

## 근전도 분석을 통한 시내버스 운전자 피로도 분석

### The Fatigue Analysis of Urban Bus Driver with Electromyography (EMG) Analysis

김재준<sup>1</sup>, 김경<sup>2</sup>, 유창호<sup>6</sup>, 오승용<sup>6</sup>, 이찬기<sup>3</sup>, 김동원<sup>3</sup>, 황봉하<sup>4</sup>, 문영주<sup>4</sup>, 정구영<sup>5</sup>, 권대규<sup>6,✉</sup>  
 Jae Jun Kim<sup>1</sup>, Kyung Kim<sup>2</sup>, Chang Ho Yu<sup>6</sup>, Seung Yong Oh<sup>6</sup>, Chan Ki Lee<sup>3</sup>, Dong Won Kim<sup>3</sup>,  
 Bong Ha Hwang<sup>4</sup>, Young Ju Moon<sup>4</sup>, Gu Young Jeong<sup>5</sup>, and Tae Kyu Kwon<sup>6,✉</sup>

<sup>1</sup> 전북대학교 헬스케어공학과 (Department of Healthcare Engineering, Chonbuk National Univ.)

<sup>2</sup> 국립재활원 (National Rehabilitation Center)

<sup>3</sup> 전북대학교 산업정보시스템공학과 (Department of Industrial and Information Systems Engineering, Chonbuk National Univ.)

<sup>4</sup> 현대자동차 (Hyundai Motor Company)

<sup>5</sup> 전북대학교 헬스케어기술개발사업단 (Center for Healthcare Technology Development, Chonbuk National Univ.)

<sup>6</sup> 전북대학교 바이오메디컬공학부 (Division of Biomedical Engineering, Chonbuk National Univ.)

✉ Corresponding author: kwon10@jbnu.ac.kr, Tel: 063-270-4066

Manuscript received: 2011.9.14 / Accepted: 2012.6.29

*In this study, we proposed the most efficient driving posture based on the analysis of quantitative muscular strength and fatigue degree according to posture. Since driving include complicated actions required by a variety of ability and cause by extremes concentration or strain, drivers tend to feel tired easily. However, drivers can't recognize the fatigue degree by themselves. Moreover, the method for measuring the quantitative fatigue degree exactly is quite difficult to be secured. 9 professional bus drivers were participated. We analyzed the quantitative legs' muscular strength when operating each pedal. And then we also analyzed the muscular strength and muscular fatigue degree according to driving pattern during bus driving. Therefore, we suggested the most efficient driving posture.*

Key Words: Electromyography (근전도), Muscle Fatigue (근 피로), Urban Bus Driver (시내버스 운전자), Discomfort (불편도)

#### 1. 서론

시내버스 운전자는 장시간 운전 에 따른 과도한 업무량에 노출되어 정신적 스트레스와 육체적인 피로를 가지고 있을 뿐만 아니라 승객들의 안전에 큰 위험 요인이 되고 있다. 한국도로공사의 통계에 의하면 치명적 사고의 25%가 운전자의 피로에 기인하고, 사업용 자동차 운전자의 30% 이상이 만성피로 증상을 호소하는 등 직업운전자의 운전 피로도 관리가 시급한 실정이다. 또한, 운전 시간이 증가함에 따라 운전자의 주의력이 떨어지고 이는

사고의 위험을 높이는 것으로 보고되고 있다. 미국 교통부 연방도로국 (DTFHA, Department of Transportation Federal Highway Administration)은 고속도로에서 발생하는 사고 중 약 절반 이상의 원인을 운전자의 피로도 누적에 의한 것이라고 보고하고 있다.

한편, 시내버스 운전자의 피로도 및 안락감은 자동차의 성능을 평가하는 가장 중요한 요소 중의 하나이며, 현재까지 시트의 안락감 및 피로도 평가는 운전자가 시트에 직접 앉아서 설문지를 작성하는 것과 같은 주관적인 방법이 보편적으로

제시되었다. 그러나 최근 자동차 업계에서는 자동차 시트의 안락감에 대한 객관적이고 정량적인 평가의 필요성이 제기하고 있으며, 현재 정량적인 운전자 피로도 측정을 위하여, 근전도 (Electromyogram, EMG), 심전도 (Electrocardiogram, ECG), 뇌전도 (Electroencephalogram, EEG) 등과 같은 생리신호를 이용하는 방법이 제안되고 있다.

근전도를 이용한 피로도 분석방법으로 한정수<sup>1</sup> 등은 근전도로부터 척추 근육의 피로도를 정량화하였으며, 척추 근육의 피로도가 척추 손상에 미치는 영향에 대해서 고찰하였고, 안재용<sup>2</sup> 등은 근전도를 이용한 근 피로도 측정 기법을 제안하였다. 근전도를 이용한 운전자 피로도 분석으로서 이인혁<sup>3</sup> 등은 긴장한 운전자의 근육활동에 있어서 긴장한 근육은 운전자의 운동학 특성 (Kinematics)과 운동역학적 특성 (Kinetics)을 변화시킨다고 고찰하였다. 김선용<sup>4,5</sup>은 자동차 운전자의 주행 피로도를 정량적으로 분석함에 있어 생리신호의 이용 방법을 제안하고자 하였으며, 운전자의 피로감 평가 결과 팔꿈치 각도 (elbow angle), 슬관절 각도 (knee angle) 등을 충분히 크게 하여 운전을 할 경우 그렇지 않은 경우에 비하여 피로도를 상당부분 감소시킬 수 있다고 고찰하였다.<sup>6</sup>

Lee 와 Ferraiuolo<sup>7</sup>는 근전도 (EMG) 활동 수준과 체압 분포가 정적인 착좌 실험에 대해 피험자가 생각하는 주관적 판단과 상호 관련이 있음을 밝혔고, Reed<sup>8</sup> 등은 운전자의 불편함에 관계된 연구에서 근전도 측정을 수행하였으며 동적인 상태에서 전기적 신호를 분석하였다. 그리고 Tamura 와 Kuntal<sup>9</sup> 등은 각기 다른 외형의 시트를 사용하여 정적인 상태에서 근육의 활동을 살펴보기 위한 실험을 수행하였고, 중간주파수 (median frequency)와 근피로도의 상관관계를 분석하여 중간주파수로부터 근피도로 측정이 가능함을 입증하였다. 이와 같이 운전 피로도에 관한 연구는 여러 연구자에 의하여 진행되어 왔지만 대부분 개인용 일반 자동차의 운전석을 대상으로 하고 있어서, 연구 결과를 시내버스 운전석 설계에 적용하기는 어려운 실정이다.

본 연구에서는 운전 중 관찰된 버스 운전자의 주요 동작에 대해 근전도 신호를 측정하여 운전자의 피로 수준을 정량화하고, 피로도를 유발하는 원인을 분석하였다. 피로도를 검출하고 정량화하기 위하여 근전도 신호를 측정 및 분석하였으며, 이를 이용하여 운전 시 누적되는 피로의 양을 최소화할 수 있는 방법을 고찰하였다.

## 2. 시스템 구성

본 연구에서는 버스 운전자의 운전 시 근육 사용량 및 피로도에 관한 정량적인 분석을 효과적으로 수행하기 위하여 시내버스용 가상 운전 시스템을 제작하였다. Fig. 1 과 같이 실제 운행 상황을 재현하기 위하여 가상의 버스 운전석 (슈퍼에어로시티 04MY)을 제작하였으며, 실제 운전하고 있는 시각적인 상황을 부여하기 위하여 운전석 정면에 대형 모니터를 설치하고 주행화면을 제시함으로써, 시각 및 청각적 자극을 제공하였다.



Fig. 1 Virtual driving system

실제 운행 상황을 재현하기 위해 가상의 버스 운전석 목업 (슈퍼에어로시티 04MY)을 제작하였으며, 실제 운전하고 있는 시각적인 상황을 부여하기 위하여 운전자 정면에 대형 모니터를 설치하여 주행화면을 디스플레이 함으로써, 시각 및 청각적 자극을 제공하였다. 디스플레이 화면은 실제 버스에 차량용 CCTV 카메라를 장착하여, 일정 구간의 운전 동안 운전자의 시각과 일치하는 화면을 녹화함으로써 제공되었다.

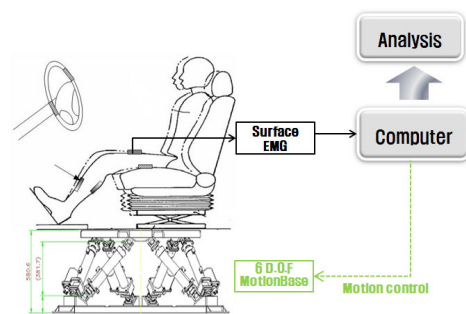


Fig. 2 Block diagram of the experiment

Fig. 3 의 디스플레이 영상은 실제 전주 지역 시내버스에 장착된 차량용 CCTV 카메라에 의하여 녹화된 것으로, 일정한 구간을 운전하는 동안 운전자의 시각과 일치하는 화면이다. 버스 운전 시 도로의 불규칙적인 표면 조건을 인가하기 위하여, 제작된 운전석을 6-자유도 모션베이스 위에 장착하였다. 모션베이스와 실제 영상을 보여줌으로써, 시각과 청각 자극 및 도로의 진동 조건을 나타내는 체성 감각 자극이 제공되는 실제 운전 상황을 연출할 수 있었다. 운전석 제작 시, 강성 스프링을 이용하여 클러치의 밟는 압력과 같은 조건을 제공하였고, 회전형 MR 댐퍼 브레이크를 스티어링 휠 끝단에 부착하여 실제 구동 시와 유사한 스티어링 휠 구동력을 제공하였다. 또한, 운전 시, 운전자의 생리 신호 분석을 위하여 실시간으로 근전도를 측정하였다.



Fig. 3 CCTV images in urban bus

### 3. 실험방법

#### 3.1 피험자

본 연구에서는 운전 중 관찰된 버스 운전자의 주요 동작에 대해 근전도 신호를 측정하여 운전자의 피로 수준을 정량화하고, 피로도를 유발하는 원인을 분석하기 위하여 각 실험은 실제 시내버스 운전자 9명 (169.3±3.4 cm, 67.8±2.6 kg)을 대상으로 수행하였으며, 신장에 따라 3 개의 그룹으로 나누어 실험을 진행하였다. 각 그룹은 163 cm(25%ile) 미만, 163(25%ile) ~ 175 cm(75%ile), 175(75%ile) 초과 등이다.

#### 3.2 실험방법 및 절차

본 연구에서는 피로도를 정량화하기 위하여 근전도 신호로부터 데이터를 분석하고, 이를 이용하여 운전 시 누적되는 피로의 양을 최소화할 수 있는 방법에 대하여 고찰하였다.

실험은 총 1 차, 2 차로 나누어서 진행이 되었으며, 자세한 실험방법 및 절차는 다음과 같다. 1 차 실험은 기본 운전 자세에 대한 근전도 특성 분석으로 등각도 및 거리에 따라서 클러치, 액셀 및 브레이크 작동시의 근력 특성을 확인하였다. 운전석 등받이 각도와 발뒤꿈치 점 (heel point)과 고관절 점 (hip point)의 거리를 달리하여 자세에 변화를 주었으며, 클러치-액셀-브레이크 순으로 총 5 회의 실험을 진행하였다.

Fig. 4 에서와 같이 좌석의 등받이 각도는 1°, 6°, 11° 로 나누었으며 발뒤꿈치 점에서 고관절 점까지의 거리는 피험자 개개인이 편하게 생각하는 위치 (comfortable position)에서 전, 후 방향으로 -3 cm, +3 cm 로 나누었다.

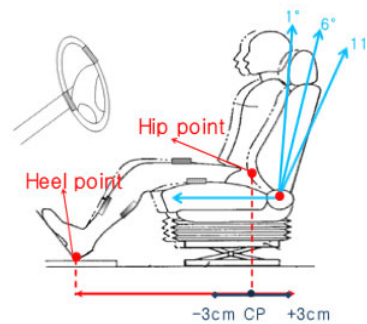


Fig. 4 The Experiment setup for analyzing the fatigue of urban bus drivers

2 차 실험은 주요 동작 조건에 대한 근피로도를 고찰하였다. 실험은 Fig. 5 와 같이 주요 동작 패턴으로 1 차 실험에서 관찰된 클러치 조작 전·후 왼발을 올려놓는 곳인 풋레스트 (footrest) 활용여부에 따른 클러치 조작방식과 Fig. 6 와 같이 액셀-브레이크 조작 방식에서 뒤꿈치를 붙이고 액셀과 브레이크를 밟는 V 자 형식과 다리를 들어 액셀과 브레이크를 밟는 11 자 형식으로 나누어 진행하였다.

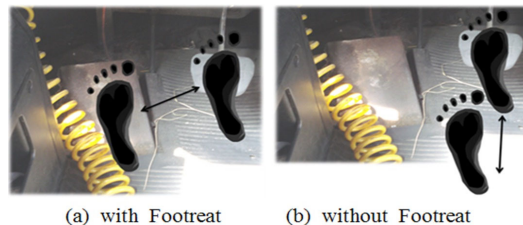


Fig. 5 The clutch operating mode according to the footrest application or not

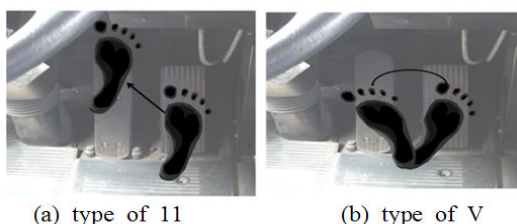


Fig. 6 Accelerator and brake pedal operation mode

근전도 측정은 MP150 (BIOPAC Systems, Inc., USA)을 이용하였으며, Fig. 7 과 같이 대퇴직근 (rectus femoris, RF), 대퇴이두근 (biceps femoris, BF), 전경골근 (tibialis anterior, TA), 비복근 (gastrocnemius, Gn)에서 근전도를 측정하였으며, 측정된 근전도 신호는 주파수 스펙트럼 분석을 이용하여 근력의 활성화 정도를 고찰하였다. 이때 근력의 크기는 FFT (Fast Fourier Transform) 방법을 통하여 얻어지는 파워 스펙트럼의 면적으로 구할 수 있다. 근피로도에는 파워 스펙트럼 분석을 통한 중간주파수 (median frequency)의 감소율을 통하여 분석하였다. 측정된 근전도 신호에서 처음, 중간, 끝부분의 신호를 잘라 파워스펙트럼 분석을 통한 중간주파수 비교 시 운동이 오래 지속될수록 중간주파수의 감소율이 커짐이 확인 되었다. 이는 근육의 피로도가 증가 할수록 중간주파수의 감소가 커짐을 알 수 있다.

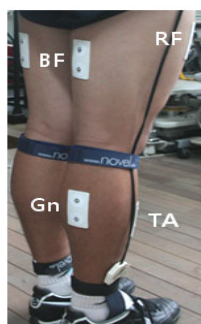


Fig. 7 Measured muscle of the lower limbs

4. 결과 및 고찰

본 연구에서는 운전 중 버스 운전자의 주요 동작에 대해 근전도 신호를 측정하여 운전자의 피로 수준을 정량화하고, 피로도를 유발하는 원인을 분석하고자 한다. 실험은 1 차, 2 차로 나뉘어져 수행됐으며, 1 차는 등각도 및 거리에 따른 근전도 기

초 평가를 하였고, 2 차는 조건 비교에 따른 근피로도 분석을 하였다. 각 실험마다 10 명의 시내버스 운전자들을 대상으로 실험을 하였다.

4.1 근전도 동기화 신호 분석

기본 운전동작 실험은 출발, 가속, 변속, 감속의 순서로 구성되고 피험자 1 명당 5 번의 사이클을 반복하도록 하였으며 1 사이클당 시험시간은 300 초이다. 아래의 Fig. 8 은 그 중 60 초간의 예로서 동기화된 근전도 신호를 나타내며, 그림에서 위쪽 4 개 근육인 왼쪽 대퇴직근 (L.RF), 왼쪽 대퇴이두근 (L.BF), 왼쪽 전경골근 (L.TA), 왼쪽 비복근 (L.Gn)은 클러치 조작 시 발생하는 것이고, 아래쪽 4 개 근육인 오른쪽 대퇴직근 (R.RF), 오른쪽 대퇴이두근 (R.BF), 오른쪽 전경골근 (R.TA), 오른쪽 비복근 (R.Gn)은 액셀 및 브레이크 조작 시 나오는 근전도 신호이다. 수직축은 근전도의 크기를 나타내며 단위는 V(volt)이고, 수평축은 진행시간을 나타낸다.

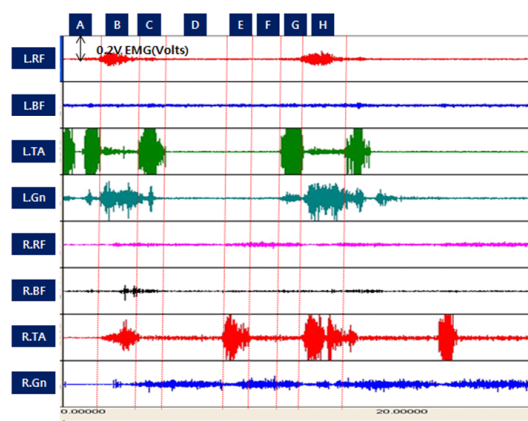


Fig. 8 Electromyography of basics driving motion

Table 1 은 근전도 동기화 신호를 구간별로 활성화 되는 근육을 정리한 것이다. 클러치 조작을 보면 A 구간은 클러치를 밟기 위해 클러치 위에 대기하고 있는 상태, B 구간은 클러치 밟고 있는 상태, C 구간은 최대로 밟고 있는 상태에서 페달을 놓아주는 상태, D ~ F 구간은 클러치 조작 후 풋레스트에서 대기하고 있는 상태이다. G 구간부터는 다시 클러치 조작을 위해 클러치 위에 왼발을 대기하고 있는 상태로써 클러치 조작은 이와 같은 구간의 반복이 일어난다. 액셀-브레이크 조작을 보면 B 구간은 액셀을 밟기 위해 페달 위에 대기하

고 있는 상태, C ~ D 구간까지 액셀 페달을 밟고 있는 상태, E 구간은 최대 조작상태의 액셀 페달을 놓아 주면서 브레이크를 밟기 위해 브레이크 페달로 이동하는 상태, F ~ G 구간은 브레이크를 밟고 있는 상태이다. 클러치와 마찬가지로 H 구간부터 다시 액셀-브레이크 조작이 시작되며 반복된다.

이는 페달 조작 시보다는 페달을 밟기 위해 대기하는 경우 정강이 앞쪽 근육인 좌, 우 전경골근(TA)의 근피로도가 많이 축적됨을 의미한다.

Table 1 Analysis of synchronization electromyography signal

구간	왼발		오른발	
A	클러치 대기	L.TA		
B	클러치 Press	L.BF L.Gn	액셀 대기	R.TA
C	클러치 Release	L.TA	액셀 Press	R.Gn
D	풋레스트 대기	-	액셀 Release & 브레이크 대기	R.TA
E				
F	클러치 대기	L.TA	브레이크 Press	R.Gn
G				
H			브레이크 Release & 액셀 대기	R.TA

### 4.2 페달 조작 시 하지 근력 특성 분석

Fig. 9는 시트위치에 따른 클러치 조작 시 왼발의 근력 활성화도 변화를 나타낸 것이다. 좌석의 등받이 각도는 1°, 6°, 11°로 나누었으며 발뒤꿈치 점에서 고관절 점까지의 거리는 피험자 개개인이 편하게 생각하는 위치 (comfortable position)에서 전, 후 방향으로 +3 cm, -3 cm로 나누었다.

페달 조작은 주로 발목 관절 운동에 해당되기 때문에, 이에 관여하는 전경골근과 비복근에서 주로 근력이 활성화되었으며, 거리가 멀어질수록 발목관절의 배측굴곡 운동범위가 감소하므로 전경골근의 활성화 정도가 감소되고, 반면 페달을 밟

을 때 발생하는 비복근의 활성화가 커지는 경향을 보였다.

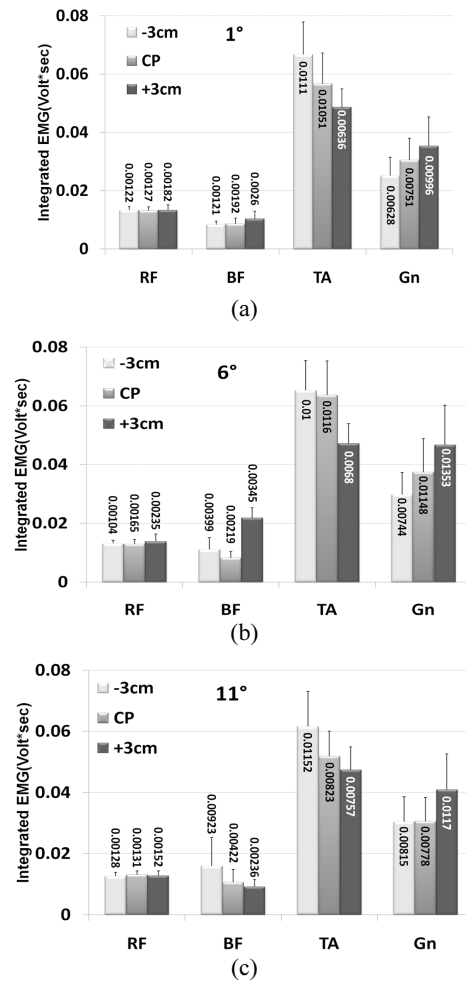


Fig. 9 (a) Left leg electromyography when the seat and backrest angle is 1° (b) left leg electromyography when the seat and backrest angle is 6° (c) left leg electromyography when the seat and backrest angle is 6°

Fig. 10, 11은 시트위치에 따른 액셀, 브레이크 조작 시 오른발 근력의 활성화도 변화를 나타낸 것이다. 클러치와 마찬가지로 좌석의 등받이 각도는 1°, 6°, 11°로 나누었으며 발뒤꿈치 점에서 고관절 점까지의 거리는 피험자 개개인이 편하게 생각하는 위치 (comfortable position)에서 전, 후 방향으로 ±3 cm로 구분하였다.

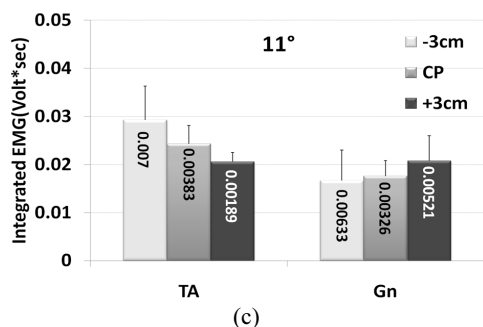
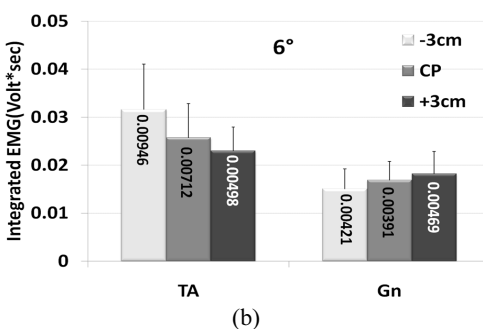
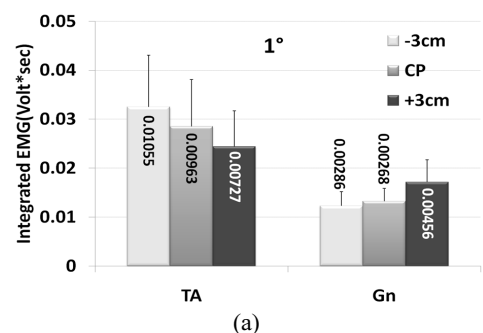


Fig. 10 (a) Left leg electromyography when the seat and backrest angle is 1° (b) left leg electromyography when the seat and backrest angle is 6° (c) left leg electromyography when the seat and backrest angle is 11°

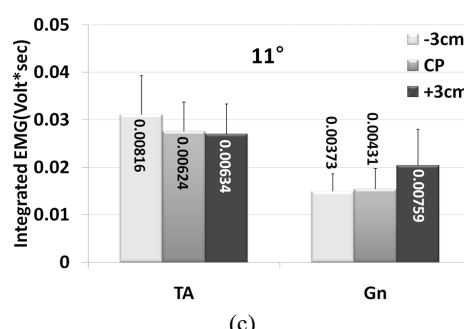
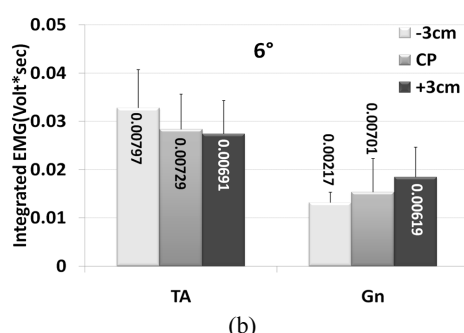
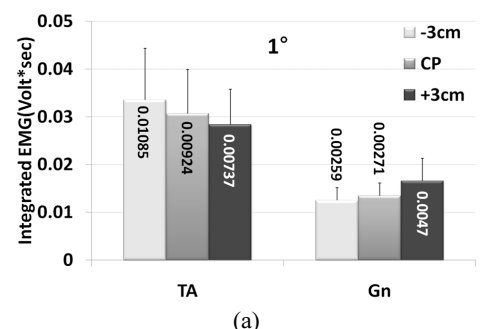


Fig. 11 (a) Left leg electromyography when the seat and backrest angle is 1° (b) left leg electromyography when the seat and backrest angle is 6° (c) left leg electromyography when the seat and backrest angle is 11°

밟을 때 큰 힘을 사용하는 클러치에 비하여 상대적으로 적은 힘을 이용하여 액셀과 브레이크를 밟는 것으로 나타났다. 주로 발목 관절 운동의 페달 조작에 직접적으로 관여하는 전경골근과 비복근이 활성화 되었으며, 클러치에서와 마찬가지로 거리가 멀어질수록 발목관절의 배측굴곡 운동 범위가 감소하여 전경골근의 활성화 정도가 감소되고, 비복근의 활성화도가 커지는 경향을 나타내고 있다. 액셀과 브레이크 사용 시 사용하는 근력은 비슷한 경향을 보였다.

### 4.3 운전 동작 조건에 따른 근 피로도 분석

2 단계로 진행된 실험은 운전 동작 조건에 따른 근전도 특성 분석으로 풋레스트 사용 여부와 액셀-브레이크를 사용하는 방법에 따라서 근전도의 경향을 분석하여 중간주파수를 비교 분석하였다.

Fig. 12 은 클러치 조작 시 풋레스트 사용 여부에 따른 근피로도 분석 결과를 나타내고 있다.

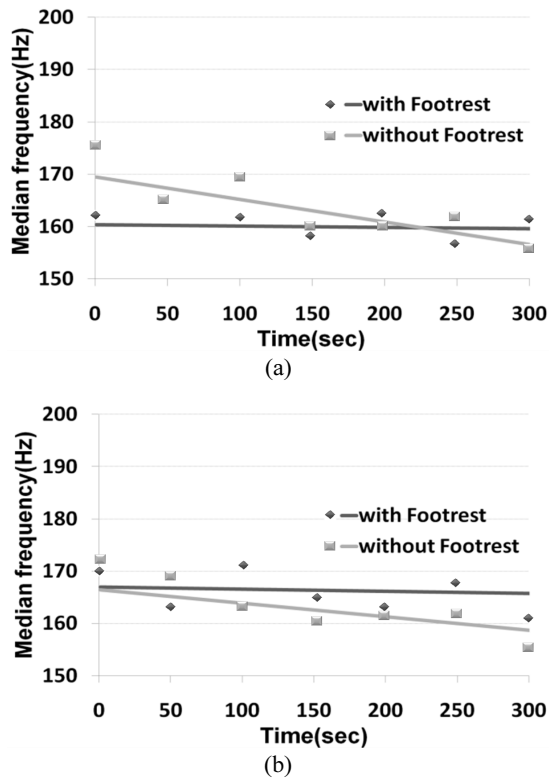


Fig. 12 (a) Comparison of the muscle fatigue is Tibialis anterior (TA) on the with and without using footrest (b) comparison of the muscle fatigue is Gastrocnemius (Gn) on the with and without using footrest

풋레스트 미활용 시 클러치 조작 반응속도가 향상되었지만, 발목관절의 배측굴곡이 커지며, 발 앞 끝으로 딛고 서있기 때문에 근피로도가 높게 측정되었다. 그러나 실제 운전자의 운전 자세는 클러치 조작 반응 속도가 빠른 풋레스트 미활용 자세를 선호하였다.

Fig. 13 는 액셀-브레이크 사용 방법에 따른 근전도 분석을 통하여 근피로도 비교분석한 결과이다. 액셀과 브레이크 작동 시 V 와 11 자의 2 가지 패턴이 사용되었다.

11 자 방식의 경우, 액셀과 브레이크 교차 동작 시 허벅지의 들림 현상이 발생하기 때문에 위쪽 근육인 대퇴직근(RF)과 전경골근(TA)의 피로도가 증가하였다. V 자 방식의 경우, 발뒤꿈치 부분이 고정되어 있기 때문에 밟을 때 쓰이는 대퇴이두근(BF) 과 비복근(Gn)의 피로도가 증가하였다.

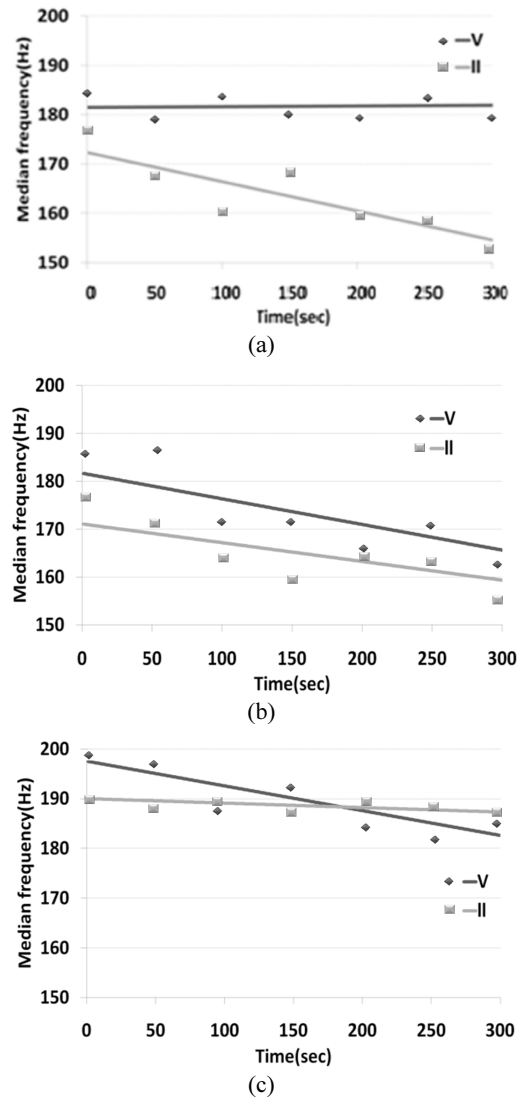


Fig. 13 (a) Comparison of the muscle fatigue is Rectus femoris (RF) on the accelerator and brake pedal works (b) comparison of the muscle fatigue is Tibialis anterior (TA) on the accelerator and brake pedal works (c) comparison of the muscle fatigue is Gastrocnemius (Gn) on the accelerator and brake pedal works

### 5. 결론

본 연구에서는 운전 중 관찰된 버스 운전자의 주요 동작에 대하여 근전도 신호를 측정하여 운전자의 피로 수준을 정량화하고, 피로도를 유발하는

원인을 분석하였다. 정량화할 수 없는 피로도라는 개념을 근전도 신호를 측정하여 유추하고, 이를 이용하여 운전 시 누적되는 피로의 양을 고찰하였으며 본 연구를 통하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

(1) 주행 동작 중 하지 근전도 분석 결과 페달 조작을 위한 대기 자세에서 가장 큰 피로도가 발생함을 확인했다. 특히 클러치 페달의 경우 페달 높이가 높아 변속 전후로 부자연스런 발목 각도를 유발하여 정강이 앞쪽 전경골근 (TA)의 근피로도가 빠르게 누적되었다.

(2) 풋레스트 활용 시 피로도를 감소시킬 수 있으나, 변속 시 반응속도가 불리하여 실제 운전자의 풋레스트 활용도가 매우 떨어졌다. 즉, 잦은 정차 및 변속이 요구되는 주행 조건에서 운전자들이 안락한 자세보다 반응속도가 유리한 위치를 선호하는 경향을 나타낸 것이다.

(3) 액셀-브레이크 전환방식은 2 가지 패턴으로 구분되며 신장별, 지역별로 선호하는 방식이 상이하다. 11 방식은 브레이크 조작 피로도를 줄여줄 수 있으나, 반응속도가 느려서 수도권 운전자의 경우 선호도가 높지 않다. 한편, V 방식은 정강이 뒤쪽 비복근 (Gn)의 근피로도가 빠르게 증가하며, 현재 페달 장착상태에서 신장이 작은 운전자에게는 오작동의 위험이 있다.

현 시내버스 운전석에서 페달 조작 시 근피로도는 대기 상태에서 빠르게 누적되는 것을 확인하였다. 하지만 이를 방지하기 위한 풋레스트는 그 활용도가 낮아 그 위치를 조정할 필요가 있다. 또한, 실험 중 신장별로 느끼는 불편도에 차이가 존재함을 확인하였다. 현 시내버스 운전석은 키가 큰 운전자를 기준으로 설계되었다. 따라서 초기 패키지 설정단계부터 다양한 운전자 신체사이즈를 고려한 검토가 이루어져야 하며 시트를 비롯한 주요 조작 기기들의 조절기능을 활용하여 신장별 불편도 차이를 최소화할 필요가 있다.

## 후 기

본 연구는 현대자동차 NGV 사업 및 지식경제부 지식연계기술개발사업 지원의 일환으로 연구되었으며 이에 감사드립니다.

## 참고문헌

1. Han, J. S. and Kwag, H. S., "Quantification of degree

- of fatigue in back muscle and It's influence on back injury using electromyography measurement," J. Biomed. Eng. Res., Vol. 21, No. 2, pp. 219-224, 2000.
2. Ahn, J. Y., Han, J. S., and Min, K. S., "Measurement of the muscle fatigue patterns using electromyography technique," J. of Korean Orthop. Assoc., Vol. 33, No. 4, pp. 1184-1192, 1998.
3. Lee, I. H., Mun, M. S., and Choi, H. Y., "Muscular activation of bracing driver," J. of the KSPE, Vol. 22, No. 11, pp. 7-15, 2005.
4. Kim, S. W., Park, S. J., and Seong, H. M., "An Assessment Method of Fatigue in a Long-term Driving," Proceedings of the Korean Operations and Management Science Society Conference, pp. 785-791, 2002.
5. Kim, S. W., Park, S. J., and Lee, Y. S., "Development of Evaluation Method of Driver's Fatigue by Physiological Signal," Proc. of KSAE Spring Conference, Vol. 2, pp. 1208-1212, 2003.
6. Park, S. J., Kim, S. W., Kim, C. J., and Kwon, K. S., "A study on the assessment of driver's fatigue," SAE Paper, No. 2002-01-0784, 2002.
7. Lee, J. and Ferraiuolo, P., "Seat comfort," SAE Paper, No. 930105, 1993.
8. Reed, M. P., Saito, M., Kakishima, Y., Lee, N. S., and Schneider, L. W., "An investigation of driver discomfort and related seat design factor in extended duration driving," SAE Paper, No. 910117, 1991.
9. Bush, T. R., Mills, F. T., Thakurta, K., Hubbard, R. P., and Vorro, J., "The use of electromyography for seat assessment and comfort evaluation," SAE Paper, No. 950143, 1995.