

# 고농도의 산소 공급이 공간지각 과제 수행 시 젊은 성인 남자의 대뇌 편측화에 미치는 영향

정순철<sup>#</sup>, 손진훈<sup>\*</sup>, 김익현<sup>\*\*</sup>

## The Effect of Highly Concentrated Oxygen Administration on Cerebrum Lateralization of Young Men during Visuospatial Task

Soon Cheol Chung<sup>#</sup>, Jin Hun Shon<sup>\*</sup> and Ik Hyeon Kim<sup>\*\*</sup>

### ABSTRACT

The present study attempted to investigate the effects of supply of highly concentrated (30%) oxygen on human ability of visuospatial cognition and cerebrum lateralization, compared to air of normal oxygen concentration (21%). The experiment consisted of two runs, one for visuospatial cognition test with normal air (21% of oxygen) and for visuospatial cognition test with more oxygen in the air (30% of oxygen). Each run was composed of four blocks and each block included eight control tasks and five visuospatial tasks. Functional brain images were taken from 3T MRI using the single-shot EPI method. The result of task performance showed the accuracy increased at 30%'s concentration of oxygen rather than 21%'s. There were more activations observed at the left and right hemisphere, but there was decrease cerebrum lateralization with 30% oxygen administration. Thus, it is concluded that the positive effect on the visuospatial cognitive performance level by the highly concentrated oxygen administration was due to increase of cerebrum activation and decrease of cerebrum lateralization

**Key Words** : Cerebrum lateralization (대뇌 편측화), Visuospatial task (공간지각 과제), Oxygen administration (산소 공급), Young men (젊은 성인 남자)

### 1. 서론

산소는 인체에서 대사 작용이 가장 활발한 기관인 뇌 활동에 중요한 물질로서, 중추신경계는 산소 부족에 가장 민감한 조직이다. 동맥혈 산소 분압의 저하는 주의력, 기억력, 의사결정 능력 등의 뇌기능의 변화를 초래한다. 인지 과제를 수행하는 동안

대뇌에 글루코스와 산소의 공급이 증가한다는 사실은 잘 알려져 있다.<sup>1</sup> 반대로 저혈당 (hypoglycaemia) 일 때와 저산소증 (hypoxia) 일 때 인지 저하가 일어난다는 연구 결과도 있다.<sup>2</sup> 또한 노화에 따른 인지 감소는 산소와 글루코스의 공급이 원활 하지 않기 때문에 발생한다는 사실도 보고 되었다.<sup>3</sup> 이와 같이 산소는 인간의 정신 활동에 필수적인 물질이

<sup>\*\*\*</sup> 접수일: 2003년 12월 27일; 게재승인일: 2004년 5월 7일

<sup>#</sup> 교신저자: 건국대학교 의학공학부

E-mail scchung@kku.ac.kr Tel. (043) 840-3759

<sup>\*</sup> 충남대학교 심리학과

<sup>\*\*</sup> 건국대학교 의학공학부

며, 특히 뇌 기능에 중요한 역할을 수행한다.

Moss<sup>4</sup> 등과 Scholey<sup>5</sup> 등은 외부에서의 산소 공급이 단어를 기억 할 수 있는 능력에 어떠한 영향을 미치는지를 연구하였다. 단어 목록을 보여 주기 이전에 1분 동안 산소를 공급하고, 단어 목록을 제시한 후 10분 또는 24시간 이후에 기억한 단어수를 비교했을 때, 산소를 공급하지 않은 상태에 비해 산소를 공급 했을 때 기억해 낸 단어 수가 현격히 증가하였다고 보고하였다. 이러한 결과로부터 외부에서 부가된 산소 공급이 기억 형성에 긍정적인 영향을 미친다는 사실을 알 수 있다. 또한 약속된 단어가 컴퓨터 모니터 상에 제시 되었을 때 반응 버튼을 가능한 한 빨리 누르게 한 과제를 수행했을 때, 외부 산소 공급이 있는 경우 반응 시간이 빨라진다고 보고하였다.<sup>5</sup>

본 연구팀에서는 젊은 성인 남자를 대상으로 외부에서 고 농도 (30%)의 산소 공급 시 인지 능력 중 특히 공간 지각 능력에 어떠한 변화를 유발하는 지에 대한 기초 연구를 뇌기능 영상 기법 (functional Magnetic Resonance Imaging: fMRI)을 이용하여 수행하였다.<sup>6</sup> 일반 공기 중의 산소 농도 환경 (21%)에 비해 30%의 고농도 산소 환경에서 공간 지각 기능과 고차 인지 기능을 담당하는 두정엽 부분과 전두엽 영역의 활성화가 증가하였고, 공간 지각 과제 수행 결과에서도 30% 농도의 산소 공급 일 때 평균 정답률이 유의미하게 증가하였다. 이러한 결과로부터 고농도의 산소공급이 공간 지각 과제를 수행하는 동안 과제수행에 필요한 산소 공급을 충분하게 하여 과제수행에 필요한 신경망을 보다 활성화시키게 되고, 그 결과로 과제 수행 능력도 증가한다는 결론을 유도하였다.

대뇌 기능의 비대칭성 (functional asymmetry), 반구 우세성 (hemispheric dominance), 인지 기능의 편측화 (lateralization of cognitive functions)에 대한 비슷한 연구가 다양하게 수행되고 있다. 오른손잡이의 경우 언어 중추는 좌반구라는 것이 밝혀졌고, 우반구는 복잡한 시각 또는 공간 정보 처리를 담당한다고 일반적으로 알려졌다.<sup>7</sup> 공간 지각과 관련된 뇌 신경망 및 뇌 기능에 관한 연구들은 공간 지각 과제의 유형, 난이도, 성별, 개인 능력에 따라 다양한 연구 결과들을 보고해 왔다. 특히 성별, 난이도 및 개인 능력에 따라 대뇌 편측화에 차이가 있다는 보고가 있었다.<sup>8-13</sup>

본 연구에서는 젊은 성인 남자를 대상으로

fMRI 기법을 이용하여 공간 과제 수행 시 고농도의 산소 공급에 따른 대뇌 편측화의 변화에 대해 연구를 수행하고자한다. 선행 연구에서 고농도의 산소 공급이 공간 지각 능력 변화에 긍정적인 영향을 미친다고 보고하였다.<sup>6</sup> 이러한 고농도 산소의 공간 지각 능력 변화에 대한 긍정적인 영향과 대뇌의 편측화 변화와의 상관관계를 본 연구에서 밝히하고자한다.

## 2. 실험 방법

### 2.1 공간 지각 과제 검사지 개발

공간 지각 능력 측정을 위한 문항 선정을 위해, 집단검사를 통하여 유사한 난이도의 문항을 포함하는 두 개의 문제지를 제작하였다. 먼저 집단검사에 사용할 문제지를 구성하기 위하여 지능 진단 검사<sup>14</sup>, 적성 진단 검사<sup>15</sup> 그리고 일반 적성 검사<sup>16</sup> (General Aptitude Test Battery: GATB) 로부터 공간 지각 능력을 측정할 수 있는 소 검사들을 선정하였다. 집단검사 문제지는 A와 B, 두 가지 유형으로 각 45 문항의 문제들로 구성되었다. 문제지 A, B를 이용하여, 263명 (남: 143명, 여: 120명)의 대학생을 대상으로 집단검사를 실시하였다. A형 문제지를 푼 학생은 139명 (남: 77명, 여: 62명)이 있으며, B형 문제지를 푼 학생은 124명 (남: 66명, 여: 58명)이었다. A, B의 총 90 문항 각각에 대한 정답률 ((정답자수/응답자 수)×100)을 산출하여, 유사한 난이도를 보이는 문항들끼리 둘씩 짝을 지어 총 20쌍 (40 문항)을 선정하였다. 선정된 문항들은 38.69-90.79%의 정답률 범위에 있는 문항들이었다. Fig.1은 본 연구에서 선정된 공간 지각 과제의 예제를 나타낸 것으로 맨 왼쪽에 있는 도형의 모양과 똑 같은 모양을 네 개의 보기 중에 찾는 문제이다.

### 2.2 산소 공급 장치 및 실험 참여자

본 연구를 위해 일반 공기 중의 산소 농도인 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 농도와 유량을 일정하게 유지할 수 있도록 마스크를 통하여 실험 참여자에게 전달되었으며, 실험 참여자는 어떠한 농도의 산소가 공급되는지 모르게 하였다.

신체 내 보철기를 착용하지 않고, 뇌수술, 고막수술 경험이 없고, 폐쇄공포증이 없고, 난시가 없는

8명의 오른손잡이 남자 대학생들 (평균 23.5세)이 본 연구에 참여하였다.

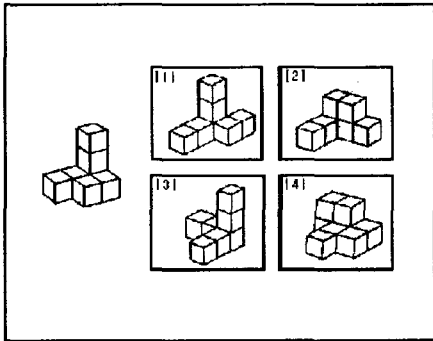


Fig. 1 Problem type for visuospatial performance test

### 2.3 실험 설계 및 절차

21% 산소 농도 일 때 공간 지각 과제를 수행하는 회기와, 30% 산소 농도 일 때 과제를 수행하는 회기, 두 개 회기로 이루어진 실험을 설계하였다. 유사한 난이도끼리 짝지어 선정된 20쌍의 공간 지각 문제들을 두 회기 (A, B양식)에 나누어 분포시킴으로써 회기 간에 문제 난이도의 차이가 없도록 하였다. 한 회기는 네 개 블록으로 구성되었으며, 각 블록은 통제 과제와 공간 지각 과제를 포함하도록 하였다. 선정된 통제 과제와 인지 과제는 뇌기능 영상 실험을 위한 자극 제시 S/W인 SuperLab 1.07 (Cedrus Co.)을 사용하여 제작하고, 컴퓨터와 빔 프로젝터를 이용하여 MRI 내부의 피검자에게 거울을 통하여 제시하였다. 피검자는 제시된 문제에 대해 반응 버튼을 누르도록 하여 해답을 결정하

도록 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 지각 과제에서는 공간 지각 문제들을 제시하고 각 문제의 정답에 해당하는 버튼을 눌러 반응하게 하였다 (블록 당 5번 시행). 또한 각 시행들이 한 블록 내에서 무작위로 제시되도록 하였다. Fig. 2는 한 실험의 구성을 도식화한 것이다. 한 실험당 소요시간은 블록 당 2분씩, 총 8분이었다.

실험에 참여하기 전 실험 참여자들은 실험에 대한 전반적인 설명을 듣고 문제 유형을 익히기 위해 연습문제를 풀어 보도록 하였다. 산소 농도 21% 일 때 A양식의 문제를 풀었던 실험 참여자들은 산소 농도 30% 일 때 B양식을 풀도록 하였고, 산소 농도 21% 일 때 B양식의 문제를 풀었던 실험 참여자들은 산소 농도 30% 일 때 A양식을 풀도록 하였다.

### 2.4 뇌기능 영상 획득

뇌기능 영상 획득은 KAIST 뇌과학 연구 센터에 있는 3T ISOL Technology FORTE를 사용하였으며, single-shot Echo Planar Imaging (EPI) 방법 (TR/TE: 3000/35msec, FOV 240mm, matrix 64\*64, slices thickness 4mm)으로 각 볼륨 당 35장의 뇌 절편 영상을 획득하였다. 자기적 평형상태에 도달하기 위하여, 처음 5개의 볼륨영상은 분석에서 제외하였다. T1 강조영상법인 3-D FLAIR 방법 (TR/TE: 280/14msec, FOV 240mm, matrix 256\*256, slice thickness 4mm)으로 해부학적 뇌 영상을 획득하였

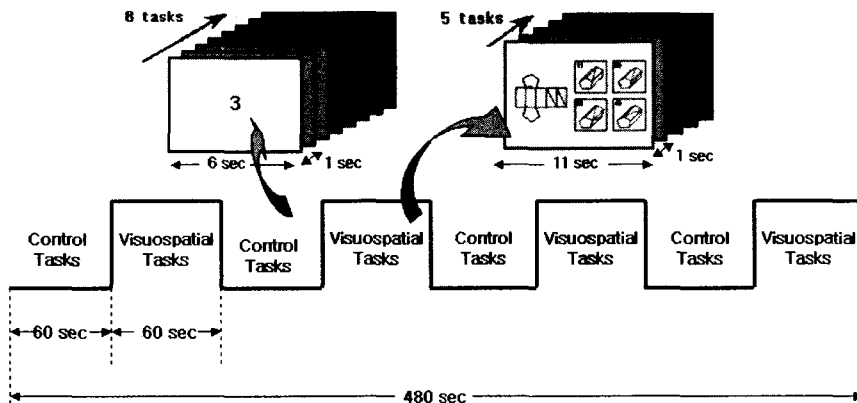


Fig. 2 Test procedure

다.

### 2.5 데이터 분석

뇌기능 영상을 획득하면서 각 실험 참여자는 두 개 회기 (21%와 30% 산소 농도)에 걸쳐 공간 지각 과제를 수행하였고, 과제 수행 결과로부터 정답률 ((정답 수 / 총 문항 수) × 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 합성해주었다. 각 개인의 뇌 형태적 차이를 교정하기 위하여 표준화된 뇌 공간에 template image (Montreal Neurologic Institute)를 사용하여 normalization 하였다.<sup>17</sup> 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.

감산법 (subtraction)을 사용하여 인지 과제를 풀 때 신경망의 활성화가 일어나는 뇌 영역을 추출하

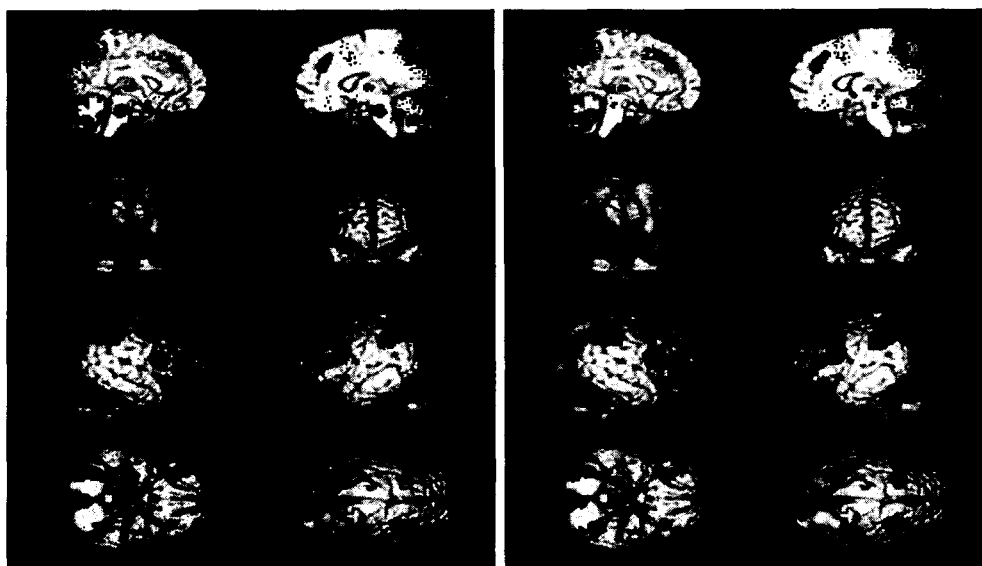
였다.

대뇌 편측화는 편측화 지수 (lateralization index)를 결정하여 판단하였다. 편측화 지수의 계산은 (left-right) / (left+right)의 공식을 통해 수행되고, 이때 left와 right는 각각 좌, 우반구의 활성화 voxel 수이다. 각 반구의 활성화 voxel 수는 SPM의 분석 방법 중 Small volume correction (SVC)을 이용하여 좌, 우반구의 범위를 지정한 후 측정되었다. 편측화 지수가 양(+)이 되면 좌반구가, 음(-)이 되면 우반구가 우세 반구가 된다.

통계분석은 SPSS (ver. 10.0)를 이용하였고, paired t-test를 사용하여 두 가지 산소 농도 사이에 활성화 된 voxel 수와 편측화 지수에서 통계적으로 유의한 차이가 있는지 검증하였다.

### 3. 실험 결과

21%와 30% 산소 농도에서 각각 공간 지각 과제를 수행한 후 모든 실험 참여자의 정답률을 계산하였다. 평균 정답률은 21%와 30% 산소 농도에서 각각  $50.63 \pm 8.63$ 과  $62.50 \pm 9.64$  이었고, 30%의 농도에서 통계적으로 유의미하게 정답률이 증가하였



(a) 21%

(b)30%

Fig. 3 The brain activation areas in the condition of 21% and 30% oxygen administration, respectively (n=8, corrected p<.05)

Table 1 Number of activated voxel at the left and right hemisphere and lateralization index (n=8)

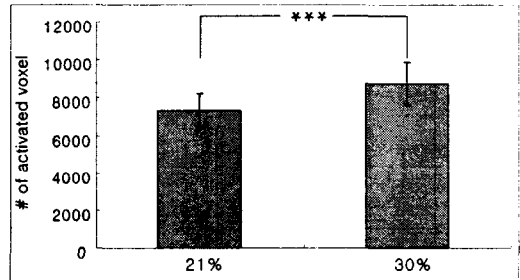
|         | 21%         |              |                      | 30%         |              |                      |
|---------|-------------|--------------|----------------------|-------------|--------------|----------------------|
|         | left        | right        | Lateralization Index | left        | right        | Lateralization Index |
| #1      | 5513        | 9869         | -0.28                | 7014        | 9959         | -0.17                |
| #2      | 9047        | 11604        | -0.12                | 10163       | 11352        | -0.06                |
| #3      | 4974        | 8596         | -0.27                | 5223        | 7423         | -0.17                |
| #4      | 5973        | 7939         | -0.14                | 7825        | 9819         | -0.11                |
| #5      | 7346        | 9479         | -0.13                | 8275        | 10411        | -0.11                |
| #6      | 10042       | 12490        | -0.11                | 12522       | 14006        | -0.06                |
| #7      | 7511        | 10287        | -0.16                | 8915        | 11748        | -0.14                |
| #8      | 8301        | 10264        | -0.11                | 10107       | 12910        | -0.12                |
| Avg±S.D | 7338 ± 1771 | 10066 ± 1483 | -0.16 ± 0.07         | 8755 ± 2224 | 10953 ± 2034 | -0.11 ± 0.05         |

다 ( $t=-3.252, df=7, p=0.014$ ).

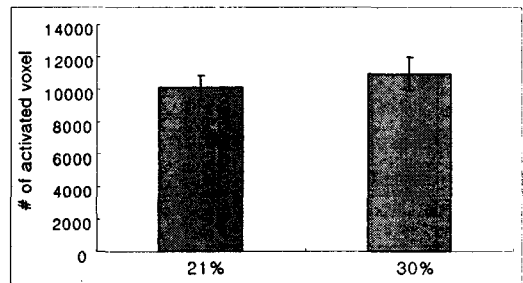
Fig. 3에서와 같이 산소 농도 21%와 30%에서 각각 공간 지각 과제를 수행하였을 때 활성화되는 뇌 영역은 동일하였다. 소뇌 (cerebellum) 영역, 양측 후두엽 (occipital lobe) 영역, 양측 상두정엽 (bilateral superior parietal lobes), 양측 하두정엽 (bilateral inferior parietal lobes), 양측 췌기앞소엽 (bilateral precuneus), 양측 중심후이랑 (bilateral postcentral gyri) 등을 포함하는 두정엽 (parietal lobe) 영역, 그리고 양측 중간전두이랑 (bilateral middle frontal gyri), 양측 하전두이랑 (bilateral inferior frontal gyri), 양측 내측전두이랑 (bilateral medial frontal gyri), 양측 상전두이랑 (bilateral superior frontal gyri), 양측 대상회 (bilateral cingulate gyri) 등을 포함하는 전두엽 (frontal lobe) 부분이 동일하게 활성화되었다 (corrected  $p<.05$ ).

모든 피험자 (n=8)에 대해 산소 농도 21%와 30% 농도 일 때 활성화 된 voxel 수를 좌, 우반구로 구분하였고, 이를 통해 계산된 편측화 지수를 Table 1에 나타내었다. Fig. 4에서처럼 활성화 된 voxel 수는 좌, 우반구 모두 30% 농도 일 때 증가하였지만, 좌반구에서만 통계적으로 유의미하였다 ( $t=-5.956, df=7, p=0.001$ ). 그리고 두 가지 농도 모두에서 편측화 지수가 음이 나와 공간 과제 수행 시 우반구가 보다 활성화 된다는 사실을 확인 할 수 있었다. 그러나 Fig. 5와 같이 전체 뇌의 편측화 지수는 21%에 비해 30% 농도 일 때 유의미하게 감소하였다 ( $t=-3.252, df=7, p=0.014$ ). 이러한 결과는 30% 산소 농도 일 때 좌반구에 비해 상대적으로 우반구의 활성화 voxel 수의 증가율이 작아졌다는 사실을

의미하며, 대뇌의 신경 활성화가 보다 대칭화 되었다는 것을 의미한다. 이러한 사실은 Fig. 4의 결과에서도 유추할 수 있다.



(a) left hemisphere



(b) right hemisphere

Fig. 4 Number of activated voxel (a) at the left and (b) right hemisphere and statistical significance (n=8, \*\*\*  $p<.001$ )

또한 Fig. 6과 같이 전두엽 영역과 소뇌+후두엽+두정엽 영역, 두 부분으로 구분하여 뇌의 영역별 편측화 지수를 계산하였다. 각 영역별로 정확

히 구분하여 편측화 지수를 계산하여야 하나 Fig. 3과 같이 소뇌, 후두엽, 두정엽 영역들이 모두 집단 (cluster)을 형성하고 있기 때문에 함께 편측화 지수를 계산하였다. Fig. 6과 같이 전두엽 영역의 편측화 지수는 두 산소 농도 사이에 차이가 없었지만, 소뇌+후두엽+두정엽 영역에서는 21%에 비해 30% 산소 농도 일 때 편측화 지수가 유의미하게 감소하였다. 이러한 결과는 전체 뇌 영역 중에서 특히 소뇌+후두엽+두정엽 부분에서 신경 활성화의 대칭화가 일어났다는 것을 의미한다.

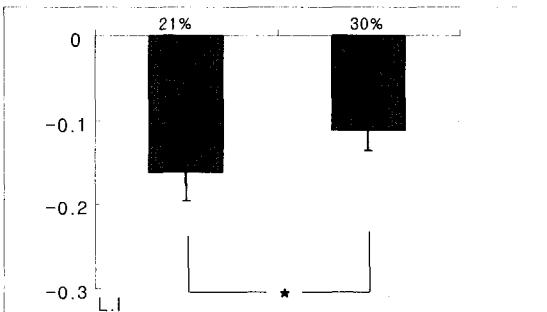
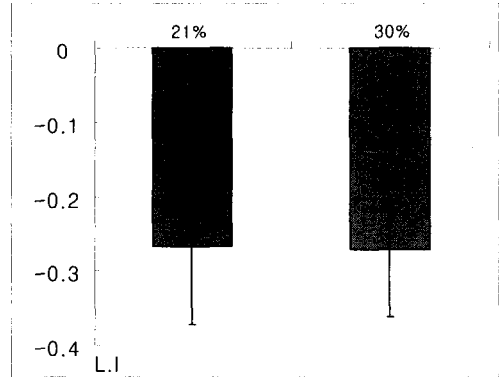


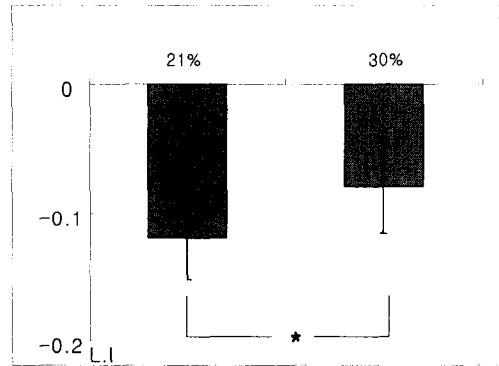
Fig. 5 Lateralization index of whole brain and statistical significance (n=8, \* p<.05)  
L.I: Lateralization Index

#### 4. 논의

공간 지각과 관련된 뇌 신경망 및 뇌 기능에 관한 연구들은 공간 지각 과제의 유형, 난이도, 성별, 개인 능력에 따라 다양한 연구 결과들을 보고해 왔다. Fink<sup>8</sup> 등은 정상성인들이 수직선이나 수평선의 이등분 판단 (line bisection judgement) 과제와 같은 공간 지각 과제를 수행하는 동안 fMRI 기법을 이용하여 뇌 활성화를 측정하였고, 그 결과로 우측 두정 후두엽과 양측 상 후측 두정피질은 수평선에 비해 수직선 이등분 판단과제를 수행하는 동안 더 많이 활성화되었다고 보고하였다. 특히 후 두정엽의 우반구 우세성은 선의 방향과 관계없이 나타났다고 보고하였다. 뇌 손상 환자들을 대상으로 한 fMRI 연구에서도 이와 유사한 결과를 보고하였다.<sup>9</sup> 양측 두정엽이 손상된 후 환자들은 선 방향 판단 (judgement of line orientation) 과제를 잘 수행하지 못하였고, 특히 우측 두정엽이 손상된 경우 더 심하게 나타났다. Ng<sup>10</sup> 등은 심상회전 (mental



(a) frontal lobe



(b) cerebellum, occipital and parietal lobes

Fig. 6 Lateralization index (a) at the frontal lobe and (b) at the cerebellum, occipital and parietal lobes (n=8, \* p<.05)  
L.I: Lateralization Index

rotation) 과제와 선 방향 판단 과제와 관련한 뇌 영역을 밝혔다. 선 방향 과제는 우측 전측 선조피질 (ventral extrastriate cortex)과, 심상회전과제는 양측 (우측이 우세한) 상 두정엽과 관련이 있었다. 이러한 선행 연구 결과들로부터 다양한 유형의 공간 지각 과제 수행 시 두정엽이 공통적으로 활성화 되고, 우측 반구가 보다 우세하다는 사실을 유추할 수 있다. 이러한 결과는 산소 농도에 무관하게 두정엽 부분이 활성화 되고, 특히 우측 반구가 보다 우세한 것으로 나타난 본 연구의 결과와 일치하는 것이다.

과제 난이도와 성별에 따라 공간 지각과 관련된 뇌 활성화 영역이 다르다는 연구결과도 보고 되

었다.<sup>11</sup> 공간 과제가 어려울수록 활성화되는 뇌 부위는 보다 편측화 되고 제한되는 양상을 보여주었다. 공간 지각에 의한 뇌 활성화는 우반구에서 우세하게 나타났지만, 성별에 따라 차이가 있었다. 여성의 경우, 공간 지각 과제를 푸는 동안 우반구가 더 많이 활성화되었지만, 남성의 경우에는 양측반구가 모두 활성화되었다. 특히 본 연구에서는 남자 성인들을 대상으로 연구가 수행되었고, 그 결과 선행 연구와 마찬가지로 우반구가 우세하지만 양측반구가 모두 활성화 되었다.<sup>11</sup>

개인 능력에 따라 공간 지각과 관련된 뇌 활성화 양이 다르고, 대뇌의 편측화에도 차이가 난다는 연구결과도 보고 되었다. Sohn<sup>12</sup> 등은 우측 두정엽 영역이 공간 지각 과제 수행 시 활성화되는 것을 확인하였고, 특히 공간 지각 능력이 우수한 집단이 그렇지 못한 집단보다 우측 상두정엽과 전측 대상회에서의 활성화 양이 증가하였다는 연구결과를 보고하였다. 이러한 결과는 공간 지각 능력이 우수한 사람들은 과제를 해결하는데 있어, 보다 넓은 뇌 피질영역을 사용하고, 과제에 대하여 더 많은 주의와 인지적 노력을 기울이기 때문이라고 논의하였다. Vitouch<sup>13</sup> 등은 서파 전위도 (Slow Potential Topography: SPT)를 이용하여 공간 지각 능력이 우수한 집단과 떨어지는 집단간에 대뇌 반구의 편측화가 차이가 있다는 결과를 보고하였다. 공간 지각 능력이 뛰어난 집단은 좌우 반구의 후두엽과 후두정엽에서 대칭적으로 활성화되었으나, 공간 지각 능력이 떨어지는 집단은 우반구의 두정엽 혹은 두정측두엽에서 활성화되어 비대칭적이었다고 보고하였다. 즉, 공간 지각 능력이 뛰어난 집단은 우측 반구의 우세성이 상대적으로 감소하여 양측 반구가 대칭적으로 활성화 되었다고 보고하였다.

젊은 성인 남자를 대상으로 한 본 연구의 결과에서도 두 가지 산소 농도에서 공간 지각 과제 수행 시 우측 반구의 우세성이 관찰되었고 이러한 결과는 선행 결과와 일치하는 것이다.<sup>8-10</sup> 공간 지각 과제 수행 결과에서 21% 농도에 비해 30% 농도 일 때 정답률도 유의미하게 증가하였고, 좌, 우반구의 활성화된 voxel 수도 증가하여 Sohn<sup>12</sup> 등의 선행 연구 결과가 비교해 볼 때, 고농도의 산소공급이 공간 지각 과제를 수행하는 동안 과제 수행에 필요한 산소 공급을 충분하게 하여 과제 수행에 필요한 신경망을 보다 활성화시키게 되고, 그 결과로 과제 수행 능력도 증가한다는 결론을 이끌어 낼 수 있

다. 즉, 개인의 인지 능력은 고정되어 있으나, 충분한 산소 공급이 더 많은 주의와 인지적 노력을 기울이게 하는데 도움이 된다는 결론을 이끌어 낼 수 있다.

본 연구의 결과로부터 소뇌, 후두엽, 두정엽 영역의 편측화 지수는 21%에 비해 30% 농도 일 때 유의미하게 감소하여 좌우반구의 신경망 활성화가 보다 대칭화 된다는 사실을 밝힐 수 있었다. 개인의 공간 지각 능력의 향상과 좌우 대뇌신경망의 조화 (대칭화)가 상관관계가 있다는 사실은 Vitouch<sup>13</sup> 등의 선행 연구가 비교해 볼 때 의미 있는 결과이다. 즉, 공간 지각 능력이 뛰어난 집단은 그렇지 못한 집단에 비해 양측 반구 (특히 후두엽과 후두정엽)가 대칭적으로 활성화되었다는 선행 연구 결과는<sup>13</sup>, “일정한 인지 능력을 가진 개인의 공간 지각 능력 향상은 대뇌의 신경 활성화가 보다 대칭화 되었기 때문에 발생 하였다”는 본 연구의 결과를 뒷받침 할 수 있는 강력한 근거가 될 수 있을 것이다.

또한 공간 과제가 어려울수록 활성화되는 뇌 부위는 보다 편측화 되고 제한된다는 Gur<sup>11</sup> 등의 연구 결과와의 비교도 의미가 있을 것으로 판단된다. 즉, 고농도의 산소 공급에 의해 공간 지각 능력은 향상 되고 (과제 수행이 보다 쉬워지고), 대뇌 편측화는 감소하였다는 본 연구의 결과와 관련이 깊은 것으로 판단된다.

결론적으로 고농도 (30%)의 산소 공급에 따른 젊은 성인 남자의 공간 지각 능력 향상은 대뇌 활성화의 증가로부터 유발되고, 특히 공간 지각 처리와 밀접한 관련이 있는 두정엽 영역의 대칭화의 증가 (편측화의 감소)로부터 유발되는 것으로 판단된다.

본 연구에서 50% 이상의 고농도의 산소 공급은 인간에게 유해할 수 있기 때문에 일반 공기 중의 산소 농도 (21%)와 비교하기 위해 먼저 임의로 30%의 산소 농도를 비교대상으로 하였다. 향후 유해 요소를 고려하여 산소 농도 변화에 따른 인지 능력 변화, 대뇌 편측화 변화 등에 대한 연구가 수행되어야 할 것이다.

## 후 기

본 연구는 한국과학재단의 연구비 지원을 받아 수행되었음. (과제번호: R11-2002-103)

## 참고문헌

1. Horwitz, B., McIntosh, A.R., Haxby, J.V., Grady, C.L., "Network analysis of brain cognitive function using metabolic and blood-flow data," *Behav. Brain Res*, Vol. 66, pp. 187-193, 1995.
2. Crowley, J.S., Wesenten, N.W., Kamimori, G., Devine, M.E., Iwanyk, E., Balkin, T., "Effects of high terrestrial altitude and supplemental oxygen on human performance and mood," *Aviat. Space Environ. Med*, Vol. 63, pp. 696-701, 1992.
3. Eustache, F., Rioux, P., Desgranges, B., Marchal, G., Petittaboue, M.C., Dary, M., Lechevalier, B., Baron, J.C., "Healthy aging, memory subsystems and regional cerebral oxygen consumption," *Neuropsychologia*, Vol. 33, pp. 867-887, 1995.
4. Moss, M.C., Scholey, A.B., "Oxygen administration enhances memory formation in healthy young adults," *Psychopharmacology (Berlin)*, Vol. 124, pp. 255-260, 1996.
5. Scholey, A.B., Moss, M.C., Neave, N., Wesnes, K., "Cognitive performance, hyperoxia, and heart rate following oxygen administration in healthy young adults," *Physiology & Behavior*, Vol. 67, No. 5, pp. 783-789, 1999.
6. Chung, S.C., Kim, I.H., Lee, B., Lee, J.M., Sohn, J.H., Kim, S.C., "A Study on visuospatial cognitive performance following oxygen administration using fMRI," *J. of the KSMBE*, Vol. 24, No. 4, pp. 267-273, 2003.
7. Springer, S.P., Deutsch, G., "Left Brain, Right Brain," 5th edn. W.H. Freeman, New York, 1988.
8. Fink, G.R., Marshall, J.C., Weiss, P.H., Zilles, K., "The neural basis of vertical and horizontal line bisection judgements: an fMRI study of normal volunteers," *Neuroimage*, Vol. 14, No. 1, pp. 59-67, 2001.
9. Ng, V.W., Eslinger, P.J., Williams, S.C., Brammer, M.J., Bullmore, E.T., Andrew, C.M., Suckling, J., Morris, R.G., Benton, A.L., "Hemispheric preference in visuospatial processing: a complementary approach with fMRI and lesion studies," *Human Brain Mapping*, Vol. 10, No. 2, pp. 80-86, 2000.
10. Ng, V.W., Bullmore, E.T., de Zubicaray, G.I., Cooper, A., Suckling, J., Williams, S.C. "Identifying rate-limiting nodes in large-scale cortical networks for visuospatial processing: an illustration using fMRI," *Journal of Cognitive Neuroscience*, Vol. 13, No. 4, pp. 538-545, 2001.
11. Gur, R.C., Alsop, D., Glahn, D., Petty, R., Swanson, C.L., Maldjian, J.A., Turetsky, B. I., Detre, J.A., Gee, J., Gur, R.E., "An fMRI study of sex differences in regional activation to a verbal and a spatial task," *Brain and Language*, Vol. 74, pp. 157-170, 2000.
12. Sohn, J.H., Kim, Y.H., Lee K.H., Park, S.H., "Brain areas activated by different levels of individual's visuospatial ability: an fMRI study," *Korean Journal of Brain Science and Technology*, Vol. 1, No. 2, pp. 201-209, 2001.
13. Vitouch, O., Bauer, H., Gittler, G., Leodolter, M., Leodolter, U., "Cortical activity of good and poor spatial test performances during and spatial and verbal processing studied with slow potential topography," *International Journal of Psychology*, Vol. 27, pp. 183-199, 1997.
14. Lee, S.R., "Intelligence test 151-Ga Type (High school students ~ adults)," Jungangjucksung Press, Seoul, Korea, 1982.
15. Lee, S.R., Kim, K.R., "Aptitude test 251-Ga (High school students ~ adults)," Jungangjucksung Press, Seoul, Korea, 1985.
16. Park, S.B., "GATB (General Aptitude Test Battery): academic, job aptitude test type II (for students of middle schools, high schools and universities, and general public)," Jungangjucksung Press, Seoul, Korea, 1985.
17. Talairach, J., Tournoux, P., "Co-Planar Stereotaxic Atlas of the Human Brain," Georg Thieme Verlag, Stuttgart, New York, 1988.