Journal of the Ergonomics Society of Korea
Vol. 29, No. 1 pp.61-66, February 2010

고령자 승/하강 편의장치에 대한 효과 검증 및 개선방향 연구*

박우철 · 양영선 · 장치환 · 안대진 · 임성현

현대자동차 인간공학연구팀

Ergonomic Evaluation of Convenient Appliances for Elderly Driver's Ingress/Egress

Woo Chul Park, Young Seon Yang, Chee Hwan Jang, Dae Jin An, Sung Hyun Lim

Ergonomics Research Team, Hyundai Motors, Gyunggi-Do, Hwaseong, 445-706

ABSTRACT

The objective of this paper is to study the usability of the ingress/egress of elderly people, and analyze the physiological workload electromyography (EMG). We investigated the factors of discomfort while the elderly people are using the ingress/egress. Experiments were performed using a seating buck with 22 elderly participants (over 65 years old). The results showed that different muscles are activated during ingress and egress. A system called "easy access" was found which helps to access easily when a driver gets into a car. The current easy access was compared a newly proposed one. It was found that elderly people use less muscle during in/egress in the new easy access system.

Keyword: Elderly, Convenience, Ingress, Egress, Discomfort

1. 서 론

우리나라는 이미 고령화 사회에 진입하여 세계 다른 어느 나라보다 빠르게 고령화가 진행되고 있다. 이러한 추세와 비례하여 고령 운전자도 점차 증가하고 있으며, 고령 운전자의 안전을 고려한 차량개발과 더불어 고령자를 위한 편의성에 대한 관심도 높아져 가고 있다. 특히 차량의 승/하차시 편의성 문제는 고령 운전자를 위하여 필수적으로 해결해야 하는 중요한 과제 중에 하나로 인식되고 있다.

고령자는 비고령자에 비해 좁은 공간에서 승/하차 동작시 더 불편을 느끼는 것으로 조사되고 있다. 20~24세의 기능수준을 100으로 볼 때 55~59세 고령자의 육체적 기능수준은 운동조절능력(59%), 순발력(71%), 단일반응속도(77%), 동작속도(85%)로 반응속도 및 동작조절능력이 감소한다고 알려져 있다(사이토우엔토우, 1990, 일본).

[그림 1]은 고령자가 차량을 승/하차할 때 불편을 느끼는 부위와, 차량에서 영향을 받는 주요 인자들을 불만율이 높은 순서로 도식화한 그래프이다(고령자 승하차 불편항목 설문조사 결과). 그림에서 알 수 있듯이, 고령자는 승차시에는 주로 몸을 굽히고 발을 뻗을 공간이 부족하기 때문에 시트~운전석 대쉬보드, 시트~스티어링 휠 사이에서 신체 접촉이 많이 나타나며, 좁은 공간에서 여러 관절을 움직여야 하기 때문에 하지 근력의 부담도 증가하는 추세를 보이고 있다.

*본 연구는 국토해양부 교통체계효율화사업의 연구비 지원(06교통핵심 C01)에 의해 수행되었음.
교신저자: 박우철
주 소: 445-706 경기도 화성시 장덕동 772-1, 전화: 031-368-2799, E-mail: wendy74@kia.co.kr

그림 1. 고령자의 승/하차시 영향을 미치는 차량 주요 인자 중 불만을 높은 순서(n=30)

특히 여러 가지 신체 동작 중 허리를 굽히거나 몸을 비틀어 탑승하는 동작에서 불편도가 두드러지게 나타난다고 조사되어 있다

본 연구는 고령자의 승/하강 행동패턴을 근거로 근전도 장비를 활용하여 근육부하를 측정하였고, 아울러 주관식 만족도 조사를 통하여 불편함의 근본원인을 파악하였다.

2. 실험 방법

2.1 피실험자 실험 조건

피실험자는 65세 이상의 남자 고령자 22명을 대상으로 승/하차 실험을 하였으며, 신체 조건에 따라 승/하차에 영향을 받을 수 있기 때문에 BMI 지수 기준으로 [그림 2]와 같이 정규분포가 되는 피실험자를 선별하여 실험을 수행하였다.

표 1. 피실험자 조건

구분	실험 조건
평가 인원	고령자 22명 남자
평균 연령	68세±2.6세
평균 신장	1680±45mm
체형분포	승/하차에 의한 체형 영향도를 최소화하기 위해 정상체형(BMI20) ~ 과체중(BMI25)까지 정규분포 조건에 해당하는 피실험자를 선정

* BMI(체질량지수) = {체중÷(신장×신장)}×10000

근전도 측정 부위는 승/하차 주요 동작과 가장 관련있는 다리 및 허리부위 근육을 좌/우 각각 4곳을 선정하여 [그림 3] 같이 선정하였다. 근전도 측정 장비는 Mega社 WBA System(16CH)을 사용하였고, 승/하차 동작 측정 후 Raw Data를 Band Pass Filter(100~400Hz)를 사용하여 필터링하였고, 다시 Root Mean Square(RMS) Averaging 연산을 하여 각 동작별 근육 사용량을 계산하였다.

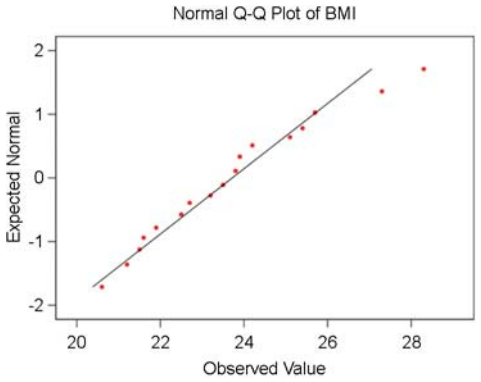
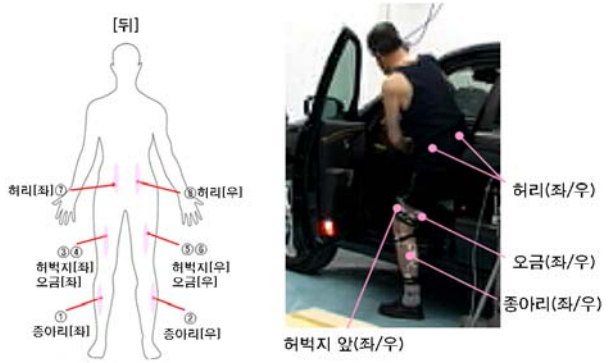


그림 2. 피실험자 BMI 지수분포



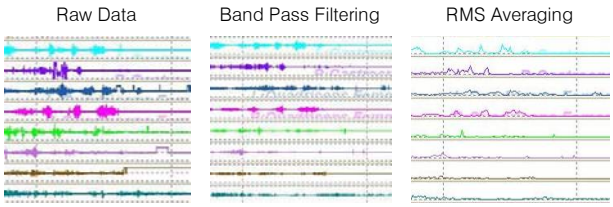


그림 3. 피실험자 근전도 측정 부위 및 데이터 필터링

2.2 실험 동작의 정의

승/하차 동작을 동일한 기준에서 계측하기 위해 각각의 동작을 아래와 같이 정의하였다.

(1) 승차시 측정 조건: 탑승을 위해 오른발이 지면에서 떨어지는 순간부터 시트 착좌 후 왼발이 차량 플로어에 착지되는 순간까지([그림 4] 참조).

(2) 하차시 측정 조건: 하차를 위해 왼발이 차량의 플로어에서 떨어지는 순간부터 차량 하차 후 오른발이 지면에 착지되는 순간까지([그림 5] 참조).

또한 비디오 판별을 병행하여 모든 시험자가 동일 기준의 승/하차 동작 구간에서 소요되는 시간 및 근육 사용량을 계측하였으며, 실험은 총 2회를 반복하여 평균치을 사용하였다.

그림 4. 고령자 승차시 동작패턴

그림 5. 고령자 하차시 동작패턴

2.3 실험 환경 구성

승/하차시 근력을 가장 적게 소모하는 조건을 찾아내기 위해 [그림 6]과 같이 가변 시팅벅 장치에 시트 백, 시트 쿠션 상/하, 시트 전/후 슬라이딩, 스티어링 컬럼 틸팅 및 각도 조절이 가능하도록 시스템을 구성하였으며, 각각이 독립적으로 제어 및 메모리 될 수 있도록 소프트웨어를 구축하였다.

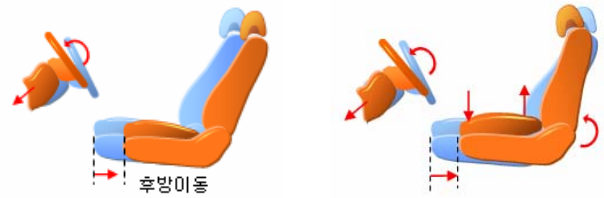
그림 6. 고령자 승/하차 실험장

2.4 승/하차시 시트 조절에 따른 실험 변수 선정

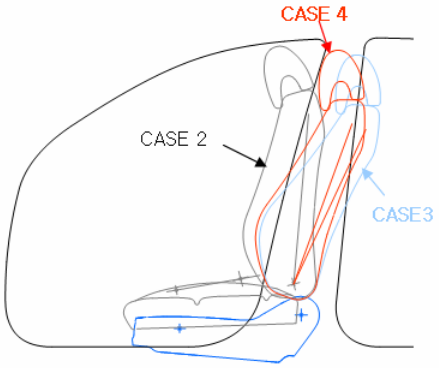
고령자의 운전자세 특성을 조사해본 결과 대부분의 고령자가 스티어링 휠을 최상단으로 셋팅해 놓고 운전을 하는 경향을 보였다. 따라서 본 실험에서는 스티어링휠 작동 조건은 모든 실험에서 틸트 조건을 상방 최대로 하고 또한 텔레스코픽 기능을 전방 최대로 동일하게 적용하였으며, 시트 착좌시 조건만 4가지 타입으로 변경하여 실험을 수행하였다([그림 7]참조).

*[CASE 1]: 현재 양산차에 적용중인 Easy Access 시스템 적용 조건

**착 좌 각 도: 쿠션 높이 변화에 따른 시트백 각도 변경 때문에 본인의 착좌 자세로 보정해 준 각도



(a) CASE 1 개략도 (b) CASE 2/3/4 개략도



(C) CASE 2/3/4 조건의 시트백 각도 조건

그림 7. 시트 조절 실험 변수[CASE 1~4]

고령자 운전자세의 시트백 각도를 조사해본 결과, 일반인에 비해서 시트백을 주로 바로 세워서(upright) 운전하는 것으로 관찰되었다. 즉, 22명 피실험자 평균 시트백 각도는 21.9±2.8도로 시트백 설계 기준으로 삼고 있는 조건보다 시트백을 앞으로 조정한 상태로 운전한다는 것을 알 수 있다. [CASE 2] 조건은 시트백을 별도로 조정하지 않은 상태로 시트 쿠션이 상승함에 따라 시트 쿠션과 구조적으로 연동되어 있는 시트백이 같이 상승하는 조건이다. [CASE 3] 조건은 시트백 각도를 설계 기준 각도로 고정한 상태이고, [CASE 4] 조건은 시트백 각도를 초기 착좌시 자세로 보정시켜준 각도로 운전자의 시트 쿠션은 상승하지만, 시트백은 이전 운전자세와 동일하게 유지되는 특징을 가지고 있다.

3. 실험 결과

3.1 승/하차시 근육부하 분석 결과

승/하차시 시트 조절이 자동으로 조절되지 않은 차량을 기준으로 평소에 주행하던 습관대로 시트 및 스티어링 휠을 셋팅한 후, 승/하차 탑승패턴을 2회간 반복하게 하여 그 때의 근육부하를 근전도로 분석하였다. 그 결과 승차시에는 시트와 스티어링휠 사이 공간이 좁아서 종아리에 근육부하가 많이 발생하였으며, 하차시에는 일어서는 동작이 힘들기 때문에 허벅지 뒤쪽과 오른쪽 허리에서 근육부하량이 상대적으로 많이 발생하는 것을 확인할 수 있었다.

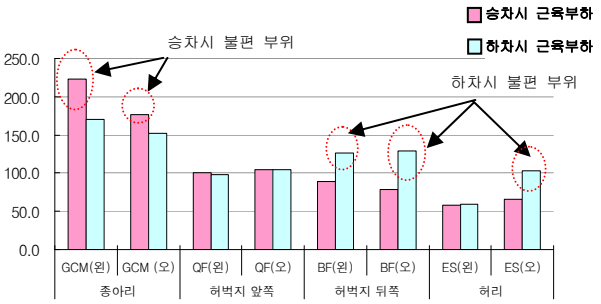


그림 8. 승/하차 동작의 근육부하량 비교

[그림 8]의 결과를 보면 고령자의 승/하차 동작시 승차 조건과 하차 조건에서 각기 사용하는 근육이 다르며, 승차시에는 왼쪽 다리로 지지를 하면서 승차를 하기 때문에 왼쪽 종아리에서 근육부하가 가장 크게 나타났고, 하차시에는 허리를 돌리는 동작과 동시에 몸을 시트 쿠션에서 일으키면서 하차를 해야만 하기 때문에 다른 근육보다 허벅지 뒤쪽 근육과 오른쪽 허리 근육을 많이 사용함을 근전도 동작분석을 통해서 확인할 수 있었다.

따라서 고령자를 위한 승/하차 사용성을 고르게 향상시키기 위해서는 승차시 조건과 하차시 조건 각각에 대한 개선책이 필요함을 위의 실험 결과로 확인할 수 있었다.

3.2 감성평가 분석 결과

감성평가는 9점 척도로 각 실험 변수별 만족도 점수를 조사하였다. 고령자 22명의 감성평가 점수 분포 및 평균점수는 [그림 9]에 나타내었다.

감성평가 결과를 보면 현재 시스템 보다 시트를 후방으로 이동시켜주는 [CASE 1] 조건에서 승/하차시 감성 만족도가 향상되었으나, [CASE 2]의 조건에서는 오히려 만족도가 낮아지는 것을 확인할 수 있었다. [CASE 2]의 경우 시트

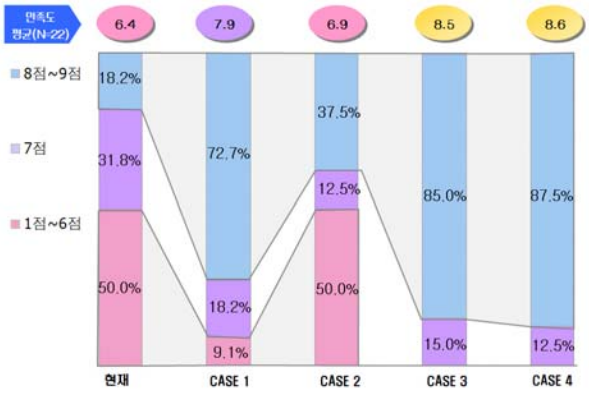


그림 9. 실험 변수별 감성평가 결과

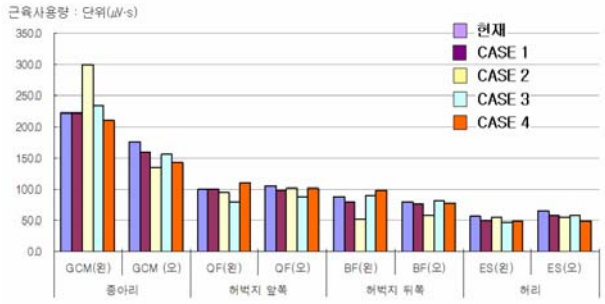
쿠션이 상승함에 따라 시트백과 도어 오프닝과의 공간이 축소되어 승/하차시 머리 공간이 줄어드는 현상이 발생되기 때문에 시트백 각도를 적절히 조절해주어야 함을 확인할 수 있었고, 이 원인을 [그림 10]에 나타내었다. [CASE 3]과 [CASE 4]의 경우 시트백 각도를 조절해줌으로써 감성평가 결과 대부분의 실험자가 만족해 하는 것을 확인할 수 있었다.

그림 10. [CASE 2] 조건의 만족도 하락원인

3.3 승차시 근전도 평가 및 소요시간 분석 결과

[그림 11]에 승차시 각 측정 위치별 근육 사용량을 나타내었으며, 왼쪽 다리와 오른쪽 다리에서 사용하는 총 근육 사용량을 합하여 표현하였다.

[그림 11]의 결과를 보면 현재 시스템 대비 시트를 후방으로 이동시켜준 CASE 1~4까지의 조건에서 모두 동일하게 승차시 총 근육 사용량이 6% 정도 감소하였으며, 승차시 소요시간도 현재 시스템 대비 승차시간이 약 0.4초 정도 단축되는 것을 실험을 통해서 확인하였다. 위의 결과를 보면 승차시에는 시트를 후방으로 이동시켜주는 것이 효과가 매우 좋았으며, 시트 쿠션과 시트백 변화는 승차시에는 효과가 별로 없음을 알 수 있다.



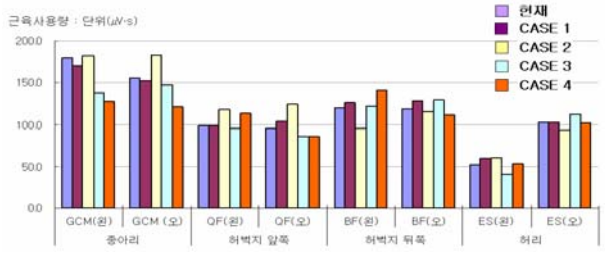
(a) 승차시 신체 부위별 근육 사용량

(b) 승차시 총 근육 사용량 (c) 승차시 소요시간

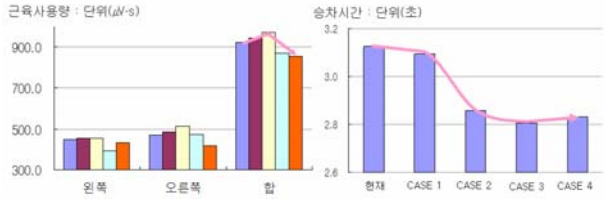
그림 11. 승차시 근육 사용량 및 소요시간

3.4 하차시 근전도 평가 및 소요시간 분석 결과

[그림 12]에 하차시 각 측정 위치별 근육 사용량을 나타내었으며, 왼쪽 다리와 오른쪽 다리에서 사용하는 총 근육 사용량을 합하여 표현하였다.



(a) 하차시 신체 부위별 근육 사용량



(b) 하차시 총 근육 사용량 (c) 하차시 소요시간

그림 12. 하차시 근육 사용량 및 소요시간

[그림 12]의 결과를 보면 흥미로운 사실을 확인할 수 있는데, 승차시에 효과가 있었던 시트를 후방으로만 이동시킨 [CASE 1]의 조건은 하차시에 고령자에게 효과가 거의 없는 것을 확인할 수 있다. 반면 시트 쿠션을 상승시켜주는 시스템이 적용된 [CASE 2~4]는 현재 시스템 대비 하차시 총 근육 사용량이 8% 정도 감소하였으며, 승차시 소요시간도 현재 시스템 대비 승차시간이 약 0.3초 정도 단축되는 것을 실험을 통해서 확인하였다. 위의 결과를 보면 하차시에는 시트를 후방으로 이동시켜주는 것 보다는 시트 쿠션을 경사지게 상승시켜주는 시스템이 효과가 매우 좋았으며, 시트백을 운전자세와 동일하게 유지시켜주는 것이 근육 사용량이 감소된다는 것을 알 수 있었다.

4. 결 론

근전도 측정 장비 및 동작분석을 통하여 고령자의 승/하차시 근육 사용 특성을 파악할 수 있었으며, 가변 시팅벅 목업을 활용하여 비교 실험함으로써 불편도의 근본원인을 찾아낼 수 있었고, 승/하차시 모두 효과가 있는 시스템을 제안하여 적용 효과를 검증함으로써 다음과 같은 결론을 얻었다.

(1) 고령자는 승차시에는 스티어링 휠과 시트 사이의 공간이 좁아서 종아리에 근육부하가 많이 발생하며, 하차시에는 일어서는 동작이 힘들기 때문에 허벅지 뒤쪽과 허리에서 주로 근육부하가 발생한다. 따라서 승차 조건과 하차 조건에서 서로 다른 불편원인이 발생함을 근전도 분석을 통해서 확인할 수 있었다.

(2) 고령자의 승/하차 동작을 도와주기 위해서는 승차시에는 스티어링 휠~시트간 공간을 확보해주는 시스템이 필요하며, 하차시에는 시트 쿠션 및 시트백 각도를 조절하여 엉덩이를 들어주는 시스템이 필요하다.

(3) 현재 승/하차를 도와주기 위해서 개발되어 있는 EASY ACCESS 시스템(시트만 후방이동)은 승차시에만 효과가 있었으며 하차시에는 효과가 없었다.

(4) 고령자를 위해서는 현재 EASY ACCESS 시스템에 시트 쿠션과 시트백을 조절해주는 로직을 추가적으로 적용하여 승차뿐만 아니라 하차시에도 고령자를 도와주는 시스템 적용이 필요하였다.

(5) 개선된 EASY ACCESS 시스템의 경우 감성평가 만족도 뿐만 아니라, 승/하차 모두 근육 사용량을 6~8% 정도 감소시켰으며, 승/하차 시간을 각각 0.4/0.3초 단축하였다.

(6) 본 연구에서 사용된 근전도 측정 장비를 활용하여 개선된 EASY ACCESS 시스템이 승/하차를 보다 쉽고 편리하게 할 수 있는 시스템임을 객관적이고, 정량화된 지표

로 적용 효과를 검증하였다.

(7) 향후 고령자 뿐만 아니라 비고령자에게도 동일한 효과가 나타나는지에 대한 확인 실험이 필요하다고 생각된다.

참고 문헌

Choi, W. J., Sah, S. J. and Choi, H. Y., "Discomfort assessment in ingress/egress motion of older drivers," *KSAE*, 09-B0203, 2009.

Herriotts P, "Identification of vehicle design requirements fot older drivers," *Applied ergonomics*, 36(3), pp.255-262, 2005.

Laughton, C. A., et al., "Aging, muscle activity, and balance control: physiologic changes associated with balance impairment," *Gait & posture*, 18(2), pp.101-108, 2003.

Zhang, L., Helander, M. G. and Drury, C. G., "Identirying factors of comfort and discomfort in sitting," *Human Factors*, 38(3), pp. 377-389, 1996.

Chateauroux Elodie, Wang Xuguang, Pudlo Philippe and Ait El Menceur, "Difficulties of elderly and motor impaired people when getting in and out of a car," *the 11th International Conference on Mobility and Transport for Elderly and Disabled Person*, 2007.

Namamoto, K., Atsumi, B., Kodera, H. and Kanamori, H, "Quantitative analysis of muscular stress during ingress/egress of the vehicle," *JSAE Review*, 24(3), pp.335-339, 2003.

◐ 저자 소개 ◑

❖ 박 우 철 ❖ wendy74@kia.co.kr
서강대학교 기계공학과 석사
현 재: 현대자동차 연구개발본부 인간공학연구팀 책임연구원
관심분야: HMI, 유니버셜 디자인

❖ 양 영 선 ❖ yangys@hyundai.com
부산대학교 건축공학과 학사
현 재: 현대자동차 연구개발본부 인간공학연구팀 연구원
관심분야: 유니버셜 디자인

❖ 장 치 환 ❖ cheehwan@hyundai.com
포항공과대학교 산업공학과 석사
현 재: 현대자동차 연구개발본부 인간공학연구팀 책임연구원
관심분야: 자동차 인간공학, 감성공학

❖ 안 대 진 ❖ djan@hyundai.com
KAIST 산업공학과 석사
현 재: 현대자동차 연구개발본부 인간공학연구팀 연구원
관심분야: 생체역학

❖ 임 성 현 ❖ shlim@hyundai.com
포항공과대학교 기계산업공학부 박사
현 재: 현대자동차 연구개발본부 인간공학연구팀 책임연구원
관심분야: 자동차 인간공학

논 문 접 수 일 (Date Received) : 2010년 02월 02일
논 문 수 정 일 (Date Revised) : 2010년 02월 12일
논문게재승인일 (Date Accepted) : 2010년 02월 12일