

외부의 산소 공급에 따른 언어 능력 변화에 대한 뇌기능 연구

김익현*, 정순철*, 김승철**, 손진훈***

* 건국대학교 의과대학 의학공학부, **(주)옥시큐어, *** 충남대학교 심리학과

An fMRI study on verbal cognition ability due to oxygen administration

IkHyeon KIM*, SoonCheol CHUNG*, SeungChul KIM**, JinHun SOHN***

*Dept. of Biomedical Engineering, College of Medicine, Konkuk University, Korea,

**Oxycure.co

***Dept of Psychology, Brain Research Institute, Chungnam National University, Korea

Abstract

본 연구에서는 일반 공기 중의 산소 농도 (21%) 환경에 비해 외부에서 고 농도 (30%)의 산소 공급이 인지 능력 중 특히 언어 능력에 어떠한 변화를 유발하는지 관찰하고자 한다. 9명의 오른손잡이 남자 대학생을 본 연구의 실험 참여자로 선정하였다. 21%와 30% 산소 농도를 각각 8L/min의 양으로 일정하게 공급할 수 있는 장치를 개발하여, 마스크를 통하여 실험 참여자에게 전달하면서 언어 과제를 수행하게 하였다. 동시에 3T MRI를 이용하여 뇌기능 영상을 획득하였다. 언어 능력 측정을 위해 28 문항을 포함하는 두 개의 문제지를 제작하였고, 과제 수행 결과로부터 정답률을 산출하였다. 21%에 비해 30% 산소 농도에서 평균 정답률은 유의미한 증가를 하였고, 뇌 활성화 양도 증가하였다. 본 연구의 결과로부터 외부에서의 고농도의 산소 공급이 언어 능력 증가에 긍정적인 영향을 미친다는 결론을 도출할 수 있다.

Keyword : fMRI, verbal cognition, oxygen administration.

1. 서론

Moss (1996) 등과 Scholey (1999) 등은 외부에서의 산소 공급이 단어를 기억 할 수 있는 능력에 어떠한 영향을 미치는지를 연구하였다. 단어 목록을 보여 주기 이전에 1분 동안 산소

를 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 영향

을 미친다는 사실을 알 수 있다. 또한 약속된 임의의 단어 (yes와 같은 간단한 단어)가 컴퓨터 모니터 상에 제시 되었을 때 반응 버튼을 가능한 한 빨리 누르게 한 과제를 수행했을 때도, 외부 산소 공급이 있는 경우 반응 시간이 빨라진다고 보고하였다 (Scholey et al., 1999). 또한 Chung (2003) 등은 일반 공기 중의 산소 농도 (21%) 환경에 비해 외부에서 고농도 (30%)의 산소 공급이 인지 능력 중 공간 지각 능력에 어떠한 변화를 유발하는지를 fMRI 기법을 이용하여 관찰하였다. 평균 반응 시간에서는 차이가 없었지만 평균 정답률이 증가하였고 동시에 뇌 활성화 양도 증가 하였기 때문에 외부에서의 고농도의 산소 공급이 공간 지각 능력 증가에 긍정적인 영향을 미친다는 결론을 도출할 수 있다고 보고하였다.

이와 같이 산소는 인간의 신체 및 정신 활동에 필수적인 물질이며, 특히 뇌 기능에 중요한 역할을 수행한다. 또한 외부에서의 산소 공급이 인지 능력 중 기억력과 공간지각 능력을 향상시킨다는 사실이 부분적으로 알려져 왔다. 그러나 외부에서의 산소 공급이 언어, 학습, 추리, 지각, 정서 등의 다양한 인간의 인지 기능에 어떠한 변화를 유발하는지에 대한 구체적인 다양한 연구 보고는 아직까지 미비한 실정이다.

1980년대 후반부터 발전되기 시작한 뇌 기능 영상은 살아있는 인간의 두뇌를 대상으로 뇌가 활동하는 양상을 연구할 수 있게 하는 기법이다. 특히 1990년 이후 가장 비 침습적인 뇌 기능 영상법으로 functional Magnetic Resonance Imaging (fMRI) 연구 방법이 소개되었고, 이 기법은 공간 및 시간 해상도가 뛰어난 장점을 가지고 있다. 현재 fMRI 기법을 이용하여 인간의 오감인 시각, 청각, 후각, 미각, 촉각을 담당하는 각 대뇌피질의 지도화 (mapping)를 가능하게 하고 있을 뿐만 아니라 언어, 기억, 인지, 정서 관련 기능 등에 대해서도 현재 활발한 연구가 진행 중이다.

그러므로 본 연구에서는 외부에서 고 농도 (30%)의 산소 공급 시 인지 능력 중 특히 언

어 지각 능력에 어떠한 변화를 유발하는지에 대한 기초 연구를 뇌기능 영상 기법(fMRI)을 이용하여 수행하고자 한다.

2. 실험 방법

2.1 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 마스크를 통하여 실험 참여자에게 전달되었으며, 실험 참여자는 어떠한 농도의 산소가 공급되는지 모르게 하였다. 뇌 손상의 경험이 없는 9명의 남자 대학생 (평균 25.1± 0.707세)을 본 연구의 실험 참여자로 선정하였다

2.2 언어 지각과제의 문항 선정

지능진단검사와 적성진단검사로부터 언어추리 및 언어개념 능력을 측정하는 소검사들을 취하여 문항 선정을 위한 집단검사에 사용할 문제지를 구성하였다 (Lee, 1982; Lee and Kim, 1985). 언어추리검사는 앞서 제시되는 두 단어의 관계와 동일한 관계가 성립되도록 하는 단어를 찾는 형식을 사용하고 있으며, 언어개념검사는 네 개 단어 중 의미가 다른 하나의 단어를 찾는 문항들로 이루어져 있다. 집단검사 문제지는 A와 B, 두 가지 유형으로 제작되었으며, 그 구성은 표1과 같다.

각 55문항의 문제들로 구성된 문제지 A, B를 가지고, 심리학개론을 수강하는 대학생 263명 (남: 143명, 여:120명)을 대상으로 집단검사를 실시하였다. A형 문제지를 푼 학생은 139명 (남: 77명, 여: 62명), B형 문제지를 푼 학생은 124명(남:66명, 여:58명)이었다. A, B 총 85종류의 문제들을 언어추리와 언어개념의 문제유형에 따라 구별하여, 각각의 문항에 대한 정답률 ((정답자수/응답자 수)×100)을 따로 산출함으로써, 유사한 난이도를 보이는 문항들끼리 들쭉 짝을 지어 총 28쌍의 56문항을 최종 선정하였다 (A, B type). 언어추리 능력을 측정

하는 55문항들 중에서는 36.89~88.71%의 정답률 범위에 있는 40문항이 선정되었고, 언어개념 능력을 측정하는 30문항들 중에서는 31.15~79.49%의 정답률 범위에 있는 16문항이 선정되었다

표 1. 집단검사 문제지의 구성

문제지 유형	A 형(55문항)	B 형(55문항)
출처		
지능진단검사 중 추리력검사(30문항) ^a 언어개념검사(30문항) ^b	a: 출수번 15문항 b: 전반 15문항	a: 짝수번 15문항 b: 후반 15문항
적성진단검사 중 언어추리검사(25문항)	25 문항(공통)	

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 공간지각 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. Stream DX을 사용하여 제작된 통제 과제와 공간 지각 과제를 LCD 모니터에 제시하였고, 실험 참여자는 자체 제작된 반응 버튼을 누르도록 하였다. 통제 과제에서는 1, 2, 3, 4의 네 개 숫자 중 화면에 제시되는 번호에 해당하는 버튼을 누르게 하였고 (블록 당 8번 시행), 언어지각 과제에서는 언어지각 문제들을 제시하고 각 문제의 정답에 해당하는 버튼을 눌러 반응하게 하였다 (블록 당 7번 시행). 또한 각 시행들이 한 블록 내에서 무작위로 제시되도록 하였다. 한 회기 당 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.

각 실험 참여자는 두 개 회기 (21%와 30% 산소 농도)에 걸쳐 언어 지각 과제를 수행하고, 과제 수행 결과로부터 정답률 ((정답수/총문항수)×100)과 평균 반응시간 (화면에 문제가 제시된 후 반응 버튼을 누를 때까지의 평균시간)을 산출하였다.

2.4 뇌 기능 영상 획득 및 데이터 분석

뇌기능 영상 획득은 KAIST 뇌과학 연구 센터에 있는 3T ISOL technology FORTE를 사용하였으며, single-shot Echo Planar Imaging (EPI) 방법 (TR/TE : 3000/35 msec, FOV 240mm, matrix 64*64, slices thickness 4mm)으로 각 볼륨당 35장의 뇌절편 영상을 수집하였다. 자기적 평형상태에 도달하기 위하여, 처음 5개의 볼륨신호는 분석에서 제외하였다. 해부학적 뇌 영상은 T1 강조영상 (matrix 256*192, Slice thickness 4mm)을 수집하였다.

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 상관정렬 (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. 활성화된 뇌 영역은 normalization 된 개인의 영상 자료를 그룹으로 분석하여 활성화의 평균치를 구하고 T score에 따라 색채 부호화 (color coding)하여 개인별 및 그룹별로 뇌지도를 얻었다. 감산법 (subtraction)을 사용하여 인지 과제 수행에 따른 신경망의 활성화를 밝히고, 이중 감산법을 사용하여 산소 농도에 따라 인지 과제를 풀 때 특징적으로 활성화가 일어나는 뇌 영역을 추출하였다.

3. 결과

3.1 정답률

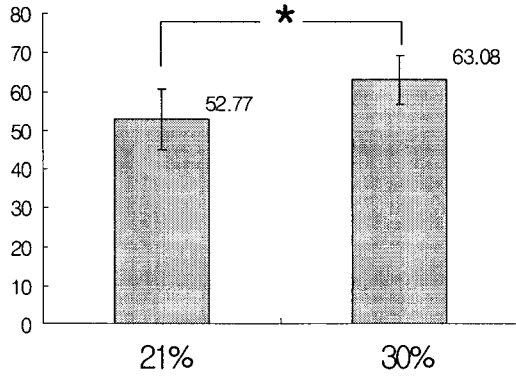
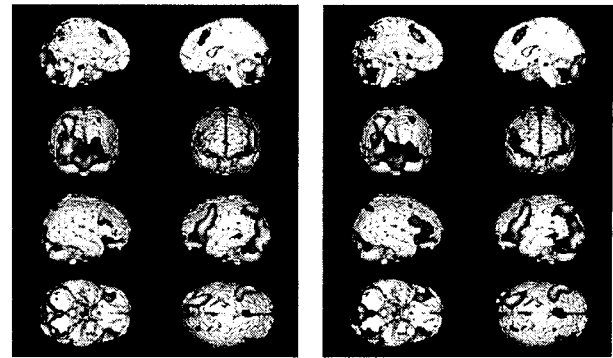


그림 1. 평균 정답률

그림 1은 21%와 30% 산소 농도에서 각각 언어 지각 과제를 수행한 후 모든 실험 참여자의 평균 정답률을 구한 것이다. 각각의 평균 정답률은 21%인 경우 52.77 ± 15.53 이고, 30%의 산소 농도 일 때는 63.08 ± 12.49 이었다. 그리고 그림 1과 같이 정답률에서 두 농도간의 통계적 유의차가 발생하였다 ($p < .05$).

3.2 fMRI 결과

그림 2에서와 같이 산소 농도 21%와 30%에서 각각 언어 지각 과제를 수행하였을 때 활성화되는 뇌 영역은 동일하였다. 소뇌 (Cerebellum) 영역과 양측 중간 전두 이랑 (Bilateral Middle Frontal Gyrus), 양측 하 전두 이랑 (Bilateral Inferior Frontal Gyrus), 양측 내측 전두이랑 (Bilateral Medial Frontal Gyrus), 양측 대상회 (Bilateral Cingulate Gyri)등을 포함한 전두엽 (Frontal Lobe)영역과 왼쪽 상두정소엽 (Left Superior Parietal Gyrus), 왼쪽 하두정소엽 (Left Inferior Parietal Gyrus)등을 포함하는 두정소엽 (Parietal Lobe)과 왼쪽 중간 측두 이랑 (Left Middle Temporal Gyrus)등을 포함한 측두엽 (Temporal Lobe)과 혀이랑 (Lingual Gyrus), 외측후두이랑 (Lateral Occipital Gyrus)등을 포함한 후두엽 (Occipital Lobe)에서 활성화되었다.



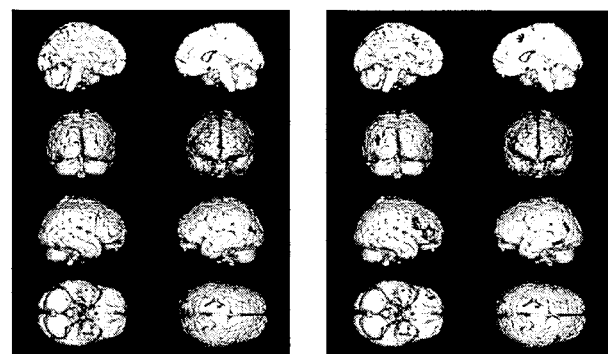
(a)

(b)

그림 2. (a) 21%일때 활성화영역, (b) 31%일때 활성화영역.

그러나 산소 농도 21%에 비해 30% 농도 일 때 활성화 된 모든 대뇌피질 영역에서 활성화 양 (면적)이 증가하였다. 그림 3 (b)에 나타난 영역은 오른쪽 전두엽 (Right Middle Frontal Gyrus, Right Inferior Frontal Gyrus, Right Superior Frontal Gyrus, Right Medial Frontal Gyrus), 대상이랑 (Cingulate Gyrus), 왼쪽 측두엽 (Middle Temporal Gyrus, Fusiform Gyrus)이다.

이에 반해 산소농도 30%에 비해 21% 농도 일때는 그림 3 (a)와 같이 왼쪽 후두엽 (Left Middle Occipital Gyrus,)에서 더 많은 활성화가 증가하였다.



(a)

(b)

그림 3. (a) 산소농도 30%일 때보다 21%일 때 활성화가 증가되는 영역, (b) 산소농도 21%일 때보다 30%일 때 활성화가 증가되는 영역

4. 토의

본 연구에서는 외부에서 고 농도 (30%)의 산소 공급 시 인지 능력 중 특히 언어 지각 능력에 어떠한 변화를 유발하는지에 대한 기초 연구를 뇌기능 영상 기법(fMRI)을 이용하여 수행하고자 하였다.

Moss (1996) 등과 Scholey (1999) 등은 외부에서의 산소 공급이 인지 능력 중 단어 기억력 증가에 긍정적인 영향을 미친다고 보고하였고, Chung (2003) 등은 외부에서의 고농도의 산소 공급이 공간 지각 능력 증가에 긍정적인 영향을 미친다고 보고하였다. 또한 Scholey (1999)등은 약속된 간단한 단어가 제시 될 때 반응 버튼을 가능한 한 빨리 누르게 한 과제를 수행했을 때, 외부 산소 공급이 있는 경우 반응 시간이 빨라진다고 보고하였다

본 연구 결과에서도 선행연구의 결과와 같이 언어지각 과제를 수행하면서 30%의 산소를 공급할 경우 정답률에서 통계학적으로 유의미하게 증가하였고, fMRI결과에서도 30%를 공급할 경우 활성화영역이 증가하였다. 이러한 결과로부터 고농도 (30%)의 산소공급이 언어지각과제를 수행하는 동안 과제수행에 필요한 산소 공급을 충분하게 하여 과제수행에 필요한 신경망을 보다 활성화시키게 되고, 그 결과로 과제 수행 능력도 증가한다는 결론을 이끌어 낼 수 있다

5. 참고문헌

1. Moss, M. C. and Scholey, A. B. Oxygen administration enhances memory formation in healthy young adults, *Psycho-pharmacology* (Berlin) 124, 255-260. (1996),
2. Scholey, A. B., Moss, M. C., Neave, N. and Wesnes, K. Cognitive performance, hyperoxia, and heart rate following oxygen administration in healthy young adults, *Physiology & Behavior* 67(5), 783-789. (1999),
3. 정순철 등, 뇌기능 영상을 이용한 외부 산소 공급에 따른 공간 지각 능력 변화에 관한 연구, *의공학회지*, 24(4), 267-273, (2003).
4. Lee, S-R. *Intelligence test 151-Ga Type (High school students ~ adults)*, Jungangjucksung Chulpansa, Seoul, Korea, (1982).
5. Lee, S-R. and Kim, K-R. *Aptitude test 251-Ga (High school students ~ adults)*, Jungangjucksung Chulpansa, Seoul, Korea, (1985).