksung Press 1985
11. Park SB. GATB (General Aptitude Test Battery): academic, job aptitude test type II (for students of middle schools, high schools and universities, and general public). Seoul: Jungangjucksung Press 1985
12. Talairach J, Tournoux P. Co-Planar Stereotaxic Atlas of the Human Brain. New York: Georg Thieme Verlag Stuttgart 1988
13. Carpenter PA, Just MA, Keller TA, Eddy W, Thulborn K. Graded functional activation in the visuospatial system with the amount of task demand. Journal of Cognitive Neuroscience 1999;11:9-24

J. Korean Soc. Magn. Reson. Med. 9:9-15(2005)

Observations of Oxygen Administration Effects on Visuospatial Cognitive Performance using Time Course Data Analysis of fMRI

Soon-Cheol Chung[1], Jin-Hun Sohn[2], Ji-Hye You[1], Jin-Sup Eom[3], Soo-Yeol Lee[4]

[1]*Department of Biomedical Engineering, Konkuk University*
[2]*Department of Psychology, Brain Research Institute, Chungnam National University*
[3]*Department of Psychology, Chungbuk National University*
[4]*Graduate School of East-West Medical Science, Kyunghee University*

Purpose : This study attempted to investigate the effects of supply of highly concentrated (30%) oxygen on human ability of visuospatial cognition using time course data analysis of functional Magnetic Resonance Imaging (fMRI).

Materials and Methods : To select an item set in the visuospatial performance test, two questionnaires with similar difficulty were developed through group testing. A group test was administered to 263 college students. Two types of questionnaire containing 20 questions were developed to measure the ability of visuospatial cognition. Eight college students (right-handed male, average age of 23.5 yrs) were examined for fMRI study. The experiment consisted of two runs of the visuospatial cognition testing, one with 21% level of oxygen and the other with 30% oxygen level. Each run consisted of 4 blocks, each containing control and visuospatial items. Functional brain images were taken from 3T MRI using the single-shot EPI method. Using the subtraction procedure, activated areas in the brain during visuospatial tasks were color-coded by t-score. To investigate the time course data in each activated area from brain images, 4 typical regions (cerebellum, occipital lobe, parietal lobe, and frontal lobe) were selected.

Results : The average accuracy was 50.63 ± 8.63 and 62.50 ± 9.64 for 21% and 30% oxygen respectively, and a statistically significant difference was found in the accuracy between the two types of oxygen ($p < 0.05$). There were more activation areas observed at the cerebellum, occipital lobe, parietal lobe and frontal lobe with 30% oxygen administration. The rate of increase in the cerebellum, occipital lobe and parietal lobe was 17% and that of the frontal lobe, 50%. Especially, there were increase of intensity of BOLD signal at the parietal lobe with 30% oxygen administration. The increase rate of the left parietal lobe was 1.4% and that of the right parietal lobe, 1.7%.

Conclusion : It is concluded that while performing visuospatial tasks, high concentrations of oxygen administration make oxygen administration sufficient, thus making neural network activate more, and the ability to perform visuospatial tasks increase.

Index words : Oxygen administration
Visuospatial cognitive performance
Time course data, fMRI

Address reprint requests to : Soon-Cheol Chung, Department of Biomedical Engineering, Kunkuk University, 322, Danwol-dong, Chungju, Chungcheongbuk-do 380-701, Korea.
Tel. 82-43-840-3759 Fax. 82-43-851-0620 E-mail: scchung@kku.ac.kr