

운전 중 문자 메시지 전송과 네비게이션 검색이 운전 수행 능력에 미치는 영향 : 50대 택시 운전자를 대상으로*

The effects of driving performance during driving with sending text message and searching navigation : a study among 50s taxi drivers

김한수** · 최진승** · 강동원** · 오호상** · 서정우**

연홍원** · 최미현** · 민병찬***† · 정순철** · 탁계래**†

Han-Soo Kim** · Jin-Seung Choi** · Dong-Won Kang** · Ho-Sang Oh** · Jung-Woo Seo**

Hong-Won Yeon** · Mi-Hyun Choi** · 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 & Management Engineering, Hanbat National University***

Abstract

The purpose of this study was to evaluate the effects of secondary task such as sending text message (STM) and searching navigation (SN) using the variable indicating control of vehicle ((Medial-Lateral Coefficient of Variation, MLCV), (Anterior-Posterior Coefficient of Variation, APCV)) and motion signal (Jerk-Cost function, JC). Participants included 50s taxi drivers; 14 males and 14 females. Participants were instructed to keep a certain distance (30m) from the car ahead with constant speed (80km/hr or 100km/hr). Experiment consisted of driving alone for 1minute and driving with secondary task for 1minute. Both MLCV and APCV were significantly increased during Driving + Sending Text Message(STM) and Driving + Searching Navigation(SN) than Driving only. Also, JC was increased during Driving + STM and Driving + SN than Driving only. In this study, we found that even in the experts group who are taxi driver and have 25 years driving experience, the smoothness of motion is decreased and the control of vehicle is disturbed when they were performing secondary tasks like sending text message or searching navigation.

Keywords : secondary task, driving performance, motion analysis, driving simulator, 50s taxi drivers

* 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

† 교신저자 : 민병찬 (한밭대학교 산업경영공학과)

E-mail : bcm@hanbat.ac.kr

TEL : 010-426-5449

FAX : 042-821-1591

요 약

본 연구에서는 50대 택시 운전자를 대상으로 동작 신호인 Jerk-Cost function(JC)와 차간거리의 분산계수(Anterior-Posterior Coefficient of Variation, APCV), 차선이격거리의 분산계수(Medial-Lateral Coefficient of Variation, MLCV)와 같은 차량 통제 데이터를 이용하여 운전 중 문자 메시지 전송 또는 네비게이션 검색과 같은 동시 과제 수행이 운전 수행 능력에 어떠한 영향을 미치는지를 알아보려고 하였다. 남성 14명과 여성 14명을 대상으로 실험을 진행하였다. 피험자는 일정 속도(80km/hr or 100km/hr)로 주행하는 선행 차량과 일정 거리 30m를 유지하며 주행하도록 하였다. 처음 1분간은 운전만을 수행하게 하였으며, 다음 1분 동안은 운전만을 수행하거나 운전과 함께 동시 과제를 수행하도록 하였다. MLCV와 APCV는 80km/hr와 100km/hr 주행 시 Driving only에 비해 Driving + Sending Text Message(STM)와 Driving + Searching Navigation(SN)에서 유의하게 증가하였다. JC 또한 주행 시 Driving only에 비해 Driving + STM과 Driving + SN에서 증가하였다. 본 연구를 통해 운전 경력이 길고 운전 전문가라고 할 수 있는 50대 택시 운전자도 운전만을 수행하는 경우에 비해 운전과 함께 문자 메시지 전송 또는 네비게이션 검색 과제를 수행하게 될 경우 동작 패턴이 거칠어지고 차량 통제가 어려워진다는 사실을 도출할 수 있었다.

주제어 : 동시 과제, 운전 수행 능력, 동작 분석, 운전 시뮬레이터, 50대 택시 운전자

1. 서론

운전은 고도의 집중력이 요구되는 작업이다. 운전은 인적 요인, 도로·환경적 요인, 차량 요인 등에 영향을 받는데 교통사고는 이러한 요인 중 한 가지 혹은 그 이상의 결합에 의해 발생한다. 인적 요인에 의한 교통사고는 일반적으로 운전 수행 능력이 미숙하거나 운전자가 다양한 운전 관련 상황에 대해 적절하게 반응하지 못할 때 발생한다(Summala, 1996; Merat et al., 2005). 운전 수행은 주의력을 모두 소진할 만큼 복잡한 작업이며 운전과 동시에 다른 일을 하는 것은 운전 수행 능력의 저하를 초래한다(Wester et al., 2008). 따라서 운전 이외의 추가적인 작업으로 발생하는 주의력 분산은 운전 수행 시 인적 요인의 결합을 야기시킬 수 있다. 운전자가 운전 중에 처리하는 정보는 거의 대부분 시각 경로를 통해 획득된다. 따라서 시각적 주의를 운전에서 가장 중요한 정보 처리의 측면이며(Mcknight and Adams, 1970; Rockwell, 1972), 일반적으로 차량 내에서 가장 흔히 일어날 수 있는 시각적 주의 분산 요인은 휴대 전화 사용 또는 네비게이션 사용 등을 예로 들 수 있다.

최근 전자기기 등의 발달로 인해 차량 내 전자기기의 조작이나 사용이 증가하는 추세이다. 통계청에 따르면 2011년 4월 기준 휴대전화 가입자 수는 5130만 명으로 인구 대비 103.9%가 휴대 전화를 보유하고 있다. 휴대전화 보유자 수가 증가함에 따라 사용 빈도

또한 증가하고 있다(Choi et al., 2007). 특히, 휴대전화나 네비게이션 등의 차량 내 전자기기의 사용이 두드러지고 있는데 이러한 차량 내 전자기기의 사용은 운전자의 추가적 부하를 유발하여 교통사고 발생의 원인이 되고 있다.

운전 중 휴대 전화 사용이 운전 수행 형태에 미치는 연구, 흡연이나 음주가 운전 수행 능력에 미치는 영향을 평가한 연구, 주행 속도에 따라 운전 중 휴대 전화사용이 운전 수행에 미치는 영향에 대한 연구, 운전 중 통화 또는 음악 청취가 브레이크 반응 시간에 미치는 영향에 관한 연구, Electroencephalogram(EEG)을 이용하여 운전 중 동시과제 수행 시 뇌파의 변화를 분석한 연구 등 동시과제 수행이 운전 수행에 미치는 영향을 분석한 연구들이 수행되어져왔다(Anderson et al., 2010; Becic et al., 2010; Choi & Lee, 2003; Donmez et al., 2006; Lin et al., 2011; Strayer et al., 2006). 또한 휴대 전화를 사용하였을 때 고령자 그룹의 경우 차간 거리가 더 멀어지며, 반응 시간이 더 느려진다는 연구가 진행되었다(Alm and Nisson, 1995; Hancock et al., 2003). Strayer와 Drews(2004)는 운전 중 휴대 전화 통화는 노인 운전자의 반응 시간과 차간 거리를 멀어지게 한다고 보고하였다.

일반적으로 선행 연구들은 운전 수행 형태를 평가하기 위해 실험실 환경에서 운전 시뮬레이터를 이용하여 왔으며, 이로부터 차간거리의 분산계수, 차선이격거리의 분산계수, 속도 등의 차량 통제 변인의 분석

을 통해 운전 수행 능력을 평가하여 왔다(Alexander et al., 2002; Brumpy et al., 2009; Cantin et al., 2009; Hosking and Young, 2009; Lee et al., 2011; Mun et al., 2010; Yang et al., 2011).

운전자의 운전 수행 능력은 운전 시뮬레이터로 획득된 정보들로도 판단 할 수 있지만 운전 작업에 대한 정확한 평가를 위해서는 운전 동작을 분석하는 것이 중요하다. 동작을 정량적으로 분석하는 방법 중의 하나로 저크가 이용되고 있다. 저크는 위치 데이터를 시간에 대해 세 차례 미분한 값으로 거친 동작에 비해 부드러운 동작 수행 시 작은 저크 값을 가지게 된다(Remy-Neris et al., 2003; Zatsiorsky, 2002). 저크는 주로 운동이나 보행 등과 같은 동작의 부드러움을 평가하는 변인으로 사용되어져 왔다(Hogan, 1984; Hreljac, 1993, 2000). 하지만 운전도 학습과 경험을 통해 얻어지는 동작 형태이기 때문에 운전 수행 형태의 분석에 저크를 이용할 수 있다. 특히, 문경률 등(2010)은 Jerk-Cost function(JC)을 이용하여 운전 수행 시 차간 거리가 가까워질수록 동작이 거칠어진다는 사실을 보고하였다. 또한, 젊은 성인을 대상으로 JC를 이용하여 운전 중 주의력 분산 요인이 운전 수행 패턴에 미치는 영향을 분석하였다. 운전 경력이 짧은 젊은 성인의 전반적인 특징은 운전만을 수행할 경우에 비해 운전과 함께 동시 과제를 수행하였을 때 운전 동작의 부드러움 또는 능숙함이 감소되어 차량의 횡적, 종적 변산성이 증가한 것으로 나타났다(Mun et al., 2010). 운전 수행 능력은 운전 경력, 연령 등에 영향을 받기 때문에 동시 과제가 운전 수행에 미치는 영향을 정확히 규명하기 위해서는 이러한 요인을 고려한 추가적인 연구가 필요하다. 선행 연구들의 경우 젊은 성인이나 고령자에 대한 운전 수행 평가는 많이 이루어졌으나, 실제 운전 경력이 많고 능숙한 운전자에 대한 연구는 거의 진행되지 않았다. 같은 연령의 50대 운전자라고 하더라도 실제 운전 시간이나 경력은 개인마다 차이가 있다.

따라서 제안 연구에서는 이전 연구들과 달리 직업 운전자들을 대상으로 전문성이라는 요소가 운전 수행 능력에 어떤 영향을 받는지 구체적으로 분석하고자 하였다. 또한 일반적으로 운전 중 흔히 작업할 수 있는 문자 메시지 전송과 네비게이션 검색을 동시 과제로 선정하였다. 두 가지 과제 모두 시각적 분산과 더불어 동작 부하가 발생하게 된다. 따라서 본 연구에서는 문자 메시지 전송 또는 네비게이션 검색과 같은

동시 과제 수행이 운전 수행 능력에 미치는 영향을 살펴보고자 하였다.

특히, 본 연구에서는 동작 신호인 JC와 차간거리의 분산계수, 차선이격거리의 분산계수와 같은 차량 통제 데이터를 이용하여 운전 중 동시 과제 수행이 운전 전문가라고 할 수 있는 50대 모범택시 운전자의 운전 수행 능력에 어떠한 영향을 미치는지를 알아보고자 하였다.

2. 실험 방법

2.1. 실험 대상

50대 남녀 운전자(남성 14명(나이 56.4±3.8세, 운전 경력 29.1±7.0)과 여성 14명(나이 55.2±3.1세, 운전 경력 20.1±5.3년)) 총 28명을 대상으로 하였으며, 피험자는 평균 운전 경력이 25년 이상인 모범택시 운전자로 선정하였다. 실험 전 피험자들에게 실험 목적 및 내용을 충분히 설명하였으며, 실험 참가 확인서에 서명을 받은 후 실험을 실시하였다.

2.2. 운전 시뮬레이터

본 실험에 이용된 운전 시뮬레이터(GDS-300s, Gridspace Co., Korea)는 정면과 좌/우 시각 정보를 3대의 32인치 LCD 모니터를 통해 제공할 수 있다(그림 1). 운전 시뮬레이터는 현대 자동차의 ‘클릭’ 모델로 운전 장치(핸들, 가속 페달, 브레이크 페달, 파킹 브레이크, 방향 지시등 레버, 비상등, 와이퍼 레버, 전조등, 레버, 기어 레버, 안전벨트 등)와 표시 장치(방향 지시등, 속도계, RPM 미터, 온도계이지, 연료량 게이지 등)는 실제 차량과 동일하였다. 핸들 장치는 motor driven power steering(MDPS)의 모터제어 방식을 사용하였다.



Fig. 1 Driving simulator and marker set

2.3. 실험 절차

실험 전 연습 주행을 통해 피험자가 운전 시뮬레이터 환경에 익숙해지도록 하였다. 운전 환경은 도심 외곽의 편도 3차선 도로로 구성하였으며, 피험자는 일정 속도(80km/hr or 100km/hr)로 주행하는 선행 차량과 일정 거리 30m를 유지하며 주행하도록 하였다. 실험 패러다임은 그림 2와 같다. 실험은 총 5분으로 구성하였으며, 3분 동안 피험자는 운전석에서 안정을 취하였다. 처음 1분간은 운전만을 수행하게 하였으며, 다음 1분 동안은 운전만을 수행하거나 운전과 함께 동시 과제를 수행하도록 하였다. 모든 피험자는 2가지 종류의 속도(80km/hr or 100km/hr)로 3가지 종류의 과제(운전만 수행(Driving only), 운전 + 문자 메시지 전송(Driving + Sending Text Message (STM)), 운전 + 네비게이션 검색(Driving + Searching Navigation (SN)))를 수행하여 총 6번의 실험을 수행하였다. 실험 순서는 counterbalancing 하였다. 문자 메시지 전송의 경우 피험자가 가장 편안한 위치에 놓고 수행하되, 핸들과 30cm 이상 거리가 떨어지지 않도록 하였다. 네비게이션 명칭 검색의 경우 부착형으로 차량의 데쉬-보드 위에 위치하도록 하였으며, 실험 전 네비게이션에 대한 사전 교육과 연습이 충분히 이루어진 후에 본 실험을 진행하였다(그림 1). 하나의 실험이 끝난 후, simulator sickness 등을 고려하여 약 15분의 휴식 시간을 가진 후 다음 실험이 실시되었다. 한 피험자 당 총 실험 시간은 약 1시간 50분 정도였다. 피험자는 모두 오른손잡이로 동시과제는 오른손으로 수행하도록 하였으며, 문자 메시지 전송과 네비게이션 명칭 검색 과제에 대한 예시는 표 1과 같다.

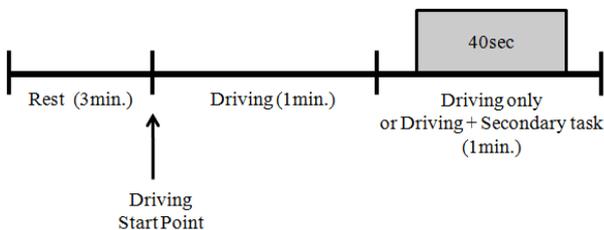


Fig. 2 Experimental paradigm

Table 1. Examples for sending text message and searching navigation

문자 메시지 전송
"잠시 후 전화 드리겠습니다."
"OO대학교로 가고 있습니다."
"OO대학교에 도착 예정입니다."
네비게이션 명칭 검색
건국대학교 서울캠퍼스
한밭대학교 대전캠퍼스
연세대학교 원주캠퍼스

2.4. 시뮬레이터 데이터 측정 및 동작 신호 측정

운전 시뮬레이터로부터 차량의 위치 정보와 선행 차량과의 거리 정보를 획득하였다. 4대의 초고속 적외선 카메라(Motion Analysis Corp. Santa Rosa, CA USA)를 이용하여 피험자의 동작 신호를 측정하였다. 그림 1과 같이 동작 신호 측정을 위해 헬렌헤이즈 마커 셋을 상지에 6부분(양쪽 어깨(shoulder), 팔꿈치(elbow), 손목(hand)), 하지에는 3부분(우측 다리의 무릎(R.knee), 발목(R.ankle), 발가락(R.toe))에 부착하였으며, R.toe 부분의 경우 신발 위에 부착하였다. 120Hz의 샘플링 주파수로 동작 신호를 획득하였으며, 차단 주파수가 6Hz인 2차 0지연 Butterworth low pass filter를 이용하여 고주파 노이즈를 제거하였다. 이 때, 동작 신호 측정 장치와 운전 시뮬레이터는 시간 동기화 하였다.

2.5. 데이터 분석

운전 시뮬레이터로부터 획득할 수 있는 데이터 중에서 차량의 위치 좌표 정보와 선행 차량과의 거리 정보를 이용하여 차선이격거리의 분산계수(Medial-Lateral Coefficient of Variation, MLCV)와 차간거리의 분산계수(Anterior-Posterior Coefficient of Variation, APCV)를 계산하였다.

MLCV는 차량의 좌우 움직임 좌표의 표준편차를 평균으로 나눈 값으로 정의한다(식 1). 이는 주행 차선의 중심을 기준으로 차량의 좌우 움직임의 변동성을 나타내는 지표로서 운전 수행 형태에 영향을 받는 차량의 횡적 통제 변인 중의 하나이다. APCV는 선행 차량과의 거리에 대한 표준편차를 평균으로 나눈 값으로 정의한다(식 2). 이는 차량의 전후 움직임의 변

동성을 나타내는 지표로서 운전 수행 형태에 영향을 받는 차량의 증적 통제 변인 중의 하나이다.

$$MLCV = \frac{ML_{STD}}{ML_{Mean}} \quad (식 1)$$

$$APCV = \frac{AP_{STD}}{AP_{Mean}} \quad (식 2)$$

본 연구에서 MLCV와 APCV는 Driving only 또는 Driving + Secondary task를 수행하는 1분간의 구간 중에서 처음과 끝 10초를 제외한 40초를 분석하였다(그림 2).

동작 신호 측정 장치로부터 얻을 수 있는 마커의 위치 좌표 데이터로부터 동작의 부드러움을 나타내는 저크비용함수(Jerk-Cost function, JC)를 계산하였다. 일반적으로 저크는 동작의 부드러움 혹은 숙련도를 정량적으로 판단할 수 있는 변수로 위치 좌표를 시간에 대하여 세 차례 미분한 값이며, 이는 JC와 정규 저크(Normalized Jerk)를 이용하여 정량화 할 수 있다(Schneider and Zernicke, 1989; Hreljac, 2000; Park and Lee, 2005). 식 3에서 r은 마커에서의 x, y, z 전체 성분의 방향 벡터를 의미하며, t는 분석 구간에서의 시간을 의미한다.

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

본 실험에서는 운전만을 수행 할 때에 비해 운전과 동시과제를 같이 수행하는 경우 운전 동작 패턴이 심하게 변화하였다. 동일한 동작에 대해 JC를 비교하기 위해 시뮬레이터의 가속 페달 반응 정보를 이용하여 Driving only 또는 Driving + Secondary task 수행 구간(40초의 분석 구간) 내에서 피험자의 가속 페달 반응이 0%에서 100%까지 도달하는 시점까지를 데이터 분석 구간으로 선정하였다(그림 3). 상지의 경우 동시과제 수행 시 핸들을 제어하는 왼쪽 부분의 마커만을 분석하였다.

계산은 Matlab v7.3(Mathworks Inc., USA)을 이용하였다. 모든 변인(MLCV, APCV, JC)에 대해 속도(80km/hr, 100km/hr)와 과제(Driving only, Driving + STM, Driving + SN)를 독립 변수로 하는 repeated two-way ANOVA 분석(SPSS 12.0k, SPSS Inc., USA)을 실시하였다.

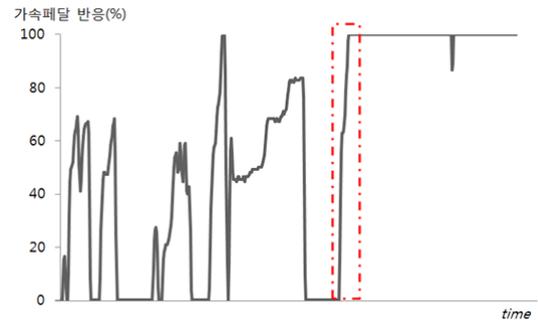


Fig. 3 Analysis period of Jerk-Cost function (JC)

3. 결과

3.1. 차선 이격 거리의 분산계수(MLCV)

그림 4는 속도에 따른 3가지 과제 수행에 대한 MLCV를 나타낸 그림이다. MLCV는 과제에 따라서만 유의한 차이가 나타났다($p < .001$, 표 2). Bonferroni 사후 검증 결과, 80km/hr의 경우 Driving only에 비해 Driving + STM과 Driving + SN 과제 수행 시 유의하게 증가하였다($p = .018$, $p < .001$). 또한, Driving + STM 과제에 비해 Driving + SN 과제 수행 시 유의하게 증가하였다($p = .016$). 100km/hr의 경우 Driving only에 비해 Driving + STM과 Driving + SN 과제 수행 시 유의하게 증가하였다($p = .003$, $p < .001$).

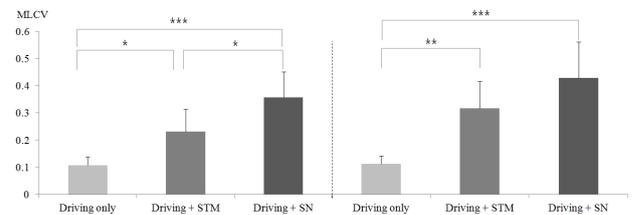


Fig. 4 MLCV due to secondary task and speed

Note: ($p < .05$ [*], $p < .01$ [**], $p < .001$ [***])

Table 2. Results of repeated two-way ANOVA analysis of MLCV and APCV

source	Type III sum of squares	df	Mean square	F	Sig.
MLCV	24516.644	2	12258.322	46.821	.000
APCV	57556.442	2	28778.221	21.968	.000

3.2. 차간 거리의 분산계수(APCV)

그림 5는 속도에 따른 3가지 과제 수행에 대한 APCV를 나타낸 그림이다. APCV도 과제에 따라서만 유의하게 나타났다($p < .001$, 표 2). Bonferroni 사후 검증 결과, 80km/hr의 경우 Driving only에 비해 Driving + STM과 Driving + SN 과제 수행 시 유의하게 증가하였다($p = .017$, $p = .001$). 100km/hr의 경우 Driving only에 비해 Driving + STM과 Driving + SN 과제 수행 시 유의하게 증가하였다($p = .015$, $p = .004$).

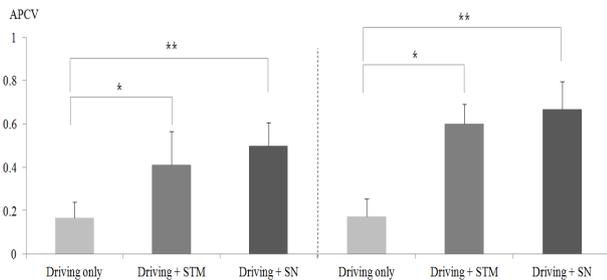


Fig. 5 APCV due to secondary task and speed
Note: ($p < .05$ [*], $p < .01$ [**], $p < .001$ [***])

3.3. 저크비용함수(Jerk-Cost function, JC)

표 3과 같이 3가지 과제에 따라서는 L.shoulder($p = .017$), L.elbow($p = .003$), L.hand($p = .016$), R.knee($p = .006$) 부분에서 JC가 유의한 차이가 있었고, 속도에 따라서는 R.toe($p = .025$)에서만 유의한 차이가 있었다. R.toe의 경우 직접적인 속도 차이를 발생시키는 가속 페달 작동 때문인 것으로 생각된다.

그림 6은 80km/hr 주행 시 3가지 과제 수행에 대한 JC를 나타낸 그림이다. Bonferroni 사후 검증 결과, Driving only에 비해 Driving + SN 과제 수행 시 L.elbow($p < .001$)와 L.hand($p = .002$)에서 유의하게 증가하였다. Driving only에 비해 Driving + STM 과제 수행 시 R.knee에서 유의하게 증가하였다($p = .021$).

그림 7은 100km/hr 주행 시 3가지 과제 수행에 대한 JC를 나타낸 그림이다. Bonferroni 사후 검증 결과, Driving only에 비해 Driving + SN 과제 수행 시 L.shoulder($p = .001$), L.elbow($p = .001$), L.hand($p = .002$), R.ankle($p = .023$), R.toe($p = .008$) 부분에서 JC는 유의하게

증가하였다. 또한 Driving only에 비해 Driving + STM 과제 수행 시 L.shoulder($p = .025$), L.elbow($p = .011$) 부분에서 유의하게 증가하였다.

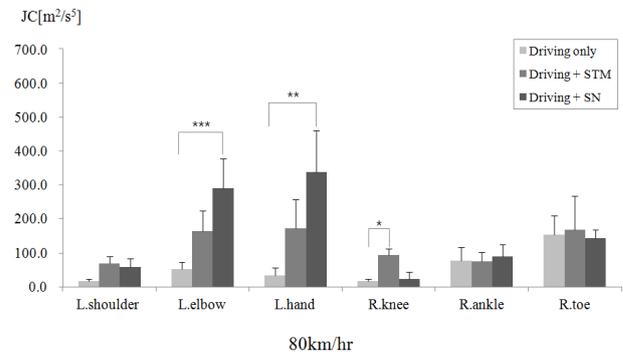


Fig. 6 JC due to secondary task at 80km/hr
Note: ($p < .05$ [*], $p < .01$ [**], $p < .001$ [***])

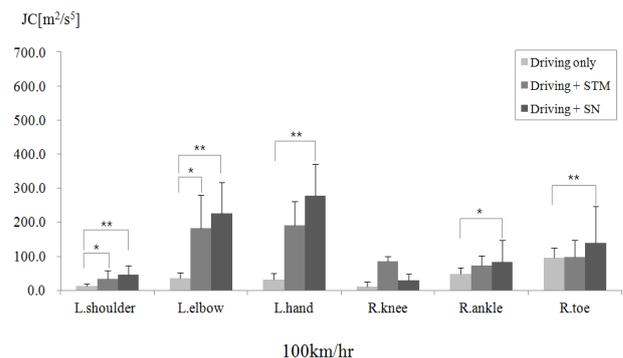


Fig. 7 JC due to secondary task at 100km/hr
Note: ($p < .05$ [*], $p < .01$ [**], $p < .001$ [***])

Table 3. Results of repeated two-way ANOVA analysis of JC

	source	Type III sum of squares	df	Mean square	F	Sig.
L.shoulder	task	463479.240	2	231739.62	4.438	.017
	speed	3454.637	1	3454.637	.047	.830
L.elbow	task	3568381.112	2	1784190.556	6.739	.003
	speed	150891.007	1	150891.007	.483	.494
L.hand	task	4027190.451	2	2013595.225	4.505	.016
	speed	170989.069	1	170989.069	.355	.557
R.knee	task	98167.184	2	49083.592	5.728	.006
	speed	25045.234	1	25045.234	3.118	.090
R.ankle	task	100959.293	2	50479.647	1.779	.179
	speed	71.904	1	71.904	.003	.954
R.toe	task	154985.757	2	77492.879	1.516	.230
	speed	105179.695	1	105179.695	5.753	.025

4. 논의

본 연구에서는 50대 택시 운전자를 대상으로 동작 신호 데이터와 운전 시뮬레이터 데이터를 이용하여 운전 중 동시과제(Driving + Secondary task) 수행이 운전 수행 형태에 어떠한 영향을 미치는지를 차량 통제 정도와 동작의 부드러움 관점에서 규명하고자 하였다.

20~60대 사이의 다양한 연령층을 대상으로 한 쪽 눈을 가리는 등의 시각적 제약을 주었을 때 차선 유지에 어려움을 겪으며 가드레일에 부딪히는 것과 같은 에러율이 높아진다는 사실이 보고되었다(Wood and Mallon, 2001). 또한 운전 중 휴대 전화를 사용하지 않는 경우에 비해 휴대 전화를 사용하는 조건에서 차간 거리 및 차선이격거리의 변산성이 커진다는 연구가 진행되었다(Brumpy et al., 2009). 선행 차량과의 차간 거리가 멀어질수록 변산성이 작아진다는 연구(Mun et al., 2010), 운전 중 네비게이션 사용 시 차선이격거리와 차간거리의 변산성이 커진다는 연구 등이 진행되었다(Mun et al., 2010). 이와 같은 선행 연구로부터 MLCV 및 APCV는 차량의 통제 패턴을 나타내는 신뢰도 높은 지표라는 사실을 알 수 있다.

본 연구 결과 Driving only에 비해 Driving + STM과 Driving + SN 수행 시 MLCV와 APCV가 증가하였다. 이것은 STM 및 SN이라는 동시 과제가 차량의 종적, 횡적 변산성을 증가시켰다는 것을 의미한다. STM에 비해 SN 과제 수행 시 MLCV와 APCV는 증가하는 경향이 나타났다. STM에 비해 SN의 경우 상대적으로 손을 데쉬-보드까지 옮겨가야 하는 동작 부하가 추가적으로 발생하여 차량 통제에 더 어려움을 겪은 것으로 판단된다. MLCV와 APCV의 결과에서 볼 수 있듯이 경력이 많고 운전 전문가라 할 수 있는 택시 운전자라도 운전 중 동시과제 수행은 차량의 안정적인 횡적-종적 통제를 어렵게 한다고 할 수 있다. 또한 STM과 SN이라는 동시 과제는 주의력 분산 중 시각적 주의 측면에 포함되어 운전자의 차선 유지, 차간 거리 유지 등과 같은 요인들에 부정적 효과를 야기한다는 것을 알 수 있었으며, 운전자의 운전 부하 수준을 증가시켰다고 판단할 수 있다.

상지의 굽힘 운동 속도에 따른 JC값을 이용하여 동작의 부드러움을 정량적으로 평가한 연구(Wiegner and Margaret, 1992), 저크를 이용하여 보행 속도와 정규 저크 사이의 관계를 확인한 연구(Tack et al., 2007),

젊은 성인을 대상으로 차간 거리에 따른 운전자의 동작 패턴을 비교한 연구(Mun et al., 2010a) 등 동작과 저크와의 상관관계를 규명한 많은 연구들이 수행되었으며 이들 선행 연구로부터 JC는 동작의 부드러움 또는 숙련도를 나타내는 지표라는 사실을 알 수 있다.

본 연구에서 JC는 Driving only에 비해 STM 및 SN 과제 수행 시 유의하게 증가하였다. 이는 운전 중 동시과제의 수행은 운전자의 부드럽고 능숙한 운전 수행을 방해한다고 할 수 있다. 특히, 하지에 비해 핸들을 직접적으로 조작하는 상지 부분(shoulder, elbow, hand)에서 급격한 차이가 나타났다. 운전만을 수행하는 경우에 비해 동시과제 수행 시 주의력 분산으로 인해 차량의 핸들 조작이 원활하지 못했다고 판단되며, 이것은 운전 수행 능력을 저하시킬 수 있음을 의미한다.

인간의 뇌는 모든 인지 정보를 통합적으로 처리한다. 운전의 경우 집중력을 요하는 행위이므로 주의력 할당 측면에서 동시에 다른 과제를 수행할 경우 운전 수행에 제약을 받을 수 있다. Just(2008) 등은 운전 중 다른 사람과의 대화나 휴대 전화 사용은 운전을 통제하는 뇌 부분의 활동력을 감소시킨다고 보고하였다. 즉, 뇌는 집중하여 쓸 수 있는 유한한 일정량의 능력을 가지고 있기 때문에 다른 작업을 동시에 하는 것에 한계가 있다. 본 연구에서 운전 중 추가적인 과제 수행으로 인해 작업 부하 용량이 증가하여 운전 수행을 위한 동작의 제어가 원활하지 못하고 결과적으로 차량의 횡적, 종적 통제가 어려워졌을 것으로 판단된다.

본 연구에서 동시 과제에 따른 결과를 종합해보면, STM과 SN 과제는 시각적 분산과 오른쪽 상지의 동작 부하가 함께 발생하는 과제로서 STM에 비해 SN 수행 시 증가하는 경향이 나타났다. SN의 경우 시각적 분산과 더불어 네비게이션이 설치되어 있는 데쉬-보드까지 상지를 뺏으면서 체중심이 앞으로 형성되어 일반적인 운전 자세에 비해 불안정성이 높아졌음을 추론할 수 있었다. 또한 STM의 경우 휴대 전화를 주시해야 하는 시각적 분산과 문자 메시지를 작성해야 하는 오른손이 운전 수행 능력을 저하시켰다고 사료된다. 비록, 시선 분산의 측면은 STM 과제가 더 크다고 할 수 있겠지만 결과적으로 차량 통제 및 동작의 부드러움의 측면에서는 동작의 부하가 더 큰 SN 과제가 운전 수행을 더 어렵게 한다고 판단할 수 있다. 추후 다양한 동시 과제의 선정을 통해 운전 수행 형

태에 대해 좀 더 세부적인 평가가 이루어져야 할 것이다.

3 종류의 실험 간에 속도에 따라서 큰 차이가 나타나는 파라메타를 거의 발견할 수 없었다. 그 이유는 시뮬레이터에서 느끼는 속도가 실제 차량으로부터 느끼는 속도와 차이가 있기 때문에, 그리고 피험자가 두 속도 간에 현실감 있는 차이를 못 느꼈기 때문에 이러한 결과가 나타났을 수도 있을 것이다. 이에 대한 추가적인 연구가 필요할 것이다.

본 연구에서는 운전의 능숙함 혹은 전문성이라는 요소와 더불어 운전 수행 중 추가적 부하를 야기하는 휴대 전화와 네비게이션 사용이 운전 수행에 미치는 상대적인 영향력을 비교 분석하였다. 결론적으로 본 연구를 통해 운전 경력이 길고 운전 전문가라고 할 수 있는 50대 택시 운전자도 젊은 성인과 마찬가지로 운전만을 수행하는 경우에 비해 운전과 함께 문자 메시지 전송 또는 네비게이션 검색 과제를 수행하게 될 경우 동작 패턴이 거칠어지고 차량 통제가 어려워진다는 사실을 도출할 수 있었다. 향후 젊은 성인과 장년층의 직접적인 비교가 이루어진다면 연령에 따른 운전 수행 형태의 차이를 명확히 판단할 수 있을 것이라 사료된다. 본 연구의 결과는 안전 운전 수행을 위한 가이드라인 제시에 적극적으로 활용될 수 있을 것이다.

REFERENCES

- Alexander, J., Barham, P., & Black, I. (2002). Factors influencing the probability of an incident at a junction: results from an interactive driving simulator, *Accident Analysis and Prevention* 34(6), 779-792.
- Alm, H. & Nilsson, L. (1995). The effects of a mobile telephone task on driver behaviour in a car following situation, *Accident Analysis and Prevention* 27(5), 707-715.
- Anderson, B. M., Rizzo, M., Block, R. I., Pearson, G. D., & O'Leary, D. S. (2010). Sex differences in the effects of marijuana on simulated driving performance, *Journal of Psychoactive Drugs* 42(1), 19-30.
- Becic, E., Dell, G. S., Bock, K., Garnsey, S. M., Kubose, T., & Kramer, A. F. (2010). Driving impairs talking, *Psychonomic Bulletin & Review* 17(1), 15-21.
- Brumby, D. P., Salvucci, D. D., & Howes, A. (2009). Focus on driving: how cognitive constraints shape the adaptation of strategy when dialing while driving, *Proceedings of the 27th international conference on Human Factor Computing systems*, 1629-1638.
- Cantin, V., Lavalliere, M., Simoneau, M., & Teasdale, N. (2009). Mental workload when driving in a simulator: effects of age and driving complexity, *Accident Analysis and Prevention* 41(4), 763-771.
- Choi, S. H. & Lee, J. S. (2003). The effects of cellular-phone use on driving performance under various driving speed conditions. *Korean Journal of the Science of Emotion & Sensibility*, 6(3), 1-11.
- Choi, Y. I., Park, K. S., Eum, K. S., & Oh, S. H. (2007). The effects of concentration level of telephone conversation on the automobile driver's performance, *Korean Society of Civil Engineering*, 27(2), 165-169.
- Donmez, B., Boyle, L. N., & Lee, J. D. (2006). The impact of distraction mitigation strategies on driving performance, *Human Factors* 48(4), 785-804.
- Hancock, P. A., Lesch, M., & Simmons, L. (2003). The distraction effects of phone use during a crucial driving maneuver. *Accident Analysis and Prevention* 35(4), 501-514.
- Hogan, N. (1984). An organized principle for a class of voluntary movement, *The Journal of Neuroscience* 4(11), 2745-2754.
- Hosking, S. G. & Young, K. L. (2009). The effects of text messaging on young drivers, *Human Factors* 51(4), 582-592.
- Hreljac, A. (1993). The relationship between smoothness and performance during the practice of a lower limb obstacle avoidance task, *Biological Cybernetics* 68(4), 375-379.
- Hreljac, A. (2000). Stride smoothness evaluation of runners and other athletes, *Gait & Posture* 11(3), 199-206.
- Just, M. A., Keller, T. A., & Cynkar, J. (2008). A decrease in brain activation associated with driving when listening to someone speak, *Brain Research* 1205, 70-80.
- Lee, S. J., Yang, J. W., Kim, J. H., Choi, M. H., Kim, H. S., Choi, J. S., Min, B. C., Tack, G. R., & Chung, S. C. (2011). Effects of secondary tasks on vehicle

- speed and distance during driving and brake response time during unexpected situation, *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, 30(3), 403-408.
- Lin, C. T., Chen, S. A., Chiu, T. T., Lin, H. Z., & Ko, L. W. (2011). Spatial and temporal EEG dynamics of dual task driving performance, *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation* 8(11), 1-13.
- Mcknight, A. J. & Adams, B. (1970). Driver education task analysis: Vol. 1. Task description (DOT Tech. Report HS 800-367). Washington, DC: U. S. Department of Transportation.
- Merat, N., Anttila, V., & Luoma, J. (2005). Comparing the driving performance of average and older drivers: the effect of surrogate in-vehicle information systems, *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour* 8(2), 147-166.
- Mun, K. R., Choi, J. S., Kang, D. W., Lee, S. J., Yang, J. W., Choi, M. H., Ji, D. H., Min, B. C., Chung, S. C., & Tack, G. R. (2010). The comparison of driving pattern by gender using driving simulator and motion data, *Journal of the Society of Korea Industrial and Systems Engineering*, 33(2), 56-62.
- Mun, K. R., Choi, J. S., Kang, D. W., Bang, Y. H., Kim, H. S., Lee, S. J., Yang, J. W., Kim, J. H., Choi, M. H., Ji, D. H., Min, B. C., Chung, S. C., & Tack, G. R. (2010). The effects of secondary task on driving performance -control of vehicle and analysis of motion signal-, *Korean Journal of the Science of Emotion & Sensibility*, 13(4), 613-620.
- Park, S. H. & Lee, S. M. (2005). Movement control of chip shot in golf: The validation of normalized jerk, *The Korean Journal of Physical Education*, 44(6), 301-311.
- Remy-Neris, O., Tiffreau, V., Bouilland, S., & Bussel, B. (2003). Intrathecal baclofen in subjects with spastic hemiplegia: assessment of the antispastic effect during gait, *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* 84(5), 643-650.
- Rockwell, T. (1972). Skills, judgement, and information acquisition in driving. *Human Factors in Highway Traffic Safety Research*. New York: Wiley Interscience.
- Schneider, K. & Zernicke, R. F. (1989). Jerk-cost modulations during the practice of rapid arm movement, *Biological Cybernetics* 60, 221-230.
- Strayer, D. L. & Drews, F. A. (2004). Profiles in driver distraction: effects of cell phone conversations on younger and older drivers, *Human Factors* 46(4), 640-649.
- Strayer, D. L., Drews, F. A., & Crouch, D. J. (2006). A comparison of the cell phone driver and the drunk driver, *Human Factors* 48(2), 381-391.
- Summala, H. (1996). Accident risk and driver behavior, *Safety Science* 22(1-3), 103-117.
- Tack, G. R., Choi, J. S., Yi, J. H., & Kim, C. H. (2007). Relationship between jerk cost function and energy consumption during walking, *World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering, IFMBE Proceedings* 14(17), 2917-2918.
- 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* 40(1), 1-7.
- Wiegner, W. & Margaret, W. M. (1992). Kinematic models and human elbow flexion movements: quantitative analysis, *Experimental Brain Research* 88(3), 665-673.
- Wild-Wall, N., Hahn, M., & Falkenstein, M. (2011). Preparatory processes and compensatory effort in older and younger participants in a driving-like dual task, *Human Factors* 53(2), 91-102.
- Wood, J. M. & Mallon, K. (2001). Comparison of driving performance of young and old drivers (with and without visual impairment) measured during in-traffic conditions, *Optometry and Vision Science* 78(5), 343-349.
- Yang, J. W., Lee, S. J., Kim, J. H., Choi, M. H., Choi, J. S., Kim, H. S., Ji, D. H., Tack, G. R., Min, B. C., & Chung, S. C. (2011). Effects of sending text message and searching navigation on skin conductance level and deviation of vehicle speed during driving, *Journal of the Society of Korea Industrial and Systems Engineering*, 34(1), 9-13.
- Zatsiorsky, V. M. (2002). Kinematics of human motion, *Human Kinetics*. Champaign, IL.

580 김한수 · 최진승 · 강동원 · 오호상 · 서정우 · 연홍원 · 최미현 · 민병찬 · 정순철 · 탁계래

원고접수 : 2011.10.06

수정접수 : 2011.11.17

게재확정 : 2011.12.01