

CNN 알고리즘 기반의 인공지능 융합 운동 프로그램이 고유수용성감각과 균형능력에 미치는 영향

안영상¹ · 윤삼원^{2*}

¹주식회사 펀리헵 대표이사, ^{2*}부산가톨릭대학교 물리치료학과 교수

Effect of CNN Algorithm with Artificial Intelligence-Integrated Exercise Program on Proprioception and Balance Ability

Yeongsang An, PT, MS¹ · Samwon Yoon, PT, Ph.D^{2*}

¹Funrehab Co., Ltd., President

^{2*}Dept. of Physical Therapy, Catholic University of Pusan, Professor

Abstract

Purpose : This study aims to develop a game-based exercise content that integrates a convolutional neural network (CNN) algorithm with artificial intelligence (AI), and evaluate its performance.

Methods : Thirty healthy adults were assigned to either the experimental group (AI convergence exercise; EG) or the control group (CG). The AI convergence exercise, based on the CNN algorithm, not only analyzes the movements of a user in real time, but also enables immediate integration with the game program. The participants are tasked with controlling an avatar, whose movements are instantly synchronized with their own, to perform activities such as evading by moving their entire body in all directions (forward, backward, left, and right). The outcome of the intervention was assessed using proprioceptive sensory measure and the limits of stability in left, right, forward, backward, and total directions.

Results : The results showed significant improvements on the proprioceptive sensory measure and the limits of stability in the left, right, forward, backward, and total directions in the EG post-intervention. Specifically, there were notable changes in the limit of stability in all directions. In the CG, no significant change was observed in proprioceptive sensory of dorsi, plantar, and knee flexions; however, significant changes were observed in limits of stability in the left, right, forward, backward, and total directions. There was no significant difference between the groups in proprioceptive sensory measures; however, significant differences were observed between the groups in limits of stability in the left, right, forward, backward, and total directions.

Conclusion : This study demonstrates that AI convergence exercise positively affects the proprioceptive sensory and balance ability of healthy adults. These results suggest that the AI convergence exercise is beneficial for balance and proprioceptive sensory improvements.

Key Words : AI convergence exercise, artificial intelligence, convolutional neural-networks, limit of stability, proprioceptive sensory

*교신저자 : 윤삼원, idmap33@cup.ac.kr

※ 본 연구는 2024년도 부산가톨릭대학교 교내연구비에 의하여 연구되었음.

제출일 : 2024년 11월 20일 | 수정일 : 2025년 1월 4일 | 게재승인일 : 2025년 1월 10일

I. 서론

1. 연구의 배경 및 필요성

코로나 바이러스를 거쳐 과학·기술과 정보통신의 급격한 발전은 사회의 디지털화를 가속화시켰으며, 인공지능의 발달을 상당히 앞당긴 것으로 보고되고 있다(Aydm 등, 2023). 인공지능은 약 1950년대에 개념이 처음 등장하였지만 현재 빅데이터, 클라우드, 머신러닝, 딥러닝 기술이 자리잡을 정도로 인공지능의 발전은 이전과 비교할 수 없을 정도로 되어버렸다(Yun 등, 2020). 국가와 세계에서는 앞다투어 인공지능에 투자하고 있으며 그에 따라 기업과 산업 그리고 의학계에서도 인공지능으로의 산업 전환을 적극적으로 추진하고 있다. 이전에는 물리치료는 인공지능과 관련이 적다고 여겨졌으며 실제로 물리치료와 인공지능을 융합한 시도는 매우 적은편이었지만 환자와 의학계의 요구에 힘입어 인공지능을 융합한 물리치료 연구가 조금씩 증가하는 추세이다(Choi & Jang, 2021). 이러한 연구들은 딥러닝 AI 기반 물리치료를 제공했을 시 심호흡계 기능, 균형, 보행 및 일상생활 동작에 유의한 개선이 나타날 수 있다고 하였다(An 등, 2024; Kim 등, 2023).

기존의 전통적인 물리치료들은 치료사에게 신체적으로 부담이 있을 수 있고, 직접적인 만남이 이루어져야 하는 단점이 있다(Bac 등, 2012). 이러한 단점은 COVID-19 팬데믹 시기에 더욱 두드러졌다. 1~2일이라도 물리치료를 받지 않으면 안 되는 신경계 관련 장애인들에게 COVID-19 팬데믹은 적으면 1년, 많으면 3년 동안이나 물리치료와 운동치료를 받기 어렵게 하였다(Yoo, 2024). 기존 물리치료의 단점을 개선하려는 노력은 언제라도 닦칠 수 있는 예상치 못한 상황에서도 환자의 재활을 위해서 필요하다고 여겨진다. 장기간의 팬데믹으로 인해 비대면의료에 대한 관심이 높아졌고 최근 인공지능(artificial intelligence; AI)과 의료를 융합하려는 시도도 함께 높아졌다. 기존의 원격치료는 환자가 프로그램 매뉴얼이나 사전에 교육받은 후 오직 스스로 수행해야 해서 전문적인 피드백을 받기가 어렵다는 단점이 있었는데 전문지식 기반의 인공지능을 융합한다면 프로그램을 수행하면서 질적인 피드백을 실시간으로 제공받을 수

있다.

인공지능의 수준을 향상시키기 위해 합성곱 신경망(convolutional neural network; CNN) 알고리즘이 개발되었다. CNN은 이미지 분석 분야에서 탁월한 성능을 발휘하며, 특히 사람의 동작 인식 및 분류에 효과적으로 활용되고 있다(Ghotbi 등, 2009; Tobon 등, 2022). CNN은 다층 구조를 통해 입력된 이미지를 처리하고 각 층에서 특징을 추출함으로써 신체 제스처와 움직임을 효율적으로 분석할 수 있다. 이러한 특성 덕분에 CNN은 헬스케어 모니터링 시스템과 같은 보조 인터페이스에 적용되고 있다(Gong & Shu, 2020; Patel 등, 2021). CNN 기술을 게임 콘텐츠와의 연동을 통해 게임 형식의 운동치료를 제공할 수 있다. 환자의 실제 동작을 실시간으로 인식함으로써, 게임 내 캐릭터의 움직임이나 행동을 동적으로 제어할 수 있기 때문에 환자와 게임 운동치료 간의 상호작용을 혁신적으로 향상시킬 수 있다. 이러한 CNN 기능을 균형개선, 고유수용성감각 개선, 근력 증가, 근지구력 증가 등의 목적으로 적용되는 물리치료나 운동치료와 융합하였을 때 사용자의 상호작용을 더욱 이끌어냄으로써 치료의 효과를 더욱 극대화할 수도 있다. 하지만 CNN 알고리즘 기반의 인공지능을 운동 프로그램과 융합하는 시도는 아직까지 매우 적은 실정이다. 그래서 본 연구자는 CNN 알고리즘 인공지능이 융합된 게임 형식의 운동 콘텐츠를 개발하여 성능평가를 하고자 한다.

II. 연구방법

1. 연구 대상

본 연구는 최근 8개월간에 신경계 및 근육뼈대계 손상이 없는 건강한 성인 중 본 연구의 목적과 필요성에 대하여 설명을 듣고 동의하여 자발적으로 참여한 대상자로 선정하였다. 8명의 대상자에게 실시한 예비실험 결과를 바탕으로 G*Power(3.1.9.6 Düsseldorf University, Germany) 프로그램을 계산하였고, 유의수준, 검정력 그리고 효과 크기를 각각 0.5, 0.8 그리고 0.6으로 분석한 결과 27명으로 산정되었다. 탈락률은 10 %로 고려하여 총 30명의 대상자를 모집하였다. 연구대상의 선정기준은

1) 최근 8개월 이내에 근육뼈대계 손상이 없는 자, 2) 최근 8개월 이내에 신경학적 손상이 없는 자, 3) 연구 종료까지 자발적으로 참여할 수 있는 자이다. 제외기준은 1) 실험 중 어지러움 및 피로에 의해 실험 진행이 불가하다고 판단되는 자, 2) 실험에서 탈퇴를 요구하는 자이다. 모든 연구는 헬싱키 선언(declaration of Helsinki)의 지침에 따라 수행되었고 모든 대상자에게 연구 수행 사전 동의서를 받았다.

2. 실험절차

본 연구는 사전-사후 통제 연구로서 AI 융합 운동(AI convergence exercise; ACE)프로그램 효과를 비교하기 위한 고유수용성감각 검사와 안정성 한계 검사를 사전에 측정하였다. 실험과 측정은 연구 결과에 영향을 미치지 않도록 독립되어 있고 주위에 소음이 없는 실험실에서 진행하였다. 사전 측정을 완료한 대상자들은 무작위 번호 생성기(random number generator)를 이용하여 무작위로 실험군과 대조군으로 배정되었다.

3. 측정방법

1) 고유수용성감각 측정

고유수용성 감각의 측정은 각도기(BD-DR200, BLUETEC, Korea)를 이용하여 무릎관절의 무릎굽힘, 발목관절의 발바닥굽힘과 발등굽힘의 위치각도를 측정하였다. 관절의 위치각도는 시각적 자극을 차단한 상태에서 관절각도의 재위치에 대한 능동적 재현과 그에 따른 오차에 의해 평가될 수 있다(Lee, 2015). 대상자의 시각적 자극을 차단하기 위해 눈을 가린 후 앉은 자세에서 각도계를 사용하여 발등굽힘은 15° , 발바닥굽힘은 30° , 무릎굽힘은 45° 각도에서 10초간 유지 시켜 관절 위치를 기억하도록 하였다(Han & Lee, 2018; Park & Lee, 2018). 재위치 재현에 앞서 15초간 관절을 이완시킨 후 기억한 각도로 위치하도록 하여 그 각도를 측정하였다. 검사 측 다리는 우세발로 선택하였고 검사는 총 3회 실시하여 나온 각도의 평균값을 고유수용성감각 데이터로 추출하였다(Yun 등, 2008).

2) 균형 측정

대상자의 균형 능력을 측정하기 위해 Biorescue(RM Ingenierie, France)를 사용하였다(Fig 1). 본 장비는 정적 균형과 왼쪽, 오른쪽, 앞쪽, 뒤쪽 안정성 한계 및 동적 균형을 측정할 수 있다. 1,600개의 센서가 내부장착된 감압 플랫폼으로 구성되어 있으며 측정할 수 있는 범위는 $1\sim 100\text{ N/cm}^2$ 이다. 안정성 한계란 사람이라면 누구나 가지고 있는 지지면 내에서 평형을 최대도 유지할 수 있는 한계지점까지의 범위를 말한다(Kisner 등, 2017). 안정성 한계 평가는 Biorescue 모니터를 마주보고 있는 선 상태에서 모니터가 지시하는 방향인 왼쪽, 오른쪽, 앞쪽, 뒤쪽, 경사 방향으로 무게중심을 최대도 이동하도록 하였고, 이때의 안정성 한계 데이터를 추출하는 방식이다. 이때 최대도 이동할 시에 발바닥이 플랫폼에 모두 접촉되도록 하였다. 이 도구의 검사-재검사 급내 상관관계수 ICC는 0.84로 높은 신뢰도를 가지고 있다(Song & Park, 2016).



Fig 1. Biorescue (RM Ingenierie, France)

4. 중재 방법

사전 측정을 받은 대상자들 중 실험군에게는 ACE 프로그램을 실시하였다. ACE 프로그램은 게임형식의 훈련 프로그램으로 되어있으며 30분간 주 3회, 총 3주간 실시하였다. ACE 프로그램 소프트웨어는 일반 노트북에 탑재하였으며 60인치 모니터에 미러링을 하였다. 모니터의 높이는 환자의 눈높이를 고려하여 모니터의 상단이 환자의 눈높이에 위치하도록 높낮이 조절 스탠드를 이용

해 모니터 높이를 통제하였다. 사용자의 동작 분석에 관련 데이터 수집을 위한 화상카메라(C922 Pro Stream Webcam, Logitech, Switzerland)를 모니터에 가깝게 설치하였다. CNN 알고리즘 기반의 ACE 프로그램은 실시간으로 사용자의 동작을 분석할 뿐만 아니라 이를 게임프로그램에 즉시 연동이 가능하다. 이러한 기술이 탑재되었기 때문에 게임의 아바타를 대상자의 직접적인 동작으로 조정이 가능하다.

ACE 프로그램은 CNN 알고리즘을 적용하였다. CNN은 합성곱 신경망을 의미하며 인공지능의 다양한 기술 중 이미지 분석 분야에서 탁월한 성능을 발휘하며, 특히 사람의 동작 인식 및 분류에 효과적으로 활용되고 있다. CNN 알고리즘 기반의 ACE 프로그램을 통해 사용자들의 실제 동작을 실시간으로 인식함으로써, 게임 내 아바타의 움직임이나 행동을 동적으로 제어할 수 있다. 그래서 본 연구에서는 ACE 프로그램을 적용 시 대상자의 동작이 즉시 연동되는 아바타를 조정하여 몸을 위, 아래, 왼쪽, 오른쪽 모든 방향으로 전신을 움직임으로써 피하는 등의 미션을 수행하도록 하였다(Fig 2). 훈련 상황에서 발생할 수 있는 예기치 못한 낙상 상황을 대처하기 위하여 검사자가 항상 대상자의 뒤에서 낙상을 대비하였다. 대상자의 피로감을 예방하기 위해 중간에 2분간 휴식을 부여하였다.



Fig 2. AI convergence exercise (ACE) program

5. 자료분석

본 연구에 참여한 대상자의 일반적 특성과 동적 균형 측정 장비를 통해 추출된 데이터는 SPSS 29.0 for window program(IBM, USA, 2023)를 사용하여 평균과 표준편차를 산출하였다. 두 집단에 대한 동질성 검정은 카이제곱검정(Chi-square test)과 독립표본 t 검정(independent t-test), 정규성 검정은 Shapiro-Wilks test를 이용하여 실시하였다. 고유수용성감각과 균형 데이터의 전후비교를 위해 대응표본 t 검정(paired t-test)을 실시하였고, 집단 간 사전·사후 차이값을 비교하기 위해 독립표본 t 검정을 실시하였다. 이때의 유의수준은 $\alpha = .05$ 로 하였다.

III. 결과

1. 연구대상자의 일반적인 특성

본 연구에 참가한 대상자의 일반적 특성은 다음과 같다(Table 1). 실험에 참여한 대상자 30명 중 탈락자가 없었으므로 실험군 15명, 대조군 15명으로 분석을 시행하였다. 각각의 일반적 특성에 따른 집단 간 동질성을 검정하기 위하여 카이제곱검정과 독립표본 t 검정을 실시하였다. 그 결과 실험군과 대조군 간의 성별($\chi^2 = 0.000, p = 1.000$), 연령($p = .854$), 신장($p = .718$), 체중($p = .699$)에 대한 동질성이 만족되었다.

2. 고유수용성감각의 변화

본 연구에 참가한 대상자의 고유수용성감각의 변화는 다음과 같다. 발등굽힘(DF)에서 실험군은 중재 후 유의하게 감소하였고($p < .05$), 대조군은 유의한 변화가 없었다

Table 1. General characteristic of subjects

(n= 30)

	EG (n= 15)	CG (n= 15)	χ^2	p
Gender (male/female)	11/4	11/4	.000	1.000
Age	23.26±2.34	23.40±1.50		.854
Height (cm)	171.20±8.24	170.19±6.71		.718
Weight (kg)	71.06±13.47	69.33±10.69		.699

mean±SD, EG; experimental group, CG; control group

($p > .05$). 발바닥굽힘(PF)에서 실험군은 중재 후 유의하게 감소하였고($p < .05$), 대조군은 유의한 변화가 없었다($p > .05$). 무릎굽힘(KF)에서 실험군은 중재 후 유의하게

감소하였고($p < .05$), 대조군은 유의한 변화가 없었다($p > .05$). 그룹 간 변화량 비교에서는 모든 변수에서 유의한 차이가 없었다($p > .05$).

Table 2. The comparison of the changes of proprioception between the groups (unit= °)

		Pre	Post	t	p
DF	EG (n= 15)	3.73±.87	3.44±.88	2.76	.008 ^a
	CG (n= 15)	3.72±1.02	3.69±.94	.39	.350 ^a
	t	.07	1.91		
	p	.469	.974 ^b		
PF	EG (n= 15)	4.98±1.54	4.55±1.34	4.52	>.001 ^a
	CG (n= 15)	4.96±1.49	4.71±1.17	1.27	.112 ^a
	t	.08	.74		
	p	.466	.397 ^b		
KF	EG (n= 15)	5.01±1.28	4.53±1.10	2.95	.005 ^a
	CG (n= 15)	5.14±1.13	5.01±1.43	1.03	.159 ^a
	t	-1.05	1.61		
	p	.155	.428 ^b		

mean±SD, EG; experimental group, CG; control group, DF; proprioception of dorsi flexion, PF; proprioception of plantar flexion, KF; proprioception of knee flexion, ^a; p values of paired t-test for within-group comparison, ^b; p values of independent t-test for between-group comparison

Table 3. The comparison of the limits of stability between the groups (unit= mm²)

		Pre	Post	t	p
Left	EG (n= 15)	4964.06±267.07	7050.73±360.94	-43.76	>.001 ^a
	CG (n= 15)	4843.20±197.07	4935.60±202.27	-15.66	>.001 ^a
	t	1.76	41.38		
	p	.51	.001 ^b		
Right	EG (n= 15)	4730.40±187.16	7010.13±307.99	-35.93	>.001 ^a
	CG (n= 15)	4529.66±153.02	4585.80±151.37	-10.99	>.001 ^a
	t	4.19	34.93		
	p	.001	.001 ^b		
Forward	EG (n= 15)	5198.33±224.12	7771.66±245.70	-139.27	>.001 ^a
	CG (n= 15)	5158.73±169.05	5245.53±177.59	-4.80	>.001 ^a
	t	.70	96.73		
	p	.492	.001 ^b		
Backward	EG (n= 15)	3475.93±248.70	4429.20±240.33	-80.19	>.001 ^a
	CG (n= 15)	3349.33±217.62	3385.40±229.62	-1.88	.080 ^a
	t	1.47	39.11		
	p	.161	.033 ^b		
Total	EG (n= 15)	8957.70±355.97	13086.70±308.03	-178.48	>.001 ^a
	CG (n= 15)	8790.43±296.54	8912.76±381.57	-1.76	.049 ^a
	t	1.42	26.21		
	p	.176	.001 ^b		

mean±SD, EG; experimental group, CG; control group, ^a; p values of paired t-test for within-group comparison, ^b; p values of independent t-test for between- group comparison

3. 균형 변화

본 연구에 참가한 대상자의 안정성 한계의 변화는 다음과 같다(Table 3). 실험군의 중재 전과 후의 안정성 한계 이동 범위 비교 결과 왼쪽, 오른쪽, 앞쪽, 뒤쪽, 종합 안정성 한계 모두 유의하게 증가하였고($p<.05$). 대조군은 왼쪽, 오른쪽, 앞쪽, 종합 안정성 한계에서만 유의하게 증가하였다($p>.05$). 그룹 간 변화량 비교에서는 모든 방향에서 유의한 차이가 있었다($p<.05$).

IV. 고찰

본 연구는 개발한 CNN 알고리즘 인공지능이 융합된 게임 형식의 운동 프로그램의 효과를 알아보기 위해 건강한 대상자 15명에게 ACE 프로그램을 4주간 실시한 후 고유수용성감각과 안정성 한계를 측정하였고, ACE 프로그램 효과를 비교하기 위해 15명의 대조군을 선정하여 두 군의 고유수용성감각과 안정성 한계의 변화를 비교하였다. 연구 결과는 고유수용성감각의 변화에서 실험군은 중재 후 발등굽힘, 발바닥굽힘 그리고 무릎굽힘 고유수용성감각 검사에서 모두 유의하게 감소하였지만 대조군은 모두 유의한 차이가 없었다. 균형의 변화에서는 실험군은 중재 후 왼쪽, 오른쪽, 앞, 뒤, 종합 안정성 한계가 모두 유의하게 증가하였다. 반면 대조군은 중재 후 왼쪽, 오른쪽, 앞, 종합 안정성 한계만 유의하게 증가하였고, 후방 안정성 한계에서는 유의한 변화가 없었다. 집단 간 비교에서는 모든 방향에서 유의한 차이가 있었다.

고유수용성감각의 변화에서 두 그룹 간 유의한 차이는 없었지만 대조군은 발등굽힘, 발바닥굽힘, 무릎굽힘에서 모두 유의한 변화가 없었던 것에 반해 실험군은 모두 유의한 변화가 있었으므로 ACE 프로그램이 건강한 대상자의 고유수용성감각 향상에 긍정적인 효과가 있음을 알 수 있다. 고유수용성감각은 운동조절과 자세유지 그리고 운동학습에도 관여하는 주요 요소이며, 관절의 손상과 과사용성 그리고 기능적 불안정 등을 줄이는 역할을 가지고 있다(Hjortskov 등, 2005; Park 등, 2012). 고유수용성감각을 측정하는 방법으로 일련의 관절각도를 재연하여 관절의 위치감각을 검사하는 방법이 있다

(Knoop 등, 2011). 이러한 방식의 고유수용성감각 검사는 무릎뿐만 아니라 발목의 고유수용성감각 측정으로 여러 논문에서 사용되고 있다. 본 연구의 실험에서 ACE 프로그램을 적용한 후 무릎과 발목의 고유수용성감각이 향상되었는데 그 이유는 ACE의 CNN을 기반으로 한 동작 인식기술과 게임형태의 운동프로그램이 융합이 되어 사용자에게 실제적인 몰입감과 과제 지향적인 움직임을 이끌어내어 전, 후, 좌, 우 방향으로 지속적이며 동적인 움직임과 하지의 빠른 방향 전환을 유도하기 때문에 대상자의 고유수용성감각에 긍정적인 영향을 끼친 것으로 여겨진다. Kim 등(2023)은 CNN 기반의 인공지능 팔 훈련을 개발하여 실험을 적용했을 시 실시간 모니터링을 제공하고 사용자도 자신이 수행하는 운동 자세에 대하여 자가피드백이 가능하였고 이에따라 훈련 수행능력이 향상되었다고 보고하였다. 건강한 20대 성인 8명에게 동작입력 카메라를 이용하여 실시간 동작 모니터링을 제공하는 가상현실기반 운동프로그램을 적용한 Kim 등(2011)의 연구에서 시각적 피드백을 제공하지 않았을 때보다 제공했을 경우 다리관절 움직임의 오차를 줄일 수 있었고 이는 위치 감각 조절 능력이 향상되었기 때문이라고 보고하였다. 또한, ACE 프로그램으로 훈련을 실시할 경우 자신이 수행하는 운동에 대한 시각피드백에 의해 시각 의존도에 영향을 받게 되며 시각 의존도에 지속적으로 가해진 영향에 의해 고유수용성감각이 개선된 것으로 볼 수 있다(Kim 등, 2010).

안정성 한계의 변화에서는 실험군과 대조군이 대부분의 방향에서 안정성 한계의 이동범위가 유의하게 증가하였지만 실험군이 대조군보다 월등하게 안정성 한계가 증가하였고 통계적으로도 그룹 간 유의한 차이가 있었던 결과를 미루어보아 ACE 프로그램이 건강한 대상자의 안정성 한계 향상에도 긍정적인 효과가 있음을 알 수 있다. 안정성 한계는 몸과 몸의 지지면 사이 접촉부의 경계선으로 알려진 기저면 내에서 기저면을 변경하지 않고 평형을 유지할 수 있는 흔들림 한계 혹은 경계로 정의된다(Kisner 등, 2017). 본 연구에서 안정성 한계 측정에 사용한 Biorescue 장비는 안정성 한계의 왼쪽, 오른쪽, 앞, 뒤 이동범위 값을 측정할 수 있으며 이들 이동범위 값은 클수록 동적 균형능력이 높은 것으로 여겨진다(Lee & Ha, 2023). 본 연구의 실험에서 ACE 프로그램을

적용한 후 안정성 한계의 왼쪽, 오른쪽, 앞, 뒤 이동범위 값이 증가하였는데 이는 ACE 프로그램 적용 후 고유수용성각각이 개선되었기 때문에 안정성 한계가 향상된 것으로 사료된다. Walsh(2017)는 위치각각이 증가하면 동적 균형능력이 향상된다고 보고하였는데 앞서 확인한 바와 같이 ACE 프로그램이 실험군의 고유수용성각각을 향상시켰고 증가된 위치각각이 동적 균형능력에 긍정적인 영향을 끼쳤기 때문에 이에 따라 함께 향상된 것으로 사료된다. 또한 Kim 등(2010)도 역시 동적 균형조절은 시각, 안뜰각각, 고유수용성각각에 의존하는데 게임형태의 훈련프로그램 중 실시간 모니터링을 제공하면 시각 의존도가 줄어들고 사용자가 본인의 움직임과 관절 위치에 대한 피드백을 제공받으므로 고유수용성각각이 향상되어 안정성 한계의 범위가 증가할 수 있다고 하였다. An 등(2024)은 CNN 기술을 적용한 AI 기반 운동 프로그램을 뇌성마비 아동에게 적용하여 균형과 보행 그리고 일상생활능력의 변화를 측정하였는데 4주간 프로그램을 실시한 후 동적균형, 보행능력 그리고 일상생활능력이 모두 유의하게 향상되었다고 보고하였다.

현재 인공지능, 사물인터넷, 증강현실, 확장현실 등과 같은 4차산업혁명으로 최신 과학기술이 비약적으로 발달하였고 여기서 그치지 않고 모든 분야에 적용되어 삶의 혁신이 나타나고 있으며 의료 분야에서도 이러한 최신과학기술과 융합을 시도하고 있는 추세이다(Han, 2017; Lim 등, 2017). 이중 인공지능은 환자뿐만 아니라 건강 증진을 원하는 사람들의 개별화된 요구와 건강상태 그리고 움직임 등의 데이터를 수집하고 분석하여 개별화된 중재를 제공할 수 있는 기술이다. 본 연구에서 개발한 인공지능 기반 ACE 프로그램에서는 게임에 참여하는 대상자의 모든 움직임이 모니터링되고 인공지능과의 상호작용이 이루어져 어떠한 동작이든 실제 게임에 자연스럽게 연동되어질 수 있고 이러한 ACE 프로그램 기능에 따라 본 연구의 실험군에서 고유수용성각각과 안정성 한계가 유의하게 증가한 것으로 사료된다. 물리치료 분야뿐만 아니라 작업치료 분야와 언어치료 분야 그리고 심리치료 분야에서도 인공지능 기반 운동치료를 적용하는 사례가 늘고 있으며 관련 연구도 늘어나고 있는 추세이다(Kang 등, 2022; Kim & Kim, 2019; Koo, 2018; Lee & Ha, 2023; Lee & Hwang, 2023; Yoo,

2023). 이와 같이 인공지능은 장애인들의 기능향상뿐만 아니라 언어, 심리적, 인지적, 정서적 개선에도 효과가 있고 실제 여러분야의 훈련 영역에 사용되고 있어 폭넓게 활용될 수 있다.

본 연구는 연구기간 동안 모든 대상자의 일상생활에 대하여 통제하지 못하였으며, 특정 연령대의 대상자만을 포함하여 다양한 연령대에 대한 일반화가 제한적이며 개발한 운동프로그램이 재활의 목적에 가까우므로 뇌졸중과 같은 재활이 요구되는 환자를 모집하여 CNN 알고리즘 기반의 ACE 프로그램의 효과를 더욱 종합적으로 평가할 필요가 있다.

V. 결론

본 연구에서 개발한 CNN 알고리즘 기반의 인공지능 융합 운동 프로그램의 성능평가를 하기 위해 건강한 성인 대상자의 고유수용성 각각과 균형능력을 분석하였다. 본 연구에서는 CNN 알고리즘 기반의 인공지능을 재활 프로그램을 주 3회, 총 3주간 적용한 후 발목관절과 무릎관절 고유수용성각각과 앞, 뒤, 왼쪽, 오른쪽 안정성 한계를 측정하였다. 연구 결과를 통해 CNN 알고리즘 기반의 인공지능 융합 운동 프로그램이 건강한 대상자의 균형과 고유수용성각각 향상에 긍정적인 효과가 있음을 확인할 수 있었다. 본 연구의 결과와 분석을 활용하여 향후 운동치료나 물리치료적 관점에서의 CNN 알고리즘 기반의 예방, 검사, 관리 그리고 재활과 관련된 분야에 대한 기초자료를 제공할 수 있을 것이라고 생각된다.

참고문헌

An Y, Min S, Park C(2024). Clinical effects of a novel deep learning-based rehabilitation application on cardiopulmonary function, dynamic and static balance, gait function, and activities of daily living in adolescents with hemiplegic cerebral palsy. *Medicine*, 103(10), Printed Online. DOI: 10.1097/MD.

- 000000000037528
- Aydin N, Sayir MF, Aydeniz S, et al(2023). How did COVID-19 change faculty members' use of technology?. *Sage Open*, 13(1), Printed Online. DOI: 10.1177/21582440221149720
- Bae YH, Lee JH, Yoo HJ, et al(2012). Associations between work-related musculoskeletal pain, quality of life and presenteeism in physical therapists. *J Korean Soc Occup Environ Hyg*, 22(1), 61-72.
- Choi DG, Jang JW(2021). Design and performance evaluation of deep learning-based unmanned medical systems for rehabilitation medical assistance. *J Korea Inst Inf Commun Eng*, 25(12), 1949-1955. DOI: 10.6109/jkiice.2021.25.12.1949
- Ghotbi N, Ansari NN, Naghdi S, et al(2009). Inter-rater reliability of the modified ashworth scale in assessing lower limb muscle spasticity. *Brain Inj*, 23(10), 815-819. DOI: 10.1080/02699050903200548
- Gong M, Shu Y(2020). Real-time detection and motion recognition of human moving objects based on deep learning and multi-scale feature fusion in video. *IEEE Access*, 8, 25811-25822. DOI: 10.1109/ACCESS.2020.2971283
- Han JH, Lee HJ(2018). The effect of ankle balance training on unstable and stable surface on proprioception, balance and muscle strength in obese middle-aged woman. *J Korean Soc Integr Med*, 6(3), 59-71. DOI: 10.15268/ksim.2018.6.3.059
- Han KG(2017). Implications of artificial intelligence technology for educating students with severe and multiple disabilities. *Korean J Phys Mult Health Disabil*, 60(3), 47-65. DOI: 10.20971/kcpmd.2017.60.3.47
- Hjortskov N, Hye-Knudsen C, Fallentin N(2005). Lumbar position sense acuity during an electrical shock stressor. *BMC Musculoskelet Disord*, 6, Printed Online. DOI: 10.1186/1471-2474-6-37
- Kang JK, Kang HW, Lee SB, et al(2022). Research trends on the use of artificial intelligence in intervention for communication disorder. *J Speech Hear Disord*, 31(2), 107-115. DOI: 10.15724/jslhd.2022.31.2.107
- Kim EJ, Hwang BY, Kim MS(2010). The effect of a virtual reality program on static balance control and fall efficacy of elderly people. *J Korean Gerontol Soc*, 30(4), 1107-1116.
- Kim JJ, Kim YS, Kim DH, et al(2011). The comparison of motion errors with and without visual feedback during hip exercise in environment of virtual reality. *J Sport Leisure Stud*, 45(2), 947-953. DOI: 10.51979/KSSLS.2011.08.45.947
- Kim JJ, Kim JH, Lee S, et al(2023). CNN-LSTM-based upper extremity rehabilitation exercise real-time monitoring system. *J Korea Inst Converg Signal Process*, 24(3), 134-139. DOI: 10.23087/jkicsp.2023.24.3.001
- Kim TJ, Kim NG(2019). Artificial intelligence art therapy support system U+using attention and image captioning. *Korean Management Information Society Conference Proceedings*, 11, 257-259.
- Kisner C, Colby LA, Borstad J(2017). *Therapeutic exercise: foundations and techniques*. 7th ed, Philadelphia, Fa Davis, pp.264-288.
- Knoop J, Steultien MPM, Van der Leeden M, et al(2011). Proprioception in knee osteoarthritis: a narrative review. *Osteoarthritis Cartilage*, 19(4), 381-388. DOI: 10.1016/j.joca.2011.01.003
- Koo IS(2018). Opportunity factors of the 4th industrial revolution and the role of occupational therapists. *J Korean Soc Assist Technol*, 10(1), 21-31.
- Lee EJ, Hwang SZ(2023). A study on the formal analysis of house-tree-person(HTP) test based on AI object detection model. *Korean J Art Ther*, 30(5), 1241-1257. DOI: 10.35594/kata.2023.30.5.001
- Lee GY(2015). The effects of knee reposition training using closed kinetic and open kinetic chain on proprioception, strength and balance in chronic stroke patients. Graduate school of Daejeon University, Republic of Korea, Master's thesis.
- Lee JH, Ha SG(2023). Effect of flow experience upper

- extremity robot rehabilitation therapy group in subacute stroke patients. *J Korea Entertain Ind Assoc*, 17(7), 345-352. DOI: 10.21184/jkeia.2023.10.17.7.345
- Lim JH, Ryu KH, Kim BC(2017). An exploratory study on the direction of education and teacher competencies in the 4th industrial revolution. *J Korean Educ*, 44(2), 5-32. DOI: 10.22804/jke.2017.44.2.001
- Park JM, Lee SH(2018). The effect of knee joint position sense through close and open kinetic chain exercise on the proprioception and balance ability of elderly people. *J Clin Mov Sci Hum*, 22(2), 27-32. DOI: 10.17817/2018.06.25.111264
- Park JW, Ko YM, Park S(2012). The effect of proprioceptive position sense by lumbar flexors and extensors. *J Korean Soc Phys Ther*, 24(6), 414-418.
- Patel UK, Anwar A, Saleem S, et al(2021). Artificial intelligence as an emerging technology in the current care of neurological disorders. *J Neurol*, 268(5), 1623-1642. DOI: 10.1007/s00415-019-09518-3
- Song GB, Park EC(2016). The effects of balance training on balance pad and sand on balance and gait ability in stroke patients. *J Korean Soc Phys Med*, 11(1), 45-52. DOI: 10.13066/kspm.2016.11.1.45
- Tobon DP, Hossain MS, Muhammad G, et al(2022). Deep learning in multimedia healthcare applications: a review. *Multimed Syst*, 28(4), 1465-1479. DOI: 10.1007/s00530-022-00948-0
- Walsh GS(2017). Effect of static and dynamic muscle stretching as part of warm up procedures on knee joint proprioception and strength. *Hum Mov Sci*, 55, 189-195. DOI: 10.1016/j.humov.2017.08.014
- Yoo KT(2023). A study on the field application and prospect of artificial intelligence and bio-sensing technology in physical therapy. *J Korean Soc Phys Med*, 18(3), 73-84. DOI: 10.13066/kspm.2023.18.3.73
- Yoo KT(2024). Current status and prospects of physical therapy services using telerehabilitation. *J Korean Soc Phys Med*, 19(2), 47-54. DOI: 10.13066/kspm.2024.19.2.47
- Yun SO, Jung PW, Lee HW, et al(2020). A Study on the Issues of Automated Administration Based on Artificial Intelligence. *Korean Public Manag Rev*, 34(3), 109-132. DOI: 10.24210/kapm.2020.34.3.005
- Yun YD, Seo BD, Lee SB(2008). The effect of static and dynamic proprioception on resistance exercise with elastic band. *J Korean Phys Ther Sci*, 15(2), 33-40.