

언어 과제 수행 시 산소 공급이 대뇌 편측화에 미치는 영향

정순철¹, 김익현¹, 김승철², 손진훈³
¹건국대학교 의과대학 의학공학부, ²(주)옥시큐어
³충남대학교 심리학과, 뇌과학연구소

The Effect of Oxygen Administration on Cerebrum Lateralization in Verbal Task

S. C. Chung¹, I. H. Kim¹, S. C. Kim², J. H. Sohn³

¹Dept. of Biomedical Engineering, College of Medicine, Konkuk University

²Oxycure Co. Ltd.,

³Dept. of Psychology, Brain Research Institute, Chungnam National University

Abstract

The present study attempted to observe what changes the supply of highly concentrated (30%) oxygen cause to people's ability and cerebrum lateralization of verbal cognition, compared to air of normal oxygen concentration (21%). The experiment consisted of two runs, one for verbal cognition test with normal air (21% of oxygen) and for verbal cognition test with more oxygen in the air (30% of oxygen). Functional brain images were taken from 3T MRI using the single-shot EPI method. There were more activations observed at the occipital, parietal, temporal, and frontal lobes, but there were no changes in cerebrum lateralization with 30% oxygen administration. The result of task performance showed the accuracy increased at 30%'s concentration of oxygen rather than 21%'s. It is concluded that the positive effect on the verbal cognitive performance level by the highly concentrated oxygen administration was due to changeless increase of left and right cerebrum activation.

KeyWords: Oxygen administration, Cerebrum lateralization, Verbal task

1. 서론

본 연구팀에서는 외부에서 고 농도 (30%)의 산소 공급 시 인지 능력 중 특히 언어 수행 능력에 어떠한 변화를 유발하는지에 대한 기초 연구를 뇌기능 영상 기법 (functional Magnetic Resonance Imaging: fMRI)을 이용하여 수행하

였다 [1]. 일반 공기 중의 산소 농도 환경 (21%)에 비해 30%의 고농도 산소 환경에서 언어 인지처리와 관련이 있는 두정엽, 측두엽, 전두엽 영역의 활성화가 증가하였고, 과제 수행 결과에서도 30% 농도의 산소 공급일 때 평균 정답률이 유의미하게 증가하였다. 이러한 결과

로부터 고농도의 산소공급이 언어과제를 수행하는 동안 과제수행에 필요한 산소 공급을 충분하게 하여 과제수행에 필요한 신경망을 보다 활성화시키게 되고, 그 결과로 과제 수행 능력도 증가한다는 결론을 유도하였다.

현재 대뇌 기능의 편측화 (lateralization of cognitive functions)에 대한 연구가 다양하게 수행되고 있다. 오른손잡이의 경우 언어 중추는 좌반구라는 것이 밝혀졌고, 우반구는 복잡한 시각 또는 공간 정보 처리를 담당한다고 일반적으로 알려졌다 [2].

본 연구에서는 언어과제 수행 시 고농도의 산소 공급에 따른 대뇌 편측화의 변화에 대해 연구를 수행하고자 한다. 즉, 언어 능력에 대한 고농도 산소의 긍정적인 영향과 대뇌의 편측화 변화와의 상관관계를 본 연구에서 밝히고자 한다.

2. 실험 방법

산소 공급 장치 및 실험 참여자

본 연구를 위해 21%의 산소와 30%의 고농도 산소를 각각 8L/min의 양으로 일정하게 공급할 수 있는 산소 공급 장치 (Oxy Cure Co.)를 이용하였다. 뇌수술, 고막수술 경험이 없고, 폐쇄공포증이 없고, 난시가 없는 10명의 오른손잡이 남자 대학생들이 본 연구에 참여하였다.

언어 과제의 문항 선정

지능진단검사와 적성진단검사로부터 언어 추리 및 언어개념 능력을 측정하는 소 검사들을 취하여 문항 선정을 위한 집단검사에 사용할 문제지를 구성하였다 [3,4]. 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. 집단검사를 통해 유사한 난이도를 보이는 문항들끼리 들씩 짝을 지어 총 28쌍의 56문항을 최종 선정하였다.

실험 설계 및 절차

21% 산소 농도 일 때 언어 과제를 수행하는 회기와, 30% 산소 농도 일 때 과제를 수행하는 회기, 두 개 회기로 이루어진 실험을 설계하였다. 유사한 난이도끼리 짝지어 선정된 28쌍의 언어 문제들을 두 회기에 나누어 분포시킴으로

써 회기 간에 문제 난이도의 차이가 없도록 하였다. 한 회기는 네 개 블록으로 구성되었으며, 각 블록은 통제 과제와 언어 과제를 포함하도록 하였다. 선정된 통제 과제와 언어 과제는 뇌 기능 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 결정하도록 하였다.

뇌기능 영상 획득 및 데이터 분석

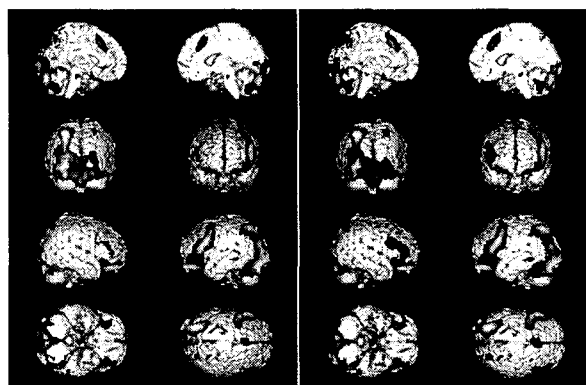
뇌기능 영상 획득은 KAIST 뇌과학 연구 센터에 있는 3T ISOL technology FORTE를 사용하였으며, single-shot Echo Planar Imaging (EPI) 방법 (TR/TE: 3000/35msec, FOV 240mm, matrix 64*64, slices thickness 4mm)으로 각 볼륨당 35장의 뇌절편 영상을 수집하였다. 뇌기능 영상 데이터는 SPM-99 (Statistical Parametric Mapping-99, Wellcome Department of Cognitive Neurology, Oxford, 1999) S/W를 사용하여 분석하였다. 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 과제를 풀 때 신경망의 활성화가 일어나는 뇌 영역을 추출하였다.

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

3. 결과

21%와 30% 산소 농도에서 각각 언어 과제를 수행한 후 모든 실험 참여자의 정답률을 계산하였다. 평균 정답률은 21%에 비해 30% 산소 농도에서 유의미하게 증가하였다 [1]. 그림 1에서와 같이 산소 농도 21%와 30%에서 각각 언어 과제를 수행하였을 때 활성화되는 뇌 영역은 동일하였다. 소뇌 (cerebellum) 영역, 후두

엽 (occipital lobe) 영역, 두정엽 (parietal lobe) 영역, 측두엽 영역 (temporal lobe) 그리고 양측 대상회 (bilateral cingulate gyri)를 포함하는 전두엽 (frontal lobe) 부분이 동일하게 활성화되었다 (corrected $p < .05$).



(a) (b)
그림 1. 산소 농도 21% (a)와 30% (b)에서 언어 과제를 수행하였을 때 활성화되는 뇌 영역

모든 피험자 ($n=10$)에 대해 산소 농도 21%와 30% 농도 일 때 활성화 된 voxel 수를 좌, 우반구로 구분하였고, 이를 통해 계산된 편측화 지수를 표 1에 나타내었다. 표 1에서처럼 두 가지 농도 모두에서 편측화 지수가 양이 나와 언어 과제 수행 시 좌반구가 보다 활성화 된다는 사실을 확인 할 수 있었다. 활성화 된 voxel 수는 좌, 우반구 모두 30% 농도 일 때 유의미하게 증가하였다 [1]. 그러나 편측화 지수는 두 농도간에 통계적으로 유의한 차이가 없었다 ($t=-0.671$, $df=9$, $p=0.519$). 이러한 결과는 30% 산소 농도 일 때 좌, 우반구의 활성화 voxel 수가 일정하게 증가하였다는 것을 의미한다.

표 1. 산소 농도 21%와 30% 농도 일 때 좌, 우반구의 편측화 지수($n=10$)

	21%	30%
#1	0.37	0.54
#2	0.13	0.59
#3	0.31	0.75
#4	0.54	0.46
#5	0.87	0.91
#6	0.78	0.70
#7	0.59	0.73
#8	0.59	0.55
#9	0.78	0.35
#10	0.66	0.60
Avg \pm SD	0.53 \pm 0.23	0.61 \pm 0.16

4. 토의

본 연구의 결과에서 두 가지 산소 농도에서 모두 언어 과제 수행 시 좌측 반구의 우세성이 관찰되었다. 언어 과제 수행 결과에서 21% 농도에 비해 30% 농도 일 때 정답률도 유의미하게 증가하였고, 활성화된 voxel 수도 증가하여 Sohn 등의 선행 연구 결과가 비교해 볼 때, 고농도의 산소공급이 언어과제를 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].

본 연구의 결과로부터 활성화 된 voxel 수는 좌, 우반구 모두 30% 농도 일 때 유의미하게 증가하였으나, 편측화 지수는 21%와 30% 농도 사이에 차이가 없는 것으로 나와 30% 농도 일 때 좌, 우반구의 활성화 voxel 수가 일정하게 증가한 것으로 밝혀졌다.

본 연구에서는 대뇌를 단지 좌우반구로만 분리하여 편측화 지수를 계산하였지만, 향후 영역별로 분리하여 편측화 지수를 계산할 필요성이 있을 것이다. 특히 언어 기능을 담당하는 Broca, Wernicke 영역과 같이 특정 인지 처리와 관련이 있는 부분에 대한 편측화 연구도 필요할 것으로 사료된다.

참고문헌

1. 김익현, 등, 외부의 산소 공급에 따른 언어 능력 변화에 대한 뇌기능 연구, 한국감성과학회 추계학술대회논문집, 2003
2. S.P. Springer et al, Left Brain, Right Brain, 5th edn. W.H. Freeman, 1988
3. S.R. Lee, Intelligence test 151-Ga Type (High school students ~ adults), Jungangjucksung Chulpansa, Seoul, Korea, 1982
4. S.R. Lee and K.R. Kim, Aptitude test 251-Ga (High school students ~ adults), Jungangjucksung Chulpansa, Seoul, Korea, 1985
5. J.H. Sohn et al, "Brain areas activated by different levels of individual's visuospatial ability: an fMRI study", Korean Journal of Brain Science and Technology, 1(2), 201-209, 2001