

자동차 시뮬레이터에서 산소농도에 따른 운전 피로감

전효정, 민병찬, 성은정, 전광진, 김태은, 강인형, 김승철*, 김철중
한국표준과학연구원 인간공학연구실, *(주) 옥시큐어 기술 연구소

Driver fatigue by oxygen concentrations in vehicle simulator

H.J. Jeon, B.C. Min, E.J. Sung, G.J. Jeon, T.E. Kim, I.H. Kang,
*S.C. Kim, C.J. Kim
Ergonomics Lab. Korea Research Institute of Standards and Science
* Oxy-cure Co. Ltd.

Abstract

본 연구는 자동차 시뮬레이터에서 정속(60~80km/h)으로 2시간 동안 주행하는 동안 운전자의 주관적 피로감과 운전수행도에 대한 평가를 통하여 산소농도(18%, 21%, 30%)의 변화에 따른 운전 피로감을 평가하였다. 분석 결과 산소농도의 변화에 따른 주관적 피로감은 모든 산소농도에서 시간이 경과함에 따라 유의하게 증가하였는데 특히 저농도의 산소일 때가 다른 산소 조건들에 비해 높았고 고농도의 산소일 때 낮았다. 또한 브레이크 반응 시간은 고농도의 산소일 때가 저농도의 산소에 비하여 유의하게 감소하였다. 이와 같이 산소 조건에 따른 운전 피로감의 현저한 차이를 볼 수 있었다.

Key words : driver fatigue, oxygen, subjective assessment, performance task

1. 서론

운전작업은 고도의 연속적인 주의집중이 필요하기 때문에 운전자는 운전 중 외부환경에서 유입되는 많은 자극에 긴장과 주의력을 갖고 대처해야 한다[1]. 운전자는 장시간 운전, 단조로운 운전 환경, 집중력 감소, 스트레스로 인하여 피로감이 유발되며 운전수행도를 변화

시킨다[2-3].

또한 자동차 실내 환경과 관련하여 좁은 실내나 터널에서 운전하면 많은 량의 산소를 소비하기 때문에 단시간에 산소가 부족하게 될 뿐만 아니라, 일산화탄소 함유량이 많은 배기를 배출하게 되어 인체에 큰 해를 준다[4].

최근 운전 피로감과 관련된 자동차 실내 환

경에 대한 연구에서는 쾌적한 운전환경을 위하여 온·습도, CO₂ 및 HC 가스 측정을 통한 실내환경인자 측정 시스템이 개발되었다[5]. 생리적 반응과 관련하여 졸음시 산소와 향 자극을 제시하였을 때 뇌파 반응을 통하여 각성 효과가 있다고 하며[6] 화상 시뮬레이터에서 저속(40km/h), 고속(160km/h)으로 운전시 지루함과 긴장감을 유발시켰을 때 자율신경 반응을 통하여 향 자극으로 인한 신체의 각성효과와 긴장감이 감소되었다고 보고되고 있다 [7].

동적 시뮬레이터에서 주행시 산소농도에 따른 생리적 반응에서 저농도(18%) 산소일 때 뇌파 반응을 통하여 집중력이 감소되고 불쾌감이 유발되며 눈깜박임율도 증가하여 산소농도가 운전자의 각성수준과 피로감에 영향을 주는 것으로 나타났다[8-9].

따라서 본 연구에서는 자동차 시뮬레이터에서 2시간 동안 주행시 운전자의 주관적 피로감과 작업수행도 평가를 통하여 산소농도가 운전 피로감에 미치는 영향을 알아보았다.

2. 연구방법

2.1 피험자

피험자는 신체 건강한 성인 남자 대학생 10명을 대상으로 하였으며 평균 연령이 24.1±2.4세이고 운전 경험이 4.1±1.2년이었다. 피험자는 피로에 대한 간접적인 영향을 최소화하기 위하여 실험 전 충분한 수면을 취하고 흡연 및 카페인 음료, 약물 복용을 금하였으며 시뮬레이터에 익숙해지도록 연습하고 충분히 안정된 상태에서 실시하였다. 각 피험자들은 각 산소 조건(3종류)에 대하여 다른 날 같은 시간대에 실험에 참여하였다.

2.2 실험장비 및 산소 조건

자동차 시뮬레이터에서 60~80km/h로 2시간동안 일정한 차선으로 주행하도록 하였고 안면 마스크를 이용하여 산소를 5ℓ /분(min)로 주입시켰다. 실험에 이용한 산소 농도는 18%(저농도), 21%(중농도), 30%(고농도)로서

각 피험자에게 3종류의 산소를 동일한 시간대에 무작위로 제시하였다. 각 3종류의 산소는 한국표준과학연구원에서 제조한 산소를 이용하였고 실험환경은 실내온도가 20~24℃, 습도는 35~55 RH %, 산소 농도는 20~21%이었다.

2.2 피로감에 대한 주관적 평가

운전 피로감은 주관적 평가지를 이용하여 측정하였으며 문항의 구성은 일본 산업 피로연구회의 피로 평가 항목을 운전자 112명을 대상으로 한 설문 조사를 통하여 운전 피로감으로 적절한 용어를 추출한 23문항으로 하였다(표 1). 피로감의 정도는 4점 척도(0점 = 느끼지 않는다, 1점=조금 느낀다, 2점=느낀다, 3점=심하게 느낀다)로 설정하였다. 이는 군별로 졸림과 나른함, 주의집중의 곤란, 신체적 위화감으로 분류되어진다. 피로감은 출발 전과 주행 25분마다 측정하였고 피험자 자신이 직접 기록하였다.

표 1. 운전 피로감에 대한 주관 평가표

문 항	0	1	2	3
1. 머리가 무겁다				
2. 생각이 정리되지 않는다				
3. 머리가 아프다				
4. 전신이 나른하다				
5. 말하는 것이 싫어진다				
6. 어깨가 결린다				
7. 다리가 뻣근하다				
8. 짜증이 난다				
9. 허리가 아프다				
10. 하품이 나온다				
11. 머리가 멍하다				
12. 운전 집중할 수 없다				
13. 목이 마르다				
14. 졸린다				
15. 사소한 것이 생각나지 않는다				
16. 눈이 피곤하다				
17. 현기증이 난다				
18. 동작이 부자연스럽다				
19. 눈꺼풀이나 근육에 경련이 난다				
20. 정확하게 되지 않는다				
21. 눕고 싶다				
22. 끈기가 없어진다				
23. 기분이 나쁘다				

2.3 작업수행도 평가

작업수행도 평가는 시각적 경고에 따른 반응 시간으로 시뮬레이터에서 주행 중 화면에 "STOP" 이라는 문자가 나타나는 순간 브레이크 페달에 반응하는데 걸리는 시간(m sec)을 측정하였다. 작업수행도는 일정한 시간(25분) 동안 주행 후 구간마다 2분 이내에 무작위적으로 3회 실시하였다.

2.4 분석

각 산소조건에서 주관적 피로감과 각 군별 점수는 각 항목별 점수를 더한 값을 전체 점수에 대하여 백분율로 환산하였다. 브레이크 반응은 각 시간대별로 평균과 표준편차를 구하였다. 산소조건에 따른 피로감과 브레이크 반응 시간의 통계적 유의성은 SPSS 프로그램을 이용하여 paired t-test로 검정하였다.

3. 결과

3.1 운전 피로감

주행시 산소 농도에 따른 운전 피로감은 그림 1과 같이 산소 조건에 관계없이 시간이 경과함에 따라 증가하였고($p < 0.05$, $p < 0.01$, $p < 0.001$) 저농도의 산소일 때 중·고농도의 산소일 때보다 높았다. 구간에 따라서는 주행 30분 후에서 저농도의 산소일 때 중농도, 고농도의 산소일 때보다 유의하게 높았다($p < 0.01$, $p < 0.05$).

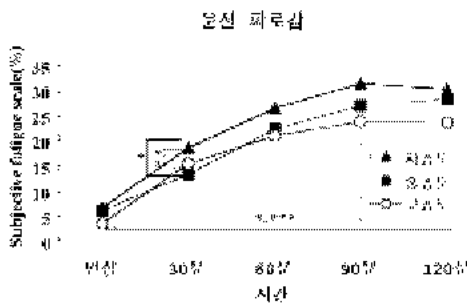


그림 1. 산소농도에 따른 운전 피로감 (* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$)

각 증상군별로 산소 농도에 따른 피로감의 변화를 분석한 결과는 그림 2, 3, 4와 같다. 졸림과 나른함, 주의집중의 곤란은 산소 조건과

관계없이 시간이 경과함에 따라 증가하였고($p < 0.05$, $p < 0.01$, $p < 0.001$) 저농도 산소일 경우 중농도, 고농도 산소일 때보다 더 높았다. 신체적 위화감은 저농도와 중농도의 산소일 때 시간이 경과함에 따라 증가하였으나($p < 0.05$, $p < 0.01$) 고농도 산소일 때는 주행 90분까지 증가하다가($p < 0.01$) 주행 120분 후에는 약간 감소하였다.

동일한 구간에 따라서는 졸림과 나른함은 주행 30분 후 고농도 산소일 때가 저농도 산소일 때보다 낮았다($p < 0.05$). 주의집중의 곤란은 주행 30분 후에는 저농도 산소일 때 중농도 산소보다 높았으나($p < 0.05$) 주행 60분 후와 120분 후에는 고농도 산소일 때보다 높았다($p < 0.05$). 신체적 위화감은 고농도 산소일 때가 주행 60분 후에서 중농도 산소보다 낮았으나($p < 0.01$), 주행 120분 후에는 저농도 산소에 비해 높았다($p < 0.05$).

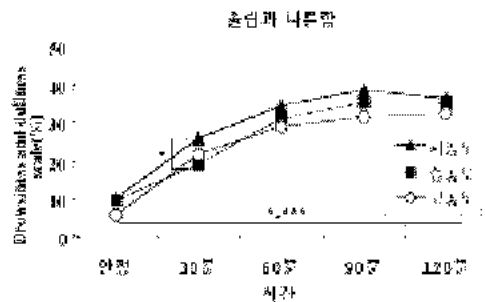


그림 2. 산소농도에 따른 졸림과 나른함 (* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$)

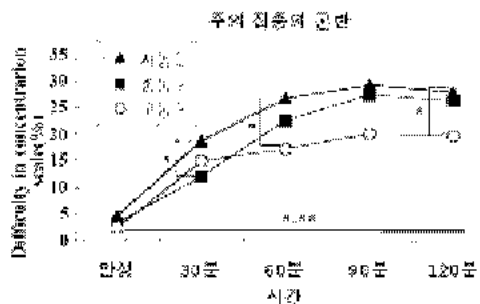


그림 3. 산소농도에 따른 주의집중의 곤란 (* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$)

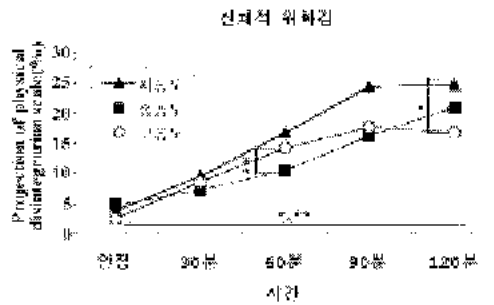


그림 4. 산소농도에 따른 신체적 위화감 (* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$)

위의 결과로 저농도의 산소일 때 졸림과 나른함, 주의집중의 곤란, 신체적 위화감의 피로감이 가장 높았다. 고농도 산소일 때 주의집중의 곤란과 신체적 위화감이 저·중농도의 산소에 비해 낮았다.

3.2 작업수행도 평가

주행시 산소 조건에 따른 브레이크 반응 시간은 그림 5와 같다. 작업수행도 측정이 반복됨으로써 브레이크 반응 시간은 산소 조건과 관계없이 주행시간이 경과됨에 따라 감소하였다. 시간 경과에 따른 브레이크 반응 시간의 유의차는 고농도 산소에서만 나타났으며 ($p < 0.05$, $p < 0.01$), 산소농도간의 차이는 주행 120분 후 고농도 산소일 때 저농도 산소일 때보다 감소하였다($p < 0.05$).

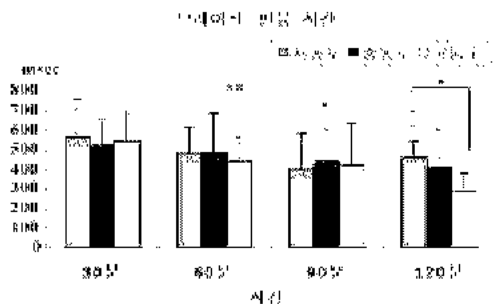


그림 5. 산소농도에 따른 브레이크 반응 시간 (* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$)

4. 요약 및 결론

본 연구에서는 자동차 시뮬레이터에서 주행시 주관적 운전 피로감과 작업수행도 평가를 통하여 산소농도에 따른 운전 피로감을 알아 보았다.

운전 피로감은 모든 산소 농도에서 시간이 경과함에 따라 증가하였고 저농도 산소인 경우 중·고농도 산소에 비해 피로감이 가장 높았다. 각 증상군별로 분석하면 저농도 산소인 경우 졸림과 나른함, 주의집중의 곤란, 신체적 위화감이 가장 높았다. 고농도 산소인 경우 주의집중의 곤란은 저·중농도 산소에 비해 완만히 증가하였고 신체적 위화감은 증가하다가 감소하였다.

그리고, 주행 초기에서 중농도 산소가 고농도 산소에 비해 피로감이 낮았으나 시간이 경과함에 따라 고농도 산소일 때보다 높아졌다.

산소농도간에도 주행 구간에 따라 저농도 산소인 경우 다른 농도의 산소에 비해 피로감은 높았다.

작업수행도에서는 시간이 경과함에 따라 브레이크 반응 시간은 감소하였는데 저농도 산소인 경우 중·고농도 산소에 비해 감소하다가 증가하였고 고농도 산소인 경우 가장 빠른 시간 내에 반응하여 산소농도와 피로감에 따른 작업수행도의 변화를 볼 수 있었다.

이와 같은 결과를 통하여 운전 시 일상의 중농도 산소일 때보다 고농도 산소에서 피로감을 덜 느끼는 것으로 나타나 산소농도의 수준이 피로감에 미치는 영향을 알 수 있었다.

본 연구는 자동차 시뮬레이터에서의 모의 운전환경에서 실행되어 실제 운전시 차이가 있을 것으로 보이며 실제 차량에서 산소농도에 따른 피로감에 대한 연구가 필요하다.

그리고, 주관적 피로감과 산소농도에 따른 생리적 반응을 비교 분석하여 산소농도 수준에 따른 심리·생리적인 피로감을 알아보고 운전자에게 쾌적한 운전 환경을 조성하는데 도움이 되고자 한다.

참고문헌

- [1] 노영한, “운전자의 피로에 관한 연구”, 충북대학교 석사 학위 논문, 1999.
- [2] Wylie, C. D., Shultz, T., Miller, J. C., Mitler, M. M. and Mackie R. R., "Commercial motor vehicle driver fatigue and alertness study", Technical Summary (FHWA -MC-97-001), Federal Highway Administration, 1996.
- [3] Brown, I.D., "Driver fatigue study", , *Human Factors*, 36(2), pp. 298-314, 1994.
- [4] 이재순, “자동차 배출가스와 그 대책(I)”, *자동차공학회지*, 6(1), 1984.
- [5] 이미희, 김종윤, 송철규, 김남균, "산소와 칼라를 이용한 운전자 졸음 각성 시스템 개발에 관한 연구", *의공학회지*, 21(2), 175-180, 2000.
- [6] (주) 키트론 기술연구소, “자동차 실내환경 최적화를 위한 감성측정기의 개발”, 연구개발 보고서, 1997.
- [7] 민병찬, 김유나, 정순철, 김수진, 민병운, 김철중, 신미경, “화상 시뮬레이터에서 저속과 고속 운전 중 향에 따른 자율신경계 반응”, *한국감성과학회지*, 3(1), 7-16, 2000.
- [8] 김태은, 민병찬, 성은정, 전효정, 전광진, 김철중, “자동차 시뮬레이터에서 산소농도변화에 따른 뇌파 반응”, *대한인간공학회 추계학술대회 논문집*, 2001.
- [9] 전광진, 민병찬, 성은정, 전효정, 전광진, 김철중, “자동차 시뮬레이터에서 산소농도에 따른 EOG 분석”, *대한인간공학회 추계학술대회 논문집*, 2001.