

The Effect of a Seat Motion System on the Passive Mental Fatigue of Driver

Minjae Kim¹, Seunghoon Lee¹, Hayoung Jung¹, Gunhee Oh¹, Sujin Moon¹, Hansoo Lee¹, Sunwoo Choi², Heecheon You¹

¹Department of Industrial and Management Engineering, Pohang University of Science and Technology, Pohang, Kyungbuk, 37673

²Body Trim Development Team, R&D Division, Hyundai Motor Company, Hwaseong, Kyungli, 445-706

Abstract

장시간 단조로운 주행 시 발생하는 passive task-related(TR) fatigue는 졸음 운전을 유발시켜 교통사고 발생률을 증가시킨다. 주행 중 seatback과 cushion 각도를 변화시켜 운전자의 passive TR fatigue를 저감시키는 seat motion system이 개발되었으나 seat motion system의 정량적 효과가 파악되지 않았다. 본 연구의 목적은 seat motion system에 의한 운전자 passive TR fatigue 저감 효과를 평가하는 것이다. 주행 실험은 전반 45분 동안 static seat, 후반 45분은 static seat 또는 motion seat에 착좌하여 총 90분 동안 수행되었다. 주행 중 운전자의 brake reaction time (BRT), SD of lane position (SDLP), heart rate variability (HRV), percentage of eyelid closure (PERCLOS)가 측정되었다. 주행 전후 psychomotor vigilance test (PVT), 주관적 피로도(visual analogue scale, VAS)가 측정되었으며, 주행 후에는 주관적 불편도(category positioning 50, CR-50)가 측정되었다. Static 대비 Jumping, Wave의 passive TR fatigue 저감 개선도는 평균적으로 약 31%(3% ~ 85%), Wave 33%(8% ~ 91%) 개선되었다. Seat motion으로 장시간 운전으로 인한 passive TR fatigue를 예방에 활용될 수 있다.

Background

- 피로 발생 원인에 따라 **active task-related (TR) fatigue, passive TR fatigue**로 구분
 - Active TR fatigue: **운전 작업 수행**(차선 변경, 급 정거 등) **task**에 의한 피로
 - Passive TR fatigue: **단조로운 상황에서의 지속적인 주의 집중**에 의한 피로
- Passive TR fatigue가 심해질 경우 **졸음 운전을 유발시켜 교통사고 발생률 증가**
- Motion seat 관련 연구: Comfort motion technology (Dugan et al., 2009)
 - 운전자의 체압 및 혈류속도, 반응시간, 주관적 만족도 평가를 통해 **physical fatigue** 절감 효과 평가
 - 한계: **정량적 정보를 제공하지 않으며, 한 가지 motion profile에 대해 평가**

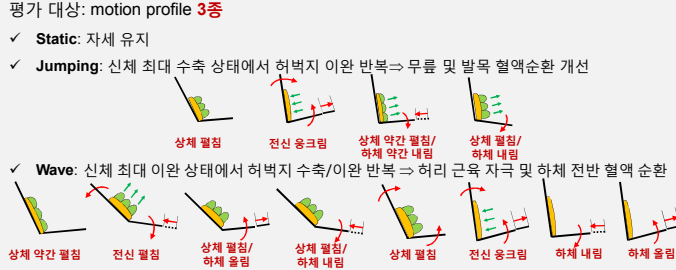


Objective

- Motion seat의 운전자 **passive TR fatigue 저감 효과** 평가
 - 운전자의 **passive TR fatigue 정량화 measure** 정립
 - 주행 시 **운전자의 passive TR fatigue 평가 프로토콜** 개발
 - Seat motion system의 **passive TR fatigue 저감 효과 분석**

Method

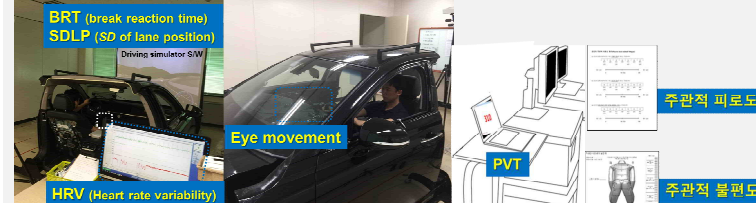
- 실험 참여자: 운전 경력 2년 이상의 20~50대 **남녀 17명**(male: 11, female: 6)
 - 운전 경력이 2년 이상
 - 최소 6개월 이상 요통 또는 등에 질환 전무
 - 실험 전 7~8 시간 수면 및 술, 커피, 담배 음용 금지
- 평가 대상: motion profile **3종**
 - Static**: 자세 유지
 - Jumping**: 신체 최대 수축 상태에서 허벅지 이완 반복 ⇒ 무릎 및 발목 혈액순환 개선
 - Wave**: 신체 최대 이완 상태에서 허벅지 수축/이완 반복 ⇒ 허리 근육 자극 및 하체 전반 혈액순환



Passive TR fatigue 평가 척도

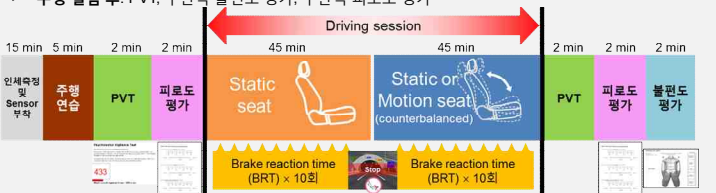
	평가 척도	Figure	설명	경향 (fatigue 상승 시)	Reference
주행 수행도	Brake Reaction Time		주행 중 brake를 밟는데 걸리는 시간	BRT ↓	Ting et al. (2008) Dugan et al. (2009)
	SD of lane position		차선의 중심으로부터 lane position의 표준 편차 (lane width = 3.5 m)	SDLP ↓	Cron-Griffith et al. (2008) Ting et al. (2008)
정신적 피로도	Heart Rate Variability (HRV)		SDNN: Length of time between heartbeats(BI)의 표준 편차 LF/HF: LF(0.04 - 0.15 Hz)와 HF(0.15 - 0.4 Hz)의 비율	SDNN ↑ LF/HF ↓	Dugan et al. (2009)
	Psychomotor Vigilance Test (PVT)		제시되는 자극에 대한 반응시간	Δ PVT ↑	Dugan et al. (2009)
주관적 불편도	Category Positioning 50 (CR-50)		17개 신체 부위에 대한 불편도 및 전반적 불편도 50점 척도 (0점: 매우 약간 불편 / 50점: 보통 / 100점: 매우 많이 불편)	불편도 점수 ↓	Mohida et al. (2001) Koyung et al. (2008)
주관적 피로도	Visual Analog Scale (VAS)		주행 전후 평가 수행, 피로도를 100점 척도 (0점: 매우 낮음 / 50점: 중립 / 100점: 매우 높음)	피로도 점수 ↓	Contardi et al. (2004)

실험 환경



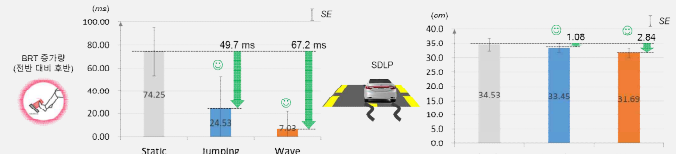
실험 protocol

- 주행 실험 전: 인체 측정, 센서 부착, 주행 연습, PVT, 주관적 피로도 평가
- 주행 중: 90분간 주행(초반 45분: static seat; 후반 45분: static or motion seat) 및 BRT, HRV 측정
- 주행 실험 후: PVT, 주관적 불편도 평가, 주관적 피로도 평가



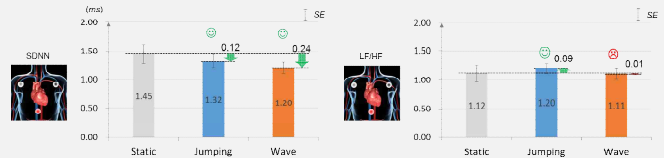
Results

- 주행 수행도
 - BRT: Static(74.3 ± 20.9ms) 대비 **Jumping 49.7ms**(24.5 ± 28.1ms), **Wave 67.2ms**(7.0 ± 14.9ms) **감소**
 - SDLP: Static(34.5 ± 2.13cm) 대비 **Jumping 1.08cm**(33.4 ± 1.74cm), **Wave 2.84cm**(31.6 ± 1.65cm) **감소**



정신적 피로도

- SDNN: Static(1.45 ± 0.17ms) 대비 **Jumping 0.12ms**(1.32 ± 0.12ms), **Wave 0.24ms**(1.20 ± 0.11ms) **감소**
- LF/HF: Static(1.12 ± 0.15) 대비 **Jumping 0.09**(1.20 ± 0.09) **상승**, **Wave 0.01**(1.11 ± 0.10) **감소**

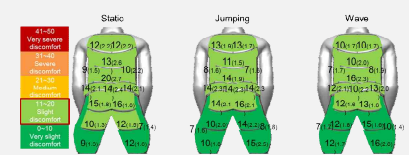


- PERCLOS: Static(4.78 ± 1.10%) 대비 **Jumping 0.67%**(4.11 ± 1.16%), **Wave 0.49%**(4.29 ± 1.09%) **감소**
- PVT: Static 대비 PVT 평균 변화량 **Jumping 18.29ms**, **Wave 14.3ms** **감소**



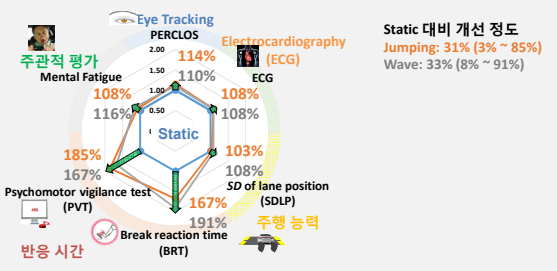
주관적 불편도 / 주관적 피로도

- CR-50: Static(17.9 ± 7.2) 대비 **Jumping 2.56점**(15.1 ± 7.8), **Wave 2.31**(14.4 ± 5.3) **감소**
- VAS: Static 대비 passive fatigue가 **Jumping 6.9%**, **Wave 44.4%** **감소**



종합: 전체 실험 참여자, 개별 실험 참여자

- Static 대비 **Jumping 31%**(3% ~ 85%), **Wave 33%**(8% ~ 91%) **개선됨**



Conclusion & Discussion

- 운전자의 **passive TR fatigue 정량화 measure** 수립
- 주행 시 **운전자의 passive TR fatigue 평가 프로토콜** 개발
- Static 대비 **jumping**에서 약 31%, **wave**에서 약 33% passive TR fatigue 감소 ⇒ Seat motion으로 장시간 운전으로 인한 **passive TR fatigue**를 예방 함으로써 교통사고 발생률을 줄일 수 있음
- 실험실 내에서의 주행 실험으로 외부 환경 요소들이 모두 반영되지 못함 ⇒ 운전자 passive TR fatigue 효과 **실차 주행 평가** 필요

Reference

- Brown (1994). Driver Fatigue. *Human Factors*, 36(2), 298-314
- May and Baldwin (2009). Driver fatigue: The importance of identifying causal factors of fatigue when considering detection and countermeasure technologies. *Transportation Research Part F*, 12, 218-224
- Dugan et al. (2009). Comfort Motion Technology Equipped Automobile Seats: Effects on Load Distribution, Comfort, Blood Flow, Alertness, and Reaction Time. Ball State University Biomechanics Laboratory.