JESK J Ergon Soc Korea 2021; 40(5): 259-268
https://dx.doi.org/10.5143/JESK.2021.40.5.259
https://jesk.or.kr eISSN:2093-8462

Effects of Hand Dominance, Hand Size, and Device Size on the Grip Posture of Smartphone for Physical and Graphical user Interfaces

Dohoon Kwon[1], Younggeun Choi[2], Xin Cui[1], Minjae Kim[1], Heecheon You[1]

[1]Pohang University of Science and Technology, Department of Industrial and Management, Pohang, 37673
[2]CX Consulting Group, Samsung SDS, Seoul, 05510

사용자 인터페이스 유형별 스마트폰 파지 자세에 대한 우세손, 손 크기, 그리고 기기 크기의 영향 파악

권도훈[1], 최영근[2], Xin Cui[1], 김민재[1], 유희천[1]

[1]포항공과대학교 산업경영공학과
[2]삼성 SDS

Corresponding Author
Heecheon You
Pohang University of Science and Technology, Department of Industrial and Management, Pohang, 37673
Email : hcyou@postech.ac.kr

Received : July 05, 2021
Revised : July 18, 2021
Accepted : September 24, 2021

Objective: This study aims to identify the effects of hand size, hand dominance, and device size on the grip posture of smartphones for physical and graphical UIs.

Background: An inappropriate user interface (UI) causes an inappropriate grip posture and is a cause of lowering smartphone usability. Although studies on smartphone UI elements affecting the gripping posture have been conducted in various fields, there has been no study on the effect of hand dominance for physical and graphical UIs together.

Method: Forty participants with different hand sizes simulated texting and web-surfing tasks using smartphone mock-ups with screen sizes of 3.0" to 7.0" and their grip postures were recorded using web cameras. Four major grip postures (side grip, back-support grip, bottom-support grip, and upper grip), classified based on the positions of the fingers on the smartphone and the shape of the grip, were identified.

Results: It was found that the grip posture distributions for physical UI and graphical UI varied largely by device size (up to 37.1%), moderately by hand size (up to 14.3%), and slightly (up to 3.0%) by hand dominance.

Conclusion: This study found that the frequency distribution of use of the grip posture was significantly changed according to the user interface, anthropometric information such as hand length and dominant hand, and smartphone design factors such as device size.

Application: The information of the grip posture distributions identified in the present study can be utilized to determine the optimal locations of smartphone interfaces for better usability.

Keywords: Grip posture, Smartphone, User interface, Hand grip, Hand dominance, Hand size, Device size

Copyright@2021 by Ergonomics Society of Korea. All right reserved.

1. Introduction

스마트폰의 사용자 인터페이스(user interface, UI)의 위치 및 크기가 적절하게 설계되지 않았을 경우 부적절한 파지 자세가 유발되어 스마트폰의 사용성을 저하시킬 수 있다. 스마트폰의 사용자 인터페이스들 중 전원 키(power key), 볼륨 키(volume key)와 같은 하드 키(hard key)가 부적절하게 위치될 경우 조작 시 손가락에 불편이 발생될 수 있다(Finneran and O'Sullivan, 2013; Wobbrock et al., 2008). 또한, 스마트폰 사용자가 기기를 안정적으로 파지하지 못한 상태에서 기기를 조작할 경우 기기를 놓치게 되어 기기 파손이 발생되거나 손에 불필요한 부하를 발생시킬 수 있다(Choi et al., 2020; Wobbrock et al., 2008). 다양한 크기의 스마트폰들 중 적절하지 못한 스마트폰 크기는 스마트폰 사용 시 파지 자세 적절성, 휴대성, 조작 용이성(controllability), 작업 수행도, 신체적 부하 등의 측면에서 부정적 영향을 줄 수 있다(Kietrys et al., 2015; Kim et al., 2014; Kwon et al., 2016). 한편, 한 손으로 스마트폰을 파지하는 자세는 양손 파지 대비 편리성(convenience) 측면에서 선호될 수 있으나 한 손에 신체적 부하를 편중시키고 파지 자세의 안정성을 저하시킬 수 있다(Choi et al., 2020; Kwon et al., 2016).

스마트폰 파지 자세에 대해 파지 자세 유형을 구분하거나 파지 자세에 영향을 주는 요소들을 파악하는 연구들이 수행되어 왔다. 스마트폰 파지 자세 유형은 사용 손, 손가락 위치, 파지의 견고성에 따라 다양하게 분류될 수 있다. Trudeau et al. (2016)은 파지 사용 손을 오른손, 왼손, 그리고 양손으로 구분하여 그래픽 사용자 인터페이스(graphic user interface, GUI) 사용 시의 사용성을 분석하였다. 한편, Choi et al. (2015)은 오른손에 대하여 파지 자세를 스마트폰 기기의 각 부위(L: left, 좌측면; R: right, 우측면; T: top, 상단면; B: bottom, 하단면; F: front, 전면; K: back, 후면)에 위치하는 손가락의 수에 따라 파지 자세 유형을 파악하였다(예: 3L-1R-1K는 좌측면 손가락 3개, 우측면 손가락 1개, 후면에 손가락 1개를 사용한 파지 자세를 의미). 마지막으로, Pelosi et al. (2009)은 스마트폰 사용 시의 파지 견고성에 따라 느슨한 파지(soft grip)와 견고한 파지(firm grip)로 구분하여 파지 자세를 분석하였다. 파지 자세에 영향을 주는 요소는 스마트폰의 너비, 화면 크기와 같은 물리적 사용자 인터페이스(physical user interface, PUI)와 화면 크기, 아이콘 배치, 아이콘 크기와 같은 GUI가 있다. Lee et al. (2018)은 4가지 스마트 폰의 너비(67, 70, 72, 그리고 74mm)와 5가지 베젤(bezel) (2.5, 5, 7.5, 10, 그리고 12.5mm)의 스마트폰에 대하여 터치 작업 수행 시의 작업 수행도와 주관적 만족도를 평가하여 스마트폰 너비 증가와 bezel의 감소가 작업 수행도를 저하시키고 너비가 넓어질수록 불편한 파지 자세를 초래하여 작업 수행에 더 많은 노력이 필요하다고 추정하였다. Xiong and Muraki (2016)는 스마트폰 화면 터치 작업 수행 시 엄지 손가락의 동작 범위에 대비하여 화면의 크기가 더 커질 경우 불편한 파지 자세가 유발될 수 있으며 이는 작업 완료 시간과 오류율의 증가로 이어질 수 있다고 보고하였다. 또한, Kim et al. (2014)은 스마트폰 GUI 사용 시 손 크기별 선호 조작 영역을 파악하여 GUI 설계 가이드라인을 제안하였으며, Cho et al. (2010)은 화면 위치별 불편도 지도를 실험적으로 파악하여 사용자의 편안한 스마트폰 그립을 위한 연구를 수행하였다.

파지 자세에 영향을 미치는 스마트폰 UI 요소에 대한 연구는 다방면에서 수행되어 왔으나 PUI와 GUI를 함께 고려하거나 우세손의 영향에 대한 연구는 이루어지지 않았으며, 파지 자세를 통해 그립의 형태와 손가락 위치를 명료하게 파악할 수 있는 분류 체계가 미흡하였다. 스마트폰 UI 측면에서, Lee et al. (2018)은 손 길이, 스마트폰의 높이, 너비, 두께, 모서리 곡률(edge roundness), 그리고 무게가 상이한 4가지 스마트폰 모형을 사용하여 파지 편의성이 높은 선호 인자 수준을 파악하였으며, Kim et al. (2014)은 스마트폰 화면 사용 시 손 크기에 따른 선호 조작 영역을 파악하여 GUI 설계 가이드라인을 도출하였다. 그러나, 스마트폰 파지 자세는 실제 사용 상황과 유사하게 GUI와 PUI가 혼합적으로 사용되는 상황 속에서 파악될 필요가 있다. Lee et al. (2018)은 제품 평가 시 전반적인 설계 요소와 사용 작업을 종합적으로 평가할 필요성을 제시하였으며, Choi et al. (2020)은 스마트폰 GUI 뿐만 아니라 PUI 조작 시에도 사용자가 선호하는 그립 자세를 고려하여 PUI 위치를 결정해야 함을 논의하였다. 또한, 인체 정보를 활용함에 있어서 우세손에 대한 고려가 필요하다. Kang et al. (1997)은 141명의 한국 대학생을 대상으로 점 찍기(dot-filling), 손가락 두들기기(finger tapping), 핀 넣기 2종(Purdue pegboard, grooved pegboard), 그립 악력(grip strength)의 5가지에 대해 우세손과 비우세손에서의 수행도 차이를 비교한 결과 우세손에서 평균 10% 높은 수행도를 보였다고 보고하였다. 파지 자세 유형 구분 측면에서, Pelosi et al. (2009)은 파지 자세를 느슨한 파지와 견고한 파지의 두 가지 형태로 구분하여 사용하는 손에 상관없이 파지 자세를 구분할 수 있었으나, 손가락의 위치와 같은 구체적인 정보가 자세 구분에 포함되지 않았으며, Trudeau et al. (2016)은 오른손, 왼손 그리고 양손 파지의 형태로 구분하였으나 그립의 형태에 대한 고려가 미흡하였다. Lee et al. (2018)은 소지로 휴대폰 하단을 지지하는 자세(supporting bottom with little finger)와 휴대폰 양측면을 움켜쥐는 자세(grasping left and right side)에 대해서만 분류하였으나, 실제 스마트폰 사용 중에는 더 다양한 파지 자세가 활용된다는 점이 반영되지 않았다. 따라서, 스마트폰 파지 자세는 사용자의 다양한 인체 정보, 다양한 스마트폰 UI가 종합적으로 고려되어 파악될 필요가 있으며, 파지 자세 유형은 그립의 형태와 손가락 위치에 따라 체계적으로 분류될 필요가 있다.

본 연구는 스마트폰의 크기, 사용자의 손 크기, 그리고 우세손에 따라 변화되는 파지 자세의 상대적인 사용 빈도를 파악하는 것이다. 다양한 크기의 스마트폰을 사용하여 대표적인 스마트폰 작업들을 수행하는 동안 사용되는 파지 자세가 비디오 카메라를 통해 기록되었다. 파지 자세는 스마트폰 상의 손가락 위치를 고려하여 분석되었으며, 스마트폰 크기, 손 크기, 우세손에 따른 파지 자세 유형별 사용 빈도 변화를 분석하였다.

2. Method

2.1 Participants

우세손, 손 길이, 성별, 그리고 스마트폰 사용 경험을 고려하여 20대~50대(mean ± SD = 38.5±12.2; range = 24~55)의 성인 40명(남성: 20, 여성: 20; 왼손 잡이: 20, 오른손 잡이: 20)이 모집되었다. 실험참여자의 우세손은 Edinburgh Handedness Inventory (Oldfield et al., 1971)의 10가지 작업 항목(예: 글씨 작성, 그림 그리기, 수저 사용 등)에 대하여 사용되는 손에 대해 5점 척도(1: 항상 왼손, 2: 대개 왼손, 3: 중간, 4: 대개 오른손, 5: 항상 오른손)를 통해 파악하였으며 모집된 참여자 중 양손 잡이는 없었다. 실험참여자의 손 길이는 사이즈 코리아의 인체 측정 정보(http://sizekorea.kr)를 기반으로 작은 손 크기(< 33th %ile; 172mm 이하; 14명; 평균±표준편차 = 166.7±4.9), 중간 손 크기(33th ~ 67th %ile; 172~182mm; 15명; 평균±표준편차 = 178.8±6.1), 그리고 큰 손 크기(≥ 67th %ile; 182mm 이상; 11명; 평균±표준편차 = 189.2±10.6)의 3가지 그룹으로 구분되었다. 본 연구는 포항공과대학교의 기관심의위원회의 승인(PIRB-2018-E100)을 받아 수행되었다.

2.2 Apparatus

다양한 크기의 스마트폰 모형을 파지할 때의 파지 자세가 LifeCam Studio (Microsoft Co. Ltd., Redmond: WA, USA) 웹 카메라를 통해 측정되었다. 본 실험에 사용된 스마트폰 모형은 국내외 스마트폰 설계 제원들을 참조하여 9가지의 화면 크기(3.0~7.0", 0.5" 간격)로 설정하였다(Figure 1 참조). 스마트폰 사용 시 사용자의 자연스러운 움직임을 위해 웹 카메라 2대가 실험참여자의 손 위치 영역 상단

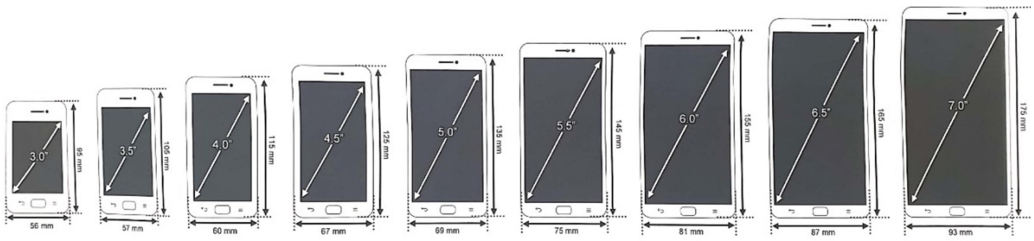


Figure 1. Nine smartphone mock-ups of different sizes used in the grip posture experiment

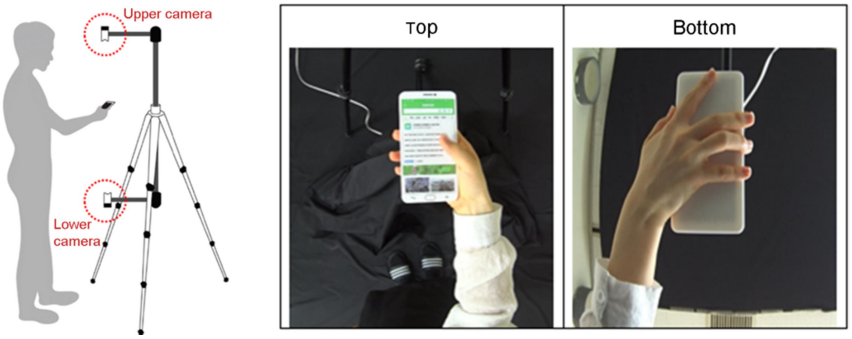


Figure 2. Two web cameras located above and below the user's hand to measure a grip posture

30cm와 하단 30cm에 배치되어 파지 자세가 녹화되었다(Figure 2 참조).

2.3 Experimental protocol

스마트폰 파지 자세 측정 실험은 (1) 실험 준비, (2) 인체 측정, (3) 파지 자세 측정, 그리고 (4) 사후 설문의 4단계 절차에 따라 수행되었다. 첫째, 실험 준비 단계에서는 참여자에게 실험 목적과 절차에 대해 설명한 후 동의서를 받았다. 둘째, 인체 측정 단계에서는 실험 참여자의 손 길이 측정과 우세손 평가가 진행되었다. 손 길이는 버니어 캘리퍼스(vernier calipers)를 사용하여 손목 시작점부터 가운데 손가락 끝 점까지 측정되었다. 셋째, 파지 자세 측정 단계에서는 스마트폰을 사용하여 문자 전송과 인터넷 검색 작업 수행 시의 파지 자세가 확인되었다. 문자 전송 작업은 (1) 휴대폰을 파지한 상태로 대기, (2) 화면을 슬라이드 하여 앱 찾기, (3) 화면을 터치하여 앱 실행, (4) 문자 입력, (5) 전원 키를 눌러 화면 끄기의 5가지 세부 동작으로 이루어졌다. 인터넷 검색 작업은 (1) 휴대폰을 파지한 상태로 대기, (2) 전원 키를 눌러 화면 켜기, (3) 화면 슬라이드 하여 인터넷 검색, (4) 화면을 터치하여 기사를 선택, (5) 전원 키를 눌러 화면을 끄기의 5가지 세부 동작으로 이루어졌다. 제시되는 작업과 스마트폰 모형의 크기는 학습 효과를 방지하기 위해 임의의 순서로 시행되었으며, 실험 수행으로 인해 발생되는 피로에 의한 영향을 방지하기 위해 6가지 스마트폰 모형 평가 후 3분간의 휴식 시간을 제공하였다. 마지막으로, 사후 설문 단계에서는 참여자의 파지 자세에 대한 선호 사유가 조사되었다.

2.4 Classification of grip posture

파지 자세는 스마트폰 사용 시 녹화된 비디오에서 추출된 사진을 통해 분류되었다. 사진 추출 시점은 휴대폰 사용 작업 중 일시적으로 손 움직임이 고정되는 시점으로 설정되었으며, 손가락이 고정된 시점의 정확성을 위해 연구진 2인의 검토를 거쳤다. 파지 자세는 파지 형태와 손가락의 위치를 고려하여 측면 그립, 후면 지지, 하단 지지, 상단 그립의 4가지 파지 자세 유형으로 구분되었다(Figure 3). 부가적으로, 측면 그립은 휴대폰 측면을 움켜쥐는 자세, 후면 지지는 휴대폰의 뒷면을 손가락으로 지지하는 자세, 하단 지지는 휴대폰의 하단부를 손가락으로 지지하는 자세, 상단 그립은 휴대폰의 측면과 상단을 움켜쥐는 자세이다.

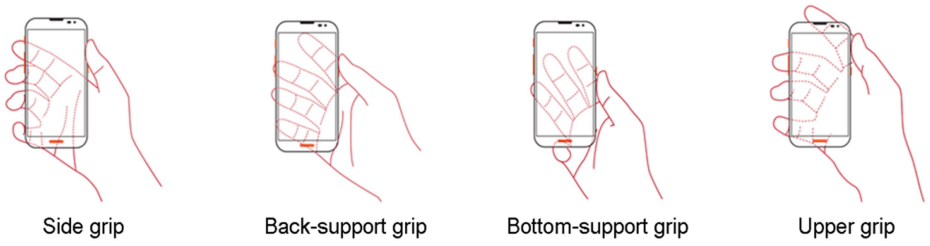


Figure 3. Classification of four grip posture types (side grip: gripping the sides of the phone; back-support grip: supporting the back of the phone; bottom-support grip: supporting the bottom of the phone; upper grip: gripping the top and sides of the phone)

2.5 Statistical analysis

사용자 인터페이스, 우세손, 손 길이 그리고 기기 크기에 의해 변화되는 파지 자세 사용 빈도는 SPSS S/W (IBM SPSS Statistics, USA)을 통해 유의 수준 $\alpha = 0.05$에서 χ^2 - test로 분석되었다.

3. Results

사용자 인터페이스(UI) 유형에 따른 파지 자세의 사용 비율(%)은 유의한 차이가 있었으며, PUI 사용 시는 측면 그립(77.5%)이 주요한 반면 GUI 사용 시에는 측면 그립(35.9%)과 후면 지지(43.9%)가 주요한 것으로 파악되었다. Figure 4와 같이 PUI 사용 시 파지 자세의 사용 비율은 측면 그립 77.5%, 후면 지지 5.1%, 하단 지지 7.3%, 그리고 상단 그립 10.1%로 측면 그립이 주요하였다. 반면, GUI 사용

시 파지 자세의 사용 비율은 측면 그립 35.9%, 후면 지지 43.9%, 하단 지지 15.8%, 그리고 상단 그립 4.5%로 측면 그립과 후면 지지가 주요하여 사용 인터페이스 유형에 따른 파지 자세 사용 비율에 유의한 차이가 있었다(χ^2_3 = 1,845.2; p < .01).

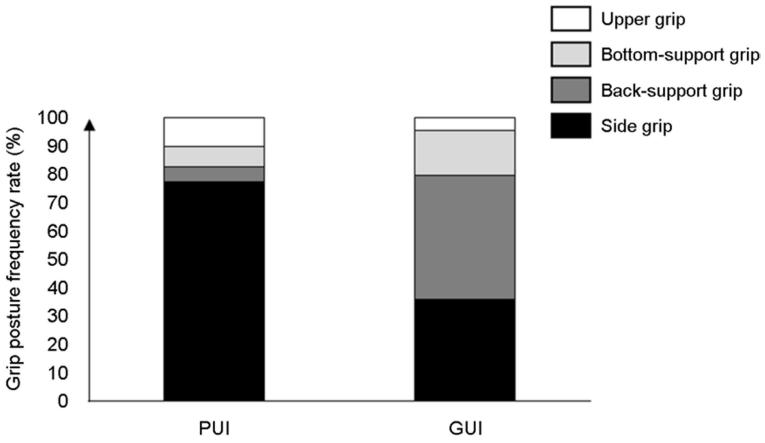


Figure 4. Distribution of grip posture by user interface (PUI: physical user interface; GUI: graphic user interface)

우세손 사용 여부에 따른 파지 자세의 사용 비율(%)은 PUI와 GUI 모두에서 유의한 차이가 있었으며, PUI 사용 시는 각 파지 자세의 사용 비율 차이가 0.5~3.0%, GUI 사용 시에는 0.4~2.5%의 차이가 있는 것으로 파악되었다. Figure 5. a와 같이 PUI 사용 시 우세손에 따른 파지 자세의 사용 비율은 측면 그립 77.3%, 후면 지지 5.6%, 하단 지지 8.2% 그리고 상단 그립 8.9%였다. 반면, 비우세손 사용시에는 측면 그립 77.8%, 후면 지지 4.7%, 하단 지지 6.4% 그리고 상단 그립 11.2%로 사용 손에 따른 유의한 차이가 있었다(χ^2_3 = 10.0; p = .019). 우세손 차이에 따른 파지 자세 사용 비율은 측면 그립의 경우 0.5%, 후면 지지의 경우 0.9%, 하단 지지의 경우 3.0%, 그리고 상단 그립의 경우 2.5%의 차이가 있는 것으로 파악되었다. 한편, Figure 5. b와 같이 GUI 사용 시 우세손에 따른 파지 자세의 사용 비율은 측면 그립 34.6%, 후면 지지 44.1%, 하단 지지 17.4% 그리고 상단 그립 3.9%였다. 반면, 비우세손 사용시에는 측면 그립 37.1%, 후면 지지 43.7%, 하단 지지 14.1% 그리고 상단 그립 5.1%로 사용 손에 따른 유의한 차이가 있었다(χ^2_3 = 10.7; p = .014). 우세손 차이에 따른 파지 자세 사용 비율은 측면 그립의 경우 2.5%, 후면 지지의 경우 0.4%, 하단 지지의 경우 0.8%, 그리고 상단 그립의 경우 1.2%의 차이가 있는 것으로 파악되었다.

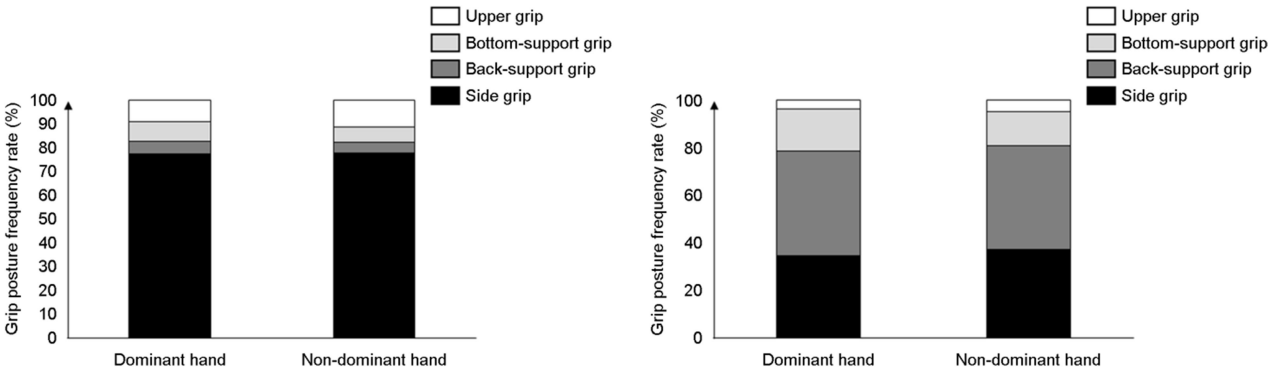
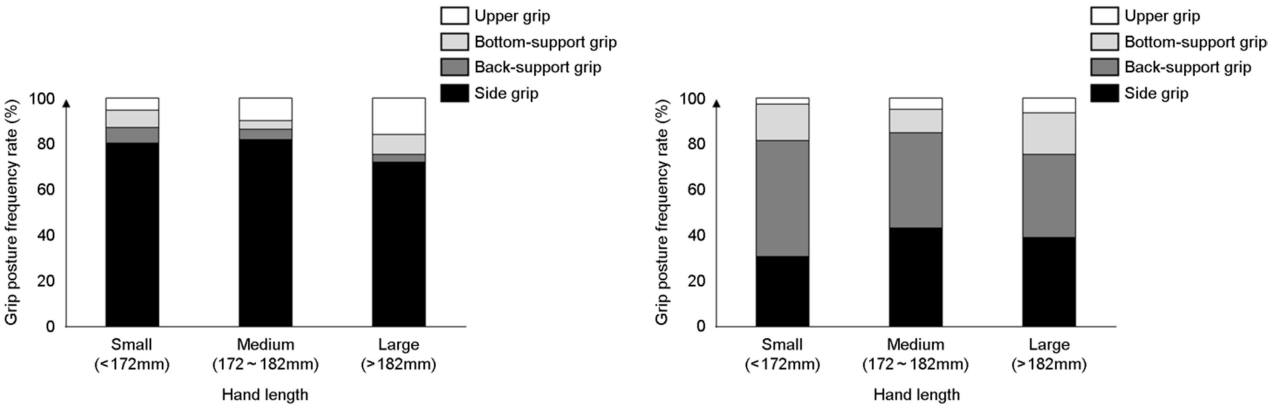


Figure 5. Distribution of grip posture by user interface (UI) and dominant hand. (a) PUI (physical user interface); (b) GUI: graphic user interface)

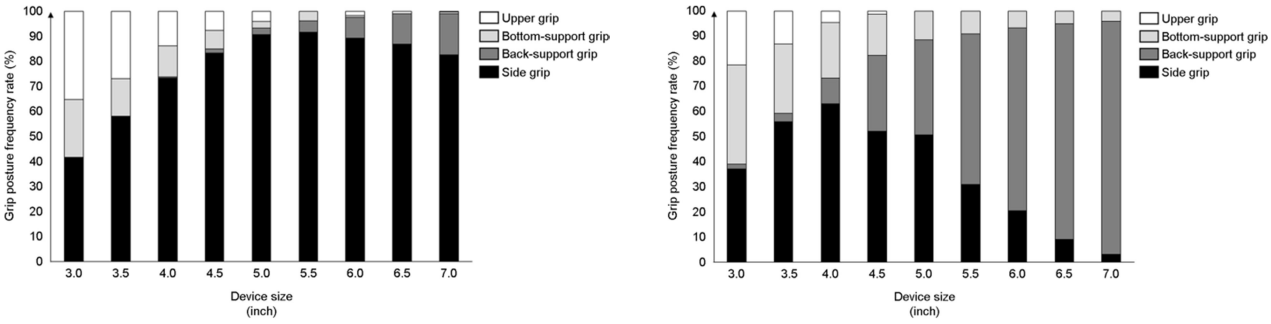
손 길이에 따른 스마트폰 파지 자세의 사용 비율(%)은 PUI와 GUI에서 그룹별로 모두 유의한 차이가 있었으며, 손 길이 증가에 따라 PUI 사용 시에는 하단 지지와 상단 그립이 5.8% 증가되었고, GUI 사용 시에는 상단 그립, 측면 그립과 하단 그립은 4.8% 증가되었다. Figure 6. a는 PUI 사용 시 손 길이가 증가할수록 측면 그립과 후면 지지가 각각 8.5%, 3.0% 감소한 반면 하단 지지와 상단 그립은 각각 1.2%, 10.3% 증가하여 손 길이에 따른 파지 자세 사용 비율에 유의한 차이가 있음을 보여준다(χ^2_6 = 113.0; p < .01). Figure 6. b는 GUI 사용 시 손 길이가 증가할수록 후면 지지가 14.3% 감소한 반면 측면 그립, 하단 지지 그리고 상단 그립은 각각 8.4%, 2.0% 그리고 4.0% 증가하여 손 길이에 따른 파지 자세 사용 비율에 유의한 차이가 있음을 보여준다(χ^2_6 = 103.9; p < .01).



(a) PUI (b) GUI

Figure 6. Distribution of grip posture by user interface (UI) and hand length. (a) PUI (physical user interface); (b) GUI: graphic user interface)

기기 크기에 따른 스마트폰 파지 자세의 사용 비율(%)은 PUI와 GUI에서 그룹별로 모두 유의한 차이가 있었으며, 기기 크기 증가에 따라 PUI 사용 시에는 측면 그립과 후면 그립이 28.6% 증가되었고, GUI 사용 시에는 후면 지지가 91.3% 증가되었다. Figure 7. a는 PUI 사용 시 기기 크기가 증가할수록 측면 그립과 후면 그립의 사용 비율이 평균적으로 각각 5.1%, 2.0% 증가되었다. 반면, 하단 지지와 상단 그립의 사용 비율은 평균적으로 각각 2.8%, 4.4% 감소되어, 기기 크기에 따른 파지 자세 사용 비율에 유의한 차이가 있음을 보여준다(χ^2_{24} = 1,142.5; p < .01). Figure 7. b는 GUI 사용 시 기기 크기가 증가할수록 후면 지지의 사용 비율은 평균 11.4% 증가되어 전반적으로 91.2% 증가되었음을 보여준다. 반면, 측면 그립, 하단 지지 그리고 상단 그립의 사용 비율은 평균적으로 각각 4.3%, 4.4%,



(a) PUI (b) GUI

Figure 7. Distribution of grip posture by user interface (UI) and device size. (a) PUI (physical user interface); (b) GUI: graphic user interface)

2.7% 감소되어, 기기 크기 변화에 따른 파지 자세의 사용 비율에 유의한 차이가 있다는 것을 보여준다(χ^2_{24} = 2043.4; p < .01).

4. Discussion

본 연구는 다양한 크기의 스마트폰 사용 시 나타나는 파지 자세를 분류하고, 우세손 사용 여부, 손 길이, 그리고 기기 크기에 따른 파지 자세 유형별 사용 비율을 파악하였다. 스마트폰 파지 자세를 파악한 선행 연구(Choi et al., 2010; Choi et al., 2020; Trudeau et al., 2016)는 PUI 혹은 GUI가 단일적으로 사용되는 사용 상황에서 파지 자세를 파악하였으며 PUI와 GUI가 혼합되어 사용되는 상황에서 변화되는 파지 자세를 파악한 연구는 수행되지 않았다. 또한, 파지 자세 변화에 영향을 끼칠 수 있는 요소를 수행한 선행 연구들(Choi et al., 2015; Kim et al., 2014; Lee et al., 2018; Pelosi et al., 2009)은 우세손과 손 길이 같은 사용자 인체 정보를 복합적으로 고려하지 않았으며 분류체계에 그립의 형태와 손가락 위치를 모두 고려한 연구는 미흡하였다. 본 연구에서는 문자 입력, 웹서핑과 같이 PUI와 GUI가 혼합적으로 사용되는 상황에서 파지 자세가 파악되었으며, 손 길이뿐만 아니라 우세손이 파지 자세에 미치는 영향을 분석하였다. 또한, 스마트폰의 다양한 설계 인자의 영향을 파악하기 위해 스마트폰의 길이, 너비 그리고 무게가 상이한 9종의 스마트폰 mock-up이 활용되어 파지 자세 측정 실험에 활용되었다. 본 연구의 파지 자세 분류 체계는 손가락 위치 정보를 기반으로 측면, 하단, 후면, 상단의 4가지 위치로 구분하였으며 그립의 형태에 따라 지지와 그립의 2가지로 구분하여, PUI 사용 상황과 GUI 사용 상황 모두에서 사용자의 파지 자세를 구체적으로 구분할 수 있다.

본 연구는 파지 자세의 사용 비율이 사용자 인터페이스, 손 길이, 우세손과 같은 인체 정보 그리고 기기 크기와 같은 스마트폰 설계 요소에 따라 유의하게 변화됨을 파악하였다. 사용 인터페이스에 따른 파지 자세 빈도는 PUI 조작 시에는 측면 그립이 77.5%로 대표적이었지만 GUI 조작 시에는 후면 지지 43.9%와 측면 그립 35.9%로 주요 파지 자세에 차이가 있음을 확인하였다. 사후 설문에서 손가락이 잘 닿지 않는 모서리 부분 조작을 위해 후면 지지 자세를 취했다는 응답을 참조하면 GUI 조작 시 엄지의 가동 범위를 넓히고자 후면 지지의 사용 비율이 높아진 것으로 사료된다. Choi et al. (2020)은 PUI 사용 시 파지 자세 사용 빈도 조사에서 측면을 움켜쥐는 L3-R1-K1 자세가 70.0%, L4-R1가 13.3%로 가장 주요하다고 보고하여, 본 연구의 PUI 사용시 측면 그립이 대표적인 결과와 유사하다. 우세손에 따른 파지 자세 빈도는 PUI 조작 시와 GUI 조작 시 모두 우세손에서 하단 지지와 후면 지지의 사용 비율이 증가하였으며 측면 그립과 상단 그립의 빈도가 감소하는 경향을 보였다. 이는 익숙하지 않은 비우세손 사용 시, 그립에 안정성을 갖고자 그립과 상단 그립을 선호한 것으로 사료된다. 그러나, Özcan et al. (2004)는 왼손 잡이의 경우, 우세손의 사용 여부는 그립 악력과 터치 힘에 영향을 주지 않음을 밝혀 우세손 사용은 파지 자세에 영향을 주지 않음을 보고하였으며, Nicolau and Jorge (2012)는 우세손에 따른 스마트폰 터치 인터페이스의 오타율을 조사하여, 우세손의 사용 여부에 따른 오타율은 유의미한 차이가 없음을 보고하였다. 이는 본 연구에서 도출된 우세손 사용 여부에 따른 사용 비율의 차이가 크지 않은 결과와 유사하다. 손 길이에 따른 파지 자세 빈도는 손 길이가 길수록 PUI 조작 시 상단 그립 사용 비율이 10.4%, GUI 조작 시에는 4.0% 증가된 반면, 후면 지지의 빈도는 PUI 조작 시 3.0%, GUI 조작 시 14.3% 감소한 것으로 파악되었으며, 이는 손 길이가 길수록 손가락의 가동 범위를 넓히는 부자연스러운 파지 자세 대신 안정적인 측면 그립을 선호한 것으로 사료된다. 기기 크기에 따른 파지 자세 빈도는 큰 기기의 PUI 조작 시에는 측면 그립 82.8%, 작은 기기의 PUI 조작 시에는 측면 그립 41.8%, 상단 그립 35.3%로 주요하였다. 큰 기기의 GUI 조작 시에는 후면 지지가 93.0%로 주요하였고, 작은 기기의 GUI 조작 시에는 측면 그립과 하단 지지가 각각 37.3%과 39.5%로 주요한 것으로 파악되었다. 사후 설문에서 사용자의 손가락 크기 대비 기기 크기가 커질 경우 안정적인 파지가 어렵다는 보고가 있었으며, 사용자는 기기의 무게 중심, 안정적인 파지 그리고 조작의 용이성을 고려하여 기기 상단 및 하단에 위치하던 손가락을 측면 혹은 후면으로 변경한 것으로 사료된다.

본 연구에서 파악된 파지 자세 유형별 사용 비율 정보는 스마트폰의 PUI와 GUI의 위치 설계 시 참조되어 사용성 높은 인간공학적 사용자 인터페이스 설계의 가이드라인이 될 수 있다. 손 길이가 길수록 상단 그립의 빈도가 높아져, 스마트폰의 상단 인터페이스는 손이 큰 사람에게 더 유용하게 활용될 수 있으며, 후면 지지 사용 빈도가 높았던 GUI 조작의 경우에는 후면 인터페이스의 활용도를 높여 스마트폰의 조작 용이성 증가에 기여할 수 있다. 예를 들어, Choi et al. (2020)은 PUI 최적 위치 결정 연구에 파지 자세 사용 비율 정보를 활용하여, 사용 비율이 높은 파지 자세에서의 PUI 선호 위치가 사용 비율이 낮은 파지 자세에 비해 더 높은 중요도를 가지도록 하여 PUI의 최적 위치를 결정하였다. 본 연구의 그립의 형태와 손가락 위치를 고려한 파지 자세 분류 방법은 스마트폰이 아닌 한 손으로 파지와 조작이 이루어지는 여러 소형가전 제품 인터페이스 설계에 활용될 수 있다. 예를 들어, 청소기의 경우 엄지 손가락의 위치에 따라 파지의 형태를 분류할 수 있으며 인터페이스 사용 방법에 따라 파지 방법이 달라질 것이다. 본 연구의 파지 자세 분류 체계를 일부 변경하여 파지 자세를 파악한다면, 사용성이 높은 제품 인터페이스 설계에 활용할 수 있을 것이다.

본 연구에서 도출된 파지 자세 유형별 사용 비율은 실험실에서 선 자세로 mock-up을 통해 파악되었으나, 다양한 사용 상황에서 실제 스마트폰을 통한 검토가 필요하다. 본 연구에서 수행된 스마트폰 파지 자세 측정 실험은 실제 스마트폰 제원을 기반으로 제작된 mock-up을 통해 수행되었지만, 실제 사용 상황을 반영하기 위해 시판되고 있는 스마트폰을 통해 평가될 필요가 있다. 또한, 본 연구의 파지 자세 측정 실험은 실험실 환경에서 선 자세로 파지 자세를 측정하였으나, 실제 사용자의 스마트폰 사용은 더 다양한 환경에서 이루어진다. 사용 자세가 변동될 경우 파지 자세가 달라질 수 있으므로 다양한 사용 환경에서의 파지 자세가 파악될 필요가 있다. 마지막으로, 본 연구에서는 한 손 사용 상황에서의 파지 자세에 대해 수행하였으나, 기기 크기가 커질 경우 한 손 보다는 양손 조작이 더 용이할 것이기 때문에 한 손 사용 빈도에 대한 조사와 양손 파지 자세에 대한 연구가 필요하다.

본 연구의 스마트폰 파지 자세 파악 실험 방법론을 활용하여 다양한 인터페이스 형태의 제품과 양손 파지를 주로 사용하는 제품에서의 파지 자세 파악 연구가 수행될 수 있다. 본 연구의 스마트폰 파지 자세 구분 방법은 스마트폰 파지 자세에서는 용이하게 활용될 수 있지만 스마트폰과 인터페이스의 모양이 다른 제품에서는 파지 자세 구분의 재정립이 필요하다. 예를 들어 리모컨의 경우 측면 인터페이스 대신 중앙에 위치한 인터페이스가 주요한 조작 요소이며, 후면 지지와 상단 그립의 형태는 취하지 않을 것으로 사료된다. 또한, 양손 파지가 주로 이루어지는 제품의 경우 한 손 파지와 다른 형태의 파지 자세가 발생될 것이다. 따라서 본 연구의 파지 자세 구분 방법론을 바탕으로, 타 소형 제품에서의 파지 자세 방법 연구가 수행되어야 할 필요가 있다.

Acknowledgement

This research was supported by the Ministry of Trade, Industry, and Energy (MOTIE) grants funded by Korean Government (R0004840, 2020) and Korea-China Collaboration Program (NRF-2018K1A3A1A20026539) through the National Research Foundation (NRF) of Korea funded by the Ministry of Education, Science, and Technology (MEST).

References

Cho, S., Park, S., Jung, E., Im, Y. and Choe, J., Menu Layout for Touch-screen Phones Based on Various Grip Postures. *Journal of the Korean Institute of Industrial Engineers*, 36(1), 52-58, 2010.

Choi, Y., Jung, H. and You, H., Grip Posture Analysis for Ergonomic Smartphone Interface Design. *Ergonomics Society of Korea*, 127-131, 2015.

Choi, Y., Yang, X., Park, J., Lee, W. and You, H., Effects of Smartphone Size and Hand Size on Grip Posture in One-Handed Hard Key Operations. *Applied Sciences*, 10(23), 8374, 2020. DOI:10.3390/app10238374

Finneran, A. and O'Sullivan, L., Effects of grip type and wrist posture on forearm EMG activity, endurance time and movement accuracy. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 43(1), 91-99, 2013. DOI:10.1016/j.ergon.2012.11.012

Kang, Y., Handedness and Intermanual differences on performance tests in Koreans. *Korean Journal of Clinical Psychology*, 16(2), 397-403, 1997.

Kietrys, D.M., Gerg, M.J., Dropkin, J. and Gold, J.E., Mobile input device type, texting style and screen size influence upper extremity and trapezius muscle activity, and cervical posture while texting. *Applied Ergonomics*, 50, 98-104, 2015. DOI:10.1016/j.apergo.2015.03.003

Kim, T., Jung, E.S. and Im, Y., Optimal control location for the customer-oriented design of smart phones. *Information Sciences*, 257, 264-275, 2014. DOI:10.1016/j.ins.2013.05.034

Kwon, S., Bahn, S., Ahn, S.H., Lee, Y. and Yun, M.H., A study on the relationships among hand muscles and form factors of large-screen curved mobile devices. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 56, 17-24, 2016. DOI:10.1016/j.ergon.2016.07.003

Lee, S.C., Cha, M.C., Hwangbo, H., Mo, S. and Ji, Y.G., Smartphone form factors: Effects of width and bottom bezel on touch performance, workload, and physical demand. *Applied Ergonomics*, 67, 142-150, 2018. DOI:10.1016/j.apergo.2017.10.002

Nicolau, H. and Jorge, J., Elderly text-entry performance on touchscreens. *In Proceedings of the 14th international ACM SIGACCESS conference on Computers and accessibility - ASSETS '12. ACM Press*, 2012. DOI:10.1145/2384916.2384939

Oldfield, R.C., The assessment and analysis of handedness: The Edinburgh inventory. *Neuropsychologia*, 9(1), 97-113, 1971. DOI: 10.1016/0028-3932(71)90067-4

Özcan, A., Tulum, Z., Pınar, L. and Başkurt, F., Comparison of Pressure Pain Threshold, Grip Strength, Dexterity and Touch Pressure of Dominant and Non-Dominant Hands within and Between Right- and Left-Handed Subjects. *Journal of Korean Medical Science*, 19(6), 874, 2004. DOI:10.3346/jkms.2004.19.6.874

Pelosi, M., Franek, O., Knudsen, M.B., Christensen, M. and Pedersen, G.F., A Grip Study for Talk and Data Modes in Mobile Phones. *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, 57(4), 856-865, 2009. DOI:10.1109/TAP.2009.2014590 *Size Korea Home Page*, http://sizekorea.kats.go.kr (Retrieved 2 May 2013)

Trudeau, M.B., Asakawa, D.S., Jindrich, D.L. and Dennerlein, J.T., Two-handed grip on a mobile phone affords greater thumb motor performance, decreased variability, and a more extended thumb posture than a one-handed grip. *Applied Ergonomics*, 52, 24-28, 2016. DOI:10.1016/j.apergo.2015.06.025

Wobbrock, J.O., Myers, B.A. and Aung, H.H., The performance of hand postures in front- and back-of-device interaction for mobile computing. *International Journal of Human-Computer Studies*, 66(12), 857-875, 2008. DOI:10.1016/j.ijhcs.2008.03.004

Xiong, J. and Muraki, S., Effects of age, thumb length and screen size on thumb movement coverage on smartphone touchscreens. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 53, 140-148, 2016. DOI:10.1016/j.ergon.2015.11.004

Author listings

Dohoon Kwon: kydson@postech.ac.kr
Highest degree: BS, Department of Industrial and Management, Pohang University of Science and Technology, Pohang, Korea
Position title: PhD candidate, Department of Industrial and Management, Pohang University of Science and Technology, Pohang, Korea
Areas of interest: Bio-signal, Human-computer interaction, Usability evaluation, User interface

Younggeun Choi: yg1129@gmail.com
Highest degree: PhD, Department of Industrial and Management, Pohang University of Science and Technology, Pohang, Korea
Position title: Senior Engineer, CX Consulting Group, Samsung SDS, Seoul, Korea
Areas of interest: Product design, Ergonomic design evaluation, User experience

Xin Cui: xincui@postech.ac.kr

Highest degree: BS, School of Mechanical and Power Engineering, East China University of Science and Technology, Shanghai, China
Position title: MS candidate, Department of Industrial and Management, Pohang University of Science and Technology, Pohang, Korea
Areas of interest: Human-computer interface & user experience design, Digital human modeling & analysis

Minjae Kim: minjae@postech.ac.kr
Highest degree: BS, Department of Industrial and Management, Pohang University of Science and Technology, Pohang, Korea
Position title: PhD candidate, Department of Industrial and Management, Pohang University of Science and Technology, Pohang, Korea
Areas of interest: Usability evaluation, Health care product

Heecheon You: hcyou@postech.ac.kr
Highest degree: PhD, Department of Industrial Engineering, The Pennsylvania State University, Pennsylvania, USA
Position title: Professor, Department of Industrial and Management, Pohang University of Science and Technology, Pohang, Korea
Areas of interest: Ergonomics design, Usability engineering, User experience design, User interface design