JESK J Ergon Soc Korea 2021; 40(6): 361-371
https://dx.doi.org/10.5143/JESK.2021.40.6.361
https://jesk.or.kr eISSN:2093-8462

Usability Evaluation of Mechanical Keyboard Switches: Comparing Brown and Silent Red Ones

Byungkyu Choi, Jaehyun Park

Incheon National University, Department of Industrial and Management Engineering, Incheon, 22012

기계식 키보드 스위치 유형에 따른 사용성 평가: 갈축 및 저소음적축을 중심으로

최병규, 박재현

인천대학교 산업경영공학과

Corresponding Author
Jaehyun Park
Incheon National University, Department of Industrial and Management Engineering, Incheon, 22012
Email : jaehpark@inu.ac.kr

Received : September 09, 2021
Revised : October 12, 2021
Accepted : December 04, 2021

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

Objective: This study aims to evaluate the usability of mechanical keyboard switches according to types of switches.

Background: Recently, as mechanical keyboards have become popular, various types of key switches are being used commonly.

Method: We conducted the experiments comparing tactile switch (brown) and linear (silent red) universally used for mechanical keyboards. A total of 20 participants performed typing tasks that input planned sentences. In the meantime, the speed, task completion time, and accuracy were measured, and after each task, the participants evaluated various qualitative indicators.

Results: The tactile switch showed statistical superiority in qualitative indicators such as overall satisfaction, finger fatigue, and pleasure compared to linear, but there were no significant differences in performance. Additionally, it was confirmed that the subjective physical demands were less when the wrist rest was used together.

Conclusion: In this study, it was confirmed that different key switch types affect usability. The effect of using or not using a wrist rest was also confirmed.

Application: The results presented in this study can be used in the design of keyboards.

Keywords: Mechanical keyboard, Tactile switch, Linear switch, Usability

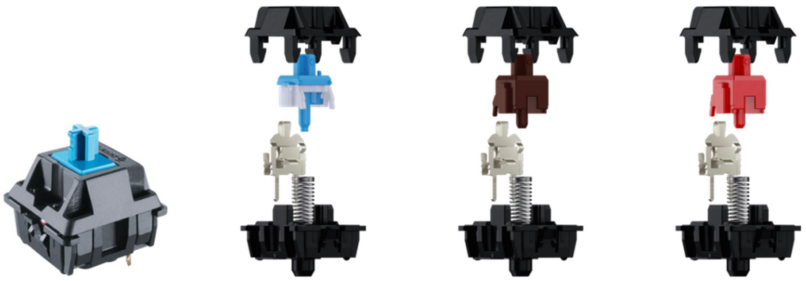
1. Introduction

2010년대 중반 이후 기계식 키보드가 대중화되면서, 현재까지 다양한 유형의 키 스위치가 시장에서 사용되고 있다. 오늘날 다양한 상황에서 가상 키보드와 터치스크린의 사용이 증가함에도, 기존 방식의 키보드가 컴퓨터 사용자에게 보편적이다(Kim et al., 2014; Sears et al., 1993; Taylor et al., 2014). 물리적인 키보드와 비교할 때, 터치스크린은 그 범

용성에도 불구하고 촉각적 피드백의 부재와 느린 입력 속도, 그로 인한 효율성 저하 등의 약점을 가진다(Gellersen and Block, 2012; Sears, 1991; Sears et al., 1993). 실제로 많은 연구에서 일관되게 보여주듯, 키보드를 사용하면 다른 어떤 장치보다 텍스트나 데이터 또는 커맨드를 훨씬 빠르게 입력할 수 있다(Hoggan et al., 2008; Sears, 1991).

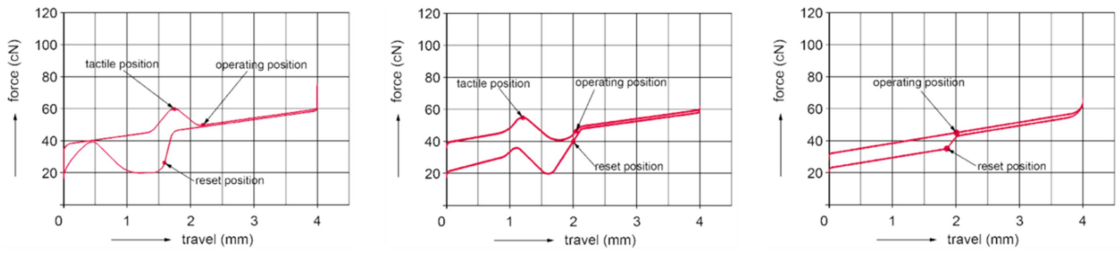
다양한 종류의 물리적 키보드 중에서도, 특히 기계식 키보드에 주목할 필요가 있다. 기계식 키보드는 보편적으로 사용되는 멤브레인 키보드의 잠재적인 경쟁 제품으로 되돌아오고 있다(Pham and Kelling, 2015). 기계식 키보드는 내구성이 높고 다른 키보드에 비해 선명한 촉각 및 청각 피드백을 제공하여 PC 이용자들 사이에서 선호된다(Miller et al., 2018). 또한 스위치의 다양한 적용에 따라, 사용 목적에 적합한 형태의 키보드를 사용자가 직접 구성할 수 있는 장점을 가진다(Pham and Kelling, 2015). Taylor et al. (2014)는 기계식 키보드가 오늘날의 데스크탑 작업의 생산성 및 게임 부분에서 여전히 핵심적인 역할을 한다고 밝힌 바 있다.

기계식 키보드의 스위치는 작동 특성에 따라 클릭(Clicky), 택타일(Tactile), 리니어(Linear)로 분류된다(Figure 1 참조). 독점적으로 기계식 키보드 스위치 시장의 주도권을 잡은 CHERRY사는 이들을 구분하기 위해 슬라이더 부품 색깔을 달리했다(Harrington, 2020b; Hoose and Schmid, 2019; Montgomery, 2021b). 청색의 슬라이더를 가진 스위치는 클릭 스위치, 갈색은 택타일 스위치, 적색은 리니어 스위치의 특성을 보이도록 설계했다(Harrington, 2020b; Montgomery, 2021b). 이로 인해 다른 제조사들은 CHERRY사의 명명 방식을 그대로 사용하여 소비자들이 컬러로 스위치의 타입을 구별하도록 의도하였다(Harrington, 2020b). 청축이 다른 스위치와 구별되는 큰 특징은 청, 촉각적 피드백을 주기 위한 click jacket 부품이 스위치 이동부에 결합하여 있는 것이다(Harrington, 2020a; Pham and Kelling, 2015). 이러한 이유로 키가 입력되기까지 힘인 동작 압력(Actuation force)과 이동 거리(Operating Travel)가 가장 크며 다소 큰 소음도 발생한다(Harrington, 2020a; Montgomery, 2021b). 갈축은 click jacket이 없어 청축에 비해 적당한 소음과 압력으로 작동한다(Montgomery, 2021a). 적축은 청, 촉각적 피드백을 위한 부품 특성이 없어 동작 압력이 선형적으로 증가하며 소음이 작다(Harrington, 2020b; Miller et al., 2018; Montgomery, 2021b) (Figure 2 참조).



(a) (b) (c) (d)

Figure 1. An image of the mechanical keyboard switch and key structures of each switch type (CHERRY, 2015). (a) Clicky switch; (b) Clicky switch components; (c) Tactile switch components; (d) Linear switch components



(a) (b) (c)

Figure 2. Force displacement curves for each switch type (CHERRY, 2015). (a) Clicky switch; (b) Tactile switch; (c) Linear switch

Figure 2와 같이 동작 압력, 이동 거리의 설계에 따라 키보드의 스위치 작동 특성은 다른 양상을 보인다(Lee et al., 2009). 작동 특성은 키 스위치 디자인(멤브레인, 버클 스프링, 노트북, 기계식 등)에 의해 결정되며 이는 촉각 피드백과 근육 활동 그리고 작업의 수행도에 영향을 준다(Gerard et al., 1999; Kim et al., 2014; Radwin and Ruffalo, 1999; Rempel et al., 1999).

Gerard et al. (1999)는 피험자들로 하여금 서로 다른 4가지 키보드를 일정 기간 사용하게 한 실험을 수행하였다. 그 결과 피험자들은 동작 압력이 높은 스위치의 키보드를 사용하였을 때 주관적인 불편함을 가장 크게 느꼈으며, 동작 압력이 낮은 스위치가 사용될 때 손가락 근육(finger flexor and extensor)은 낮은 근전도를 보였다. 비슷한 결과를 나타낸 연구로는 Radwin and Ruffalo (1999)가 수행한 연구가 있다. 피험자들은 낮은 동작 압력의 스위치를 사용하였을 때 낮은 피로도를 느꼈음이 확인되었다. Pham and Kelling (2015)은 기계식 키보드(청축)와 멤브레인을 비교한 연구에서, 기계식 키보드가 더 적은 신체적 요구(근육 활동)를 필요로 한다고 보고하였으나, 특정 기계식 키보드 스위치와의 비교만 이루어진 탓에 기계식 키보드 스위치가 가지는 명확한 효용을 제시하지 못하였다는 사실을 시사하였다. 기계식 키보드 스위치 유형과 관련한 연구로, Miller et al. (2018)은 기계식 키보드 스위치가 사용자의 수행도, 선호도, 근육 활동에 미치는 영향을 파악하였다. 이들은 적축과 같은 리니어 스위치가 가장 낮은 작업 수행도와 선호도를 보이고 갈축과 같이 스위치 이동 거리와 동작 압력이 작은 스위치가 우수한 수행도를 보인다고 밝혔다. 하지만 주관적인 선호도에 있어 가장 중요한 축을 제시하지 못했다는 한계점을 언급하였다. 앞서 언급된 연구들의 내용은, 키보드 스위치의 작동 특성에 따라 사용성은 확실한 영향을 받음을 함의한다. 본 연구에서도 스위치의 작동 특성에 따른 결과를 확인하기 위해 갈축, 적축, 저소음 적축을 연구대상으로 사전 실험을 수행하였다. 실험 참여자들은 정해진 문단을 입력하는 작업을 스위치 별로 1회씩 수행하였고, 이후 주관적 만족도를 평가하였다. 그 결과 타수, 정확도 등의 객관적 지표는 유의한 영향을 받지 않는 것으로 확인되었으나, 참여자들은 저소음 적축을 사용할 때 느껴지는 소음이 가장 작았던 것으로 평가하였다.

지금까지 키보드에 관련한 다양한 연구가 이루어졌지만, 대부분 다른 유형의 키보드 스위치 간의 비교에 편중되어 있으며, 기계식 키보드 스위치 유형과 만족도와의 관계는 체계적으로 밝혀진 바가 없다. 기계식 키보드 스위치 유형에 따른 사용성에 관한 연구는 여전히 부족하기에, 기존 연구 결과를 기계식 키보드에 적용하는 것은 어려울 것으로 예상된다. 오늘날에도 다양한 기계식 키보드 스위치가 시장에 출시되고 있기 때문에 소비자에게 높은 사용성을 주는 스위치의 특성을 파악하는 연구가 필요하다. 따라서 본 연구에서는 기계식 키보드의 키 스위치 유형에 따른 사용성을 비교 분석하고자 한다. 이를 위해 스위치 별로 실험이 수행되었으며, 사용성 수준이 평가되었다.

2. Method

2.1 Participants

본 연구의 실험은 총 20명(남 10, 여10)을 대상으로 수행되었으며, 참여자들의 평균 연령은 20.75 (±2.3)세였다. 이들은 평상시에 컴퓨터 활용을 하는데 신체적, 심리적으로 문제가 없는 사람들로 구성되었다. 활용 빈도 및 경험과 관련하여서는, 대부분 하루에 1회 이상 컴퓨터를 이용하였으며, 기계식 키보드 사용 경험이 없는 참여자는 2명이었다.

2.2 Independent variables

본 실험의 독립 변수로는 갈축, 저소음 적축으로 구분되는 스위치의 종류와, 손목 받침대의 사용 여부가 활용되었다. 참고로 이전 연구에서 적축과 저소음 적축 사이의 사용성 수준 차이가 없는 것을 고려하여, 갈축과 저소음 적축 두 가지만 비교하였다. 손목 받침대의 경우에는 키감에 영향을 줄 수 있다는 전제하에 독립 변수로 추가하였다. 결과적으로 총 4가지 조합을 대상으로 실험하였다.

2.3 Dependent variables

실험에서 수집된 객관적 지표는 타수(Speed), 소요 시간(Task completion time), 정확도(Accuracy)로 구성된다. 실험에서 활용한 소프트웨어에서 이 지표들을 자동으로 산출한다. 타수의 경우에는 타자의 빠르기를 반영하는 것으로서, 정확히 입력된 문자 수를 소요 시간으로 나눈 결과이며 단위는 CPM이다. 정확도는 참여자가 입력한 문자와 기준 문자열의 일치도가 백분율로 나타난다.

수집된 주관적 지표는 만족도, 사용자 가치, NASA-TLX (NASA Task Load Index), SUS (System Usability Scale)와 관련된 항목들이다. 만족도의 항목은 기계식 키보드에 대한 사용자 경험에 주된 영향을 미치리라 판단되는 요소들로 마련되었다. 그리하여 전반적 만족도, 손목 불편도, 손가락 불편도, 소음, 정확도, 쾌감, 타건감이 0~100점 척도로 평가되었다. 사용자 가치는 권력, 성취, 쾌락, 자극, 자기주도, 보편주의, 자비, 전통, 동조, 안전으로 구성되며 마찬가지로 0~100점 척도로 수집하였다. 한편 NASA-TLX와 SUS는 기존 연구(Brooke, 1996; Hart and Staveland, 1988)에 준하여 자료를 수집하였다.

2.4 Apparatus

본 실험에서는 갈축(CHERRY MX BROWN), 저소음 적축(CHERRY MX SILENT RED) 스위치가 각각 적용된 두 개의 키보드가 사용되었다. 스위치는 대중적으로 선호되는 CHERRY MX SWITCH를 선정하였다. 키보드의 폼팩터와 키의 레이아웃은 동일하였다. 사용된 키보드의 모델명은 상용 제품으로 H컴퓨터사의 GK993B이다. 손목 받침대는 쿠션감을 주는 젤 재질의 충전재가 적용된 제품(WR309LE, 3M)을 사용하였다. 사용된 제품의 크기 규격은 길이 457.2, 폭 69.85, 높이 19.05mm이다(Figure 3 참조). 소프트웨어로는 한컴 타자연습(HANCOM Inc, 2019)이 사용되었다. Figure 4는 타자 검정 화면 예시다.

Figure 3. Wrist rest (3M, 2019)

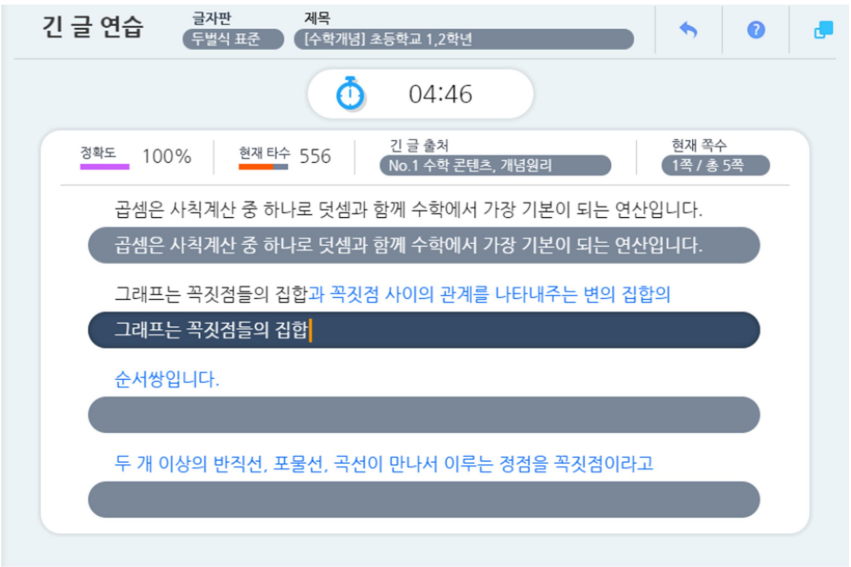


Figure 4. Example of a typing test window

2.5 Tasks

실험 참여자의 작업은 기본적으로 짧지 않은 글을 타자하는 것이다. 해당 글은 한컴 타자연습 소프트웨어 내에서 일반적인 난이도를

가지고 있는 '[수학개념] 초등학교 1, 2학년'으로서 공백 포함해서 533자의 길이를 가지고 있다. 입력 와중에 오타가 발생한 경우 백스페이스 버튼을 자유롭게 눌러서 수정할 수 있도록 하였다.

2.6 Procedures

실험 참여자는 먼저 실험의 목적과 방법 그리고 평가 항목에 대한 충분한 설명을 들은 후, 실험용 소프트웨어에 익숙해지기 위한 연습 시간을 가졌다. 작업 수행 전, 참여자에게 키보드, 디스플레이의 위치와 앉은 자세 등을 가장 편히 조정할 수 있도록 하였다. 실험 참여자는 4개의 실험 조건에 대해 1회씩 총 4회의 타자 작업을 수행하였다. 실험 조건 제시 순서는 순서에 의한 효과를 최소화하기 위해 라틴 스퀘어 밸런싱(Latin square balancing) 방법을 적용하였다. 각 작업 수행 후, 정해진 평가 항목 응답을 통해 자료를 수집하였다.

2.7 Stastical analysis

스위치 유형과 손목 받침대의 사용 여부에 의해 변화되는 사용성 조사를 위해 유의 수준 $\alpha = 0.05$에서 분산분석이 실시되었다. 이에 SPSS Statistics (IBM, USA)가 활용되었다.

3. Results

3.1 Quantitative indicators

분산분석 결과, 객관적 측정치에 대해 스위치 유형, 받침대 사용 여부 그리고 이들의 교호작용의 영향은 모두 유의하지 않은 것으로 나타났다(Table 1 참조).

Table 1. Effect of switch and wrist rest on quantitative indicators

Factor	Statistcs	Speed (CPM)	Task completion time	Accuracy
Switch	*F*	0.367	0.092	0.000
	p	0.552	0.765	1.000
Wrist rest	*F*	0.261	0.620	0.458
	p	0.615	0.441	0.507
Switch × Wrist rest	*F*	2.771	4.221	0.000
	p	0.112	0.054	1.000

3.2 Qualitative indicators

스위치 유형과 받침대 사용 여부에 따라, SUS를 제외한 만족도, 사용자 가치, NASA-TLX 항목에서 통계적으로 유의한 효과가 나타났다. 두 변수의 교호작용에 따른 유의한 영향은 나타나지 않았다.

만족도 측면의 측정치 중 전반적 만족도, 손가락 불편도, 소음, 쾌감, 타건감 항목이 스위치에 의하여 유의한 영향을 받는 것으로 나타났다. 손목 받침대의 영향은 유의하지 않았다. 전반적 만족도, 손가락 불편도, 쾌감, 타건감에 있어 갈축이 더 큰 만족도를 보였다. 또한 저소음 적축을 사용할 때, 느껴지는 소음이 더 작은 것으로 나타났다(Table 2, Figure 5 참조).

Table 2. Effect of switch and wrist rest on satisfaction score

Factor	Statistics	Overall satisfaction	Wrist fatigue	Finger fatigue	Perceived noise	Perceived accuracy	Pleasure	Tactile feedback
Switch	*F*	4.885	0.293	4.850	31.988	0.000	15.959	9.512
	p	0.040*	0.595	0.040*	0.000***	0.985	0.001**	0.006**
Wrist rest	*F*	0.494	0.065	0.245	3.093	0.051	1.747	0.363
	p	0.491	0.801	0.627	0.095	0.824	0.202	0.554
Switch × Wrist rest	*F*	1.853	0.090	0.385	0.000	0.651	3.196	1.575
	p	0.189	0.768	0.542	1.000	0.430	0.090	0.225

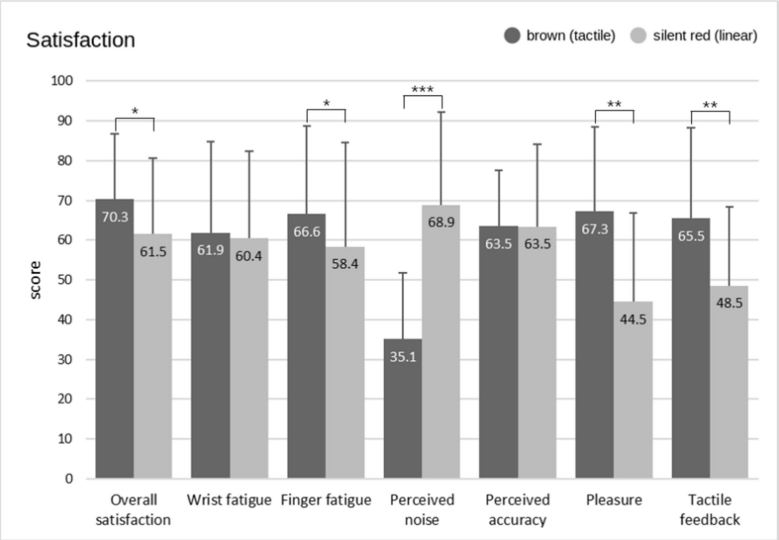


Figure 5. Satisfaction score by switch key

스위치 유형과 받침대 사용 여부가 사용자 가치에 유의한 영향을 주는 것으로 확인되었다. 스위치의 경우에 갈축이 저소음 적축에 비해 쾌락, 자극의 가치를 더욱 충족시켜주는 것으로 평가되었다. 또한 손목 받침대를 사용하는 상황에서 자비의 가치를 더 높게 평가하였다(Table 3, Figure 6, 7 참조).

Table 3. Effect of switch and wrist rest on value score

Factor	Statistics	Power	Achievement	Hedonism	Stimulation	Self-Direction	Universalism	Benevolence	Tradition	Conformity	Security
Switch	*F*	4.080	3.247	7.629	8.431	4.316	0.313	0.451	0.171	0.104	0.075
	p	0.058	0.087	0.012*	0.009**	0.052	0.582	0.510	0.684	0.750	0.787
Wrist rest	*F*	0.596	0.152	0.745	0.541	0.038	0.345	5.221	1.138	3.008	1.739
	p	0.449	0.701	0.399	0.471	0.848	0.564	0.034*	0.299	0.099	0.203
Switch × Wrist rest	*F*	0.167	2.674	0.532	1.173	0.446	0.475	0.321	3.794	1.271	0.202
	p	0.687	0.118	0.475	0.292	0.512	0.499	0.578	0.066	0.274	0.658

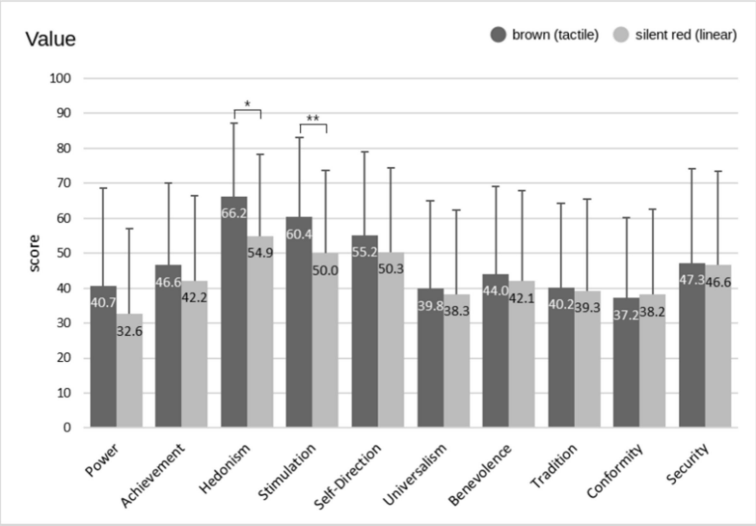


Figure 6. Value score by switch key

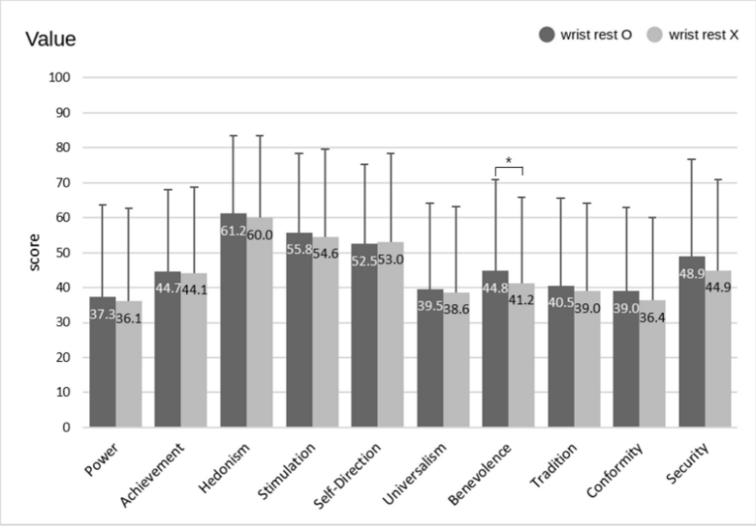


Figure 7. Value score by wrist rest use

NASA-TLX의 경우에는 손목 받침대에 따른 유의한 차이가 존재하였다. 스위치의 유의한 영향은 나타나지 않았다. 참여자들은 손목 받침대를 사용할 때 더 낮은 신체적 요구를 느끼는 것으로 나타났다(Table 4, Figure 8 참조).

Table 4. Effect of switch and wrist rest on NASA-TLX score

Factor	Statistics	Mental demand	Physical demand	Temporal demand	Effort	Performance	Frustration level	Overall load
Switch	*F*	0.006	0.113	0.017	0.951	0.332	2.260	0.140
	p	0.939	0.740	0.899	0.342	0.571	0.149	0.712
Wrist rest	*F*	0.602	4.862	0.034	0.075	2.289	0.023	0.602
	p	0.447	0.040*	0.855	0.787	0.147	0.880	0.447

Table 4. Effect of switch and wrist rest on NASA-TLX score (Continued)

Factor	Statistics	Mental demand	Physical demand	Temporal demand	Effort	Performance	Frustration level	Overall load
Switch × Wrist rest	*F*	0.244	0.541	0.037	0.364	0.001	0.055	0.120
	p	0.627	0.471	0.850	0.554	0.970	0.817	0.733

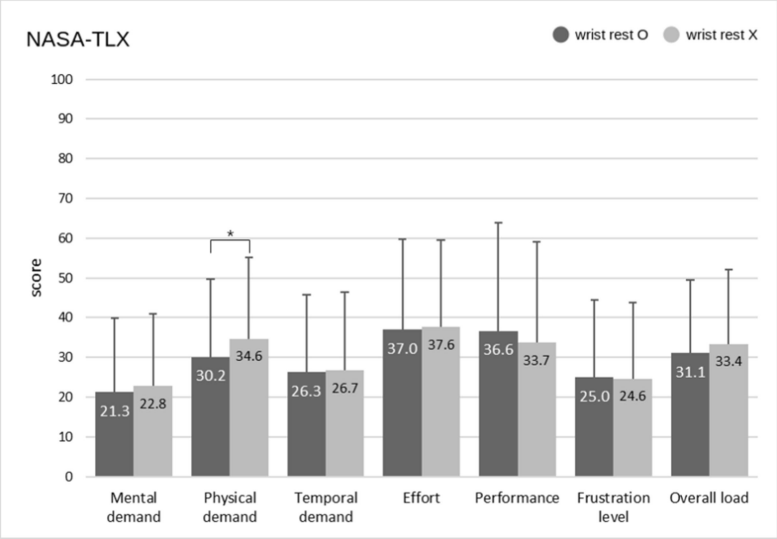


Figure 8. NASA-TLX score by wrist rest use

SUS에 대해 스위치 유형, 받침대 사용 여부 그리고 이들의 교호작용의 영향은 모두 유의하지 않은 것으로 나타났다(Table 5 참조).

Table 5. Effect of switch and wrist rest on SUS score

Factor	Statistics	SUS
Switch	*F*	1.983
	p	0.175
Wrist rest	*F*	1.410
	p	0.250
Switch × Wrist rest	*F*	0.115
	p	0.738

4. Discussion

4.1 Types of switches

주관적 측정치에서 갈축이 저소음 적축에 비해 전반적인 우위를 보였다. 먼저 만족도 항목 중, 전반적 만족도, 손목 불편도, 쾌감, 타

건감 항목에서 긍정적인 응답을 얻었다. 이는 저소음 적축에 비해 비선형적인 작동 특성으로 인하여 나타나는 갈축의 선명한 청, 촉각적 피드백이 그 원인으로 분석된다(Bufton et al., 2006; Gerard et al., 1999; Miller et al., 2018). 가치 항목 중 쾌락, 자극이 높은 점수를 보인 이유도 동일한 것으로 판단된다. 저소음 적축이 높은 점수를 받은 항목은 만족도 항목 중 소음이 유일했다. 이는 저소음 적축의 설계 목적에 부합한 결과라 할 수 있다.

본 연구에서 저소음 적축이 약세를 보였던 결과는, Miller et al. (2018)가 수행한 연구의 결과와 유사성을 띤다. Miller의 연구에서는 저소음 적축과 같은 리니어 스위치가 낮은 선호도를 보였다. 또한 Gerard et al. (1999)는 키를 누를 때 동반되는 audible cue가 낮은 근전도와 관련이 있다고 밝힌 바 있다. 본 연구에서는 저소음 적축에 비해 더 확연한 타건음을 가지는 갈축이 손목 불편도 항목에서 긍정적인 평가를 받았다.

객관적 측정치에서 유의한 영향을 받은 지표는 발견되지 않은 것에 반해, 주관적 측정치에서는 다수 발견되었다. 이의 결과에는 실제로 스위치 간의 큰 성능 차이는 없으나, 주관적인 만족도 측면에서 스위치의 분명한 영향이 작용하였을 것으로 판단된다. 한편, 갈축 사용 시 쾌감, 타건감 등의 만족도가 저소음 적축에 비해 높았던 반면에, 저소음 적축을 사용했을 때 느껴지는 소음이 확연히 작았던 것으로 밝혀진 사실은 사용자의 스위치 선택에 있어 주요한 trade off로 작용할 것으로 판단된다.

4.2 Wrist rest

손목 받침대 사용 여부에 따른 유의한 영향은 NASA-TLX의 항목에서 확인되었다. 타자 작업을 수행한 후, 참여자들은 손목 받침대를 사용할 경우에 더 낮은 신체적 요구를 느꼈다. 다수의 부품이 결합한 구조상의 이유로 기계식 키보드의 높이는 다른 종류의 키보드보다 높다(Williams, 2021). 이러한 사실은 타자 시 손가락과 손목에 일정 정도의 부담이 수반될 것을 의미한다. NASA-TLX의 신체적 요구 항목의 점수에 참여자들의 의견이 반영된 것도 같은 이유로 판단된다.

한편, Cook et al. (2004)이 타자 작업 시 손목 받침대 사용 여부에 따른 근육 활동을 조사한 연구에서는 손목 받침대가 사용될 때 왼쪽 손목의 신전이 일정 수준 감소함이 확인되었으나, 그 외에 실험 조건에 따라 통계적 유의성을 보이는 근육 활동은 발견되지 않았다. 본 연구의 객관적 측정치에서 손목 받침대에 의한 유의한 영향이 확인되지 않았음을 미루어 보면, 손목 받침대의 사용 여부가 타자 작업의 수행도에 미치는 영향은 미미한 것으로 판단할 수 있다. 그에 반해, 주관적 측정치의 일부 지표들에서는 손목 받침대의 영향이 확인되었다.

4.3 Further work

본 연구의 한계로 인하여 다음과 같은 추후 연구가 필요할 것으로 판단된다. 본 연구에서는 다수의 조건에 의한 작업 부하를 고려하여, 갈축과 저소음 적축만 비교하였다. 그 이유로 타수, 소요 시간 등에서 통계적 유의성이 확인되지 않았을 가능성이 있다. 하여 갈축, 저소음 적축 스위치와 다른 작동 특성을 가진 다양한 스위치들이 독립 변수로 더불어 활용될 시, 사용성 수준은 어떠한 차이를 보이는지에 대해 확인하는 연구가 필요하다.

더하여, 키보드와 관련한 다수의 선행 연구에서 수행도 등에 아울러 근전도와 같은 생체지표가 조사되었음을 확인하였다. 기계식 키보드 스위치에 관해 추후에 수행될 수 있는 연구에서도, 키의 물리적 속성과 신체 반응의 관계가 더불어 확인된다면 보다 객관적인 사실을 전달할 수 있을 것으로 판단된다.

5. Conclusion

본 연구에서는 기계식 키보드의 스위치 유형에 따른 사용성을 비교하였다. 연구 결과 대부분의 주관적 측정치에서 갈축의 사용성 수준이 저소음 적축에 비해 높은 것으로 나타났다. 또한, 타자 시 손목 받침대를 사용하는 것이 더 낮은 신체적 요구를 필요로 하는 것으로 확인되었다. 스위치의 유형, 손목 받침대 사용 여부가 수행도, 성능 등을 함의할 수 있는 객관적 측정치에 미친 유의한 영향은 확인되지 않았다. 만족도, 사용자 가치 등의 주관적 측정치 중, 다수의 지표에 통계적으로 유의한 영향이 작용한 것으로 밝혀졌다. 다

소 포괄적인 의미를 가지는 전반적 만족도뿐만 아니라 구체적인 성질의 평가 항목들에도 기계식 키보드 스위치의 유형이 유의한 영향을 미침이 확인되었다. 본 연구의 결과는 향후 기계식 키보드 스위치 설계를 위한 참고자료로 활용될 것으로 기대된다.

References

3M, 3M™ Leatherette Gel Wrist Rest, WR309LE, 2019, https://www.3m.com/3M/en_US/p/d/cbgbjw011243/, (retrieved October 27, 2021).

Brooke, J., SUS-A quick and dirty usability scale, *Usability Evaluation in Industry*, 189(194), 4-7, 1996.

Bufton, M.J., Marklin, R.W., Nagurka, M.L. and Simoneau, G.G., Effect of keyswitch design of desktop and notebook keyboards related to key stiffness and typing force, *Ergonomics*, 49(10), 996-1012, 2006.

CHERRY, CHERRY MX SWITCHES, https://www.cherrymx.de/en/cherry-mx.html, 2015, (retrieved October 27, 2021).

Cook, C., Burgess-Limerick, R. and Papalia, S., The effect of wrist rests and forearm support during keyboard and mouse use, *International Journal of Industrial Ergonomics*, 33(5), 463-472, 2004.

Gellersen, H. and Block, F., Novel interactions on the keyboard, *Computer*, 45(4), 36-40, 2012.

Gerard, M.J., Armstrong, T.J., Franzblau, A., Martin, B.J. and Rempel, D.M., The effects of keyswitch stiffness on typing force, finger electromyography, and subjective discomfort, *American Industrial Hygiene Association Journal*, 60(6), 762-769, 1999.

Harrington, J., The Best Clicky Switches For Your Keyboard, *Switch and Click*, 2020a, https://switchandclick.com/best-clicky-switches-for-your-mechanical-keyboard/, (retrieved September 9, 2021).

Harrington, J., Linear vs Tactile vs Clicky Switches: A Helpful Guide, *Switch and Click*, 2020b, https://switchandclick.com/linear-vs-tactile-vs-clicky-switches-a-helpful-guide-with-an-infographic/, (retrieved September 9, 2021).

Hart, S.G. and Staveland, L.E., Development of NASA-TLX (Task Load Index): Results of empirical and theoretical research, In *Advances in Psychology* (Vol. 52, pp. 139-183), Elsevier, 1988.

Hoggan, E., Brewster, S.A. and Johnston, J., Investigating the effectiveness of tactile feedback for mobile touchscreens, *Proceedings of the SIGCHI conference on Human Factors in Computing Systems*, 2008.

Hoose, X. and Schmid, M., Mechanical Keyboard Day, *CHERRY-WORLD*, 2019, https://www.cherry-world.com/about-cherry/press/mechanical-keyboard-day.html, (retrieved September 9, 2021).

Kim, J.H., Aulck, L., Bartha, M.C., Harper, C.A. and Johnson, P.W., Differences in typing forces, muscle activity, comfort, and typing performance among virtual, notebook, and desktop keyboards, *Applied Ergonomics*, 45(6), 1406-1413, 2014.

Lee, D.L., Kuo, P.L., Jindrich, D.L. and Dennerlein, J.T., Computer keyswitch force-displacement characteristics affect muscle activity patterns during index finger tapping, *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 19(5), 810-820, 2009.

Miller, C., Barr, A., Riemer, R. and Harris, C., The Effect of 5 Mechanical Gaming Keyboard Key Switch Profiles on Typing and Gaming

Muscle Activity, Performance and Preferences, *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 2018.

Montgomery, D., Best Cherry MX Brown Keyboard, *Computer Station Nation*, 2021a, https://computerstationnation.com/best-cherry-mx-brown-keyboard/, (retrieved September 9, 2021).

Montgomery, D., Best Mechanical Keyboard, *Computer Station Nation*, 2021b, https://computerstationnation.com/keyboards/#list-of-mechanical-switch-colors, (retrieved September 9, 2021).

Pham, T. and Kelling, N., Mechanical and membrane keyboard typing assessment using surface electromyography (sEMG), *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 2015.

Radwin, R.G. and Ruffalo, B.A., Computer key switch force-displacement characteristics and short-term effects on localized fatigue, *Ergonomics*, 42(1), 160-170, 1999.

Rempel, D., Tittiranonda, P., Burastero, S., Hudes, M. and So, Y., Effect of keyboard keyswitch design on hand pain, *Journal of Occupational and Environmental Medicine*, 41(2), 111-119, 1999.

Sears, A., Improving touchscreen keyboards: design issues and a comparison with other devices, *Interacting with Computers*, 3(3), 253-269, 1991.

Sears, A., Revis, D., Swatski, J., Crittenden, R. and Shneiderman, B., Investigating touchscreen typing: the effect of keyboard size on typing speed, *Behaviour & Information Technology*, 12(1), 17-22, 1993.

Taylor, S., Keskin, C., Hilliges, O., Izadi, S. and Helmes, J., Type-hover-swipe in 96 bytes: A motion sensing mechanical keyboard, *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 2014.

Williams, R., Why Do Gaming Keyboards Have Tall Keys?, https://denialesports.com/why-do-gaming-keyboards-have-tall-keys/, 2021, (retrieved November 14, 2021).

Author listings

Byungkyu Choi: bkyu23@inu.ac.kr
Highest degree: Undergrad. Student, Department of Industrial and Management Engineering, Incheon National University
Position title: Undergrad. Student, Department of Industrial and Management Engineering, Incheon National University
Areas of interest: HCI, Interaction Design

Jaehyun Park: jaehpark@inu.ac.kr
Highest degree: PhD, Department of Industrial and Management Engineering, Pohang University of Science and Technology (POSTECH)
Position title: Associate Professor, Department of Industrial and Management Engineering, Incheon National University
Areas of interest: HCI, UX/UI, User Value, Accessibility