

산소와 칼라를 이용한 운전자 졸음각성 시스템 개발에 관한 연구

이미희* · 김종윤* · 송철규** · 김남균

*전북대학교 대학원 의용생체공학과, **전북대학교 공과대학 생체공학과

(1999년 11월 26일 접수, 2000년 3월 23일 채택)

A Study on the Driver's Drowsiness Warning System using Oxygen and Color

M.H. Lee*, J.Y. Kim*, C.G. Song**, N.G. Kim**

*Dept. of Biomedical Engineering Graduate School Chonbuk National University,

**Dept. of Bionics College of Engineering Chonbuk National University

(Received November 26, 1999. Accepted March 23, 2000)

요약 : 본 논문은 주행 중의 졸음방지를 목적으로 하는 각성시스템의 평가에 관한 연구이다. 졸음운전을 방지하는 데에는 각성도의 저하상태를 높은 정확도로 검출하는 기술과 그것을 해소하는 기술이 필요하다. 본 논문에서는 졸음운전자를 위해서 졸음각성시스템을 향상시켰다. 개발된 각성시스템의 평가를 위해서 졸음을 유도하는 단조로운 행위를 수행하면서 뇌파, 심전도, 안전도와 같은 생체신호를 측정하였다. 피험자가 졸음상태에 있을 때 산소, 향, 여러 가지 색 자극을 제시함으로써 각성효과를 평가하였다. 졸음의 해소에 효과적인 일정한 양의 산소와 멘톨 성분이 함유된 향을 동시에 각성자극으로 제시하였을 때와, 노란색의 색 자극을 주었을 때 가장 각성에 효과적임을 확인할 수 있었다.

Abstract : The purpose of this paper is for preventing drowsiness at the wheel. Preventing drowsiness during driving requires a method for accurately detecting a decline in driver alertness and a method for alerting and refreshing the driver. In this paper, we developed the drowsiness warning system for a drowsy driver. For the estimation of our warning system, we measured the physiological parameters such as EEG(electroencephalogram), ECG(electrocardiogram), EOG(electrooculogram) while they performed a monotonous task intended to induce drowsiness. The effects of an oxygen, odor and various colors on the subjects while in a drowsy state were examined. It was found that a combination of a certain amount of oxygen and odor such as a menthol and yellow color can have a positive effect of relieving drowsiness.

Key words : Drowsiness, Oxygen, Odor, Warning system

서 론

보통 피로 상태에 있거나 잠이 부족하여 졸음을 느끼면 바로 휴식을 취하고 싶어하지만 고속도로 등에서 운전할 경우에는 휴식을 취하는 것이 제한되어 있다. 이와 같은 경우 휴식할 수 있는 장소에 도착할 때까지는 각성 상태를 지속시키는 것이 필요하다[1,2]. 따라서 졸음 운전 방지 연구의 일환으로 졸

음 상태의 해소, 즉 운전자를 각성시키는 것을 목적으로 산소 자극, 향 자극 색 자극의 각성효과에 관하여 연구하였다.

고속도로에서 발생하는 교통사고의 대부분은 운전자의 졸음에 의해 발생된다. 실제로 대다수의 운전자들은 다른 차량에서 배출되는 배기가스의 유입을 막기 위해 환기장치를 내기 순환모드로 고정한 상태로 운행을 하게 되고, 결국 탑승자의 호흡으로 인한 차량내 이산화탄소의 축적을 유발시킨다. 경북대 환경공학연구소의 연구에 의하면, 2천cc급 승용차를 대상으로 조사한 결과 내기순환 모드 상태에서 운행할 경우, 운행개시 20분 후의 차량내 이산화탄소 농도를 측정했을 때, 4명이 탑승했을 경우는 4,500ppm에 가깝게 되고 3명 탑승은 3,000ppm, 2명은 2,700ppm, 1명은 2,000ppm정도를 나타냈다. 이는 미국과

본 연구는 G7감성공학기술개발사업의 의해 이루어진 것임
통신저자 : 김남균, (561-180) 전북 전주시 덕진구 덕진동 1가 664-14
전북대학교 공과대학 생체공학과, 전북대학교 공학연구소
Tel. (0652) 270-4061, Fax. (0652) 270-4062

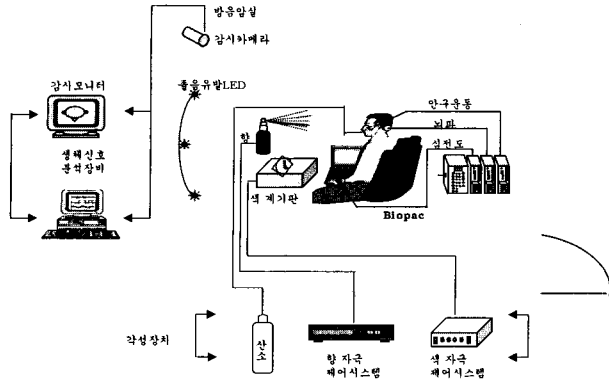


그림 1. 각 자극에 대한 생체 신호 측정시스템 및 각성 시스템 구성도
 Fig. 1. Diagram of measurement system of physiological parameter by each stimulus and warning system

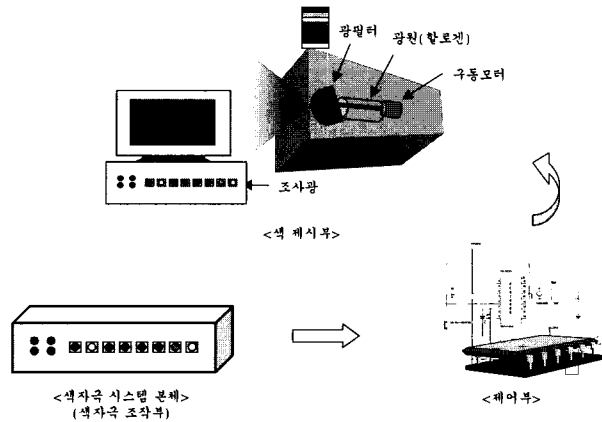


그림 3. 색자극 제시 시스템의 개략도
 Fig. 3. Diagram of colour stimulus system

일본, 유럽 등에서 정한 대기순환모드에서의 이산화탄소 기준치인 1,000ppm을 훨씬 넘어서는 수치로 차량내 이산화탄소의 축적이 심각함을 보여주고 있다[3]. 이산화탄소의 축적은 운전자에게 공급되는 산소의 양을 상대적으로 감소시킴으로써 신체의 활동을 저하시켜 졸음을 야기하는 원인이 되므로 인위적으로 운전자에게 산소를 공급하면 이산화탄소에 의한 영향을 감소시킬 수 있다는 점에 착안하여 본 연구에서는 졸음해소를 위하여 산소를 공급함으로써 각성 효과를 정량적으로 평가했다.

우리는 향을 사용한 여러 가지 제품을 일상 생활에서 사용하고 있다. 비교적 우리 주위에도 화장품이나 방향 제품이 있다. 이것들은 신체나 공간의 장식, 악취의 masking 등의 목적으로 사용되어 왔다. 또 비누나 샴푸 등의 향기는 청결감, 산뜻한 느낌을 주고 목욕할 때 사용하는 향수는 심신을 편안하게 해준다. 이와 같은 향기가 우리들의 심신에 미치는 효과를 방향 모법(aromatic therapy)이라 부르고 있으며 유럽 등에서 옛날부터 병을 치료하거나 건강을 증진시키는 등 다양한 분야에서 사용되었다. 최근 우리 나라에서도 방향 모법의 작용에

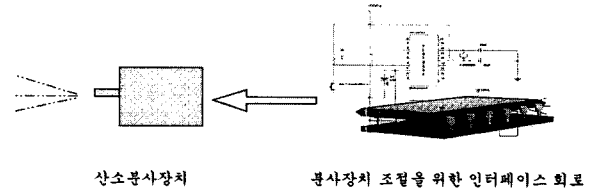


그림 2. 산소 분사 장치의 개략도
 Fig. 2. Diagram of oxygen scattering device

대한 관심이 높아지고 있다. 예를 들면, 회의실이나 컴퓨터 작업실에 향기를 공급하여 일의 능률을 향상시킨다든지 긴장이완 시스템(relax system)에 향을 섞는 등의 예도 보인다. 페퍼민트의 향에는 정신을 맑게 해주는 멘톨 성분이 함유되어 있어 그 성분이 각성에 작용한다고 생각된다[4,5]. 따라서 순수한 페퍼민트향을 사용하여 각성 정도를 평가하였다.

피로는 졸음을 유발하는 직접적인 요인중의 하나로 자동차 운전과 같이 장시간 많은 집중을 필요로 하는 작업에서는 빨리 피로해지게 된다. 특히 눈은 인체의 다른 감각기관과는 달리 연속적인 사용과 조명, 색채 등에 의해서 쉽게 피로해지게 되고 눈의 피로는 곧 졸음으로 연결되어 대형사고를 일으킬 수 있으므로 운전자의 눈에 대한 자극을 최소화 시켜주는 방법의 개발이 필요하다[6].

눈을 통해 제시된 색채 자극은 뇌를 자극시키고 그것에 따라 신체의 반응과 인간의 감성이 변화하게 된다[7]. 예를 들면 빨간색 자극은 혈압과 호흡의 상승을 가져오고, 노란색은 상쾌함을 느끼게 해준과 동시에 눈에 잘 띠는 색이며, 파란색은 맥박을 느리게 하고 호흡을 길게 해 준다[8,9]. 따라서 눈에 대한 자극들 중에서 색채자극이 인간의 졸음 해소에 어떤 영향을 미치는 가에 대해서 연구하였다.

위의 사항에 근거하여 본 연구에서는 각성상태를 지속시키기 위한 방법으로 피험자에게 산소자극, 향 자극, 색 자극을 제시하였다.

실험 장치 및 실험 방법

1. 졸음 단계 설정

그 동안 연구된 졸음 운전의 감지 방법은 다음과 같이 크게 세 가지로 분류할 수 있다. 첫째, 운전자의 생리신호 변화를 측정하여 판단하는 방법은 주로 EEG, EMG, ECG, EOG 등을 이용한다. 이 방법은 졸음 판단 여부에 매우 높은 정확성을 갖고 있으며, 특히 EEG는 실제 운전중의 주의력 변동을 평가할 수 있는 가장 적절한 변수로 이용된다[10,11].

운전자가 각성상태에서 졸음상태로 진행하게 되면서 나타나는 행동적 변화로는 우선, 눈꺼풀의 변화를 꼽을 수 있다. 각성저하가 나타나고 졸음에 이르게 되면 눈꺼풀의 속도가 저하되고 정상상태보다 눈꺼풀이 내려와 있음을 볼 수 있다. 또한, 졸음초기 상태에서는 일정 시간당 깜박임 횟수가 증가하다가 졸음이 더욱 진행하게 되면 깜박임 횟수가 줄면서 눈을 감고

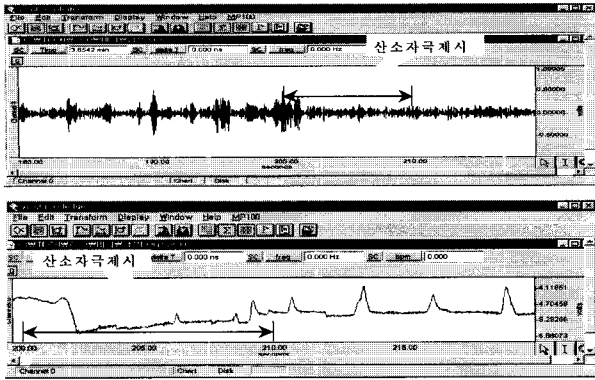


그림 4-1. 산소발산 전·후의 뇌파와 눈 깜박임
Fig. 4-1. EEG and EOG after/before oxygen scattering

있는 시간, 폐안시간(Blinking Duration)이 증가하게 된다. 또한 심전도 측정을 통한 졸음상태의 심박수와 뇌파의 변화를 살펴보면, 각성시보다 상대적으로 저하된 심박수의 변화 패턴과 상대적 α 파의 파워의 증가를 관찰할 수 있었다.

졸음에 대한 평가를 하기 위해 임으로 졸음을 3단계로 나누어 각 단계별 특징을 정리하였다. 각 단계별 특징은 수 차례에 걸친 실험과 기존의 문헌, 그리고 피험자의 주관적 의견을 참고하여 작성하였다[10,11,12]. 졸음을 특징 지을 수 있는 가장 객관적인 변화로는 얼굴표정과 눈 깜박임의 변화, α 파의 변화가 있는데, 이를 기본으로 졸음의 단계를 표1과 같이 작성하였다.

2. 실험 장치 구성

각성시스템의 개발에 앞서 각 자극에 대한 생체신호측정 시스템을 그림 1과 같이 구성하여 산소·향·색 자극에 대한 피험자의 각성정도를 측정하였다. 생체 신호는 외부환경에 의한 영향을 최소화 하기 위하여 247×247×211cm(가로×세로×높이)크기의 방음 암실 내부에서 측정하였으며, 방음암실 내부에는 데이터 전송 시스템, 생체신호 증폭기, 감시 카메라 등을 설치하고, 방음암실 외부에는 PC를 기반으로 하는 데이터 획득 시스템, 감시 모니터 등을 연결하고, 각성 장치로서 향 분출 시스템, 산소 자극장치, 색 자극 컨트롤러를 두어 전체 시스템을 구성하였다. 그림2는 산소분사 장치의 개략도 이고, 색 자극 제시 시스템 개략도는 그림3과 같이 구성하였다. 또한 졸음 유발을 위한 LED를 피험자 전방에 설치하였다. 생체 신호 데이터 획득 시스템은 Biopac사의 MP100WS와 Acq-Knowledge III를 이용하였다.

각성을 위해 제시된 산소는 압력 100kg/cm² 순도99.8% 인 의료용 기체 산소이다. 산소 분사량은 레귤레이터를 통하여 조절하였다. 향은 흥분작용이 있다고 알려진 페퍼민트 천연 향을 사용하였으며 향 분사의 제어는 방음실 외부에서 향 분사 시스템에 의해 이루어졌다. 색 자극 제시 시스템으로는 고 휘도의 50W 할로겐 램프 광원장치와 red, yellow, violet, green, pink, cyan, blue의 7종류의 젤라틴 필터를 사용하여 피험자에

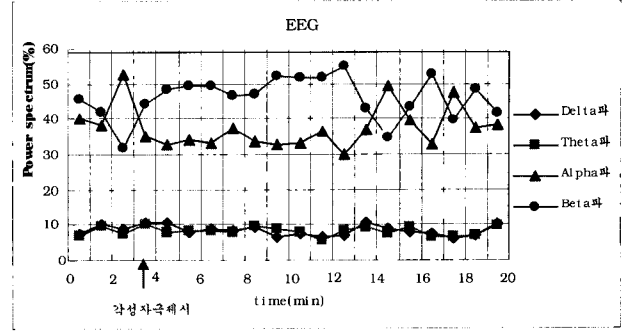


그림 4-2. 산소자극에 의한 뇌파의 변화
Fig. 4-2. Change of EEG by oxygen stimulus

게 각각의 색 자극을 제시하였다.

3. 실험방법

본 실험은 20세에서 25세 사이의 건강한 남녀 20명을 대상으로 하여 실시되었다. 실험은 동일 피험자의 피로 정도에 따른 오차를 줄이기 위하여 산소자극 실험, 향자극 실험, 산소+향 자극 실험, 색 자극 실험 등 4종류의 실험을 다른 날 같은 시각에 행하였다.

정상상태에서 졸음을 유발시키기 위한 장치로 피험자의 1.2m전면에 수평으로 3개의 LED를 40cm간격(좌·우 약 20°)으로 설치하였다. 피험자는 순차적으로 점멸하는 LED를 주시하게 되고 이러한 반복적인 안구운동에 의하여 보통 5~10분 정도면 졸음이 유발되었다.

실험 중 피험자의 각성도를 파악하기 위하여 CCD 카메라와 캠코더를 통해 피험자의 얼굴 영상을 획득하고, 생체신호 획득 장비(Biopac)를 이용하여 피험자의 뇌파, 수직 안구운동, 심전도를 측정된 뒤 250Hz로 샘플링하여 PC에 기록한다. 실험 중에는 뇌파와 눈 깜박거림을 퍼스널 컴퓨터에 실시간으로 표시하고 얼굴의 표정도 모니터와 연결하여 관찰함으로써 각성도의 저하를 판단했다. 이러한 과정을 거친 후 피험자가 졸음 상태에 있다고 판단되면 자극을 제시한 후 피험자의 각성정도를 평가하였다.

실험 결과

1. 산소와 향이 각성에 미치는 효과 연구

그림4-1은 산소를 발산했을 때, 뇌파의 α 파와 깜박임의 데이터들이다. 뇌파를 보면 산소를 발산하기 전에는 진폭이 큰 α 파가 다수 나타나지만 산소 발산 후에는 나타나지 않게 된다. 한편 눈의 깜박임은 산소를 발산하기 전에는 파형이 깨지지만 산소 발산 후에는 예리한 파형으로 되어 정상인 깜박임으로 돌아온다.

그림4-2는 피험자A에게 시간경과에 따라 산소자극을 준 후, 측정된 뇌파를 FFT 취한 결과로서, 세로축은 뇌파의 파워 스펙트럼 밀도의 크기이고, 가로축은 뇌파의 시간경과를 나타낸

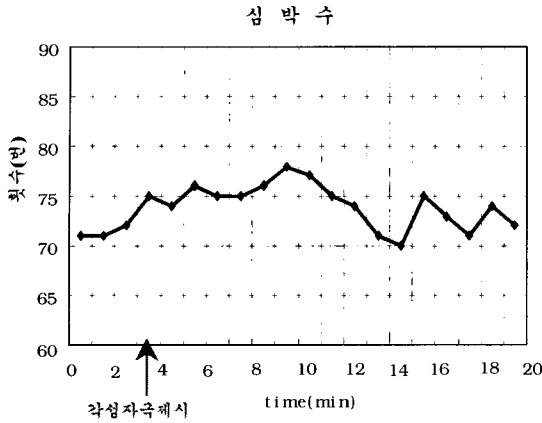


그림 4-3. 산소 자극에 의한 심전도의 변화
Fig. 4-3. Change of ECG by oxygen stimulus

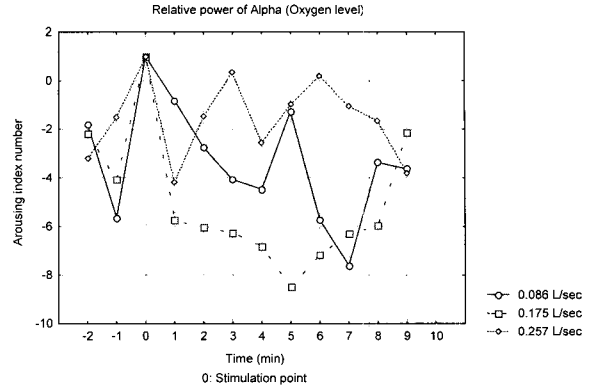


그림 4-4. 산소량에 따른 각성 효과
Fig. 4-4. Awakening effect to be with oxygen quantity

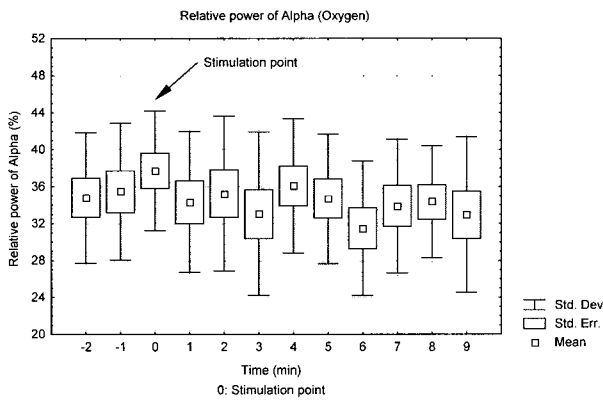


그림 4-5. 산소 자극에 의한 각성 효과
Fig. 4-5. Awakening effect to be with oxygen stimulus

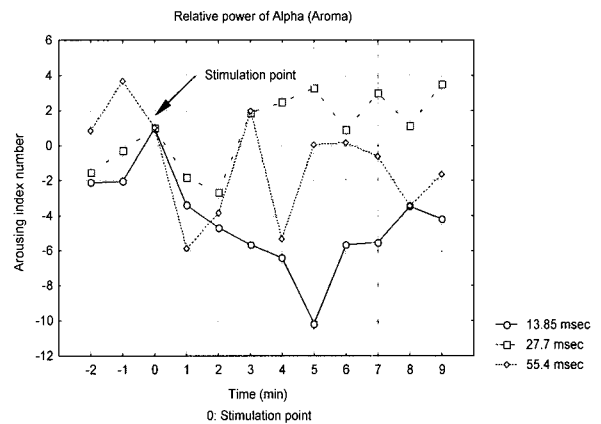


그림 5-1. 향 분사 시간에 따른 각성 효과
Fig. 5-1. Awakening effect to be with time for odor scattering

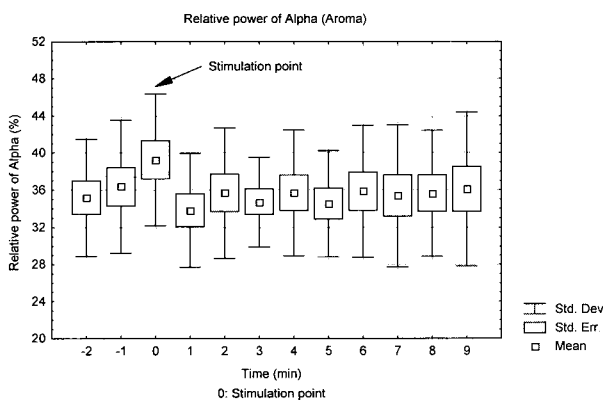


그림 5-2. 향 자극에 의한 각성 효과
Fig. 5-2. Awakening effect to be with odor stimulus

다, 그림 4-3은 산소 자극에 의한 심박수 변화량을 보여 준다. 산소 자극을 제시한 시점(4분)을 기준으로 해서 뇌파와 심박수의 차이점을 보면 산소 발산 전에는 α 파가 많이 출현하

고, β 파의 출현 빈도와 진폭은 상대적으로 줄어들고, 낮은 심박수를 관찰할 수 있다. 산소 발산 후에는 이와 반대의 양상인 α 파의 감소와 β 파의 증가, 높은 심박수를 나타낸다. 주의력 저하의 지표인 α 파가 많이 보일 때 심박수가 저하됨을 볼 수 있고, 반대로 α 파가 적은 시간 대역에서는 높은 심박수를 볼 수 있었다. δ 파, θ 파는 졸음과 각성 현상에 대하여 별로 영향을 받지 않는 것으로 나타났다.

그림 4-4 에서와 같이 α 파의 Relative Power를 비교해 보았을 때 가장 각성에 효과적인 산소량 1.75L/sec 일 때 각성 지속시간이 피험자에 따라 개인차를 보이는 하지만 각성이 약 2~4분 정도로 지속됨을 알 수 있었다.

그림 4-4의 세로축에 보이는 Arousing index number는 각성 자극을 주었을 때의 α 파 Relative Power를 기준 χ_0 로 잡은 후, 각시간에서의 α 파 Relative Power값을 변수 χ_n 으로 하여 <식1>에 의해서 얻어진 값이다. 자극 시점을 <식1>에 의해서 동일하게 정규화(normalize)하여 α 파 Relative

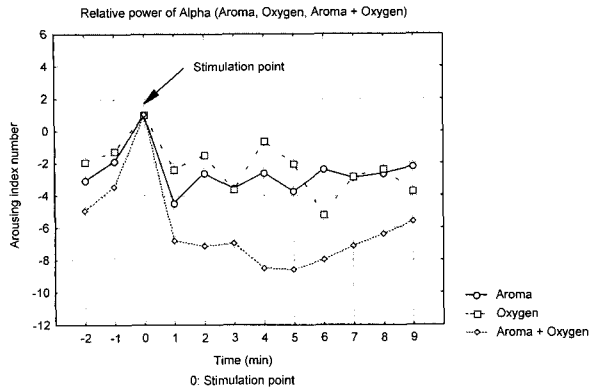


그림 6-1. 산소, 향, 산소+향 자극의 각성 효과 비교
Fig. 6-1. Comparison of awakening effect on oxygen, odor and oxygen+odor

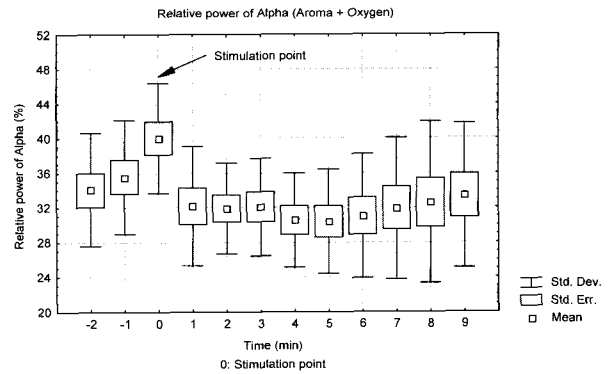


그림 6-2. 산소+향 자극시 각성 효과
Fig. 6-2. Awakening effect on stimulated oxygen+odor

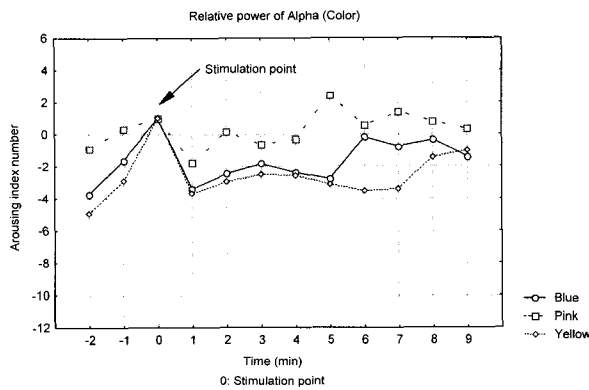


그림 7. 색채가 각성에 미치는 영향 평가
Fig. 7. Effect appraisalment for colour to awakening

Power값의 상대적인 변화를 나타냄으로써 각각 다른 자극에 대한 각성지속시간을 나타내었다.

$$\chi_n - (\chi_o - 1) = \text{Arousing index number} \quad (\text{식 1})$$

α 파 Relative Power는 <식 2>에 의해서 구할 수 있다.

$$\text{Relative power of } \alpha \text{ wave} = \frac{P_\alpha}{P_\alpha + P_\beta + P_\theta + P_\delta} \quad (\text{식 2})$$

<식 2>의 $P_\alpha, P_\beta, P_\theta, P_\delta$ 는 $\alpha, \beta, \theta, \delta$ 파의 파워이다.

그림4-5는 산소 자극에 의한 각성 효과를 나타낸 그래프로 피험자 20명을 대상으로 한 α 파 Relative Power의 평균값과 표준편차를 자극을 제시한 시점을 기준으로 시간이 경과함에 따라 어떻게 변하는가 보여주고 있다. 그림5-1은 동일인에게 다른 날 같은 시간에 각각 향 분사지속시간을 13.85 msec, 27.7 msec, 55.4 msec로 다르게 3번의 실험을 실시한 결과이다.

표 1. 졸음의 각 단계별 특징

Table 1. Specific of drowsiness stage

졸음 단계	특징
1 정상각성상태	· 빠르고 날카로운 눈 깜박임 · α 파 감소
2 졸음 초기	· duration이 긴 눈 깜박임이 다수 보임 · α 파 소량 검출
3 졸음	· 실눈이나 눈을 감고있는 상태의 반복 · α 파 다수 검출

표 2. 점멸주기에 따른 각성 지속시간

Table 2. Holding time of awakening to be with the blinking period

점멸하는 주기(초)	1초	3초	5초
각성지속시간(분)	2분	5분	3분

그림5-1에서와 같이 각성에 가장 효과적인 향 분사 시간은 13.85msec 이다. 그림5-2는 그림5-1에서 얻은 각성에 효과적인 향 분사 시간(13.85msec)을 선정하여 20명의 피험자를 대상으로 알아본 피험자의 향 자극 전과 후의 α 파 Relative Power의 평균값과 표준편차이다. α 파 Relative Power는 <식 2>에 의해서 구할 수 있고, 향 자극에 의한 각성의 지속시간은 약 3~5분 정도의 각성지속시간을 보임을 알 수 있다.

산소와 향을 각각 독립적인 자극으로 제시하였을 경우 산소는 2~4분 정도의 비교적 짧은 시간동안의 각성지속시간을 보이고, 향 자극의 경우는 3~5분 정도의 각성지속시간을 보임을 알 수 있었다. 우리는 경험상 향을 연속해서 맡으면 면역되어 버린다. 그러므로 각성의 지속을 위해서는 적극적으로 순응을 방지하도록 자극의 변화가 필요하다고 생각되어진다. 이에 좋은 방안으로 산소는 무색 무취이므로 향과 어려움 없이 섞어서 하나의 자극으로써 제시할 수 있었다. 산소+향 자극에서

는 각각의 최적 각성효과를 나타낸 산소1.75L/sec와 향 13.85msec를 동시에 제시했다. 그림 6-1은 동일인을 같은 조건에서 다른 자극을 제시했을 경우의 각성정도를 나타내고 있다. 그림6-1에서 알 수 있는 것과 같이 산소와 향을 각각 독립적으로 제시했을 경우보다 산소와 향을 함께 자극으로 제시했을 경우에 보다 좋은 각성 효과를 보임을 알 수 있다.

그림7은 피험자 11명을 대상으로 하여 동일 조건에서 산소 1.75L/sec와 향 13.85msec를 동시에 자극으로 제시하였을 경우의 각성정도를 나타낸다. 산소 향의 단일한 자극의 결과와 비교해 볼 때 6~8분 정도의 비교적 긴 시간동안 각성상태가 지속됨을 알 수 있다.

2. 색자극이 각성에 미치는 효과 연구

표 2는 점멸하는 주기를 1초, 3초, 5초로 다르게 하여 색자극을 제시하였을 때의 결과이다. 3초를 주기로 30초 동안 점멸하는 색 자극을 주었을 때가 가장 각성에 효과적이다. 그림4-9는 색 자극시 각성에 미치는 영향 평가의 결과이다. 자극을 제시한 시점을 기준으로 해서 α 파 Relative Power값의 변화율을 보면 감소 정도가 장 크고 눈에 가시 효과가 뛰어난 노란색이 각성 지속시간이 7분으로 각성에 가장 효과적이라는 결과를 얻을 수 있었다.

고찰 및 결론

운전자의 졸음 운전을 방지하기 위해 수행된 본 연구에서는 향과 산소의 복합자극이 각성 유지시간이 7~8분 정도로 운전자의 각성을 유지하는데 효율적임을 알 수 있었다($p < 0.05$). 차 후 연구에서는 흡입산소의 온도를 실온보다 낮추는 방법을 모색함으로써 각성 효과를 높이고 계기판에 색조명장치를 부착하여 색자극을 제시한 상태에서 동시에 향과 산소의 복합자극을 제시함으로써 각성에 얼마만큼의 영향을 미치는가에 대한 연구를 시도해 보았다.

본 연구에서는 반복적인 안구운동을 행하여 졸음 상태가 된 피험자에게 산소자극, 향 자극, 산소+향 복합자극, 색자극을 제시하였다. 피험자의 뇌파, 깜박임, 얼굴 표정을 종합하여 정상상태와 졸음상태를 판단하고 졸음 검출 시 각성을 위한 자극을 제시하였고 각 자극에 대한 각성 효과는 α 파의 Relative Power를 정규화 함으로써 평가하였다. 그 결과 각성에 효과적인 산소량은 1.75L/sec이었고 향의 경우 멘톨 성분을 많이 함

유한 페퍼민트향이 각성에 효과가 있었으며 가장 효율적인 향 분사 시간은 13.85msec로 나타났다($p < 0.05$). 산소와 향을 복합 자극으로 제시한 경우 산소나 향의 단일 자극보다 각성 효과 및 지속적인 각성 상태의 유지에 더욱 효과적임을 알 수 있었다. 또한 색의 경우 각성에 가장 영향을 미치는 색은 각성 지속시간이 7분인 눈에 가시효과가 뛰어난 노란색이었다.

참 고 문 헌

1. 김남균, 김법중 박상수, 유충기, "영상처리를 이용한 졸음 운전 감시 시스템.", 의공학회지, Vol.19, No.6, pp.577-584, 1998
2. 김남균, 정경호, 김법중, "졸음운전의 자동검출 및 각성 시스템 개발에 관한 연구", 의공학회지, Vol. 18, No. 3, pp.315-324, 1997
3. 조완근, "차량내부 공기질 현상에 대한 Air Quality system의 효율평가에 대한 연구" 오토전자주식회사, 연구보고서, pp.13-16, 1997
4. 失野壽人, "快適な居住空間と香り", REFRIGERATION, Vol.65, No.748, pp.16-21, 1990
5. 鳥居鎮夫, "香りの催眠効果と目覚めの効果", フレグランスジャーナル, No.86, pp.21-24, 1987
6. Yasuo Sakaguchi. et al., "Measurement of Visibility of Display during Vehicle Driving", T. IEEE Japan, Vol. 116-C, No. 1, pp. 8-15, 1996
7. 준이찌 노무라, 색의비밀, 보고서, pp.5-7, 1997
8. 파버 · 바렌, 색채심리, 동국출판사, pp.281-297, 1996
9. 배은우, 색깔로 나를 바꾼다, 경향신문사, pp.133-145, 1996
10. Vander, Sherman, Luciano, Human Physiology, McGRAW-HILL, 1994, pp. 369-390
11. 정경호, 김현석, 이정수, 김법중, 김동욱, 김남균, "졸음 운전을 위한 졸음 각성 시스템의 개발에 관한 연구", 대한의용생체공학회 추계학술대회 논문집, Vol. 18, No. 2, pp.90-94, 1996
12. Keiichi Yarnamoto, Shinichi Higuchi, "A Study on Truck Driver's Arousal Level in Long-Distance Transportation", 自動車技術, Vol. 46, No. 9, 1992, pp.23-28