

## 고농도 산소 공급량에 따른 20대와 60대의 혈중 산소 포화도의 차이\*

Differences of Blood Oxygen Saturation between 20s and 60s due to Amount of  
Highly Concentrated Oxygen Administration

최미현\*\* · 김지혜\*\* · 이수정\*\* · 양재웅\*\* · 이정한\*\* · 전재훈\*\* · 김현준\*\*\* · 이태수\*\*\*\* · 정순철\*\*†

Mi-Hyun Choi\*\* · Ji-Hye Kim\*\* · Su-Jeong Lee\*\* · Jae-Woong Yang\*\* · Jeong-Han Yi\*\* · Jae-Hoon Jun\*\*  
Hyun-Jun Kim\*\*\* · Tae-Soo Lee\*\*\*\* · Soon-Cheol Chung\*\*†

건국대학교 의료생명대학 의학공학부, 의공학 실용기술 연구소\*\*

Department of Biomedical Engineering, Research Institute of Biomedical Engineering, College of Biomedical  
& Health Science, Konkuk University\*\*

건국대학교 의과대학 산부인과\*\*\*

Department of Obstetrics & Gynecology, Konkuk University\*\*\*

서강대학교 기계공학과\*\*\*\*

Department of Mechanical Engineering, Sogang University\*\*\*\*

### Abstract

The purpose of this study was to examine differences between 20s and 60s in blood oxygen saturation due to 93% oxygen administration of the three levels(1L/min, 3L/min, 5L/min). Ten 20s male(25.0±1.8 years), ten 20s female(23.7±1.9 years), ten 60s male(68.0±2.6 years), and ten 60s female(65.5±3.1 years) were selected as the subjects for this study. The oxygen supply equipment(OXUS Co.) provided oxygen by supply rate(i.e., 1L/min, 3L/min, and 5L/min) at a constant rate of 93% oxygen. The experiment consisted of three phases, i.e., Pre-hyperoxia(5min), Hyperoxia(10min), and Post-hyperoxia(5min). Blood oxygen saturation were measured throughout the three phases. By increasing the amount of highly concentrated oxygen administration, blood oxygen saturation was increased. Blood oxygen saturation of 20s was higher than 60s. Blood oxygen saturation was greater during Hyperoxia than during Pre- and Post-hyperoxia. However, rising rate of blood oxygen saturation of 60s by oxygen administration was higher than 20s.

**Keywords** : blood oxygen saturation(SPO<sub>2</sub>), highly concentrated oxygen, age

### 요약

본 연구는 93% 고농도 산소의 세 가지 공급량(1L/min, 3L/min, 5L/min)에 대해 20대 및 60대의 혈중산소 포화도의 차이를 규명하고자 하였다. 20대 남자 10명(25.0±1.8세)과 여자 10명(23.7±1.9세), 60대 남자 10명(68.0±2.6세)과 여자 10명(65.5±3.1세)의 피험자를 대상으로 실험을 수행하였다. 1L/min, 3L/min, 그리고 5L/min

\* 이 논문은 2009년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(No. 2009-0072463).

† 교신저자 : 정순철 (건국대학교 의료생명대학 의학공학부, 의공학 실용기술 연구소)

E-mail : scchung@kku.ac.kr

TEL : 043-840-3759

FAX : 043-851-0620

의 유량 변화가 가능하면서 순도 93%의 산소 농도를 일정하게 유지 할 수 있는 산소 공급 장치(OXUS Co.)를 사용하였다. Pre-hyperoxia(5분), 93%의 Hyperoxia(10분), Post-hyperoxia(10분)의 세 단계의 순서로 실험이 진행되었고, 전 단계에서 혈중 산소 포화도가 측정되었다. 유량이 증가할수록 혈중 산소 포화도는 증가하였고, 60대보다 20대의 혈중 산소 포화도가 더 높았다. 안정 상태(Pre-/Post-hyperoxia)에 비해 고농도 산소를 공급한 Hyperoxia 구간에서 혈중 산소 포화도가 증가하였다. 그러나 고농도 산소 공급으로 20대에 비해 60대의 혈중 산소 포화도의 증가량이 더 컸다.

**주제어 :** 혈중 산소 포화도, 고농도 산소, 연령(20대, 60대)

## 1. 서론

대기 중의 산소 농도는 용적비로 약 21%이고, 이러한 환경에서 인간의 혈중 산소 포화도는 95% 이상으로 유지된다. 산소는 인체에서 대사 작용이 가장 활발한 기관인 뇌 활동에 중요한 물질로서, 중추신경계는 산소 부족에 가장 민감한 조직이며, 동맥혈 산소 분압의 저하는 주의력, 기억력, 의사결정 능력 등의 인지 기능에 변화를 초래하기도 한다(Fujiwara와 Maeda, 2001; Horwitz 외, 1995).

자동차 운전 중 고농도 산소를 공급하는 경우 피로감이 경감되고 반응시간도 빨라진다고 보고되었다(Sung 외, 2002). 고농도 산소는 기억, 공간, 언어, 덧셈, n-back 과제와 같은 인지수행 능력을 향상시킨다는 연구 결과가 보고되었다(Chung 외, 2006; Chung 외, 2007; Chung와 Lim, 2008; Chung 외, 2008(a); Chung 외 2008(b); Moss 외, 1998; Scholey 외, 1999; Winder와 Borrill, 1998). 즉, 고농도 산소 공급으로 혈중산소 포화도가 증가하였고(Chung 외, 2006; Chung 외, 2007; Chung와 Lim, 2008; Chung 외, 2008(a); Chung 외 2008(b); Moss 외, 1998; Scholey 외, 1999), 정답률의 증가(Chung 외, 2006; Chung 외, 2007; Chung와 Lim, 2008; Chung 외, 2008(a); Chung 외 2008(b); Moss 외, 1998; Scholey 외, 1999; Winder와 Borrill, 1998) 및 반응 시간의 감소와(Chung와 Lim, 2008; Moss 외, 1998; Scholey 외, 1999; Sung 외, 2002; Winder와 Borrill, 1998) 같은 인지 수행 능력 향상이 보고되었다. 혈중 산소 포화도와 인지 수행 능력 사이에 양의 상관관계가 나타났고(Chung 외, 2006; Chung와 Lim, 2008; Scholey 외, 1999), 과제의 난이도가 증가할수록 고농도 산소의 효과가 더 크다고 보고되었다(Chung 외, 2007; Chung 외, 2008).

이와 같이 고농도 산소의 공급이 인지 수행 능력을

향상 시킬 수 있다는 것은 잘 알려진 사실이다. 그러나 지금까지 고농도 산소의 인지 수행 능력에 대한 효과 검증은 젊은이만을 대상으로 수행되었다(Chung 외, 2006; Chung 외, 2007; Chung와 Lim, 2008; Chung 외, 2008(a); Chung 외 2008(b); Moss 외, 1998; Scholey 외, 1999; Winder와 Borrill, 1998). 그리고 고농도 산소의 공급량 변화가 인지 수행 능력에 어떠한 영향을 미치는지에 대한 구체적인 연구는 아직까지 수행되지 않았다. 고농도 산소가 인지 능력에 미치는 영향을 규명하는데 있어서 가장 중요한 생리 지표는 혈중 산소 포화도이다(Chung 외, 2006; Chung 외, 2007; Chung와 Lim, 2008; Chung 외, 2008(a); Chung 외 2008(b); Moss 외, 1998; Scholey 외, 1999).

그러므로 본 연구에서는 고농도 산소의 공급량 및 연령에 따른 인지 수행 능력 변화를 규명하기 위한 기초 연구로서 고농도 산소의 공급량을 변화시키면서 20대와 60대의 혈중 산소 포화도의 변화 양상을 규명하고자 한다.

## 2. 연구 방법

### 2.1. 실험 참여자 및 산소 공급 장치

20대 남자 10명(25.0±1.8세)과 여자 10명(23.7±1.9세), 60대 남자 10명(68.0±2.6세)과 여자 10명(65.5±3.1세), 총 40명의 20대 및 60대의 건강한 남녀 피험자를 대상으로 실험을 수행하였다. 건국대학교 전문의로부터 호흡계 질환, 말초 혈관 혈류장애 등이 없으며, 혈압과 체온이 정상인 피험자를 선출하였다. 또한 성별 효과를 배제하기 위해 남녀 비율을 동일하게 하였다.

1L/min, 3L/min, 그리고 5L/min의 유량 변화가 가능하면서 순도 93%의 산소 농도를 일정하게 유지 할 수 있는 산소 공급 장치(OXUS Co.)를 사용하였다. 산소

공급 장치에서 발생된 산소는 마스크를 통하여 실험 참여자에게 전달되었다. 피험자는 평상시와 마찬가지로 자연스러운 호흡을 하게하였다.

## 2.2. 실험 절차

실험은 그림 1과 같이 세 개의 구간(Pre-hyperoxia, Hyperoxia, Post-hyperoxia)으로 구성되었다. Pre-hyperoxia는 고농도 산소가 공급되기 전 5분간의 안정 상태 구간이며, Hyperoxia는 마스크를 통해 1L/min, 3L/min, 또는 5L/min의 93%의 고농도 산소가 10분간 공급되는 구간이다. Post-hyperoxia는 고농도 산소 공급을 중단한 후 10분간의 안정 상태 구간이다. 피험자를 의자에 편안히 앉힌 상태에서 총 25분간 전 구간에서 혈중 산소 포화도를 측정하였다. 이러한 실험을 각각 30분의 중간 휴식 시간을 가지면서 세 가지 유량에 대해 반복하였다. 모든 피험자는 세 가지 종류의 유량에 대한 실험에 참여하였고, 실험 순서는 무작위로 하였다.

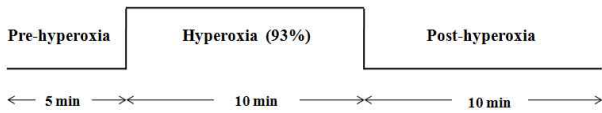


그림 1. 실험구성

## 2.3. 혈중 산소 포화도 측정 및 분석

실험 참여자의 검지손가락에서 pulse oximeter(8600 Series, NONIN Medical, Inc.)를 이용하여, 혈중 산소 포화도(SpO<sub>2</sub> [%])를 측정하였다. pulse oximeter는 조직을 통과하는 적색광과 적외선(red, infrared light)을 이용하여 동맥의 산화 헤모글로빈 상태를 측정한다. 혈관 그물(vascular bed)의 혈액 맥박으로부터 흡수의 변화를 측정하여 혈중 산소 포화도를 측정한다. 펄스 범위(pulse rate range)가 분당 18-300 pulse 이고, 적색광 파장(red wavelength)은 660nm, 적외선 파장(infrared wavelength)은 910nm이다.

혈중 산소 포화도는 구간별로 평균값을 산출하였다. 유량(1L/min, 3L/min, 5L/min), 연령(20대, 60대) 및 구간(Pre-hyperoxia, Hyperoxia, Post-hyperoxia)을 독립 변인으로 하는 반복 측정 변량 분석(SPSS ver. 12.0)을 사용하여 유량과 연령, 그리고 각 구간별로 혈중 산소 포화도에서 유의한 차이가 있는지를 검증하였다. 유

량별로 연령에 따라 혈중 산소 포화도의 절대값과 변화량에 유의한 차이가 있는지를 검증하기 위해 독립 표본 t검정(SPSS ver. 12.0)을 사용하였다. 통계적 유의성 기준은 p<0.05로 하였다.

## 3. 연구 결과

표 1 및 그림 2와 같이 유량 및 연령에 따라 구간별로 혈중 산소 포화도의 평균값을 계산하였다. 모든 구간에서 60대에 비해 20대의 혈중 산소 포화도가 더 컸으며, Pre-hyperoxia와 Post-hyperoxia에 비해 Hyperoxia 구간의 혈중 산소 포화도가 더 컸다. 고농도 산소의 공급유량이 증가할수록 혈중 산소 포화도도 증가하였다.

각 유량별로 연령에 따른 혈중 산소 포화도의 차이를 분석한 독립 표본 t검정 결과 1L/min일 때, Pre-hyperoxia 구간(p=.002), Hyperoxia 구간(p=.043), Post-hyperoxia 구간(p=.000), 3L/min일 때, Pre-hyperoxia 구간(p=.000), Hyperoxia 구간(p=.038), Post-hyperoxia 구간(p=.001), 5L/min일 때, Pre-hyperoxia 구간(p=.000), Hyperoxia 구간(p=.008), Post-hyperoxia 구간(p=.004)으로, 각 유량의 모든 구간에서 60대에 비해 20대의 혈중 산소 포화도가 유의하게 높았다.

표 2와 같이 유량, 연령, 그리고 구간을 독립 변인으로 하여 혈중 산소 포화도의 변화를 분석하였다. 집단 내 변인들 중 구간(p=.000)에서 유의한 차이가 나타났으며, 구간과 연령(p=.000), 구간과 유량(p=.000)간에 상호작용 효과가 관찰되었다. 즉, 연령과 유량에 따라 각 구간별 혈중 산소 포화도의 변화 양상이 차이가 있는 것으로 나타났다(그림 2). 집단 간 변인 중 유량(p=.008)과 연령(p=.000)에서 유의한 차이가 나타났다. 즉, 세 가지 산소 유량과 20대와 60대, 그리고 각 구간별로 혈중 산소 포화도의 크기에 유의한 차이가 있는 것으로 분석되었다.

구간과 연령 간의 상호작용 효과를 규명하기 위해 유량을 무시하고 연령에 따른 각 구간별 혈중 산소 포화도를 계산하였다(표 1). 그림 3(a)와 같이 20대에 비해 60대가 Pre-hyperoxia 및 Post-hyperoxia 구간에 비해 Hyperoxia 구간의 혈중 산소 포화도의 증가량이 더 컸다(p=.000). 구간과 유량간의 상호 작용 효과를 규명하기 위해 연령을 무시하고 유량의 변화에 따른 각 구간별 혈중 산소 포화도를 계산하였다(표 1).

그림 3(b)와 같이 공급된 산소 유량이 증가할수록 Pre-hyperoxia 및 Post-hyperoxia 구간에 비해 Hyperoxia 구간의 혈중 산소 포화도의 증가량이 더 컸다(p=.023). 이를 구체적으로 분석하기 위해 모든 유량에 대하여 혈중 산소 포화도의 구간별 증가량(Hyperoxia-Pre-

hyperoxia)을 계산하고, 독립표본 t-검증을 수행하였다. 그 결과를 그림 4에 나타내었으며, 이로부터 20대에 비해 60대의 혈중 산소 포화도의 증가량이 유의하게 큼을 알 수 있었다.

표 1. 유량, 연령, 및 구간에 따른 혈중 산소 포화도의 평균과 표준편차

		Pre-hyperoxia			Hyperoxia			Post-hyperoxia			Total		
		20s	60s	20s+60s	20s	60s	20s+60s	20s	60s	20s+60s	20s	60s	20s+60s
1L/min	Mean	96.71	95.43	96.07	97.67	96.94	97.30	96.95	95.53	96.24	97.11	95.97	96.53
	S.D	1.06	1.39	1.38	0.93	1.24	1.14	1.02	1.26	1.34	1.01	1.30	1.29
3L/min	Mean	96.95	95.41	96.18	98.23	97.75	97.99	97.30	96.11	96.71	97.49	96.42	96.96
	S.D	1.01	1.09	1.30	0.76	0.63	0.73	0.89	1.22	1.21	0.89	0.98	1.08
5L/min	Mean	97.13	95.75	96.44	98.62	98.03	98.32	97.38	96.39	96.89	97.71	96.72	97.21
	S.D	0.88	1.28	1.29	0.53	0.78	0.72	0.77	1.22	1.12	0.73	1.09	1.04
Total	Mean	96.93	95.53	96.23	98.17	97.57	97.87	97.21	96.01	96.61	97.44	96.37	96.90
	S.D	0.99	1.25	1.32	0.84	1.02	0.98	0.90	1.26	1.25	0.91	1.18	1.18

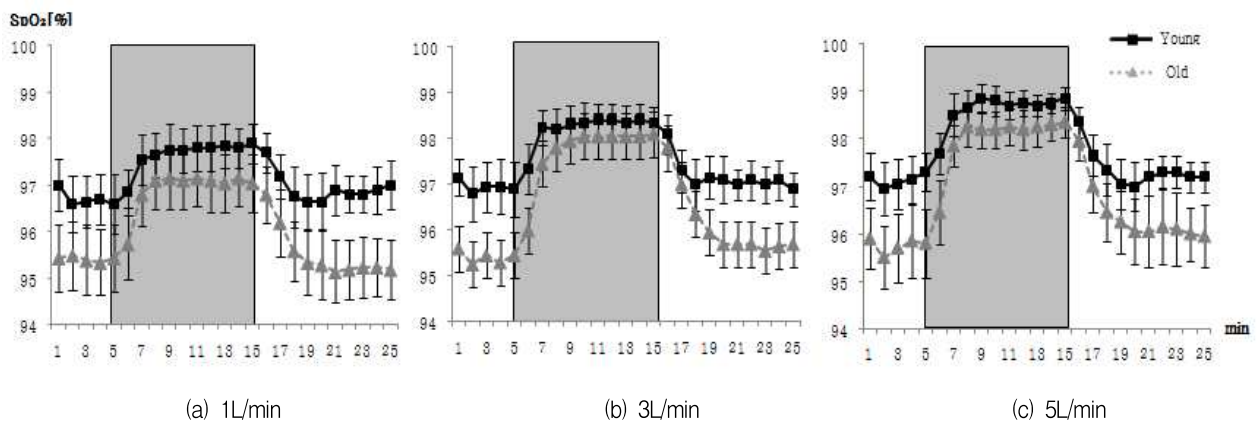


그림 2. 고농도 산소 공급량 변화에 따른 구간별 20대와 60대의 혈중 산소 포화도

표 2. 유량, 연령, 및 구간을 독립변인으로 한 반복 측정 변량 분석 결과

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Within - Subject Effect					
Phase	178.102	2	89.051	484.890	.000
Phase * Age	10.353	2	5.177	28.188	.000
Phase * Flux	5.283	4	1.321	7.191	.000
Phase * Age * Flux	1.222	4	.306	1.664	.159
Between - Subject Effect					
Age	102.507	1	102.507	36.384	.000
Flux	28.340	2	14.170	5.030	.008
Age * Flux	.361	2	.180	.064	.938

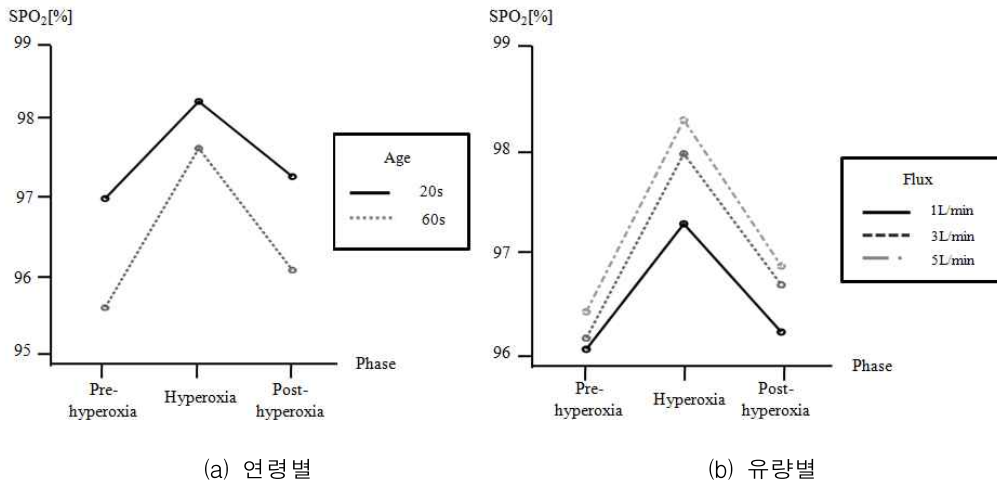


그림 3 구간별 혈중 산소 포화도

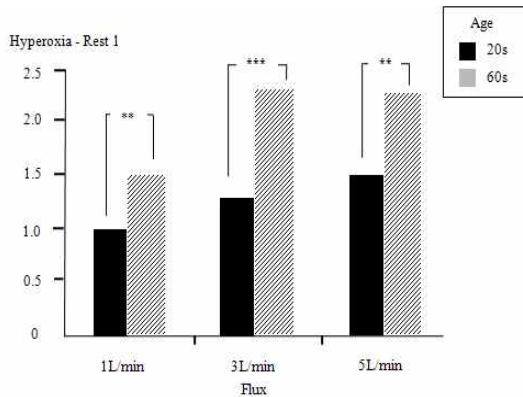


그림 4. 유량에 따른 20대와 60대의 혈중 산소 포화도의 증가량(Hyperoxia-Pre-hyperoxia)의 차이 (\* : p<.05, \*\* : p<.01, \*\*\* : p<.005)

#### 4. 토의

본 연구는 20대 및 60대의 건강한 남녀 피험자를 대상으로 93%의 고농도 산소의 공급량(1L/min, 3L/min, 5L/min)을 달리하여 혈중 산소 포화도를 측정하고 유량, 연령, 및 구간에 따른 혈중 산소 포화도의 변화를 관찰하였다. 그 결과 공급 유량이 증가할수록 혈중 산소 포화도가 증가하였고, 60대에 비해 20대의 혈중 산소 포화도가 높았으며, 안정 상태(Pre-/Post-hyperoxia)에 비해 고농도 산소를 공급한 Hyperoxia 구간에서 혈중 산소 포화도가 증가하였다. 그러나 고농도 산소 공급으로 20대에 비해 60대의 혈중 산소 포화도의 증가량이 더 컸다.

일반 공기 중의 상태(안정 상태)인 21%에 비해 30%와 40%의 고농도 산소 공급 시 혈중 산소 포화도는

증가하였다(Chung 외, 2006; Chung 외, 2007; Chung와 Lim, 2008; Chung 외, 2008(a); Chung 외, 2008(b)). Moss 등(1998)과 Scholey 등(1999)은 100%의 산소 공급으로 혈중 산소 포화도의 증가를 관찰하였다. 선행 연구 결과와 동일하게 본 연구 결과 Pre-와 Post-hyperoxia 구간에 비해 순도 93%의 고농도 산소를 공급한 Hyperoxia 구간에서 혈중 산소 포화도가 증가하였다.

본 연구에서는 고농도 산소의 공급량이 증가할수록 혈중 산소 포화도가 증가됨을 확인하였다. 선행 연구에서는 인지 기능 수행 시 혈중 산소 포화도의 절대적인 값과 인지 수행 능력이 양의 상관을 가진다고 보고되었다(Chung 외, 2006; Chung와 Lim, 2008; Scholey 외, 1999). 그러므로 고농도 산소의 공급량이 증가되면 혈중 산소 포화도가 더 증가되고, 이로 인해 인지 수행 능력도 더 향상 될 수 있을 것으로 예상할 수 있다. 향후 추가 실험을 통해 이를 증명하고자 한다.

노인의 혈중 산소 포화도에 비해 젊은이의 혈중 산소 포화도가 더 크다는 사실이 보고되었다(Colodny, 2001). 노화 현상에 의해 심폐 기능과 신진 대사 기능을 비롯한 신체의 모든 기능이 저하되기 때문이다. 선행 연구와 동일하게 본 연구에서도 60대에 비해 20대의 혈중 산소 포화도가 높았다. 그러나 고농도 산소 공급으로 20대에 비해 60대의 혈중 산소 포화도의 증가량이 더 컸다. 노인의 경우 혈중 산소 포화도의 절대적인 기저 수준이 낮아서 공급된 고농도 산소가 효과적으로 흡수된 것으로 예상되어진다. 이에 대한 정확한 임상적 판단에 대한 연구가 필요할 것이다.

앞서 서술했듯이 인지 수행 능력과 양의 상관을 가진다고 보고하였다(Chung 외, 2006; Chung와 Lim,

2008; Scholey 외, 1999). 비록 20대에 비해 60대의 절대적인 인지 수행 능력은 낮을지 모르지만, 고농도 산소 공급에 의한 인지 수행 능력의 향상은 60대가 더 높을 수 있을 것으로 예상할 수 있다. 이 또한 향후 추가 실험을 통해 검증되어야 할 것이다. 본 연구 결과는 고농도 산소의 공급량 및 연령에 따른 인지 수행 능력 변화의 메커니즘을 규명하기 위한 기초자료로 활용될 것이다.

밀폐된 공간의 저농도 산소 환경에서 인간은 부정적인 감성이 유발될 수 있다. 그러나 고농도 산소 공급으로 인해 인간의 감성이 보다 긍정적으로 변화가 가능하리라 예상된다. 본 연구는 고농도 산소의 유량의 변화가 인지 능력 향상과 상관성이 있는지를 검증하기 위한 기초 자료를 제시하고자 한다. 추후 실험을 통해 고농도 산소의 유량을 달리하여 공급하였을 때 인지 능력 향상과의 상관성을 검증하고자 한다.

#### 참고문헌

- Chung, S.C., Iwaki, S., Tack, G.R., Yi, J.H., You, J.H., & Kwon, J.H. (2006). Effect of 30% oxygen administration on verbal cognitive performance, blood oxygen saturation and heart rate. *Applied Psychophysiology and Biofeedback, 31*, 281-293.
- Chung, S.C., Kwon, J.H., Lee, H.W., Tack, G.R., Lee, B., Yi, J.H., & Lee, S.Y. (2007). Effects of high concentration oxygen administration on n-back task performance and physiological signals. *Physiological Measurement, 28*, 389-396.
- Chung, S.C., Lee, B., Tack, G.R., Yi, J.H., Lee, H.W., Kwon, J.H., Choi, M.H., Eom, J.S., & Sohn, J.H. (2008(a)). Physiological mechanism underlying the improvement in visuospatial performance due to 30% oxygen inhalation. *Applied Ergonomics, 39*, 166-170.
- Chung, S.C., Lee, H.W., Choi, M.H., Tack, G.R., Lee, B., Yi, J.H., Kim H.J., & Lee, B.Y. (2008(b)). A study on the effects of 40% oxygen on addition task performance in three levels of difficulty and physiological signals. *International Journal of Neuroscience, 118*, 905-916.
- Chung, S.C. & Lim, D.W. (2008). Changes in memory performance, heart rate, and blood oxygen saturation due to 30% oxygen administration. *International Journal of Neuroscience, 118*, 593-606.
- Colodny, N. (2001). Effects of age, gender, disease, and multisystem involvement on oxygen saturation levels in dysphagic persons. *Dysphagia, 16*, 48-57.
- Fujiwara, T. & Maeda, M. (2001). Effects of oxygen and refresh space for the elderly. *Journal of Human Life Engineering, 2(3)*, 8-11.
- Horwitz, B., McIntosh, A.R., Haxby, J.V., & Grady, C.L. (1995). Network analysis of brain cognitive function using metabolic and blood-flow data. *Behavioral Brain Research, 66*, 187-193.
- Moss, M.C., Scholey, A.B., & Wesnes, K. (1998). Oxygen administration selectively enhances cognitive performance in healthy young adults: A placebo-controlled double blind crossover study. *Psychopharmacology, 138*, 27-33.
- Scholey, A.B., Moss, M.C., Neave, N., & Wesnes, K. (1999). Cognitive performance, hyperoxia, and heart rate following oxygen administration in healthy young adults. *Physiology & Behavior, 67*, 783-789.
- Sung, E.J., Min, B.C., Jeon, H.J., Kim, S.C., & Kim, C.J. (2002). Influence of oxygen rate on driver fatigue during simulated driving. *Korean Journal of the Science of Emotion & Sensibility, 5(1)*, 71-78.
- Winder, R. & Borrill, J. (1998). Fuels for memory: The role of oxygen and glucose in memory enhancement. *Psychopharmacology, 136*, 349-356.

원고접수 : 09.11.23

수정접수 : 10.02.03

게재확정 : 10.03.12