

40% 농도의 산소 공급이 2-back 과제 수행에 미치는 영향: 인지 능력 및 생리 신호의 변화*

Effects of 40% Oxygen on 2-back Task:

Changes of Cognitive Performance and Physiological Signals

정 순 철** (Soon-Cheol Chung)	박 하 라 (Ha-Ra Park)	이 봉 수 (Bongsoo Lee)	탁 계 래 (Gye-Rae Tack)
이 정 한 (Jeong-Han Yi)	엄 진 섭*** (Jin-Sup Eom)	손 진 훈**** (Jin-Hun Sohn)	

요약 본 연구에서는 40% 농도의 산소 공급에 따른 2-back 과제 수행 능력, 혈중 산소 포화도, 심박동율의 변화를 관찰하고자 한다. 5명의 남자 (평균 25.8±1.3세)와 5명의 여자 (평균 23.0±1.0세) 대학생을 대상으로 두 가지 농도의 산소 (21%, 40%)를 공급하면서 2-back 과제를 수행하게 하였다. Rest1 (1분), 0-back Task (1분), 2-back Task (2분), Rest2 (4분)의 네 단계의 순서로 실험이 진행되었고, 전 단계에서 혈중 산소 포화도와 심박동율의 생리 신호가 측정되었다. 21%에 비해 40% 산소 농도에서 평균 정답률이 유의하게 증가하여, 고농도 산소 공급이 2-back 과제 수행 능력에 긍정적인 영향을 미친다는 사실을 도출할 수 있었다. 21%에 비해 40%의 산소가 주어질 때 혈중 산소 포화도는 증가하였고, 심박동율은 감소하였다. 이것은 인지 처리 수행 시 21%에 비해 40%의 산소 공급이 실제 혈중 산소 농도를 증가시켜 인지 처리에 따른 뇌 활성화를 촉진 시킬 수 있다는 사실을 의미하고, 공급된 과산소에 의해 심박동율이 감소한다는 사실을 의미하는 것이다.

주제어 40% 농도의 산소, 2-back 과제, 인지 능력, 혈중 산소 포화도, 심박동율

Abstracts In this study, changes in performance of 2-back task, blood oxygen saturation and heart rate due to 40% concentration oxygen supply were observed. Five male (25.8±1.3) and five female (23.0±1.0) college students were asked to perform 2-back task during two types of oxygen (concentration 21%, 40%) administration. The experimental sequence consisted of Rest1 (1 min.), 0-back Task (1 min.), 2-back Task (2 min.), and Rest2 (4 min.) and the physiological signals such as blood oxygen saturation and heart rate were measured throughout the stages. The experimental result showed that the performance increased significantly at 40%'s concentration of oxygen rather than 21%'s, which shows oxygen supply has positive influence on cognitive performance. When 40% concentration oxygen is supplied, the oxygen saturation in the blood increased and heart rate was decreased significantly comparing to 21%. It is suggested that 40% oxygen can stimulate brain activation by increasing actual blood oxygen concentration in the process of cognitive performance, and hyperoxia makes heart rate decrease.

Keywords 40% oxygen, 2-back task, cognitive performance, blood oxygen saturation, heart rate

* 본 연구는 한국과학재단 특장기초연구(R01-2004-000-10593-0) 지원으로 수행되었습니다.

** 건국대학교 의학공학부, 연구세부분야: 인지 처리

충북 충주시 단월동 322, 전화: 043-840-3759, E-mail: scchung@kku.ac.kr

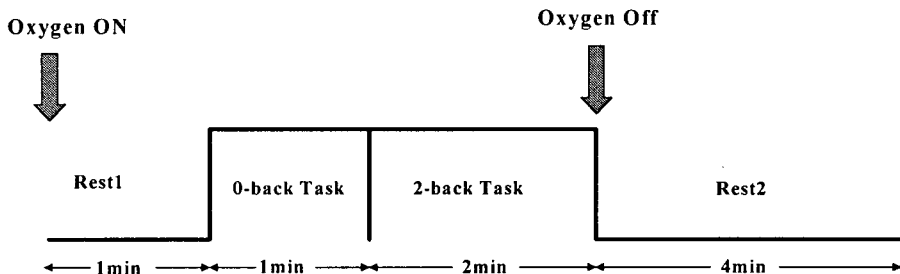
*** 충북대학교 심리학과 **** 충남대학교 심리학과

인지 처리가 시작되면 뇌 신경조직에 글루코스과 산소를 공급하기 위한 다양한 생리 변화가 발생하게 된다(Jonides, et al., 1997). 비디오 게임을 수행하거나, 복잡한 수학 문제를 풀게 되면 심박동율과 산소 소모가 증가한다고 보고 된 바 있다(Turner & Carroll, 1985). Wientjes(1992)은 노력이 요구되는 인지 처리 수행은 빠르고 얇은 호흡을 유발한다고 보고 하였다. 또한 기억해야할 단어가 많으면 많을 수록 심박동율과 호흡의 증가량은 커지고, 산소 요구량이 증가한다는 보고도 있었다(Backs & Selijos, 1994). 이러한 연구 결과로부터 인지 처리 수행은 심박동율, 호흡, 산소 소모의 증가와 같은 생리 변화를 유발하고, 인지 처리의 요구가 커지고 인지 부하가 증가할수록 생리 변화도 커진다는 사실을 알 수 있다.

Moss(1994) 등은 100%의 산소 공급이 단어 기억력 증가에 긍정적인 영향을 미친다는 사실을 보고하였다. 본 연구팀에서는 30%의 산소 공급 시 공간 인지 능력에 어떠한 변화를 유발하는지에 대한 기초 연구를 뇌기능 영상 기법(functional Magnetic Resonance Imaging: fMRI)을 이용하여 수행하였다(Chung, et al., 2004 a,b). 일반 공기 중의 산소 농도 환경(21%)에 비해 30%의 고농도 산소 환경에서 공

간 인지 기능을 담당하는 두정엽과 소뇌, 후두엽, 전두엽 영역의 신경 활성화 면적이 증가하였다. 또한 공간 과제 수행 결과에서도 30% 농도의 산소 공급일 때 평균 정답률이 유의하게 증가하였다. 이것으로부터 고농도 산소공급이 인지 처리에 필요한 산소 공급을 충분하게 하고 신진대사를 보다 활성화시켜 과제 수행 능력도 증가한다는 결론을 도출하였다.

지금까지 100%와 30%의 고농도 산소 공급으로 유발된 단어 기억력, 공간지각 능력 등의 인지 능력 변화에 대한 보고가 있었으나, 산소 농도 변화, 인지 유형 변화 등에 관한 다양한 연구는 아직 부족한 실정이다. 정상 상태(외부의 산소 공급이 없는 상태)에서 인지 처리에 따른 생리 변화에 대한 다양한 연구가 수행 된 바 있으나, 외부에서 고농도의 산소를 공급 했을 때 인지 처리에 따른 생리 변화에 대한 연구는 아직 구체적으로 수행 되지 못하였다. 외부의 산소 공급으로 유발된 공간 인지 능력 변화와 뇌 활성화 변화를 본 연구팀에서 관찰한 바 있으나, 고농도의 산소 공급으로 실제 혈중 산소 농도가 증가되고, 이렇게 증가된 산소가 뇌 활동에 사용될 수 있었는지에 대한 검증은 충분하게 이루어지지



(그림 1) 실험과정

못하였다.

그러므로 본 연구에서는 먼저 산소 농도와 인지 유형을 변화 시키고자 한다. 학습 효과와 순서 효과에 영향을 작게 받는 기억력 과제인 2-back 과제라는 인지 능력에 대한 40% 고농도 산소의 효과를 밝히고자 한다(Baddley, 1986). 또한 외부에서 고농도의 산소를 공급했을 때 인지 처리에 따른 생리 변화를 관찰하기 위해 심박동율과 혈중 산소 농도를 측정하고자 한다. 즉, 인지 처리수행 시 심박동율을 측정하여 자율 신경계 변화를 관찰하고, 외부의 산소 공급이 심박동율에 어떠한 영향을 미치는지 관찰하고자 한다. 그리고 40%의 산소 공급으로 인지 처리에 필요한 산소가 실제 혈류에 공급되어 뇌 신진대사 활동에 부응할 준비가 되었는지를 혈중 산소 포화도를 통해 측정하고자 한다.

실험 방법

21% 및 40% 농도의 산소를 각각 8L/min의 양으로 일정하게 공급할 수 있는 산소 공급 장치(Oxy Cure Co.)를 사용하였다. 산소 공급 장치에서 발생된 산소는 마스크를 통하여 실험 참여자에게 전달되었다. 5명의 남자 대학생(평균 25.8±1.3세)과 5명의 여자 대학생(평균 23.0±1.0세)을 실험 참여자로 선정하였고, 각 실험 참여자는 24시간의 시간 간격을 두고 두 번의 실험(21%와 40%)에 참여하였다. 두 가지 농도의 산소는 무작위로 공급되어 실험 참여자는 어떤 농도의 산소가 공급되는지 모르게 하였다.

8500A(Ninin Medical Inc.) 를 이용하여 실험

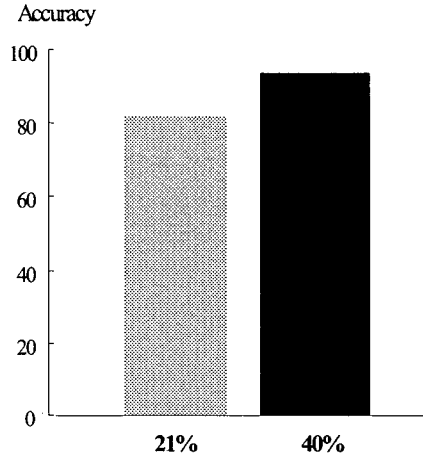
참여자의 왼손 약지 손가락에서 혈중 산소 포화도(SPO₂ [%])를 측정하였다. 이 제품은 LED를 이용하여 디스플레이만 가능하고 저장 장치가 없다. 그러므로 실험자가 5초 간격으로 측정값을 읽어서(1sample/5sec) 데이터를 기록하였다. Biopac MP100(Biopac Systems, Inc.)을 사용하여 Electrocardiogram(ECG)를 256 samples/sec로 측정하였고, Acqknowledge 3.5(Biopac Systems, Inc.)를 이용하여 심박동율(bit per minute: bpm)을 계산하였다. 이때 전극은 오른쪽 발목에 기준 전극을 부착하고, 양 손목에 측정 전극을 부착하였다.

21%일 때와 40% 산소 농도 일 때 2-back 과제를 수행하는 실험을 설계하였다. 본 실험에서 21% 산소 농도일 때를 통제조건으로 가정하였다. 각 실험은 그림 1과 같이 Rest1(1분), 0-back Task(1분), 2-back Task(2분), Rest2(4분)의 네 구간으로 구성되어 있다. SuperLab 1.07(Cedrus Co.)을 사용하여 제작된 0-back 및 2-back 과제가 컴퓨터 모니터를 통해 실험 참여자에게 제시 되었다. 실험 참여자는 키보드를 통해 반응 버튼을 누르도록 하였다. Rest1 구간은 산소를 공급하기 시작하면서 백지 화면을 보며 1분 동안 안정하는 구간이다. 0-back 과제에서는 3초 간격으로 알파벳 20문자가 제시 되었고, 약속된 문자(알파벳 X)가 나오면 반응 버튼을 누르게 하였다. 이중 정답은 5개가 있었다. 0-back 과제는 실험의 집중도를 평가하는 수단으로 활용하였고, 하나의 오답이라도 있는 피험자는 분석에서 제외하기로 하였다. 2-back 과제에서는 3초 간격으로 40 문자가 제시 되었고, 두 번째 전에 제시된 문자가 나오면 이를 기억하여 반응 버튼을 누르게 하였다. 정답은 총 10개가 있었다.

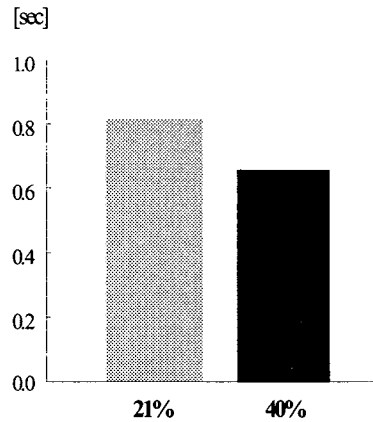
Rest2는 산소 공급을 중지한 후 백지 화면을 보고 4분 동안 휴식하는 구간이다. 0-back 및 2-back 과제는 각각 2세트가 제작되었고, 각 피험자에게 무작위로 배당하였다. 21% 또는 40%의 산소는 Rest1, 0-back Task, 2-back Task 구간(4분)만 공급되었다. 두 가지 산소 농도를 각각 공급하면서 각 구간에 따라 생체 신호의 변화(심박동율, 혈중 산소 농도)를 관찰하였다. 두 개의 실험(21%, 40%)에서 각 실험참여자에 대해 2-back Task의 정답 수와 반응시간을 계산하였다. paired t-test(SPSS ver. 10.0)를 이용하여 산소 농도에 따라 정답 수와 반응시간에서 통계적으로 유의한 차이가 있는지를 검증하였다. 각 실험 참여자의 혈중 산소 포화도와 심박동율은 각 구간별(네 구간)로 하나의 평균값이 산출되었다. 산소농도(21%, 40%)와 구간을 독립변인으로 하는 two-way repeated measures ANOVA(SPSS ver. 10.0) 를 사용하여 두 가지 산소 농도 사이에 그리고 각 구간별로 심박동율과 혈중 산소 포화도에서 유의한 차이가 있는지를 검증하였다.

결 과

0-back 과제에서 모든 피험자는 두 가지 산



(a) 평균 정답률



(b) 평균 반응 시간

(그림 2) 두 가지 산소 농도에서 2-back 과제의 평균 정답률과 반응 시간

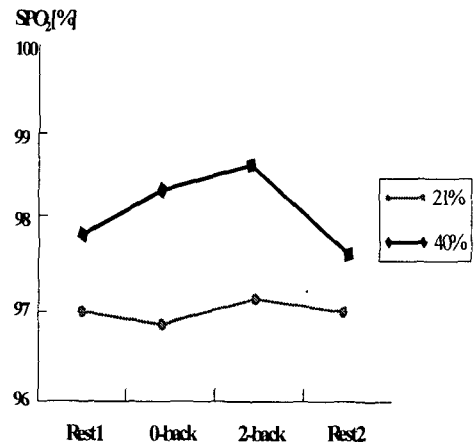
<표 1> 두 가지 산소농도에서 2-back 과제의 정답율과 반응시간 및 paired t-test 결과

	21% 산소농도		40% 산소농도		df	t
	Mean	S.D.	Mean	S.D.		
정답율	82.00	12.98	93.33	4.44	9	3.042*
반응시간	.82	.34	.66	.17	9	1.733

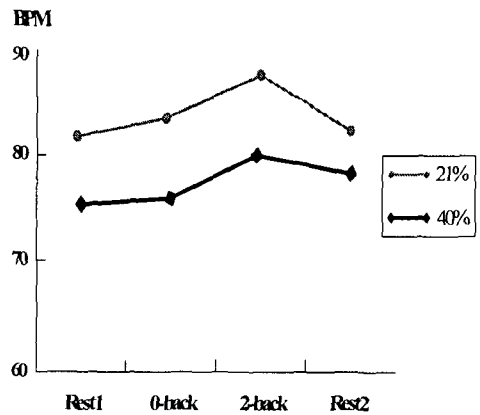
* p<.05

소 농도에서 하나의 오답도 발생시키지 않아 본 실험에 집중하였음을 확인할 수 있었다. 그림 2와 표 1과 같이 2-back 과제의 평균 정답율은 21%와 40% 산소 농도에서 각각 82.00 (SD= 12.98)과 93.3(SD=4.44)이었고 통계적으로 유의한 차이가 있었다($t=3.042$, $df=9$, $p<.05$). 평균 반응시간은 21%와 40%에서 각각 0.82 (SD=0.3) [sec]와 0.66(SD=0.2) [sec]로 40%의 산소를 공급할 때 감소하는 경향은 있었으나 통계적으로 유의한 차이는 없었다($t=1.733$, $df=9$, $p>.10$).

두 가지 산소 농도에 따라 각 구간별 혈중 산소 포화도와 심박동율을 그림 3과 4에 나타내었다. 그림 3과 표 2와 같이 모든 구간에서 혈중 산소 포화도는 21%에 비해 40%일 때 증가하였다. 이것은 인지 처리가 요구되는 구간에서 21%에 비해 40%의 산소 공급 시 실제 혈중 산소 농도가 증가되어 뇌 활동에 보다 도움을 줄 수 있다는 사실을 의미한다. 표 3과 같이 산소농도(21%, 40%)와 구간을 독립변인으로 하는 ANOVA 분석을 수행하였다. 산소농도($F= 33.662$, $df=1,9$, $p<0.001$)와 구간($F=6.327$, $df= 3,27$, $p<0.01$)에서 유의한 차이가 나타나 21%와 40% 산소 농도 사이에 그리고 구간별로 혈중 산소 농도가 유의미한 차이가 있다는 사실이 관찰되었다. 그리고 산소농도와 구간의 상호작용 효과($F=11.788$, $df=3,27$, $p<0.001$)가 관찰되어, 두 가지 산소 농도에 따



(그림 3) 두 가지 산소 농도에서 네 구간의 혈중 산소 포화도의 변화



(그림 4) 두 가지 산소 농도에서 네 구간의 심박동율의 변화

라 혈중 산소 농도의 변화 양상이 차이가 있는 것으로 나타났다. 상호 작용 효과를 해석

<표 2> 산소농도와 구간에 따른 혈중 산소 포화도 평균(표준편차)

	Rest1	0-back	2-back	Rest2
21% 산소농도	96.94 (1.08)	96.84 (.92)	97.06 (.91)	97.03 (.89)
40% 산소농도	97.83 (.66)	98.31 (.58)	98.39 (.63)	97.56 (1.00)

<표 3> 산소농도와 구간에 따른 혈중 산소 포화도의 반복측정 변량분석 결과

Source	SS	df	MS	F
산소농도	22.181	1	22.181	33.662***
Error(산소농도)	5.931	9	.659	
구간	2.208	3	.736	6.327**
Error(구간)	3.141	27	.116	
산소농도 * 구간	2.761	3	.920	11.788***
Error(산소농도*구간)	2.108	27	.078	

** p<.01, *** p<.001

<표 4> 혈중 산소 포화도에 대한 단순 주효과분석 및 대비분석

Source	SS	df	MS	F
구간 at 21% 산소농도	.288	3	.096	.880
Error(구간)	2.947	27	.109	
구간 at 40% 산소농도	4.681	3	1.560	18.301***
대비1 (1 -1 -1 1)	4.266	1	4.266	50.188***
대비2 (0 1 -1 0)	.031	1	.031	.365
대비3 (1 0 0 -1)	.384	1	.384	4.518*
Error(구간)	2.302	27	.085	

* p<.05, *** p<.001

<표 5> 산소농도와 구간에 따른 심박동율의 평균(표준편차)

	Rest1	0-back	2-back	Rest2
21% 산소농도	81.90 (7.40)	83.40 (9.83)	86.45 (9.19)	82.82 (7.38)
40% 산소농도	76.30 (7.63)	76.50 (8.95)	79.70 (6.88)	77.73 (7.95)

하기 위해 표 4와 같이 산소농도별로 구간의 단순 주효과 분석을 실시하였다. 분석결과 21% 산소농도에서는 구간의 효과가 없는 것으로 나타났으며($F=.880$, $df=3,27$, $p>.5$), 40% 산소농도에서는 구간의 효과가 있는 것으로 나

타났다($F=18.301$, $df=3,27$, $p<.001$). 어느 구간에서 유의한 차이가 있는지 파악하기 위하여 대비분석을 추가로 실시한 결과, 0-back 과제와 2-back 과제수행시의 혈중 산소 포화도가 Rest1과 Rest2 구간보다 높았으며($F=50.188$,

<표 6> 산소농도와 구간에 따른 심박동율의 반복측정 변량분석 결과

Source	SS	df	MS	F
산소농도	741.153	1	741.153	6.179*
Error(산소농도)	1079.597	9	119.955	
구간	178.075	3	59.358	12.715***
Error(구간)	126.050	27	4.669	
산소농도 * 구간	11.559	3	3.853	.596
Error(산소농도*구간)	174.566	27	6.465	

* $p < .05$, *** $p < .001$

df=1,27, $p < .001$), Rest1 구간의 혈중 산소 포화도가 Rest2 구간보다 높았다($F=4.518$, df=1,27, $p < .05$). 그러나, 0-back 과제수행시와 2-back 과제수행시에 혈중 산소 포화도는 차이가 없는 것으로 나타났다($F=.365$, df=1,27, $p > .5$).

그림 4와 표 5와 같이 모든 구간에서 심박동율은 40%에 비해 21%일 때 증가하였다. 표 6과 같이 산소농도(21%, 40%)와 구간을 독립변인으로 하는 ANOVA 분석을 수행하였다. 산소농도($F=6.179$, df=1,9, $p < 0.05$)와 구간($F=12.715$, df=3,27, $p < 0.001$)에서 유의한 차이가 나타나 두 가지 산소 농도에 따라 그리고 구간별로 심박동율의 크기가 차이가 있다는 사실이 관찰되었다. 산소농도와 구간의 상호작용 효과는 없는 것으로 나타나 두 가지 산소 농도에 따라 심박동율의 변화 양상은 차이가 없는 것으로 나타났다($F=.596$, df=3,27, $p > .5$).

토 의

본 연구는 일반 공기 중의 산소(21%)에 비

해 40%의 고농도 산소 공급이 2-back 과제 수행에 어떠한 영향을 주는지에 대한 기초 연구를 과제 수행 능력과 생체신호(심박동율, 혈중 산소 포화도) 결과를 비교하여 수행하였다. Moss(1994) 등은 100%의 산소 공급이 기억력을 증가시켰다고 보고하였다. 본 연구팀은 선행 연구에서 30%의 산소 공급이 공간 인지 능력 증가에 긍정적인 영향을 미친다고 보고하였다(Chung, et al., 2004 a,b). 본 연구에서도 40%의 산소 공급시 2-back 과제 수행 능력이 유의하게 증가하여, 40%의 산소가 2-back 과제 수행 능력 향상에도 긍정적인 영향을 미친다는 결론을 도출할 수 있었다.

선행 연구에서 고농도의 산소 공급이 뇌 활성화 양을 증가시켜 공간 인지 능력이 향상되었다는 사실을 뇌기능 영상 결과(fMRI)로부터 유도하였지만, 고농도의 산소 공급으로 실제 혈중 산소 농도가 증가되어 뇌 활성화에 사용될 수 있었는지에 대한 검증이 없었다. 본 연구의 결과에서 21%에 비해 40%의 산소를 공급할 때 인지 처리가 요구되는 2-back 과제 구간에서 혈중 산소 포화도는 유의미하게

켰고(그림 3), 과제 수행 능력도 증가하였다. 이것은 뇌 신진대사가 활성화 되는 구간에서 21%에 비해 40%의 산소 공급이 실제 혈중 산소 농도를 증가시켜 뇌 활성화를 촉진시킬 수 있다는 사실을 증명하는 결과이다. 구간별 혈중 산소 포화도 변화를 살펴보면, 구간별로 유의한 차이가 있었고 안정 상태에 비해 인지 처리가 이루어지는 구간에서 혈중 산소 포화도가 증가하는 경향이 있었다. 이것은 인지 처리 수행 시 산소 요구량이 증가한다는 선행 연구 결과와 유사한 것이다(Backs & Selijos, 1994; Baddley, 1986; Turner & Carroll, 1985).

구간별 심박동율의 변화를 살펴보면, 안정 상태에 비해 2-back 과제 구간에서 심박동율이 증가하였다. 이것은 인지 처리가 이루어지는 구간에서 심장 부하가 증가한다는 사실을 의미하고, 인지 처리 수행 시 심박동율이 증가한다는 선행 연구 결과와 일치하는 것이다(Backs & Selijos, 1994; Baddley, 1986; Turner & Carroll, 1985). 즉, 이 결과는 노력이 필요한 인지 처리는 자율신경계의 활성화가 수반된다는 것을 의미하는 것이다. 21%에 비해 40%일 때 심박동율의 절대값은 감소하였으나, Rest1이나 0-back 구간에 비하여 2-back 과제구간에서 심박동율이 증가한 비율은 두 산소 농도 조건 사이에 차이가 없었다. 안정 단계(인지 처리가 없는 단계)에서 과 산소 상태(hyperoxia, 혈중 산소 포화도가 증가된 상태)는 심박동율을 감소시킨다는 보고가 있었기 때문에 본 연구에서 관찰된 심박동율의 감소는 과 산소 상태에 기인한 것으로 해석할 수 있다(Lodato & Jubran, 1993).

본 연구 결과로부터 외부의 고농도 산소 공급이 혈중 산소 포화도를 증가시켜 인지 능력

증가에 긍정적인 영향을 미치고, 심박동율을 감소시킨다는 결론을 도출할 수 있다. 그러므로 본 연구는 21%와 40%의 산소 농도일 때 인지 처리 능력의 변화뿐만 아니라, 생리 신호의 변화까지 관찰하여, 산소의 긍정적인 효과를 보다 객관적이고 신뢰성 있게 판단할 수 있는 근거를 마련하였다. 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 생각된다. 학습, 추리, 지각, 정서 등의 다양한 인간의 인지 처리에 고농도의 산소 공급이 어떠한 변화를 유발하는지에 대한 연구도 필요할 것이다. 또한 고농도 산소 공급의 인지 기능에 대한 긍정적인 효과뿐만 아니라 인간의 다양한 신체적 및 정신적 부정적 효과에 대한 검증 연구도 필요할 것으로 판단된다.

참고문헌

- Backs, R. W., Selijos, K. A. (1994), Metabolic and cardiorespiratory measures of mental efforts: The effects of level of difficulty in a working memory tasks, *Int. J. Psychophysiology*, 16, 57-68.
- Baddley, A. (1986), *Working memory* (Oxford Psychological series no. 11), Oxford: Clarendon Press.
- Chung, S. C., Tack, G. R., Kim, I. H., Lee, S.

- Y., Sohn, J. H. (2004), The effect of highly concentrated oxygen administration on cerebral activation levels and lateralization in visuospatial tasks, *Integrative Physiological and Behavioral Science*, 39-3, 153-165.
- Chung, S. C., Tack, G. R., Lee, B., Eom, G. M., Lee, S. Y., Sohn, J. H. (2004), The effect of 30% oxygen on visuospatial performance and brain activation: An fMRI study, *Brain and Cognition*, 56, 279-285.
- Jonides, J., Schumacher, E. H., Smith, E.E., Lauber, E. J., Awh, E., Minoshima, S., Koeppe, R. A. (1997), Verbal working memory load affects regional brain activation as measured by PET, *J. Cog. Neurosci*, 9, 462-475.
- Lodato, R. F., Jubran, A. (1993), Response time, automatic mediation and reversibility of hyperoxic bradycardia in conscious dogs, *J. Appl. Physiol*, 74, 634-642.
- Moss, M. C., Scholey, A. B. (1994), Oxygen administration enhances memory formation in healthy young adults, *Psychopharmacology*, 124, 255-260.
- 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*, 67-5, 783-789.
- Turner, L. A., Carroll, D. (1985), Heart rate and oxygen consumption during mental arithmetic, a video game, and graded exercise: Further evidence of metabolically-exaggerated cardiac adjustments, *Psychophysiology*, 22, 261-267.
- Wientjes, C. J. E. (1992), Respiration in psychophysiology: Methods and applications, *Biol. Psychol*, 34, 179-204.

1 차원고접수: 2005. 5. 9

2차원고접수: 2005. 7. 8

최종게재승인: 2005. 8. 4