

뇌손상 환자의 상지 움직임 평가와 인공지능 융합연구에 관한 체계적 고찰

박선하¹, 박혜연^{2*}

¹연세대학교 작업치료학과 석사과정, ²연세대학교 작업치료학과 교수

Systematic Review of Upper Extremity Movement Assessment and Artificial Intelligence Convergence Research in Brain Injured Patients

Sun Ha Park¹, Hae Yean Park^{2*}

¹Master's Course Student, Occupational Therapy, Yonsei University

²Professor, Occupational Therapy, Yonsei University

요약 본 연구의 목적은 뇌손상 환자의 상지 움직임 평가와 인공지능 융합연구를 체계적 문헌고찰 방법으로 분석하여 인공지능의 적용에 대한 경향을 파악하고자 한다. 연구수행은 PRISMA(Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses)가이드라인을 이용하여 수행되었다. 3개의 데이터베이스에서 검색된 380편 중 선정기준 및 배제기준에 따라 최종적으로 8편의 논문을 선정하였다. 상지 움직임 평가는 동작 수행 능력 평가와 FMA, ARAT가 사용되었다. 정량화를 위해 다양한 도구를 사용하여 데이터를 추출하였고, 인공지능을 이용해 상지 움직임 분류, 회복 예후 예측, 평가도구 점수를 예측하였다. 본 연구는 인공지능을 이용해 상지 움직임 평가를 객관적으로 나타낸 연구들을 체계적으로 고찰하여 인공지능이 적용되고 있는 방향성을 파악했다는 점에서 의의가 있다. 이를 토대로 상지 움직임 평가에서 인공지능 기술을 도입하여 중재 효과와 환자의 회복을 객관적으로 파악하는데 도움이 될 것으로 기대한다.

주제어 : 경향, 상지 움직임 평가, 인공지능, 융합연구, 정량화, 체계적 고찰

Abstract The purpose of this study is to identify trends in the application of artificial intelligence by analyzing upper extremity movement assessment and artificial intelligence convergence research using a systematic literature review method. The research was conducted using the PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) guidelines. Among the 380 articles searched in three databases, 8 articles were finally selected according to the selection and exclusion criteria. For the evaluation of upper extremity movement, motion performance evaluation, FMA, and ARAT were used. For quantification, data were extracted using various tools, and upper extremity movement classification, recovery prognosis prediction, and evaluation tool score were predicted using artificial intelligence. This study is meaningful in that it systematically reviewed studies that objectively evaluated upper extremity movement using artificial intelligence and identified the direction in which artificial intelligence is being applied. Based on this, the introduction of artificial intelligence technology in the assessment of upper extremity movements is expected to help objectively identify the intervention effect and the patient's recovery.

Key Words : Trend, Upper Extremity Movement Assessment, Artificial Intelligence, Convergence, Quantification, Systematic Review

*This work was supported by the National Research Foundation of Korea(NRF) grant funded by the Korea government(MSIT) (NRF-2020R1C1C1011374).

*Corresponding Author : Hae Yean Park(haepark@yonsei.ac.kr)

Received October 12, 2021

Revised November 15, 2021

Accepted January 20, 2022

Published January 28, 2022

1. 서론

뇌손상 환자의 69%는 상지의 기능적인 운동장애를 경험하고, 약 56%의 환자가 발병 이후에도 편마비로 인한 불편을 겪는다[1]. 상지 움직임은 먹기, 옷 입기, 개인위생, 글쓰기 등과 같은 섬세한 움직임을 위한 기본 바탕이 되며 기기, 걷기, 균형 유지하기, 보호반응과 같은 과제에서도 중요한 역할을 한다[2]. 상지 움직임 장애는 회복 정도에 따라 일상생활 활동의 수행 정도나 삶의 질과 높은 연관성을 갖고 있다[3]. 따라서 상지 손상 이후의 평가가 중요하다[4]. 현재 뇌손상 환자의 상지 움직임 평가에 사용되고 있는 도구들은 Box and Block, Jebson-Taylor 손 기능 평가, 퍼듀 페그보드 평가(Purdue Pegboard Test), WFMT(Wolf Motor Function Test), MAL(Motor Activity Log) 등이 있다. 이러한 평가도구들은 상지 움직임의 포괄적이고 질적인 면을 평가하는 한계점을 갖고 있다[5].

현재 상지 움직임 평가에 사용되고 있는 도구들은 환자의 회복 정도를 파악하기 위해 치료사의 경험을 기반으로 하는 주관적 평가이다[6]. 하지만 이러한 평가도구들은 치료사의 주관에 따라 점수의 편차가 클 수 있고, 환자 개인의 상태에 맞는 객관적인 결과를 제공하지 못하는 문제점이 있다[7]. 또한 평가 점수가 환자의 외부 요인에 의해 영향을 받기 쉽고[8], 측정시간이 많이 소요될 수 있다[3]. 따라서 치료의 진전과정을 파악할 수 있고, 치료 효과를 판단할 수 있는 객관적인 척도가 필요한 실정이다[3].

이러한 평가도구의 문제점에 대한 대안으로 최근 재활 평가에 인공지능 기술을 도입하는 연구들이 시행되고 있다[9]. 4차 산업 혁명이 도래하면서 의료영역에서 인공지능의 도입으로 많은 변화가 발생하고 있다[10]. 의료분야에서 ICT 융합 의료가 증가함에 따라 빅데이터를 활용한 인공지능 기반 사업이 확산되고 있는 추세이다[11]. 인공지능(Artificial intelligence)이란 복합적 목표 내에서 데이터를 수집, 해석, 추론, 처리하는 시스템으로 데이터의 수집과 알고리즘을 통한 의사결정을 기본원리로 하는 기술이다[12]. 인공지능의 도입을 통해 보건의료서비스의 질 향상, 인간에 의한 오류 발생의 감소를 목표로 하며[13], 이를 통해 진단 및 예방의 정확도를 높이고, 의료 서비스의 질적 수준을 높일 수 있을 것으로 예상된다[14].

재활분야에서 인공지능이 도입된 선행연구를 살펴보

면 진단 및 평가, 훈련의 목적으로 인공지능이 사용되고 있다[15]. 척추질환 환자에게 적용된 경우, 질환의 임상적 패턴을 파악하여 진단하고 중재를 적용하는데 인공지능이 사용되었다[16]. 중증 근무력증 환자, 고혈압과 당뇨 등 만성질환 환자의 재활 평가를 위해 인공지능이 사용되었다[16,17]. 노인, 편마비 환자의 자세 균형 재활 훈련에서는 정상 보행 운동을 유지하기 위해 인공지능이 사용되었다[17]. 선행연구들을 통해 재활에서의 진단, 평가, 훈련에서 인공지능이 도입되었음을 확인할 수 있었지만, 상지 움직임 평가에서의 인공지능 도입 및 연구는 미비한 실정이었다.

이와 같이 뇌손상 환자의 상지 움직임을 객관적으로 평가하는 도구의 필요성은 높아지고 있다. 그러므로 현재 적용되고 있는 인공지능에 대한 지식을 습득하여 상지 움직임 평가에 적용할 필요성이 있다. 하지만 현재 상지 움직임 평가에서 인공지능의 도입 및 연구는 미비한 실정이다. 이에 본 연구는 체계적 고찰을 통해 상지 움직임 평가에서 인공지능이 객관적인 척도로 적용된 방법, 목적, 효과에 대해서 분석하여 상지 움직임 평가에서 인공지능의 도입 방향에 대해 제시하였다. 또한 추후 뇌손상 환자의 상지 움직임 평가를 위한 인공지능 개발 연구를 위한 기초자료를 제공하는 것을 목적으로 한다.

2. 연구방법

2.1 문헌검색전략

본 연구는 상지 움직임 평가와 인공지능 융합연구들을 PRISMA(PREFERRED Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analysis) 가이드라인[18]을 이용하여 체계적 문헌 고찰을 진행하였다.

2.1.1 문헌검색 데이터베이스 및 검색어

상지 움직임 평가와 인공지능 융합연구들을 검토하기 위해 2012년 4월부터 2021년 1월까지 Medline, PubMed, Web of Science를 사용하여 문헌을 수집하였다. 검색어는 “Artificial Intelligence” AND “Rehabilitation” AND (“Motion Assessment” OR “Motion Evaluation”) AND “Upper Extremity” AND “Brain Injury”를 사용하여 검색하였다.

2.1.2 논문 선정기준 및 배제기준

2012년부터 2021년까지 약 10년 동안 학술지에 게재되어 전문이 확인 가능한 연구를 선정기준으로 정하였다. 구체적인 선정 및 배제 기준은 다음과 같다.

(1) 선정기준

- 뇌손상 환자의 상지 움직임 평가에서 인공지능이 적용된 연구
- 인공지능의 방법, 목적, 효과에 대한 사실을 구체적으로 제시한 연구

(2) 배제기준

- 원문 확인이 불가능한 연구
- 구체적인 방법과 결과가 제시되지 않은 연구

2.2 문헌선택과정

문헌 수집과 선별은 데이터베이스에서 수집된 문헌에 대해 1차적으로 제목과 초록을 검토하여 선별한다. 2차적으로 원문 검토를 통해 선정기준에 적합한 문헌 8편을 최종적으로 선정하였다. 수집·선별 과정은 Liberati 등이 제시한 문헌 수집, 선별 방법인 PRISMA 흐름도를 통해 진행하였다.

2.3 문헌의 질적 수준 분석

본 연구에서 최종적으로 선정된 문헌의 질적 수준 분석은 RoBINS(Risk Of Bias In Non-randomized Studies of Interventions)을 바탕으로 진행하였다 [19]. 이 도구의 평가 항목은 ‘교란변수’, ‘대상군 선정’, ‘중재 분류’, ‘중재 이탈’, ‘결측치’, ‘중재 결과 측정’, ‘연구 결과 선택’이며 비틀림 위험은 낮음, 중등도, 높음, 매우 높음, 정보 없음으로 평가한다. 두 연구자가 각 문헌에 대한 비틀림 위험도를 독립적으로 평가한 후, 결과가 불일치한 경우 충분한 논의를 거쳐 최종적으로 평가를 완료하였다.

3. 연구결과

3.1 분석대상 논문의 선택 및 특성

본 연구에서 체계적 고찰을 위해 데이터베이스에서 검색한 결과, 380개의 논문 중 중복된 논문 18개를 제외하여 총 362개의 논문이 검색되었다. 1차적 검토를 통해 선별된 175개는 2차적으로 원문 검토를 통해 재선별되었다. 상지 움직임 평가와 인공지능에 대한 연구가

아닌 논문(n=130), 연구결과가 기재되지 않은 논문(n=34), 원문 접근이 불가능한 논문(n=3), 총 167개를 제외하였다. Fig. 1에서 나타난 결과처럼 최종적으로 8개의 문헌이 선정되었다.

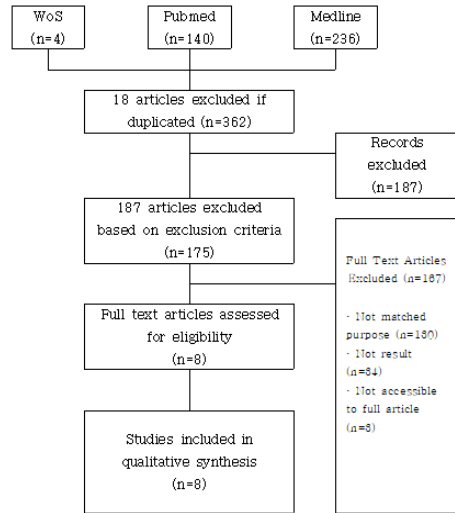


Fig. 1. PRISMA Flow Diagram for Study Selection

3.2 문헌의 질적 수준 분석

8편의 문헌은 교란변수, 대상군 선정, 중재 분류, 중재 이탈, 결측치, 중재 결과 측정, 연구 결과 선택 7개의 항목으로 나누어 평가되었다. 평가 결과는 Table 1에서 확인할 수 있다. 8편의 문헌은 중등도에서 높은 비틀림으로 평가되었다. 8편의 문헌에서 교란변수와 관련된 비틀림은 연구 설계 단계에서 포함기준과 제외기준을 통해 제한하였다. 대상군 선정과 관련된 비틀림에서도 8편의 문헌에서 중재 시작 전에 연구대상자를 선정하였고, 관찰 시작 시점과 중재 시작 시점이 일치하기 때문에 낮은 비틀림으로 평가받았다. 중재와 관련된 비틀림은 1편의 문헌에서 [20] 중재 횟수와 시간 등을 제시해 비틀림을 낮게 평가받았으며, 중재의 분류가 결과의 위험에 의해 영향을 받을 수 있거나 중재군을 정의하는데 사용된 정보가 명확히 서술되지 않은 7편의 문헌은 [21-28]은 중등도에서 매우 높은 비틀림으로 평가되었다. 8편의 문헌에서 중재에서 이탈되는 상황이 발생하지 않았기 때문에 중재 이탈 비틀림은 낮게 평가되었다. 결측치 비틀림은 측정 데이터가 연구 결과 분석과정에서 제외된 2편의 문헌[20, 26]에서 중등도, 높은 비틀림으로 평가되었다. 중재 결과 측정 비틀림에서는 연구자

Table 1. Results of the Quality Assessment of the Selected Studies

Study	Confounding variables	Selection of participants	Classification of intervention	Out of intervention	Missing variables	Measurement of intervention results	Selection of research results
1 Bochniewicz et al. (2017)	Low	Low	Low	Low	Moderate	Moderate	Moderate
8 Eichler et al. (2017)	Low	Low	Moderate	Low	Low	Moderate	Moderate
2 Hamahuchi et al. (2020)	Low	Low	Moderate	Low	Low	Critical	Moderate
4 Kim et al. (2016)	Low	Low	Moderate	Low	Low	Moderate	Moderate
3 Mazarella et al. (2020)	Low	Low	Critical	Low	Low	Moderate	Moderate
5 Olesh, Yakovenko, & Gritsenko, (2014)	Low	Low	Moderate	Low	Critical	Critical	Moderate
7 Otten, Son, & Kim (2014)	Low	Low	Serious	Low	Low	Moderate	Moderate
6 Xiao, & Menon, (2020)	Low	Low	Moderate	Low	Low	Moderate	Moderate

에 대한 눈가림을 실시하지 않아 중등도 이상의 비풀림으로 평가되었으며, 연구 결과 선택의 비풀림에서는 한 가지 증재에 대해서 다수의 측정이 이루어졌지만 연속형 변수를 범주형 변수로 변환한 후 결과값을 비교했으므로 중등도의 비풀림으로 평가되었다.

3.3 연구의 분류

본 연구에서는 Table 2에 PICO(Patient, Intervention, Comparison, Outcome) 형식을 참고하여 상지 움직임 평가에서 인공지능을 적용한 연구를 대상자, 상지 움직임 평가, 데이터 추출 방법 및 추출 데이터, 인공지능의 사용 목적, 종류, 효과 순으로 나열하였다.

3.3.1 상지 움직임 평가 종류 및 대상자

최종 선정된 8명의 논문을 상지 움직임 평가의 종류와 대상자에 따라 분류하였다. 상지 움직임 평가의 분류는 동작의 수행 능력을 기반으로 상지 움직임을 평가한 연구와 재활 분야에서 사용되고 있는 상지 움직임 평가로 분류하였다[4]. 동작의 수행 능력을 기반으로 평가한 연구는 Bochniewicz 등, Hamahuchi 등, Mazarella 등, Xiao와 Menon 4편(50.0%)이었다[20-22, 25]. 재활 분야에서 사용되고 있는 상지 움직임 평가는 Kim 등, Otten, Son과 Kim, Eichler 등의 뇌졸중 기능 회복 평가(Fugl-Meyer Assessment)와 Olesh, Yakovenko,

& Gritsenko의 상지 운동 평가(Action Research Arm Test) 4편(50.0%)이었다[24,26,27]. 선정된 논문들의 대상자는 뇌졸중 이후 상지 손상 환자를 평가한 논문이 7편이었고, 뇌성마비 아동을 대상으로 한 논문은 1편이었다.

3.3.2 데이터 추출 방법 및 추출 데이터

(1) Kinect 깊이 측정 카메라

키넥트를 사용한 논문은 총 4편이었다. 키넥트는 마이크로소프트(Microsoft)사에서 출시된 저비용의 깊이 측정 카메라로, 실시간의 깊이 정보와 관측 추적 정보를 제공한다[29]. 그 중 3편은 뇌졸중 기능 회복 평가를 수행하는 동안 키넥트를 사용해 어깨, 위팔, 손목의 각도, 거리, 높이를 측정하였다[24,26-28]. Olesh, Yakovenko, & Gritsenko(2014)는 키넥트를 사용하여 상지 운동 평가를 수행하는 동안 위팔의 각도와 거리, 선행가속도·각속도를 측정하였다[23].

(2) Vicon 동작 분석 카메라

Vicon 동작 분석 카메라를 사용한 Mazarella 등(2020)의 연구에서는 뇌성마비 아동의 뽀기와 잡기 동작을 3차원 좌표 데이터로 변환하여 움직임 수행 빈도, 속도, 거리를 측정하였다[25].

Table 2. Characteristics of the Research

Study	Participation	Upper Extremity Assessment	Data Extraction	
			Measuring Tool	Extracted Data
Bochniewicz et al. (2017)	· Sample : 20 · Stroke	· Perform a series of ADLs in sequential order 1) Laundry 2) Performing kitchen activity 3) Shopping 4) Making bed	IMU	· Linear acceleration · Angular velocity
Eichler et al. (2017)	· Sample : 24 · Stroke	· FMA	Kinect	· Angle · Distance · Height
Hamahuchi et al. (2020)	· Sample : 24 · Stroke	· Finger flexion and extension for 7seconds	LMC	· Angle · Distance
Kim et al. (2016)	· Sample : 48 · Stroke	· FMA	Kinect	· Angle · Distance · Height
Mazzarella et al. (2020)	· Sample : 14 · Cerebral palsy	· Pre-reaching upper extremity motions and using 3D motion capture · CIMT	Vicon Motion Capture Camera	· Frequency · Speed · Distance
Olesh, Yakovenko, & Gritsenko, (2014)	· Sample : 9 · Stroke	· 10 different arm motion (part of FMA and ARAT)	Kinect	· Angle · Distance · Linear acceleration · Angular velocity
Otten, Son, & Kim (2014)	· Sample : 8 · Stroke	· FMA	Kinect	· Angle · Distance · Height
Xiao, & Menon, (2020)	· Sample : 6 · Stroke	· Drinking task	FSR	· Changes in pressure · Movement

Study	Participation	Upper Extremity Assessment	Artificial Intelligence		
			Purpose	Type	Effect
Bochniewicz et al. (2017)	· Sample : 20 · Stroke	· Perform a series of ADLs in sequential order 1) Laundry 2) Performing kitchen activity 3) Shopping 4) Making bed	· Upper extremity movement classification	Java Machine Learning Random Forest	69.7%
Eichler et al. (2017)	· Sample : 24 · Stroke	· FMA	· Assessment tool score prediction	Random Forest	90.9%
Hamahuchi et al. (2020)	· Sample : 24 · Stroke	· Finger flexion and extension for 7seconds	· Prediction of recovery prognosis	Support Vector Machine (SVM)	87%
Kim et al. (2016)	· Sample : 48 · Stroke	· FMA	· Upper extremity movement classification	Artificial Neural Network (ANN)	70%
Mazzarella et al. (2020)	· Sample : 14 · Cerebral palsy	· Pre-reaching upper extremity motions and using 3D motion capture · CIMT	· Prediction of recovery prognosis	Automatic scoring algorithm	N/A
Olesh, Yakovenko, & Gritsenko, (2014)	· Sample : 9 · Stroke	· 10 different arm motion (part of FMA and ARAT)	· Upper extremity movement classification	Automatic scoring algorithm	86.8%
Otten, Son, & Kim (2014)	· Sample : 8 · Stroke	· FMA	· Assessment tool score prediction	Support Vector Machine (SVM)	86.1%
Xiao, & Menon, (2020)	· Sample : 6 · Stroke	· Drinking task	· Upper extremity movement classification	Extreme learning machine	82.33%

(3) 관성측정장치(Inertial Measurement Unit, IMU)
 관성측정장치는 가속도계와 각속도계, 지자기계를 측정하는 센서로 구성된다[29]. Bochniewicz 등(2017)의 연구에서는 관성 측정 장치를 사용해 팔레, 주방 활동, 장보기, 침대 정리하기 등의 일상생활활동을 수행하는 동안 위팔과 아래팔의 선형가속도·각속도를 측정하였다[20].

(4) Leap Motion 컨트롤러(Leap Motion Controller, LMC)
 LMC는 적외선 LED를 사용해 손가락이나 손의 움직임을 인식한다[3]. Hamaguchi 등(2020)의 연구에서는 LMC 위에서 대상자가 손을 굽혔다 펴는 동작을 반복해 손가락 사이의 각도와 거리를 측정하였다[22].

(5) 압력 측정 센서(Force Sensor Resistor, FSR)
 FSR은 근육의 힘 압력 분포를 측정한다[31]. Xiao와 Menon(2014)는 FSR을 이용하여 뇌졸중 환자가 물을 마시는 동작을 수행하는 동안 사용되는 상지 근육의 압력과 움직임의 변화를 측정하였다[21].

3.3.3 인공지능의 사용 목적 및 효과

최종 선정된 8편의 논문에서 사용한 인공지능 종류에 따라 분류하였다. Table 3에서는 인공지능의 효과를 사용된 인공지능의 목적인 상지 움직임의 분류, 회복 예측, 평가도구 점수 예측 3가지로 나누어서 분류하였다.

(1) 상지 움직임 분류

상지 움직임 분류는 추출된 데이터를 인공지능에 도입했을 때, 인공지능이 상지 움직임을 얼마나 정확하게 분류하는지 나타내었다[20,21,23,24]. Bochniewicz 등(2017)과 Xiao와 Menon(2020)은 일상생활활동 수행 동안의 기능적·비기능적 움직임의 분류 퍼센트를 통해 효과를 나타내었다. Olesh, Yakovenko, & Gritsenko(2014)와 Kim 등(2017)에서 사용한 인공지능의 효과는 실제 FMA 항목과 인공지능이 분류한 움직임의 일치도를 이용해 측정하였다.

(2) 회복 예측

회복 예측을 예측한 연구에서는 평가 점수를 바탕으로 뇌성마비와 뇌졸중 환자의 회복 예측을 예측했다[22,25]. Mazzarella 등(2020)의 연구에서는 뇌성마비 아동의 회복 예측, Hamaguchi 등(2020)의 연구에서는 뇌졸중 환자의 회복 예측을 나타내었다. 하지만 Mazzarella 등(2020)의 연구에서는 정확한 수치가 제시되어 있지 않았다.

(3) 평가도구 점수 예측

평가도구 점수를 예측한 인공지능의 효과는 치료사가 측정한 점수와 인공지능을 사용해 측정된 점수의 상관관계를 분석하였다[26-27]. Otten, Son과 Kim(2014), Eichler 등(2017)은 FMA 점수의 예측도를 측정하기 위해 치료사가 측정된 FMA 점수와 인공지능을 사용한 FMA 점수를 비교하였다.

Table 3. Type and Purpose of Artificial Intelligence

Purpose	Type	Effect
Prediction of upper extremity movement classification	ANN	70%
	Automatic scoring algorithm	86.8%
	Java Machine learning random forest	69.7%
	Extreme Learning Machine	82.33%
Prediction of recovery	Automatic scoring algorithm	X
	Support Vector Machine	87%
Assessment tool score prediction	Support Vector Machine	86.1%
	Random Forest	90.9%

4. 고찰

본 연구에서는 뇌손상 환자의 상지 움직임 평가에서 인공지능이 객관적인 척도로 적용된 방법, 목적, 효과에 대해 알아보고자 체계적 고찰을 실시하였다. 분석한 논문은 총 8편으로 문헌의 질을 분석한 결과 중등도에서 높은 수준의 비풀림을 나타내었다. 문헌의 질 분석 결과 문헌의 질은 우수하지 못하였는데, 연구의 타당도를 높이기 위해서는 추후 뇌손상 환자의 상지 움직임 평가와 인공지능 융합 연구의 설계를 무작위 대조군 연구로 설정하는 노력이 필요하다.

뇌손상 환자의 특성을 살펴보았을 때 뇌졸중 환자 7편, 뇌성마비 환자 1편으로 뇌졸중 환자의 상지 움직임 평가에 치중된 결과를 나타내었다. 뇌손상 환자는 손상의 정도와 신체 부위별 장애의 증상이 다르게 나타나는 질환으로 단계별 평가 및 중재가 중요하다[32]. 따라서 다양한 뇌손상 환자와 질환의 단계별로 시행되는 평가를 분류하여 나타낼 필요성이 있다.

본 연구에서 사용된 뇌손상 환자의 상지 움직임 평가의 종류를 살펴보면 일상생활활동을 수행할 때의 상지 움직임 수행 능력과 임상에서 사용되고 있는 상지 움직임 평가를 사용하였다. 재활 단계에서 뇌손상 환자의 평가를 진행할 때 상지의 기능적인 회복에 더 많은 초점을 두는 이유는 상지의 기능적 회복이 일상생활활동 수행 능력과 유의한 상관관계를 나타내기 때문이다[33]. 이는 상지 움직임이 일상생활활동의 수행 정도에 높은 연관성을 지니고 있음을 나타낸 결과라고 사료된다. 하지만 본 연구에 포함된 상지 움직임 평가는 상지의 기능 회복이나 운동 평가만이 사용됨과 뇌손상 환자의 일상생활활동의 중요성[3, 33]을 고려할 때, 추후 연구에서는 재활 분야에서 사용되고 있는 상지의 기능 평가 뿐 아니라 기능적 독립 평가 (Functional Independence Measure, FIM), 일상생활활동 측정도구(Modified Bathel Index, MBI)등과 같은 일상생활활동 평가도구와 인공지능을 융합한 연구가 필요함을 알 수 있다[31].

뇌손상 환자의 상지 움직임 평가와 인공지능을 융합하기 위해 다양한 도구들을 사용하여 데이터를 측정하였다. 현재 상지 움직임 평가는 치료사의 주관에 기반으로 하는 주관적 평가이기 때문에 점수의 편차가 클 수 있고, 환자 개인의 상태에 맞는 객관적인 결과를 제공하지 못한다[6]. 이에 따라 정량적인 결과를 측정할 수 있는 도구들을 사용하여 상지 움직임 평가에서 측정되는 각도, 거리, 속도 데이터를 추출하였다. 이는 관찰을 통한 측정에서 발생할 수 있는 한계를 다양한 정량화 도구를 사용해 극복할 수 있음을 시사한다. 또한 정량화 도구를 사용하여 측정된 점수와 실제 치료사가 측정된 점수의 상관관계가 높은 것으로 보아 다양한 정량화 도구들을 사용하면 보다 정확한 평가를 환자에게 제공할 수 있음을 알 수 있었다.

인공지능은 데이터를 수집, 해석, 추론, 처리하는 시스템으로 목적에 맞는 알고리즘을 사용한다[12]. 이에 따라 8편의 논문에서도 목적에 맞는 인공지능을 선정하

여 사용하였다. 사용된 인공지능의 목적으로는 상지 움직임 분류 예측, 회복 예측, 평가도구 점수 예측이었다. 이는 선행연구에서 제시했던 인공지능의 목적인 진단, 평가, 훈련과 유사한 결과였다[16-18]. 상지 움직임의 평가 목적은 환자의 현재 상지 기능을 파악하거나, 중재의 효과를 검증하기 위해 사용되기 때문에 추후 상지 움직임 평가와 인공지능의 활발한 융합을 위해서 평가의 목적과 인공지능의 목적 모두 고려되어야 할 것으로 사료된다.

인공지능의 성능 및 효과를 검증하기 위해서는 일반적으로 인공지능 모델을 통해 결과를 예측할 수 있는 정도를 평가한다[34]. 8편의 문헌에서도 인공지능의 효과를 검증하기 위해 분류한 움직임의 일치도, 치료사가 측정한 점수와 인공지능을 사용해 측정된 점수의 상관관계를 분석하였다. 인공지능을 통해 움직임을 분류하거나 평가도구 점수를 예측하는 경우 환자의 증상별로 다량의 데이터가 필요하다[35]. 하지만 8편의 논문에 포함된 대상자 수는 Kim 등(2016)의 연구를 제외하고 모두 30명 미만이었으며, 뇌졸중 환자의 증상별로 나누어 분석하지 않았다. 또한인공지능을 통해 분류한 움직임의 예측 정도를 제시하지 않는 논문도 있었다[25]. 이는 추후 연구에서는 데이터의 양과 환자의 증상을 고려하고, 인공지능의 효과 검증을 위한 예측도 평가가 실시되어야 함을 시사한다.

본 연구에는 제한점이 있다. 첫 번째, 본 연구에 포함된 문헌에서는 뇌손상, 뇌성마비 환자의 상지 움직임 평가만을 포함하였다. 이는 추후 다양한 상지 움직임 손상 환자를 포함한 연구가 필요함을 시사한다. 그럼에도 본 연구는 체계적 고찰을 활용하여 상지 움직임 평가의 객관적 척도로써 인공지능이 적용되고 있는 방향성을 파악해보았다는 점에서 의의가 있다. 이러한 연구 결과를 통해 상지 움직임 평가에서 인공지능이 도입되는 방향을 설정하는데 도움이 될 것으로 기대된다.

5. 결론

본 연구는 뇌손상 환자의 상지 움직임 평가의 객관적 척도로써 인공지능이 적용되는 방향성을 파악하기 위해 체계적 고찰을 실시하였다. 본 연구 결과, 뇌손상 환자의 상지 움직임 평가를 치료사의 주관이 아닌 다양한 도구를 사용하여 측정하였으며, 측정된 데이터를 정량적으로 나타냈다. 인공지능은 상지 움직임 분류, 회복

예후 예측, 평가도구 점수 예측 목적을 고려하여 사용되었다. 환자 개인의 상태에 맞는 객관적인 결과를 제공하는 것은 뇌손상 환자의 상지 움직임 평가를 정확히 하기 위해 중요하다. 인공지능을 통해 상지 움직임 평가를 정량화하는 다양한 연구가 진행되고 있고, 본 연구를 통해 뇌손상 환자의 상지 움직임 평가에서 인공지능 기술을 도입하여 중재 효과와 환자의 회복 정도를 객관적으로 파악하는데 도움이 될 것으로 기대한다.

REFERENCES

- [1] H. J. Lim, Y. J. Kang, J. E. Oh & J. Ku. (2017). Development of a mobile game and wearable device for upper limb rehabilitation after brain injury. *Journal of rehabilitation welfare engineering & assistive technology*, 11(3), 253-259.
DOI : 10.21288/resko.2017.11.3.253
- [2] H. J. Jeong & M. Y. Gang. (2020). The Effect of Physical Focused Approach Combined with Modified Constraint-Induced Movement Therapy on Upper Limb Movement, Finger Strength and Upper Limb Function of Hemiplegic Patients. *Journal of Korean Society for Neurotherapy*, 24(3), 49-55.
DOI : 10.17817/2020.10.08.111585
- [3] W. H. Gu, J. Y. Kim, Y. R. Cha & B. K. Jung. (2017). The Upper Extremity Rehabilitation Exercise Device "Easy-Flex" for People with Stroke : A Usability Test and Its Results. *Journal of Integrated Design Research*, 16(3), 71-80.
DOI : 10.21195/jidr.2017.16.3.006
- [4] E. J. Kim & S. Y. Park. (2008). Correlations Among the 10-Second Test, Box and Block Test, and Fugl-Meyer Motor Function Assessment for Hand Dexterity Evaluation in Stroke Patients. *The Journal of Korean Society of Occupational Therapy*, 16(3), 49-60.
- [5] J. Y. Kim, A. J. Lim, S. R. Kim, Y. H. Han, S. H. Han, Y. K. Park & K. Y. Kam (2010). Independency of ADL According to the Ability of Affected Upper Extremity of Hemiplegic Stroke Patients : the Correlation Between the MAL and the MBI. *The Journal of Occupational Therapy for the Aged and Dementia*, 4(2), 11-18.
- [6] P. Mu, M. Dai & X. Ma. (2021, March). Application of Artificial Intelligence in Rehabilitation Assessment. In *Journal of Physics: Conference Series*, 1802(3), p. 032057.
DOI : 10.1088/1742-6596/1802/3/032057
- [7] R. A. Cooper, B. E. Dicianno, B. Brewer, E. LoPresti, D. Ding, R. Simpson ... & H. Wang. (2008). A perspective on intelligent devices and environments in medical rehabilitation. *Medical Engineering & Physics*, 30(10), 1387-1398.
DOI : 10.1016/j.medengphy.2008.09.003
- [8] M. A.Vélez-Guerrero, M. Callejas-Cuervo & S. Mazzoleni. (2021). Artificial Intelligence-Based Wearable Robotic Exoskeletons for Upper Limb Rehabilitation: A Review. *Sensors*, 21(6).
DOI : 10.3390/s21062146
- [9] D. Novak & R. Riener. (2015). Control strategies and artificial intelligence in rehabilitation robotics. *Ai Magazine*, 36(4), 23-33.
DOI : 10.1609/aimag.v36i4.2614
- [10] M. R. Kim & S. Y. Kim. (2019). Comparative Study on the Perception of Artificial Intelligence Telemedicine in the Fourth Industrial Age Between Nursing Students, Nurses and General Public. *Journal of Digital Contents Society*, 20(7), 1461-1471.
DOI : 10.9728/dcs.2019.20.7.1461
- [11] H. T. Yang. (2020). Artificial Intelligence and Blockchain Convergence Trend and Policy Improvement Plan. *Informatization Policy*, 27(2), 3-19.
DOI : 10.22693/NIAIP.2020.27.2.003
- [12] J. S. Kim. (2021). Review on the Legal System for Securing Safety and Responsibility of Using Artificial Intelligence - Focused on the EU AI safety and responsibility legislative discussion -. *Administrative law journal*, (64), 157-181.
DOI : 10.35979/ALJ.2021.03.64.157
- [13] J. M. Kim. (2017). Study on Intention and Attitude of Using Artificial Intelligence Technology in Healthcare. *Journal of Convergence for Information Technology*, 7(4), 53-60.
DOI : 10.22156/CS4SMB.2017.7.4.053
- [14] P. Amorim, J. R. Paulo, P. A. Silva, P. Peixoto, M. Castelo-Branco & H. Martins. (2021). Machine Learning Applied to Low Back Pain Rehabilitation -A Systematic Review. *International Journal of Digital Health*, 1(1).
DOI : 10.29337/ijdh.34
- [15] S. D. Tagliaferri, M. Angelova, X. Zhao, P. J. Owen, C. T. Miller, T. Wilkin & D. L. Belavy. (2020). Artificial intelligence to improve back pain outcomes and lessons learnt from clinical classification approaches: three systematic reviews. *NPJ digital medicine*, 3(1), 1-16.

- DOI : 10.1038/s41746-020-0303-x
- [15] Y. Zhang, H. Yu, R. Dong, X. Ji & F. Li. (2021). Application Prospect of Artificial Intelligence in Rehabilitation and Management of Myasthenia Gravis. *BioMed Research International*, 2021, 1-6. DOI : 10.1155/2021/5592472
- [16] M. V. McConnell, A. Shcherbina, A. Pavlovic, J. R. Homburger, R. L. Goldfeder, D. Waggot ... & E. A. Ashley. (2017). Feasibility of obtaining measures of lifestyle from a smartphone app: the MyHeart Counts Cardiovascular Health Study. *JAMA cardiology*, 2(1), 67-76. DOI : 10.1001/jamacardio.2016.4395
- [17] D. H. Koo, S. D. Eun, H. S. Kim, & H. J. Park. (2017). Can Symmetric Gait Rehabilitation Change Lower Extremity Muscle Activation Pattern of Hemiplegia?. *The HCI Society of Korea*, 718-720.
- [18] D. Moher, A. Liberati, J. Tetzlaff & D. G. Altman. (2009). Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: The PRISMA statement. *Journal of Clinical Epidemiology*, 62(10), 1006-1012. DOI : 10.1371/journal.pmed.1000097
- [19] S. Y. Kim, J. E. Park, H. J. Lee, B. H. Jang, H. J. Son, H. S. Suh & C. M. Shin. (2011). NECA's Guidance for Undertaking Systematic Reviews and Meta-analysis for Intervention. *National Evidence-based Healthcare Collaborating Agency*, 1-287.
- [20] E. M. Bochniewicz, G. Emmer, A. McLeod, J. Barth, A. W. Dromerick & P. Lum. (2017). Measuring Functional Arm Movement after Stroke Using a Single Wrist-Worn Sensor and Machine Learning. *J Stroke Cerebrovasc Dis*, 26(12), 2880-2887. DOI : 10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2017.07.004
- [21] Z. G. Xiao & C. Menon. (2014). Towards the development of a wearable feedback system for monitoring the activities of the upper-extremities. *Journal of neuroengineering and rehabilitation*, 11(1), 2. DOI : 10.1186/1743-0003-11-2
- [22] T. Hamaguchi, T. Saito, M. Suzuki, T. Ishioka, Y. Tomisawa, N. Nakaya & M. Abo. (2020). Support Vector Machine-Based Classifier for the Assessment of Finger Movement of Stroke Patients Undergoing Rehabilitation. *Journal of Medical and Biological Engineering*, 40(1), 91-100. DOI : 10.1007/s40846-019-00491-w
- [23] E. V. Olesh, S. Yakovenko & V. Gritsenko. (2014). Automated assessment of upper extremity movement impairment due to stroke. *PLoS one*, 9(8), e104487. DOI : 10.1371/journal.pone.0104487
- [24] W. S. Kim, S. Cho, D. Baek, H. Bang, & N. J. Paik. (2016). Upper Extremity Functional Evaluation by Fugl-Meyer Assessment Scoring Using Depth-Sensing Camera in Hemiplegic Stroke Patients. *PLoS one*, 11(7), e0158640. DOI : 10.1371/journal.pone.0158640
- [25] J. Mazarella, M. McNally, D. Richie, A. M. W. Chaudhari, J. A. Buford, X. Pan & J. C. Heathcock. (2020). 3D Motion Capture May Detect Spatiotemporal Changes in Pre-Reaching Upper Extremity Movements with and without a Real-Time Constraint Condition in Infants with Perinatal Stroke and Cerebral Palsy: A Longitudinal Case Series. *Sensors*, 20(24), 7312. DOI : 10.3390/s20247312
- [26] P. Otten, S. H. Son & J. Kim. (2014, November). Automating stroke patient evaluation using sensor data and SVM. In *2014 IEEE 7th International Conference on Service-Oriented Computing and Applications* (pp. 223-229). IEEE. DOI : 10.1109/SOCA.2014.29
- [27] N. Eichler, H. Hel-Or, I. Shimshoni, D. Itah, B. Gross, & S. Raz. (2018). 3D motion capture system for assessing patient motion during Fugl-Meyer stroke rehabilitation testing. *IET Computer Vision*, 12(7), 963-975. DOI : 10.1049/iet-cvi.2018.5274
- [28] S. Y. Cho, H. R. Byun, H. K. Lee & J. H. Cha. (2012). Hand Gesture Recognition from Kinect Sensor Data. *The Korean Society Of Broad Engineers*, 17(3), 447-458. DOI : 10.5909/JBE.2012.17.3.447
- [29] H. S. Lee & H. Y. Park. (2020). Systematic Review on the Type and Method of Convergence Study of Inertial Measurement Unit. *Journal of the Korea Convergence Society*, 11(3), 119-126. DOI : 10.15207/JKCS.2020.11.3.119
- [30] H. J. Kwon, K. M. Lee, K. Y. Ko, D. S. Lee, G. T. Park, Y. C. Kim, T. B. Ryu & H. H. Gyung (2015). Sphero Control Method Based on Hand Movement Using Leap Motion. *The Korean Institute of Information Scientists and Engineers*, 1934-1936.
- [31] S. S. Park., S. K. Kim, D. H. Yoo & H. Kim. (2021). The effects of telerehabilitation based occupational therapy on executive function, activities of daily living, and occupation performance of people with stroke. *Therapeutic*

Science for Rehabilitation, 10(1), 115-127.
DOI : 10.22683/tsnr.2021.10.1.115

- [32] K. M. Moon & H. S. Lee. (2020). The Influence of Social Support of Brain Injury Patients on Exercise Behavior and Health Promotion Behavior. *Korean Society Adapted Physical activity and Exercise*, 58(4), 299-319.
- [33] M. H. Yong & D. J. Kim. (2014). Analysis of Correlation among Upper Extremity Function and Activities of Daily Living With Stroke Patients: Focused on FMA, MFT and K-MBI. *The Journal of Korean Aging Health Friendly Policy Association*, 6(1), 35-41.
- [34] H. W. Jeong. (2021). Artificial Intelligence Algorithm Based Digital Circuit Performance Prediction. *Journal of Next-generation Convergence Technology Association*, 5(3), 366-373.
DOI : 10.33097/JNCTA.2021.05.03.366
- [35] R. Julianjatsono, R. Ferdiana & R. Hartanto. (2017, July). High-resolution automated Fugl-Meyer Assessment using sensor data and regression model. In *2017 3rd International Conference on Science and Technology-Computer (ICST)* (pp. 28-32). IEEE
DOI : 10.1109/ICSTC.2017.8011847

박 선 하(Sun Ha Park)

[학생회원]



- 2021년 2월 : 연세대학교 작업치료학과 졸업(작업치료학사)
- 2021년 3월 ~ 현재 : 연세대학교 작업치료학(석사 과정)
- 관심분야 : 노인작업치료, 치매작업치료
- E-Mail : sunha208@gmail.com

박 혜 연(Hae Yean Park)

[정회원]



- 2009년 2월 : 연세대학교 작업치료학과 졸업(작업치료석사)
- 2011년 8월 : 연세대학교 작업치료학과 졸업(작업치료박사)
- 2015년 3월 ~ 2020년 2월 : 연세대학교 보건과학대학 작업치료학과 조교수
- 2020년 3월 ~ 현재 : 연세대학교 소프트웨어디지털헬스케어융합대학 작업치료학과 부교수
- 관심분야 : 아동작업치료, 노인작업치료, 지역사회작업치료, 라이프스타일, 메타분석
- E-Mail : haepark@yonsei.ac.kr