

## 수·전동 휠체어 개발을 위한 수동휠체어 간 비교 사용성 평가 : 지체장애인을 중심으로

김동완<sup>1</sup>, 이윤환<sup>1</sup>, 장완호<sup>2</sup>, 문광태<sup>1</sup>, 정성우<sup>1</sup>, 김종배<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>연세대학교 일반대학원 작업치료학과, <sup>2</sup>전주대학교 작업치료학과, <sup>3</sup>연세대학교 소프트웨어디지털헬스케어융합대학 작업치료학과

### Comparative Usability Test between Manual Wheelchairs for the Development of Manual & Power Hybrid Wheelchairs : Focusing on People with Physical Disabilities

Dong-Wan Kim<sup>1</sup>, Yun-Hwan Lee<sup>1</sup>, Wan-Ho Jang<sup>2</sup>,  
Kwangtae Moon<sup>1</sup>, Seongwoo Jeong<sup>1</sup>, Jongbae Kim<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>Dept. of Occupational Therapy, Graduate School, Yonsei University

<sup>2</sup>Dept. of Occupational Therapy, College of Medical Sciences, Jeonju University

<sup>3</sup>Dept. of Occupational Therapy, College of S/W Digital Healthcare Convergence, Yonsei University

**요약** 본 비교 사용성 평가는 휠체어 사용자들이 지역사회에서 경험할 수 있는 지형 및 장애물이 설치된 연구 시설에서 지체장애인 5명을 대상으로 이동 보조기구에 대한 이해가 있는 연구자들에 의해 수행되었다. 수동휠체어 간 사용성을 비교하였으며, 이를 통해 사용자들의 휠체어 구매 의사결정 시 영향을 미치는 사용성과 사용자에게 더 적합한 수·전동 휠체어를 만들기 위해 고려되어야 하는 요소를 분석하였다. 연구에서 사용된 수·전동휠체어는 대만 K사 제품으로, 연구 참여에 동의한 참여자들은 3개의 시나리오, 12개의 과제로 구성된 평가 순서에 따라 개인 휠체어로 1회, K사 수·전동휠체어로 1회 총 2회 코스를 수행하였다. 주행 결과 한 명의 참여자는 K사 제품으로 주행 시 1회 오류를 범하였다. 과제 소요 시간과 RPE(Borg Rating of Perceived Exertion Scale), DRS(Difficulty Rating Scale)를 통해 두 제품을 비교한 결과 K사 제품은 시간의 효율은 떨어졌지만(+0.2초), 노력의 정도(-2.38점)와 어려움의 정도(+1.24점)는 효율적인 것으로 확인되었다. 만족도는 ARS(Acceptability Rating Scale)의 비교를 통해 K사 제품이 더 수용할 수 있는 것(+1.1점)으로 확인하였고, SUS(System Usability Scale)의 점수를 분석한 결과 K사 수·전동휠체어에 대한 전체 참여자의 사용성 및 만족도는 75.2점으로 B등급/‘Good’ 정도의 사용성으로 확인되었다. 본 연구는 국제표준을 근거하여 사용성을 정의하고, 특정 집단인 휠체어 사용 장애인들을 직접 연구에 참여시킴으로써 학술적인 의의를 높였으며, 추후 국내업체에서는 실용적인 수·전동휠체어 개발을 위해 개발과정부터 실제 사용자의 사용성을 지속해서 연구하는 것이 필요하다고 사료된다.

**Abstract** This comparative usability test was conducted by researchers with an understanding of mobility aids. Five physically disabled subjects were enrolled in research facilities having terrains and obstacles that wheelchair users experience in the community. The usability of manual wheelchairs was compared, and usability factors that affect the users' wheelchair purchase decisions were analyzed. The results were applied to determine the factors that need to be considered in manufacturing a suitable manual and power hybrid wheelchair. Participants maneuvered the wheelchairs under test conditions comprising 3 scenarios and 12 tasks. The effectiveness of the two products under assessment was not significantly different. A comparison of the two products showed that the K product had a low driving efficiency (+0.2 seconds) but the degree of effort (-2.38 points) and difficulty (+1.24 points) were more efficient. The satisfaction was also confirmed to be more acceptable (+1.1 points) for K's product. Analysis of the SUS (System Usability Scale) score determined that the overall usability and satisfaction of K's manual and power wheelchair were 75.2 points, which is rated as 'B' and 'Good' usability. The academic significance of this study is augmented by defining the usability based on international standards and by the direct participation of a specific group of wheelchair users. We propose the necessity for domestic companies to conduct continuous usability studies for the development process.

**Keywords** : Usability, Manual&Power Hybrid Wheelchair, People With Disability, Mobility, Participation

본 연구는 정부 (과학기술정보통신부, 산업통상자원부, 보건복지부, 식품의약품안전처)의 재원으로 범부처전주기의료기기연구개발사업단의 지원을 받아 수행된 연구임. (RS-2020-KD000181)

\*Corresponding Author : Jongbae Kim(Yonsei University)

email: jongbae@yonsei.ac.kr

Received January 5, 2023

Revised February 15, 2023

Accepted March 3, 2023

Published March 31, 2023

## 1. 서론

세계보건기구(WHO: World Health Organization) 보고서에 따르면, 보조공학의 적용은 장애인의 자립적이고 독립적이며, 더 확장된 이동을 위한 첫걸음이며[1], 장애인에게 이동권의 확보는 사회적 존재로 삶을 살아가며 주변의 인적, 사회적 자원과 소통하고, 통합될 수 있게 하는 기본적인 권리를 지키는 것이다[2].

이동에 제한이 있는 장애인은 일상생활과 여가생활 등 다양한 작업 활동을 수행하기 위해 이동 보조기기를 사용함으로써 기능을 증진하거나 대체 할 수 있다[3]. 대표적인 이동 보조기기는 휠체어가 있으며, 휠체어는 수동휠체어와 전동휠체어로 구분되고[4], 현재 국내에서는 수동휠체어를 일반형, 활동형, 틸팅/리클라이닝형으로 구분하여 처방하고[5], 전동휠체어는 단일 품목으로 처방하고 있다.

수동휠체어와 전동휠체어 처방 시 대표적인 기준은 사용자의 독립적인 휠체어 추진 가능 여부이다[6]. 수동휠체어 사용자들은 다양한 요인으로 인해 관절의 통증 또는 근력의 약화가 나타나고, 이로 인해 독립적인 휠체어 추진이 어려워지는 이차적인 문제를 주로 호소하였고[7], 전동휠체어 사용자들은 큰 무게 및 부피로 인해 휴대 시 불편을 호소하였다[8]. 이러한 문제점들을 최소화하기 위해 휠체어 사용자들은 동력 보조 휠체어(PAW: Power Assist Wheelchair) 사용을 고려하거나[4] 경량의 수·전동휠체어를 사용하게 되는데, 지역사회에서 사용 시 기존의 수·전동휠체어는 몇 가지 장단점이 존재한다[9].

휠체어는 지체 또는 뇌병변 장애인에게 주로 필요하지만, 해당 장애가 있는 장애인들은 보조기기의 '편리성', '효과성' 그리고 '적합성'에 대한 정보 부족을 원인으로 보조기기를 구매하지 않는 것으로 조사되었다[10]. 이러한 응답은 현재 판매되고 있는 보조기기의 사용성(usability)에 대한 정보 부족으로 볼 수 있다.

국제표준인 ISO 9241-11(2018) 지침에 따르면, 사용성은 특정 환경 내에서 특정 사용자가 목표를 달성하기 위하여 제품 및 서비스를 사용할 때의 효과성(유효성), 효율성, 만족도를 포함한다[11]. 이러한 지침에 근거하여 이동에 제한이 있는 장애인의 독립적인 실내·외 일상생활 활동 시 수행을 보조하는 이동 보조기기의 사용성 측면을 분석할 필요가 있다.

이에 따라 본 연구는 이동 보조기기에 대한 이해가 있는 연구자들에 의해 지역사회에서 휠체어 사용자들이 경험할 수 있는 지형 및 장애물이 설치된 연구 시설에서 지

체장애인 5명을 대상으로 개인의 수동휠체어와 기존 국내 시장에서 판매 및 사용되고 있는 K사 제품과 비교 사용성 평가를 수행함으로써 사용자들의 휠체어 구매 의사 결정 시 영향을 미치는 사용성과 사용자에게 더 적합한 수·전동휠체어를 만들기 위해 고려되어야 하는 요소를 분석하고자 한다.

또한 개발 초기 단계에 수행된 본 연구의 결과를 국산 수·전동휠체어 개발을 위한 기초자료로써 활용하고자 한다.

## 2. 연구 방법

### 2.1 연구 대상

본 연구의 참여자는 서울지역 의료기관의 협조를 받아 모집하였으며, 연구의 절차 및 내용을 이해하고 참여에 동의한 지체장애인 5명을 최종 선정하였다. 연구참여자는 남성 5명으로, 평균 연령은 59.2세였다. 연구참여자 중 3명은 척수손상(Spinal cord injury), 2명은 소아마비(Poliomyelitis)를 진단받았다. 최종 연구참여자는 Nielsen의 연구를 근거하여 5명을 선정하였으며[12], 연구참여자의 일반적 특성은 Table 1과 같다.

Table 1. General characteristic of subject

Factor		N(%)
Gender	Male	5(100)
	Female	0(0)
Age	40-49	1(20)
	50-59	2(40)
	60-69	2(40)
Diagnosis	Spinal cord injury	3(60)
	Poliomyelitis	2(40)
Wheelchair type	Manual	5(100)
	Power	0(0)

#### 2.1.1 참여자 선정 및 배제 기준

참여자는 모두 수동휠체어를 사용하는 데 어려움이 없고, 지역사회에서 직업 또는 여가활동을 수행하고 있으며, 자가 추진(Self-propelling)이 가능한 사용자를 선정하였으며, 과거 수·전동휠체어를 사용한 경험이 없는 사용자와 연구를 수행하는 데 인지적인 어려움이 있는 사용자는 연구에서 제외되었다.

## 2.2 연구 도구

### 2.2.1 수 · 전동휠체어

본 연구에서는 Fig. 1로 제시한 대만 K사의 수 · 전동 휠체어를 사용하였다. 이는 사용자가 핸드림(Hand rim)을 추진하는 방향으로 밀어 구동하는 방식의 수동휠체어와 달리 전동식 구동장치를 갖추고 있어 조이스틱 등의 컨트롤러를 통해 주행과 속도 조절이 가능하다. 또한, 평지, 경사면 등 주행 환경에 따라 수동 또는 전동으로 전환하여 사용할 수 있다. 또한, 기존 전동휠체어와 비교하여 더 쉽게 배터리 탈착이 가능하고, 좌석 하부 프레임 구조를 X-Bar 형태로 설계하여 접어서 보관하거나 차량 휴대성을 높였으며, 이를 통해 장애인들의 확장된 여가 및 사회참여에 대한 욕구를 충족시킬 수 있는 것이 특징이다.



Fig. 1. Manual & Power Hybrid Wheelchair

### 2.2.2 사용성 평가 지표

본 연구에서는 국제표준화기구(ISO: International organization for standardization)에서 정의하는 사용성을 기준으로 지표를 구성하였다. ISO-9241-11 표준에 따르면, 사용성은 사용자가 맥락 내에서 제품 등을 활용하여 특정 과제를 완수하는 과정에서 느끼는 품질을 의미하며, 이는 효과성, 효율성, 만족도를 포함한다[13]. 효과성은 사용자가 제품을 이용하여 목적을 정확하게 달성하였는지를 의미한다. 효율성은 목표 달성에 소모되는 자원을 의미하며, 과제 수행 시간, 노력도 등을 포함한다. 만족도는 사용자가 제품을 사용하여 과제를 수행하며 느끼는 편안함 등의 주관적인 감정을 의미한다. 이에 본 연구에서는 위의 3가지 영역을 지표로 구성하였다.

효과성은 과제 성공 여부를 통해 측정하였다. 효율성은 과제 수행 시간, RPE를 통해 제품을 이용하여 과제 수행 시 요구되는 노력 및 피로도, DRS를 통해 과제 수행 시 주관적인 난이도를 측정하였다. 만족도는 ARS를 통해 제품에 대한 수용도와 SUS를 통해 제품의 전반적

인 사용성과 만족도를 측정하였다.

RPE는 과제 수행 시 요구되는 신체적인 노력도와 피로도를 측정하는 도구로 6점에서 20점의 15점 척도로 이루어져 있다[14]. 6점의 경우 전혀 힘들지 않음, 20점의 경우 최대의 노력이 들어갔음을 의미하며 사용한 RPE 척도는 0.78의 평정자 간 신뢰도(Inter-rater reliability) 값이 확보되었다[15]. DRS는 제품을 사용하여 과제 수행 시 사용자가 느낀 난이도를 측정하는 도구로 -3점에서 3점의 7점 척도로 이루어져 있다[16]. -3점은 매우 어려움, 3점은 매우 쉬움을 의미한다. ARS는 제품에 대한 수용의 정도를 측정하는 도구로 -3점에서 3점의 7점 척도로 이루어져 있다[16,17]. -3점은 매우 수용할 수 없는 수준, +3점은 매우 수용할 수 있음을 의미한다. SUS는 제품에 대한 전반적인 사용성과 만족도를 측정하는 도구로 10개의 질문으로 구성되어 있다[18]. 참여자는 각 질문에 대해 1점에서 5점까지 응답하며, 응답 후 평가자는 100점 만점으로 환산하여 전반적인 사용성과 만족도를 평가한다. 사용된 SUS 질문지의 문항 간 일치도는 .777 ~ .789의 크론바흐알파(Cronbach alpha)값이 확보되었다[19]. Fig. 2는 본 연구에 적용한 사용성 평가 지표를 나타낸 것이다.

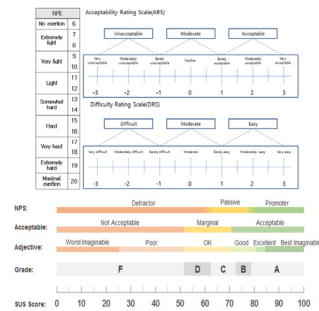


Fig. 2. Indicator for usability testing

### 2.2.3 사용성 평가 시나리오

사용성 평가를 진행하기 위해서는 제품의 기능과 과제 수행 환경을 고려한 별도의 시나리오를 개발하는 것이 요구된다[20]. 따라서, 본 연구에서는 지역사회에 거주하는 휠체어 사용자를 대상으로 인터뷰를 수행하여, 지역사회 이동 시 경험할 수 있는 주행 환경에 대한 정보를 수집하였다. 또한, 수 · 전동휠체어를 사용하기 위한 인터페이스를 분석하여 크게 주행 준비 과정, 주행, 주행 후 정리 과정의 3개 시나리오와 함께 12개의 과제를 도출하였다. 도출된 사용성 평가 시나리오는 Table 2와 같다.

Table 2. Scenario for usability testing

Scenario	Task Number	Task
S1 [Set to drive]	S1	Power on, set the speed, and pass through the starting point.
S2 [Driving]	S2-Task 1	Driving on a sidewalk block
	S2-Task 2	Driving on a 1/8 slope way
	S2-Task 3	Driving on a 2cm curb
	S2-Task 4	Driving on a bumpy road
	S2-Task 5	Driving on a speed hump
	S2-Task 6	Driving on a S type curb
	S2-Task 7	Driving on a steep slope way
	S2-Task 8	Driving on a side slope way
	S2-Task 9	Driving on a drain
	S2-Task 10	Driving on a grass
S3 [Finish to drive]	S3	Locking the wheelchair at the arrival point

본 연구진은 도출된 ‘주행하기(Driving)’ 시나리오에 있는 10개 과제를 위하여 주행코스를 재현하였다. 주행코스는 Fig. 3과 같이 1.2m\*1.2m 길이의 나무 소재 구조체를 결합하여 폭 4.8m, 길이 9.6m의 크기로 제작되었다.



Fig. 3. Wheelchair driving practice course

### 2.3 연구 과정

사용성 평가는 경기도 김포시에 위치한 연구 시설에서 연구자 6인이 하루 동안 진행하였다. 첫 번째로, 주 진행자가 사용성 평가의 목적과 과정을 설명하고, 참여 동의 의사를 확인하였다. 이후, 인터뷰를 진행하여 장애와 이

동 관련 정보를 수집하였다. 두 번째로, 참여자에게 휠체어 조작법과 10개 주행코스에 대한 충분한 설명과 연습 시간을 제공하였다. 세 번째로, 보조 진행자 1인이 시나리오를 기반으로 과제 수행을 지시하였다. 참여자는 자신이 사용하는 휠체어로 코스를 1회 주행하고, 이후 수·전동휠체어를 사용하여 1회 주행하여 총 2회 주행하였으며, 개인 휠체어 주행 시 자가 추진(Self-propelling)으로 인한 피로와 코스 주행 시 노력 등이 수·전동휠체어 주행 시 영향을 주지 않도록 5분 이상의 휴식 시간을 제공하였다. 또한, 낙상 등의 사고를 방지하고자 보조 진행자 4인이 근접거리에서 관찰하였다. 마지막으로, 주행 완료 후에는 사후 인터뷰를 진행하여 효과성, 효율성, 만족도에 대한 정량적인 평가와 수·전동휠체어 사용경험, 개선사항 등에 대한 정성적인 자료를 수집하였다. 과제 수행과 인터뷰 내용은 참여자의 동의하에 모든 과정을 녹화 및 녹음 하였다.

### 2.4 자료 분석 방법

사후 인터뷰를 통해 측정된 각 시나리오의 효과성, 효율성, 만족도 결과는 사용한 휠체어별로 구분하여 비교 분석하였으며, 이를 표와 도표로 제시하였다. 과제 성공 여부는 사용한 휠체어별 수행 횟수 대비 성공한 수의 비율을 산출하였으며, 수행 시간, 노력도 및 피로도(RPE), 난이도(DRS)와 수용의 정도(ARS), 만족도(SUS)는 사용한 휠체어별 평균 점수와 표준편차를 산출하였다.

수집된 정성적 자료는 연구자 3인이 녹음된 파일을 반복 청취하여 전사하였으며, 이를 문장 단위로 분석하여 사용경험, 개선사항과 관련된 내용을 추출하였다.

## 3. 연구 결과

### 3.1 Result of effectiveness

사용한 휠체어에 따른 효과성은 과제 수행 성공 여부 및 오류 여부를 통해 분석하였다. 기존에 사용하던 휠체어는 모든 참여자가 실패 없이 모든 시나리오 과제에 성공하였다. K사의 수·전동휠체어는 첫 번째 시나리오에서 오류를 범한 한 참여자를 제외한 나머지 참여자들은 모든 시나리오 과제를 한 번에 성공하였다. 이에 따라, 사용한 휠체어에 따른 효과성은 100%와 80%로 측정되었다.

### 3.2 Result of efficiency

#### 3.2.1 Time used to task

Table 3은 각 휠체어를 이용한 시나리오 2(S2)의 과제 소요 시간을 나타낸 것이다. 평균 5.96초와 6.16초로 자신의 기존 휠체어를 사용하였을 때 더 빠르게 과제를 수행하였으나 T3/T7/T9/T10 과제에서 K사 수·전동 휠체어의 수행 시간이 더 적게 소요되었다. 특히, Task 3(2cm 연석 위 주행하기)의 경우 대략 4초 정도 큰 차이가 발생하였다. 시나리오 1과 시나리오 3의 경우 과제 소요 시간이 같거나 K사 제품을 사용하였을 때 더 빠르게 수행되었다.

Table 3. Result of S2 TUT

Task	TUT* Unit = second	
	PW** aver.(SD)	CW*** aver.(SD)
1	5.2(1.3)	6.6(0.9)
2	8.2(3.3)	11.6(6.9)
3	11.8(6.0)	8.0(3.5)
4	5.4(2.1)	5.8(1.5)
5	4.4(1.5)	5.0(1.2)
6	6.4(1.1)	8.4(2.8)
7	6.4(2.1)	5.2(1.8)
8	3.2(1.3)	3.6(1.5)
9	4.8(2.6)	3.8(0.8)
10	3.8(1.3)	3.6(1.7)
	<b>5.58(2.26)</b>	<b>5.80(2.26)</b>

\*TUT: Time used to Task, \*\*PW: Personal wheelchair, \*\*\*CW: Company wheelchair

#### 3.2.2 Borg rating of perceived exertion scale(RPE)

Table 4는 각 휠체어를 이용한 시나리오 2(S2)의 과제 RPE 값을 비교하여 나타낸 것이다. 기존에 사용하던 휠체어는 평균 11.06점으로 최소의 노력이 요구되었으며, K사 휠체어는 8.68점으로 노력이 거의 요구되지 않았다. 시나리오 1 에서도 기존 휠체어는 최소의 노력이 요구되었으며(11.8점), K사 휠체어는 노력이 전혀 요구되지 않는 것으로 나타났다(6.6점). 시나리오 3에서도 비슷한 결과가 도출되어, 모든 시나리오에서 K사 수·전동 휠체어를 사용할 때 더 적은 노력이 요구되었다.

Table 4. Result of S2 RPE

Task	RPE Unit = point	
	PW aver.(SD)	CW aver.(SD)
1	11.4(1.1)	8.0(2.2)
2	11.6(5.9)	7.2(0.8)
3	17.2(2.4)	11.6(1.9)
4	12.0(3.7)	10.0(2.2)
5	11.0(3.7)	9.4(2.9)
6	7.4(1.5)	7.4(2.1)
7	11.4(4.7)	10.4(4.0)
8	10.8(3.9)	8.2(2.4)
9	11.0(5.5)	8.2(1.6)
10	6.8(0.8)	6.4(0.5)
	<b>10.38</b>	<b>8.04</b>

#### 3.2.3 Difficulty rating scale(DRS)

Table 5는 시나리오 2(S2)의 과제 난이도를 측정하고 DRS 값을 비교하여 나타낸 것이다. 시나리오 2의 과제는 기존 휠체어를 사용하였을 때 0.34점으로 적당한 수준이었으며, K사 휠체어를 사용하였을 때 1.58점으로 조금 쉬운 정도의 난이도로 나타났다. 시나리오 1의 난이도는 기존 휠체어는 적당하였으며(0.6점), K사 휠체어는 쉬운 수준이었다(2.4점). 시나리오 3도 기존 휠체어는 적당한 수준이었으며(0.8점), K사 휠체어는 조금 쉽게 느끼는 정도였다(1.8점).

Table 5. Result of S2 DRS

Task	DRS Unit = point	
	PW aver.(SD)	CW aver.(SD)
1	0.2(1.8)	2.0(1.2)
2	0.6(2.4)	1.8(1.1)
3	-1.6(1.7)	-0.4(1.3)
4	0.2(1.3)	1.2(1.3)
5	0.0(1.6)	1.2(1.5)
6	1.6(1.7)	2.2(0.8)
7	0.8(2.2)	1.4(1.3)
8	0.0(1.4)	2.0(0.5)
9	0.2(2.0)	1.8(0.8)
10	1.4(1.8)	2.6(0.5)
	<b>0.20</b>	<b>1.32</b>

### 3.3 Result of satisfaction

#### 3.3.1 Acceptability rating scale(ARS)

Table 6은 시나리오 2(S2)의 과제 수용도를 측정한다

ARS 값을 비교하여 나타낸 결과이다. 시나리오 2의 과제 수행 결과 기존 휠체어는 0.56점으로 수용하기 적당한 수준이고, K사 휠체어는 1.66점으로 조금 받아들일 수 있을 수준으로 측정되었다. 시나리오 1 수행 시 기존 휠체어는 수용하기 적당하였고(0.8점), K사 휠체어는 받아들일 수 있는 정도였다(2.8점). 시나리오 3에서 기존 휠체어는 조금은 받아들일 수 있는 정도였으며(1.2점), K사 휠체어는 받아들일 수 있을 정도로 측정되었다(2점).

Table 6. Result of S2 ARS

Unit = point		
Task	ARS	
	PW aver.(SD)	CW aver.(SD)
1	1.2(1.3)	2.0(1.2)
2	0.6(2.4)	2.0(1.2)
3	-1.2(1.3)	-0.4(1.3)
4	0(1.2)	1.2(1.3)
5	0.4(1.8)	1.4(1.5)
6	1.6(1.7)	2.2(0.8)
7	0.6(2.0)	1.6(1.7)
8	0.4(1.5)	2.0(1.2)
9	0.4(2.2)	1.8(1.3)
10	1.6(1.7)	2.8(0.5)
	<b>0.40(1.71)</b>	<b>1.38(1.2)</b>

### 3.3.2 System usability scale(SUS)

Fig. 4는 K사 수·전동휠체어에 대한 전반적인 사용성과 만족도를 측정한 SUS 평균값을 계산한 것이다. K사 수·전동휠체어에 대한 전체 참여자의 사용성 및 만족도를 기준으로 분석한 결과, 75.2점으로 B등급 / 'Good' 정도의 사용성으로 측정되었다.

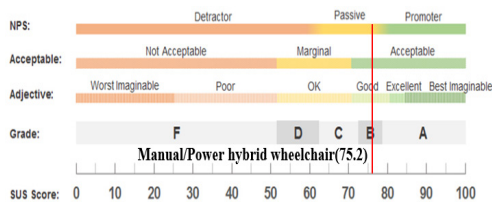


Fig. 4. The result of manual/power hybrid wheelchair SUS

### 3.4 수·전동휠체어의 장점 및 개선사항

본 연구의 참여자들이 K사 수·전동휠체어를 사용하여 휠체어 주행 연습코스를 주행한 경험에 근거하여 응답한 인터뷰 내용을 저자 3인이 분석하였다. 그 결과 '수

·전동휠체어에 대한 긍정적인 반응', '휠체어 구조에 관한 개선사항', '수·전동휠체어 스펙에 관한 개선사항' 총 3가지 핵심 주제가 도출되었다(Table 7).

Table 7. Outcome of qualitative analysis

Themes	Categories	Concepts
The positive response of manual & power hybrid wheelchair	Function of product	Battery removable
		Fold-able wheelchair
	Product experience	Convenient portability
		Stability when driving
Requirements for the structure of manual & power hybrid wheelchair	Structure of propulsion	Sufficient battery capacity
		Intuitive joystick
		Size & durability of wheel
	Structure of support	Material & durability of frame
		Armrest safety
		Falling prevent, Anti-tipper
Requirements for the spec of manual & power hybrid wheelchair	Weight of product	Weight control for caregiver
		Anxiety at fast speeds
	Appearance	A monotonous color
		A slim design

“누군가의 도움을 받으면 차에 실을 수 있고, 접을 수 있으며, 분리가 가능하기에 전동휠체어와 비교하여 휴대하기에 편리하지만, 수동휠체어와 비슷한 프레임이기에 내구성이 강한지 모르겠음” (참여자 1, 참여자 2, 참여자 3, 참여자 4, 참여자 5)

“휠체어 사용자들의 독립적인 휴대와 가족과 보호자의 부담을 줄이기 위해 휠체어는 경량화되길 희망하지만, 휠체어의 가벼워짐에 대한 일반적인 느낌은 불안하고 주행 시 안정성과 안전성은 낮을 것으로 예상됨” (참여자 1, 참여자 2, 참여자 3, 참여자 4, 참여자 5)

“체중이 많이 나가는 사용자를 위해 뒤로 넘어가는 것을 방지하는 부속품의 보강이 필요하며, Anti-tipper와 조이스틱 등 이러한 부속품은 조작이 쉽고, 직관적이어야 일상생활에서 편리함” (참여자 1, 참여자 2, 참여자 3)

“휠체어 사용자들이 기호에 맞게 색상을 선택할 수 있도록 해야 할 것이며, 조금 더 고급스러운 소재를 사용하고, 외형적으로 좀 더 슬림했으면 좋겠음” (참여자 2, 참여자 4, 참여자 5)

“배터리 용량은 장시간 야외 활동을 수행할 수 있도록

12.5Å보다 높고, 급속충전이 가능한 제품이었던 좋겠으며, 해외 이동 시 문제가 되지 않도록 항공 규정에 적합한 기준을 충족해야 할 것임”  
(참여자 4, 참여자 5)

#### 4. 고찰

본 비교 사용성 평가연구는 휠체어 사용자들의 휠체어 구매 의사결정 시 영향을 미치는 사용성과 수·전동휠체어 개발 시 고려되어야 하는 요소에 대해 알아보고 반영하기 위해 현재 수·전동휠체어를 사용하거나 사용해본 장애인을 대상으로 수행되었다.

사용성 평가는 휠체어 사용 장애인들이 지역사회에서 쉽게 경험할 수 있는 장애물과 지면으로 구성된 코스를 개인 휠체어와 K사 수·전동휠체어로 한 번씩 주행하면서 수행되었으며, 결과에서 확인할 수 있듯이 사용성의 차이가 있었다. 주행을 준비하고, 종료하는 시나리오1과 3에서는 K사 수·전동휠체어를 사용하는 경우 시간이 같거나 단축되었고, 시나리오2에서는 개인 휠체어를 사용하였을 때 전반적으로 더 빠른 수행을 보였는데, 이는 참여자들이 평소 지역사회에서 적극적인 활동을 수행했기에 심리적으로 더 자신이 있게 수행할 수 있었다고 사료된다. 그러나 수행 시간 이외에는 K사 수·전동휠체어를 사용하여 주행 시 더 낮은 수준의 노력도와 난이도를 보였으며 수용도는 더 높았다. 참여자들은 K사 수·전동휠체어로 주행 시 전반적으로 더 많은 시간이 필요하였지만, ‘2cm 연석 지나기’, ‘가파른 경사면 지나기’, ‘배수뚝개 지나기’ 그리고 잔디를 지나는 과제에서는 더 빠르게 수행하였다. RPE와 DRS 결과값에서 확인할 수 있듯이 참여자들은 ‘2cm 연석 지나기’를 가장 높은 수준의 노력, 난이도라고 느꼈으며, 수용도는 가장 낮은 과제로 평가하였다. 이는 휠체어 사용 장애인들이 지역사회 이동 시 직면하는 연석과 같은 장애물을 제거해야 하는 필요성과 근거를 제시하는 것이며, 휠체어 사용 장애인의 사회적, 직업적 통합을 위해 장애인의 접근성은 매우 중요하다는 연구를 뒷받침한다[21]. 이와 같은 휠체어 사용자의 어려움을 낮추기 위해 경량형 수·전동휠체어는 효율적으로 사용될 것이라고 사료된다. 다른 세 가지 과제에서는 ‘2cm 연석 지나기’와 비교하여 상대적으로 낮은 수준의 노력이 요구되었지만, 수행한 휠체어에 따라 노력도, 난이도, 수용도에 차이가 있었다.

K사 수·전동휠체어를 구매할 것인지, 구매하지 않을

것인지에 대한 전반적인 사용성은 SUS 측정 결과를 분석한 결과 75.2점으로 제품에 대해 긍정적인 수용이 가능하지만, 제품을 충분히 만족하지 못하고 있는 것이 (Passive) 확인되었다[22]. 선행연구에 따르면 수동휠체어의 등판 각도는 사용자의 안정성 및 기동성과 연관되며, 전동휠체어의 착석기능은 사용 장애인의 안정성을 높인다고 보고된다[23,24]. 그러나 K사 수·전동휠체어 사용성 평가는 사용자의 오금에서 발목까지의 길이를 고려하여 발판의 높낮이는 조절되었지만, 사용자의 체형을 수용하지 못한 시트와 등판 상태에서 수행됨에 따라 사용자들은 제품에 대해 낮은 만족도를 보인 것으로 사료되며 이러한 결과는 선행연구를 지지한다.

추가로, 휠체어 사용자들이 만족하지 못하는 내용에 대한 긍정적인 의견을 수렴하고, 수·전동휠체어를 개발 시 고려해야 하는 요소를 도출하기 위해 주행 후 인터뷰 내용을 분석하였다. 종합하면 참여자들은 ‘가벼움’, ‘안전성’ 그리고 전반적으로 높은 비용에 부담을 느끼며 ‘저렴함’에 대한 욕구가 있었다. 참여자들은 수·전동휠체어 자체가 가볍고, 배터리의 탈착이 가능하고, 접을 수 있어서 휴대성이 좋다고 응답하였다. 이는 개인의 편의도 있지만, 옆에서 도움을 주는 가족, 활동지원사 등 보호자의 차량 적재를 고려한 욕구라고 사료된다. 한편, 휠체어 사용자들은 경량의 수·전동휠체어를 희망하지만, 휠체어가 가벼워짐으로써 생기는 주행 시 불안감이 큰 것으로 확인되었다. 실제 휠체어 사용자들은 휠체어에 의지하여 이동하기에 안전하고, 편안한 휠체어 사용이 가장 중요하며[24], 본 연구의 휠체어 사용자들 역시 안전하고, 안정감 있는 제품의 개발을 희망하는 등 선행연구와 일치된 응답을 하였다. 구체적으로 사용자들은 휠체어 프레임, 바퀴 그리고 부속품 등의 강한 내구성에 대한 욕구가 있었으며, 고급지고 세련된 디자인 및 개인의 기호에 따른 색상 선택에 대한 욕구가 있었다.

본 연구는 국산 수·전동휠체어를 개발하는 과정에서 더 실용적이고, 사용자 중심의 제품이 개발될 수 있는 방향을 제공한다. 제품 개발 시 중점을 두어야 하는 부분은 사용자가 어떻게 받아들일는지 파악하는 것이며, 개발된 수·전동휠체어를 큰 노력 없이 쉽게 사용할 수 있어야 한다. 또한 경량화를 위해 부품의 크기를 줄이고, 안전장치 등의 부속품을 제거하거나 너무 가벼운 소재만을 사용하기보다 외부 충격을 대비하여 내구성이 높은 소재를 사용하여 견고한 프레임을 갖추고 휠체어 사용자의 불안감을 낮추는 것이 필요하다고 사료된다.

휠체어 사용자들은 튼튼하고 가벼우며, 값이 저렴한



제품을 희망하였고, 이는 휠체어 사용자들의 안전하고 적극적인 지역사회 활동을 위해 정말 필요하다. 그러나 견고하고 가벼운 소재의 사용은 현실적으로 높은 재료비가 발생하며, 이로 인해 휠체어 사용자들은 구매를 포기하게 된다. 이에 따라 휠체어 사용자의 구매 시 부담을 낮추는 방안이 요구되며, 휠체어 사용자의 잔존 기능 보호, 지역사회 참여 증진 등 수·전동휠체어가 사용자에게 미치는 영향을 고려하여 구매 시 정부지원금을 높여주는 것이 적절하다고 사료된다.

본 연구의 제한점은 네 가지로 정리할 수 있다. 가장 먼저, 휠체어를 사용하는 다양한 장애 유형의 사용자를 포함하지 못한 것이다. 향후 연구에서는 장애 유형별 연구가 필요하다고 사료된다.

두 번째로 모든 연구참여자자는 수동휠체어 사용자였으며, 전동휠체어 사용자의 구체적인 의견을 얻는데 제한적이었다. 수동휠체어 사용자 역시 이차적인 문제 예방을 위해 수·전동휠체어가 필요한 그룹으로, 이들은 안전성, 가벼움 그리고 저렴함 등 다양한 욕구가 있음을 확인할 수 있었지만, 향후 연구에서는 크고, 무겁지만 안전하고 안정감이 있는 전동휠체어를 사용하는 전동휠체어 사용자 그룹의 수·전동휠체어에 대한 욕구와 사용성을 파악하는 것이 필요하다.

세 번째로 사용자의 개인 휠체어 사용경험에 따른 영향을 완전히 배제하지 못한 것이다. 연구자들은 개인에게 상대적으로 익숙한 개인 휠체어의 사용성을 확인하고, K사 휠체어의 사용성을 평가하여 비교하였다. 두 번 주행 간 영향을 제거하기 위해 5분 이상의 시간을 두었지만, 심리적인 영향을 배제하지 못하였으며, 개인 간 신체 회복의 정도 역시 차이가 존재할 수 있다. 따라서 향후 연구에서는 심리적인 영향에 관한 질문을 통해 정성적인 연구 결과를 제시하는 것이 요구되고, 평가 간 같은 신체 상태로 수행될 수 있도록 문답이나 심박수 등의 객관적인 지표를 활용하는 것이 필요하다고 사료된다.

마지막으로, 참여자 개인의 체형에 맞춰진 환경에서 평가하지 못한 것이 제한점으로 여겨진다. 따라서 향후 연구에서는 휠체어 등판과 시트를 사용자의 체형에 맞춰 수행하는 것이 필요하다.

## 5. 결론

본 연구는 대만 K사에서 개발한 수·전동휠체어를 사용성 측면에서 분석하였다. K사 수·전동휠체어와 참여

자의 개인 휠체어로 각각 과제를 수행하였으며 수행 시간, 노력도, 난이도, 수용도, 만족도를 비교하였다. 연구자들은 국제표준을 근거하여 사용성을 효율성, 효과성, 만족도로 구분하여 평가하고 특정 집단인 휠체어 장애인을 직접 연구에 참여시킴으로써 학술적인 의의를 높였으며, 이동 보조기기 산업의 더 빠른 성장을 이끌기 위해 국산 제품을 개발하는 초기 단계에 국내 시장에서 판매되고 있는 제품의 사용성을 평가하고 문제점과 수정 및 보완사항을 반영하고자 하였다. 추후에는 다양한 장애 유형의 사용자를 모집하고, 시트와 등판이 사용자에게 맞춰진 상태에서 사용성 평가를 수행할 필요가 있으며, 실용적인 장애인보조기기 개발을 위해 지속적인 사용성 평가가 필요하다고 사료된다. 더불어, 실용적인 보조기기를 지원하기 위해 장애인보조기기 급여제도의 개선을 위한 연구도 함께 수행해나가는 것이 필요하다.

## References

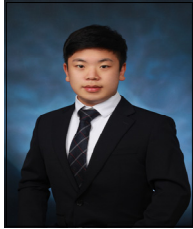
- [1] World Health Organization, Priority Assistive Products List: Improving access to assistive technology for everyone, everywhere, pp. 16, *World Health Organization*, 2016, pp. 1-4.
- [2] Y. S. Lee, H. S. Kim, Socioeconomic Factors of Mobility among People with Disabilities: A Study using the National Survey of the Disabled Persons and Geo-location Data. *Disability & Employment*, Vol. 28, No. 3, pp. 5-23, 2018.  
DOI: <http://doi.org/10.15707/disem.2018.28.3.003>
- [3] A. M. Cook, J. M. Polgar, Assistive Technologies Principles & Practice 4<sup>th</sup> edition, p.541, ELSEVIER, 2015, pp.229-262.  
DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-09631-7.00010-7>
- [4] Michael. E. Sytsma. T. Cowan. R. E. A primary care provider's guide to wheelchair prescription for persons with spinal cord injury, *Topics in spinal cord injury rehabilitation*, Vol. 26, No. 2, pp. 100-107, 2020.  
DOI: <http://doi.org/10.46292/sci2602-100>
- [5] D. J. Jang, Y. C. Kim, G. S. Kim, E. P. Hong, Mechanism Design of a Power Wheelchair with Lifting Seat, *Journal of Rehabilitation Welfare Engineering & Assistive Technology*, Vol. 15, No. 4, pp. 211-219, 2021.  
DOI: <https://doi.org/10.21288/resko.2021.15.4.211>
- [6] Sridhar D R; Ashwin; Deekshith; Dhanush Shetty; Suhas. Electric Wheelchair Design and its Impacts on Life among the Disabled Individuals: A Review, *International Journal of Innovative Science and Research Technology*, Vol.7 No.5, pp.639-641, 2022.  
DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.6614376>



- [7] J. S. Kang, Y. Heo, G. T. Nam, E. P. Hong, G. S. Kim, Y. H. Chang, Analysis of Push-rim Activated Power Assisted Wheelchair Driving Characteristics of Elderly Wheelchair Users with Shoulder Disease, *Journal of Rehabilitation Welfare Engineering & Assistive Technology*, Vol. 12, No. 2, pp. 100-108, 2018.  
DOI: <https://doi.org/10.21288/resko.2018.12.2.100>
- [8] E. P. Hong, S. H. Park, H. S. Oh, J. C. Ryu, M. S. Mun, Development of In-wheel Motor for Power Add-on Drive Wheelchair, *Journal of the Korean Society for Precision Engineering*, Vol. 28, No. 8, pp. 992-999, 2011.
- [9] D. W. Kim, J. H. Woo, W. H. Jang, Y. H. Lee, J. B. Kim, A Qualitative Study on the User Experience of Manual/Electric Hybrid Wheelchairs in Leisure Activity Participation: Focusing on Focus Group Interview, *Korean Journal of Occupational Therapy*, Vol. 29, No. 4, pp. 165-179, 2021.  
DOI: <https://doi.org/10.14519/kjot.2021.29.4.11>
- [10] S. H. Kim, M. K. Lee, U. C. Oh, D. E. Oh, ... & S. W. Lee, Survey on the Status of Persons with Disabilities in Korea, Policy Report, Korea Institute for Health and Social Affairs, Korea, pp.285-306.
- [11] ISO, 9241-11: 2018 Ergonomics of Human-System Interaction-Part 11. Usability: Definitions and Concepts, Standard Report, International Organization for Standardization, Switzerland, pp.1-4.
- [12] Nielsen, J. Why you only need to test with 5 user, Alertbox, 2000, Available From: <https://www.nngroup.com/articles/why-you-only-need-to-test-with-5-users> (accessed Feb. 24, 2023)
- [13] Bevan, N., Carter, J., Earthy, J., Geis, T., Harker, S. New ISO standards for usability, usability reports and usability measures. In International conference on human-computer interaction, CAN, pp.268-278, July 2016.  
DOI: [http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-39510-4\\_25](http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-39510-4_25)
- [14] Williams. N. The Borg rating of perceived exertion (RPE) scale. *Occupational Medicine*, Vol. 67, No. 5, pp. 404-405, 2017.  
DOI: <https://doi.org/10.1093/occmed/kqx063>
- [15] Pfeiffer. K. A, Pivarnik. J. M, Womack. C. J, Reeves. M. J, Malina. R. M., Reliability and validity of the Borg and OMNI rating of perceived exertion scales in adolescent girls. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, Vol. 34, No. 12, pp. 2057-2061.  
DOI: <https://doi.org/10.1097/00005768-200212000-00029>
- [16] Lenker, J. A., Damle, U., D'Souza, C., Paquet, V., Mashtare, T., Steinfeld, E. Usability evaluation of access ramps in transit buses: preliminary findings. *Journal of Public Transportation*, Vol. 19, No. 2, pp. 7, 2016.  
DOI: <http://doi.org/10.5038/2375-0901.19.2.7>
- [17] Perez, B., Choi, J., Paquet, V., Lenker, J., Kocher, L., Nemade, M., Steinfeld, E. Comparison of wheelchair securement systems designed for use in large accessible transit vehicles (LATVs). *Assistive technology*, Vol.33, No.2, pp.105-115. 2021.  
DOI: <https://doi.org/10.1080/10400435.2019.1604582>
- [18] Lewis, J. R. The system usability scale: past, present, and future. *International Journal of Human-Computer Interaction*, Vol.34, No.7, pp.577-590, 2018.  
DOI: <https://doi.org/10.1080/10447318.2018.1455307>
- [19] K. S. Ham, D. H. Lee, H. J. Hong, S. J. Park, J. W. Kim, An Experimental Research on the Usability of Indirect Control using Finger Gesture Interaction in Three Dimensional Space, *The Journal of the Korea Contents Association*, Vol. 14, No. 11, pp. 519-532.  
DOI: <https://dx.doi.org/10.5392/JKCA.2014.14.11.519>
- [20] Y. H. Lee, J. B. Kim, J. H. Kim, A Comparative Study on Usability of People with Spinal Cord Injury and Muscular Dystrophy about Express Bus Reservation System for Wheelchair Users. *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, Vol. 22, No. 8, pp.655-662, 2021.  
DOI: <https://doi.org/10.5762/KAIS.2021.22.8.655>
- [21] T. Rouvier, A. Louessard, E. Simonetti, S. Hybois, ... & C. Sauret. Manual wheelchair biomechanics while overcoming various environmental barriers: A systematic review. *Public Library of Science(PLOS One)*, Vol. 17, No. 6, e0269657, 2022.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0269657>
- [22] Suharsih, R. Febriani, R. Triputra, S, Usability of Jawara Sains Mobile Learning Application Using System Usability Scale (SUS). *Jurnal Online Informatika* Vol. 6, No. 1, pp. 41-52, 2021.  
DOI: <https://doi.org/10.15575/join.v6i1.700>
- [23] Thomas, Louise, Jaimie Borisoff, and Carolyn J. Sparrey, Manual wheelchair downhill stability: an analysis of factors affecting tip probability.. *Journal of neuroengineering and rehabilitation* Vol. 15, No. 1, pp. 1-12, 2018.  
DOI: <https://doi.org/10.1186/s12984-018-0450-3>
- [24] J. H. Woo, J. B. Kim, Intervention of Powered Seating Function: A Systematic Review, *Korean Journal of Occupational Therapy*, Vol. 25, No. 4, pp. 33-44, 2017.  
DOI: <https://doi.org/10.14519/jksot.2017.25.4.03>

김 동 완(Dong-Wan Kim)

[정회원]



- 2017년 2월 : 여주대학 작업치료학과 (작업치료학 전문학사)
- 2019년 2월 : 연세대학교 작업치료학과 (작업치료학 학사)
- 2019년 3월 ~ 현재 : 연세대학교 일반대학원 작업치료학과 (작업치료학 석·박사 통합과정)

• 2022년 4월 ~ 현재 : (주)휠로피아 연구원

<관심분야>

작업치료, 장애인, 보조공학, 보조기기 급여제도

문 광 태(Kwangtae Moon)

[정회원]



- 2013년 12월 ~ 2019년 7월 : 경기도고양시일산동구보건소 공무원
- 2019년 7월 ~ 2021년 2월 : 서울특별시북부지역장애인보건의료센터 작업치료사
- 2021년 2월 : 연세대학교 일반대학원 작업치료학과 (작업치료학 석사)

• 2021년 3월 ~ 현재 : 연세대학교 일반대학원 작업치료학과 (작업치료학 박사과정)

• 2021년 2월 ~ 현재 : 연세할수있게하는기술연구센터 연구원

<관심분야>

지역사회 작업치료, 환경수정, 스마트홈

이 윤 환(Yun-Hwan Lee)

[정회원]



- 2018년 2월 : 연세대학교 작업치료학과 (작업치료학 학사)
- 2019년 3월 ~ 현재 : 연세대학교 일반대학원 작업치료학과 (작업치료학 석·박사 통합과정)

<관심분야>

장애인, 보조공학, 보조로봇, 사용성평가

정 성 우(Seongwoo Jeong)

[준회원]



- 2020년 2월 : 연세대학교 작업치료학과 (작업치료학 학사)
- 2022년 2월 : 연세대학교 일반대학원 작업치료학과 (작업치료학 석사)

<관심분야>

재활공학, 재활과학, 작업치료

장 완 호(Wan-Ho Jang)

[정회원]



- 2011년 2월 : 한서대학교 작업치료학과 (작업치료학 학사)
- 2013년 1월 ~ 2016년 1월 : 서울시보조공학서비스센터 (작업치료사)
- 2020년 8월 : 연세대학교 일반대학원 작업치료학과 (작업치료학 박사)
- 2021년 3월 ~ 현재 : 전주대학교 작업치료학과 교수

<관심분야>

작업치료, 보조공학, AI

김 종 배(Jongbae Kim)

[정회원]



- 1984년 2월 : 연세대학교 응용통계학과 (경제학 학사)
- 2005년 5월 : 미국 피츠버그대학교 재활과학 (재활과학 박사)
- 2008년 3월 ~ 2014년 2월 : 국립재활원 재활연구소 재활보조기술 연구과장

• 2014년 3월 ~ 현재 : 연세대학교 소프트웨어디지털헬스케어융합대학 작업치료학과 교수

<관심분야>

재활과학, 보조로봇, AI, IoT