

고령운전자의 승/하강 거동 Part 1: 특성 분석

최우진¹, 사성진², 최형연³

¹홍익대학교 기계 공학과, ²프랑스 국립 교통 연구소, ³홍익대학교 기계 시스템 디자인 공학과

Ingress/ Egress of Older Drivers Part 1: Analysis of Motion Characteristics

W. J. Choi¹, S. J. Sha², H. Y. Choi³

¹Department of Mechanical Engineering, Hongik Graduate School, 72-1 Sangsu-dong, Mapo-gu, Seoul, 121-791, Korea

²INRETS-UCBL, 25, avenue François Mitterrand Case 24 F-69675, Bron, France

³Department of Mechanical and System Design Engineering, Hongik University, 72-1 Sangsu-dong, Mapo-gu, Seoul, 121-791, Korea

(Received May 4, 2009. Accepted August 10, 2009)

Abstract

Due to the aging effect, older people have relatively weaker muscular performance, less range of motion in the joint articulation, and the lower sense of equilibrium than younger people. These factors attribute to their slow and clumsy ingress/egress motion. In order to analyze ingress/egress motion strategy of the elderly, healthy thirty 65 or more years old volunteers were recruited. The health condition of the each volunteer was verified by the medical checkup and also their physical capabilities were quantified by six fitness tests. Through the video analysis, older driver's ingress/egress motion strategies were classified and statistically investigated. For a comparison purpose, another thirty young volunteers also participated in the same test protocol and their ingress/egress motion strategies were also included in the statistical analysis.

Key words : Ingress/ Egress(승/하강), Elderly(고령자), motion characteristics(거동 특성)

1. 서론

우리나라 사회의 고령화 현상은 세계 다른 어느 나라보다 빠르게 진행되고 있으며[1] 이와 더불어 고령 연령대의 자가 운전 참여 비율이 점차 늘어나고 있는 추세이다. 1990년대 말 65세 이상 운전면허 소지 인구가 전국 대비 8.5% 였던 것에 비해, 2010년이 되면 20%가 넘을 것으로 예상되며, 2020년이 되면 34%에 가까워질 것으로 전망하고 있다.[2]

고령운전자의 증가로 안전을 고려한 차량 개발과 함께 편의성에 대한 관심 또한 높아져가고 있다. 특히 차량의 승/하강 편의성 문제는 고령운전자들에게 있어서 중요한 디자인 이슈로 제기되고 있다.[3-6]

제한된 차량 레이아웃 조건으로 인해 차량 운행 및 운전 관련된 거동 중 가장 복잡한 일련의 움직임(multiple sequences of

movements)을 요하며 많은 관절 움직임이 동원되는 승/하강 거동은 젊은 운전자들에 비해 근력이 저하되고[7-12] 관절 동작 범위가 감소하며[13-16] 균형 능력이 저하[17-19] 되는 등 신체적 능력이 저하되고 복잡한 움직임을 수행하는 능력이 저하되는[38] 고령운전자에게는 상대적으로 더 큰 불편 요인으로 작용할 것이다.

고령자 승/하강 연구는 고령지원자를 모집하여 실제 차량 또는 목업(mock-up)에 대해 탑승/하차 동작을 수행하도록 한 후 감성 평가 방법을 이용하여 주관적인 불편 정도를 파악하고 수집된 지원자들의 거동을 분석하여 이를 통해 차량 승/하강 거동에 있어서 고령자들의 인간공학적 요구 사항이 무엇인가를 이해하는데 초점을 맞추고 있다.[20,21] 특히, 거동 특성에 대한 이해는 고령자를 위한 제품을 설계하는데 있어서 매우 중요할 뿐만 아니라[22] 최근 들어 실제 인간의 자연스러운 동작을 구현하기 위한 인간공학 시뮬레이션 분야에서 매우 중요한 요소로 여겨지고 있다.[23,24]

Bodenmiller 등[20]은 25세에서 89세에 이르는 36명의 남녀 운전자를 대상으로 3가지 차종(minivan, sedan, pick-up)에 대한 승/하차 거동 연구를 수행하였다. 상체 유연성, 악력, 하지 근력 등

Corresponding Author : 최형연

(121-791) 서울시 마포구 상수동 72-1, 홍익대학교 기계시스템디자인공학과

Tel : +82-2-320-1699 / Fax : +82-2-322-7003

E-mail : hychoi@hongik.ac.kr, hychoi209@hotmail.com

“본 연구는 국토해양부 교통체계효율화사업의 연구비지원(06교통핵심 C01)에 의해 수행되었습니다.”

표 1. 피험자 연령 및 신체 사이즈
Table 1. subject demographics

Group		N	Age (years)	Height (cm)	Weight (kg)
Elderly	male	27	69.5 ± 2.9*	165.9 ± 5.6*	68.1 ± 9.0
	female	3	70.7 ± 7.4*	148.1 ± 4.6*	53.5 ± 4.6
Young	male	19	24.8 ± 2.2	175.8 ± 4.7	73.0 ± 8.5
	female	11	25.1 ± 2.4	161.6 ± 4.4	55.1 ± 9.7

mean±S.D., *p<.001, versus young group

의 신체적 능력을 측정하고 승/하강 수행 시간을 측정하여 이를 객관적 지표로 이용하였으며, 감성 평가 설문지를 이용하여 승/하강 불편 정도를 정량화하여 이를 주관적 지표로 이용하였다. 지원자들의 승/하강 거동은 비디오 촬영을 통해 수집하였다. 연구 결과에 의하면 연령 증가가 차량 승/하강 불편 정도에 영향을 미치는 것으로 나타났으며, 연령이 증가함에 따라 승/하강 수행 시간이 증가하는 것으로 나타났다. 승/하강 수행 시간은 부분적으로 신체적 능력 저하에 기인하는 것으로 나타났으며, 차량 레이아웃 요소에도 영향을 받는 것으로 나타났다. Elodie 등[21]은 40명의 신체 건강한 고령운전자, 젊은 운전자 그리고 거동이 불편한 (인공관절을 착용했거나 거동 장애가 있는) 운전자를 대상으로 4가지 차종(small car, medium car, commercial vehicle, minivan)에 대한 승/하강 연구를 수행하였다. 관절 동작 범위, 근력 등과 같은 신체적 능력을 측정하고 감성 평가 설문지를 이용하여 승/하강 불편 정도를 정량화하였다. 지원자들의 승/하강 거동은 동작 분석 장비(motion capture system)를 이용하여 수집하였다. 연구 결과에 의하면, 승/하강 동작 시 고령자의 어려움은 신체적 능력 저하 정도뿐만 아니라 키와 같은 신체 치수, 그리고 차량 형태에 따라서 달라지는 것으로 나타났다. Ait El Menceur 등[24]은 Elodie 등[21]이 수집한 지원자들의 승/하강 거동을 분석하여 총 8개의 다양한 승/하강 거동 유형을 제시하였으며, 고령지원자와 젊은 지원자 간에 주된 거동 경향 차이가 있다고 밝히고 있다.

본 연구는 국내 고령운전자 승/하강 거동 불편 정도에 영향을 미치는 차량 레이아웃 요소를 도출하고 이를 근거로 고령운전자 승/하강 편의성 향상을 위한 개선 요소 제안을 목적으로 연구를 진행하였다. 이를 위해 국내 대형 세단 자동차를 대상으로 고령지원자의 승/하차 거동 시 편의감성을 측정, 평가하였으며, 비디오 촬영을 통해 동작을 수집하였다. 본 논문에서는 연구 결과에 대한 첫 번째 분석 단계로 고령운전자들이 차량에 타고 내리는 동작을 비디오 영상을 통해 분석한 후 이를 비교령자와 비교하여 고령자의 승/하강 거동 특성을 제시하였다. 고령자는 비교령자와는 다른 승/하강 거동 특성을 보였으며, 통계적 분석 결과 이러한 거동 특성의 차이는 신체적 능력 정도와 관계가 있는 것으로 확인되었다.

II. 승/하강 거동 측정 및 분석

A. 차종 및 지원자 모집 대상

승/하차 감성 평가 대상 차종은 국내 A자동차제작사의 마켓 분석을 위한 설문 조사 결과를 인용하여 대형 세단으로 결정하였다.

고령 지원자 모집은 신체 건강한 국내 고령운전자, 즉 자립적으로(보조 기구 또는 보조자의 도움 없이), 운전을 목적으로 차량에 접근하여 승/하차 및 운전 거동을 수행할 수 있는 기본적인 활동 능력을 지닌 운전자를 대상으로 대한노인회 등의 지원을 받아 30명을 공개 모집하였다. 대조군으로, 20대 운전자 30명(최소 1년 이상의 실제 운전 경험이 있는 자)을 모집하여 동일한 프로토콜로 승/하차 거동을 측정하였다. 모집된 고령 대상군 지원자 및 20대 대조군 지원자들의 연령, 신장, 몸무게를 Table 1에서 보여주고 있다. 신장의 경우 고령자는 대조군과 통계적으로 유의한 차이를 보였으나 몸무게는 유의한 차이를 보이지 않았다.

B. 고령 지원자의 건강 적성 심사

노화는 개인적이고 개별적인 과정으로 고령자 관련 연구에 있어서 간과해서는 안될 매우 중요한 요소이다. 예를 들어, 고령자 중에서는 의자에서 일어날 때, 팔의 지지 없이 일어날 수 있는 고령자가 있는 반면, 지지 없이는 일어날 수 없는 고령자도 있다.[25] 또한, 80대의 고령자가 60-70대의 고령자에 비해 높은 근력을 보유하기도 한다.[26] 고령자를 정의 내리는데 있어서 이러한 노화의 개인차를 극복하기 위해서는 연령이 아닌, 신체 기능 및 체력 관점에서 접근하는 것이 바람직하다. 이러한 접근 방법은 지금까지 수행되어온 많은 고령자 거동 및 신체 활동 관련 연구들이 고령 피험자를 모집하는데 있어서 연령이 아닌 고령자의 건강, 체력상태에 초점을 맞추고 있다는 사실[27,28]에서도 입증되고 있다. 이러한 이유로 본 연구에서는 지원자 선정 시 연령 상한선을 두지 않고, 65세 이상(WHO 고령자 정의 연령), 신체 건강한 고령운전자로 제한하였다. 이를 위해 5가지 기초 균형 및 거동 능력 평가(Romberg test[29], Visual Fields[30], Finger-to-nose test[31], Fukuda test[32], Get up and go test[33])를 수행하였으며 평가 결과 그 능력이 현저히 떨어지는 고령지원자에 대해서는 평가대상에서 제외하였다. 또한, 거동 특성에 영향을 미치는 인자(근력, 관절 동작

범위, 균형 능력)들을 대상으로 20대 대조군과 고령 지원자 간 차이를 비교하여 제시하기 위해 기초 체력 평가를 수행하였다. 평가 항목은 Table 2와 같이 6항목에 대해서 이루어졌다.

C. 승/하강 거동 평가 방법

승/하차 거동 평가 방법은 크게 적응 단계와 평가 단계로 나뉘며 그 각각에 대한 보다 상세한 진행 과정은 다음과 같다.

Phase 1: 적응 단계(familiarization phase): 초기 시트는 가장 후방에 그리고 가장 낮게 위치시키며 등받이 각도는 45도 이상 뒤로 넘겨놓은 상태에서 피검자에게 평소 선호하는 운전자세가 되도록 시트를 조절하도록 하였다. 시트 조절이 완료된 후 실험 환경에 의한 영향을 최소화하기 위하여 승/하차 동작을 10회 이상 반복시켜 차량 레이어아웃에 대해 적응하도록 하였다.[34]

Phase 2: 평가 단계(test phase): 적응 과정 후 승차 거동에 대한 본격적인 평가를 수행하였다. 지원자들은 자연스러운 승차 동작을 수행하도록 지시 받았으며 승차 동작 수행 시 운전석과 조수석 방향에서 승차 동작을 비디오 촬영하였다. 초시계를 이용하여 승차 소요 시간을 측정하였으며, 승차 시간은 문이 열리기 시작하는 시점부터 문이 닫히는 시점까지 측정하였다. 본래 거동 전략을 판단하기 위해 지원자마다 3번 이상 반복 승차하게 하였으며, 촬영된 피험자의 승차 동작 비디오 영상을 분석하여 반복성이 현저히 떨어지는 경우 재 승차를 하도록 하였다. 승차 시도가 모두 완료된 후 하차 과정에 대하여 승차 과정과 동일한 진행방식으로 평가를 수행하였다.

D. 데이터 분석

6가지 기초 체력 결과에 대해서 고령자와 대조군의 평균 측정값을 제시하였으며, 측정된 승/하강 거동 시간을 이용하여 고령자와 대조군의 평균 승/하강 시간을 제시하였다. 남녀 표본 수 비율 차이가 크므로 기초 체력 측정 결과를 제외한 모수 통계 분석에서는 성별을 분리하지 않고 결과를 제시하였다.

고령자와 대조군의 평균 차이를 분석하기 위해 독립 표본 t 검정(independent samples t-test) 방법을 이용하였다. 또한, 승/하강 시간과 신체적 능력과의 상관성을 판단하기 위해 편상관계

(partial correlations) 분석을 이용하여 평균 승/하강 시간과 기초 체력 측정 항목 결과 값과의 상관관계를 제시하였다. 제어 변수는 그룹(65세 이상 고령운전자/ 20대 운전자)으로 설정하였으며, 6가지 기초 체력 중 상지 근력을 대변하기 위해 측정했던 덤벨 들기 (arm curl)는 남성과 여성의 측정 기준이 다른 관계(덤벨 무게가 다름)로 분석에서 제외하였다.

거동 전략 특성은 수집된 비디오 영상 분석을 통해 제시되었다. 비디오 영상을 통한 거동 분석 방법은 현재 동작 분석 기술의 진보에 비추어볼 때 고전적인 방법이라 할 수 있다. 그러나 특정 작업에 대한 거동 전략을 분석하고 이해하는데 있어서 비디오 분석 방법은 선행적으로 수행되는 과정[35,36]이며 이를 통해 정성적 분석 결과가 성공적으로 제시되고 있다.[35-37] 거동 전략 특성을 분석하기 위해 승차 시 다음의 3가지 유형, 1) 전반적인 거동 전략 (overall strategies), 2) 한발 지지 단계에서의 손 지지 전략(hand support strategies during single limb phase), 3) 도어 닫음 거동 전략(door closing strategies) 을 제시하였다. 하차 시에는 비디오 영상을 통해 도어 거동 특성을 파악할 수 없었던 관계로 생략하였으며 1), 2) 에 대한 거동 전략만을 제시하였다. 전반적인 거동 전략의 경우 이전 연구 결과와의 비교를 용이하게 하기 위하여 Ait El Menceur 등[24]의 연구에서 이용된 분류방법과 용어를 채택하였다. 그러나 이전 연구를 통해 분류할 수 없는 거동 전략에 대해서는 따로 그 명칭을 부여하였다. 각 유형별로 발생한 거동 전략이 그룹, 성별, 신장에 따른 차이가 있는지를 알기 위해 독립성 검증(chi-square independence test) 분석 방법을 이용하였다. 이를 위해 그룹과 성별은 각각 65세 이상 고령운전자/ 20대 운전자, 남/녀와 같이 이항 독립변수로 분류되었으며, 신장은 161.0 cm 미만/ 161.0- 168.9 cm/ 169.0- 176.9 cm/ 176.9 cm 초과와 같이 4항 독립변수로 분류하였다. 통계 분석에서 사용된 유의수준은 모두 0.05로 설정하였다.

III. 측정 및 분석 결과

모집된 고령 지원자 중 기초 체력 및 거동 능력 평가를 통해 제외된 인원은 총 3명이었으며, 모두 남성이었다.

표 2. 기초 체력 측정 항목 및 측정 목적

Table 2. six fitness test items

items	purpose
30-second chair stand (no. of stands/ 30sec)	Lower body strength
Arm curl (no. of reps/ 30sec)	Upper body strength
Chair sit-and-reach (cm +/-)	Lower body flexibility
Back scratch (cm +/-)	Upper body flexibility
Single leg stance with eyes open (sec)	Balance performance
Single leg stance with eyes closed (sec)	Balance performance

표 3. 기초 체력 측정 결과
Table 3. Fitness test results

Test items	Group	Male	Female
30-second chair stand (no. of stands/ 30sec)	Young	29.2 ± 4.2	24.7 ± 4.3
	Elderly	21.8 ± 6.0***	24.3 ± 4.5
Arm curl (no. of reps/ 30sec)	Young	25.2 ± 4.4	20.7 ± 4.8
	Elderly	19.0 ± 3.8***	17.0 ± 5.0
Chair sit-and-reach (cm +/-)	Young	7.5 ± 8.8	3.0 ± 11.2
	Elderly	-0.9 ± 9.9**	7.2 ± 4.8
Back scratch (cm +/-)	Young	2.7 ± 11.1	3.2 ± 7.0
	Elderly	-14.7 ± 11.2***	-9.8 ± 19.5
Single leg stance with eyes open (sec)	Young	41.7 ± 6.9	41.1 ± 9.0
	Elderly	10.2 ± 8.1***	17.1 ± 24.2*
Single leg stance with eyes closed (sec)	Young	14.1 ± 12.1	24.9 ± 11.8
	Elderly	3.3 ± 3.6***	5.2 ± 6.2*

mean±S.D., *p<.05, **p<.01, ***p<.001, versus young group within the same gender

A. 기초 체력

Table 3에서는 65세 이상의 고령지원자와 20대 대조군에 대한 6가지 기초 체력 측정 결과를 보여주고

있다. 남성 고령지원자는 6가지 항목 모두 남성 대조군과 비교하여 수행 능력이 떨어지는 것으로 나타났으며, 고령 여성의 경우 대조군 여성과 비교하여 균형 능력을 제외하고 통계적으로 유의한 차이를 나타내지 않았다. 남녀 고령지원자 비교의 경우 표본 수에서 많은 차이(남 27: 여 3)가 날 뿐만 아니라 일부 항목 (Arm curl) 측정 시 기준 도구가 남녀에 따라 차이가 있었기 때문에 통계적으

로 그 차이를 제시하지 않았다.

B. 승/하강 시간

Table 4에서는 고령운전자들의 평균 승/하강 시간을 보여주고 있다. 고령운전자들은 젊은 운전자들에 비해 승차 시 평균 1.7초, 하차 시 평균 2.1 초 느린 것으로 나타났으며, 이러한 차이는 통계적으로 유의한 것으로 나타났다. 승강 시간은 30초 동안 의자에서 일어났다 앉기(30-second chair stand) 횟수, 등 뒤로 손잡기 (Back scratch) 정도와 유의한 상관관계를 갖는 것으로 나타났으며, 하강 시간의 경우 30초 동안 의자에서 일어났다 앉기 횟수와 유의한 상관관계를 갖는 것으로 나타났다.(Table 5 참조)

표 4. 승/하강 수행 시간

Table 4. ingress/ egress performance time

Test items	Young	Older
Ingress time (sec)	4.2 ± 0.7	5.9 ± 1.5*
Egress time (sec)	4.3 ± 0.6	6.4 ± 2.0*

mean±S.D., *p<.001 versus young drivers,

C. 승차 시 거동 전략

1) 전반적인 거동 전략 (overall strategies)

고령운전자들은 승차 시 총 4개 유형의 거동 전략(대조군은 3개 유형)을 나타냈다. 각 거동 전략에 대한 자세한 설명은 아래와 같다.

표 5. 승/하강 수행 시간과 기초 체력 측정 항목 간 편 상관계수

Table 5. partial correlation coefficients, adjusted for group, between ingress/ egress time and fitness test measures.

Test items	Ingress time	Egress time
30-second Chair Stand (no. of stands/ 30sec)	-0.460*	-0.333**
Chair sit-and-reach (cm +/-)	-0.072	-0.161
Back scratch (cm +/-)	-0.259**	-0.128
Single leg stance with eyes open (sec)	0.248	0.241
Single leg stance with eyes closed (sec)	0.221	0.165

*p<.001, **p<.05



그림 1. 한발 측면 슬라이딩(OF-LS)에 대한 연속 사진
 Fig. 1. Sequential snapshots of OF-LS

한발 측면 슬라이딩 (One Foot-Lateral Sliding, OF-LS): 본 전략을 취하는 지원자는 승차 시 안쪽(오른쪽) 다리를 먼저 지면에서 들어 올린다. 이 때, 바깥쪽(왼쪽) 다리로 몸의 무게를 지탱하고 무게 중심 이동을 조절하는 한발 지지 단계(single limb support)가 발생한다. 착좌 과정에서 다른 전략과는 비교되는 안쪽 다리의 엉덩 관절 벌림 동작이 발생하며 이로 인해 안쪽 무릎이 착좌 과정에서 스티어링 휠 아래쪽을 지나가게 된다. 몸 측면이 차량 안쪽으로 향하여 미끄러져 들어가는 듯한 옆 방향 움직임이 발생한다. 왼쪽 발을 차량 안쪽 바닥에 위치시키고 몸을 시트에 착좌 시킨다. Fig. 1에서는 본 거동 전략의 특징적인 일부 모습을 연속 사진으로 보여주고 있다. 고령운전자 43.3%가 승차 시 본 거동 전략을 취하였으며, 대조군에서는 단 6.7%만이 본 거동 전략으로 승차하였다.

한발 후면 이동 (One Foot-Backward Motion, OF-BM): 본 전략을 취하는 지원자는 OF-LS 거동 전략과 마찬가지로 오른쪽 다리를 먼저 지면에서 들어 한발 지지 단계를 수행하게 된다. 안쪽 다리를 스티어링 휠을 중심으로 차량 바닥 왼쪽 편에 위치시키기 위해 몸을 시계방향으로 다소 회전시킨다. 착좌 과정에서 등쪽이 다소 차량 안쪽으로 향하여 뒤로 들어가는 듯한 움직임이 발생한다. 착좌 직후 바깥 다리를 차량 안쪽 바닥으로 옮기는 과정에서 왼쪽 다리를 안쪽으로 위치시키고 몸 정면이 차량 핸들과 마주보도록 하기 위해 둔부를 포함한 하지에 회전 움직임이 발생한다. Fig. 2에서는 본 거동 전략의 특징적인 일부 모습을 연속 사진으로 보여주고 있다. 50%의 고령운전자들이 선택한 본 거동 전략은 OF-LS와 함께 고령운전자들의 승차 시 주된 거동 전략으로 나타났으며,



그림 2. 한발 후면 이동(OF-BM)에 대한 연속 사진
 Fig. 2. Sequential snapshots of OF-BM

그림 3. 한발 정면 이동(OF-FM)에 대한 연속 사진
 Fig. 3. Sequential snapshots of OF-FM

대조군의 경우 90%가 본 거동 전략을 취해 대조군의 주된 승차 전략인 것으로 나타났다.

한발 정면 이동 (One Foot-Forward Motion, OF-FM): 본 전략을 취하는 지원자는 승차 시 머리를 먼저 차량 안쪽으로 향하게 하고 차량 내부를 지지하면서 마치 기어들어가는 듯이 몸을 안쪽으로 이동시킨다. 다리를 옮기는 과정에서 OF-LS, OF-BM 거동 전략과 마찬가지로 한발 지지 단계를 수행하게 된다. Fig. 3에서는 본 거동 전략의 특징적인 일부 모습을 연속 사진으로 보여주고 있다. 단 1명의 남성 고령운전자 (3.3%)만 본 거동 전략을 취하였으며, 대조군에서는 나타나지 않았다.

두발 상체 전방 이동 (Two Feet-Trunk Forward Motion, TF-TF): 본 전략을 취하는 지원자는 두 다리를 지면에 둔 채 등을 차량 안쪽으로 향하게 하고 엉덩이를 먼저 시트에 착좌 시킨다. 착좌 후 두 다리를 지면에서 들어 안쪽으로 이동시켜 차량 바닥에 위치시키며 이 과정에서 상체를 앞으로 숙여 몸을 접는 듯한 동작을 수행한다. Fig. 4에서 본 거동 전략의 특징적인 일부 모습을 연속 사진으로 보여주고 있다. 본 거동 전략은 고령운전자에게서는 나타나지 않았으며, 대조군의 경우 단 1명의 남성 운전자(3.3%)가 본 거동 전략을 취하였다.

두발 상체 후방 이동 (Two Feet-Trunk Backward Motion, TF-TB): 본 전략을 취하는 지원자는 두 다리를 지면에 둔 채 등을 차량 안쪽으로 향하게 하고 엉덩이를 먼저 시트에 착좌 시킨다. 착좌 후 두 다리를 지면에서 들어 안쪽으로 이동시켜 차량 바닥에 위치시킨다. 이 과정에서 상체를 뒤쪽으로 젖혀 몸을 피는 듯한 동작을



그림 4. 두발 상체 전방 이동(TF-TF)에 대한 연속 사진
 Fig. 4. Sequential snapshots of TF-TF

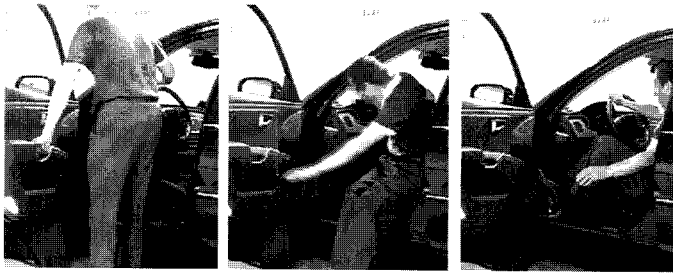


그림 5. 두발상체 후방 이동(TF-TB)에 대한 연속 사진
 Fig. 5. Sequential snapshots of TF-TB

수행하는 점에서 두발상체 전방 이동과 구별되는 전략이라 할 수 있다. Fig. 5에서는 본 거동 전략의 특징적인 일부 모습을 연속 사진으로 보여주고 있다. 단 1명의 고령 남성 운전자(3.3%)가 본 거동을 취하여 차량에 탑승하였으며 대조군에서는 나타나지 않았다.

Table 6에서 보는 것과 같이 이러한 거동 전략들(OF-LS, OF-BM, OF-FM, TF-TF, TF-TB)의 차이는 그룹(65세 이상 고령운전자/ 20대 운전자)에 따라 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났으나, 성별이나 신장 별에 따른 차이는 없는 것으로 나타났다.

2) 한발 지지 단계에서의 손 지지 전략
 (Hand support strategies during single limb phase)

한발 지지 단계에서 손 지지 전략은 크게 3가지로, 두 손을 이용하여 차량 일부를 지지하는 전략(BH), 한 손을 이용하여 차량 일부를 지지하는 전략(OH), 손 지지 없이 한발 지지 단계를 수행하는 전략(NO) 으로 구분하였다. 11명(37.9%)의 고령운전자(대조군은 4명, 13.8%)가 양 손을 이용하여(BH) 차량 일부를 지지하였으며, 14명(48.3%)의 고령운전자(대조군은 12명, 41.4%)가 한 손을 이용하여(OH) 차량 일부를 지지하였다. 4명(13.8%)의 고령운전자(대조군은 13명, 44.8%)는 본 단계에서 손 지지 동작이 나타나지 않았다. 고령운전자들은 차량 지지 부위로 인사이드 핸들을 가장 많이 지지(48%)하는 것으로 나타났으며 도어 프레임(44%), 스티어링 휠(32%) 지지 비율도 높게 나타났다. 또한, 4명의 고령운전자가 시트백 사이드 볼스터를 지지하였으며 1명의 고령운전자는 암레스트를 지지하였다. 대조군의 경우 도어 프레임을 가장 많이 지지(75%)하였으며, 그 다음으로 스티어링 휠(31.3%)을 많이 지지하였다. 인사이드 핸들 지지 비율은 18.8%, 시트백 사이드 볼스터 지지율은 6.4%로 나타났으며 그 외에 2명의 여성운전자가 B 필라를 지지하여 고령운전자에게서 나타나지 않았던 지지 위치를 보였다. Table 6에서 보는 것과 같이 한발 지지 단계에서의 손을 이용한 차량 지지 유형(BH, OH, NO)은 그룹에 따라 다른 것으로 나타났으나, 성별 및 신장별로는 다르지 않은 것으로 나타났다.

3) 도어 닫음 전략 (door closing strategies)
 고령운전자들은 총 4개 유형(대조군은 3개 유형)의 도어 닫음 거

표 6. 승/하강 거동 전략 차이에 대한 독립성 검정 결과
 Table 6. Chi-square independence test

Variable	Category	Motion strategies	Pearson Chi-Square	p-value	
Group	Young drivers Older drivers	Overall	14.495	0.006	
		ingress	Hand support during single limb phase*	8.185	0.017
			Door closing	9.171	0.027
			Overall	2.080	0.556
		egress	Hand support during single limb phase**	2.695	0.260
			Overall	4.605	0.330
Gender	Female Male	ingress	Hand support during single limb phase	2.098	0.350
			Door closing	10.224	0.017
			Overall	4.360	0.225
		egress	Hand support during single limb phase	0.319	0.853
			Overall	10.208	0.598
			Overall	10.157	0.118
Height	Less than 161.0 cm 161.0- 168.9 cm 169.0- 176.9 cm More than 176.9 cm	ingress	Door closing	8.498	0.485
			Overall	8.345	0.500
			Overall	15.871	0.014

*One subject of each group choosing two-foot ingress motion strategy was excluded.
 **Two subjects of each group choosing two-foot ingress motion strategy were excluded.

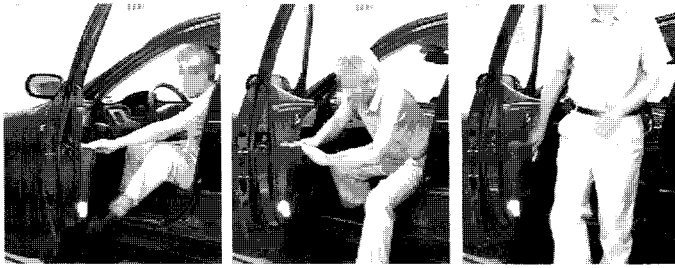


그림 6. 한발 전방 하차(OF-HF)에 대한 연속 사진
Fig. 6. Sequential snapshots of OF-HF



그림 8. 두발 동시 하차(TF-E)에 대한 연속 사진
Fig. 8. Sequential snapshots of TF-E

동 전략을 보였다. 각 거동 전략에 대한 자세한 설명은 아래와 같다. 체중 이동을 이용한 연속적인 도어 닫음 (Continuous Door Closing with Weight Transfer, CDCWT): 본 전략은 차량에 탑승하기 위해 도어를 연 후 몸을 차량 안쪽으로 이동시켜 착좌 시키는 과정에서 왼손을 이용하여 문을 닫기 시작하며 바깥 다리가 차량 바닥에 닿는 것과 거의 동시에 도어를 완전히 닫는 거동 전략이다. 33.3%의 고령운전자가 승차 시 도어를 닫는데 있어서 본 거동 전략을 취하였으며, 대조군의 경우 60% 지원자가 본 거동 전략을 취하여 4가지 유형의 거동 전략 중 가장 높은 거동 전략 비율을 나타냈다.

체중 이동과 함께 단속적으로 도어 닫음 (Discrete Door Closing with Weight Transfer, DDCWT): 본 전략을 이용하는 지원자는 차량에 탑승하기 위해 도어를 연 후 몸을 착좌 시키는 과정에서 왼손을 이용하여 문을 닫기 시작한다. 그러나 CDCWT와는 다르게 바깥 다리가 지면으로부터 떨어져 차량 바닥으로 옮겨지는 과정에서 도어 닫는 동작을 멈춘다. 바깥 다리가 차량 바닥에 위치하기 직전 또는 위치한 직후 다시 도어를 닫기 시작하여 완전히 닫게 된다. 본 거동 전략은 고령운전자에게서만 (20%) 나타났다.

팔을 이용한 도어 닫음 (Door Closing with Arm Pulling, DCAP): 본 전략을 이용하는 지원자는 차량에 탑승하기 위해 도어를 연 후 착좌 하여 바깥 다리가 차량 바닥에 위치하기 직전 또는 직후부터 왼쪽 팔을 이용하여 도어를 닫기 시작한다. 몸이 차량 안쪽으로 이동하는 과정에서 도어 닫는 동작이 발생하지 않는다는 점에서 CDCWT, DDCWT 거동 전략과 구별되는 전략이다.

23.3%의 고령운전자가 본 거동 전략을 취하였으며, 대조군 역시 이와 유사한 비율(26.7%)을 나타냈다.

팔과 상체를 이용한 도어 닫음 (Door Closing with Extended Arm and Torso, DCEAT): 본 전략을 이용하는 지원자는 차량에 탑승하기 위해 도어를 연 후 착좌 하여 바깥 다리를 차량 바닥에 위치시키기 직전 또는 직후부터 도어를 닫기 시작한다는 점에서 DCAP와 유사하나, 팔을 뻗치고 상체를 바깥으로 구부려 도어 인사이드 핸들을 잡고 도어를 닫는다는 부분이 다르다. 23.3%의 고령운전자가 본 거동 전략을 나타냈으며, 대조군의 경우 13.3%가 본 거동 전략을 취하였다.

이러한 도어 닫음 전략들 (CDCWT, DDCWT, DCAP, DCEAT)을 선택하는 유형은 65세 이상의 고령자군과 20대 대조군에서 각각 다른 비율로 나타났으며, 성별에 따라서도 영향이 있는 것으로 나타났다. 그러나 신장별 차이는 없는 것으로 나타났으며 이를 Table 6 에서 보여주고 있다.

D. 하차 시 거동 전략

1) 전반적인 거동 전략 (overall strategies)

고령운전자들은 하차 시 총 3개 유형의 거동 전략(대조군은 4개 유형)을 나타냈다. 각 거동 전략에 대한 자세한 설명은 아래와 같다.

한발 전방 하차 (One Foot-Head Forward, OF-HF): 본 전략을 취하는 지원자는 하차 시 바깥쪽(왼쪽) 다리를 먼저 밖으로 이동시키면서 몸의 정면이 밖을 향하도록 상체를 다소 왼쪽으로 회전시켜 몸을 이동시킨다. 몸이 밖으로 나오는 과정에서 바깥쪽 다리로



그림 7. 한발 병렬 하차(OF-PV)에 대한 연속 사진
Fig. 7. Sequential snapshots of OF-PV



그림 9. 변형 두발 동시 하차(MTF-E)에 대한 연속 사진
Fig. 9. Sequential snapshots of MTF-E

몸의 무게를 지지하고 무게 중심 이동을 조절하는 한발 지지 단계를 수행하게 된다. 두 다리가 모두 지면에 닿았을 때 차량 안쪽을 등지는 방향으로 서 있게 된다. Fig. 6에서 본 거동 전략의 특징적인 일부 모습을 연속 사진으로 보여주고 있다. 대부분 (80%)의 고령운전자들이 본 거동 전략을 취하며 하강하였다. 대조군 역시 대부분 (86.7%) 본 거동 전략을 취하였다.

한발 병렬 하차 (One Foot-Parallel to the Vehicle, OF-PV): 본 전략을 취하는 지원자는 하차 시 바깥쪽(왼쪽) 다리를 먼저 밖으로 이동시키면서 상체를 다소 왼쪽으로 굽혀 몸을 옆쪽으로 이동시킨다. 바깥쪽 다리가 밖으로 나오는 과정에서 바깥쪽 다리 몸의 무게를 지지하고 무게 중심 이동을 조절하는 한발 지지 단계를 수행하게 된다. 두 다리가 모두 지면에 닿았을 때 몸의 정면이 차량 앞뒤 방향과 평행하게 위치한다. Fig. 7에서 본 거동 전략의 특징적인 일부 모습을 연속 사진으로 보여주고 있다. 고령운전자의 13.3% (대조군은 6.7%)가 본 거동 전략을 취하였다.

두발 동시 하차 (Two Feet-Egress, TF-E): 본 전략을 취하는 지원자는 하차 시 양쪽 다리를 먼저 밖으로 동시에 이동시키고 양 발로 지면을 지지하면서 몸을 일으킨다. Fig. 8에서 본 거동 전략의 특징적인 일부 모습을 연속 사진으로 보여주고 있다. 고령운전자

에게서는 나타나지 않았으며, 단 1명의 20대 여성 운전자만이 본 거동 전략을 취하였다.

변형 두발 동시 하차 (Modified Two Feet-Egress, MTF-E): 본 전략을 취하는 지원자는 하차 시 바깥쪽(왼쪽) 다리를 먼저 밖으로 이동시켜 지면에 내려놓은 후 안쪽(오른쪽) 다리를 왼발 인근에 위치시킨다. 양 발로 지면을 지지하면서 몸을 일으킨다. Fig. 9에서 본 거동 전략의 특징적인 일부 모습을 연속 사진

으로 보여주고 있다. 2명의 고령 남성 운전자와 1명의 20대 남성 운전자가 본 거동 전략을 취하였다.

이러한 하차 시 거동 전략들(OF-HF, OF-PV, TF-E, MTF-E)의 차이는 그룹별, 성별, 신장별로 다르지 않은 것으로 나타났으며 이를 Table 6에서 보여주고 있다.

2) 한발 지지 단계에서의 손 지지 전략

(Hand support strategies during single limb phase)

하차 시 한발 지지 단계에서의 손 지지 전략은 승차 시와 마찬가지로 크게 3개 (BH, OH, NO) 전략으로 구분된다. 7.1%의 고령운전자가 양손 (대조군의 경우 3.6%)을, 60.7%의 고령운전자가 한손 (대조군의 경우 42.9%)을 이용하여 차량 일부를 지지하였다.

표 7. 승/하강 거동 전략에 대한 유형별 선택 빈도
Table 7. Frequency of various ingress/egress motion strategies

Motion strategies		Elderly	Young	
Ingress	Overall	OF-LS	13	2
		OF-BM	15	27
		OF-FM	1	0
		TF-TF	0	1
		TF-TB	1	0
	Hand support during single limb phase*	BH	11	4
		OH	14	12
		NO	4	13
	Door closing	CDCWT	10	18
		DDCWT	6	0
DCAP		7	8	
DCEAT		7	4	
Egress	Overall	OF-HF	24	26
		OF-PV	4	2
		TF-E	0	1
	Hand support during single limb phase**	MTF-E	2	1
		BH	2	1
		OH	17	12
		NO	9	15

*One subject of each group choosing two-foot ingress motion strategy was excluded.
**Two subjects of each group choosing two-foot ingress motion strategy were excluded.

IV. 토 의

32.1%의 고령운전자는 본 단계에서 손의 지지 동작이 나타나지 않았다(대조군의 경우 53.6%). 고령운전자들에게 있어서 차량 지지 부위 중 인사이드 핸들 지지 비율 (57.9%)이 가장 높은 것으로 나타났으며, 도어 안쪽 면 (26.3%), 도어 프레임 (21.1%), 스티어링휠 (21.1%)이 유사한 지지 비율을 나타냈다. 대조군의 경우 가장 높은 지지 비율을 나타낸 차량 부위는 도어 프레임 (69.2%)이었으며, 그 뒤를 이어 도어 안쪽 면 (30.8%), 인사이드 핸들 (23.1%), 스티어링휠 (7.7%)의 비율 순으로 나타났다.

Table 6 에서 보는 것과 같이 하차 시 한발 지지 단계에서의 손의 지지 유형(BH, OH, NO)은 그룹이나 성별에 따라 다르지 않으나 신장에 따라 차이가 있는 것으로 나타났다.

위에서 언급된 다양한 승/하강 거동 전략에 대한 유형별 선택 빈도는 Table 7에서 보는 것과 같다. 또한, Fig. 10과 Fig. 11에서는 각각 고령운전자가 차량에 탑승하고 하차하는 동안의 특징적인 모습을 모식도를 통해 보여주고 있다.

일반적으로 고령자들은 젊은 사람들에 비해 동일한 활동을 할 경우 그 수행 시간이 더 오래 걸리는 것으로 알려져 있으며, [38] 이러한 거동 수행 시간은 고령자들의 거동 특성을 이해하는데 있어서 중요한 지표로 이용되고 있다. [20,39-41] 고령자들의 이러한 특성은 부분적으로 연령이 증가함에 따라 감소하는 근력,[20,39,40] 균형능력[40] 등의 신체 능력 저하와 연관이 있는 것으로 알려져 있다. 본 연구 결과는 이러한 특성과 일치하는 결과를 보여주고 있다. 고령운전자는 젊은 운전자들에 비해 승/하강 시 그 수행 시간이 더 오래 걸리는 것으로 나타났으며, 승차 시 수행 시간은 기초 체력 검사 (fitness test) 중 하체 근력을 대변하기 위해 측정된 일어났다 앉기 횡수(30-second chair stand), 상체 유연성을 대변하기 위해 측정된 등 뒤로 손잡기 정도(Back scratch)와 통계적으로 유의한 상관관계가 있는 것으로 나타났다. 하차 수행 시간 역시 하체 근력을 대변하기 위해 측정된 일어났다 앉기 횡수

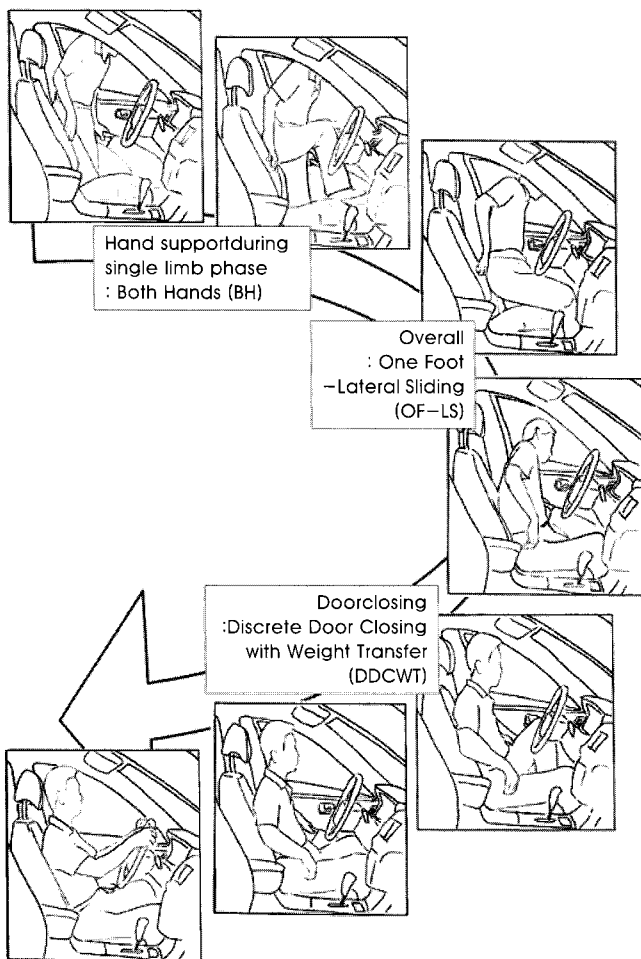


그림 10. 고령운전자 승차 거동 전략 모식도

Fig. 10. Schematic flow of motion strategies when older drivers getting into a car

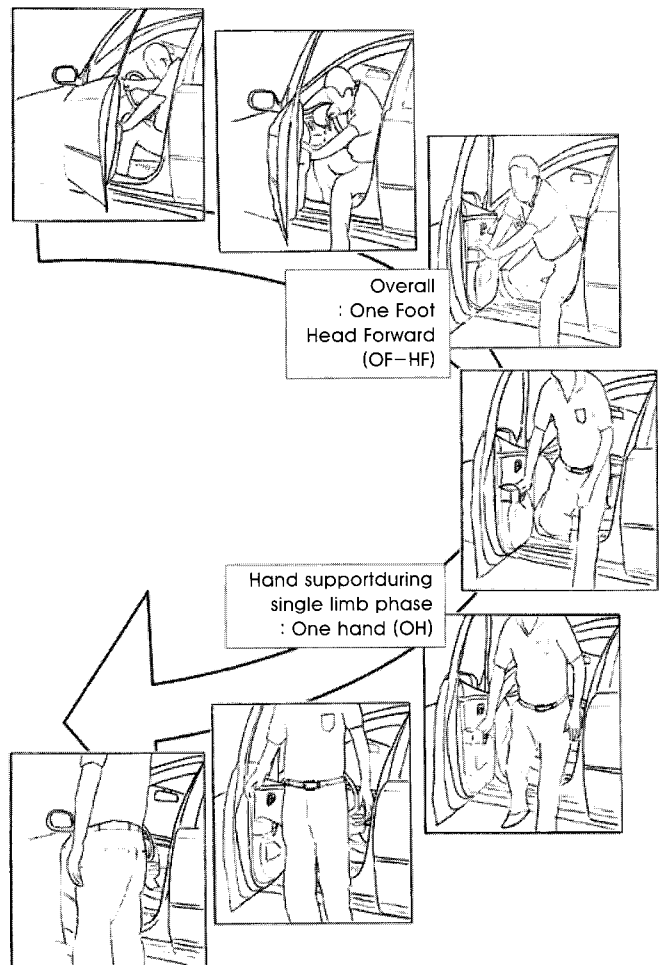


그림 11. 고령운전자 하차 거동 전략 모식도

Fig. 11. Schematic flow of motion strategies when older drivers getting out of a car

와 밀접한 관계가 있는 것으로 나타났다. 또한, 승/하강 수행 시간의 증가는 승/하강 거동을 어렵게 만들 수 있는 사이드 실(sidesill)이나 시트 높이와 같은 차량 디자인 레이아웃에도 영향을 받을 수 있다.[20,41]

승차 시 한발로서 있는 단계에서 손의 지지는 고령자들의 또 다른 거동 특성을 반영하고 있다. 한쪽 다리만을 이용하여 전체 몸의 무게를 지지해야 하는 동시에 균형을 유지하기 위해 무게 중심의 이동을 적절히 조절해야 하는 한발로 선 단계의 특성 상 본 단계는 고령자들에게 승차 시 어려움을 유발하는 원인이 될 수 있다. 승/하강 시 고령자들의 손 지지는 이러한 어려움을 보상하려는 동작으로,[38] 본 연구 결과를 통해서도 이를 잘 볼 수 있다. 한발로서 있는 단계에서 20대 운전자들의 주된 전략은 손 지지 없이 무게 중심을 이동하는 것(NO)인데 반해, 고령운전자들의 86.2%는 적어도 한 손 이상을 이용하여 차량의 일부분을 지지하면서 무게 중심을 이동시키는 전략(BH, OH)을 취하였다. 이러한 차이는 하차 시에도 유사하게 나타났다. 하차 시 한발로서 있는 단계에서 대조군의 주된 전략(53.6%)은 승차 시와 마찬가지로 손 지지 없이 무게 중심을 밖으로 이동시키는 것이었으나, 고령운전자들은 단 2명을 제외하고 적어도 한 손 이상을 이용하여 차량 일부분을 지지하고 무게 중심 이동을 돕는 것으로 나타났다. 이러한 지지 특성은 어떤 특정 동작을 수행하는데 있어서 안정적이고 안전한 동작이 되도록 거동을 수행하려는 특성[38]을 반영하는 것이라 할 수 있다.

승차 시 도어 닫음 전략에서도 고령운전자는 20대 대조군과는 다른 거동 특성을 보여주었다. 승차 시 “체중 이동과 함께 단속적으로 닫음(DDCWT)” 전략은 젊은 운전자들의 주된 도어 닫음 거동 전략인 “체중 이동을 이용한 연속적인 닫음(CDCWT)” (60%)이 변형된 전략으로 보인다. DDCWT 전략은 바깥 다리를 도어에 걸리지 않도록 안전하게 차량 안쪽으로 이동시킬 수는 있는 장점이 있다. 그러나 이렇게 도어를 잠시 멈춤으로써 무게 중심이 차량 안쪽으로 이동할 때 발생하는 운동량을 일부 이용하여 도어를 닫는 CDCWT 전략의 이점을 포기하게 된다. 이는 도어를 닫기 위해 CDCWT 전략에 비해 더 많은 힘을 발휘해야 하는 것을 의미한다. 고령운전자에게서만 관찰된 이 거동 유형은 신체적 능력(근력 또는 관절 동작 범위) 부담을 감수하고서라도 거동을 안전하게 또는 안정적으로 만들려는 고령자 일반 거동 특성이 반영된 것으로 볼 수 있으며,[16,42] 연령이 증가함에 따라 복잡한 동작 (complex movements, those with multiple sequences of movements)을 수행하는 능력이 저하되는 특성[38]이 반영된 것으로도 이해할 수 있다. “팔과 상체를 이용한 도어 닫음(DCEAT)” 거동 전략 역시 이러한 고령자 거동 특성을 반영하고 있다. 23.3%의 고령운전자들이 취한 본 도어 닫음 거동 전략은 도어와 신체 간 거리를 가깝게 유지하도록 조절 하는데 초점을 맞춰야 하는 다른 전략과는 다르게, 이보다는 도어를 최대한 열어 출입 공간을 충분히 확보하고 착좌에 초점을 맞추므로써 안정적으로 몸을 차량 안쪽으로 이동시키는 거동 전략으로 이해할 수 있다. 그러나 이러한 안정적 착좌 이후에는 왼쪽 팔을 쪽 뺀치고 상체를 밖으로 구부려 인사이드 핸들을

잡은 후 도어를 닫아야 하는 신체적 부담이 따르게 된다.

승차 시 전반적인 주된 거동 유형 차이에서도 고령운전자와 대조군과의 거동 특성차이를 볼 수 있었다. 먼저, 젊은 운전자의 주된 전략으로 받아들여지고 있는 “한발-후면 (OF-BM)” 거동 전략 [24,35]은 본 연구에서도 20대 운전자 중 90%가 이를 취하며 동일한 결과를 보여주었으며, 50%의 고령운전자가 선택한 고령운전자의 주된 거동 유형 중 하나로 나타났다. 이와는 다르게 43.3%의 고령운전자가 취한 “한발 측면 슬라이딩 (OF-LS)” 거동 전략은 대조군과 비교되는 고령운전자의 또 다른 주된 전략으로 나타났다. 이는 Ait El Menceur 등[24]의 연구결과와도 일치하는 결과이다. “한발-후면 (OF-BM)”에 비해 승차 시 자세 조정이 단순화된 거동 전략인 “한발 측면 슬라이딩 (OF-LS)” 전략은 하지 자세를 수정해야 하는 수고를 덜 수는 있지만[24,35] 더 큰 엉덩 관절 벌림 동작이 요구된다.[43] 신체적 능력 (근력 또는 관절 동작 범위) 부담을 감수하고서라도 거동을 안전하게 또는 안정적으로 만들려는 고령자의 거동 경향[16,42]을 다시 한 번 보여주고 있다. 고령자가 취하기 쉬운 승차 동작으로 이해되는[43] “한발 정면 (OF-FM)” 전략은 단 1명의 고령운전자(3.3%)에게서만 나타났으며, Ait El Menceur 등[24]과 Rigel 등[35]의 연구 결과에서도 유사한 관찰 빈도율을 보여주고 있다. 두발 승차 전략의 경우 본 연구에서는 단 1명의 고령 남성 운전자와 1명의 20대 남성 운전자에게서만 나타났다. 자세의 호트러짐이 적고 엉덩 관절 가동 범위가 작으며[43] 한발 지지 단계가 없어 하지 근력 부담이 크지 않아 [44] 가장 적은 신체적 부담을 주는 두발 승차 전략은 거동이 불편한 (인공관절을 착용했거나 거동 장애가 있는) 자에게서 더 높은 빈도로 관찰되는 거동 전략[24]으로 이해된다. 본 연구에 참여한 고령자들이 신체 건강한 고령자인 점을 고려해 볼 때 관찰 빈도가 매우 낮은 이유를 설명할 수 있겠다. 그러나 두발 승차 전략이 젊은 운전자에게서도 드물게 나타나는[24,35] 점을 미루어 본 거동 전략을 단순히 신체적 능력만으로 이해하는 것은 어려워 보인다.

하차 시 고령자의 주된 전반적인 거동 전략은 “한발 전방 하차 (OF-HF)” 인 것으로 나타났으며 80%의 빈도율을 보여주었다. “한발 전방 하차 (OF-HF)”는 하차 초기자세에서 상체 회전 움직임을 수반한다. 이로 인해, 시트에서 일어나는 과정에서 등 쪽이 차량 안쪽을 향하게 되며 상체가 다소 굽어져 무게 중심이 앞쪽으로 이동하게 된다. 일반적으로, 의자에서 몸이 떠나는 순간은 의자에서 일어나는 거동 시 가장 불안정한 자세를 유지하게 되는 순간으로 고령자는 이러한 불안정한 자세를 피하기 위해 무게 중심을 발목 관절 앞쪽으로 위치시키는 경향이 있다.[45] 이러한 점으로 미루어 보아 “한발 전방 하차 (OF-HF)” 거동은 하차 동작에서 가장 어려운 동작이라 할 수 있는 시트에서 일어나는 동작을 고령자들이 수행하기 적절한 형태의 거동 전략이라 할 수 있다. 이러한 이유로 대부분의 고령운전자들이 “한발 병렬 하차 (OF-PV)” 보다 더 많은 자세 조정을 요하는 본 거동 전략을 선택한 것으로 보이며, 하차 시 거동 전략에 있어서 대조군과 뚜렷한 차이를 보이지 않는 원인인 것으로 보인다. 두발 하차 전략의 경우 관찰 빈도가 매우 낮았

으며, 이는 승차 시 두발 전략에서 언급했던 것과 마찬가지로 본 연구 참여자들이 신체 건강한 고령자였기 때문이라 여겨진다.

V. 결론

본 연구에서는 신체 건강한 국내 고령운전자들의 승/하강 거동을 관찰하고 이를 20대 대조군의 거동과 비교하여 고령운전자들의 승/하차 거동 특성에 대해 심도 있게 제시하였다. 그러나 본 연구는 다음과 같은 한계점을 지니고 있다.

먼저, 고령 여성운전자들의 표본 수가 남성에 비해 상대적으로 적어 비교를 논하는데 있어서 그 한계가 있다. 지원자 모집 시 남녀 비율에 대해 목표치를 설정한 것이 아니었으며, 대조군 여성 운전자와 비교해서 고령 여성 운전자를 모집하는데 상당한 어려움이 있었다. 이는 현실적인 고령 여성의 자가 운전 참여 비율이 반영된 것으로 판단된다.

또한, 전체 표본수에 있어서도 작은 한계점을 나타낸다. 기초 체력 측정 결과, 일부 측정 항목에서 나타난 큰 표준 오차 범위가 이를 반영하고 있는 것으로 판단된다. 특히, 고령자의 경우 노화의 개인차가 반영되어 표준 오차 범위를 더욱 가중시킨 것으로 보인다. 따라서 본 논문에서 제시된 기초 체력 측정에 대한 통계 결과를 전체 집단으로 확대해석하는데 주의를 요한다. 그러나 본 연구에 참여한 지원자들 간 비교에 있어서는 의미를 갖는다고 할 수 있다.

본 연구 분석 결과를 통해 도출된 대조군과 대비되는 고령운전자들의 승/하차 거동 특성을 요약하면 다음과 같다.

- 1) 느린 승/하강 수행 시간: 동작 수행 시간의 증가는 연령에 따른 신체 능력의 저하와도 연관이 있을 뿐만 아니라, 거동을 어렵게 만드는 설계 요소와도 연관성이 있을 수 있다. 따라서 본 차량 디자인 레이아웃 요소들이 고령운전자들 승/하강 거동에 미치는 영향에 대한 분석이 필요할 것이다.
- 2) 안전하고 안정적인 거동 추구: 이러한 거동 특성으로 인해 많은 고령운전자들이 승/하차 시 손으로 차량 일부를 지지하는 전략을 취하였다. 따라서 이를 보다 효율적으로 도울 수 있는 적정 지지 위치에 대한 연구가 필요할 것으로 여겨진다. 또한 안정적이고 안전한 거동 추구 특성은 승차 시 도어 닫는 동작을 어렵게 만드는 것으로 나타났으며 이러한 어려움을 감소시켜 주기 위한 보조 장치 또는 인사이드 핸들의 적정 위치에 대한 연구가 필요할 것으로 여겨진다.

추후 연구에서는 본 연구를 통해 수집된 차량 디자인 레이아웃 요소에 따른 주관적 불편 정도를 이용하여 두 번 시간 상관성을 도출하고 고령운전자 승/하강 불편도 감소를 위해 개선이 필요한 주요 디자인 레이아웃 요소를 제시할 예정이다.

참고문헌

[1] H. R. Moon and F. Tamio, "The comparative research of universal design based on Korean and Japanese demographic and

economic change", *Journal of Korean Society of Design Science*, vol.19, No.3, pp. 117-130, 2006.

- [2] 신연식, "고령운전자의 운전행태 고찰 및 안전운전대책 연구", 교통개발연구원, pp.30-37, 2001
- [3] A. J. Yanik, "Vehicle Design Considerations for older drivers", SAE 885090, pp.684-694, 1988.
- [4] C. S. Saunby and C. C. Matle, "Assessment of importance of automotive characteristics by older and younger drivers", *SAE transactions*, vol. 103, No. 6, pp.450-460, 1994.
- [5] S. A. Shaheen and D. A. Niemeier, "Integrating vehicle design and human factors: minimizing elderly driving constraints", *Transportation research Part C, Emerging technologies*, vol.9, No.3, pp.155-174, 2001.
- [6] P. Herriotts, "Identification of vehicle design requirements for older drivers", *Applied ergonomics*, vol.36, No.3, pp.255-262, 2005.
- [7] The National Isometric Muscle Strength(NIMS) Database consortium, "Muscular Weakness Assessment: Use of Normal Isometric Strength Data", *Archives of physical medicine and rehabilitation*, vol.77, No.12, pp.1251-1255, 1996.
- [8] R. W. Bohannon, "Reference Values for Extremity Muscle Strength Obtained by Hand-Held Dynamometry From Adults Aged 20 to 79 Years", *Archives of physical medicine and rehabilitation*, vol.78, No.1, pp.26-32, 1997.
- [9] E. D. Runnels, D. A. Bemben, M. A. Anderson, and M. G. Bemben, "Influence of Age on Isometric, Isotonic, and Isokinetic Force Production Characteristics in Men", *Journal of geriatric physical therapy*, vol.28, No.3, pp.74-84, 2005.
- [10] T. D. Cahalan, M. E. Johnson, and E. Y. Chao, "Quantitative measurements of hip strength in different age groups", *Clinical orthopaedics and related research*, No.246, pp.136-45, 1989.
- [11] I. R. Lanza, T. F. Towse, G. E. Caldwell, D. M. Wigmore, and J. A. Kent-Braun, "Effects of age on human muscle torque, velocity, and power in two muscle groups", *Journal of applied physiology*, vol.95, No.6, pp.2361-2369, 2003.
- [12] R. S. Lindle, E. J. Metter, N. A. Lynch, J. L. Fleg, J. L. Fozard, J. Tobin, T. A. Roy, B. F. Hurley, "Age and gender comparisons of muscle strength in 654 women and men aged 20-93 yr", *Journal of applied physiology*, vol.83, No.5, pp.1581-1587, 1997.
- [13] N. Doriot and W. Xuguang, "Effects of age and gender on maximum voluntary range of motion of the upper body joints", *Ergonomics*, vol.49, No.3, pp. 269-281, 2006.
- [14] J. Dvorak, E. G. Vajda, D. Grob, and M. M. Panjabi, "Normal motion of the lumbar spine as related to age and gender", *European Spine Journal*, vol. 4, No.1, pp.18 - 23, 1995.
- [15] K. E. Roach and T. P. Miles, "Normal hip and knee active range of motion: the relationship to age". *Physical Therapy*, vol.71, No.9, pp.656-665, 1991.
- [16] S. D. Lark, J. G. Buckley, D. A. Jones, and A. J. Sargeant, "Knee and ankle range of motion during stepping down in elderly compared to young men", *European journal of applied physiology*, vol.91, No. 2/3, pp.287 - 295, 2004.
- [17] G. L. Onambele, M. V. Narici, and C. N. Maganaris, "Calf muscle-tendon properties and postural balance in old age", *Journal of applied physiology*, vol.100, No.6, pp.2048-2056,

- 2006.
- [18] P. Era, P. Sainio, S. Koskinen, P. Haavisto, M. Vaara, and A. Aromaa, "Postural Balance in a Random Sample of 7,979 Subjects Aged 30 Years and Over", *Gerontology*, vol.52, No.4, pp.204-213, 2006.
- [19] B. D. Iverson, M. R. Gossman, and S. A. Shaddeau, "Balance performance, force production, and activity levels in noninstitutionalized men 60 to 90 years of age", *Physical Therapy*, vol.70, No.6, pp.348-355, 1990.
- [20] F. M. Bodenmiller, J. M. Hart and V. D. Bhise, "Effect of vehicle body style on vehicle entry/exit performance and preferences of older and younger drivers", SAE 2002-01-0091, 2002.
- [21] C. Elodie, W. Xuguang, P. Pudlo, and M. O. 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 Persons, 2007.
- [22] A. D. Fisk, W. A. Rogers, N. Charness, S. J. Czaja, and J. Sharit, *Designing for Older Adults: Principles and Creative Human Factors Approaches*, CRC Press, 2004.
- [23] W. Park, D. B. Chaffin, B. J. Martin, and J. Yoon, "Memory-Based Human Motion Simulation for Computer-Aided Ergonomic Design", *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, vol.38, No.3, pp.513-527, 2008.
- [24] M. O. Ait El Menceur, P. Pudlo, P. Gorce, A. Thevenon, and F.-X. Lepoutre, "Alternative Movement Identification in the Automobile Ingress and Egress for Young and Elderly Population with or without Prostheses", *International Journal of Industrial Ergonomics*, vol.38, No.11/12, pp.1078-1087, 2008.
- [25] N. B. Alexander, A. B. Schultz, and D. N. Warwick, "Rising from a chair: effects of age and functional ability on performance biomechanics", *Journal of gerontology*, vol.46, No.3, pp.91-98, 1991.
- [26] D. M. Scarborough, D. E. Krebs, and B. A. Harris, "Quadriceps muscle strength and dynamic stability in elderly persons", *Gait & posture*, vol.10, No.1 pp.10-20, 1999.
- [27] M. S. Lee, "Assessment of Functional Fitness as a Physical Health Index for Successful Aging in Korean Elderly", *The Korean Journal of Physical Education*, vol.41, No.1, pp.607-617, 2002.
- [28] J. L. Ronsky, B. M. Nigg, and V. Fisher, "Correlation between physical activity and the gait characteristics and ankle joint flexibility of the elderly", *Clinical biomechanics*, vol.10, No.1, pp.41-49, 1995.
- [29] D.J. Lanska, "The history of reflex hammers", *Neurology*, vol.39, pp.1542-1549, 1989.
- [30] R.C. Welch, "Finger counting in the four quadrants as a method of visual field gross screening", *Archives of Ophthalmology*, vol.66, pp.678-679, 1961.
- [31] J. D. Schmahmann, "Disorders of the cerebellum: Ataxia, dysmetria of thought, and the cerebellar cognitive affective syndrome", *Journal of Neuropsychiatry and Clinical Neurosciences*, vol.16, No.3, pp.367-378, 2004.
- [32] T. Fukuda, "The stepping test: two phases of the labyrinthine reflex", *Acta oto-laryngologica*, vol.50, pp.95-108, 1959.
- [33] J. C. Wall, C. Bell, S. Campbell, J. Davis, "The timed get-up-and-go test revisited: Measurement of the component tasks", *Journal of rehabilitation research and development*, vol.37, No.1, pp.109-113, 2000.
- [34] A. Assmann, E. Bubb, H., "Computational Approach for Entry Simulation", *Proceedings of the SAE DHMC 2006, Iowa*, 2006-01-2358, 2006.
- [35] S. Rigel, E. Assmann, and H. Bubb, "Simulation of complex movement sequences in the product development of a car manufacturer", *SAE 2003-01-2194*, 2003.
- [36] G. Monnier, "Simulation of task oriented complex human motions and prediction of the associated discomfort", *Doctoral thesis, MEGA de Lyon*, 2004.
- [37] S. M. Ebert, M. P. Reed, "Characterization of Driver Seatbelt Donning Behavior", *SAE transactions*, vol.111, No.6, pp.1161-1167, 2002.
- [38] A. D. Fisk and W. A. Rogers, *Handbook of Human Factors and the Older Adult*, 55-86 pages, *Academic Press*, 1997.
- [39] M. V. Hurley, J. Rees, and D. J. Newham, "Quadriceps function, proprioceptive acuity and functional performance in healthy young, middle-aged and elderly subjects", *Age and Ageing*, vol.27, No.1, pp.55-62, 1998.
- [40] O. S. Mian, M. V. Narici, A. E. Minetti, and V. Baltzopoulos, "Centre of mass motion during stair negotiation in young and older men", *Gait & Posture*, vol.26, No.3, pp.463-469, 2007.
- [41] J. Petzäll, "The design of entrances of taxis for elderly and disabled passengers. An experimental study", *Applied Ergonomics*, vol.26, No.5, pp.343-352, 1995.
- [42] J. H. van Dieen, M. Pijnappels, "Effects of conflicting constraints and age on strategy choice in stepping down during gait", *Gait & posture*, vol.29, No.2, pp.343-345, 2009..
- [43] N. Yoshihiro, N. Hideaki, Y. Takayuki, and T. Masataka "An Analysis of Motion Sequence in Vehicle Ingress/Egress Patterns of Older People Proceedings", *JSAE Annual Congress*, vol.94, No.1, pp.5-8, 2001.
- [44] K. Namamoto, B. Atsumi, H. Kodera, and H. Kanamor, "Quantitative analysis of muscular stress during ingress/egress of the vehicle", *JSAE Review*, vol.24, No.3, pp.335-339, 2003.
- [45] A. B. Schultz, N. B. Alexander, and J. A. Ashton-Miller, "Biomechanical analyses of rising from a chair", *Journal of biomechanics*, vol.25, No.12, pp.1383-1391, 1992.