Journal of the Ergonomics Society of Korea
Vol. 29, No. 2 pp.197-202, April 2010 DOI:10.5143/JESK.2010.29.2.197

고농도 산소 공급량 변화에 따른 심박동율의 성별 차이

최미현[1] · 김지혜[1] · 이수정[1] · 양재웅[1] · 최진승[1] · 탁계래[1] · 이태수[2] · 민병찬[3] · 정순철[1]

[1]건국대학교 의료생명대학 의학공학부 / [2]서강대학교 기계공학과 / [3]한밭대 산업경영공학과

Gender Differences of Heart Rate due to Change of Supply Rate of Highly Concentrated Oxygen

Mi-Hyun Choi[1], Ji-Hye Kim[1], Su-Jeong Lee[1], Jae-Woong Yang[1], Jin-Seung Choi[1], Gye-Rae Tack[1], Tae-Soo Lee[2], Byung-Chan Min[3], Soon-Cheol Chung[1]

[1]Department of Biomedical Engineering, Research Institute of Biomedical Engineering, College of Biomedical & Health Science, Konkuk University, Chungju, 380-701
[2]Department of Mechanical Engineering, Sogang University, Seoul, 121-742
[3]Department of Industrial & Management Engineering Hanbat National University, Daejun, 305-719

ABSTRACT

The purpose of this study was to examine differences between male and female in heart rate due to 93% oxygen administration of the three levels (1L/min, 3L/min, and 5L/min). Ten healthy male (25.0±1.8years) and ten female (23.7±1.9years) college students were selected as the subjects for this study. The experiment consisted of three runs, i.e., the three levels of 93% oxygen administration, respectively. The each run consisted of three phases, i.e., Rest 1 (5min), Hyperoxia (10min), and Rest 2 (5min). Heart rate was measured throughout the three phases. Heart rate was decreased during hyperoxia compared to Rest 1 and 2. By increasing the supply rate of highly concentrated oxygen, △1 (decreasing rate of heart rate during hyperoxia compared to Rest 1) was increased. And △2 (decreasing rate of heart rate during hyperoxia compared to Rest 2) of male was lower than female, regardless of supply rate.

Keyword: Heart rate, Highly concentrated oxygen, Supply rate, Gender

1. 서 론

인간은 인지 처리를 수행하게 되면 뇌 신경 조직에 글루코스와 산소를 공급하기 위한 다양한 생리 변화가 발생하게 된다[Jonides et al., 1997]. 즉, 인지 처리의 수행은 심박동율, 호흡, 산소 소모의 증가와 같은 생리 변화를 유발한다[Backs and Selihos, 1994].

외부에서의 산소 공급이 인지 능력에 긍정적인 역할을 한다는 사실이 보고되었다[Moss et al., 1998; Winder and Borrill, 1998; Scholey et al., 1999; Sung et al., 2002; Chung et al., 2004; Chung et al., 2006, 2007, 2008a, 2008b, 2008c]. 자동차 운전 중 산소 농도가 저하되면 현저한 피로를 느끼게 되나 고농도 산소를 공급하는 경우 피

*본 논문은 2009년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초 연구사업임(No. 2009-0072463).
교신저자: 정순철
주 소: 380-701 충북 충주시 단월동 322번지, 전화: 010-7449-3352, E-mail: scchung@kku.ac.kr

로감이 경감되고 반응시간도 빨라진다고 보고되었다[Sung et al., 2002]. 고농도 산소는 기억, 공간, 언어, 덧셈, n-back 과제와 같은 인지 수행 능력을 향상시킨다는 연구결과가 보고되어졌다[Moss et al., 1998; Winder and Borrill, 1998; Scholey et al., 1999; Chung et al., 2006, 2007, 2008a, 2008b; Chung and Lim, 2008]. 즉, 정답률의 증가[Moss et al., 1998; Winder and Borrill, 1998; Scholey et al., 1999; Chung et al., 2006, 2007, 2008a, 2008b; Chung and Lim, 2008] 및 반응시간의 감소[Moss et al., 1998; Winder and Borrill, 1998; Scholey et al., 1999; Chung et al., 2005]와 같은 인지 수행 능력 향상이 보고되었고, 과제의 난이도가 증가할수록 고농도 산소의 효과가 더 크다고 보고되었다[Chung et al., 2007, 2008b].

고농도 산소 공급은 인지 수행 능력의 변화 뿐만 아니라 생리 신호를 변화시킨다[Chung et al., 2006, 2007, 2008a, 2008b, 2008c]. 안정 상태에 비해 인지 처리가 요구되는 구간에서 심박동율은 증가하며, 이것은 심장 부하가 증가한다는 사실을 의미한다. 그러나 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, 2008b; Chung and Lim, 2008], 심박동율의 증가율은 감소하였다[Chung et al., 2007, 2008a, 2008b]. 이것은 인지 과제 수행 시 고농도 산소를 공급함으로써 인지 처리에 필요한 산소 요구량을 충분히 공급하여 심박동율의 증가율을 감소시킬 수 있는 것을 의미한다[Chung et al., 2004].

고농도 산소를 공급했을 때 혈중 산소 포화도와 정답률 사이에 양의 상관관계가 나타났고[Scholey et al., 1999; Chung et al., 2006; Chung and Lim, 2008], 심박동율과 인지 수행 능력 간에 양의 상관관계가 나타났다고 보고되었다[Chung and Lim, 2008]. 즉, 혈중 산소 포화도가 높고, 심박동율이 빠른 사람이 인지 수행 능력도 높았다. 그러므로 혈중 산소 포화도 뿐만 아니라 심박동율도 고농도 산소가 인지 능력에 미치는 영향을 규명하는데 중요한 생리지표가 될 수 있다.

혈중 산소 포화도 및 심박동율의 생리 신호를 기반으로 고농도 산소가 인지 처리에 미치는 영향을 보다 정확히 규명하기 위해서는 산소 공급량 및 공급시간 변화 등에 따른 인지 능력 및 생리 신호의 변화 규명과 같은 다양한 추가 연구가 필요할 것이다. 또한 성별 및 연령에 따른 고농도 산소의 영향의 차이 등과 같은 추가 연구도 필요할 것으로 판단된다.

본 연구에서는 이러한 다양한 실험 파라메터 중 산소 공급량, 성별 및 심박동율에 촛점을 맞춘 기초 연구를 수행하고자 한다. 즉, 고농도 산소의 공급량 및 남녀에 따른 인지 수행 능력 변화를 규명하기 위한 선행 연구로서 유량을 달리하여 고농도 산소를 공급하였을 때 남녀 심박동율의 변화 양상을 관찰하고자 한다.

2. 연구 방법

2.1 산소 공급 장치 및 실험 참여자

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. 20대 남자 대학생 10명(25.0±1.8세)과 여자 대학생 10명(23.7±1.9세) 총 20명을 대상으로 실험을 수행하였다. 실험 전 심박수에 영향을 미칠 수 있는 흡연, 술, 커피 등과 같은 외부 요인을 제한한 후 실험을 수행하였다.

2.2 생리 신호 측정

Pulse oximeter(8600 Series, NONIN Medical, Inc.)를 이용하여, 실험 참여자의 약지 손가락에서 심박동율(Heart Rate[bpm])을 측정하였다.

2.3 실험 설계 및 절차

그림 1은 실험의 구성을 도식화한 것으로 각 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. 피험자가 의자에 편안히 앉은 안정 상태에서 총 25분간 심박동율을 측정하였다. 이러한 실험을 1L/min, 3L/min, 5L/min 유량별로 반복하였다. 모든 피험자는 세 가지 종류의 유량에 대한 실험에 참여하였고, 실험 순서는 무작위로 하였다.

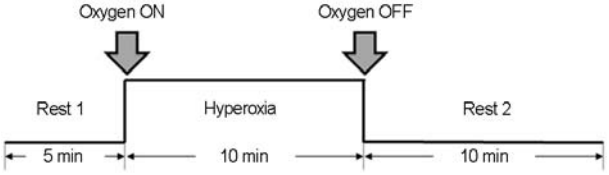

그림 1. 실험 디자인

2.4 데이터 분석

구간별로 심박동율의 평균값을 산출하였다. 유량(1L/min, 3L/min, 5L/min), 성별(남자, 여자), 및 구간(Rest 1, Hyperoxia, Rest 2)을 독립변인으로 하는 반복 측정 변량 분석(SPSS ver. 12.0)을 사용하여 유량과 성별, 그리고 각 구간별로 심박동율에 유의한 차이가 있는지를 검증하였다. 또한 Rest 1, 2 구간과 Hyperoxia 구간의 심박동율의 차이를 △1(Rest 1−Hyperoxia)과 △2(Rest 2−Hyperoxia)로 정의하였다. △1과 △2가 성별과 유량에 따라 유의한 차이가 있는지를 검증하기 위해 이원변량 분석을 수행하였다.

3. 연구 결과

표 1 및 그림 2와 같이 유량 및 성별에 따라 구간별로 심박동율의 평균값을 계산하였다. 표 2와 같이 유량, 성별, 및 구간을 독립변인으로 하여 심박동율의 변화를 분석하였다. 그 결과 구간에 따라 유의한 차이가 있었고, 구간과 성별간의 상호 작용 효과가 나타났다. 이것은 고농도 산소가 공급되는 구간에서 심박동율이 감소한다는 것을 의미하고, 성별에 따라 구간별 심박동율의 변화 양상이 차이가 나타난다는 것을 의미한다. 또한 구간, 성별, 및 유량 간의 상호 작용 효과가 나타났다. 이것은 남녀가 공급된 산소 유량에 따라 구간별 심박동율의 변화 양상이 차이가 나타난다는 것을 의미한다.

성별 및 유량에 따라 구간별 심박동율의 변화를 구체적으로 분석하기 위해 △1과 △2을 종속변인으로 지정하고, 성별과 유량을 독립변인으로 한 이원 변량 분석을 수행하였다. 표 3과 같이 △1은 유량(p= .026)에 따라 유의한 차이가 나타났고, △2는 성별(p= .032)에 따라 유의한 차이가 있었다. 즉, 그림 3(a)와 같이 유량이 증가할수록 심박동율의 차이 △1은 증가하였다. 이것은 유량이 증가할수록 심박

표 1. 유량, 성별, 및 구간에 따른 심박동율의 평균과 표준편차

		Rest 1			Hyperoxia			Rest 2			Total		
		Male	Female	Total	Male	Female	Total	Male	Female	Total	Male	Female	Total
1L	Mean	78.62	76.66	77.64	76.55	74.10	75.32	77.58	76.56	77.07	77.58	75.77	76.67
	S.D	6.66	10.44	8.58	6.45	9.48	7.99	5.96	10.77	8.49	6.36	10.23	8.35
3L	Mean	78.06	76.02	77.04	73.49	73.23	73.36	74.01	76.96	75.48	75.18	75.40	75.29
	S.D	5.21	9.75	7.68	5.77	10.30	8.12	6.51	10.47	8.62	5.83	10.17	8.14
5L	Mean	76.70	78.44	77.57	72.76	73.13	72.94	74.39	75.48	74.93	74.61	75.68	75.15
	S.D	5.20	11.07	8.46	6.63	10.26	8.41	6.76	9.40	7.99	6.20	10.24	8.29
Total	Mean	77.79	77.04	77.41	74.26	73.48	73.87	75.32	76.33	75.83	75.79	75.62	75.70
	S.D	5.59	10.12	8.11	6.30	9.68	8.10	6.40	9.89	8.28	6.10	9.90	8.16

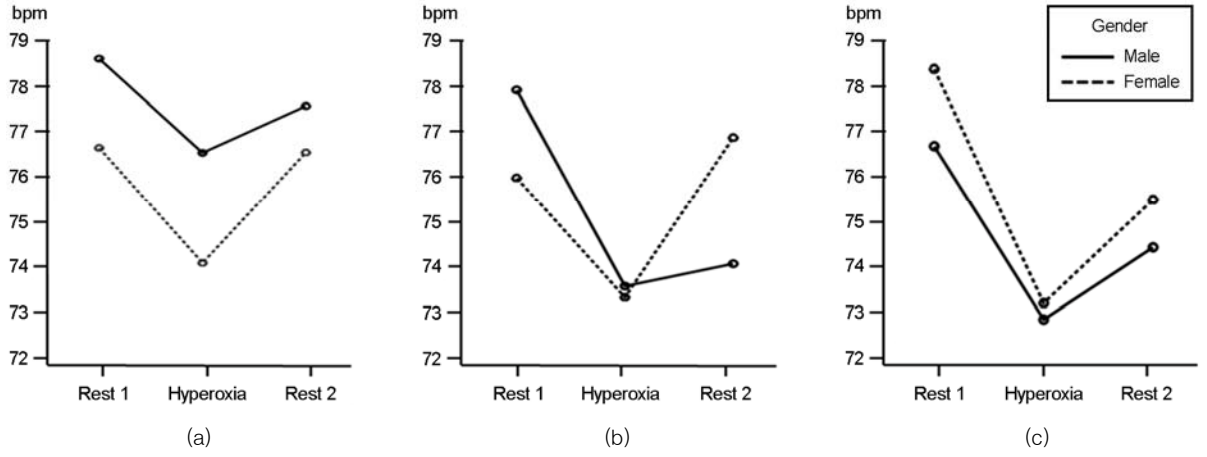

그림 2. 고농도 산소 공급량 변화에 따른 심박동율의 남녀 차이 (a) 1L/min (b) 3L/min (c) 5L/min

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

Source	Type III sum of squares	df	Mean square	F	Sig.
Within Subjects					
Phase	377.292	2	188.646	50.471	.000
Phase * Gender	31.452	2	15.726	4.207	.017
Phase * Flux	32.702	4	8.175	2.187	.075
Phase * Gender * Flux	42.479	4	10.620	2.841	.028
Error(phase)	403.674	108	3.738		
Between Subjects					
Intercept	1031700.171	1	1031700.171	4995.621	.000
Gender	1.387	1	1.387	.007	.935
Flux	85.409	2	42.704	.207	.814
Gender * Flux	65.525	2	32.763	.159	.854
Error	11152.128	54	206.521		

표 3. 심박동율의 변화량에 대한 성별과 유량의 이원 변량 분석 결과

Source	Type III Sum of squares	df	Mean square	F	Sig.
△1 (Rest 1−Hyperoxia)					
Corrected Model	80.376(a)	5	16.075	2.326	.055
Intercept	751.896	1	751.896	108.810	.000
Gender	.011	1	.011	.002	.969
Flux	53.949	2	26.974	3.904	.026
Gender * Flux	26.416	2	13.208	1.911	.158
Error	373.148	54	6.910		
Total	1205.420	60			
Corrected Total	453.524	59			
△2 (Rest 2−Hyperoxia)					
Corrected Model	55.629(b)	5	11.126	1.736	.142
Intercept	271.363	1	271.363	42.336	.000
Gender	31.104	1	31.104	4.853	.032
Flux	.756	2	.378	.059	.943
Gender * Flux	23.769	2	11.885	1.854	.166
Error	346.128	54	6.410		
Total	673.120	60			
Corrected Total	401.757	59			

동율의 감소율이 커진다는 것을 의미한다. 그림 3(b)와 같이 유량에 관계없이 여자에 비해 남자의 △2가 작았다. 이것은 여자에 비해 남자가 고농도 산소 공급을 중단하더라도 심박동율에 대한 고농도 산소 공급의 효과가 좀 더 지속적인 것을 의미한다.

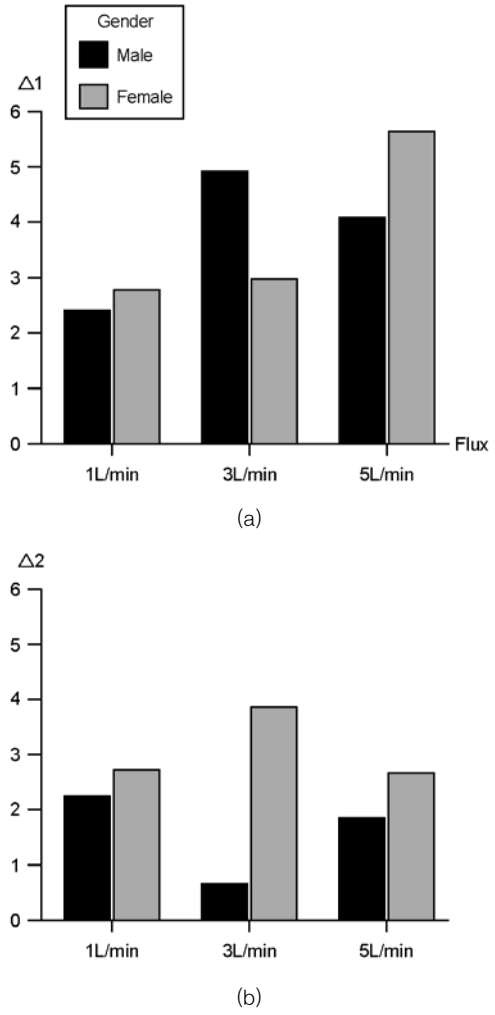

그림 3. 성별과 유량에 따른 심박동율의 변화량
(a) △1(Rest 1−Hyperoxia) (b)△2(Rest 2−Hyperoxia)

4. 결론 및 검토

본 연구는 20대 남녀 대학생을 대상으로 고농도 산소(93%)의 공급량(1L/min, 3L/min, 5L/min)을 변화시켰을 때 유량, 성별, 및 구간에 따른 심박동율의 차이를 관찰하였다. 안정 상태에 비해 고농도 산소를 공급한 Hyperoxia 구간에서 심박동율은 감소하였다. 유량이 증가할수록 Rest 1에 대한 Hyperoxia 구간의 심박동율의 감소율이 증가하였다. 유량에 관계없이 고농도 산소 공급을 중단했을 때 안정 상태로의 회복은 남자에 비해 여자가 더 빨랐다.

인지 처리가 없는 안정 상태에서 일반 공기 중의 산소 농도인 21%에 비해 고농도 산소 공급 시 심박동율은 감소하였다[Lodato and Jubran, 1993]. 선행 연구 결과와 동일하게 본 연구 결과도 Rest 1과 Rest 2 구간에 비해 순도 93%의 고농도 산소를 공급한 Hyperoxia 구간에서 심박동율이 감소하였다.

본 연구 결과 고농도 산소 공급 유량이 증가할수록 심박동율의 감소율이 증가하였다. 고농도 산소 공급량이 증가할수록 체내에 필요한 산소의 요구량을 과충족시키게 되고 이로 인해 심박동율의 감소율이 더 커지는 것이다. 이러한 결과로부터 인지 처리 수행 시 고농도 산소 공급량을 증가시키면 인지 부하에 따른 심박동율의 증가율을 감소시킬 수 있을 것으로 예상 할 수 있다. 그러나 인지 처리 수행 능력과의 관련성은 추후 실험을 통해 증명되어져야 할 것이다.

고농도 산소 공급을 중단했을 때 안정 상태로의 회복은 남자에 비해 여자가 더 빨랐다. 이것을 다르게 표현하면 고농도 산소 공급을 중단했을 때 고농도 산소의 효과가 여자에 비해 남자가 더 지속적이라는 것을 의미한다. 이러한 결과는 인지 처리 수행에 대한 고농도 산소의 영향을 분석할 때 인지 처리 수행 능력 뿐만 아니라 능력의 지속성도 중요한 요소가 될 수 있고 이것은 성별에 따라 차이가 있을 수 있다는 것을 의미한다.

본 연구 결과는 고농도 산소의 공급량 및 남녀에 따른 인지 수행 능력 변화의 메커니즘을 규명하기 위한 기초자료로 활용될 것이다. 또한 인지 기능을 최대한 향상시킬 수 있는 최적의 산소 유량을 찾는 연구에도 기초자료로 활용될 것으로 판단된다.

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.

Chung, S. C., *et al*., Visuospatial cognitive performance, hyperoxia and heart tare due to oxygen administration, *Journal of KSPE*, 2004.

Chung, S. C., *et al*., Effect of 30% oxygen administration on verbal cognitive performance, blood oxygen saturation and heart rate, *Applied Psychophysiology and Biofeedback*, 31, 281-293, 2006.

Chung, S. C., *et al*., Effects of high concentration oxygen administration on n-back task performance and physiological signals, *Physiological Measurement*, 28, 389-396, 2007.

Chung, S. C., *et al*., Physiological mechanism underlying the improvement in visuospatial performance due to 30% oxygen inhalation, *Applied Ergonomics*, 39, 166-170, 2008.

Chung, S. C., *et al*., A study on the effects of 40% oxygen on addition task performance in three levels of difficulty and physiological signals, *Internationl Journal of Neuroscience*, 118, 905-916, 2008.

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, 2008.

Jonides, J., *et al*., Verbal working memory load affects regional brain activation as measured by PET, *Journal of Cognitive Neuroscience*, 9, 462-475, 1997.

Lodato, R. F. and Jubran, A., Response time, automatic mediation and reversibility of hyperoxia bradycardia in conscious dogs, *Journal of Applied Physiology*, 74, 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*, 138, 27-33, 1998.

Scholey, A. B., *et al*., Cognitive performance, hyperoxia, and heart rate following oxygen administration in healthy young adults, *Physiological Behavior*, 67, 783-789, 1999.

Sung, E. J., *et al*., Influence of oxygen rate on driver fatigue during simulated driving. *Korean Journal of the Science of Emotion and Sensibility*, 5(1), 71-78, 2002.

Winder, R. and Borrill, J., Fuels for memory: the role of oxygen and glucose in memory enhancement, *Psychopharmacology*, 136, 349-356, 1998.

◐ 저자 소개 ◑

❖ 최 미 현 ❖ mhchoi0311@gmail.com
건국대학교 의학공학부 석사
현 재: 건국대학교 의학공학부 박사과정
관심분야: 생체 신호, 뇌기능 영상

❖ 김 지 혜 ❖ yeppari@hanmail.net
건국대학교 의학공학부 학사
현 재: 건국대학교 의학공학부 석사과정
관심분야: 생체 신호, 뇌기능 영상

❖ 이 수 정 ❖ sj8618@kku.ac.kr
건국대학교 의학공학부 학사
현 재: 건국대학교 의학공학부 석사과정
관심분야: 생체 신호, 뇌기능 영상

❖ 양 재 웅 ❖ jwyang1@kku.ac.kr
건국대학교 의학공학부 학사
현 재: 건국대학교 의학공학부 석사과정
관심분야: 생체 신호, 뇌기능 영상

❖ 최 진 승 ❖ jschoi98@gmail.com
건국대학교 의학공학부 석사
현 재: 건국대학교 의학공학부 박사과정
관심분야: 의공학, 생체역학

❖ 탁 계 래 ❖ grtack@kku.ac.kr
미국 U. of Iowa, Biomedical Eng. 박사
현 재: 건국대학교 의학공학부 교수
관심분야: 의공학, 생체역학

❖ 이 태 수 ❖ tslee@sogang.ac.kr
Ohio State University 공학박사
현 재: 서강대학교 기계공학과 교수
관심분야: 최적 설계

❖ 민 병 찬 ❖ jhchoe@daejin.ac.kr
현 재: 한밭대학교 산업경영공학과 교수
관심분야: 인간공학, 작업연구, 감성공학

❖ 정 순 철 ❖ scchung@kku.ac.kr
한국과학기술원 전기 및 전자공학과 공학박사
현 재: 건국대학교 의학공학부 교수
관심분야: 생체 신호, 뇌기능 영상

논 문 접 수 일 (Date Received) : 2009년 12월 15일
논 문 수 정 일 (Date Revised) : 2010년 01월 21일
논문게재승인일 (Date Accepted) : 2010년 01월 25일