

동시과제가 운전 수행 능력에 미치는 영향*

—차량 통제 및 동작신호 해석을 중심으로—

The Effects of Secondary Task on Driving Performance

—Control of Vehicle and Analysis of Motion signal—

문경률** · 최진승** · 강동원** · 방윤환** · 김한수** · 이수정** · 양재웅** · 김지혜** · 최미현**

지두환*** · 민병찬*** · 정순철** · 탁계래**†

Kyung-Ryoul Mun** · Jin-Seung Choi** · Dong-Won Kang** · Yun-Hwan Bang** · Han-Soo Kim**

Su-Jung Lee** · Jae-Woong Yang** · Ji-Hye Kim** · Mi-Hyun Choi** · Doo-Hwan Ji***

Byung-Chan Min*** · Soon-Cheol Chung** · Gye-Rae Tack**†

건국대학교 의료생명대학 의공학부, 의공학 실용기술 연구소**

Department of Biomedical Engineering, Research Institute of Biomedical Engineering,

College of Biomedical & Health Science, Konkuk University**

한밭대학교 산업경영공학과***

Department of Industrial and Management Engineering, Hanbat National University***

Abstract

The purpose of this study was to quantitatively evaluate the effects of the secondary task while simulated driving using the variable indicating control of vehicle and smoothness of motion. Fifteen healthy adults having 1~2years driving experience were participated. 9 markers were attached on the subjects' upper(shoulder, elbow, wrist) and lower(knee, ankle, toe) limbs and all subjects were instructed to keep the 30m distance with the front vehicle running at 80km/hr speed. Sending text message(STM) and searching navigation(SN) were selected as the secondary task. Experiment consisted of driving alone for 1 min and driving with secondary task for 1 min, and was defined driving and cognition blocks respectively. To indicate the effects of secondary task, coefficient of variation of distance between vehicles and lane keeping(APCV and MLCV) and jerk-cost function(JC) were analyzed. APCV was increased by 222.1% in SN block. MLCV was increased by 318.2% in STM and 308.4% in SN. JC were increased at the drivers' elbow, knee, ankle and toe, especially the total mean JC of lower limbs were increased by 218.2% in STM and 294.7% in SN. Conclusively, Performing secondary tasks while driving decreased the smoothness of motion with increased JC and disturbed the control of vehicle with increased APCV and MLCV.

Keywords : Driving performance, Jerk-cost function, Secondary task, Coefficient of variation, Driving simulator

요약

본 연구의 목적은 차량 통제 변인과 동작의 부드러움 변인을 이용하여 동시 과제 수행이 운전 수행 능력에

* 이 논문은 2009년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2009-0084784)

† 교신저자 : 탁계래(건국대학교 의료생명대학 의공학부)

E-mail : grtack@kku.ac.kr

TEL : 043-840-3170

FAX : 043-851-0620

미치는 영향을 정량적으로 제시하는 것이다. 1~2년의 운전 경력을 가진 피험자 20명이 실험에 참여하였다. 피험자는 동작분석을 위해 상지(shoulder, elbow, wrist) 및 하지(knee, ankle, toe)에 9개의 마커를 부착한 후, 운전 시뮬레이터를 이용하여 80km/hr로 주행하는 선행 차량과 30m의 간격을 유지하며 직선 주행하도록 하였다. 동시과제는 문자 메시지 보내기와 네비게이션 검색으로 선정하였다. 실험 시간은 2분으로 운전 시작 후 1분은 운전만을, 다음 1분은 운전과 동시과제를 함께 실시하도록 하였고, 각각 운전구간과 동시과제구간으로 정의하였다. 차간거리(Anterior-Posterior Coefficient of Variation, APCV) 및 차선이격거리의 분산계수(Medial-Lateral Coefficient of variation, MLCV)와 저크비용함수(Jerk-cost function, JC)를 이용하여 운전 수행 능력을 평가하였다. APCV는 운전구간에 비해 운전 중 네비게이션 검색 시 222.1% 증가하였다. MLCV는 문자 메시지 전송 과제를 수행할 경우, 318.2%, 네비게이션 검색 과제를 수행할 경우 309.4%가 증가하였다. JC는 운전구간에 비해 동시과제 수행 시, 팔꿈치, 무릎, 발목, 발가락에서 유의하게 증가하였고, 하지마커 전체의 평균값은 문자과제 수행 시 218.2%, 네비게이션 과제 수행 시 294.7%가 증가하였다. 운전 중 동시과제의 수행은 JC를 증가시켜 운전자의 동작의 부드러움을 감소시키고, APCV와 MLCV를 증가시켜 차량의 횡적·종적 통제를 어렵게 한다고 결론 내릴 수 있다.

주제어 : 운전수행능력, 저크비용함수, 동시과제, 분산계수, 운전 시뮬레이터

1. 서론

주의력(attention)은 정보 처리를 원활하게 하기 위한 인지적 과정 또는 개인의 정보처리용량(information processing capacity of individual)으로 정의 된다. 집중력을 요하는 운전은 다양한 인지 단계를 거친 복합/습관적 행위이다. 운전자는 주변 환경으로부터 현재의 목적과 요구에 부합되는 적절한 정보를 선택하고 앞으로 발생할 상황을 이해하며 차량의 진행 방향을 예상한다. 다음으로 다른 운전자 및 현재의 도로 상황과 적절하게 상호작용 하기 위한 의사를 결정한 후, 운전 상황의 동적(dynamic)인 특성에 따라 운전자의 육체적, 지각적, 인지적 방책을 운영한다. 이러한 일련의 과정동안 운전자는 환경을 인지하고 그것을 행동으로 옮기는 반복된 동작을 수행하며 운전하게 된다(Thierry, 2009). 운전 수행은 그 자체만으로도 사람이 가진 주의력의 용량을 모두 포함할 만큼 복합적인 행동이며 운전과 동시에 다른 일을 하는 것은 운전 수행 능력의 저하를 초래한다(Wester, 2008).

최근 휴대전화, MP3, PMP 및 네비게이션 등의 차량 전자 기기의 발달과 보급이 증가하고 있다. 이러한 차량 전자 기기는 운전자의 부주의와 주의력 분산을 유발하여 교통사고 발생의 원인이 되고 있다. 미국 연방정부 도로교통 안전관리청(National Highway Traffic Safety Administration, NHTSA)과 버지니아공대 교통연구팀(Virginia Tech Transportation Institute)의 연구에 따르면 교통사고의 25-80%는 운전자의 주의력 분산에

의해 발생한다고 하였다. 그러므로 차량 전자기기 사용의 증가를 고려해 볼 때, 운전 시 주의력 분산에 의한 위험성을 이해하는 것은 필수적이다. 이에 따라 동시과제 수행 또는 주의력 분산 요인이 운전 수행에 미치는 영향을 평가하고자 많은 연구들이 활발히 진행 중이다.

운전 중 휴대 전화 사용이 운전 수행 능력에 미치는 효과를 규명한 연구, 운전 중 청각적 이상 자극 과제(auditory oddball task)를 통하여 운전 중 발생하는 주의력 분산을 사건관련 유발전위(event-related potentials)를 이용하여 정량화한 연구, 흡연 및 음주가 운전 수행 능력에 미치는 영향을 평가한 연구 등 동시과제(secondary task) 또는 주의력 분산 요인이 운전 수행 능력에 미치는 영향을 평가하기 위한 연구는 활발히 시행되어 왔다(박성수 외, 2010; 최시환 외, 2003; 김재석 외, 2004; Perry 외, 1999; Wester 외, 2008; Sherwood, 1995).

이 연구들은 대부분 Driving Style Questionnaire(DSQ)와 같은 설문지, 브레이크 반응시간, 조향장치의 각도변화 및 차량의 위치정보와 같은 운전 시뮬레이터 데이터, Galvanic Skin Response(GSR), Electrocardiogram(ECG), Electroencephalogram(EEG), 피부온도와 같은 생체 신호의 측정을 통해 수행되었으며, 운전 중 동시과제의 수행이 운전 수행 능력을 저하시킨다고 보고하였다.

선행 연구 중 운전자의 동작신호를 직접적으로 분석한 연구는 거의 진행되지 않았으며, 동작과 관련된

연구들은 다음과 같다.

Asao(2005)는 커브 주행 시 차량의 비상버튼, 좌석 버튼 및 대쉬보드(dash-board)의 버튼을 누를 때 조향 장치의 각도 변화를 이용하여 운전 수행 능력을 비교하였다. 각 조건에서 조향각(steering angle)의 변화 분석에 초점이 맞춰졌을 뿐, 운전자 동작 자체에 대한 논의가 부족하였다. Nunes와 Recarte(2003)는 운전 중 핸드 프리 조건의 휴대폰 사용과 옆 사람과의 대화가 주위 환경에 대한 정보 인식을 방해하는 것을 관찰하였다. 위 연구는 eye tracking system을 이용하여 운전 중 인지 과제가 시선분산에 어떠한 영향을 미치는가에 대해 중점적으로 다루었으나, 직접적인 동작에 대한 내용은 없었다.

즉, 이러한 연구들은 동시과제 수행 또는 주의력 분산 요인이 운전 수행 능력에 미치는 영향을 설문지, 운전 시뮬레이터 및 생체신호 데이터 등을 이용하여 평가하고자 하였으나, 운전 동작 자체를 운전 수행 능력 측정에 적용하지는 못하였다. 운전자의 운전 수행 능력은 신체의 움직임에 의한 결과이며, 따라서 운전 동작은 운전 수행 능력과 직접적으로 연관 된다고 할 수 있다. 이러한 이유에서 운전자의 동작을 분석하는 것은 매우 중요하다고 하겠다.

그러므로 본 연구에서는 운전자의 동작 분석이 운전 수행 능력을 평가하는데 신뢰성 있는 지표가 될 수 있다는 가능성을 제시하고자 한다. 이를 위해 운전 중 휴대 전화 문자 메시지 전송, 네비게이션 명칭 검색과 같은 동시과제를 수행하게 하여 운전 수행에 장애를 유발시키고, 이때의 동작 변화를 동작의 부드러움(smoothness of motion) 관점에서 해석하고자 한다. 또한 동작의 부드러움 변인을 운전 시뮬레이터를 기반으로 한 차량의 통제 변인과 비교하여, 동작 변인의 신뢰성을 확보하고자 한다.

2. 실험 방법

2.1. 실험 대상

건강한 20대의 오른손잡이인 성인 남성 10명(나이 25.1 ± 1.8 세, 운전경력 1.9 ± 1.9 년)과 여성 10명(나이 24.0 ± 2.9 세, 운전경력 1.4 ± 1.1 년), 총 20명을 대상으로 실험을 진행하였다. 실험 전 내용을 충분히 설명하고 피험자가 운전 시뮬레이터에 익숙해 질 수 있도록 10분간의 모의 주행을 실시하였다.

2.2. 운전 시뮬레이터

본 실험에 이용된 가상 자동차 시뮬레이터(GDS-300S, Gridspace Co.)는 실험실에 설치되어있는 모의용 기기로 3대의 32인치 LCD 모니터를 통해 운전 시 필요한 정면과 좌/우 환경 정보들을 제공하도록 구성되었다. 차량 모델은 H사의 '클릭' 모델로서 운전 장치(핸들, 가속페달, 브레이크 페달, 파킹브레이크, 방향 지시등 레버, 비상등, 와이퍼 레버, 전조등 레버, 기어 레버, 안전벨트 등)와 표시장치(방향 지시등, 속도계, RPM 미터, 온도계이지, 연료량 게이지, 각종 경고 등)는 실제 차량과 동일하였다. 핸들 장치는 motor driven power steering(MDPS)의 모터제어 방식을 사용하였다.

2.3. 실험 절차 및 동시과제(secondary task)

피험자는 도심 외곽의 편도 3차선 직선 도로에서 80km/hr의 속도로 주행하는 선행차량과 30m의 거리를 유지하며 운전하도록 하였다. 선행차량과의 거리는 시뮬레이터 화면 하단에 표시 되도록 하였다. 피험자는 3분간 안정을 취한 후 2분간 운전을 수행하였다. 처음 1분은 운전만을 수행하였고, 다음 1분은 운전과 동시과제를 함께 수행하였다. 각각을 운전구간(Driving)과 동시과제구간(Secondary task)으로 정의하였으며, 실험 순서는 난수 생성에 따른 단순 무작위 배정을 이용해 각 동시과제의 순서를 정하였다. 이때 각 구간의 처음과 끝의 10초를 제외한 40초를 분석구간으로 정하였다(그림 1). 실험은 동시과제(Secondary task)에 따라 별도로 실시하였으며, 문자 메시지 보내기와 네비게이션 명칭 검색으로 하였다. 동시 과제 수행 시 휴대 전화는 운전자가 가장 편한 위치에 두도록 하되, 핸들과 30cm 이상 거리가 떨어지지 않도록 하였다. 네비게이션은 부착형으로 피험자의 오른쪽에 부착하였기 때문에 고정된 위치에서 수행하도록 하였으며, 실험 전 네비게이션 사용에 대한 사전 교육 및 연습을 충분히 하였다(그림 2). 모든 동시과제는 오른손으로 수행하도록 하였다.

문자 메시지는 실제 차량 운전 시 전송 가능한 간결한 문장으로 구성하였고 네비게이션은 건물의 명칭을 검색하도록 하였다. 문자 메시지 및 네비게이션 과제 예시를 표 1에 나타내었다. 피험자는 차간 거리, 차선 유지 및 차량 통제에 유의하도록 하였다.

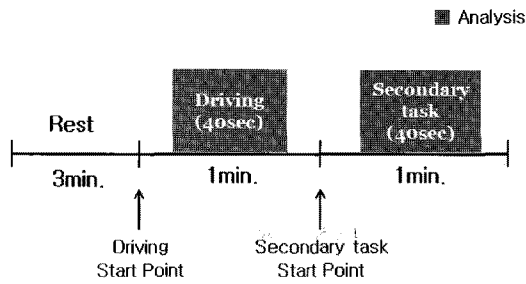


그림 1. 실험절차 및 분석구간



그림 2. 실험에 사용한 운전 시뮬레이터와 동시과제 수행 모습

표 1. 문자 메시지 및 네비게이션 검색 과제 예시

문자 메세지
“지금운 운전 중이니 잠시 후 전화 드리겠습니다.”
“경부고속도로에서 차량이 정체중입니다.”
“지금 00에서 00대학교로 가고 있습니다.”
“10분 후에 00대학교에 도착 예정입니다.”
네비게이션 명칭 검색
건국대학교 서울캠퍼스
한밭대학교 대전캠퍼스
경희대학교 수원캠퍼스
연세대학교 원주캠퍼스

2.4. 동작신호측정

4대의 초고속 적외선 카메라(Motion Analysis Corp. Santa Rosa, CA USA)를 이용하여 피험자의 동작 신호를 측정하였다. 동작 분석을 위해 상지 6개, 하지 3개 총 9개의 마커를 부착하였다. 마커 셋은 일반 보행 분석 시 사용되는 헬렌헤이즈 마커 셋을 기본으로 하여 그림 3과 같이 양쪽 어깨(shoulder), 팔꿈치(elbow), 손목(wrist) 및 우측 다리의 무릎(knee), 발목(ankle), 발가락(toe)에 부착하였고 120Hz의 샘플링 주파수로 동작 신호를 획득하였다. 이때 운전 시뮬레이터와 동작 분석기는 시간 동기화하였다.



그림 3. 마커 부착위치와 시뮬레이터를 이용한 운전 수행

2.5. 데이터분석

운전 시뮬레이터로부터 차량의 통제변인, 동작 데이터로부터 동작의 부드러움 변인을 계산하였다.

운전 시뮬레이터로부터 획득 할 수 있는 데이터는 차량의 위치정보, 선행 차량과의 거리, 가속 페달 및 브레이크 페달의 반응 및 추돌여부 등이다. 이중 선행 차량과의 거리 정보를 이용하여 차량의 종적 통제를 나타내는 차간거리의 분산계수(Anterior-Posterior Coefficient of Variation, APCV)를 계산하였다.

APCV는 선행 차량과 유지하는 거리의 표준편차를 평균으로 나눈 값으로 정의한다(식 1). 이는 차량의 전후 움직임의 변동성을 나타내는 지표로 작을수록 차량의 안정적인 종적 통제를 나타낸다.

$$APCV = \frac{AP_{STD}}{AP_{Mean}} \times 100 \quad (\text{식 1})$$

차량의 위치정보를 이용하여 차선이격거리의 분산계수(Medial-Lateral Coefficient of Variation, MLCV)를 계산하였다. MLCV는 차량의 좌우 움직임 좌표의 표준편차를 평균으로 나눈 값으로 정의 한다(식 2). 이는 차량이 도로의 중심을 기준으로 좌우 움직임의 변동성을 나타내는 지표로 작을수록 차량의 안정적인 횡적 통제를 나타낸다.

$$MLCV = \frac{ML_{STD}}{ML_{Mean}} \times 100 \quad (\text{식 2})$$

최시환 등(2003)의 연구에 따르면 운전 중 휴대 전화를 사용하지 않는 경우에 비해 휴대 전화를 사용하는 조건에서 차간거리 및 차선이격거리의 변산성이 증가한다는 사실이 보고되었다. 또한 신체적 부하로 유발된 주의력 분산으로 차량이 주행로에서 벗어나는

정도가 증가한다는 사실이 보고되었으며, 운전 중 휴대전화의 다이얼을 누르는 동시과제 수행이 차선이격거리의 분산계수를 증가시킨다는 사실이 보고되었다 (Brumby, 2009). 이와 같은 선행 연구들로부터 APCV와 MLCV는 차량의 안정적인 통제를 나타내는 지표로 사용가능함을 알 수 있다.

각 마커의 위치 정보인 동작 신호 데이터로부터 운전 상황에서 동작의 부드러움을 나타내는 저크비용함수(Jerk-Cost Function, JC)를 산출하여 비교하였다. 일반적으로 저크는 동작의 부드러움 혹은 숙련도를 정량적으로 측정하는 변수로 위치좌표를 시간에 대하여 세 차례 미분한 값이며, 이는 JC 혹은 정규저크(Normalized Jerk)를 이용하여 정량화 할 수 있다. 본 연구에서는 JC를 이용하였으며, 가장 부드러운 동작 수행 시 최소의 JC를 가진다(Hreljac, 2000; Viviani & Flash, 1995).

$$JC = \int_0^T \left(\frac{d^3r}{dt^3} \right)^2 \cdot dt \quad (\text{식 3})$$

본 실험에서는 운전만을 수행할 때에 비해 동시과제와 운전을 함께 수행할 때 피험자의 운전 수행 패턴 자체가 변화하기 때문에 동작의 부드러움을 판명하기 위해 운전 동작을 일정하게 만들 필요가 있었다. 이러한 이유로 JC는 시뮬레이터의 가속 페달의 반응 정보를 이용하여 운전자의 가속 페달 반응이 0%에서부터 계속적으로 증가하여 100%에 도달한 순간까지로 분석구간을 선정하였다(그림 4).

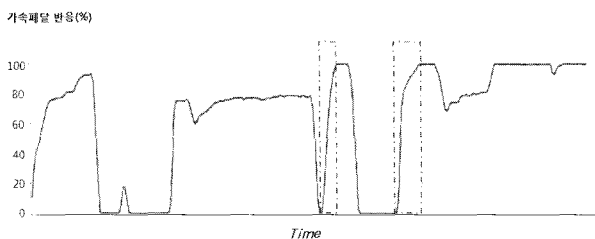


그림 4. JC 분석을 위한 구간 선정

각 구간 동안 구해진 JC를 평균하여 대푯값으로 이용하였다.

계산을 위해 Matlab v7.3(Mathworks Inc., USA)이 이용되었으며, 변인간의 차이를 확인하기 위한 통계적 분석에는 SPSS 12.0k(SPSS Inc., USA)가 이용되었고, 대응 표본 분석(paired t-test)을 실시하여 실험조건 간 차이를 확인 하였다.

3. 결과

3.1. 차간거리의 분산계수(APCV)

APCV는 선행차량과의 정해진 거리(30m)를 안정적으로 통제하는 정도를 나타낸다. 그림 5는 운전 및 동시과제 구간에서 APCV를 나타내었다.

운전구간에 비해 동시과제 구간에서 APCV는 증가하는 경향을 나타내었다. 문자 과제 시 APCV는 운전구간에 비해 174.1% 증가하였지만 유의한 차이는 나타나지 않았다. 그러나 네비게이션 과제 수행 시 APCV는 운전구간에 비해 222.1%로 유의하게 증가하였다($p < .05$).

3.2. 차선이격거리의 분산계수(MLCV)

MLCV는 차량이 도로의 중심에서 벗어난 정도를 나타내며, 차량의 좌우 방향의 통제를 나타낸다. 그림 6은 MLCV의 결과를 나타내었다.

MLCV는 운전 구간에 비해 문자 과제 시 318.2%, 네비게이션 과제 수행 시 308.4%로 각각 유의하게 증가하였다($p < .05$).

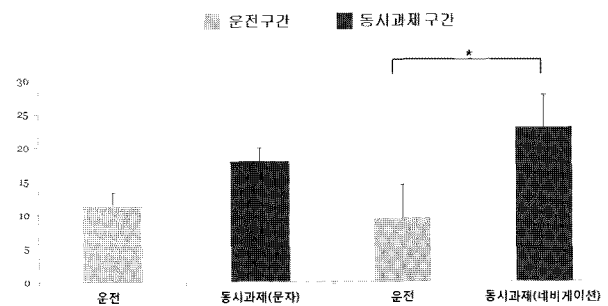


그림 5. 차간거리의 분산계수

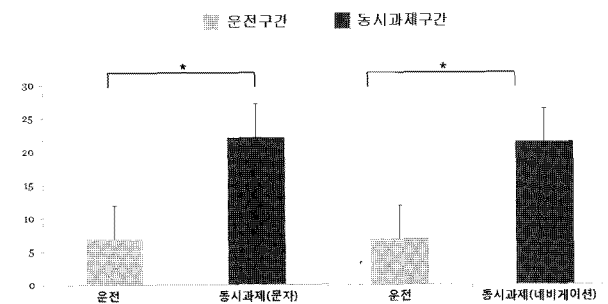


그림 6. 차선이격거리의 분산계수

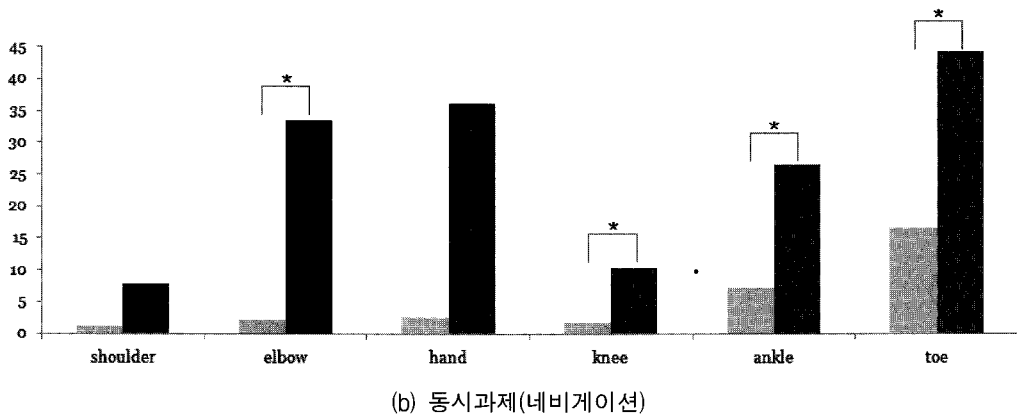
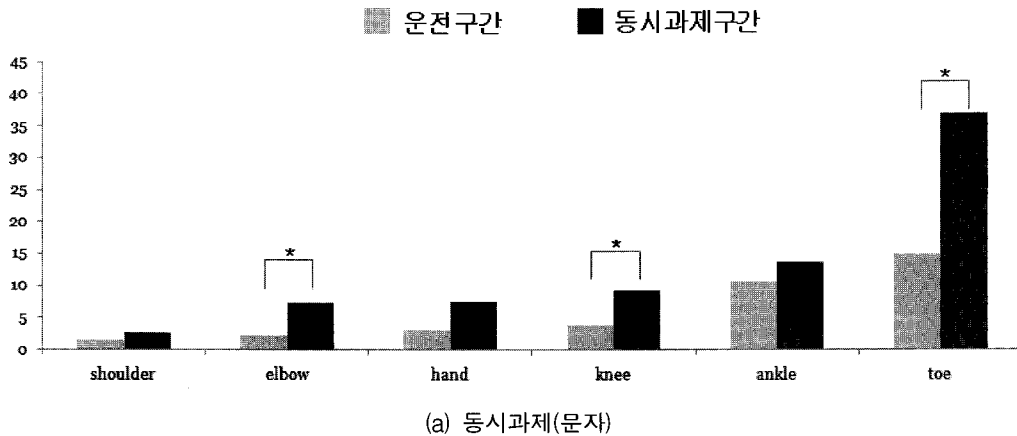


그림 7. 저크비용함수

3.3. 저크비용함수(Jerk-Cost function, JC)

모든 피험자는 오른손잡이로 오른손으로 동시과제를 수행하였기 때문에 저크비용함수 계산에는 핸들을 제어하고 있는 왼손의 마커를 이용하였다.

그림 7은 운전 및 동시과제 구간에서의 JC를 나타내었다. 문자 과제를 수행 할 경우, 동시과제 구간에서 피험자의 팔꿈치(elbow), 무릎(knee) 및 발가락(toe) 마커의 JC 값이 유의하게 증가하였다($p < .05$).

네비게이션 명칭 검색 과제를 수행 할 경우, 동시과제 구간에서 피험자의 팔꿈치(elbow), 무릎(knee), 발목(ankle) 및 발가락(toe) 마커의 JC값이 유의하게 증가하였다($p < .05$). hand의 경우, elbow에 비해 더 큰 JC값이 획득되었으나 표준오차가 47.5에 달해 유의차는 보이지 않았다($p = 0.61$). 실제 운전 수행에 가장 밀접한 영향을 미치는 부분은 운전자의 하지로 하지마커의 전체의 평균값은 문자 과제 수행 시 218.2%($p < .05$), 네비게이션 과제 수행 시 294.7%($p < .05$)가 각각 증가하였다. 특히 가속페달과 브레이크를 밟는 부분인 toe마

커에서 문자 과제 수행 시 235.6%($p < .05$), 네비게이션 과제 시 280.6%($p < .05$)로 각각 증가하였다.

APCV, MLCV, JC는 성별에 따라 차이가 없어 결과를 기술하지 않았다.

4. 토의

본 연구에서는 80km/hr의 속도로 직선 주행하면서 동시과제(문자 메시지 보내기 또는 네비게이션 검색)를 수행 할 경우, 운전 수행 능력의 차이를 차량의 통제 변인(APCV, MLCV)과 동작의 부드러움 변인(JC)을 이용하여 규명하고자 하였다.

본 연구에서 차간거리의 분산계수(APCV)는 네비게이션 검색 과제를 수행할 때 유의하게 증가하였다. 이는 운전 중 네비게이션 검색을 수행하는 것은 일정한 차간 거리를 유지하는 것, 즉, 차량의 종적 통제에 어려움을 준다는 것을 의미한다.

차선이격거리의 분산계수(MLCV)는 운전 중 문자 과제와 네비게이션 과제를 수행할 때 모두 유의하게

증가하였다. 이는 운전 중 동시과제를 수행하는 것은 차량의 횡적 통제에 어려움을 준다는 것을 의미한다.

APCV와 MLCV 분석 결과, 운전 중 동시과제를 수행하는 것 자체가 차량의 안정적인 횡적·종적 통제를 어렵게 한다고 결론 내릴 수 있다. 이것은 선행 연구의 결과와 일치하였다(최시환, 2003; Asao, 2005; Brumby, 2009).

팔꿈치, 무릎, 발목, 발가락 마커에서의 JC는 운전 구간에 비해 동시과제구간에서 유의하게 증가하였다. 이는 운전 중 동시과제의 수행은 운전자의 부드럽고 능숙한 운전 수행을 방해한다고 할 수 있다. 특히 운전 중 브레이크 및 가속페달을 밟는 동작과 직접적으로 연관되는 Toe 마커에서의 JC값은 운전구간에 비해 동시과제 구간에서 2배 이상 증가하였다. 이는 실제 운전 상황에서 동시과제 수행이 운전 동작의 부드러움 또는 능숙함을 감소시켜 위험 상황을 유발시킬 가능성을 높이는 것으로 해석할 수 있다.

인간의 뇌는 인지 정보를 통합적으로 감지하고 처리한다. 운전의 경우 집중력을 요하는 행위이므로 주의력 할당 측면에서, 평상시 운전만 할 경우에 비해 문자 메시지 전송이나 네비게이션 명칭 검색이라는 동시과제가 혼입될 경우 운전과 동시과제라는 두 가지 정보를 동시에 처리해야 한다. 즉, 운전과 동시과제로부터 주의력 및 동작 부하가 추가로 발생하게 되어 원활한 운전 수행에 제약을 받을 수 있다(박성수, 2010). 이러한 근거로 본 실험의 정량적 결과 데이터를 제시할 수 있으며, 결론적으로 운전 시 동시과제의 수행은 운전을 부드럽게 또는 능숙하게 수행하지 못하게 하고, 차량의 횡적·종적 통제를 어렵게 하는 것으로 해석할 수 있다.

본 연구는 최초로 동작 데이터를 이용하여 동시과제가 운전 수행 능력에 미치는 영향을 정량적으로 분석한 것으로 의미가 크다고 판단된다. 운전자의 운전 수행 능력 또는 패턴을 분석하는데 운전자의 동작 데이터가 객관적이고 정량적인 지표로 이용될 수 있을 것으로 사료된다. 본 연구에서는 동시과제가 운전 수행에 미치는 영향만을 고려하였으므로 이 두 과제에 따른 차량 통제 변인과 동작의 부드러움 변인의 차이를 직접적으로 비교하지는 않았으나, 추후 실험에서는 각각의 동시과제에 따른 영향을 분석하고자 한다.

참고문헌

- 김재식, 이영송, 김영석, 이운성, 박종철, 박종찬(2004). 돌발 상황에 대한 운전자 반응 연구. *한국법과학회*, 제 9회, 3-26.
- 박성수, 허 환, 이운성 (2010). 차량시물레이터 환경에서 운전 중 주의분산에 따른 생체신호 변화 연구. *대한인간공학회*, 제 29권 제1호, 55-59.
- 이정모. *인지심리학의 특성과 성과*. 서울: 성원사.
- 최시환, 이재식(2003). 주행속도를 달리했을 때 운전 중 휴대전화 사용이 운전 수행에 미치는 효과. *감성과학*, 제 6권 제2호, 1-11.
- Brumby, D. P., Salvucci, D. D., & Howes, A. (2009). Focus on Driving: How Cognitive Constraints Shape the Adaptation of Strategy when Dialing while Driving. *Conference on Human Factors in Computing systems, 2009*, April 4-9, 1629-1638.
- Hreljac, A. (2000). Stride smoothness evaluation of runners and other athletes, *Gait & Posture Vol. 11*, 199-206.
- Meda, S. A., Calhoun, V. D., Astur, R. S., Turner, B. M., Ruopp, K., & Pearlson, G. D. (2009). Alcohol does effects on brain circuits during simulated driving: an fMRI study. *Human Brain Mapping, Vol. 30*, 1257-1270.
- Perry, R. J. & Hodges, J. R. (1999). Attention and executive deficits in Alzheimer's disease, *Brain*, Vol. 122, 383-404 .
- Recarte, M. A. & Nunes, L. M. (2003). Mental workload while driving: Effects on visual search, discrimination and decision making, *Journal of Experimental Psychology, Vol. 9, No. 2*, 11-137.
- Sherwood, N. (1995). Effects of cigarette smoking on performance in a simulated driving task. *Neuropsychobiology, Vol. 32*, 161-165.
- Thierry, B., Beatrice, B. A., Pierre, M., & Aurelie, B. (2009). A theoretical and methodological framework for studying and modelling drivers' mental representations, *Safety Science, Vol. 47*, 1205-1221.
- Takafumi Asao, Takahiro Wada, & Shun'ichi Doi (2005). The effect of physical workloads on driving performance, *Proceedings of the 19th International Technical Conference on Enhanced Safety Vehicles, No. 05-0435*, Washington D.C.

- Viviani, P. & Flash, T. (1995). Minimum-Jerk, Two-Thirds Power Law, and Isochrony: Converging Approaches to Movement Planning, *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, Vol. 21, 32-53.
- Wester, A. E., Bocker, K. B. E., Volkerts, E. R., Verster, J. C., & Kenemans, J. L. (2008). Event-related potentials and secondary task performance during simulated driving, *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 40, 1-7.
- Wiegner, W. & Wierzbicka, M. M. (1992). Kinematic models and human elbow flexion movements: Quantitative analysis, *Experimental Brain Research* 88, 665-673.

원고접수 : 10.07.17

수정접수 : 10.09.09

게재확정 : 10.10.22