

A Review on Techniques for Evaluating Physical Stresses Associated with the Use of Various Input Devices

Donghyun Beck, Dongwook Hwang, Minseok Son, Jaemoon Jung, Hanjun Park, Juhee Park and Woojin Park

Department of Industrial Engineering, Seoul National University, Seoul, 151-744

ABSTRACT

Objective: The aim of this paper is to classify and characterize the existing physical stress evaluation methods related to the ergonomics analyses of computer input devices. **Background:** Over the past few decades, the field of computer input device design has gone through rapid advances and various physical stress evaluation methods have been developed. However, an established classification of the existing physical stress evaluation techniques does not seem available at this point. A systematic review of the advances during the past three decades and a classification of the physical stress evaluation methods based on it would help researchers to better plan and perform physical stress evaluation for different input devices to be developed. **Method:** We collected and examined the studies that are related to the ergonomic design and evaluation of input devices such as keyboard, mouse, joystick, trackball, touchscreen, etc. The collected studies were reviewed with a focus on the methodology used for physical stress evaluation and different physical stress evaluation methods were identified. Then, the physical stress evaluation methods were sorted into categories according to similarities and each category was characterized in terms of purpose, strengths and limitations. **Application:** This paper will help researchers and practitioners understand the existing physical stress evaluation methods and thereby better plan and perform studies for physical stress evaluation of input devices.

Keywords: Physical Stress Evaluation, Input Device, Ergonomics, Fatigue

1. Introduction

지난 수 십 년에 걸쳐서 정보통신 기술의 비약적인 발전으로 인해 컴퓨터 사용의 효율성, 접근성, 작업 처리 속도 등이 크게 향상될 수 있었다. 하지만 컴퓨터 사용의 증가는 WRULDs(Work-Related Upper Limb Disorders)의 만연을 불러일으켰으며, 이에 따라 컴퓨터 사용과 Upper Extremity Musculoskeletal Symptom의 관계에 대한 연구가 수행되어 왔다 (Blatter & Bongers, 2002).

컴퓨터를 사용하는데 있어서 사용자는 Task-Entry를 수행하게 되는데, 이를 매개해주는 장치를 Input Device라 한다. Input Device 사용에 의해 발생하는 Physical Stress를 평가하는 것 역시 컴퓨터 사용과 근골격계 질환의 관계에 대한 연구에 중요한 부분이 될 것이다.

Input Device의 Physical Stress는 Input Device의 종류에 따라 다양하게 연구되어왔다. 전통적으로 Keyboard에 관한 연구들이 주를 이어왔으며, Windows Interface의 도래로 Mouse, Track-Ball, Track Point 등과 같이 Cursor의 조작용 수반하는 Pointer Device들의 연구도 활발하게 이루어져왔다(Fernström & Ericson, 1997). 그 후로 Mouse 사용의 지속적인 Forearm Pronation 자세가 목, 어깨, 팔 등에 피로를 야기시키는 것을 감안해, Digital Pen이라는 대안이 나오게 되었다(Müller, Tomatis, & Läubli, 2010). 나아가 Touch Screen이 출현하면서 PDA, Smart Phone, Tablet PC 등의 다양한 제품에 응용되고 있다.

상기한 바와 같이 다양한 Input Device들이 개발 되어왔고, 앞으로도 새로운 Input Device의 출현이 예상되며, 이러한 새로운 Input

Device들의 Physical Stress를 평가하기 위해서는 적절한 기법들의 적용이 중요할 것이다. 이를 위해선 기존 연구에서 사용된 Input Device들의 Physical Stress 평가 기법들에 대한 체계적인 조사 및 이해가 필요하다.

이에 본 논문에서는 다양한 Input Device들을 대상으로 Physical Stress를 평가한 기존 연구들을 검토하여, 기존의 Physical Stress 평가 기법들을 체계적으로 분류·분석해보고자 한다.

2. Method

Input Device의 인간공학적 연구에는 다양한 평가요소들이 존재한다. 예를 들면, Task-Entry 작업을 얼마나 효율적으로 수행할 수 있는지(Productivity), Human-Computer Interaction이 얼마나 직관적으로 이루어지는지(Intuitiveness), 또한 다양한 Input Device Design 대안들 중 사용자들이 상대적으로 얼마나 선호하는지(Preference) 등의 평가요소들이 있다. 하지만 본 연구의 초점은 Input Device의 Physical Stress 평가기법이므로, Physical Stress Measurement의 실시여부를 검토할 연구들의 선별기준으로 선정하였다. 총 51개의 기존 연구들을 수집할 수 있었다.

수집된 연구들을 검토하고 분류했던 기준은 다음과 같다.

- Type of Input Device
- Purpose of Physical Stress Evaluation
- Physical Stress Evaluation Method

3. Results & Discussion

3.1 Type of Input Device

Table 1은 Input Device별 연구의 수를 나타낸다. Mobile Device는 Hand-Held Device를 총칭하는 말로, Smart Phone, Table PC, Touch-Screen Based PDA 등이 속한다. Keyboard에 대한 연구가 22건, Mouse에 대한 연구가 17건, Mobile Device에 대한 연구가 13건, Digital Pen에 대한 연구가 3건, Track-Ball에 대한 연구가 3건, Track-Point에 대한 연구가 1건로 Input Device별로 총 59건의 연구가 있었다.

Figure 1. 은 연도에 따른 Input Device별 연구 논문 수의 추이를 보여준다. Keyboard와 Mouse의 경우 약간의 증감이 있으나 꾸준히 평가되고 있는 것을 볼 수 있다. 이것은 다양한 Input Device들이 개발되고 있음에도 불구하고 여전히 Keyboard와 Mouse가 가장 널리 사용되고 있으며, Workstation의 가장 기본적인 요소가 되기 때문이다. 2006년 이후로 Mobile Device의 연구가 두드러지게 증가하는 것을 볼 수 있다.

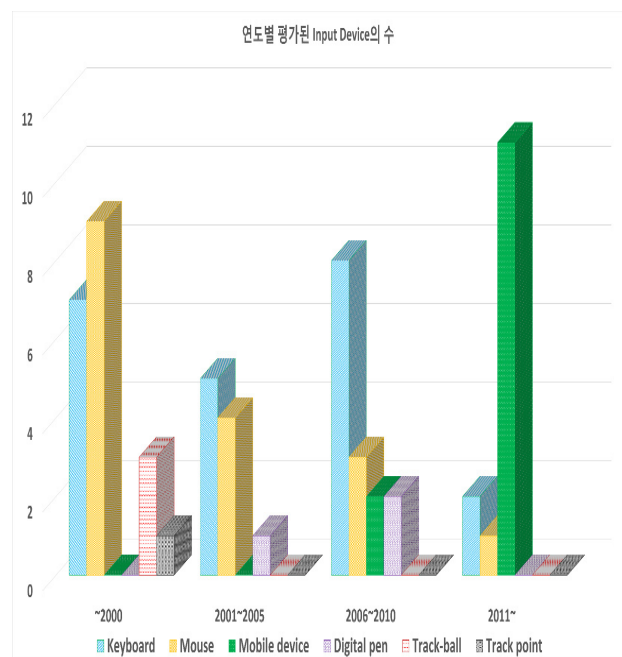


Figure 1. Input Device별 연구 논문 수의 변화

Table 1. Input Device별 연구 논문 수

Device	Number	Study
Keyboard	22	(Blackstone, Karr, Camp, & Johnson, 2008; Bufton, Marklin, Nagurka, & Simoneau, 2006; C. Cook, R. Burgess-Limerick, & S. Papalia, 2004; Catherine Cook, Robin Burgess-Limerick, & Shona Papalia, 2004; Cooper & Straker, 1998; M. J. Gerard, Armstrong, Franzblau, Martin, & Rempel, 1999; Michael J. Gerard, Jones, Smith, Thomas, & Wang, 1994; Gilad & Harel, 2000; Hedge, Morimoto, & McCrobie, 1999; Huang, Cheng, & Lin, 2012; K. Kotani, Barrero, Lee, & Dennerlein, 2007; Lin, Liang, Lin, & Hwang, 2004; McLoone et al., 2009; Nag, Pal, Nag, & Vyas, 2009; Rempel, Barr, Brafman, & Young, 2007; Rempel, Nathan-Roberts, Chen, & Odell, 2009; Rempel et al., 1997; Carolyn M Sommerich, Starr, Smith, & Shivers, 2002; van Galen, Liesker, & de Haan, 2007; Woods & Babski-Reeves, 2005; Zecevic, Miller, & Harburn, 2000; Zhu & Shin, 2012)
Mouse	17	(Aaras & Ro, 1997; Blackstone et al., 2008; Blatter & Bongers, 2002; Burgess-Limerick, Shemmell, Scadden, & Plooy, 1999; C. Cook, Burgess-Limerick, & Chang, 2000; Catherine Cook et al., 2004; C. J. Cook & Kothiyal, 1998; Cooper & Straker, 1998; Dennerlein & Johnson, 2006; Harvey & Peper, 1997; Jensen, Finsen, Sogaard, & Christensen, 2002; Lena Karlqvist et al., 1999; L. Karlqvist, Hagberg, & Selin, 1994; Keir, Bach, & Rempel, 1999; Müller et al., 2010; Quemelo & Vieira, 2013; Carolyn M Sommerich et al., 2002)
Mobile Device	13	(Albin & McLoone, 2013; Berolo, Wells, & Amick, 2011; Gustafsson, Johnson, & Hagberg, 2010; Jonsson, Johnson, Hagberg, & Forsman, 2011; J. H. Kim, Aulck, Bartha, Harper, & Johnson, 2012; Jeong Ho Kim, Aulck, & Johnson, 2012; Ko, Kim, & Woo, 2013; Pereira, Miller, Huang, Odell, & Rempel, 2013; Shin & Zhu, 2011; C. M. Sommerich, Ward, Sikdar, Payne, & Herman, 2007; Trudeau, Catalano, Jindrich, & Dennerlein, 2013; Young, Trudeau, Odell, Marinelli, & Dennerlein, 2012; Young, Trudeau, Odell, Marinelli, & Dennerlein, 2013)
Digital Pen	3	(Kentaro Kotani & Horii, 2003; Straker et al., 2008)
Track-Ball	3	(Burgess-Limerick et al., 1999; Harvey & Peper, 1997; Lena Karlqvist et al., 1999)
Track-Point	1	(Fernström & Ericson, 1997)

3.2 Purpose of Physical Stress Evaluation

51가지 연구들의 Physical Stress Evaluation의 목적은 크게 네 가지로 분류할 수 있었다.

- Design Comparison: 하나의 Input Device 유형에 대해 다양한 Design 방안들에 대한 비교
- Device Comparison: 서로 다른 Device들간의 비교
- Workstation Comparison: 다양한 Workstation Set-Up간의 비교

- General Usage: 비교적 지속적인 Input Device의 사용이 Fatigue 및 Musculoskeletal Symptom에 미치는 영향에 대한 평가

Input Device 종류에 따른 연구목적 및 연구 내용(Independent Variables)을 아래 Table 2에 정리하였다.

Table 2. Input Device 종류에 따른 연구목적 및 내용 분류

Input Device	연구 목적	연구 내용	논문 수
Keyboard	Design Comparison	Standard Keyboard 와 Experimental Keyboard(Device Size, Vertical/Horizontal Design, Angle(Slope, Split, Gable, Tilt, Curve))의 비교	8
		Keyswitch 특성(Key Activation Force, Typing Force, Key Switch Material(Rubber, Spring, Notebook))에 따른 비교	3
	Device Comparison	Keyboard와 Mouse의 비교, Notebook Keyboard와 External Keyboard의 비교	2
	Workstation Comparison	Work Surface 상의 키보드 위치에 따른 비교, Arm Rest의 위치에 따른 비교	2
		Forearm Support, Wrist Support(Rest)의 사용 여부에 따른 비교, Wrist Rest 재료(Bean Packed/Gel Filled)에 따른 비교, Downward-Tilting (DT) Keyboard Tray의 사용 여부에 따른 비교, 다양한 각도의 Sloped Keyboard Wedges 사용 여부에 따른 비교	5
General Usage	Typing Duration 및 Speed와 Fatigue의 관계	2	
Mouse	Design Comparison	Standard Mouse와 Experimental Mouse(Device Size, Vertical/Horizontal Design, Brand, Grip)의 비교	4
	Device Comparison	Mouse와 Keyboard의 비교, Notebook Touch Pad와 External Mouse의 비교, Keyboard 사용에 Mouse 추가 사용 여부에 따른 비교, Mouse와 Digital Pen과의 비교, Mouse와 Track-Ball과의 비교	7
	Workstation Comparison	Wrist Rest 사용 여부에 따른 비교	1
		Mouse 위치에 따른 비교(Adjacent To Keyboard, To The Right of The Keyboard, Adjacent To Keyboard Without Numeric Pad, Between The Keyboard And The Body, Higher Than The Keyboard On Keyboard Drawer)	2
	General Usage	Mouse Use Duration과 WRULDs(Work-Related Upper Limb Disorders) 및 Musculoskeletal Symptoms과의 관계	3

Mobile Device	Design Comparison	Tablet Keyboard Configuration에 따른 분류(Device Operation, Keyboard Layout, Keyboard Location),	1
		Different Size, Weight, Orientation, Grip Shape, Texture, Stylus Shape간의 비교	1
	Device Comparison	Smartphone, Notebook, Desktop간의 비교, Virtual Keyboard와 Conventional Keyboard간의 비교, Keyboard, Mouse와의 혼용 여부에 따른 비교	4
	Workstation Comparison	Support Condition(Held With One Hand, Two Hands Or In A Case-Support), Location(On The Lap Or Table Surface), Software Task (Web Browsing, Email, And Game)에 따른 비교, Tablet 및 Case-Support Tilt 의 Angle(0°, 30°, 45°, 60°)에 따른 비교	3
	General Usage	Tablet Pc 사용과 Discomfort간의 관계, Mobile Phone Texting과 Thumb-Based Exposures간의 관계, Hand-Held Device 사용과 Musculoskeletal Symptoms간의 관계	4
Digital-Pen	Device Comparison	Digital-Pen과 Mouse, Pencils의 비교, Digital Pen과 Mouse의 비교	3
Track-Ball	Device Comparison	Track-Ball과 Mouse의 비교	3
Trackpoint	Device Comparison	Keyboard 사용환경에 있어서 Trackpoint와 Mouse 간의 비교	1

Keyboard의 경우 다른 Device들에 비해서 Design Comparison에 해당하는 연구가 많았다(Blackstone et al., 2008; Bufton et al., 2006; M. J. Gerard et al., 1999; Michael J. Gerard et al., 1994; Gilad & Harel, 2000; McLoone et al., 2009; Rempel et al., 2007; Rempel et al., 2009; Rempel et al., 1997; van Galen et al., 2007; Zecevic et al., 2000). 이것은 Keyboard가 Size, Angle(Slope, Split, Gable, Tilt, Curve) 등에 따라 다양한 Design으로 구현될 수 있기 때문이다. 한편으로는 전형적인 Standard (Flat) Keyboard가 Wrist 및 Forearm에 미치는 Physical Stress의 심각함을 반영하는 것이라 볼 수 있으며, 인간공학적으로 개선의 여지가 많기 때문이라고도 볼 수 있다. 또한 Key Switch 자체의 Stiffness와 Applied Typing Force가 Independent Variables이 되기도 하였다. 더불어 다른 Device 들에 비해 Workstation Comparison에 대한 연구도 활발했는데, Downward-Tilting Keyboard Tray, Forearm Support, Wrist Support, Position of Keyboard, Position of Rest 등 인간공학적인 Keyboard Workstation에 많은 Variables이 관여하는 것을 볼 수 있다 (C. Cook et al., 2004; Catherine Cook et al., 2004;

Hedge et al., 1999; K. Kotani et al., 2007; Nag et al., 2009; Woods & Babski-Reeves, 2005; Zhu & Shin, 2012). General Usage 항목의 경우, Keyboard Device 자체에 대한 연구라기보다 Typing의 Duration과 Speed에 대한 연구이다. Keyboard를 Input Device로서 사용하는 Full-Time Worker 들에겐 인간공학적인 Keyboard 뿐만 아니라 Duration 및 Speed 역시 큰 변수가 될 수 있다 (Huang et al., 2012; Lin et al., 2004).

Mouse의 경우에도 새로이 개발된 Mouse 혹은 다양한 Design 요소들이 구현된 Mouse 들과의 비교가 있었다(Aaras & Ro, 1997; Blackstone et al., 2008; Keir et al., 1999). 하지만 상대적으로 다른 Input Device (Keyboard, Touchpad, Digital Pen, Track-Point, Track-Ball 등)들과 비교하는 Device Comparison 연구가 활발했다 (Burgess-Limerick et al., 1999; Cooper & Straker, 1998; Harvey & Peper, 1997; Lena Karlqvist et al., 1999; L. Karlqvist et al., 1994; Müller et al., 2010; Carolyn M Sommerich et al., 2002). 이것은 Pointer Device로서의 마우스가 다른 Pointer Device 들과의 경쟁관계에 있거나 인간공학적 관점에서 대체 가능할 수 있음을 암시한다. Workstation Comparison에 대한 연구에서는

Keyboard에서와 마찬가지로 Wrist Rest의 사용 여부에 따른 비교 연구가 있었다 (Catherine Cook et al., 2004). Mouse의 배치 또한 중요한 연구 주제였는데, Keyboard로부터의 상대적인 거리에 관한 비교 연구였다 (C. J. Cook & Kothiyal, 1998; Dennerlein & Johnson, 2006). General Usage에서는 Keyboard에서처럼 Mouse Use Duration의 영향에 대한 연구가 있었다 (Blatter & Bongers, 2002; Jensen et al., 2002).

Mobile Device의 Design Comparison에 대한 연구에서는 Tablet 상에 구현되는 Virtual Keyboard의 Configuration에 대한 비교가 이루어졌다. Keyboard Configuration의 가로 세로 전환에 따른 분류, Screen상에 구현되는 위치(상/중/하), Split의 여부가 Design Variables 이었다 (Pereira et al., 2013). 또한 Device Orientations, Keyboard Layouts, Keyboard Locations 을 Design Variables 로 두고 Screen 상의 Keyboard Design 을 비교하는 연구도 있었다(Trudeau et al., 2013). Workstation Comparison에 대한 연구에서는 Device를 지지하는데 있어서 한 손 지지, 양손 지지, Case 지지에 따른 비교가 이루어졌다 (Young et al., 2012). 또한 Device의 위치(무릎 위/Table)에 따른 비교와 Tablet Tilt Angle에 따른 비교가 이루어졌다 (Albin & McLoone, 2013; Young et al., 2013). Mobile Device는 특히 General Usage에 대한 연구가 활발했는데, 이것은 최근 Hand-Held Mobile Device 사용의 급격한 확산에 따라 Musculoskeletal Symptom 및 관련 질환이 대두된 것에 기인한 것으로 보인다 (Berolo et al., 2011; Gustafsson et al., 2010; Jonsson et al., 2011; C. M. Sommerich et al., 2007). 또한 Design Comparison에 대한 연구는 아주 적은 것으로 나타났는데, 이것은 Keyboard나 Mouse 처럼 다양한 Design Variables이 존재하기엔 Device 개발시기 및 기술면에서 아직 이르기 때문이라고 추측할 수 있다.

Digital-Pen, Track-Ball, Track-Point에 대한 연구는 오직 다른 Input Device들과의 비교 연구만 존재했는데, 주로 Mouse와의 비교 연구였다 (Burgess-Limerick et al., 1999; Fernström & Ericson, 1997; Harvey & Peper, 1997; Lena Karlqvist et al., 1999; Kentaro Kotani & Horii, 2003; Müller et al., 2010; Straker et al., 2008). 이는 기존의 Mouse가 야기시키는 Forearm의 지속적인 Pronated Posture를 해결하기 위해

Alternative Pointer Device들과 비교한 연구라고 할 수 있다.

3.3. Physical Stress Evaluation Method

Input Device의 Physical Stress 평가 기법들은 크게 Objective Evaluation Method와 Subjective Evaluation Method로 구분할 수 있다. 본 논문에서 검토하는 51개의 논문들에선 Objective Evaluation Method로 EMG, Motion Analysis, Electrogoniometer, Video Analysis, Observation, Load Cell, Force Platform, Pressure Transducer 가 사용되었고 Subjective Evaluation Method 로 Discomfort Rating, Questionnaire가 사용되었다.

Table 3은 Input Device의 종류에 따라 각 평가기법들이 활용된 빈도를 나타낸다. 괄호 안의 숫자는 이 활용 빈도 값을 해당 Input Device의 전체 연구 건수로 나눈 값으로, 각 평가기법의 활용도라고 할 수 있다. 활용도를 구한 수식은 다음과 같다.

$$\text{활용도(\%)} = \frac{\text{해당 평가기법의 활용빈도}}{\text{해당 Input Device 연구 건수}} \times 100$$

이를테면 Keyboard에 대한 연구의 68.2%가 EMG 기법을 사용하였으며 Mouse에 대한 연구의 64.7%가 EMG 기법을 사용했다고 볼 수 있다.

Table 3. Input Device별 Physical Stress Evaluation Method 활용 빈도 및 활용도

	EMG	Motion Analysis	Electro Goniometer	Video Analysis	Observation	Load Cell	Force Platform	Pressure Transducer	Discomfort Rating	Questionnaire
Keyboard	15 (68.2)	6 (27.2)	7 (31.8)	3 (13.6)	1 (4.5)	4 (18.2)	0 (0)	0 (0)	11 (50)	1 (4.5)
Mouse	11 (64.7)	3 (17.6)	5 (29.4)	2 (11.8)	2 (11.8)	0 (0)	0 (0)	1 (5.9)	7 (41.2)	3 (17.6)
Mobile Device	6 (46.2)	4 (30.8)	4 (30.8)	1 (7.7)	0 (0)	0 (0)	1 (7.7)	0 (0)	6 (46.2)	2 (15.4)
Digital Pen	3 (100)	1 (33.3)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	1 (33.3)	0 (0)
Track-Ball	2 (66.7)	1 (33.3)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	2 (66.7)	0 (0)
Track-Point	1 (100)	0 (0)	0 (0)	1 (100)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	1 (100)	0 (0)
Total	38	15	16	7	3	4	1	1	28	6

이 표를 통해 알 수 있는 점은 먼저 EMG의 경우 Input Device 종류 전체에 걸쳐서 상당히 높은 활용도를 지녔다는 것이다. Mobile Device를 제외한 다른 Device 들의 EMG 활용도가 모두 60% 이상을 보인다는 것은 그만큼 EMG가 Input Device의 Physical Stress Evaluation Method로서 빈번히 잘 활용되고 있음을 나타낸다. Mobile Device의 경우엔 EMG 활용도가 46.2%로 가장 낮게 나왔는데 이것은 Mobile Device의 연구들이 다른 Device의 연구들에 비해 상대적으로 다양한 기법들을 동원하기 때문이라고 볼 수 있다. 이것은 Mobile Device의 Physical Stress 평가에 있어서 EMG 기법과 Discomfort Rating 기법이 이 동일한 빈도로 사용된 점에서 확인할 수 있다. 한편 EMG가 Muscle Activity를 측정하는 기법이라면 Motion Analysis, Electrogoniometer, Video Analysis는 특정 부위의 Posture 나 Position를 측정하는 기법들이다. Total 열에 각각 15개, 16개, 7개로, 총합 38개가 되는데, 이는 EMG의 Total 값인 38개와 동일한 것을 알 수 있다. 이는 어떠한 기법을 사용하건 간에 Position 및 Posture 측정이 Muscle Activity 측정과 비슷한 빈도로 이루어졌음을 보여준다.

두루 활용되는 EMG와는 달리 특정 Input Device에서만 활용된 기법들도 있었다. 예를 들어, Load Cell의 경우, Keyboard의 Activation Force와 Applied Typing Force를 측정하기 위해 사용된 기법으로, 다른 Input Device에서 활용되지 않는다. Force Platform 장비의 경우, Mobile Device에서만 활용된 것을 볼 수 있다. 이는 Tablet Touchscreen 의 Virtual Keyboard와 기존의 Conventional Keyboard를 Force Platform 위에서 사용해 보면서 Mean And Peak Forces, Keystroke Duration, Keystroke Time-Tension

Product를 비교하는 연구였다. Pressure Transducer의 경우엔 Mouse의 평가기법으로만 사용되었는데, 이것은 Mouse Design이 Carpal Tunnel Pressure에 미치는 영향을 연구하기 위해 활용되었다.

비교적 활용 빈도와 활용도가 높은 Motion Analysis, Electrogoniometer, Video Analysis 기법들이 Digital Pen, Track-Ball, Track-Point의 평가에 있어서는 활용 빈도와 활용도가 낮은 것을 확인할 수 있다. 이것은 두 가지 관점에서 해석해 볼 수 있다. 우선 Digital Pen, Track-Ball, Track-Point를 사용할 때 발생하는 Hand Posture의 변화가 다소 미묘하여 위의 기법들로 감지하는 것이 어려울 수 있다. 다른 한편으로는 Digital Pen, Track-Ball, Track-Point의 평가에 활용되는 기법들의 양상을 보기에 각각의 모집된 논문의 수(각각 3편, 3편, 1편)가 다소 한정적이었다. 이는 이 Device 들의 Physical Stress를 평가하는 연구가 애초에 적었을 수도 있으며, 연구자의 노력에도 불구하고 미처 발견하지 못한 이유도 있을 것이다.

Subjective Evaluation Method의 경우 해당 부위의 Discomfort에 대해서 Scale상에 Rating을 하는 Discomfort Rating 방식과 여러 가지 Physical Stress과 관련된 질문들에 대해 답을 하는 Questionnaire 방식으로 구분하였다. Discomfort Rating 방식에는 Borg Cr-10 Scale, 7-Point Likert Scale, 10cm-VAS(Visual Analogue Scales)가 많이 활용되었다. Questionnaire 방식의 경우 위에서 제시한 연구목적 별 구분에 있어서 General Usage 부분에서 주로 사용되었다. 주로 Workstation Comfort, Musculoskeletal Discomfort(Symptom), Frequency

of Discomfort, Daily Device Use And Posture 들에 대한 정보를 묻는 문항들로 구성되었다.

4. Conclusion

다양한 Input Device들의 Physical Stress Measurement를 실시한 51개의 연구를 검토하여 Type of Input Device, Purpose of Physical Stress Evaluation, Physical Stress Evaluation Method를 기준으로 분류해보았다. Type of Input Device로는 Keyboard(22건), Mouse(17건), Mobile Device(13건), Digital Pen(3건), Track-Ball(3건), Track-Point(1건)가 있었으며(Table 1), 총 59개의 Input Device가 평가되었고, 이에 대해 연도별 추이를 확인할 수 있었다(Figure 1).

Purpose of Physical Stress Evaluation별로 4가지 분류(Design Comparison/ Device Comparison/ Workstation Comparison/ General Usage)가 가능했으며, 이에 따른 Input Device별 Independent Variables을 표로 정리할 수 있었다.(Table 2)

Physical Stress Evaluation 기법들의 활용 빈도와 활용도를 Input Device별로 정리 할 수 있었고, 이로부터 Input Device와 측정 기법들 간의 관계를 파악할 수 있었다(Table 3)

본 논문을 통해 Input Device의 종류, 연구 목적, 측정 기법들간의 관계 및 분류가 이루어졌으며, 이것은 앞으로 새로이 개발될 Input Device의 Physical Stress 평가에 활용될 수 있을 것으로 보인다.

References

- Aaras, A., & Ro, O. (1997). Workload When Using a Mouse as an Input Device. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 9(2), 105-118. doi: 10.1207/s15327590ijhc0902_1
- Albin, T. J., & McLoone, H. E. (2013). The effect of tablet tilt angle on users' preferences, postures, and performance. *Work*. doi: 10.3233/WOR-131670
- Berolo, S., Wells, R. P., & Amick, B. C., 3rd. (2011). Musculoskeletal symptoms among mobile hand-held device users and their relationship to device use: A preliminary study in a Canadian university population. *Appl Ergon*, 42(2), 371-378. doi: 10.1016/j.apergo.2010.08.010
- Blackstone, J. M., Karr, C., Camp, J., & Johnson, P. W. (2008). Physical exposure differences between children and adults when using standard and small computer input devices. *Ergonomics*, 51(6), 872-889. doi: 10.1080/00140130701797959
- Blatter, B., & Bongers, P. (2002). Duration of computer use and mouse use in relation to musculoskeletal disorders of neck or upper limb. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 30(4), 295-306.
- Buften, M. J., Marklin, R. W., Nagurka, M. L., & Simoneau, G. G. (2006). Effect of keyswitch design of desktop and notebook keyboards related to key stiffness and typing force. *Ergonomics*, 49(10), 996-1012. doi: 10.1080/00140130600577437
- Burgess-Limerick, R., Shemmell, J., Scadden, R., & Plooy, A. (1999). Wrist posture during computer pointing device use. *Clinical Biomechanics*, 14(4), 280-286.
- Cook, C., Burgess-Limerick, R., & Chang, S. (2000). The prevalence of neck and upper extremity musculoskeletal symptoms in computer mouse users. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 26(3), 347-356.
- Cook, C., Burgess-Limerick, R., & Papalia, S. (2004). The effect of upper extremity support on upper extremity posture and muscle activity during keyboard use. *Appl Ergon*, 35(3), 285-292. doi: 10.1016/j.apergo.2003.12.005
- Cook, C., Burgess-Limerick, R., & Papalia, S. (2004). The effect of wrist rests and forearm support during keyboard and mouse use. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 33(5), 463-472. doi: 10.1016/j.ergon.2003.12.002
- Cook, C. J., & Kothiyal, K. (1998). Influence of mouse position on muscular activity in the neck, shoulder and arm in computer users. *Appl Ergon*, 29(6), 439-443.
- Cooper, A., & Straker, L. (1998). Mouse versus keyboard use: a comparison of shoulder muscle load. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 22(4), 351-357.
- Dennerlein, J. T., & Johnson, P. W. (2006). Changes in upper extremity biomechanics across different mouse positions in a computer workstation. *Ergonomics*, 49(14), 1456-1469. doi: 10.1080/00140130600811620
- Fernström, E., & Ericson, M. O. (1997). Computer mouse or Trackpoint—effects on muscular load and operator experience. *Appl Ergon*, 28(5), 347-354.
- Gerard, M. J., Armstrong, T. J., Franzblau, A., Martin, B. J., & Rempel, D. M. (1999). The effects of keyswitch stiffness on typing force, finger electromyography, and subjective

- discomfort. *Am Ind Hyg Assoc J*, 60(6), 762-769. doi: 10.1080/00028899908984499
- Gerard, M. J., Jones, S. K., Smith, L. A., Thomas, R. E., & Wang, T. A. I. (1994). An ergonomic evaluation of the Kinesis Ergonomic Computer Keyboard. *Ergonomics*, 37(10), 1661-1668. doi: 10.1080/00140139408964943
- Gilad, I., & Harel, S. (2000). Muscular effort in four keyboard designs. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 26(1), 1-7.
- Gustafsson, E., Johnson, P. W., & Hagberg, M. (2010). Thumb postures and physical loads during mobile phone use - a comparison of young adults with and without musculoskeletal symptoms. *J Electromyogr Kinesiol*, 20(1), 127-135. doi: 10.1016/j.jelekin.2008.11.010
- Harvey, R., & Peper, E. (1997). Surface electromyography and mouse use position. *Ergonomics*, 40(8), 781-789. doi: 10.1080/001401397187775
- Hedge, A., Morimoto, S., & McCrobie, D. (1999). Effects of keyboard tray geometry on upper body posture and comfort. *Ergonomics*, 42(10), 1333-1349. doi: 10.1080/001401399184983
- Huang, T. S., Cheng, W. C., & Lin, J. J. (2012). Relationship between trapezius muscle activity and typing speed: taping effect. *Ergonomics*, 55(11), 1404-1411. doi: 10.1080/00140139.2012.709543
- Jensen, C., Finsen, L., Søgaard, K., & Christensen, H. (2002). Musculoskeletal symptoms and duration of computer and mouse use. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 30(4), 265-275.
- Jonsson, P., Johnson, P. W., Hagberg, M., & Forsman, M. (2011). Thumb joint movement and muscular activity during mobile phone texting - A methodological study. *J Electromyogr Kinesiol*, 21(2), 363-370. doi: 10.1016/j.jelekin.2010.10.007
- Karlqvist, L., Bernmark, E., Ekenvall, L., Hagberg, M., Isaksson, A., & Rostö, T. (1999). Computer mouse and track-ball operation: Similarities and differences in posture, muscular load and perceived exertion. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 23(3), 157-169.
- Karlqvist, L., Hagberg, M., & Selin, K. (1994). Variation in upper limb posture and movement during word processing with and without mouse use. *Ergonomics*, 37(7), 1261-1267. doi: 10.1080/00140139408964904
- Keir, P. J., Bach, J. M., & Rempel, D. (1999). Effects of computer mouse design and task on carpal tunnel pressure. *Ergonomics*, 42(10), 1350-1360. doi: 10.1080/001401399184992
- Kim, J. H., Aulck, L., Bartha, M. C., Harper, C. A., & Johnson, P. W. (2012). Are there Differences in Force Exposures and Typing Productivity between Touchscreen and Conventional Keyboard? *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 56(1), 1104-1108. doi: 10.1177/1071181312561240
- Kim, J. H., Aulck, L., & Johnson, P. W. (2012). *Are there differences in muscle activity, subjective discomfort, and typing performance between virtual and conventional keyboards?* Paper presented at the Conference proceedings:... Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. Conference.
- Ko, K., Kim, H.-S., & Woo, J.-H. (2013). The Study of Muscle Fatigue and Risks of Musculoskeletal System Disorders from Text Inputting on a Smartphone. *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, 32(3), 273-278. doi: 10.5143/jesk.2013.32.3.273
- Kotani, K., Barrero, L. H., Lee, D. L., & Dennerlein, J. T. (2007). Effect of horizontal position of the computer keyboard on upper extremity posture and muscular load during computer work. *Ergonomics*, 50(9), 1419-1432. doi: 10.1080/00140130701330587
- Kotani, K., & Horii, K. (2003). An analysis of muscular load and performance in using a pen-tablet system. *Journal of physiological anthropology and applied human science*, 22(2), 89-95.
- Lin, M. I., Liang, H. W., Lin, K. H., & Hwang, Y. H. (2004). Electromyographical assessment on muscular fatigue--an elaboration upon repetitive typing activity. *J Electromyogr Kinesiol*, 14(6), 661-669. doi: 10.1016/j.jelekin.2004.03.004
- Müller, C., Tomatis, L., & Läubli, T. (2010). Muscular load and performance compared between a pen and a computer mouse as input devices. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 40(6), 607-617. doi: 10.1016/j.ergon.2010.08.004
- McLoone, H. E., Jacobson, M., Clark, P., Opina, R., Hegg, C., & Johnson, P. (2009). Design and evaluation of a curved computer keyboard. *Ergonomics*, 52(12), 1529-1539. doi: 10.1080/00140130903215321
- Nag, P. K., Pal, S., Nag, A., & Vyas, H. (2009). Influence of arm and wrist support on forearm and back muscle activity in computer keyboard operation. *Appl Ergon*, 40(2), 286-291. doi: 10.1016/j.apergo.2008.04.016

- Pereira, A., Miller, T., Huang, Y. M., Odell, D., & Rempel, D. (2013). Holding a tablet computer with one hand: effect of tablet design features on biomechanics and subjective usability among users with small hands. *Ergonomics*. doi: 10.1080/00140139.2013.820844
- Quemelo, P. R., & Vieira, E. R. (2013). Biomechanics and performance when using a standard and a vertical computer mouse. *Ergonomics*, 56(8), 1336-1344. doi: 10.1080/00140139.2013.805251
- Rempel, D., Barr, A., Brafman, D., & Young, E. (2007). The effect of six keyboard designs on wrist and forearm postures. *Appl Ergon*, 38(3), 293-298. doi: 10.1016/j.apergo.2006.05.001
- Rempel, D., Nathan-Roberts, D., Chen, B. Y., & Odell, D. (2009). The effects of split keyboard geometry on upper body postures. *Ergonomics*, 52(1), 104-111. doi: 10.1080/00140130802481040
- Rempel, D., Serina, E., Klinenberg, E., Martin, B. J., Armstrong, T. J., Foulke, J. A., & Natarajan, S. (1997). The effect of keyboard keyswitch make force on applied force and finger flexor muscle activity. *Ergonomics*, 40(8), 800-808. doi: 10.1080/001401397187793
- Shin, G., & Zhu, X. (2011). User discomfort, work posture and muscle activity while using a touchscreen in a desktop PC setting. *Ergonomics*, 54(8), 733-744. doi: 10.1080/00140139.2011.592604
- Sommerich, C. M., Starr, H., Smith, C. A., & Shivers, C. (2002). Effects of notebook computer configuration and task on user biomechanics, productivity, and comfort. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 30(1), 7-31.
- Sommerich, C. M., Ward, R., Sikdar, K., Payne, J., & Herman, L. (2007). A survey of high school students with ubiquitous access to tablet PCs. *Ergonomics*, 50(5), 706-727. doi: 10.1080/00140130701194793
- Straker, L. M., Coleman, J., Skoss, R., Maslen, B. A., Burgess-Limerick, R., & Pollock, C. M. (2008). A comparison of posture and muscle activity during tablet computer, desktop computer and paper use by young children. *Ergonomics*, 51(4), 540-555. doi: 10.1080/00140130701711000
- Trudeau, M. B., Catalano, P. J., Jindrich, D. L., & Dennerlein, J. T. (2013). Tablet Keyboard Configuration Affects Performance, Discomfort and Task Difficulty for Thumb Typing in a Two-Handed Grip. *PLoS One*, 8(6), e67525. doi: 10.1371/journal.pone.0067525
- van Galen, G. P., Liesker, H., & de Haan, A. (2007). Effects of a vertical keyboard design on typing performance, user comfort and muscle tension. *Appl Ergon*, 38(1), 99-107. doi: 10.1016/j.apergo.2005.09.005
- Woods, M., & Babski-Reeves, K. (2005). Effects of negatively sloped keyboard wedges on risk factors for upper extremity work-related musculoskeletal disorders and user performance. *Ergonomics*, 48(15), 1793-1808. doi: 10.1080/00140130500292087
- Young, J. G., Trudeau, M., Odell, D., Marinelli, K., & Dennerlein, J. T. (2012). Touch-screen tablet user configurations and case-supported tilt affect head and neck flexion angles. *Work*, 41(1), 81-91. doi: 10.3233/WOR-2012-1337
- Young, J. G., Trudeau, M. B., Odell, D., Marinelli, K., & Dennerlein, J. T. (2013). Wrist and shoulder posture and muscle activity during touch-screen tablet use: effects of usage configuration, tablet type, and interacting hand. *Work*, 45(1), 59-71. doi: 10.3233/WOR-131604
- Zecevic, A., Miller, D. I., & Harburn, K. (2000). An evaluation of the ergonomics of three computer keyboards. *Ergonomics*, 43(1), 55-72. doi: 10.1080/001401300184666
- Zhu, X., & Shin, G. (2012). Shoulder and neck muscle activities during typing with articulating forearm support at different heights. *Ergonomics*, 55(11), 1412-1419. doi: 10.1080/00140139.2012.709541