KISEP Original Articles
소아 · 청소년정신의학 제13권 제1호 2002
Korean J Child & Adol Psychiatr 13 : 76~84

10대 청소년의 주의력과 기억능력에 미치는 정상기압 산소흡입 효과

NORMOBARIC OXYGEN(O_2) ADMINISTRATION EFFECT ON ATTENTION AND MEMORY FUNCTION IN TEENAGE ADOLESCENTS

김붕년*† · 김병효** · 김영미** · 조수철*

Boong-Nyun Kim, M.D.,*† Byung-Hyo Kim, M.D.,
Young-Mi Kim, M.A.,** Soo-Churl Cho, M.D.***

목 적 : 독일의 신경심리학자인 Moss 등의 1996년에서 1999년까지의 일련의 연구들에서 정상기압의 산소 공급 후 정상 성인에서의 기억능력이 뚜렷하게 호전된다는 보고가 있었다. 그러나 아직까지 10대 청소년을 대상으로 한 연구는 없는 상황이다. 이에, 본 연구팀에서는 새롭게 개발된 산소흡입장치(Oxygen administration device)를 가지고 산소흡입이 청소년의 인지능력 향상에 도움이 되는지를 알아보기 위해 실험집단 - 위약집단 - 이중맹검법으로 평가하였다.

방 법 : 14세에서 17세까지의 청소년 23명을 대상으로 하였다. 학급성적 백분위 20%이상 50%미만에 해당하는 중 - 고등학생들을 대상으로 하였고, 정신과전문의가 평가하여 특정한 정신병리가 없고, 실험에 자발적 참여의지를 보인 청소년만을 연구에 참여시켰다. 주의력평가를 위해 사용 한 검사는 스트룹(stroop) 검사와 선로잇기(trail - making)검사, 연속수행검사(continuous performance test)였고, 기억능력의 측정을 위해서는 표준화된 기억평가척도(Memory Assessment Scale : MAS)를 사용하였다. 23명의 청소년을 무작위 배정하여 12명은 주의력검사와 기억능력 검사 10분전에 5분에 걸쳐 O_2를 공급하였고, 11명은 대조군으로 똑같은 기기에서 O_2 공급원을 제거하여, 실내공기를 흡입하는 효과를 갖도록 하였다. 실험자나 피실험자 모두 실험군과 대조군 여부를 알지 못하도록 이중맹검 디자인으로 실시하였다.

결 과 : 1) 주의력평가 : 산소흡입 전후의 평균값 차이를 윌콕슨 순위 검사(Wilcoxon Signed Rank)로 평가한 결과, 흡입 전보다 4가지 주의력 평가 소검사들에서 통계적으로 유의한 호전 양상을 보여주었고, 공기흡입 전후의 평가에서는 3가지 소검사에서 호전된 양상을 보여 주었다. 단순주의력 평가에서는 산소흡입군과 공기흡입군 모두 능력의 향상을 보였으나, 간섭이 있는 주의력 검사에서는 산소흡입군만이 유의한 호전을 보였다.

또한 처치 전후의 변화율((치료후값 - 치료전값)/치료전값 *100)을 계산하여, 산소군과 공기군 간의 통계적 유의성을 평가한 결과, 공기 흡입군에 비해 산소흡입군이 스트룹 검사의 간섭시행, 그리고, 선로잇기검사의 B부분의 수행에서 유의한 차이를 보여, 산소흡입이 전두엽의 수행능력과 관련된 주의력의 호전에 보다 유의한 기여를 할 가능성이 있음을 보여주었다.

*서울대학교병원 신경정신과(소아 - 청소년 정신과) *Division of Child & Adolescent Psychiatry, Department of Neuropsychiatry, Seoul National University Hospital, Seoul*
**경상대학교병원 신경정신과 *Department of Neuropsychiatry, Gyeongsang National University Hospital, Jinju*
†*Corresponding author*

2) 기억능력평가 : 16가지의 기억능력 평가 도구 소척도값 중에서, 산소흡입군은 흡입 전에 비해 11개의 소검사 항목들에서 보다 우수한 수행을 보여 주었고, 공기흡입군은 7개 영역에서 유의한 호전이 있었다.

처치전후의 각 소척도 값의 변화율을 계산하여, 산소군과 공기군 간의 통계적 유의성을 평가한 결과, 단기기억소척도의 점수에서만, 두 군간에 유의한 통계적 차이가 발견되었다.

결 론 : 주의력과 기억능력에 미치는 산소효과를 검증하기 위해, 대조군비교 - 이중맹검 임상실험을 실시하여, 반복검사로 인한 효과, 위약효과 등을 배제하였다. 그 결과 양쪽 검사 모두에서 어느 정도의 반복검사 및 위약효과가 확인되었으나, 주의력에서는 전두엽의 실행능력(executive function)과 관련되는 검사들에서 산소흡입이 특이한 효과를 보여준다는 것이 확인되었고, 기억능력에서는 단기기억능력 평가에서 산소흡입군이 대조군보다 유의한 효과를 보여주는 것으로 평가되었다. 이러한 연구결과는 산소흡입이 전두엽과 관련된 수행능력, 작동기억능력 향상에 도움이 될 가능성이 있음을 시사하는 결과라고 생각된다.

중심 단어 : 산소흡입 · 청소년 · 기억력 · 주의력.

서 론

대뇌는 우리 몸 전체 기초에너지 생성의 약 30%를 차지하고 있을 정도로 인체의 어떤 장기보다 대사활동이 활발한 기관이다. 이러한 뇌 대사의 거의 전부는 포도당의 산화적 분해에 의한 에너지 공급에 의존하고 있다[1]. 특정한 인지적 과제가 주어지는 경우 과제해결을 위한 신경활성화에 이러한 에너지가 사용되어진다. 대사에 필요한 요소들은 혈액에 의해 공급되고 혈액 - 뇌 장벽을 가로질러 능동 수송되거나 수동적으로 확산된다. 산소와 포도당의 가용성에 변화를 주는 어떤 상황도 뇌 대사에 영향을 줄 수 있으며, 결국 인지적 과제해결에도 영향을 줄 수 있다[2]. 여러 연구에서 저혈당과 저산소증이 인지적인 기능의 가역적인 저하를 가져올 수 있다는 것이 확인되었다[3 - 5]. 최근의 연구에서는 나이에 따른 인지기능의 감소가 대뇌로의 산소와 포도당 공급의 저해와 관련이 있다는 것이 확인되고 있다[6].

과거 동물 연구에서 포도당 투여 후 인지기능의 향상을 보였던 경우가 보고되고 있으며, 유사한 인지기능의 향상이 인간대상 연구에서도 보고되었다[8]. 인간대상 연구에서는 포도당을 마신 후에 노인과 젊은 성인에서 모두 인지기능, 특히 기억능력의 향상이 있었다는 연구가 보고되었다[9]. 최근에는 기억능력이외의 다른 인지능력도 포도당 투여에 의해 향상된다는 보고가 있어 주목을 받고 있다. 포도당은 특히 노력을 요하는 정보처리과정에 특히 효과가 있는 것으로 보고되고 있다[10)11)].

그런데, 이러한 뇌 - 혈액 장벽을 통한 포도당 수송의 정도와 뇌내 포도당 대사속도는 뇌 산소 가용성과 밀접한 관련을 맺고 있다[12]. 인체연구에서 무산소성 또는 저산소성 손상이 뇌 - 혈액장벽 전달능력을 감퇴시키고 결국 산화적 포도당 대사를 감소시킨다는 보고가 있으며, 이로 인해 인지능력의 저하가 발생된다는 보고가 있다[13].

독일의 심리학자 Moss 등의 일련의 연구에서는[14 - 16], 정상기압의 산소공급 후 정상 성인의 기억능력이 뚜렷하게 호전된다는 보고가 있었다. 또한 다른 연구에서도[17], 산소의 흡입은 매일 매일의 일상적인 기억의 능력, 예를 들면, 살 물건의 항목들을 더 많이 암기한다든지, 더 많은 사람의 얼굴과 이름을 일치시킬 수 있다든지 하는 능력들을 항진시키는 것으로 조사되었다. 그러나 이러한 연구결과들은 모두 20대에서 40대까지의 젊은 성인 및 중년층 성인을 대상으로 한 연구였고, 아직까지 청소년이나 노인을 대상으로 한 연구는 없는 상황이다. 이에, 본 연구팀에서는 새롭게 개발된 산소흡입장치(Oxygen administration device)를 가지고 정상기압 산소흡입이 10대 청소년의 주의력과 기억능력의 향상에 도움이 되는지를 이중 맹검 - 위약대조군법(double blind - placebo controlled method)으로 평가하기 위해 본 연구를 시행하였다. 이를 통해 위약효과나 재검사로 인한 효과를 배제한 순수한 산소 효과만을 평가하려 하였다.

방 법

1. 대상군

일반가정에서 생활하고, 일반학교에 재학중이면서, 학급성적 백분위 20%이상 50%미만에 해당하는 중위권 성적의 중 - 고등학생들 중, 본인이 자발적인 참여의사를

Table 1. Characteristics of study subjects

	Air group(n=11)	Oxygen group(n=12)
Sex		
Male	5	6
Female	6	6
Age	15.5(5.3)	15.7(6.3)
School		
Middle	3	4
High	8	8
Achievement		
High	1	0
Middle	6	7
Low	4	5
TRF(T)	21	24
DBDS		
ADHD	5	5
CD	3	5
ODD	4	3

TRF : total T score of teacher rating form
DBDS : disruptive behavior disorder scale
ADHD : raw score of attention deficit hyperactivity disorder subscale
CD : raw score of conduct disorder subscale
ODD : raw score of oppositional defiant disorder subscale
Age : years, number in parenthesis is standard deviation

밝힌 23명의 청소년을 대상으로 하였다. 해당 청소년의 담임선생님에게 교사용행동평가표, 파탄적 행동장애 척도를 의뢰하여 평가하였고, 소아청소년 정신과전문의 일인이 면담 평가를 시행하여, 두 경우 모두에서 특정한 정신병리가 없다고 판단된 청소년을 연구 대상군으로 하였다(Table 1). 전체 대상군을 무작위로 산소흡입군과 대조군으로 나누었으며, 두 군간에 남녀비, 나이, 학력, 성취도, 정신병리척도값 등에서 통계적인 차이는 발견할 수 없었다(Table 1).

2. 인지기능의 평가

1) 주의력 평가

주의력 평가를 위해서 스트룹 검사(Stroop test)와 선로잇기검사(Trailmaking test), 연속수행검사(Continuous performance test)를 실시하였다.

(1) 스트룹 검사[18)]

주의력평가에 자주 사용되는 이 검사는 단순시행과 간섭 시행으로 나누어져 있다. 준비된 검사지를 피검자에게 보여주고 차례로 색깔을 말하게 한다. 전체 검사지를 읽는데 걸리는 반응시간(RT)을 측정하고 오류의 개수를 계산한다. 간섭시행은 두 자극으로 이루어진 복합자극이고, 피검자는 이중 한 차원의 자극은 무시하고 다른 차원의 자극에만 집중해야한다. 단순시행은 한 자극으로만 이루어져 단순한 집중 주의력만을 요구한다. 단순시행이 단순집중력을 측정하는데 비해, 간섭주의력은 실행기능(executive function)이 중요한 역할을 한다. 단순 시행은 실행능력이 적게 요구되고 간섭시행은 실행능력이 많이 요구되므로 두 검사의 현저한 차는 실행기능의 장애를 의미한다. 본 연구에서 사용된 이 검사는 국내 표준화가 완료된 전두엽기능검사 도구를 활용하였다[19)].

(2) 선로잇기 검사[20)]

한글과 숫자가 무작위로 흩어져 있는 검사지를 피검자에게 제시하고 숫자 또는 한글을 차례대로 연결하게 하여 총 시간을 비교하는 검사이다. A 부분에서는 숫자는 숫자끼리, 한글은 한글끼리 연결하도록 하지만, B 부분에서는 숫자와 한글을 교대로 하면서 순서대로 연결하도록 피검자에게 지시한다. A부분이 단순 주의력을 주로 요구하는 데에 반해, B부분은 실행기능, 분할 주의력, 작동기억(Working memory)의 관여를 주로 요구한다. 그러므로, A부분과 B부분의 차이가 클수록 이러한 고위중추기능의 장애를 의미한다고 할 수 있다. 본 연구에서 사용된 이 검사는 국내 표준화가 완료된 전두엽기능검사 도구를 활용하였다[19)].

(3) 연속과제수행검사[21)]

지속적 주의력을 평가하는 도구로 본 연구를 위해, 과거 사용되던 연속과제수행검사에 비해 단순하게 제작되었다. 0부터 9까지의 숫자들을 0.5초 간격으로 연속적이면서 무작위 적으로 컴퓨터 화면에 나타나도록 한 뒤, 0에 연이어 9가 나타나면 피검자가 반응을 보이도록 수행명령을 내렸다. 검사는 15분간 지속되며, 결과는 전체 수행 중 정확하게 수행된 비율, 누락 오류(omission error)와 오경보 오류(commission error)를 평가하여 비교하였다. 본 연구에서 사용된 이 검사는 국내 표준화가 완료된 전두엽기능검사 도구를 활용하였다[19)].

2) 기억능력의 평가

국내 표준화가 완료된 특수기억검사(Memory Assessment Scales : MAS)[22)]를 사용하였다. 전 연령층이

사용할 수 있도록 표준화되었으며, 주의집중/단기 기억 학습, 즉각 기억, 지연기억 등 크게 세 가지 영역의 인지 기능을 측정할 수 있도록 고안되었다. 각각의 영역에 대해 개별적으로 언어적 과제와 비언어적 과제가 사용되며, 총 12개의 하위검사로 구성되어 있다. 하위검사는 ① 단어학습(List Learning) : 12개의 일상적인 단어를 회상하는 청각 언어적 학습과제. ② 문장기억(Prose Memory) : 짧은 이야기를 회상해야 하는 청각 언어적 문장회상 과제. ③ 단어회상(List Recall) : 단어학습 하위 검사에서 제시된 단어를 회상하도록 함. ④ 언어기억범위(Verbal Span) : 피검자가 점차적으로 길어지는(2~9자리) 일련의 숫자들을 바로 따라하고 거꾸로 따라하게 하는 단기 청각적 과제. ⑤ 시각기억범위(Visual Span) : 언어기억범위와 동형검사로 비언어적 단기기억검사. 무선적으로 분포된 별을 피검자 앞에 놓고 검사자는 특정한 순서로 일련의 별들을 짚어 가면 피검자는 동일한 순서로 동일한 별들을 가리켜야 함. ⑥ 시각재인(Visual Recognition) : 기하학적(비언어적) 그림에 대한 재인기억을 측정. ⑦ 시각재생(Visual Reproduction) : 기하학적(비언어적) 그림을 재생할 것을 요구하는 2번의 시행의 구성. 간섭과제가 그림제시와 재생사이에 시행됨. ⑧ 얼굴기억(Names - Faces) : 언어적(이름) 자료와 비언어적(얼굴) 자료를 연합시키는 능력을 측정. 사진과 함께 제시된 사람의 이름을 학습하도록 한 후 정확한 이름을 재인하도록 함. 2번의 시행. ⑨ 단어지연회상(Delayed List Recall) : 단어학습 하위검사에서 제시되었던 단어들을 회상한 다음 검사자가 제시하는 어의범주 내에 있는 단어들을 회상함. ⑩ 문장지연기억(Delayed Prose Memory) : 문장의 세부사항에 대한 기억이 검사됨. 기억으로부터 이야기를 회상하도록 요구받고 나서 이야기의 세부사항에 관한 9개의 질문에 대한 정확한 반응 수가 문장지연기억점수가 됨. ⑪ 시각지연재인(Delayed Visual Recognition) : 20개의 인쇄된 기하학적 그림이 제시되는데 이중 10개가 시각재인 하위검사에서 제시된 그림임. 이전에 제시되었던 그림을 재인. ⑫ 얼굴지연회상(Delayed Names - Faces Recall) : 얼굴기억 하위검사에서 제시되었던 사진에 있는 사람들의 정확한 이름을 재인 등으로 구성되어 있고, 총 검사시간은 정상인은 30분 정도, 뇌손상이 있는 환자들은 60분 정도라고 알려져 있다. 본 연구에서는 평균 29분 정도가 소요되었다. 점수 평가는 12개의 하위검사 성적에 덧붙여 3개의 요약점수(Summary Scale Scores)와 전체 기억점수(Global Memory Scale Score)를 제공하고 있는 데, 요약 점수로는 첫째, 단기기억 요약점수로, 단기기억 측정치 제공하며, 둘째, 언어기억 요약점수로, 언어적 기억력 측정치를 제공하며, 단어회상능력과 문장 즉각 회상능력의 합으로 이루어져 있고, 세 번째는 시각기억 요약점수로, 비언어적(시공간적, 형태적인) 기억력 측정치를 제공하는데, 시각재생능력과 시각 즉각 재인능력의 합으로 이루어진다. 이외에 전체기억점수는 전체적인 기억력의 측정치로 언어기억과 시각기억 점수를 합산한 것이다.

3. 연구 절차

1) 실험의 순서

본 연구의 계획에 대해 임상연구위원회의 동의를 받았다. 모든 참여자에게 실험의 순서와 방법을 자세히 설명하였고, 실험 참여에 동의한다는 동의서를 받았다. 모든 참여자는 검사 당일 중추신경자극 성분이 포함된 담배와 카페인이 든 음료를 마시지 않도록 하였다. 모든 대상군은 실험 첫날 기초평가를 받았고, 2주 후 재 방문하도록 하여 실험군(13명)은 과제수행 10분전에 5분 동안 산소를 흡입하도록 하였고, 대조군(12명)은 동일 시간에 일반 공기를 흡입하도록 하였다.

2) 산소의 흡입

새롭게 개발된 산소 흡입장치는 흡기시 공기와 산소가 섞여서 흡입되게 만든 도구로서, 정상기압의 산소를 흡입하게 하는 장치이다. 무작위로, 대상군을 실험군인 산소군과 대조군인 공기군으로 나누었다. 실험군 및 대조군 모두에게 똑같은 흡입장치를 제공하고, 한쪽은 산소를 충전하고, 한쪽은 충전하지 않은 채 흡입하도록 하여, 대상군은 본인이 산소를 흡입하는지, 공기를 흡입하는 지 알지 못하도록 하였다. 또한 인지능력을 평가하는 검사자도, 대상군중 누가 산소군인지 공기군인지를 알지 못하도록 하여, 이중맹검상태를 유지하도록 하였다.

4. 분석 방법

통계적인 분석은 각 군의 흡입전후의 변화를 Wilcoxon signed rank test로 비교하였고, 산소군에서의 변화와 공기군에서의 변화간에 변화율의 정도를 통계적으로 비

Table 2. Comparison of performance of attention tests between pre-inhalation and post-inhalation in case and control group

	Air group(n=11)			Oxygen group(n=12)		
Stroop	Pre	Post	Sig(paired T)	Pre	Post	Sig(paired T)
Simple(sec)	12.2	10.9	0.02	13.3	11.2	0.005
Interruption(sec)	19.2	18.2	NS	19.7	16.4	0.002
Trail making						
Part A(sec)	22.3	18.2	0.03	21.3	17.3	0.04
Part B(sec)	69.5	60.6	0.04	72.2	59.3	0.002
CPT						
No of error	1.5	1	NS	1.8	0.9	NS

sec : second

Table 3. Statistical evaluation of differences of % change in scores of attention tests between oxygen and air group

	Stroop		Trailmaking		CPT
	Simple	Interruption	Part A	Part B	Error
Z socre	- 0.43	- 2.59	- 0.83	- 2.66	- 0.34
p-value	NS	0.01	NS	0.008	NS

Stroop : Stroop test
Trail making : Trail making test
CPT : continuous performance test
Z-score and p-value from Mann-Whitney U test

교하기 위해 Mann - Whitney U test를 실시하였다. 모든 통계는 PC용 SPSS(v.10.0)로 처리하였다.

결 과

1. 주의력의 변화

산소군의 경우 스트룹 검사상 단순시행, 간섭시행의 수행시간, 선로잇기 검사의 A, B부분 검사의 수행시간이 통계적으로 유의하게 감소된 결과를 보여주었다(Table 2).

공기군의 경우에는 스트룹 검사상 단순시행, 선로잇기 검사상 A, B부분의 수행시간이 통계적으로 유의하게 감소된 결과를 보여주었다(Table 2).

산소군과 공기군 각각 처치 전후의 변화율((치료후값 - 치료전값)/치료전값 *100)을 계산하고, 이 두 그룹의 변화율 사이의 통계적 유의성 여부를 평가한 결과, 공기 흡입군에 비해 산소흡입군이 스트룹 검사의 간섭시행, 그리고, 선로잇기검사의 B부분의 수행에서 유의한 더 높은 호전을 보여 주는 것으로 평가되었다(Table 3).

2. 기억력의 변화

12개의 소항목과 3개의 중항목, 그리고 전체기억능력 점수까지 총 16개 항목의 기억능력 변화를 평가한 결과, 산소군에서는 11개의 항목에서 유의한 호전을 보여주었다(Table 4).

공기군에서는 16개의 항목 중 7개의 항목에서 기억능력의 유의한 호전을 보여주었다(Table 4).

산소군과 공기군 처치 전후의 각 소척도 변화율((치료후값 - 치료전값)/치료전값 *100)을 계산하고, 각 소척도 치의 변화율을 산소군과 대조군 사이에서 비교 평가한 결과, 단기기억 영역에서만 산소군이 공기군에 비해 통계적으로 유의하게 많은 변화량(호전)을 보여주는 것으로 평가되었다(Table 5).

토 론

본 연구를 통해 10대 청소년그룹에서, 정상기압 산소의 흡입이 공기 흡입에 비해, 유의하게 인지기능의 향상을 가져온다는 것을 알 수 있었다. 또한 인지기능의 향상이 전반적으로 일어난다기보다는 특정한 종류의 과제의 향상에 더 민감한 것으로 평가되었는데, 본 연구에서는 간섭수행 주의력 평가, 즉 실행능력이 포함된 고위 주의집중 능력을 향상시키는 것을 확인할 수 있었으며,

Table 4. Comparison of performance of memory assessment scale between pre-inhalation and post-inhalation in case and control group

	Air group n=11			Oxygen group n=12		
	Pre	Post	Paired T	Pre	Post	Paired T
List learning	12.0	16.3	0.0008	11.7	16.5	0.0005
Prose memory	11.7	14.5	NS	11.0	16.0	0.008
List recall	11.8	13.0	NS	11.1	13.0	0.02
Verbal span	11.2	13.1	NS	12.1	14.3	0.007
Visual span	13.2	14.7	NS	11.9	14.3	NS
Visual regcognition	11.6	12.8	NS	11.7	13.4	NS
Visual reproduction	14.4	15.6	NS	13.5	15.7	0.01
Names-faces	11.1	13.8	0.007	12.7	15.0	0.026
Delayed list recall	11.2	13.4	0.035	11.4	13.4	NS
Delayed prose memory	11.1	15.2	0.017	11.6	16.2	0.013
Delayed visual regcognition	16.0	13.0	NS	12.4	14.0	NS
Delayed names-faces	11.5	13.2	0.028	12.2	13.5	NS
Shortterm memory	110.1	122.7	NS	112.3	120.0	0.0002
Language memory	106.5	118.2	0.007	104.2	121.8	0.013
Visual memory	125.3	132.3	NS	123.5	133.4	0.008
Total memory score	118.3	128.4	0.012	115.0	130.2	0.001

Table 5. Statistical evaluation of differences of % change in scores of memory assessment scale between oxygen and air group

	List learning	Prose memory	List recall	Verbal span
Z-score	- 0.35	- 0.43	- 0.89	- 1.80
p-value	NS	NS	NS	NS
	Visual span	Visual regcognition	Visual reproduction	Names-faces
Z-score	- 1.80	- 0.12	- 1.10	- 0.45
p-value	NS	NS	NS	NS
	Delayed list recall	Delayed prose memory	Delayed visual recognition	Delayed names-faces
Z-score	- 0.98	- 0.87	- 0.67	- 1.20
p-value	NS	NS	NS	NS
	Shortterm memory*	Language memory	Visual memory	Total memory score
Z-score	- 2.53	- 1.30	- 0.98	- 1.08
p-value	0.01	NS	NS	NS

* : statistically significant in Mann-Whitney U test

기억능력 중에서는 단기기억능력에 특히 유용하다는 것을 알 수 있었다. 본 연구에서는 또한 단순 주의력도 항진시키나, 공기와 차이가 없는 것으로 평가되었고, 기억능력에서도, 지연된 단어회상, 문장기억, 단어의 습득 등의 영역도 호전시키나 역시 대조군의 향상능력과는 유의한 차이가 없는 것으로 평가되었다.

이는 과거의 다른 연구에서의 결과와 부분적으로 일치하는 것인데, Moss 등은 산소흡입이 주의집중능력과 장기기억능력을 향상시킨다고 보고하였다[15]. 그러나 본 연구에서는 지연된 기억의 향상이 비록 있기는 했지만, 대조군과 차이가 없는 것으로 평가되었다는 점에 차이가 있다. Moss 등의 연구에서는 기억의 encoding시기에 산소가 주된 효과를 가져올 가능성이 있다는 시사를 하였고, 산소의 양이 많을수록, 효과가 증대될 수 있다고

주장하였다[15]. 그러나, 본 연구에서는 시기, 양에 따른 차이는 검증하지 못하였다. 이는 향후 연구의 과제라고 생각된다. 또한 기억과제의 consolidation 시기 역시 많은 노력이 투여되어야하고, 이때 산소의 소비가 많을 가능성이 있으므로, 산소공급이 consolidation과정에 좋은 영향을 줄 수도 있었을 것이다. 그러나 본 연구에서는 consolidation 과정이 필요 없는 단기기억에 주로 영향을 미치는 것으로 평가되었다. 이와 같은 차이는 산소흡입의 시기, 시간, 양, 실험군의 특성차이에 기인한 것일 가능성이 크다고 생각된다.

본 연구에서의 주의력 평가를 통해 산소가 간섭시행중의 주의력을 향상시키는 것이 뚜렷했다고 평가되었다. 단순시행에서도 주의력 향상은 확인되었으나, 이는 대조군에서도 마찬가지였고, 두군간에 차이는 확인되지 않았다. 그러므로, 산소는 간섭시행중의 주의력, 즉 전두엽의 실행기능(executive function)과 연관된 주의력의 향상에 보다 특이적으로 관여할 가능성이 있다고 생각된다. 기억능력에서 평가된 단기기억도, 결국 전두엽의 기능인 실행 능력 중 작업기억능력(working memory)의 향상을 의미하는 것이므로, 본 연구결과는 전전두엽의 기능향상이라는 점에서 상당한 일관성을 갖는다고 할 수 있다. 이는 전두엽의 실행기능, 작업기억 등이 산소에 보다 민감한 과정일 가능성이 있음을 시사하는 것이다. 그러나, 과거 Moss의 연구에서는 이러한 결과를 보여주지 못하였다[15]. Moss 등은 본인 연구 결과에 대한 토론에서 아마도, 검사묶음의 배열상 작업기억능력의 평가가 전체 검사의 중간부에 위치해 있기 때문에, 혈중 산소공급의 효과가 충분하지 못한 상태에서 검사가 이루어졌기 때문일 가능성이 있다고 하였다. 본 검사에서는 주의력 검사 전에 5분간, 그리고, 기억능력 검사 전에 5분간 산소 흡입을 하도록 하여, 아마도, 충분한 산소 효과가 평가 동안에 공급되었을 것으로 생각되며, 이것이 두 연구간의 결과차이를 가져온 요인 중에 하나일 것이라고 생각한다. 하지만, 전전두엽의 기능에 대한 산소효과의 직접적 효과 판정은 향후 뇌영상 연구를 통해 보충되어야 할 것이다.

본 연구의 제한점으로는 첫째, 산소투여의 시간, 용량, 시기 등을 다양화하지 못했다는 점이다. 즉, Moss의 연구에서와 같이[15] 산소의 효과가 시기, 용량에 따라 달라질 가능성이 있는 데, 이를 제대로 평가하지 못하였다. 둘째, 본 연구에서는 피험자자신이 산소인지 공기인지 구별할 수 없도록 같은 흡입장치와 동일한 연구과정을 거쳤지만, 피험자가 스스로, 산소를 마셨다고 생각하는지 아닌지를 평가하지 못하였다. 위약효과를 좀 더 정확히 고려하기 위해서는 피험자의 주관적인 믿음도 평가해야 할 것이며, 주관적 믿음과 기능향상간의 관계가 평가되어야 할 것이다. 셋째, 본 연구에서는 기본 평가와 산소 및 공기 투여 후 재검사 사이의 기간을 10일 이상으로 하여, 재검사에 따른 학습효과를 배제하려 하였으나, 단순한 검사에서는 이러한 학습효과가 완전히 배제되지 않았을 가능성이 있다. 본 연구에서 주의력 및 기억능력 평가의 많은 항목에서 산소뿐만 아니라 대조군에서도 상당한 호전을 나타낸 것은 학습효과에 의한 것일 가능성이 크다고 본다. 향후 학습효과 배제를 위한 좀 더 철저한 연구디자인이 필요하다. 하지만, 본 연구의 몇 가지 장점도 생각해 볼 수 있다. 첫째, 본 연구가 철저한 위약통제 - 이중맹검법을 사용했다는 것이다. 두 번째는 본 연구가 10대 청소년에게는 처음으로 실시되는 연구였다는 점이다. 서론에서도 언급했듯이 아직까지 산소효과를 알아본 논문 중 청소년을 대상으로 한 연구는 없었다.

본 연구의 결과에서도 확인되었듯이, 공기를 그냥 마시게 한 위약군 즉, 대조군에서도, 여러 검사에서 유의한 호전이 있는 것으로 확인되었다. 이는 이러한 유형의 연구들이 매우 강한 위약효과 또는 검사를 반복하는 데에 따른 학습효과가 있다는 것을 보여주는 것으로, 비슷한 연구들의 결과를 해석하는 데에 반드시 고려되어야 할 점이라고 생각된다.

결론적으로, 본 연구 결과는 과제 수행 전 산소의 흡입이 위약이나, 재검사에 의한 학습효과 보다 더 유의하게 특정 인지기능의 향상에 도움을 줄 수 있다는 것을 밝혀 주었다. 이 결과는 조심스럽게 해석되어야 하겠으나, 특히 전두엽의 실행기능이나 작동기억과 연관된 간섭주의력과 단기기억의 향상에 도움될 가능성을 시사해 주었다. 향후 산소의 투여 시기, 용량, 기간 등을 다양화한 추가적인 연구가 필요할 것으로 생각되며, 기능적 뇌영상술을 접목하여, 효과의 신경활성 기전에 대한 연구가 필요할 것으로 사료된다.

References

1) **Benton D, Owens DS**(1993) : Blood glucose and hu-

man memory. Psychopharmacology 1 : 1-6
2) **Benton D, Owens DS, Parker P**(1994) : Blood glucose influences memory and attention in young adults. Neuropsychologica 32 : 595-607
3) **Betz AL, Gilboe DD, Drewes LR**(1974) : Effects of anoxia on the net uptake and unidirectional transport of glucose in the isolated dog brain. Brain Res 67 : 307-316
4) **Crow TJ, Kelman GR**(1973) : Psychological effects of mild acute hypoxia. Br J Anaesth 43 : 448-451
5) **Gold PE, Macleod KM, Deary IJ, Frier BM**(1985) : Hypoglycaemic-induced cognitive dysfunction in diabetes mellitus : Effect of hypoglycaemic unawareness. Physiol Behav 58 : 501-511
6) **Craft S, Zallen G, Baker LD**(1992) : Glucose and memory in mild senile dementia of the Alzheimer type. J Clin Exp Neuropsychol 14 : 253-267
7) **Craft S, Murphy C, Wernstrom J**(1994) : Glucose effects on complex memory and non-memory tasks : the influence of age, sex and glucoregulatory response. Psychobiology 22 : 95-105
8) **Kopf SR, Baratti CM**(1994) : Memory improving action of glucose : involvement of a central cholinergic muscarinic mechanism. Behav Neural Biol 62 : 237-243
9) **Manning CA, Hall JL, Gold PE**(1990) : Glucose effects on memory and other neuropsychological tests in elderly humans. Psychol Sci 1 : 307-311
10) **Owens DS, Benton D**(1993) : The impact of raising blood glucose levels on psychological functioning. Neuropsychology 30 : 3-19
11) **Owens DS, Benton D**(1994) : The impact of raising blood glucose on reaction times. Neuropsychobiology 30 : 106-113
12) **Lund-Anersen H**(1979) : Transport of glucose from blood to brain. Physiol Rev 59 : 305-352
13) **Pardridge WM**(1983) : Brain metabolism : a perspective from the blood-brain barrier. Physiol Rev 63 : 1481-1535
14) **Moss MC, Scholey AB**(1996) : Oxygen administration enhances memory formation in healthy young adults. Psychopharmacology 124 : 255-260
15) **Moss MC, Scholey AB, Wesnes K**(1998) : Oxygen administration selectively enhances cognitive performance in healthy young adults : A placebo-controlled double blind crossover study. Psychopharmachology (Berlin) 138 : 27-33
16) **Scholey AB, Moss MC, Neave N, Wesnes K**(1999) : Cognitive performance, hyperoxia, and heart rate following oxygen administration in healthy young adults. Physiology and Behavior 67 : 783-789
17) **Winder R, Borrill M**(1998) : Fuels for memory : The role of oxygen and glucose in memory enhancement. Psychopharmacology(Berlin) 136 : 349-356
18) **Stroop JR**(1935) : studies of interference in serial verbal reactions. Journal of Experimental Psychology, 18 : 643-662
19) 김홍근(2001) : KIMS 전두엽-관리기능 신경심리검사, 대구대학교출판부
20) **Lezak MD**(1983) : Neuropsychological assessment. New York : Oxford university press
21) **Rovold HE, Mirsky AF, Sarason I, Brasome ED, Beck LH**(1956) : A Continuous performance test of brain damage . Journal of Consulting Psychology 20 : 343-350
22) 이철수, 박병관, 김미리혜, 안창일(1998) : 특수기억검사(memory assessment scale), 한국심리연구회

ABSTRACT Korean J Child & Adol Psychiatr 13 : 76~84, 2002

NORMOBARIC OXYGEN(O_2) ADMINISTRATION EFFECT ON ATTENTION AND MEMORY FUNCTION IN TEENAGE ADOLESCENTS

Boong-Nyun Kim, M.D., Byung-Hyo Kim, M.D., Young-Mi Kim, M.A., Soo-Churl Cho, M.D.

Division of Child & Adolescent Psychiatry, Department of Neuropsychiatry, Seoul National University Hospital, Seoul

Objectives : This study was conducted to investigate the effect of oxygen on attention and memory functions in healthy adolescents.

Methods : The participant subjects were recruited from local advertisement. All subjects are students attending ordinary middle and high school. Their degree of achievement was average or below average. Before the study, its nature and purpose were fully explained to the patients and their parents, and a written informed consent was obtained from each child's parent and a written assent from each child for entire the procedure. The Ethics Committee and Clinical Research Committee of Gyeongsang National University Hospital approved the protocol.

For baseline assessment, all subjects received tests for attention and memory. All tests were conducted by a certified psychologist. Stroop test, continuous performance test and trail making test A and B were used for evaluation of attention. As memory tests, we used memory assessment scale (MAS), standardized memory assessment tools. Ten to fourteen days after initial assessments, same tests was applied to the same subjects after prior 5 minute oxygen inhalation.

Results : 1) Attention test : Improved performances in trail making part B, and stroop test were found in normobaric oxygen inhalation group compared to air inhalation group. Improved reaction time in those tests seemed to reflect the enhanced executive prefrontal activity.

2) Memory test : More words and digits memorization were found in short-term memory subscale score in MAS in oxygen inhalation group compared to air inhalation group. This finding suggested the improved working memory function after oxygen inhalation.

Conclusion : Though interpreted cautiously, these results suggested that normobaric oxygen inhalation could enhance executive function and working memory of prefrontal lobe. Further study, however, should be performed to investigate the mechanism of effects of oxygen on cognitive enhancement.

KEY WORDS : Oxygen inhalation · Adolescents · Memory · Attention.