

도로표면의 기복에 따른 자동차 탑승자의 자율신경계 반응

민병찬, 정순철, 김상균, 민병운, 오지영,
신정상*, 김유나**, 김철중, 박세진

한국표준과학연구원 인간공학연구실
*충남대학교 물리학과 **배재대학교 물리학과

Autonomic Responses of Passenger caused by Rough of Roads

B.C. Min, S.C. Chung, S.G. Kim, B.W. Min, J.Y. Oh,
J.S. Shin*, Y.N. Kim**, C.J. Kim, S.J. Park

Ergonomics Lab, Korea Research Institute of Standards and Science
*Dept. of Physics, Chungnam National University
**Dept. of Physics, Paejae University

본 연구는 도로표면의 기복 또는 굴곡의 변화가 자동차 탑승자에게 미치는 자율신경계의 반응을 관찰하고자 하였다. 아스팔트, 시멘트, 비포장도로를 각각 30 km/h의 속력으로 정속 주행하면서 ECG, GSR, Skin Temperature 의 생리변화를 3분간 측정하였고, 주행 후에는 각각의 도로 주행시 느꼈던 감성의 변화를 주관적 평가지로 검정하였다. 건강한 5명의 지원자가 이 실험에 참여하였고 도로표면의 기복의 변화로부터 유발되는 감성에만 집중하도록 요구하여 다른 간섭효과로부터 유발되는 감성의 변화를 최소화하도록 하였다. 정차에 비해 각 도로 주행시 피험자는 아스팔트, 시멘트, 비포장도로 순서로 불쾌도와 긴장도가 증가하였다고 주관적 평가를 하였다. 또한 아스팔트, 시멘트, 비포장도로 순서로 평균 R-R 간격이 점차 감소하였고, GSR의 진폭은 증가하였으며, 피부온도는 감소하였다. 본 연구로부터 도로표면의 기복의 정도가 증가할수록 교감신경계가 활성화된다는 사실을 관찰할 수 있었고 이러한 결과는 주관적 평가결과와도 일치하였다.

1. 서론

동적 환경에서 여러 자극에 따른 감성의 변화를 생리신호와 주관적 평가로부터 추출하고자하는 연구가 현재 활발히 진행되고 있다. 자동차 탑승자로부터 긴장, 이완의 감성변화를 유도하기 위하여 자동차를 저속과 고속의 속력으로 주행하기도 하였고, 정속으로 주행하다 갑자기 급제동을 하거나, 저속주행을 하다가 갑자기 급출발을 하는 상황을 제시하기도하였다 (1, 2). 또한 일정한 속도로 주행을 할 때 직선도로와 굴곡이 심한 도로로부터 유발되는 감성의 차이에 대해서도 연구가 되었다 (3). 자동차 탑승자는 속도가 증가할수록, 정속주행에 비해 급출발, 급제동 상황이, 같은 속도라면 직선도로보다 굴곡이 심한 도로에서 보다 긴장된다는 주관적 평가를 하였다. 또한 자율신경계의 반응 분석을 통해 이러한 긴장감을 정량화 할 수 있었다 (4). 이와 같이 자율신경계의 반응을 통해 동적 환경에서 긴장, 이완으로부터 유발되는 감성의 변화를 분석하고자 하는 여러 시도가 있어 왔지만, 동적 환경에서 쾌, 불쾌로부터 유발되는 감성의 변화를 분석하고자하는 시도는 거의 없었다. 실제 동적 환경은 실험자의 목적에 맞게 감성의 자극 상황을 통제하기가 힘들고, 일정하지 않은 여러 동적 잡음으로부터 왜곡된 생리 신호를 분석하기가 쉽지 않기 때문이다. 특히 심박 변화율, 피부 저항, 피부온도 등의 자율신경계의 생리신호는 상대적으로 큰 신호로 동적 환경 잡음의 영향이 작지만 뇌파는 μV 단위의 작은 생리 신호로서 동적 환경의 잡음에 민감하기 때문에 중추신경계의 반응을 관찰하기가 힘들었다. 이 때문에 지금까지 동적 환경에서 쾌, 불쾌로부터 유발되는 감성의 변화를 분석하고자하는 연구가 힘들었다. 그러나 자율신경계의 생리신호 분석을 통해 동적 환경에서 쾌, 불쾌의 감성변화를 추출하고자하는 시도는 있었다. 자동차 탑승자에게 긍정 또는 부정의 감성을 유발할 수 있는 시각적 환경의 도로를

주행하면서 생리신호를 측정하였는데, 긍정에 비해 부정적 시각 도로에서 교감신경계의 활성화가 증가함을 관찰할 수 있다고 보고하였다 (5).

본 논문에서는 이와 같이 동적 환경에서도 자율신경계의 분석을 통해 쾌, 불쾌의 감성변화를 추출할 수 있다는 가능성을 검정하고자 하였다. 쾌, 불쾌의 감성유발을 위해 도로의 기복 또는 표면의 굴곡이 틀린 아스팔트, 시멘트, 비포장도로를 각각 정속 주행하면서 자동차 탑승자의 생리신호를 측정하였고 주관적 평가를 함께 수행하여 감성의 변화를 추출하고자 하였다.

2. 실험 방법

실험은 건강한 20대 성인 5명을 대상으로 이루어 졌고 실험 24시간 전부터 자율신경계와 중추신경계에 영향을 미칠 수 있는 담배, 카페인, 약물, 음주의 섭취를 금하였다. 실험이 진행되는 동안에는 움직이지 말 것, 편안한 마음가짐을 가질 것, 자극에 집중하고 잡념을 버릴 것 등의 주의사항을 꼭 지키도록 하였고 전극을 부착하여 운전석 옆 조수석에 편안한 자세를 취할 수 있도록 위치하였다. 생리신호의 측정과 분석은 Biopac System의 Biopac MP100과 AcqKnowledge 3.5 소프트웨어를 이용하였다. 차량 진동에 의한 잡음을 최소화하기 위해 고정 틀을 제작하여 측정 장비를 고정시켰고, 모든 증폭기는 차량 본체에 접지시켰다. 생리 신호는 심전도: 1 channel (lead II), 피부온도: 1 channel (왼손 중지), 피부저항: 1 channel (왼손 검지와 중지)를 각각 측정하였고 sampling rate는 1500Hz로 설정하였다.

실험은 피험자를 자동차 조수석에 편안한 자세로 앉히고 아스팔트도로, 시멘트도로, 비포장도로를 각각 30km/h로 정속 주행하면서 수행되었다. 각 도로를 정속 주행하기 전에 먼저 정차한 상태에서 안정일 때의 생리신호를 3분간 측정하여 비교 신호

를 획득하였다. 자세한 실험 순서는 다음과 같다.

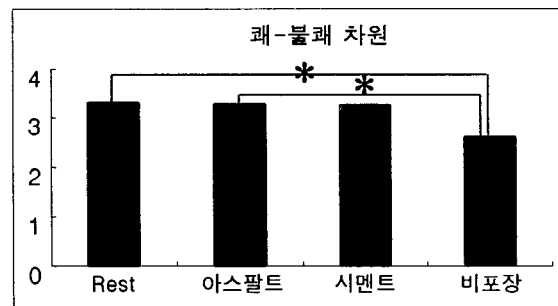
- ① 정차한 상태에서 3분간 생리신호 측정
- ② 아스팔트도로를 30km/h로 정속 주행하면서 3분간 생리신호 측정
- ③ 정차한 상태에서 3분간 생리신호 측정
- ④ 시멘트도로를 30km/h로 정속 주행하면서 3분간 생리신호 측정
- ⑤ 정차한 상태에서 3분간 생리신호 측정
- ⑥ 비포장도로를 30km/h로 정속 주행하면서 3분간 생리신호 측정

각 도로를 주행한 후 주관적 평가를 실시하였다. 10개의 문항 중에서 5문항은 '행복하다 - 불행하다', '흡족하다 - 짜증나다', '만족스럽다 - 불만족스럽다', '호뭇하다 - 우울하다', '희망적이다 - 절망적이다'와 같은 쾌/불쾌 차원과 관련된 형용사이고, 나머지 5문항은 '자극된다 - 긴장이 풀린다', '들뜬다 - 차분하다', '열광된다 - 활기가 없다', '신경이 곤두선다 - 무감각하다', '각성된다 - 전혀 각성되지 않는다'와 같은 각성/이완 차원과 관련된 형용사이다. 가장 쾌 또는 각성되었을 때 (5점), 가장 불쾌 또는 이완되었을 때 (1점)의 5점 척도로 주관적 감성을 평정하도록 하였다. 데이터 분석을 위해 심전도에서 R포인트를 1차 미분에 의한 zero-crossing 방법을 사용하여 검출하였다. 검출된 R포인트로부터 각 실험 상황에서 3분 동안의 평균 R-R 간격을 계산하였다. 피부 온도와 피부 저항의 분석은 각 실험 환경에서 3분 동안 신호 진폭의 평균과 표준편차를 계산하여 비교 분석하였다.

3. 실험결과

주관적인 평가와 심박 변화율, 피부저항, 피부온도의 생리 신호를 분석하여 도로 굴곡 변화에 따른 쾌/불쾌의 감성 변수를 측정하고자 하였다. 그림1에서와 같이 전반적으로 피험자가 안정일 때와 비교해서

아스팔트, 시멘트, 비포장도로 순서로 불쾌도가 증가하고 긴장된다는 주관적 평가를 하였다. 그러나 쾌/불쾌 차원에서는 안정과 비포장도로, 아스팔트와 비포장도로만이 통계학적으로 유의도가 관찰되었고 긴장/이완 차원에서는 안정과 시멘트, 안정과 비포장도로에서 통계학적인 유의도가 관찰되었다 ($p < 0.05$). 그러므로 본 실험은 자극으로 제시된 도로만 비교한다면 긴장/이완 차원 보다는 쾌/불쾌 차원에 보다 더 관련이 있을 것으로 사료된다 (아스팔트와 비포장도로). 각 자극 상태에 대한 평균 평균 R-R 간격을 그림 2에 나타내었다. 안정상태 (0.94 sec)에 비해 아스팔트도로 (0.91 sec), 시멘트도로 (0.93 sec), 비포장도로 (0.77 sec)를 주행할 때 모두 심박율이 감소하였고 비포장도로의 주행에서 심박율의 감소가 가장 컸다 ($p < 0.05$). 그림 3은 피부 저항의 평균 진폭의 변화를 보여준다. 안정상태 (0.84)에 비해 아스팔트도로 (0.86), 시멘트도로 (0.89), 비포장도로 (1.66)를 주행할 때 모두 평균 진폭이 증가하였지만 통계적으로 유의하지 않았다. 피부온도는 안정 (0.19)에 비해 아스팔트도로 (0.17), 시멘트도로 (0.16), 비포장도로 (0.15)를 주행할 때 모두 평균 진폭이 감소하였고 통계적으로 유의하였다 ($p < 0.05$).



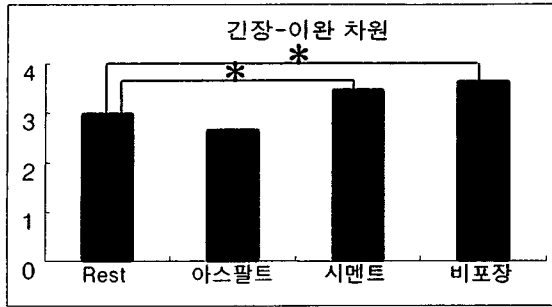


그림 1. 주관적 평가 결과 *p<0.05

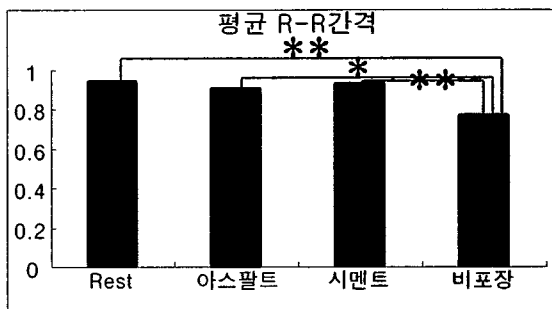


그림 2. 도로 기복에 따른 평균 R-R 간격 *p<0.05 **p<0.01

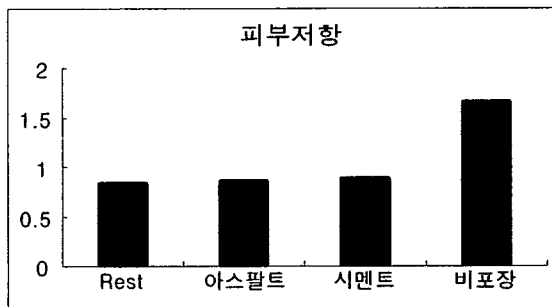


그림 3. 도로 기복에 따른 피부저항의 평균 진폭값

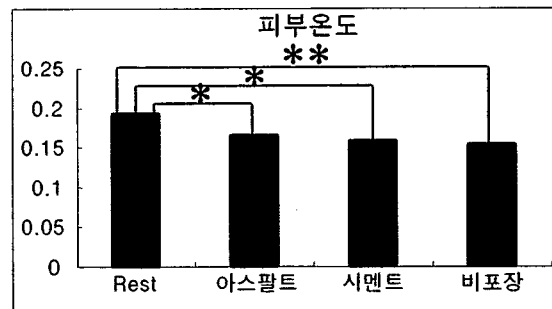


그림 4. 도로 기복에 따른 피부온도의 평균 진폭값 *p<0.05 **p<0.01

4. 결론 및 토의

본 논문에서는 도로의 기복의 변화에 따른 동적 환경에서 자율신경계의 분석을 통해 쾌, 불쾌의 감성변화를 추출할 수 있다는 가능성을 검증하고자 하였다. 쾌, 불쾌의 감성유발을 위해 도로의 기복 또는 표면의 굴곡이 틀린 아스팔트, 시멘트, 비포장 도로를 각각 정속 주행하면서 자동차 탑승자의 생리신호를 측정하였고 주관적 평가를 함께 수행하여 감성의 변화를 추출하였다. 주관적 평가결과는 도로의 기복이 심할수록 전반적으로 안정에 비해 불쾌도와 긴장도가 증가하였지만, 아스팔트와 비포장도로만이 쾌도에 유의한 차이가 있었다. 그러므로 본 실험은 동적 환경에서 적절한 쾌/불쾌의 감성 자극이 될 수 있음을 보여준다. 아스팔트, 시멘트, 비포장도로 순서로 평균 R-R 간격은 점차 감소하였고, 피부저항은 증가하였고, 피부온도는 감소하였다. 이러한 결과는 불쾌한 감성이 증가할수록 교감신경계의 활성화가 증가한다는 것이고, 동적 환경에서도 부정적 시각도로를 주행했을 때 교감신경계의 활동도가 증가하였다는 선행 연구 결과와도 일치한다 (5).

2차원의 감성축을 중심으로 특히 쾌/불쾌의 감성 변화를 실제 동적 환경에서 적절하게 제시할 수 있는지, 그리고 그에 따른 생리적 변화를 여러 동적 환경의 압음 속에서 추출할 수 있는지를 연구하고자 한 것이다. 동적 시각 환경 변화에 따른 감성측정에 관한 선행 연구와 마찬가지로 본 연구도 자율신경계의 반응만을 관찰하였다. 그러나 추후 세부적이고 단계적인 쾌/불쾌의 감성 변화를 동적 환경에서 유도하기 위해서는 보다 적절한 주관적 평가와 아울러 중추 신경계의 변화를 관찰할 수 있도록 뇌파의 측정도 동시에 수행되어야 하겠다. 또한 앞으로 동적 환경에서 시각, 후각, 청각, 촉각 등의 단위 감각 자극뿐만 아니라 복합 감각자극에 따른 연구도 수행하고자 한다. 실제 동적 환경에서 추출한 이러한 기초 데

이더는 실제 상황과 유사한 동적 환경 제시를 위한 동적 환경 시험시설 구축의 기초자료로 사용될 수 있을 것이다.

참고문헌

- [1] B.C.Min, S.C.Chung, S.K.Kim, B.W.Min, J.H.Kim, C.J.Kim, S.J. Park, Autonomic Responses due to the Driving Conditions: Changes of Heart Rate, Galvanic Skin Response and Skin Temperature, The 4th Asia-Pacific Conference on Medical & Biological Engineering, p.1311, 1999.
- [2] S.C.Chung, B.C.Min, S.K.Kim, B.W.Min, J.H.Kim, C.J.Kim, S.J. Park, Analysis of Physiological Responses Resulting from Vehicle Speed Change, The 4th Asia-Pacific Conference on Medical & Biological Engineering, p.1312, 1999.
- [3] 민병찬, 정순철, 장진경, 김상균, 민병운, 오지영, 김유나, 김철중, 박세진, 운전 및 도로 상황에 따른 자율신경계의 반응, 한국 감성과학논문집 제2권 제1호 pp. 61-68, 1999.
- [4] 김철중, 민병찬, 정순철, 김상균, 오지영, 민병운, 김유나, 박세진, 자동차 속도변화에 따른 자율신경계의 반응연구, 공업경영학회지 출판예정
- [5] 정순철, 민병찬, 김상균, 민병운, 오지영, 신정상, 김유나, 김철중, 박세진, 동적 시각 자극에 의한 자율신경계 반응 연구, 대한인간공학회 추계학술대회 논문집, pp. 245-248, 1999.