

# 중추신경계 손상 소아의 인지 및 운동 복합형 재활로봇 사용성 평가를 위한 문항개발: 체계적 문헌고찰

유재호\*, 노경록\*, 오나겸\*

\*선문대학교 물리치료학과

e-mail:[naresa@empal.com](mailto:naresa@empal.com), [ouli92052@gmail.com](mailto:ouli92052@gmail.com), [mono489@naver.com](mailto:mono489@naver.com)

## Development of Usability Evaluation Items for Cognitive–Motor Rehabilitation Robots in Children with Central Nervous System Injuries: A Systematic Review

Jael-Ho Yu\*, Kyung-Rok Roh\*, Na-Kyun Oh\*

\*Dept. of Physical Therapy, Sunmoon University

### 요약

**목적:** 본 연구는 중추신경계 손상 소아를 대상으로 인지와 운동 재활을 결합한 복합형 재활로봇의 사용성 평가를 위한 문항을 개발하고자 한다. 이를 위해 체계적 문헌고찰을 수행하여 기준의 로봇재활, 가상현실 기반 훈련, 사용자 경험(UX) 평가 도구를 분석하였다.

**방법:** PubMed, Scopus, Web of Science, RISS, KCI 데이터베이스를 활용하여 2010년 이후 출판된 논문을 검색하였다. 키워드는 “pediatric rehabilitation robot”, “cognitive–motor training”, “usability assessment”, “user experience”, “questionnaire development”를 조합하였다. PRISMA 지침에 따라 총 524편의 문헌이 확인되었고, 중복 제거 및 선정 기준 적용 후 34편이 최종 분석에 포함되었다.

**결과:** 분석 결과, 사용성 평가 영역은 안전성, 효과성 및 효율성, 만족도, 디자인 및 인터페이스, 통합적 재활 효과의 다섯 범주로 도출되었다. 이를 기반으로 총 30개 문항이 개발되었으며, 설문지는 보호자와 치료사 모두가 활용할 수 있도록 설계되었다.

**결론:** 본 연구는 중추신경계 손상 소아의 인지–운동 복합형 재활로봇 사용성 평가를 위한 표준화된 문항을 제시하였다. 향후 임상적 타당화와 신뢰도 검증을 통해 표준 평가도구로 확립될 필요가 있다.

**키워드:** 복합형 재활로봇, 사용성평가, 중추신경계 손상 소아, 인지, 운동

### 1. 서론

중추신경계 손상(예: 뇌성마비, 외상성 뇌손상, 뇌졸중 후유증 등)을 가진 소아는 운동 기능 장애뿐 아니라 인지 기능 저하를 동반하는 경우가 많다. 최근에는 인공지능(AI), 가상현실(VR), 웨어러블 센서가 결합된 복합형 재활로봇이 개발되어 소아 환자의 인지–운동 통합 훈련이 가능해졌다. 그러나 이러한 기술의 임상적 효과에도 불구하고 사용성 평가(Usability Evaluation)\*\*는 아직 표준화되어 있지 않다. 특히, 소아 환자의 특성과 보호자의 피드백을 반영한 문항 개발은 필수적이다. 따라서 본 연구에서는 체계적 문헌고찰을 통해 사용성 평가 항목을 도출하고, 이를 토대로 평가 문항을 개발하고자 한다.

### 2. 연구방법

#### 2.1 문헌 검색 전략

본 연구는 중추신경계 손상 소아를 대상으로 인지와 운동을 동시

에 지원하는 복합형 재활로봇의 사용성 평가 문항을 개발하기 위해 체계적 문헌고찰을 수행하였다. 연구 절차는 체계적 문헌고찰의 국제 표준 지침인 PRISMA(Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses)에 따라 단계적으로 진행되었다.

먼저, 문헌 검색을 위해 PubMed, Scopus, Web of Science, RISS, KCI 등 국내외 주요 학술 데이터베이스를 선정하였다. 검색 기간은 2010년 1월부터 2025년 6월까지로 설정하였으며, 이는 최근 15년간의 재활로봇 및 인지–운동 통합 재활 분야의 발전 흐름을 충분히 반영하기 위함이다. 검색어는 “pediatric rehabilitation robot”, “cognitive–motor rehabilitation”, “usability evaluation”, “user experience”, “questionnaire development” 등을 핵심 키워드로 삼았으며, 불리언 연산자 (AND, OR)를 활용하여 조합하였다. 예를 들어, “(pediatric OR children) AND (rehabilitation robot) AND (usability OR user experience)”와 같은 방식으로 검색을 수행하였다.

## 2.2 문헌 선정기준 및 제외기준

문헌의 선정 기준은 다음과 같다. 첫째, 연구 대상이 중추신경계 손상 소아(예: 뇌성마비, 외상성 뇌손상, 소아 뇌졸중 등)일 것. 둘째, 연구에서 로봇 기반의 운동 재활 혹은 인지-운동 복합 훈련을 다룰 것. 셋째, 사용성(usability), 만족도(satisfaction), 안전성(safety), 효과성(effectiveness) 등의 평가 지표를 포함할 것. 반대로 제외 기준은 성인 대상 연구, 단순 기기 성능 평가 논문, 임상적 사용성 데이터가 보고되지 않은 기술 개발 논문, 그리고 원문 접근이 불가능한 경우였다.

자료 분석은 내용 분석(content analysis) 방법을 활용하였다. 먼저, 포함된 문헌에서 사용된 평가 지표와 문항을 체계적으로 추출하고 이를 영역별로 분류하였다. 이후 연구진은 독립적으로 항목을 검토한 후 합의 과정을 거쳐 최종 평가 영역을 도출하였다.

## 2.3 자료 분석

PRISMA 지침에 따라 문헌을 선별하였으며, 내용 분석(content analysis) 방법을 사용하여 평가 영역을 도출하였다.

## 3. 연구 결과

### 3.1 문헌 선정 과정

총 524편이 검색되었으며, 중복 제거 후 412편이 남았다. 제목·초록 검토 후 79편이 선정되었고, 최종적으로 34편이 본 분석에 포함되었다.

### 3.2 평가 항목 도출

분석 결과 도출된 주요 평가 항목은 다음과 같다.

- 1) 안전성: 기기의 안정성, 피부 접촉 안전, 넘어짐 위험 여부, 시각·청각적 과부하
- 2) 효과성/효율성: 운동 기능 개선, 인지 훈련 효과, 동기부여, 훈련 시간 적절성, 조작 용이성
- 3) 만족도: 기기 사용 후 전반적 만족, 반복 사용 의도, 보호자 권유 의향
- 4) 디자인/인터페이스: UI 이해도, 결과 제공의 명확성, 그래픽/사운드의 흥미 유발 효과
- 5) 통합적 효과: 인지-운동 병합 훈련의 임상적 이점, 기준 치

### 3.3 문항 개발

최종적으로 본 연구는 문헌고찰을 통해 확인된 주요 평가 지표를 기반으로 총 30개의 사용성 평가 문항을 개발하였다. 이러한 문항은 하드웨어 사용성(예: 장치의 안정성, 착용 편의성, 조작 용이성) 15문항과 프로그램 사용성(예: 콘텐츠 난이도, 인지-운동 과제의 통합 효과, 아동의 흥미 및 집중도) 15문항을 포함하도록 설계되었다. 본 과정은 단순히 기존 문항을 차용하는데 그치지

않고, 아동의 발달적 특성과 보호자의 피드백을 고려하여 수정·보완함으로써 임상적 타당성을 높이고자 하였다. <붙임>

## 5. 논의

본 연구에서 개발한 사용성 평가 문항은 기준의 성인 중심 로봇 재활 연구와 달리 소아의 발달적 특성과 보호자 관점을 반영했다는 점에서 의의가 있다. 특히, 인지와 운동을 동시에 훈련하는 복합형 로봇의 특성상 과제 난이도 조절, 피로도 관리, 보호자 만족도가 중요한 요소로 나타났다. 그러나 본 문항은 문헌고찰 기반의 1차적 개발 단계이므로, 향후 임상 실험을 통해 타당도와 신뢰도 검증이 필요하다.

## 6. 결론

본 연구는 중추신경계 손상 소아의 인지 및 운동 복합형 재활로봇의 사용성 평가 문항을 개발하기 위해 체계적 문헌고찰을 수행하였다. 안전성, 효과성, 만족도, 디자인, 통합 효과 등 다섯 가지 영역에서 총 30개 문항이 도출되었으며, 이는 향후 임상 적용을 위한 표준화된 평가도구 개발의 기초자료로 활용될 수 있다.

### 참고문헌

- [1] Hussain N, et al. Pediatric rehabilitation robotics: A systematic review. NeuroRehabilitation. 2021;48(3):215–229.
- [2] Llorens R, et al. Cognitive-motor rehabilitation in pediatric populations: Integrating VR and robotics. Frontiers in Pediatrics. 2020;8:569.
- [3] Brooke J. SUS: A quick and dirty usability scale. Usability Evaluation in Industry. 1996.
- [4] PRISMA Group. Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses (PRISMA) statement. BMJ. 2009;339:b2535.

### 감사의 글

본 연구는 보건복지부 국립재활원 재활연구개발용역사업(R&D) 재활로봇중개연구용역(#NRCTR-EX24001)으로 수행되었습니다.

&lt;붙임&gt;

## HW 사용성 평가 문항

1 : 매우 아니다 2 : 아니다 3 : 보통이다 4 : 그렇다 5 : 매우 그렇다

| 조사 항목       |     |   | 평가 점수 |   |   |   |   |
|-------------|-----|---|-------|---|---|---|---|
|             |     |   | 1     | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 안전성         | 1.  | 기기 사용 중 대상자가 불안하거나 불편함을 느낀 것 같나요?         |       |   |   |   |   |
|             | 2.  | 기기의 하네스나 의자가 대상자를 충분히 고정해주는 것 같나요?        |       |   |   |   |   |
|             | 3.  | 기기 사용 중 대상자의 안전을 걱정한 적이 있었나요?             |       |   |   |   |   |
|             | 4.  | 대상자의 피부가 닿는 부분의 마감 처리가 안전하게 되어 있었나요?      |       |   |   |   |   |
|             | 5.  | 기기의 전체적인 구조가 튼튼하여 넘어지거나 흔들릴 위험이 없어 보이나요?  |       |   |   |   |   |
| 효과성/<br>효율성 | 6.  | 기기의 운동 기능이 대상자에게 긍정적인 영향을 미칠 것 같나요?       |       |   |   |   |   |
|             | 7.  | 기기 사용 후 대상자가 운동에 대한 동기 부여가 되었나요?          |       |   |   |   |   |
|             | 8.  | 기기 사용 중 대상자가 즐거운 경험을 한 것 같나요?             |       |   |   |   |   |
|             | 9.  | 기기의 기능을 사용하는 데 있어 시간이 적정한가요?              |       |   |   |   |   |
|             | 10. | 기기의 조작이 직관적이고 쉽게 사용할 수 있는 것 같나요?          |       |   |   |   |   |
|             | 11. | 기기 사용 중 대상자가 원하는대로 운동 강도나 방향을 조절할 수 있었나요? |       |   |   |   |   |
| 만족도         | 12. | 기기 사용 후 전반적인 만족도는 어떠셨나요?                  |       |   |   |   |   |
|             | 13. | 기기의 디자인(색상, 형태 등)에 대해 만족했나요?              |       |   |   |   |   |
|             | 14. | 기기 사용 후 기분이나 상태가 긍정적인 변화가 있었나요?           |       |   |   |   |   |
|             | 15. | 다른 기존의 보행 훈련 기기에 비해 만족스럽나요?               |       |   |   |   |   |
|             | 16. | 다른 사람에게 권유하고 싶으신가요?                       |       |   |   |   |   |

## SW 프로그램 사용성 평가 문항

1 : 매우 아니다 2 : 아니다 3 : 보통이다 4 : 그렇다 5 : 매우 그렇다

| 조사 항목   |     |   | 평가 점수 |   |   |   |   |
|---------|-----|---|-------|---|---|---|---|
|         |     |   | 1     | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 안전성     | 1.  | 화면의 시각적 효과나 움직임이 대상자에게 어지러움이나 눈의 피로를 유발할 것 같나요?         |       |   |   |   |   |
|         | 2.  | 콘텐츠나 소리가 자극적인가요?  |       |   |   |   |   |
|         | 3.  | 신체 활동과 인지 과정을 동시에 수행하는 것이 대상자에게 과도한 스트레스를 유발할 것 같나요?    |       |   |   |   |   |
| 디자인     | 4.  | 훈련 프로그램을 선택하고 설정을 변경하는 화면(UI) 구성이 이해하기 쉬웠나요?            |       |   |   |   |   |
|         | 5.  | 훈련이 끝난 후 제공되는 결과(점수, 운동량 등) 정보가 유용하고 이해하기 쉬웠나요?         |       |   |   |   |   |
|         | 6.  | 콘텐츠의 그래픽과 사운드는 대상자의 흥미와 집중을 유발하기에 충분한 것 같나요?            |       |   |   |   |   |
| 효과성/효율성 | 7.  | 화면에 나타나는 콘텐츠(게임)의 목표와 방법이 대상자가 이해하기에 쉬워 보이나요?           |       |   |   |   |   |
|         | 8.  | 훈련의 전체적인 프로세스가 원활하고 효과적이라고 생각하나요?                       |       |   |   |   |   |
|         | 9.  | 신체와 인지를 함께 훈련하는 방식이 재활에 더 큰 도움이 될 것이라고 생각하나요?           |       |   |   |   |   |
|         | 10. | 훈련 콘텐츠(게임)의 목표와 방법이 명확하여 대상자가 무엇을 해야 할지 쉽게 파악하는 것 같았나요? |       |   |   |   |   |
| 만족도     | 11. | 훈련 콘텐츠를 사용하는 동안 긍정적인 반응(미소, 집중, 환호 등)을 보이며 즐거워했나요?      |       |   |   |   |   |
|         | 12. | 훈련에 대한 거부감 없이 다음에도 또 하고 싶어 하는 모습을 보였나요?                 |       |   |   |   |   |
|         | 13. | 훈련 시간이 아이의 집중력을 고려했을 때 적절한가요?                           |       |   |   |   |   |
|         | 14. | 훈련 과정의 전반적인 경험에 만족하나요?                                  |       |   |   |   |   |
|         | 15. | 다른 사람에게 권유하고 싶으신가요?                                     |       |   |   |   |   |
|         | 16. | 기존 치료(놀이, 훈련 등)에 비하면 만족 하시나요?                           |       |   |   |   |   |