

Ergonomic Evaluation and User Preference for Automotive Column Gear Shifters

Minwook Lee, Yihun Jeong

Keimyung University, Department of Industrial Engineering, Daegu, 42601

자동차 컬럼식 변속기에 대한 인간공학적 평가 및 선호도 조사

이민욱, 정이훈

계명대학교 산업공학과

Corresponding Author

Yihun Jeong

Keimyung University, Department of

Industrial Engineering, Daegu, 42601

Email : yihunjeong@kmu.ac.kr

Received : February 03, 2025

Revised : February 10, 2025

Accepted : March 04, 2025

Objective: This study aims to identify ergonomic evaluation and user preference for automotive column gear shifters and provide ergonomic design guidelines for their improvement.

Background: Column gear shifters, a type of electronic transmission, offer superior space efficiency and intuitive usability compared to traditional stick-type, dial-type, and button-type shifters. Despite these advantages, multiple variations exist, including basic column-type and dial-type column shifters. Additionally, gear arrangement orders, such as R-N-D and D-N-R, differ across models. These diverse layouts have caused driver complaints and operational errors. To address these issues, ergonomic design improvements for column gear shifters are essential.

Method: This study examined the design of column gear shifters, considering gear shifter types (basic, rotary, button), gear arrangement orders (D-N-R, R-N-D), and gear shifter positions (right, left). Participants were grouped according to their driving experience and evaluated the usability of the gear shifter types, arrangement orders, and positions. Evaluation criteria included accuracy, convenience, rapidity, learnability, intuitiveness, memorability, safety, and satisfaction. Finally, participants identified their most preferred layout after completing the evaluation.

Results: The results showed a significant preference for basic or rotary-type gear shifters. The preferred gear arrangement was D-N-R, and the right-side position was favored for the gear shifter. The most preferred layout included a basic or rotary-type column gear shifter, a D-N-R arrangement, and a right-side position. No significant differences were observed based on driving experience.

Conclusion: This study derived ergonomic design guidelines for column gear shifters, demonstrating that the design reflects drivers' preferences better than traditional gear shifters.

Application: The preferred layout of column gear shifters identified in this study, which reflects drivers' preferences, helps prevent safety issues and accidents caused by operational errors in existing designs. These findings can also serve as ergonomic design guidelines for other types of gear shifter systems, such as lever-, button-, and dial-based configurations.

Keywords: Column gear shifter, User preference, Ergonomic evaluation, Gear shifter type, Gear arrangement order

1. Introduction

자동차는 현대 사회에서 필수적인 이동 수단으로 자리 잡았으며, 이에 따라 많은 기술적 발전이 이루어져 왔다. 1965년 미국 자동차 공학회(Society of Automotive Engineers)는 자동차 제조 시 기어(Gear)의 순서를 PRND 방식으로 설계하도록 국제 표준을 제정하였다(SAE J915, 1965). 그러나 SBW (Shift By Wire) 시스템의 도입으로 전자식 변속기(Electronic shifter)로 전환되면서, 이러한 국제 표준의 제한에서 벗어날 수 있게 되었다. SBW 시스템의 발전은 기어 변속 방식의 다양화를 촉진하였으며, 이에 따라 여러 형태의 변속기가 등장하게 되었다(Kim et al., 2007; Kobiki et al., 2004; Lindner and Tille, 2009). 현재 변속기는 스틱(stick-type) 또는 레버(lever-type), 다이얼(dial-type) 또는 로터리(rotary-type), 버튼(button-type), 컬럼(column-type) 등의 형태가 있다. 이러한 변화로 인해 사용자들은 변속기 선호도에 따라 각기 다른 기어 방식을 선택할 수 있게 되었다.

변속기의 종류가 다양해짐에 따라 이에 대한 연구도 활발히 진행되고 있다. Bladfält et al. (2016)은 다양한 형태의 변속기(스틱, 컬럼, 버튼, 다이얼)를 연구하였으며, 특히 다이얼식과 컬럼식 변속기에서 수동 모드로의 전환 시 직관성을 확보하여야 한다고 하였다. Xu et al. (2018)은 하이브리드와 전기차의 변속기에 대한 설계 최적화를 연구하였다. An et al. (2024a)은 다양한 변속기(스틱, 버튼, 다이얼)를 차량 내부에 다양한 위치에 접목시켜 인체공학적 설계를 연구하였다. Dreijer and Wahnström (2014)은 트럭의 스틱형 변속기를 연구하였으며, 다양한 변속 패턴을 사용하여 사용성을 평가하였다. Zhang (2016)은 기존의 스틱형 변속기를 다양한 손잡이 위치를 고려한 인체공학적 디자인과 코르크 소재를 사용하여 지속 가능성과 고급스러움을 강조한 연구를 진행하였다. Lindner and Tille (2009)은 스틱형 변속기를 연구하였으며, 공간성을 향상시키고 작동 편의성을 증가시키기 위한 개선방향을 제시하였다. Won et al. (2024)은 다이얼 변속기에 통합된 햅틱 액추에이터(haptic actuator)의 설계를 수치적으로 최적화하여 효율적인 진동 피드백을 제공할 수 있음을 입증하였다. Choi et al. (2022)은 버튼식 변속기에 대한 다양한 레이아웃을 제시하였다. 특히 운전 경력을 그룹화 하여 12개의 레이아웃에 대하여 평가를 하여 초보자와 경력자의 차이를 연구하였다.

컬럼식 변속기는 버튼식과 다이얼식 변속기의 장점인 높은 공간 활용도와 스틱형 변속기와 다이얼식 변속기의 장점인 직관적인 사용성을 함께 제공할 수 있는 특징이 있다. 예를 들어, 기존의 스틱형 변속기가 컬럼식으로 변경됨으로써 변속기가 차지하던 공간을 해소되어 좌석 간의 공간성을 크게 개선하였다. 현대차량의 아이오닉 5 모델은 컬럼식 변속기를 도입한 대표적인 사례로, 이를 통해 공간 활용의 우수성을 보여주었으며, 변속기 공간을 단순히 비우는 데 그치지 않고, 수납공간으로 활용하는 방법도 보여주었다(Park, 2022). 이러한 컬럼식 변속기의 이점에도 불구하고, 컬럼식 변속기에 대한 인간공학 연구는 여전히 부족한 편이다.

컬럼식 변속기는 다양한 방식으로 구현될 수 있으며, 대표적으로 기존의 컬럼식 변속기와 로터리식 컬럼 변속기가 있다. 그러나 이러한 다양성은 운전자로 하여금 오조작을 유발할 가능성을 높이며, 심각한 경우 사고로 이어질 수 있다. 특히, 부적절한 레이아웃 설계는 운전 중 피로도를 증가시킬 수 있다(Qiu et al., 2020). 반면, 적절하게 설계된 레이아웃은 오조작으로 인한 사고를 줄이고 사용자 경험의 질을 향상시킬 수 있다(Otto and Battaia, 2017). 따라서 컬럼식 변속기의 레이아웃 설계와 관련하여 보다 심층적인 연구가 필요하다. 특히, 사용자들이 원하는 컬럼식 변속기 디자인과 기능적 요구를 반영한 연구는 향후 컬럼식 변속기의 발전과 안전성, 편의성을 증진시키는 데 중요한 역할을 할 것이다. 따라서 본 연구는 컬럼식 변속기에 대한 사용자들의 선호도와 사용성 평가를 확인하고, 사용자들이 선호하는 디자인에 대한 가이드라인을 도출하고자 한다.

2. Methods

2.1 Participants

본 연구는 20대부터 60대까지 다양한 연령(평균: 34.7세)의 운전자 30명이 참가하였으며, 성별 구성은 남성 22명과 여성 8명이었다. 연구 참여자 모집 시 초보자(15명)와 경력자(15명)로 구분하여 모집하였으며, 운전자의 경력자와 초보자 기준은 도로교통법 제2조 제27항(Road Traffic Act, 2024)에 따라, 운전 경력이 2년 미만인 사람을 초보자로, 2년 이상인 사람을 경력자로 분류하였다. 본 연구는 계명대학교의 생명윤리위원회의 승인을 받고 진행되었다(승인번호: 40525-202406-HR-023-03).

2.2 Part 1

설문 시작 전 참가자들의 이해를 돕기 위하여 시판 중인 컬럼식 변속기의 특성, 조작 방법을 설명하였다. 본격적으로 레이아웃에 대한 평가를 진행하기에 앞서, 참여자들이 컬럼식 변속기에 대해 얼마나 알고 있는지를 파악하기 위해 사전 설문조사를 실시하였다. 사전 설문조사 방식은 화면에 표기된 컬럼식 변속기 사진을 보고 평가를 진행하였으며, 설문 시간은 약 10분이 소요되었다. 이 조사는 컬럼식 변속기에 대한 기본 상식, 인식, 그리고 선호도를 파악하기 위한 목적으로 실시되었다. 조사 항목은 총 5개로, 인지도(awareness, "컬럼식 변속기에 대해서 잘 알고 있다"), 사용 의향(intention to use, "컬럼식 변속기를 앞으로 사용할 의향이 있다"), 안전성(safety, "컬럼식 변속기가 안전성 측면에서 좋다고 생각한다"), 편의성(convenience, "컬럼식 변속기가 편의성 측면에서 좋다고 생각한다"), 공간성(space utilization, "컬럼식 변속기가 공간성 측면에서 좋다고 생각한다")으로 구성되었다. 응답은 7점 척도(1점: 매우 아니다, 2점: 아니다, 3점: 약간 아니다, 4점: 보통, 5점: 약간 그렇다, 6점: 그렇다, 7점: 매우 그렇다)를 사용하여 수집되었다.

2.3 Part 2

컬럼식 변속기의 인간공학적 평가 및 선호도를 조사하기 위하여 설문조사를 실시하였으며, 변속기 형태, 기어 배치 순서, 변속기 위치로 구분하여 평가를 실시하였다. 설문 시간은 각 실험 설계변수인 변속기 형태, 기어 배치 순서, 변속기 위치 평가 별로 각 10분씩 총 30분이 소요되었다. 세 가지 설계변수(변속기 형태, 기어 배치 순서, 변속기 위치)에 대한 선정은 자동차 변속기와 관련된 과거연구(An et al., 2024a; Bladfält et al., 2016; Choi et al., 2022; Dreijer and Wahnström, 2014; Lindner and Tille, 2009; Won et al., 2024; Xu et al., 2018; Zhang, 2016)와 시판 중인 자동차를 분석하여 도출하였다. 인간공학적 평가 항목(정확성, 편의성, 신속성, 학습성, 직관성, 기억력, 안전성, 만족도)은 과거 자동차 인간공학 연구(An et al., 2024a; An et al., 2024b; An et al., 2024c; Choi et al., 2022; Ryu et al., 2024)에서 활용하였던 평가 항목을 기반으로 이번 연구에 맞게 일부 수정하여 사용하였다. 인간공학적 평가 이후에는 각 설계변수 별로 가장 선호하는 것을 1개씩 선택하도록 하여, 선호하는 배치와 인간공학적 평가 결과와 비교·분석하였다.

2.3.1 Types of column shifters

컬럼식 변속기 형태는 기본(basic), 로터리식(rotary), 버튼식(button) 컬럼 변속기로 총 3개 형태이다(Figure 1). 첫 번째는 기본 컬럼 변속기로, 컬럼을 위아래로 이동하여 변속을 수행하는 방식이다(Figure 1(a)). 두 번째는 로터리식 컬럼 변속기로, 컬럼 앞부분을 회전시켜 변속하는 방식이다(Figure 1(b)). 세 번째는 버튼식 컬럼 변속기로, 컬럼에 위치한 버튼을 눌러 변속을 수행하는 방식이다(Figure 1(c)). 기본 컬럼 변속기는 현재 Mercedes-Benz 차량에서 사용되고 있으며, 로터리식 컬럼 변속기는 Hyundai 차량에 적용되고 있다. 버튼식 컬럼 변속기는 기존 컬럼식 변속기에 현재 시판 중인 버튼식 변속기를 결합한 형태로 본 연구에서 새롭게 고안된 레이아웃이다. 기존의 버튼식 변속기는 자동차의 센터페시아에 위치하여 기어 변속(P, R, N, D)을 버튼을 누르는 형태로 조작하는 변속기이다. 이러한 버튼식 변속기를 컬럼식 변속기에 적용하여 아래 그림(Figure 1 (c))처럼 기어 변속을 눌러서 조작할 수 있도록 고안하였다.

평가 항목은 총 8개로, 정확성(accuracy, "실수/착오 없이 정확한 기어 변속이 가능하다"), 편의성(convenience, "편하고 쉽게 기어 변속

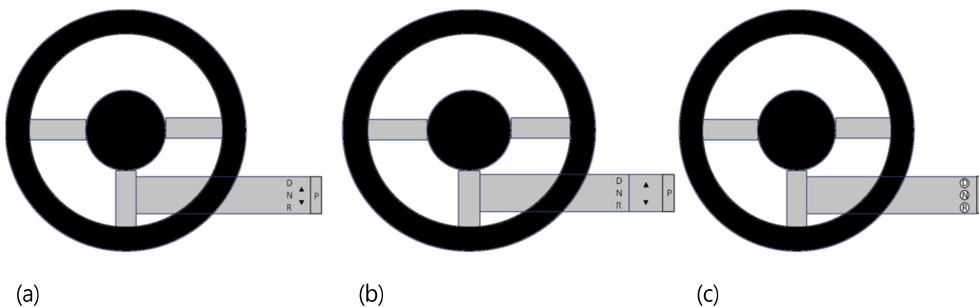


Figure 1. Types of column gear shifters: (a) Basic-type, (b) Rotary-type, and (c) Button-type

이 가능하다"), 신속성(rapidity, "신속하게 기어 변속이 가능하다"), 학습성(learnability, "별도의 노력과 학습 없이 쉽게 적응 및 사용이 가능하다"), 직관성(intuitiveness, "경험 및 기대에 부합하게 설계되어 있다"), 기억력(memorability, "오랜 기간 사용하지 않아도 변속 방식을 기억할 수 있다"), 안전성(safety, "안전하게 사용할 수 있도록 배치가 되어 있다고 생각한다"), 만족도(satisfaction, "이 배치가 만족스럽다")으로 구성되었다. 각 항목은 7점 척도(1점: 매우 아니다, 2점: 아니다, 3점: 약간 아니다, 4점: 보통, 5점: 약간 그렇다, 6점: 그렇다, 7점: 매우 그렇다)로 평가되었다.

2.3.2 Gear arrangement in column shifters

기어 배치 순서는 총 2개 항목이며, 첫 번째는 D-N-R 순서이고, 두 번째는 R-N-D 순서이다(Figure 2). P의 배치는 모두 동일하게 사이드에 버튼식으로 배치하였다. D-N-R 순서는 Hyundai와 Kia 차량에서 사용되고 있으며, R-N-D 순서는 Benz 차량에서 사용되고 있다. 변속기 형태의 평가 방법과 동일하게 정확성, 편의성, 신속성, 학습성, 직관성, 기억력, 안전성, 만족도 총 8개 항목을 7점 척도로 평가하였다.

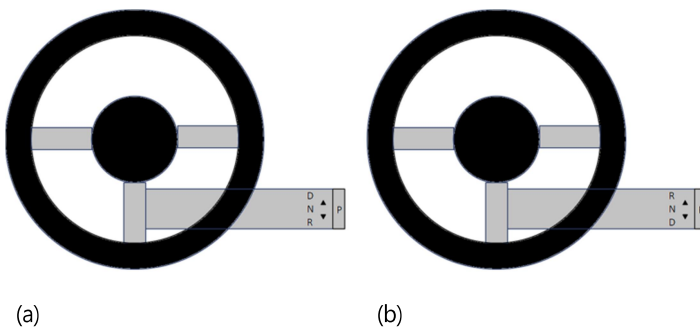


Figure 2. Types of gear arrangement in column shifters: (a) D-N-R and (b) R-N-D

2.3.3 Column shifter positions

변속기 위치는 총 2개 항목이며, 첫 번째는 변속기를 오른쪽에 배치하였고, 두 번째는 변속기를 왼쪽에 배치하였다(Figure 3). 오른쪽 배치는 현재 시판 중인 컬럼식 기어 자동차에 전반적으로 적용되는 위치로 주차 시 왼손으로 스티어링 휠을 조작하고 오른손으로 컬럼식 기어를 원활하게 조작할 수 있는 배치이다. 왼쪽 위치는 주차 시 오른손으로 스티어링 휠을 조작하고 왼손으로 컬럼식 기어를 조작할 수 있는 배치로 연구진이 추가로 도출하였다. 변속기 형태의 평가 방법과 동일하게 정확성, 편의성, 신속성, 학습성, 직관성, 기억력, 안전성, 만족도 총 8개 항목을 7점 척도로 평가하였다.

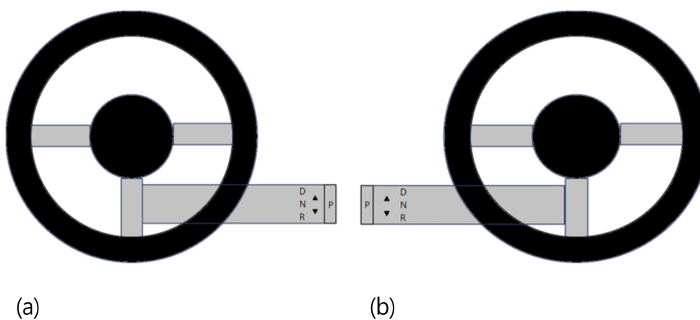


Figure 3. Types of column shifter positions: (a) Right and (b) Left

2.4 Part 3

컬럼식 변속기의 인간공학적 평가 및 선호도 조사(Part 2)를 완료한 이후에는 변속기 형태, 기어 배치 순서, 변속기 위치 별로 가장 선호하는 레이아웃을 선택하도록 하여, 각 설계변수 별로 선호하는 배치와 인간공학적 평가 결과와 비교·분석하였다. Part 3의 설문 시간은 약 10분이 소요되었다.

2.5 Statistical analyses

본 연구의 독립변수는 컬럼식 변속기 형태(기본, 로터리, 버튼), 기어 배치 순서(D-N-R, R-N-D), 변속기 위치(오른쪽, 왼쪽), 경력으로 총 4가지이며, 종속변수는 8개 설문 항목(정확성, 편의성, 신속성, 학습성, 직관성, 기억력, 안전성, 만족도)과 선호하는 레이아웃(선호도)이다.

컬럼식 변속기 형태, 기어 배치 순서, 변속기 위치, 경력의 영향을 분석하기 위하여 분산분석(Analysis of variance, ANOVA)과 t -test를 실시하였다. 분산분석 이후 유의미한 그룹 간 차이를 확인하기 위하여 사후분석(post-hoc test)인 다중비교(multiple pairwise comparisons)를 실시하였으며, 본페로니 교정(Bonferroni correction)을 적용하였다. 유의수준(α)은 0.05로 설정하였으며, 통계 분석 소프트웨어는 SPSS Statistics 29 (IBM, USA)를 사용하였다.

3. Results

3.1 Part 1

Part 1 결과는 5가지 측정값 모두 5점 이상(약간 그렇다)의 긍정적인 결과가 나왔다. 항목별 결과를 살펴보면, 인지도는 5.33 (SD: 1.49)이며, 사용 의향은 5.17 (SD: 1.70), 안전성은 5.57 (SD: 1.30), 편의성은 6.03 (SD: 1.00), 공간성은 6.4 (SD: 0.67)의 값이 나왔다.

3.2 Part 2

3.2.1 Effects of column shifter types

분산분석 결과를 보면, 모든 주관적 평가 항목은 컬럼식 변속기 형태에 따라 통계적으로 유의미한 결과를 보였다. 세부적으로 살펴보면, 정확성(accuracy)은 $F(2, 58) = 71.393, p < 0.001, \eta^2 = 0.711$, 편의성(convenience)은 $F(2, 58) = 6.597, p = 0.003, \eta^2 = 0.185$, 신속성(rapidity)은 $F(2, 58) = 7.398, p < 0.001, \eta^2 = 0.203$, 학습성(learnability)은 $F(2, 58) = 41.478, p < 0.001, \eta^2 = 0.477$, 직관성(intuitiveness)은 $F(2, 58) = 64.608, p < 0.001, \eta^2 = 0.69$, 기억력(memorability)은 $F(2, 58) = 11.154, p < 0.001, \eta^2 = 0.278$, 안전성(safety)은 $F(2, 58) = 84.902, p < 0.001, \eta^2 = 0.745$, 만족도(satisfaction)는 $F(1.551, 44.975) = 121.54, p < 0.001, \eta^2 = 0.807$ 이었다. 분산분석(ANOVA) 이후에 변속기 형태 그룹[기본(basic), 로터리식(rotary), 버튼식(button)] 간의 차이를 구체적으로 파악하기 위하여 사후분석(post-hoc test)인 다중비교(multiple pairwise comparisons)를 실시하였으며, 8개 평가 항목 모두 기본과 로터리식 변속기가 버튼식 변속기에 비해 통계적으로 유의미하게 높은 결과를 보였다(Figure 4). 기본식과 로터리식은 서로 유의미한 차이가 없었다.

3.2.2 Effects of gear arrangement orders

t -test 결과를 보면, 모든 주관적 평가 항목은 기어 배치 순서에 따라 통계적으로 유의미한 차이를 보였다. 정확성(accuracy)은 $T(29) = 3.421, p = 0.002$, 편의성(convenience)은 $T(29) = 2.931, p = 0.007$, 신속성(rapidity)은 $T(29) = 3.071, p = 0.005$, 학습성(learnability)은 $T(29) = 4.545, p < 0.001$, 직관성(intuitiveness)은 $T(29) = 4.576, p < 0.001$, 기억력(memorability)은 $T(29) = 4.129, p < 0.001$, 안전성(safety)은 $T(29) = 5.543, p < 0.001$, 만족도(satisfaction)는 $T(29) = 5.461, p < 0.001$ 이었다. 8개 평가 항목 모두 D-N-R이 R-N-D에 비해 통계적으로 유의미하게 높은 결과를 보였다(Figure 5).

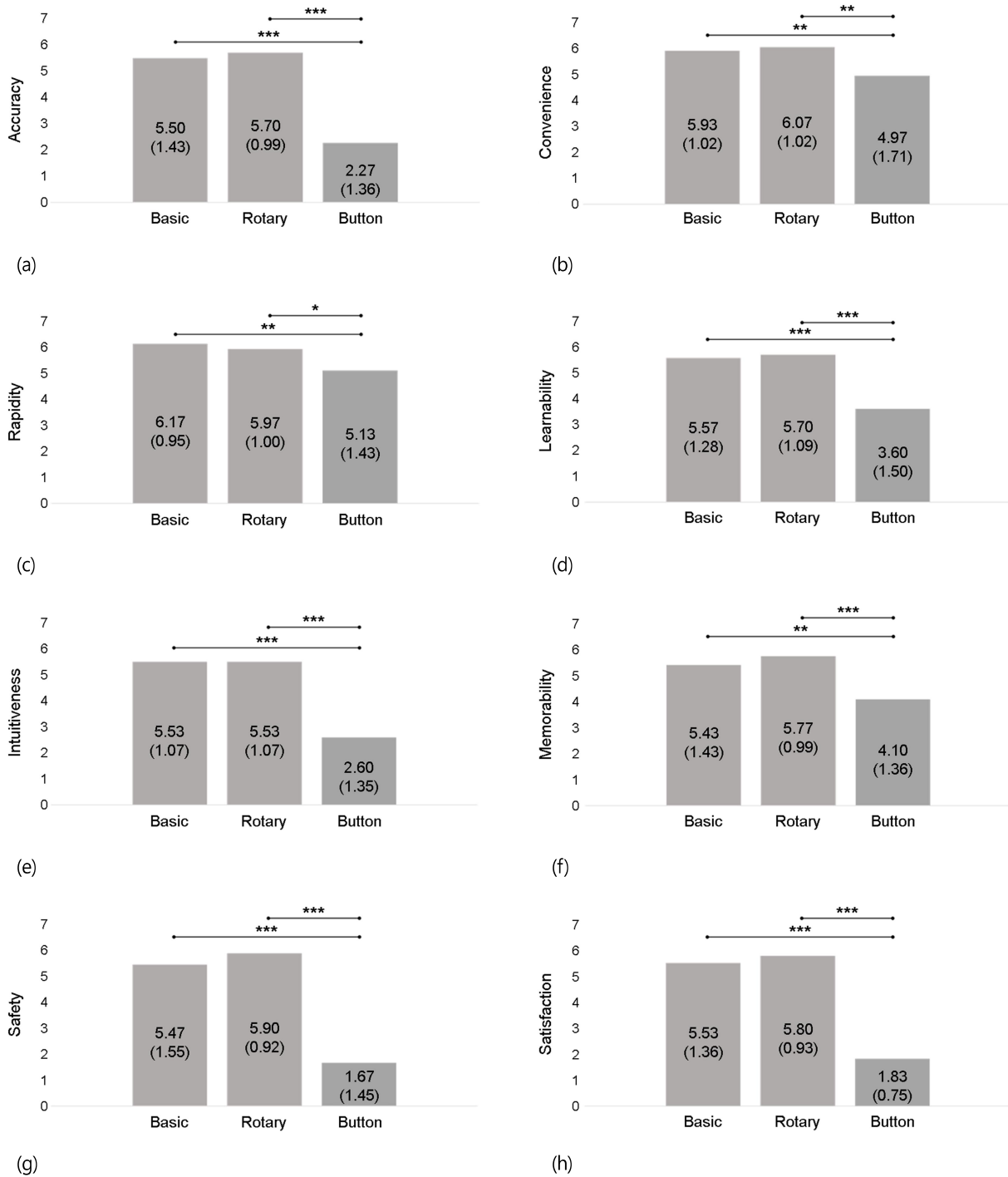


Figure 4. Mean (standard deviation) values of each subjective rating measure for types of column shifters: (a) Accuracy, (b) Convenience, (c) Rapidity, (d) Learnability, (e) Intuitiveness, (f) Memorability, (g) Safety, and (h) Satisfaction
 Note: * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$

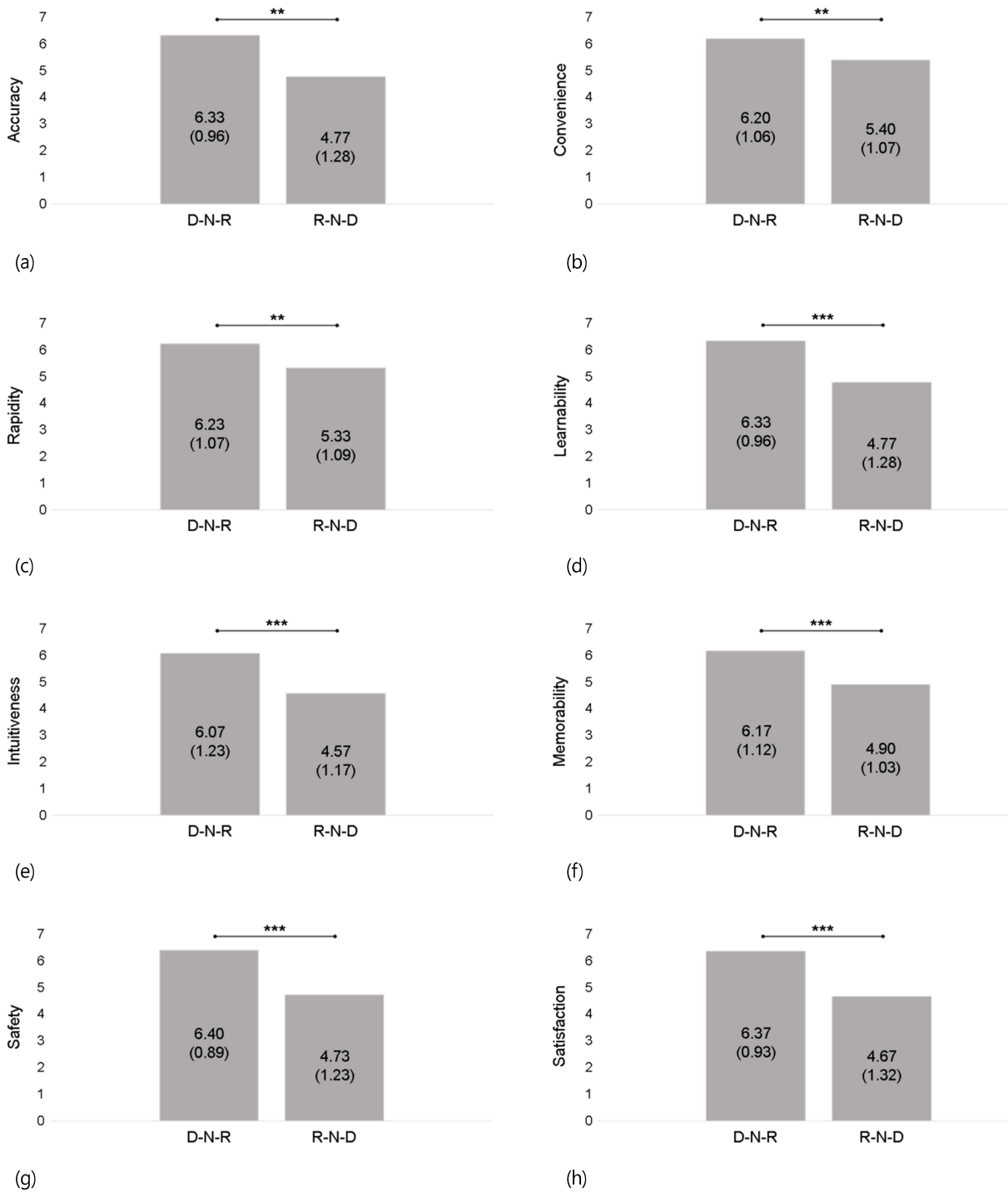


Figure 5. Mean (standard deviation) values of each subjective rating measure for gear arrangement orders: (a) Accuracy, (b) Convenience, (c) Rapidity, (d) Learnability, (e) Intuitiveness, (f) Memorability, (g) Safety, and (h) Satisfaction
 Note: * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$

3.2.3 Effects of column shifter positions

t-test 결과를 보면, 모든 주관적 평가 항목은 변속기 위치에 따라 통계적으로 유의미한 차이를 보였다. 정확성(accuracy)은 $\eta(29) = 12.135, p < 0.001$, 편의성(convenience)은 $\eta(29) = 11.414, p < 0.001$, 신속성(rapidity)은 $\eta(29) = 10.474, p < 0.001$, 학습성(learnability)은

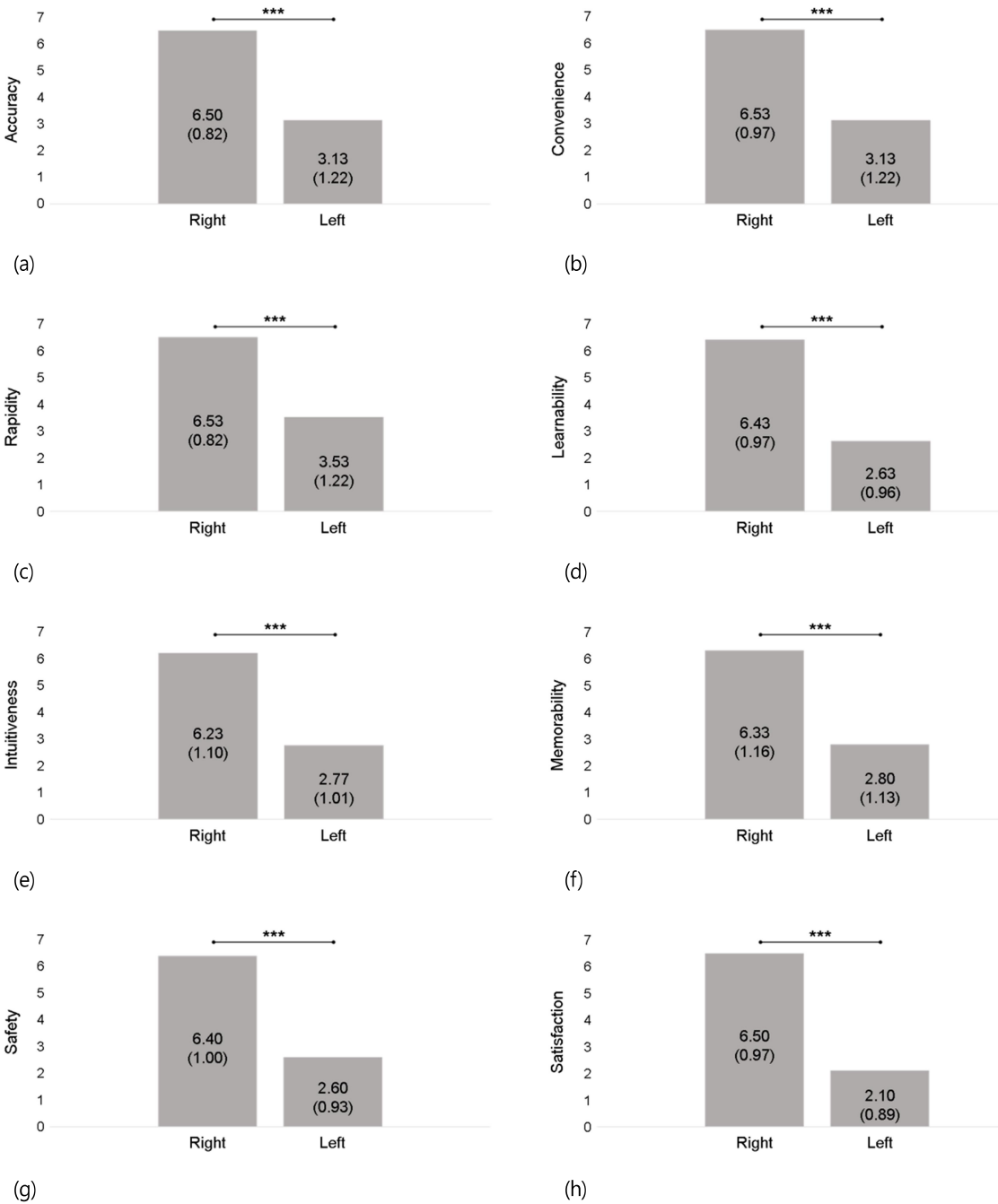


Figure 6. Mean (standard deviation) values of each subjective rating measure for column shifter positions: (a) Accuracy, (b) Convenience, (c) Rapidity, (d) Learnability, (e) Intuitiveness, (f) Memorability, (g) Safety, and (h) Satisfaction
 Note: * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$

$\eta(29) = 13.321, p < 0.001$, 직관성(intuitiveness)은 $\eta(29) = 9.773, p < 0.001$, 기억력(memorability)은 $\eta(29) = 9.616, p < 0.001$, 안전성(safety)은 $\eta(29) = 13.136, p < 0.001$, 만족도(satisfaction)는 $\eta(29) = 16.59, p < 0.001$ 이다. 8개 평가 항목 모두 오른쪽이 왼쪽에 비해 통계적으로 유의미하게 높은 결과를 보였다(Figure 6).

3.2.4 Column shifter types, gear arrangement orders, and column shifter positions according to experience

경력에 따른 주효과와 교호작용(경력*변속기 형태, 경력*기어 배치 순서, 경력*변속기 위치)을 살펴보면, 모든 주관적 평가 항목에서 유의미한 결과를 보여주지 않았다($p > 0.05$).

3.3 Part 3: The most preferred design in each layout

변속기 형태에 대한 결과는 기본 컬럼 21표, 로터리식 컬럼 9표, 버튼식 컬럼이 0표를 받았다. 기어 배치 순서에 대한 결과는 D-N-R 26표, R-N-D 4표를 받았다. 마지막으로 변속기 위치에 관한 결과는 오른쪽 30표, 왼쪽 0표를 받았다.

이 결과를 통해 변속기 형태에 대해서는 기본 컬럼과 로터리식 컬럼에 대한 선호도가 사용자마다 차이를 보였지만, 기어 배치 순서는 D-N-R, 변속기 위치는 오른쪽을 선호하는 경향이 명확히 드러났다.

4. Discussion

본 연구는 자동차 컬럼식 변속기에 대하여 변속기 형태, 기어 배치 순서, 변속기 위치에 대해 인간공학적 평가와 선호도를 분석하였다. 8개 주관적 평가 결과, 변속기 형태는 기본식과 로터리식, 기어 배치 순서는 D-N-R, 변속기 위치는 오른쪽이 유의미하게 높은 점수를 보여 주었다. 경력에 따른 주효과와 교호작용은 8개 평가 항목 모두에서 유의미한 결과를 보여주지 않았다.

변속기의 형태에 대한 평가 결과, 8개 평가 항목 모두 기본과 로터리식 변속기가 버튼식 변속기에 비해 유의미하게 높은 결과를 보였으며, 기본식과 로터리식은 서로 유의미한 차이가 없었다(Figure 4). 이는 버튼식 변속기가 간단한 조작 방식을 제공하여 편의성을 높이는 장점이 있으나(Bladfält et al., 2016), 이러한 단순함이 오히려 사용자 실수를 유발할 가능성이 있기 때문이다(Schonberger, 1982). 이러한 결과는 안전성이 중요한 변속기 설계에서 버튼식 컬럼 변속기가 선호되지 않는 유형임을 시사한다.

기어 배치 순서에 대한 평가 결과, 8개 평가 항목 모두에서 D-N-R 배치가 R-N-D 배치보다 유의미하게 높은 점수를 기록하였다(Figure 5). 특히 정확성 항목에서 가장 큰 차이를 보였으며, 이는 D-N-R 배치가 운동 양립성 덕분에 운전자의 정확성을 높이는 데 기여했기 때문으로 해석된다(Chan and Hoffmann, 2012; Strasser, 2022). 한편, R-N-D 배치 역시 평균 4점(보통) 이상의 평가를 받았는데, 이는 국제 표준인 P-R-N-D 배치를 사용하는 차량 경험으로 인해 운전자들이 R-N-D 배치에 익숙했기 때문으로 해석된다(Choi et al., 2022).

변속기 위치에 대한 평가 결과는 8개 평가 항목 모두에서 오른쪽 배치가 왼쪽 배치에 비해 유의미하게 높은 점수를 기록하였다(Figure 6). 이는 왼쪽 배치가 운전자들에게 생소한 구성일 뿐만 아니라, 불편한 위치로 평가되었기 때문으로 분석된다(Broberg et al., 2011). 이에 반하여 기존의 기어 배치인 오른쪽 배치는 운전자들에게 익숙하므로 오른손 배치가 더 편리함을 느낄 수 있다(Lyi et al., 2020; Ottesen, 2006). 특히 학습성과 기억력 항목에서 오른쪽 배치가 왼쪽 배치에 비해 두드러지게 높은 차이를 보여주었는데, 이는 익숙함에서 오는 편리함에 따른 결과로 볼 수 있다. 또한 운전 시 많은 운전자들이 왼손(또는 양손)으로 스티어링 휠을 조작하고 오른손으로 기어를 변속하는데(Bi et al., 2019), 이러한 조작 방법도 위 결과에 반영이 되었을 거라 생각된다.

각 레이아웃에서 가장 선호하는 디자인 조사 결과(Part 3)를 살펴보면, 변속기 형태는 기본식과 로터리식을 버튼식에 비해 더 선호하였으며, 기어 배치 순서는 D-N-R을 R-N-D에 비해 더 선호하였고, 변속기 위치는 오른쪽을 왼쪽에 비해 더 선호하였다. 이러한 결과는 선호하는 레이아웃과 위에서 언급했던 변속기의 형태, 기어 배치 순서, 변속기 위치에 관한 8개 항목(정확성, 편의성, 신속성, 학습성, 직관성, 기억력, 안전성, 만족도)의 평가 결과와 일치함을 의미한다. 따라서 컬럼식 변속기 설계 시 이러한 선호도를 고려하여 설계하

는 것이 필요하다.

이 연구는 컬럼 변속기의 디자인 가이드라인에 대한 시사점을 제시한다. 첫째, 변속기 형태는 기본식 또는 로터리식 설계가 적합하며, 기어 배치 순서는 운동 양립성을 충족하는 D-N-R 설계가 권장되며, 변속기 위치는 오른쪽에 배치하는 것이 적절하다. 둘째, 자동차 회사에서 기어를 설계할 때 사용자 편의성 향상을 위해 조작 방식을 간단하게 설계(예: 버튼식 변속기)하는 경우가 있는데, 이러한 단순함이 오히려 사용자 실수를 유발할 가능성이 있기 때문에, 안전성 측면에서 면밀하게 검토하여 설계하는 것이 필요하다. 마지막으로, 기어를 설계할 때 운전자들의 현재 운전 형태와 기존 배치의 익숙함도 충분히 고려하여 설계해야 한다. 공간 활용성 등의 이점으로 인하여 기존과 전혀 다른 새로운 배치를 하게 되면, 기존 설계에 익숙한 운전자들에게는 거부감이 발생할 수 있다. 따라서 새로운 배치를 설계할 때는 양립성, 안전성, 편리성 등 다양한 요소를 고려하여 적절성을 판단하여 설계하는 것이 필요하다.

본 연구에는 몇 가지 한계점이 존재한다. 첫째, 연구 참여자를 운전 경력을 기준으로 모집하여 다양한 연령대와 성별을 충분히 고려하지 못하였다. 둘째, 본 연구는 설문 형식으로 연구를 진행하였기 때문에 실제 조작감과는 차이가 있을 수 있다. 향후 연구에서는 실제 운전 환경 또는 시뮬레이터 기반으로 연구를 진행할 필요가 있다. 셋째, 본 연구는 자동차 컬럼식 변속기의 주요 설계변수인 변속기 형태, 기어 배치 순서, 변속기 위치에 대해 인간공학적 평가와 선호도를 분석하여 각각의 설계변수 별로 운전자가 선호하는 방법(배치)을 도출하여 컬럼식 변속기 설계의 가이드라인을 제시하였다. 하지만 세 가지 설계변수를 종합적으로 고려한 레이아웃을 도출하여 평가를 하지 않았으며, 각 설계변수 별로 교호작용을 고려하지 않았다. 따라서 추후 연구에는 이러한 점을 고려하여 평가 및 분석이 필요하다. 마지막으로 본 연구는 국내에 시판 중인 차량의 기본 특성(차량 내부 좌측에 스티어링 휠 배치)을 고려하여 연구를 진행하였다. 향후 연구에서는 외국(일본, 영국 등)에 시판 중인 차량(차량 내부 우측에 스티어링 휠 배치)도 고려하여 연구를 진행할 필요가 있다.

5. Conclusion

본 연구에서는 컬럼 변속기에 대한 운전자들의 평가 및 선호도를 조사하였다. Part 1에서는 연구 참여자들이 컬럼 변속기에 대해 어느 정도 인지하고 있는지를 설문조사 하였으며, Part 2에서는 변속기 형태, 기어 배치 순서, 변속기 위치에 대한 평가를 수행하였다. 마지막으로 Part 3에서는 운전자들이 선호하는 변속기 레이아웃을 분석하였다. 연구 결과, 변속기 형태의 경우 기본 컬럼 변속기와 로터리식 컬럼 변속기에 대한 선호도가 높게 나타났다. 이는 운전자들이 기존 레이아웃에 익숙하여 경험적 요인이 선호도에 영향을 미친다는 점을 시사한다. 또한, 기어 배치 순서에서는 D-N-R 배치가 선호되었으며, 이는 운동 양립성 측면에서 R-N-D 배치보다 D-N-R 배치가 보다 직관적이고 적합하다는 점에서 기인한 결과로 해석된다. 변속기 위치에 대한 분석 결과, 오른쪽 배치가 선호되었으며, 이는 기존 경험과 익숙함에 기반한 선호도임을 나타낸다. 마지막으로, 초보 운전자와 경력 운전자 간 변속기 사용 선호도에는 유의미한 차이가 나타나지 않았으며, 이는 변속기 형태 및 레이아웃 선호도가 운전 경력보다 개인의 경험 및 익숙함에 기반할 가능성이 높음을 시사한다. 이러한 연구 결과는 운전자들의 선호도를 반영한 변속기 설계의 필요성을 강조하며, 인간공학적 설계를 기반으로 안전하고 직관적인 변속기 시스템을 개발하는 것이 중요함을 보여준다.

References

- An, S., Park, J., Kim, H., Kang, H. and Beck, D., An ergonomic study on the operation method and in-vehicle location of an automotive electronic gearshift, *Applied Sciences*, 14(2), 672, 2024a.
- An, S., Lee, S., Park, G., Lee, H., Son, M. and Beck, D., User perception and ergonomic display layout design of truck camera monitor system, *International Journal of Industrial Ergonomics*, 99, 103547, 2024b.
- An, S., Yoo, J., Jeong, Y. and Beck, D., An Ergonomic Study on Gear Position Sequence and Gear Indicator Location of Automotive Dial-Type Gearshift, *International Journal of Automotive Technology*, 1-15, 2024c.
- Bi, C., Huang, J., Xing, G., Jiang, L., Liu, X. and Chen, M., Safewatch: A wearable hand motion tracking system for improving

driving safety, *ACM Transactions on Cyber-Physical Systems*, 4(1), 1-21, 2019.

Bladfält, S.L., Grane, C. and Friström, J., Field study investigating gear shifter usability in car rental scenario, *Reports and Studies in Health Sciences*, 201-205, University of Eastern Finland, 2016.

Broberg, O., Andersen, V. and Seim, R., Participatory ergonomics in design processes: The role of boundary objects, *Applied Ergonomics*, 42(3), 464-472, 2011.

Chan, A.H. and Hoffmann, E.R., Movement compatibility for configurations of displays located in three cardinal orientations and ipsilateral, contralateral and overhead controls, *Applied Ergonomics*, 43(1), 128-140, 2012.

Choi, G., Kim, H., Jeong, Y., Son, M. and Beck, D., A study on ergonomic layout of automotive electronic shift buttons, *Applied Sciences*, 12(18), 9222, 2022.

Drejler, S. and Wahnström, I., *Development of a generic gear shifter for the truck industry*, Master's thesis, Chalmers University of Technology, 2014.

Kim, J.Y., Yim, C.H. and Lim, W.S., Development of shift-by-wire system for an automatic transmission equipped vehicle, *Transactions of the Korean Society of Automotive Engineers*, 15(4), 41-46, 2007.

Kobiki, Y., Inoue, Y., Sekiguchi, S., Itoh, T. and Kamio, S., Toyota's new shift-by-wire system for hybrid vehicles, *SAE Technical Paper*, No. 2004-01-1112, 2004.

Lindner, M. and Tille, T., Design of highly integrated mechatronic gear selector levers for automotive shift-by-wire systems, *IEEE/ASME Transactions on Mechatronics*, 15(6), 961-968, 2009.

Lyi, S., Jo, J. and Seo, J., Comparative layouts revisited: Design space, guidelines, and future directions, *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 27(2), 1525-1535, 2020.

Ottesen, J.L., Concentrated window analysis results, *AACE International Transactions*, C111, 2006.

Otto, A. and Battaia, O., Reducing physical ergonomic risks at assembly lines by line balancing and job rotation: A survey, *Computers & Industrial Engineering*, 111, 467-480, 2017.

Park, J., Evolution of gear shifter controls, *etnews*, June 16, 2022, <https://www.etnews.com/20220616000116> (retrieved December 11, 2024).

Qiu, H., Fang, W. and Guo, B., A layout generation algorithm for unequal-area display and control console considering ergonomics, *IEEE Access*, 8, 29912-29921, 2020.

Road Traffic Act., Article 2, Section 27, The Korean Law Information Center, 2024.

Ryu, J., Beck, D. and Park, W., A systematic review of camera monitor system display layout designs: Integration of existing knowledge, *Applied Ergonomics*, 118, 104228, 2024.

SAE J915, *Manual control sequence for automatic transmissions*, SAE International, 1965.

Schonberger, R., *Japanese manufacturing techniques: Nine hidden lessons in simplicity*, 1st ed., The Free Press, 1982.

Strasser, H., Compatibility as guiding principle for ergonomics work design and preventive occupational health and safety, *Zeitschrift für Arbeitswissenschaft*, 76(3), 243-277, 2022.

Won, J., Ko, K., Eom, H., Kim, C., Cho, J. and Kim, H., A numerical study of the vibration characteristics of a haptic actuator for a dial gear shifter, *Applied Sciences*, 14(20), 9242, 2024.

Xu, X., Dong, P., Liu, Y. and Zhang, H., Progress in automotive transmission technology, *Automotive Innovation*, 1, 187-210, 2018.

Zhang, S., *User interface for generic shifter*, Master's project report, Jönköping University, 2016.

Author listings

Minwook Lee: wsdkgjsdn38@naver.com

Highest degree: B.S., Department of Industrial Engineering, Keimyung University

Position title: Student, Department of Industrial Engineering, Keimyung University

Areas of interest: User-Centered Design, Usability Evaluation

Yihun Jeong: yihunjeong@kmu.ac.kr

Highest degree: PhD, Department of Industrial Engineering, Seoul National University

Position title: Assistant Professor, Department of Industrial Engineering, Keimyung University

Areas of interest: Cognitive Ergonomics, Usability Evaluation, Vehicle Ergonomics, Safety