

세가지 유량의 고농도 산소 공급이 60대 남녀의 혈중 산소 포화도와 심박동률에 미치는 영향

김지혜¹ · 최미현¹ · 이수정¹ · 양재웅¹ · 전재훈¹ · 민병찬² · 이태수³ · 정순철¹

¹건국대학교 의료생명대학 의공학부, 의공학 실용 기술 연구소 /
²한밭대학교 산업경영공학과 / ³서강대학교 기계공학과

Effects of Three Levels of Flow Rate of Highly Concentrated Oxygen Administration on SpO₂ and HR of 60s Male and Female

Ji-Hye Kim¹, Mi-Hyun Choi¹, Su-Jeong Lee¹, Jae-Woong Yang¹, Jae-Hoon Jun¹,
Byung-Chan Min², Tae-Soo Lee³, Soon-Cheol Chung¹

¹Department of Biomedical Engineering, Research Institute of Biomedical Engineering,
College of Biomedical & Health Science, Konkuk University, Chungju, 380-701

²Department of Industrial & Management Engineering Hanbat National University, Daejeon, 305-719

³Department Mechanical Engineering, Sogang University, Seoul, 121-742

ABSTRACT

This study investigated differences in blood oxygen saturation(SpO₂) and heart rate(HR) according to flow rate, gender, and phase in males and females in their 60s when the supply of 93% highly concentrated oxygen administration was changed (1L/min, 3L/min, and 5L/min). It recruited totally 20 elderly subjects including 10 males(68.0±2.6 years) and 10 females (65.5±3.1 years). The experiment consisted of three phases of Rest 1(5 min), Hyperoxia(10 min), and Rest 2(10 min), and SpO₂[%] and HR[bpm] were measured during all phases. SpO₂ was higher in Hyperoxia phase supplied with highly concentrated oxygen than in Rest phases. Higher flow rate was associated with more increase in SpO₂. HR was reduced in Hyperoxia phase compared to Rest phases. More supply of highly concentrated oxygen was associated with more decrease of HR. However, there were no differences in both SpO₂ and HR according to gender.

Keywords: Blood oxygen saturation, Heart rate, Highly concentrated oxygen, Flow rate, Gender

1. 서 론

외부에서의 고농도 산소 공급이 인지 처리에 긍정적인 역할을 한다는 것은 잘 알려진 사실이다(Moss et al., 1998; Winder and Borrill, 1998; Scholey et al., 1999; Sung et

al., 2002; Chung et al., 2006, 2007, 2008a, b, c, 2009). 자동차 운전 중 산소 농도가 저하되면 현저한 피로를 느끼게 되나 고농도 산소를 공급하는 경우 피로감은 경감되고 반응 시간도 빨라졌다(Sung et al., 2002). 또한, 고농도 산소는 기억, 공간, 언어, 덧셈, n-back 과제와 같은 인지 수행 능력을 향상시킨다는 연구 결과가 보고되어졌다(Moss

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

교신저자: 정순철

주 소: 380-701 충북 충주시 단월동 322번지, 전화: 010-7449-3352, E-mail: scchung@kku.ac.kr

et al., 1998; Winder and Borrill, 1998; Scholey et al., 1999; Chung et al., 2006, 2007, 2008a, b, c, 2009). 즉, 정답률의 증가(Moss et al., 1998; Winder and Borrill, 1998; Scholey et al., 1999; Chung et al., 2006, 2007, 2008 a, b, c) 및 반응 시간의 감소(Moss et al., 1998; Winder and Borrill, 1998; Scholey et al., 1999; Chung et al., 2007, 2009)와 같은 인지 수행 능력의 향상이 나타났고, 과제 난이도가 증가할수록 고농도 산소의 효과는 더 크게 나타났다(Chung et al., 2007, 2008a). 그러나 이러한 연구들은 모두 젊은이들을 대상으로 수행되었다.

인간은 인지 처리를 수행하게 되면 뇌 신경 조직에 글루코스과 산소를 공급하기 위한 다양한 생리 변화가 발생하게 된다(Jonides et al., 1997). 즉, 인지 처리의 수행은 심박동률, 호흡, 산소 소모의 증가와 같은 생리 변화를 유발한다(Backs and Selihos, 1994). 그러나 인지 과제 수행 시 고농도 산소 공급은 인지 수행 능력 뿐만 아니라 생리 신호도 변화시킨다(Chung et al., 2006, 2007, 2008a, b, c). 즉, 인지 과제 수행 시 고농도 산소 공급으로 혈중 산소 포화도는 증가하였고(Moss et al., 1998; Winder and Borrill, 1998; Scholey et al., 1999; Chung et al., 2006, 2007, 2008a, b, c), 심박동률의 증가율은 감소하였다(Chung et al., 2007, 2008a, b, c). 이것은 고농도 산소 공급으로 인지 처리에 필요한 산소 요구량이 충분히 공급되었기 때문에 혈중 산소 포화도는 증가되었고, 심박동률의 증가율은 감소되었다는 것을 의미한다(Chung et al., 2006, 2007, 2008a, b, c).

고농도 산소를 공급했을 때 혈중 산소 포화도 및 심박동률과 인지 수행 능력 사이에 양의 상관 관계가 나타났다고 보고되었다(Scholey et al., 1999; Chung et al., 2006, 2008a, c). 즉, 혈중 산소 포화도가 높고, 심박동률이 빠른 사람이 인지 수행 능력도 높았다. 그러므로 혈중 산소 포화도와 심박동률은 고농도 산소가 인지 능력에 미치는 영향을 규명하는데 중요한 생리지표가 될 수 있다.

혈중 산소 포화도 및 심박동률의 생리 신호를 기반으로 고농도 산소가 인지 처리에 미치는 영향을 보다 정확히 규명하기 위해서는 산소 공급량 및 공급 시간 변화 등에 따른 인지 능력의 변화 및 생리 신호의 변화 규명과 같은 다양한 추가 연구가 필요할 것이다. 이를 위해 본 연구팀의 앞선 연구에서는 20대 남녀를 대상으로 고농도 산소 공급량을 변화시켰을 때, 혈중 산소 포화도와 심박동률의 변화에 대해서 보고한 바 있다(Lee et al., 2009; Choi et al., 2010). 그러나 20대 젊은이에 비해 신체적 정신적 기능이 저하된 노인의 경우 고농도 산소 공급량에 따른 생리 신호의 변화는 차이가 있을 수 있을 것이고, 이로 인해 고농도 산소가 인지 능력에 미치는 영향도 차이가 있을 수 있을 것이다.

그러므로 본 연구에서는 고농도 산소의 공급량에 따른

노인의 인지 수행 능력 변화를 규명하기 위한 선행 연구로서, 세가지 유량의 고농도 산소를 공급하였을 때 60대 남녀의 혈중 산소 포화도와 심박동률의 변화 양상을 관찰하고자 한다.

2. 연구 방법

2.1 실험 참여자 및 산소 공급 장치

신체적 정신적 질환이 없는 60대 남자 10명(평균 68.0 ± 2.6세)과 여자 10명(평균 65.5 ± 3.1세) 총 20명을 대상으로 실험을 수행하였다. 실험 일주일전부터 생체 신호에 영향을 미칠 수 있는 흡연, 술, 커피 등과 같은 외부 요인을 제한한 후 실험을 수행하였다. 순도 93%의 산소 농도를 일정하게 유지하면서 1L/min, 3L/min, 5L/min의 유량 변화가 가능한 산소 공급 장치(OXUS.Co)를 사용하였다. 산소 공급 장치에서 발생된 산소는 마스크를 통하여 실험 참여자에게 전달되었다.

2.2 실험 절차

<그림 1>과 같이 실험은 세 개의 구간(Rest 1, Hyperoxia, Rest 2)으로 구성되었다. Rest 1은 산소가 공급되기 전 안정 상태 구간(5분), Hyperoxia는 마스크를 통해 순도 93%의 산소가 공급되는 구간(10분), Rest 2는 산소 공급이 중단된 후 안정 상태 구간(10분)이다. Rest 1과 2구간에서는 일반 공기(21%)를 자연스럽게 흡입하도록 하였다. 피험자가 의자에 편안히 앉은 안정 상태에서 총 25분간 혈중 산소 포화도와 심박동률을 측정하였다. 이러한 실험을 1L/min, 3L/min, 5L/min 유량별로 반복하였다. 모든 피험자는 세 가지 종류의 유량에 대한 실험에 참여하였고, 실험 순서는 무작위로 하였다.

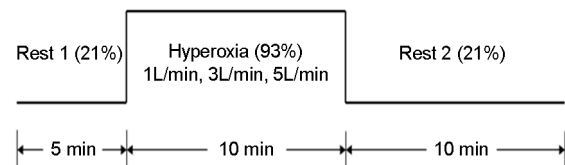


그림 1. 실험 구성

2.3 생체 신호 측정 및 분석

Pulse oximeter (8600 Series, NONIN Medical, Inc.)를

이용하여, 실험 참여자의 검지 손가락에서 혈중 산소 포화도(SpO₂[%])와 심박동률(Heart Rate[bpm])을 측정하였다. 혈중 산소 포화도와 심박동률은 구간별로 평균값을 산출하였다. Repeated measures ANOVA(SPSS ver. 18.0)를 사용하여 유량(1L/min, 3L/min, 5L/min), 구간(Rest 1, Hyperoxia, Rest 2), 성별(남자, 여자)에 따라 혈중 산소 포화도와 심박동률에서 유의한 차이가 있는지를 검증하였다.

3. 연구 결과

3.1 혈중 산소 포화도

<표 1> 및 <그림 2>와 같이 유량 및 성별에 따라 구간별로 혈중 산소 포화도의 평균값을 계산하였다. <표 2>와 같이 유량($p < .001$)과 구간($p < .001$)에 유의한 차이가 있었으나

성별에 따른 차이는 없었다. 즉, 고농도 산소의 공급량이 증가할수록 혈중 산소 포화도가 증가하였으며, Rest 1과 Rest 2 구간에 비해 Hyperoxia 구간에서 혈중 산소 포화도는 증가하였다.

또한 구간과 유량간의 상호작용효과($p < .001$)가 나타났다. 즉, 유량에 따라 각 구간별로 혈중 산소 포화도의 변화 양상이 차이가 있는 것으로 나타났다(그림 2). 이를 규명하기 위해 성별을 무시하고, 유량 변화에 따른 각 구간별 혈중 산소 포화도를 <그림 3(a)>에 나타내었다. <그림 3(a)>에서와 같이 공급된 산소 유량이 증가할수록 Rest 1과 Rest 2구간에 비해 Hyperoxia 구간에서 혈중 산소 포화도의 증가율이 더 컸다.

성별과 유량간의 상호작용효과($p < .05$)가 관찰되었고, 성별에 따라 각 유량별로 혈중 산소 포화도의 변화 양상이 차이가 있는 것으로 나타났다(그림 2). 이를 규명하기 위해 성별에 따른 각 유량별 혈중 산소 포화도를 <그림 3(b)>에 나

표 1. 유량 및 성별에 따른 구간별 60대의 혈중 산소 포화도 평균 및 표준편차

		Rest 1			Hyperoxia			Rest 2			Total		
		Male	Female	Male +Female	Male	Female	Male +Female	Male	Female	Male +Female	Male	Female	Male +Female
1L/min	Mean	94.88	95.98	95.43	96.35	97.53	96.94	95.09	95.97	95.53	95.44	96.49	95.97
	S.D	1.46	1.15	1.39	1.31	0.89	1.24	1.37	1.03	1.26	1.49	1.24	1.30
3L/min	Mean	95.20	95.62	95.41	97.46	98.05	97.75	95.91	96.31	96.11	96.19	96.66	96.42
	S.D	1.03	1.03	1.09	0.61	0.61	0.63	1.29	1.29	1.22	1.37	1.43	0.98
5L/min	Mean	95.54	95.96	95.75	97.78	98.28	98.03	96.15	96.64	96.39	96.49	96.96	96.72
	S.D	1.46	1.13	1.28	0.91	0.56	0.78	1.35	1.09	1.22	1.55	1.36	1.09
Total	Mean	95.21	95.85	95.53	97.13	97.95	97.57	95.72	96.31	96.01	96.04	96.70	96.37
	S.D	1.35	1.08	1.25	1.13	0.75	1.02	1.34	1.14	1.26	1.52	1.34	1.18

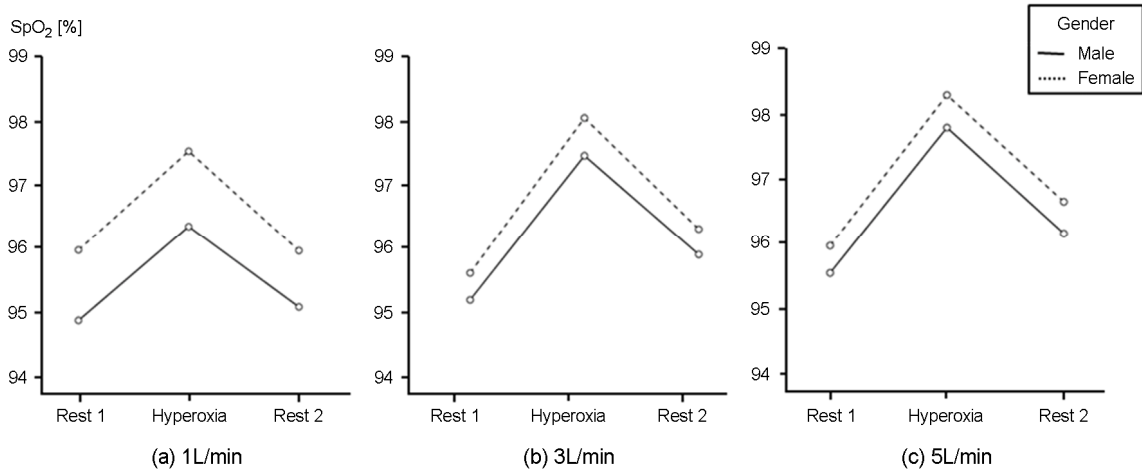


그림 2. 유량 및 성별에 따른 구간별 60대의 혈중 산소 포화도 변화

표 2. 유량, 성별 및 구간을 독립변인으로 하는 Repeated measures ANOVA(SPSS ver. 18.0) 분석 결과(60대 혈중 산소 포화도)

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Within - Subject Effect					
Phase	137.161	2	68.580	161.749	.000
Flow Rate	17.503	2	8.751	26.136	.000
Phase * Flow Rate	4.579	4	1.145	10.758	.000
Phase * Flow Rate	.215	2	.108	.254	.777
Gender * Flow Rate	3.403	2	1.701	5.081	.011
Phase * Gender * Flow Rate	.154	4	.038	.362	.835
Between - Subject Effect					
Gender	19.867	1	19.867	2.119	.163

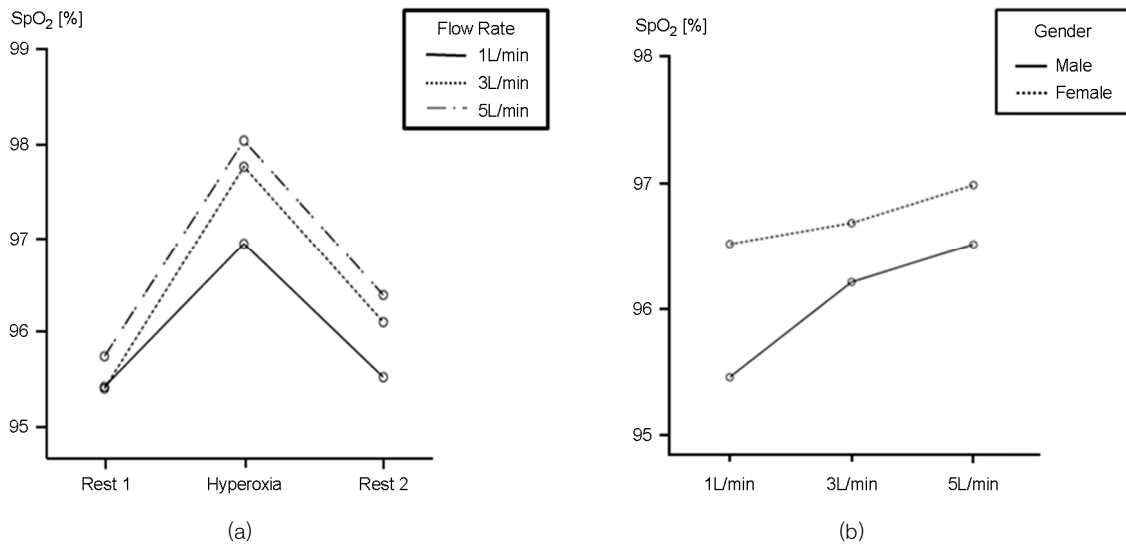


그림 3. (a) 유량에 따른 구간별 60대의 혈중 산소 포화도의 변화, (b) 성별에 따른 유량별 60대의 혈중 산소 포화도의 변화

표 3. 유량 및 성별에 따른 구간별 60대의 심박동을 평균 및 표준편차

		Rest 1			Hyperoxia			Rest 2			Total		
		Male	Female	Male +Female	Male	Female	Male +Female	Male	Female	Male +Female	Male	Female	Male +Female
1L/min	Mean	72.48	69.66	71.07	71.23	68.44	69.84	71.05	68.17	69.61	71.59	68.76	69.99
	S.D	10.43	7.84	9.10	10.93	8.01	9.43	10.77	7.91	9.31	10.71	7.92	9.25
3L/min	Mean	71.00	67.62	69.31	68.88	66.07	67.48	69.42	68.17	68.54	69.77	68.64	68.27
	S.D	10.83	8.05	9.45	10.38	8.12	9.18	10.77	7.91	9.61	10.66	8.02	9.29
5L/min	Mean	69.92	67.72	68.82	67.97	65.69	66.83	70.29	67.32	68.81	69.39	68.66	68.02
	S.D	10.56	8.47	9.39	10.15	8.52	9.20	10.56	7.50	9.04	10.42	8.16	9.10
Total	Mean	71.13	68.33	69.73	69.36	66.73	68.05	70.25	67.72	68.99	70.25	67.59	68.76
	S.D	10.29	7.90	9.20	10.22	8.03	9.23	10.20	8.00	9.20	10.24	7.98	9.25

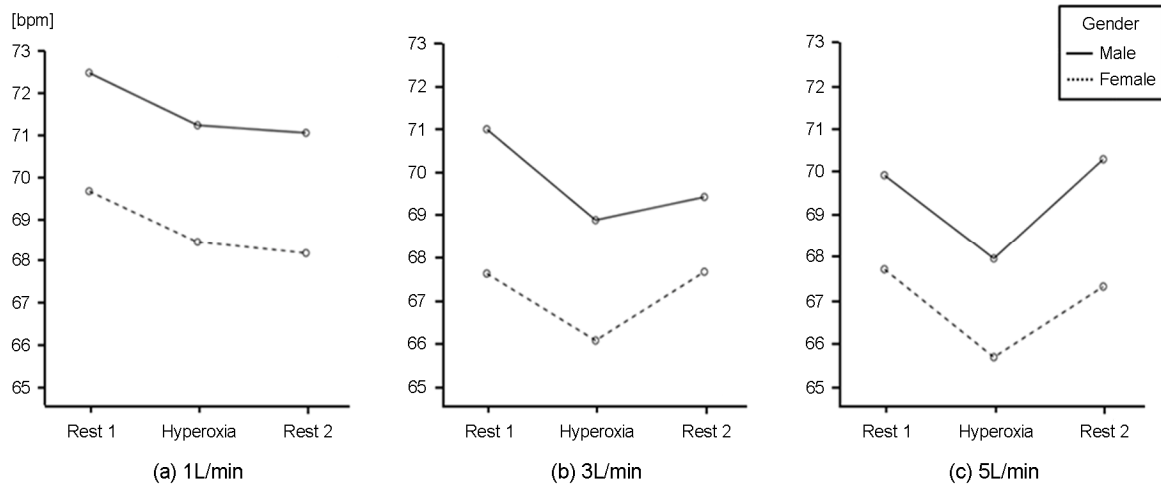


그림 4. 유량 및 성별에 따른 구간별 60대의 심박동률 변화

표 4. 유량, 성별 및 구간을 독립변인으로 하는 Repeated measures ANOVA(SPSS ver. 18.0) 분석 결과(60대 심박동률)

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Within - Subject Effect					
Phase	85.706	2	42.853	22.395	.000
Flow Rate	143.148	2	71.574	15.236	.000
Phase * Flow Rate	25.379	4	6.345	5.746	.000
Phase * Gender	.537	2	.269	.140	.869
Gender * Flow Rate	.902	2	.451	.096	.909
Phase * Gender * Flow Rate	8.029	4	2.007	1.818	.135
Between - Subject Effect					
Gender	317.073	1	317.073	.403	.533

타내었다. <그림 3(b)>에서와 같이 공급되는 산소 유량이 증가할수록 여자에 비해 남자의 혈중 산소 포화도 증가율이 더 컸다.

3.2 심박동률

<표 3> 및 <그림 4>와 같이 유량 및 성별에 따라 구간별로 심박동률의 평균값을 계산하였다. <표 4>와 같이 유량 ($p < .001$)과 구간($p < .001$)에서 유의한 차이가 있었으나 성별에 따른 차이는 없었다. 즉, 고농도 산소의 공급량이 증가할수록 심박동률은 감소하였으며, Rest 1과 Rest 2에 비해 Hyperoxia 구간에서 심박동률이 감소하였다.

또한, 구간과 유량간의 상호작용효과($p < .001$)가 관찰되었다. 즉, 유량에 따라 각 구간별로 심박동률의 변화 양상이 차이가 있는 것으로 나타났다(그림 4). 구간과 유량간의 상호작용효과를 규명하기 위해 성별을 무시하고, 유량 변화

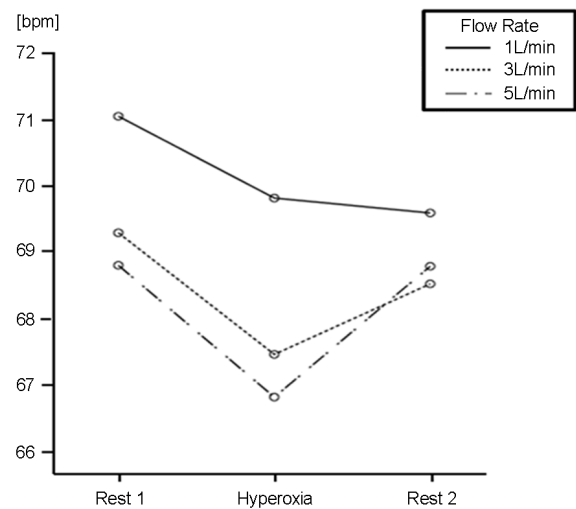


그림 5. 유량에 따른 구간별 60대의 심박동률 변화

에 따른 각 구간별 심박동수를 <그림 5>에 나타내었다. <그림 5>에서와 같이 공급된 산소 유량이 증가할수록 Rest 1과 Rest 2구간에 비해 Hyperoxia 구간에서 심박동수의 감소율이 더 컸다.

4. 토 의

본 연구에서는 세가지 유량(1L/min, 3L/min, 5L/min)의 고농도 산소 공급이 60대 남녀의 혈중 산소 포화도와 심박동수에 미치는 영향을 관찰하였다.

고농도 산소 공급이 혈중 산소 포화도를 증가시킨다는 것은 잘 알려진 사실이다(Chung et al., 2006, 2007, 2008a, b). 그림 6과 같이 20대를 대상으로 수행된 본 연구팀의 선행 연구 결과 고농도 산소를 공급한 구간이 고농도 산소 공급을 하지 않은 구간에 비해 혈중 산소 포화도가 높았다(Lee et al., 2009). 선행 연구 결과와 동일하게 60대를 대상으로 한 본 연구 결과에서도 Rest 1과 Rest 2구간에 비해 순도 93%의 고농도 산소를 공급한 고농도 산소 공급 구간에서 혈중 산소 포화도가 증가하였다.

또한 20대를 대상으로 한 선행 연구에서 고농도 산소의 공급량이 증가할수록 혈중 산소 포화도가 증가하였다(그림 6)(Lee et al., 2009). 60대를 대상으로 한 본 연구에서도 고농도 산소의 공급량이 증가할수록 혈중 산소 포화도가 증가하였다.

20대 남녀를 대상으로 고농도 산소를 공급하였을 때 유량에 관계없이 남자에 비해 여자의 혈중 산소 포화도가 더 컸다(그림 6)(Lee et al., 2009). 60대를 대상으로 한 본

연구에서는 남자에 비해 여자의 혈중 산소 포화도가 더 큰 경향은 나타났으나 유의한 차이는 없었다. 이는 연령이 증가됨에 따라 노화현상이 일어나며, 신진 대사 기능을 비롯한 신체의 모든 기능이 남녀 모두 저하되었기 때문에 통계적 유의차를 발견하지 못했을 가능성이 있다.

본 연구에서는 예상한대로 고농도 산소 공급 시 혈중 산소 포화도가 증가하였고, 고농도 산소 공급량과 혈중 산소 포화도는 양의 상관 관계를 가졌다. 선행 연구에서 고농도 산소 공급 시 혈중 산소 포화도와 인지 수행 능력이 양의 상관 관계를 나타낸다고 보고되었다(Chung et al., 2006, 2008a, c). 그러므로 60대와 같은 노인도 고농도 산소 공급으로 인지 수행 능력이 향상될 수 있고, 산소 공급량 변화에 따른 인지 능력 변화도 관찰할 수 있을 것으로 예상된다. 향후 추가 실험을 통해 이를 증명하고자 한다.

심박동수의 경우, 인지 처리가 없는 안정 상태에서 일반 공기 중의 산소 농도인 21%에 비해 고농도 산소 공급 시 심박동수는 감소하였다(Lodato and Jubran., 1993). 그림 7과 같이 20대를 대상으로 한 선행 연구에서도 고농도 산소를 공급한 구간이 고농도 산소 공급을 하지 않은 구간에 비해 심박동수가 낮았다(Choi et al., 2010). 선행 연구 결과와 동일하게 60대를 대상으로 한 본 연구 결과에서도 Rest 1과 Rest 2구간에 비해 93%의 고농도 산소를 공급한 Hyperoxia 구간에서 심박동수가 감소하였다.

고농도 산소 공급 유량이 증가할수록 20대의 심박동수의 감소율이 증가하였다(그림 7)(Choi et al., 2010). 60대를 대상으로 한 본 연구에서도 고농도 산소 공급 유량이 증가할수록 심박동수의 감소율이 증가하였다. 고농도 산소 공급량이 증가할수록 체내에 필요한 산소의 요구량을 과충족하게 되고 이로 인해 심박동수가 보다 더 감소하는 것이다.

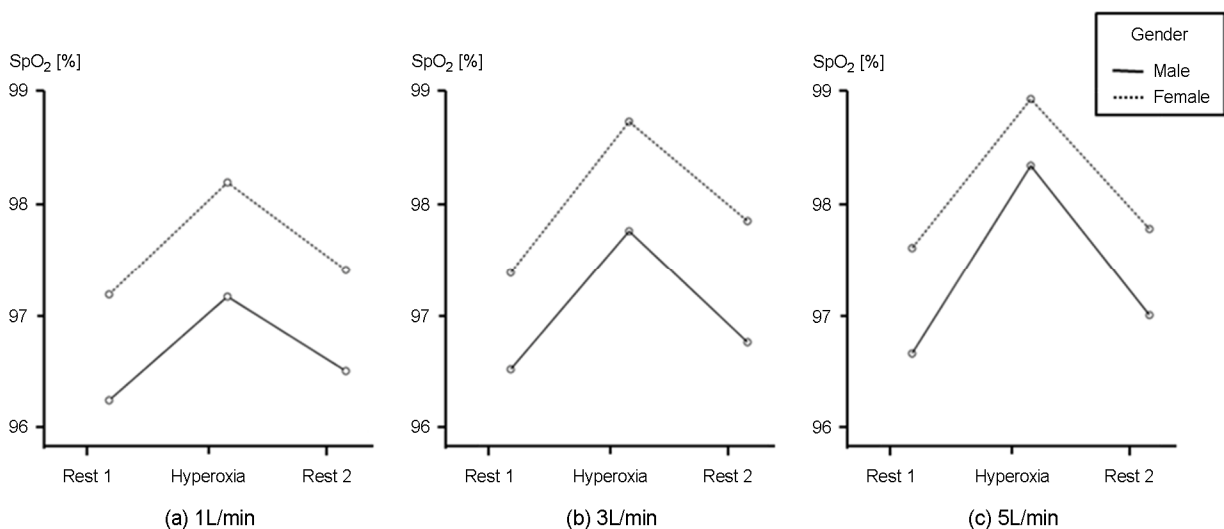


그림 6. 유량 및 성별에 따른 구간별 20대의 혈중 산소 포화도 변화

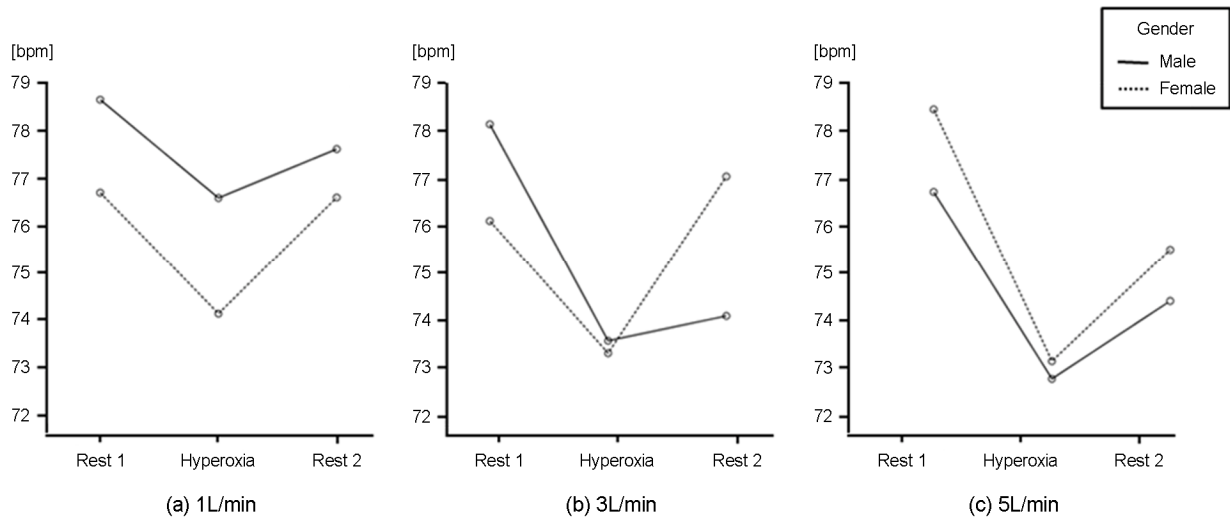


그림 7. 유량 및 성별에 따른 구간별 20대의 심박동률 변화

20대를 대상으로 한 선행 연구에서 고농도 산소 공급 시 심박동률의 변화는 남녀간의 차이가 없었고(그림 7) (Choi et al., 2010), 60대를 대상으로 한 본 연구 결과도 동일하였다.

고농도 산소 공급 시 심박동률이 감소하였고, 혈중 산소 포화도와 마찬가지로 고농도 산소 공급량과 심박동율의 감소량은 양의 상관 관계를 가졌다. 그러므로 인지 처리 수행 시 고농도 산소를 공급하면 인지 부하에 따른 심박동율의 증가를 감소시킬 수 있고, 이것은 산소 공급량과 비례한다는 사실을 확인할 수 있었다(Chung et al., 2007, 2008a, b, c). 인지 처리 수행 능력과의 관련성은 혈중 산소 포화도와의 관련성을 고려하여 추후 실험을 통해 증명되어야 할 것이다.

본 연구는 20대를 대상으로 수행되었던 고농도 산소 공급 유량에 따른 혈중 산소 포화도와 심박동률 변화에 대한 선행 연구의 follow-up study로써 60대 노인을 대상으로 수행되었다. 본 연구 결과 고농도 산소 공급량 변화에 대한 60대의 생리 변화는 20대와 비교하여 큰 차이가 없었다. 본 연구 결과는 고농도 산소의 공급량 및 노인의 인지 수행 능력 변화의 메커니즘을 규명하기 위한 기초자료로 활용될 것이다.

참고 문헌

Backs, R. W. and Selihos, K. A., Metabolic and cardiorespiratory measures of mental effort: the effects of level of difficulty in a working memory tasks, *International Journal of Psychophysiology*, 16, 57-68, 1994.
 Choi, M. H., Kim, J. H., Lee, S. J., Yang, J. Y., Choi, J. S., Tack, G. R., Lee,

T. S., Min, B. C. and Chung, S. C., Gender difference of heart rate due to change of supply rate of highly concentrated oxygen, *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, 29(2), 197-202, 2010.
 Chung, S. C., Iwaki, S., Tack, G. R., Yi, J. H., You, J. H. and Kwon, J. H., Effect of 30% oxygen administration on verbal cognitive performance, blood oxygen saturation and heart rate, *Applied Psychophysiology Biofeedback*, 31, 281-293, 2006.
 Chung, S. C., Kwon, J. H., Lee, H. W., Tack, G. R., Lee, B., Yi, J. H. and Lee, S. Y., Effects of high concentration oxygen administration on n-back task performance and physiological signals, *Physiological Measurement*, 28, 389-396, 2007.
 Chung, S. C., Lee, B., Tack, G. R., Yi, J. H., Lee, H. W., Kwon, J. H., Choi, M. H., Eom, J. S. and Sohn, J. H., Physiological mechanism underlying the improvement in visuospatial performance due to 30% oxygen inhalation, *Applied ergonomics*, 39, 166-170, 2008a.
 Chung, S. C., Lee, H. W., Choi, M. H., Tack, G. R., Lee, B., Yi, J. H., Kim, H. J. and Lee, B. Y., 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, 2008b.
 Chung, S. C. and Lim, D. W., Changes in memory performance, heart rate, and blood oxygen saturation due to 30% oxygen administration, *International Journal of Neuroscience*, 118, 593-606, 2008c.
 Chung, S. C., Tack, G. R., Choi, M. H., Lee, S. J., Choi, J. S., Yi, J. H., Lee, B. Y., Jun, J. H., Kim, H. J. and Park, S. E., Changes in reaction time when using oxygen inhalation during simple visual matching tasks, *Neuroscience Letters*, 453(3), 175-177, 2009.
 Jonides, J., Eric, H. S., Edward, E. S., Erick, J. L., Edward, A., Satoshi, M. and Robert, A. K., Verbal working memory load affects regional brain activation as measured by PET, *Journal of Cognitive Neuroscience*, 9, 462-475, 1997.
 Lee, J. H., Choi, M. H., Kim, J. H., Lee, S. J., Yang, J. W., Chung, S. C., Lim, D. W., Lee, D. H. and Min, B. C., Differences of blood oxygen saturation between male and female due to change of supply rate of

- highly concentrated oxygen, *Journal of Society of Korea Industrial and Systems Engineering*, 32(4), 203-207, 2009.
- Lodato, R. F. and Jubran, A., Response time, automatic mediation and reversibility of hyperoxia bradycardia in conscious dogs, *Journal of Applied Physiology*, 74(2), 634-642, 1993.
- Moss, M. C., Scholey, A. B. and Wesnes, K., Oxygen administration selectively enhances cognitive performance in healthy young adults: A placebo-controlled double blind crossover study, *Psychopharmacology*, 13, 27-33, 1998.
- Scholey, A. B., Moss, M. C., Neave, N. and Wesnes, K., Cognitive performance, hyperoxia, and heart rate following oxygen administration in healthy young adults, *Physiological Behavior*, 67, 783-789, 1999.
- Sung, E. J., Min, B. C., Jeon, H. J., Kim, S. C. and Kim, C. J., Influence of oxygen rate on driver fatigue during simulated driving, *Korean Journal of the Science of Emotion & Sensibility*, 5(1), 71-78, 2002.
- Winder, R. and Borrill, J., Fuels formemory: The role of oxygen and glucose in memory enhancement, *Psychopharmacology*, 136, 349-356, 1998.

저자 소개

김 지 혜 kimjh1106@gmail.com

건국대학교 의학공학부 학사

현 재: 건국대학교 의학공학부 석사과정

관심분야: 생체 신호, 뇌기능 영상

최 미 현 mhchoi0311@gmail.com

건국대학교 의학공학부 석사

현 재: 건국대학교 의학공학부 박사과정

관심분야: 생체 신호, 뇌기능 영상

이 수 정 sj8618@kku.ac.kr

건국대학교 의학공학부 학사과정

현 재: 건국대학교 의학공학부 석사과정

관심분야: 생체 신호, 뇌기능 영상

양 재 응 jwyang1@kku.ac.kr

건국대학교 의학공학부 학사과정

현 재: 건국대학교 의학공학부 석사과정

관심분야: 생체 신호, 뇌기능 영상

전 재 훈 jjun81@kku.ac.kr

Texas A&M University 의공학 박사

현 재: 건국대학교 의학공학부 교수

관심분야: 의광학

민 병 찬 bmin@hanbat.ac.kr/

현 재: 한밭대학교 산업경영공학과 교수

관심분야: 인간공학, 작업연구, 감성공학

이 태 수 tslee@sogang.ac.kr

Ohio State University 공학박사

현 재: 서강대학교 기계공학과 교수

관심분야: 최적 설계

정 순 철 scchung@kku.ac.kr

한국과학기술원 전기 및 전자공학과 공학박사

현 재: 건국대학교 의학공학부 교수

관심분야: 생체 신호, 뇌기능 영상

논문 접수 일 (Date Received) : 2010년 07월 02일

논문 수정 일 (Date Revised) : 2010년 11월 12일

논문 게재승인일 (Date Accepted) : 2010년 11월 15일