JESK J Ergon Soc Korea 2020; 39(4): 313-321
http://dx.doi.org/10.5143/JESK.2020.39.4.313
http://jesk.or.kr eISSN:2093-8462

Effects of Button Angles in the Center Fascia of Vehicle on Push Force and Satisfaction

Seokbong Park[1], Joonho Chang[2], Kihyo Jung[3]

[1]KATEC TCS, Department of ILS, Changwon, 51650
[2]Dongguk University, Department of Industrial and Systems Engineering, Seoul, 04620
[3]University of Ulsan, School of Industrial Engineering, Ulsan, 44610

승용차 센터페시아의 버튼 각도에 따른 버튼 조작 힘과 만족도 평가

박석봉[1], 장준호[2], 정기효[3]

[1]KATEC TCS
[2]동국대학교 산업시스템공학과
[3]울산대학교 산업경영공학부

Corresponding Author
Kihyo Jung
University of Ulsan, School of Industrial Engineering, Ulsan, 44610
Email : kjung@ulsan.ac.kr

Received : May 20, 2020
Revised : May 23, 2020
Accepted : July 06, 2020

Objective: This study examined the angular effects of a button on the center fascia of vehicle in terms of push force and satisfaction score.

Background: The angle of buttons on the center fascia may influence usability and user experience. However, a comprehensive study to investigate the angular effects of a button has been lacking.

Method: This study measured push forces and satisfaction scores for six angles (0°, 10° 20°, 30°, 40°, and 50°) of a button for 25 male participants. Push forces applied on a button with the right index finger were recorded using a force sensitive resistor, which was placed on a button. Subjective satisfaction scores were observed using a 5-point scale (1 = very dissatisfied, 3 = neutral, 5 = very satisfied).

Results: Mean push forces at button angles 0~30° (mean ± SE; 3.31±0.06N) were significantly higher than the other angles (3.10±0.05N). Similarly, peak push forces at button angles 0~20° (4.43±0.04N) were higher than the other angles (4.28±0.04N). Satisfaction scores at button angles 10~30° (3.86±0.18) were higher than the other angles (2.50±0.18). The debriefing on experiment results revealed that participants preferred button angles 10~30° since it improved button usability and visibility than the other angles.

Conclusion: The button angles 10~30° can help effective force transmission and improve subjective satisfaction.

Application: The angular effects of a button identified in this study can be applied in ergonomic design of buttons on the center fascia of vehicle.

Keywords: Button angle, Center fascia, Vehicle, Push force, Driver friendly design

Copyright@2020 by Ergonomics Society of Korea. All right reserved.

1. Introduction

운전자 친화적 설계(driver-friendly design)는 승용차 시장의 경쟁력 확보에 매우 중요한 요소로 주목 받고 있다. 승용차는 기계 및 전자 기술이 집적된 복합 시스템으로써 주행 성능이 승용차의 품질과 시장 경쟁력을 좌우해왔다. 그러나 최근 들어 제조사들의 승용차 성능이 유사한 수준에 도달하면서(Park et al., 2010b; Park and Jung, 2014) 운전자 친화적 설계를 통한 차별화를 시도하고 있다(Park et al., 2010a; Seo et al., 2010; Gu et al., 2008). 그에 발맞춰 최근 연구들은 운전자 친화적 내장장치 설계에 대한 인간공학적 연구를 활발히 수행하였다. 예를 들면, Park and Jung (2014)는 승용차 버튼의 각도와 조작 깊이에 따른 운전자의 만족도를 분석하였으며, Choi et al. (2010)은 운전자의 버튼 도달성을 향상시키기 위해 센터페시아(center fascia)의 다양한 버튼 위치별 운전자의 버튼 조작 시간을 분석하였다.

승용차 센터페시아의 버튼은 운전자의 우측 전면 방향(3시 방향)에 위치하고 있어 자연스러운 조작(natural operation) 및 시인(visibility)을 제약하고 있다. 센터페시아의 버튼은 Figure 1에 예시적으로 나타낸 것과 같이 운전자가 오른손을 우측 전면 방향으로 뻗어야 도달이 가능하다. 그로 인해, 손가락의 누름 방향(push direction)과 버튼의 작동 방향(operation direction)이 상이하여 손가락으로 누르는 힘이 효과적으로 버튼에 전달되지 못한다. 또한, 센터페시아의 버튼은 운전자의 시선(gazing direction)이 우측 전면 방향을 향해야 시인할 수 있다. 그로 인해, 운전자는 버튼 전면을 비스듬히 보게 되어 버튼의 시인성이 저해되고 있다(Jung et al., 2017; Choi et al., 2010).

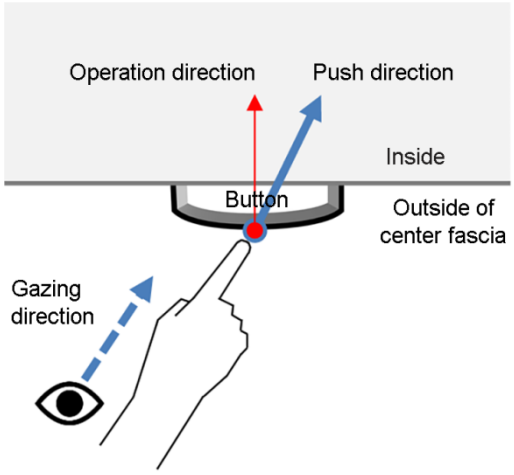


Figure 1. Usability problems of a button on the center fascia in terms of force transmission and visibility

센터페시아 버튼을 운전자 친화적으로 설계하기 위해서는 자연스러운 동작으로 조작 및 시인 가능한 버튼 각도에 대한 인간공학적 연구가 필요하다. 자연스러운 동작을 고려한 제품은 물리적 사용자 인터페이스(physical user interface)가 사용자의 동작을 인위적으로 제약하지 않아 사용자가 원하는 동작으로 제품을 사용할 수 있게 한다(Chang et al., 2017b). 그로 인해, 자연스러운 동작은 제품의 사용성(usability)과 사용자 경험(user experience)을 향상시키기 위한 인간공학적 설계에 활발히 적용되고 있다. 예를 들면, Park et al. (2011)은 하프가드(half guard)를 자연스러운 동작으로 냉장고에 장착할 수 있도록 하프가드의 조립부(assembly part)를 설계였으며, Nyberg and Kempic (2006)은 세탁물을 자연스러운 동작으로 드럼 세탁기에 투입할 수 있도록 세탁물 투입구를 설계하였다.

본 연구는 승용차 센터페시아의 다양한 버튼 각도에 대한 실험을 통해 자연스러운 동작으로 버튼 조작 및 시인 가능한 버튼 각도를 도출하였다. 이를 위해, 본 연구는 다양한 버튼 각도(0~50°)에 대해 버튼을 누르는 힘과 주관적 만족도를 측정하였다. 버튼 조작 힘은 force sensitive resistor (FSR) 센서를 사용하여 측정되었으며, 주관적 만족도는 5점 척도를 사용하여 평가되었다. 본 연구의 실험은 실험참여자의 안전과 실험 환경의 효과적 통제를 위해 주행 시뮬레이터가 설치된 실험실에서 이루어졌다.

2. Experimental Methods

2.1 Participants

본 연구의 버튼 조작 실험에는 20대 남성 25명(평균 연령: 26.5세, 표준편차: 2.1)이 참여하였다. 실험참여자는 운전면허증이 있는 오른손잡이로 통제되었으며, 실험참여자의 평균 키와 몸무게는 174.3cm와 73.2kg으로 한국인 20대(키 = 173.9cm, 몸무게 = 72.4kg; SizeKorea, 2015)와 유사한 것으로 나타났다. 모든 실험참여자는 실험 당일 불편한 신체 부위나 통증이 없는 것으로 조사되었다.

2.2 Experimental setup

본 연구의 실험 환경은 Figure 2에 나타낸 것과 같이 주행 시뮬레이터(GTs Plus, (주)PNS)와 센터페시아(H사)로 구성되었다. 센터페시아는 버튼 전면의 각도를 용이하게 변경할 수 있도록 센터페이사를 회전할 수 있는 스탠드 위에 설치되었다. 그리고 센터페시아는 H사 A차종의 실내 공간 배치(interior layout)를 참고하여 시뮬레이터에 위치시켰다(Park and Jung, 2014).

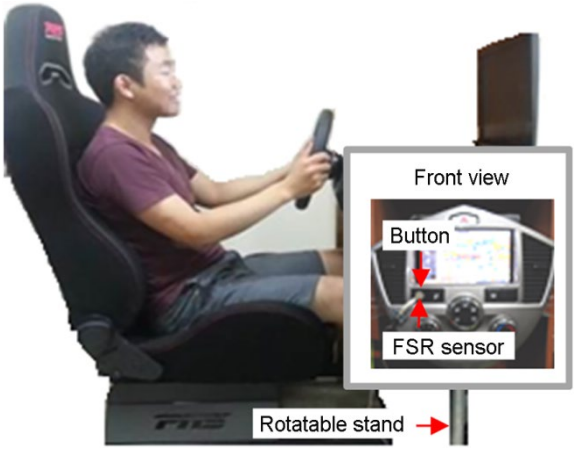


Figure 2. Experimental layout used in this study

본 연구의 버튼 조작 힘은 FSR 센서(A201-25, TecScan Co.)를 사용하여 측정되었다. FSR 센서(지름 1cm)는 실험 대상 버튼의 전면 중앙에 부착되었으며, 실험참여자가 센서를 누르는 힘(단위: N)을 초당 100Hz로 측정하였다. 본 연구는 FSR 센서에 수직 방향으로 힘을 가하는 분동을 활용하여 FSR 센서의 측정 값을 교정(calibration)하였다(Kong and Freivalds, 2003; Jung et al., 2005; Kong and Lowe, 2005).

2.3 Experimental design and procedure

본 연구의 실험은 one-factor(버튼 각도) within-subject design으로 설계되었다. 독립 변수는 버튼 각도이며, 버튼 각도의 수준은 종합적인 평가를 위해 Figure 3에 나타낸 것과 같이 6수준(0°, 10°, 20°, 30°, 40°, and 50°)으로 설정되었다.

본 연구의 종속 변수는 버튼 조작 힘(단위: N)과 주관적 만족도 점수(5점 척도)이다. 버튼 조작 힘은 버튼을 누르는 동안 측정된 힘의 평균과 최댓값으로 정량화되었다. 본 연구는 평균 힘과 최대 힘을 계산하기 위해 버튼을 누르기 시작하는 시점과 종료하는 시점을 자동으로 찾는 프로그램(MathWorks, Inc., Natick, MA, USA)을 Figure 4와 같이 개발하였다. 본 연구의 프로그램은 버튼에 부착된 FSR 센서에 0.1N 이상의 수직 방향 힘이 처음 가해지는 시점을 시작점으로 설정하였고, FSR 센서에 가해지는 힘이 0.1N 미만으로 낮아지는 시점을 종료점으로 정의하였다. 평균 힘은 시작점과 종료점 사이에 측정된 힘의 평균으로 계산되었고, 최대 힘은 시작점과 종료점 사

이에 측정된 힘의 최댓값으로 계산되었다. 마지막으로, 주관적 만족도 점수는 5점 척도(1: 매우 불만족, 2: 불만족, 3: 보통, 4: 만족, 5: 매우 만족)를 사용하여 측정되었다.

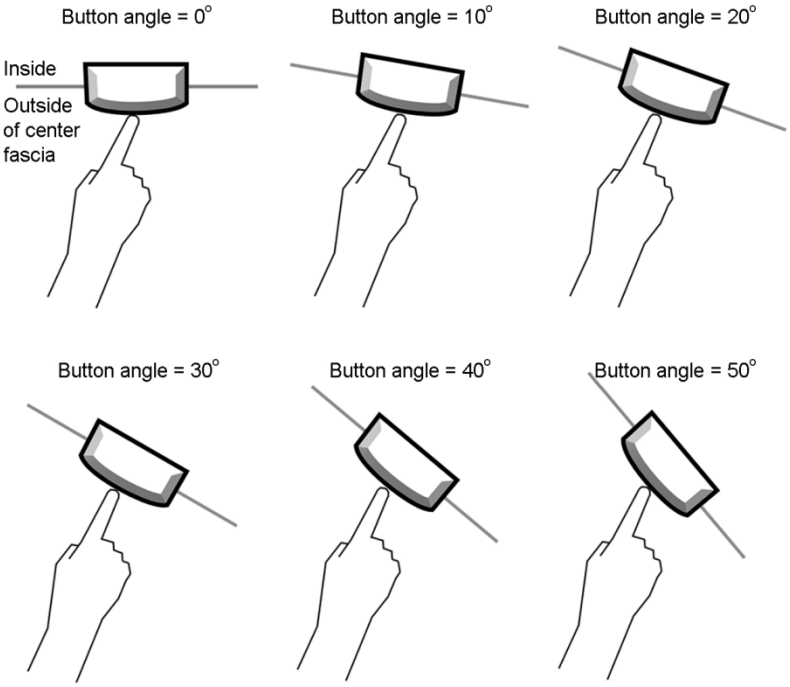


Figure 3. Illustration of button angles considered in experiment

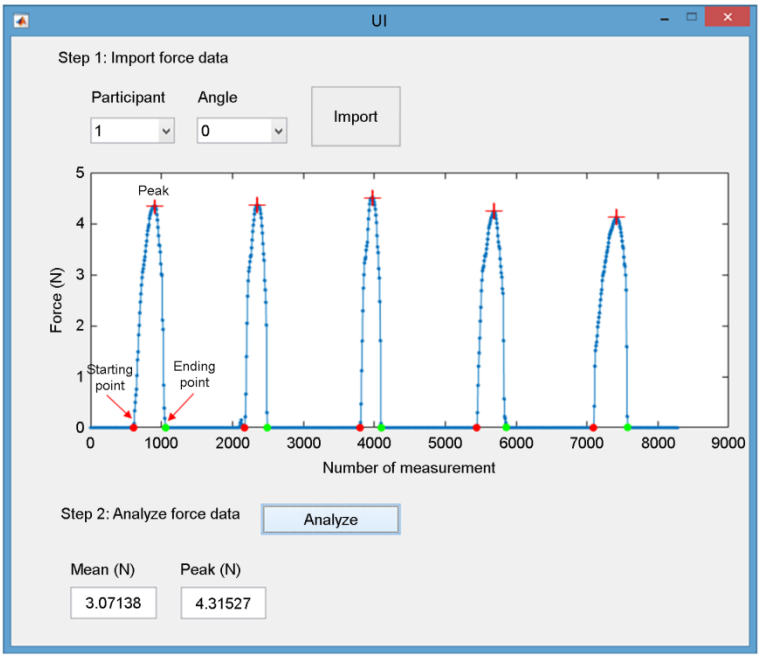


Figure 4. Analysis software on force measurements

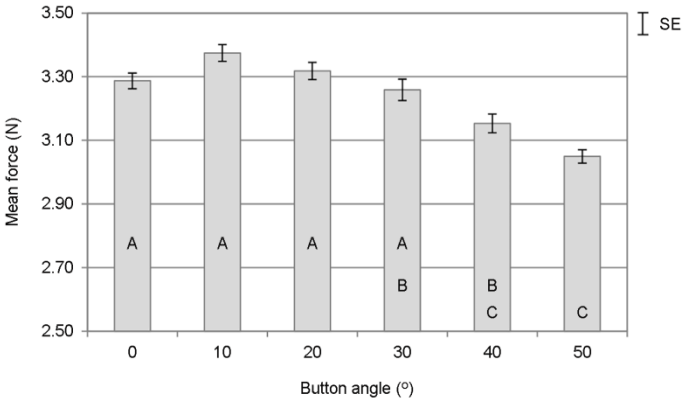
본 연구의 실험은 4단계 절차(실험 소개, 연습 실험, 본 실험, 그리고 사후 면담)로 진행되었다. 첫째, 실험 진행자가 실험의 개요와 절차를 실험참여자에게 설명한 후 실험 참여에 대한 동의서를 받았다. 둘째, 실험참여자들이 실험 환경 및 절차에 익숙해지도록 연습 주행 및 버튼 조작 연습을 실시하였다. 셋째, 버튼 각도 6수준에 대해 5회 반복 실험(총 30회 = 각도 6수준 × 반복 5회)을 무작위 순서로 실시하였다. 본 연구는 시뮬레이션 운전을 하면서 실험 진행자의 지시에 따라 오른손 검지손가락으로 실험 버튼을 누르도록 하였다. 또한, 실험 버튼을 누를 때 운전 시 자연스럽게 버튼을 조작하는 것과 최대한 유사하고 일정한 힘으로 조작하도록 요청하였다. 마지막으로, 측정된 실험 결과에 대해 실험참여자의 의견을 묻는 사후 면담(debriefing)을 실시하였다.

2.4 Statistical analysis

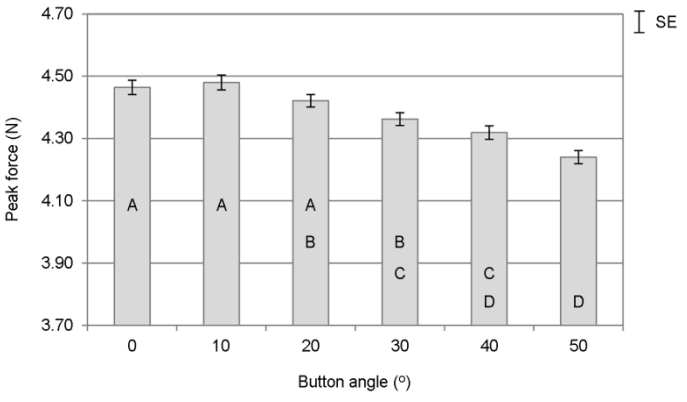
본 연구는 MINIAB 14.0 (Minitab Inc., USA)과 유의수준 5%를 활용하여 통계 분석을 수행하였다. 분산 분석은 각 종속 변수(평균 힘, 최대 힘, 그리고 주관적 만족도)에 대해 one-factor(독립 변수: 버튼 각도) within-subject ANOVA를 적용하여 이루어졌다. 그리고 분산 분석에서 통계적으로 유의한 경우 사후 분석(post-hoc test)을 동일한 유의수준에서 Tukey test를 적용하여 수행되었다.

3. Results

평균 힘과 최대 힘은 버튼 각도에 따라 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 분석되었다(평균 힘: $F(5, 120) = 11.71$, $p < 0.001$; 최대



(a) Mean push force



(b) Max push force

Figure 5. Push forces by button angle (letters indicate statistical differences at α = 0.05)

힘: $F(5, 120) = 18.4$, $p < 0.001$). 먼저, 평균 힘은 Figure 5a와 같이 버튼 각도가 0~20° (mean ± SE; 3.33±0.05N)일 때 다른 각도(3.15±0.06N)보다 유의하게 큰 것으로 나타났다. 또한, 최대 힘은 Figure 5b와 같이 버튼 각도가 0~10° (4.47±0.05N)일 때 다른 각도(4.34±0.04N)보다 유의하게 큰 것으로 파악되었다. 그러나 버튼 각도에 따른 평균 힘과 최대 힘의 범위는 3.05~3.37N과 4.24~4.46N으로 나타나 미미한 것으로 분석되었다.

주관적 만족도 점수는 버튼 각도에 따라 유의한 차이가 있는 것으로 분석되었다($F(5, 120) = 29.3$, $p < 0.001$). 버튼 각도에 대한 만족도 점수는 Figure 6과 같이 버튼 각도가 10~30° (3.86±0.18)일 때 다른 각도(2.50±0.18)보다 현저히 높은 것으로 나타났다.

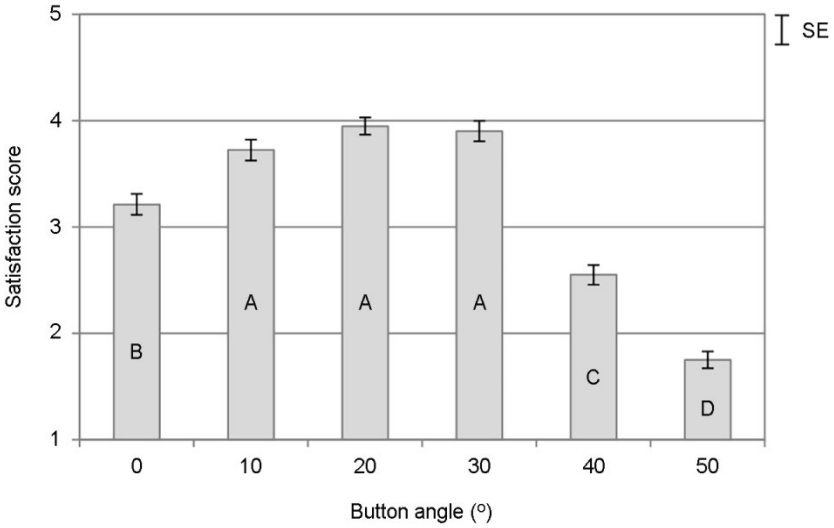


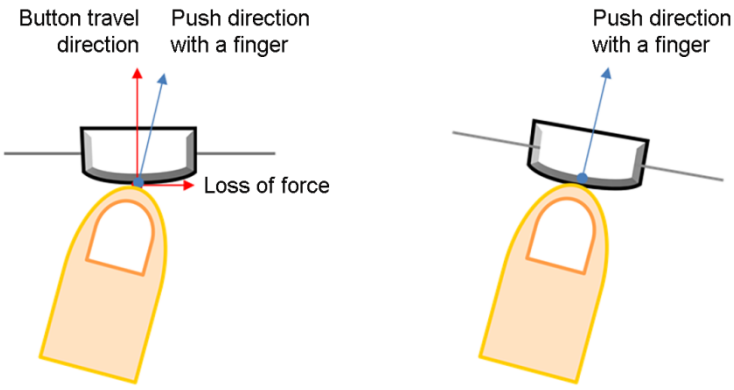
Figure 6. Subjective satisfaction scores by button angle (letters indicate statistical differences at $\alpha = 0.05$)

4. Discussion

본 연구의 실험 결과에 따르면 힘 전달 효율성은 버튼 각도가 10°일 때 가장 높은 것으로 파악되었다. 본 연구는 실험참여자에게 운전 시와 최대한 유사하며 일정한 수준의 힘으로 버튼을 누르도록 요청하였다. 그러나 버튼에 전달된 힘은 버튼 각도에 따라 상이한 것으로 나타났다. 이러한 경향성은 Figure 7에 예시적으로 나타낸 것과 같이 버튼에 가해진 힘은 유사하더라도 버튼에 전달되는 힘(효율)은 버튼 각도에 따라 상이하기 때문인 것으로 추정된다. 예를 들면, 10° 경사진 버튼(Figure 7b)은 경사가 없는 버튼(Figure 7a) 보다 검지손가락이 버튼에 닿는 방향과 버튼이 작동하는 방향이 일치하여 효과적으로 힘이 전달될 수 있다.

실험참여자들은 실험 진행자의 지시에 따라 일정한 수준의 힘으로 버튼을 누른 것으로 분석되었다. 본 연구는 실험참여자에게 일정한 수준의 힘으로 버튼을 누르도록 요청하였으며, 실험참여자들이 일정한 수준의 힘으로 버튼을 눌렀는지 확인할 수 있도록 반복 실험을 수행하였다. 본 연구의 반복 실험에 따른 평균 힘과 최대 힘의 표준편차는 각각 0.20N과 0.12N으로 매우 낮게 나타났다. 이러한 경향성은 실험 진행자의 지시에 따라 실험참여자들이 최대한 일정한 수준의 힘으로 버튼을 조작하였음을 시사한다.

본 연구의 결과에 따르면 주관적 만족도는 버튼 각도가 20°일 때 가장 높은 것으로 나타났다. 실험 결과에 대한 사후 면담(debriefing) 결과, 실험참여자들은 2가지 측면에서 버튼 각도 20°를 보다 선호하는 것으로 파악되었다. 첫째는 버튼 각도가 20°일 때 버튼의 전면이 운전자 방향을 향하여 버튼의 시인성(visibility)이 높아지는 것으로 조사되었다. 둘째는 버튼 각도가 20°일 때 보다 자연스러운 팔동작과 손가락 자세로 버튼을 누를 수 있는 것으로 나타났다.



(a) Button angle 0° (b) Button angle 10°

Figure 7. Illustration of force transmission efficiency for two different button angles

버튼 각도가 30° 이상일 경우 힘 전달 효율성과 만족도가 현저히 감소하기 시작하는 것으로 파악되었다. 힘 전달 효율성은 버튼 각도가 0~20°일 때 서로 유사(평균 힘 = 3.33N, 최대 힘 = 4.47N)하나 30°부터는 유의한 감소(평균 힘 = 3.15N, 최대 힘 = 4.34N)를 보인다. 또한, 만족도는 버튼 각도가 0~30°일 때 유사(3.70점)하나 40°부터는 유의하게 감소(2.15점)한다. 이러한 경향성은 버튼의 각도가 과도하면 오히려 힘 전달 효율성과 시인성이 저하되기 때문인 것으로 해석된다.

본 연구의 실험 결과를 일반화하기 위해서는 3가지 측면의 후속 연구가 필요하다. 첫째, 본 연구의 버튼 조작 실험에는 20대 남성만 참여하였다. 그러나 버튼 조작감은 연령 및 성별에 따라 상이할 수 있으므로(Chang and Jung, 2017a; Chang and Jung, 2017b; Chang et al., 2017a; Jung et al., 2011) 다양한 연령대와 성별에 대한 추가 실험이 필요하다. 둘째, 본 연구는 실험참여자의 안전 및 실험 환경 통제를 위해 주행 시뮬레이터를 활용하여 실험을 진행하였으나, 실험 결과의 타당성(fidelity)을 제고하기 위해서는 실차를 활용한 후속 실험이 필요하다. 마지막으로, 본 연구의 실험 결과를 다양한 차종의 버튼 설계에 적용하기 위해서는 본 연구의 실험 및 분석 프로토콜을 다양한 차종에 적용하는 후속 연구가 필요하다.

5. Conclusion

본 연구는 센터페시아의 다양한 버튼 각도에 대한 버튼 조작 힘과 주관적 만족도를 평가하였다. 버튼에 전달된 평균 힘과 최대 힘은 버튼 각도에 따라 3.05~3.37N과 4.24~4.46N의 범위를 보이는 것으로 나타났으며, 버튼 각도가 0~30°일 때 가장 큰 힘이 버튼에 전달되는 것으로 파악되었다. 한편, 버튼 조작 동작에 대한 주관적 만족도는 버튼 각도가 10~30°일 때 가장 높은 것으로 분석되었다. 이러한 실험 결과는 승용차 센터페시아의 버튼 각도 설계 시 유용하게 활용될 수 있을 것으로 기대된다. 또한, 본 연구의 접근 방법과 연구 결과는 승용차의 센터페시아가 아닌 다른 시스템의 버튼 각도 설계에도 유용한 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 사료된다.

Acknowledgement

This work was supported by the National Research Foundation of Korea (NRF) grant funded by the Korea government (MSIT; NRF-2019R1A2C4070310).

References

Chang, J. and Jung, K., Effects of traffic signals with a countdown indicator: Driver's reaction time and subjective satisfaction in driving simulation. *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, 36(5), 459-466, 2017a.

Chang, J. and Jung, K., Development of a press and drag method for hyperlink selection on smartphone. *Applied Ergonomics*, 65, 269-276, 2017b.

Chang, J., Choi, B., Tjolleng, A. and Jung, K., Effects of button position on a soft keyboard: muscle activity, touch time, and discomfort in two-thumb text entry. *Applied Ergonomics*, 60, 282-292, 2017a.

Chang, J., Jung, K., Lee, W. and You, H., Development of a usability evaluation method using natural product-use motion. *Applied Ergonomics*, 60, 171-182, 2017b.

Choi, J.Y., Kim, Y.S., Bahn, S.W., Yun, M.H. and Lee, M.W., A study on optimal layout of control buttons on center fascia considering human performance under emergency situations. *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, 29(3), 365-373, 2010.

Gu, J., Kim, G. and Lee, J., Development of slider-checker analysis equation using door operating-feeling measuring machine. *KSAE 2008 Annual Conference*, 2008.

Jung, K., Lee, B., Chang, Y., Jung, I. and You, H., Identification of the minimum legible text size for group-view display of the main control room in radioactive waste facility. *Journal of the Ergonomic Society of Korea*, 36(3), 213-219, 2017.

Jung, K., Lee, M., Chang, J. and You, H., Evaluation of Information Presentation Methods for a Wearable Braille Display. *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, 30(6), 739-747, 2011.

Jung, K., You, H. and Kwon, O., Evaluation of the FSA hand force measurement system. *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, 24(2), 45-49, 2005.

Kong, Y. and Freivalds, A., Evaluation of meat-hook handle shapes. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 32, 13-23, 2003.

Kong, Y. and Lowe, B.D., Optimal cylindrical handle diameter for grip force tasks. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 35, 495-507, 2005.

Nyberg, P. and Kempic, J., Transforming the laundry process. *Ergonomics in Design*, 14(2), 16-21, 2006.

Park, J., Kim, S. and You, H., An analysis of natural motion for product design: Refrigerator half guard installation part design, *Journal of the Korean Institute of Industrial Engineers*, 37(1), 10-18, 2011.

Park, J., Park, S., Lim, Y. and Jung, E.S., Development of a usability evaluation structural model on car driver. *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, 29(6), 843-851, 2010a.

Park, G., Lee, J., Song, J., Park, N., Gong, J. and Yoon, M., An affective evaluation of a haptic control device mounted on the steering wheel of an automobile. *Proceedings of the 2010 Spring Conference of the Korean Institute of Industrial Engineers*, 418-423, 2010b.

Park, S. and Jung, K., Evaluation of various button angles and operation displacements for ergonomic button design of an automobile. *In Proceedings of the 2014 Fall Conference of the Korean Institute of Industrial Engineers*, 2014.

Seo, S.Y., Shim, J.Y. and Choi, T.H., The role of ergonomics in the vehicle development stage. *Journal of the Ergonomics Society*

of Korea, 29(1), 7-16, 2010.

SizeKorea, 7th Korean anthropometry survey project. 2015, from https://sizekorea.kr (Retrieved May 14, 2020).

Author listings

Seokbong Park: khaipsb2000@naver.com
Highest degree: MS, School of Industrial Engineering, University of Ulsan
Position title: Senior Assistant, Department of ILS, KATEC TCS
Areas of interest: Ergonomic product design, Human-computer Interaction, Usability Evaluation, Integrated Logistic Support

Joonho Chang: jchang@dongguk.edu
Highest degree: Ph.D., Department of Industrial and Manufacturing Engineering, Pennsylvania State University
Position title: Assistant Professor, Department of Industrial and Systems Engineering, Dongguk University
Areas of interest: Biomechanics, Ergonomics Product Design, Usability Evaluation, Industrial safety and health

Kihyo Jung: kjung@ulsan.ac.kr
Highest degree: Ph.D., Industrial and Management Engineering, POSTECH
Position title: Associate Professor, School of Industrial Engineering, University of Ulsan
Areas of interest: Digital human simulation, Intelligent system design, User interface design and evaluation, Industrial safety and health