

인지-운동 엑서 게임을 이용한 이중과제 훈련이 뇌졸중 환자의 균형 및 일상생활 활동에 미치는 영향

양대중¹ · 이형석^{2*}

¹세한대학교 물리치료학과 교수, ^{2*}세한대학교 대학원 물리치료학과 학생

Effects of Cognitive-Motor Exergame Dual-Task Training on Balance and Activities of Daily Living in Stroke Patients

Dae-Joong Yang, PT, Ph.D¹ · Hyeong-Seok Lee, PT, MS^{2*}

¹Dept. of Physical Therapy, Sehan University, Professor

^{2*}Dept. of Physical Therapy, Graduate School, Sehan University, Student

Abstract

Purpose : To investigate effects of cognitive-motor exergame dual-task training on balance and activities of daily living (ADL) in stroke patients.

Methods : Balance and performance for activities of daily living (ADL) in stroke patients who were hospitalized for recovery were evaluated. Using a computer program, participants were randomly assigned into an experimental group (15 participants with an odd number) and a control group (15 participants with an even number). The experimental group received cognitive-motor exergame dual-task training in addition to conventional physical therapy. The control group received only conventional physical therapy. The intervention was conducted five times a week for six weeks. Balance ability was assessed using the Physiosensing balance pressure platform, measuring weight distribution, movement area, and stability limits. ADL performance was evaluated using the modified Barthel index (MBI).

Results : After the intervention, both the cognitive-motor exergame group and the conventional physical therapy group showed significant improvements in weight distribution ratio, movement area, limits of stability, and ADL performance ($p<.05$). Notably, between-group comparisons revealed that the experimental group demonstrated greater improvements in weight distribution ratio, movement area, limits of stability, and ADL performance than the control group, showing significant differences ($p<.05$).

Conclusion : Results of this study confirmed that both cognitive-motor exergame dual-task training and conventional physical therapy could effectively improve balance and ADL performance in stroke patients. Notably, the experimental group, which received cognitive-motor exergame dual-task training, showed greater improvements in weight distribution, movement area, limits of stability, and ADL performance than the control group. This suggests that cognitive-motor exergame training can be considered an effective rehabilitation method for enhancing balance and ADL abilities of stroke patients. Future studies should explore its long-term effects.

Key Words : activities of daily living, balance, dual-task, exergame, stroke

*교신저자 : 이형석, lhspt@naver.com

제출일 : 2024년 9월 30일 | 수정일 : 2024년 10월 8일 | 게재승인일 : 2024년 11월 1일

I. 서론

1. 연구의 배경 및 필요성

뇌졸중(stroke)은 인구 10만 명당 92.2명이 발생하고 있으며, 전 세계 사망률 2위를 차지하고 있다(Kim 등, 2019). 이는 고령화와 함께 증가하고 있는 만성 질환 중 하나로 뇌혈관의 경색 및 출혈로 인해 뇌의 국소적인 손상으로 기능 장애가 발생하는 신경학적 질환이다(Modig 등, 2019). 주요 위험 요인으로는 당뇨, 고혈압, 심방세동, 편두통, 비만, 흡연 및 이상지질혈증 등이 있으며, 뇌졸중 환자는 근력 약화, 감각 저하, 반사 이상, 근긴장도 이상, 선택적인 움직임의 소실로 인해 장기적인 운동 장애가 발생한다(Kazi 등, 2022; Yoon & Bushnell, 2023). 이러한 장애로 균형 및 보행 능력에 감소하고, 이로 인해 일상생활활동 수행에도 어려움을 겪게 된다. 특히 마비, 협응 저하 및 관절 가동 범위 제한으로 인해 마비 측 체중지지에 어려움을 초래하여, 비대칭적인 자세와 심각한 균형 문제를 일으킨다(Patel & Bhatt, 2014; Vearrier 등, 2005). 균형은 신체 활동 및 자세 정렬 시 기저면 내에서 자세 중심을 유지하도록 하는 필수적 능력 중 하나이다(Haddas 등, 2019; Xu 등, 2018). 뇌졸중 환자는 근력 약화와 감각 저하로 인해 균형 능력이 감소하면서 자세 동요가 심각하게 발생하며(Hendrickson 등, 2014; Sonavane & Limaye, 2020), 이로 인해 약 40 %가 매년 한 번 이상 낙상을 경험하게 된다(Punt 등, 2017). 또한 손상 위치와 크기 정도에 따라 운동, 감각, 인지, 정서, 언어 등에 장애가 발생한다(Norlander 등, 2016). 이러한 손상은 기억력, 사고력, 판단력, 집중력, 학습력 및 언어력 등의 문제로 인해 일상생활에서의 동작 수행, 감각 수용 및 자기 조절 능력에 문제가 발생하여, 다양한 일상생활 활동에 어려움을 초래한다(Baydan 등, 2019; Wang 등, 2015).

뇌졸중 환자의 기능 회복을 위해 다양한 치료 방법이 사용되고 있으며, 일반적인 물리치료 외에도 근력, 보행 및 균형 회복을 위한 중재가 이루어지고 있다. 이러한 중재 방법은 환자의 신체적 기능 회복에 중요한 역할을 하며, 삶의 질 개선에도 효율적이다(Wang 등, 2015).

최근에는 뇌졸중에 의해 발생하는 다양한 증상 개선을 위해 인지-운동 이중과제에 대한 중요성이 강조되고

있다(Tasseel-Ponche 등, 2023). 이중과제는 명확한 목표와 동일한 시간을 가지고 두 가지 과제를 수행하는 것으로, 일상생활활동과 밀접한 관계가 있다(Dorfman 등, 2014; Yang 등, 2019). 예를 들어 신체적 움직임과 숫자 세기와 같은 인지적 과제를 동시에 수행하거나, 특정한 지지면 위에서 균형을 유지하면서 특정 동작을 수행하는 것이다(Chiaramonte 등, 2022). 또한 참가자의 상태에 맞춰 과제와 난이도를 선택함으로써 운동 능력 향상에 긍정적인 영향을 미친다(Fokas 등, 2023). 그러나 복잡한 과제는 참가자의 흥미와 동기를 저해할 수 있으므로(Forkan 등, 2006), 환자의 특성에 맞춰 강도를 조절하고 시각적 피드백을 통해 흥미를 유발하여, 더욱 적극적으로 치료에 참여할 수 있는 엑서 게임(exergame) 프로그램이 제시되고 있다(Chen 등, 2022). 엑서 게임은 비디오 게임을 통해 인지와 운동을 동시에 훈련시킬 수 있으며, 참가자의 신체적 활동을 유도하면서 동시에 인지 훈련도 함께 제공할 수 있다(Huber 등, 2024; Pacheco 등, 2020).

선행 연구에 따르면, Shu 등(2022)은 뇌졸중 환자 575 명을 대상으로 신체적 활동과 숫자 세기를 결합한 이중 과제 훈련 시, 낙상 위험을 줄이는데 효과가 있다고 보고 하였으며, Park(2019)은 만성 뇌졸중 환자 21명을 대상으로 불안정한 지지면에서 과제를 수행하는 이중과제 훈련을 적용하여, 일상생활 수행 능력에 효과적이라고 보고 하였다. Chan 등(2022)은 엑서 게임에 대한 체계적 문헌 고찰과 메타 분석을 통해 엑서 게임은 뇌졸중 환자의 균형, 보행, 근력 및 일상생활 수행에 긍정적인 효과가 있을 것이라고 하였다.

이처럼 뇌졸중은 고령화로 인해 발병률이 증가하고 있으며, 그 결과 뇌졸중 치료에 대한 관심이 많아지고 있다. 특히 의료 기술의 발전으로 인해 다양한 치료법이 제시되고 있으며, 그 중 엑서게임 이중과제 훈련은 뇌졸중 환자의 인지 및 기능 회복에 효과적인 방법으로 평가되고 있다. 그러나 선행연구들은 엑서게임과 이중과제를 적용한 단일 연구들이 보고되고 있지만, 엑서게임과 이중과제를 결합한 연구는 부족한 실정이다.

2. 연구의 목적

본 연구의 목적은 인지-운동 액서게임 이중과제 훈련을 적용한 실험군과 일반적인 물리치료만을 적용한 대조군을 비교 분석하여 각 중재가 체중 분배율(weight distribution), 이동 면적(surface area ellipse), 안정성 한계(limit of stability), 일상생활활동 수행 능력에 미치는 영향을 확인하고자 한다.

II. 연구방법

1. 연구 대상

본 연구는 M시에 위치한 OO병원에서 뇌졸중 진단을 받고 내원 중인 뇌졸중 환자 30명을 대상으로 실시하였다. 대상자는 본 연구에 대한 충분한 설명 후 자발적으로 동의서에 참여를 희망하는 자를 대상으로 선정하였다. 대상자의 선정 기준은 뇌졸중 발병 후 1년 이상 3년 미만인 자, 도구를 포함하여 독립적으로 10 m 보행이 가능한 자, 한국형 간이정신상태 검사 점수가 24점 이상으로 의사소통이 가능한 자로 하였으며, 제외 기준은 뇌졸중 외 다른 증상이 있는 자, 지시 사항을 따르지 못하는 자로 하였다. 본 연구는 뇌졸중 환자 30명을 추출하여 인지-운동 액서게임 이중과제 그룹 15명과 일반적인 물리치료 그룹 15명을 컴퓨터 추적 프로그램을 이용하여 무작위로 배정 후 실시하였다. 연구 대상자 수는 Huber 등(2021)의 선행 연구를 참고하였다.

2. 측정 도구 및 방법

1) 균형 능력 평가

본 연구에서는 체중 분배율(weight distribution; WD), 이동 면적(surface area; SA) 및 안정성 한계(limit of stability; LOS)를 측정하기 위해 균형 및 압력 플랫폼(Physiosensing platform, RM Ingenierie, Portugal)을 사용하였다(Fig 1).

본 장비는 균형 능력을 평가하기 위한 12가지 프로토크로 이루어져 있는 사각형 모양의 압력 센서 플랫폼으로 크기와 두께는, 610 mm²×580 mm, 100 mm이며, 질량은 4 kg이다(Marouvo, 2021). 또한 플랫폼에는 1,600개 이상의

저항 센서가 장착되어 있어 정확한 발바닥 압력을 측정할 수 있다(Chen 등, 2021). 각 센서의 주파수는 100 Hz, 최대 압력 수치는 100 N/cm²이고, 활성 표면은 400 mm²로 구성된다. 이 플랫폼은 안정성을 객관적으로 정량화하고 소프트웨어를 통해 데이터베이스를 PDF 파일로 저장 가능하다(Figueiredo 등, 2023; Hsi, 2016).

모든 대상자는 측정 전 사전 교육을 실시하였으며, 측정 시 대상자는 발판 위에 선 자세로 60초 동안 정적인 자세로 전방을 주시하도록 지시한 후 이동 면적과 체중 분배율을 측정하였으며, 전방 스크린을 사용하여 체중 이동을 통한 중심점의 거리를 통해 안정성 한계를 측정하였다. 모든 측정은 3회 실시 후 얻은 결과값을 평균값으로 하였으며, 측정 간 총 120초의 휴식 시간을 가졌다(Rodrigues 등, 2022).



Fig 1. Physiosensing platform

2) 일상생활활동 수행 능력

본 연구에서는 일상생활활동에 대한 수행 능력을 평가하기 위해 한글판 수정된 바텔 지수(Korean version of

modified Barthel index; K-MBI)를 사용하였다.

한글판 수정된 바텔 지수는 Shah 등(1989)이 일상생활 독립성을 파악하기 위해 개발한 Barthel index를 Jung 등 (2007)이 한국 문화와 성향에 맞춰 수정, 번역한 평가 도구이며, 총 10개의 항목(개인위생, 목욕하기, 식사하기, 용변처리, 계단 오르기, 옷 입기, 대변조절, 소변조절, 보행/의자차, 의자/침대 이동)으로 구성되어 있다.

평가 방법은 동작별로 5단계 점수를 부여하여 100점을 만점으로 하며, 0~24점은 완전한 의존, 25~49점은 최대 의존, 50~74점은 부분 의존, 75~90점은 약간 의존, 91~99점은 최소 의존, 100점은 완전한 독립으로 구분한다. 평가 도구의 신뢰도는 0.97, 타당도는 0.54~0.78이다 (Jung 등, 2007).

3. 중재 방법

본 연구는 6주간 주 5일 진행하였으며, 실험군 (experimental group; EG)은 일반적인 물리치료 30분 중재 후 추가로 인지-운동 엑서게임 이중과제 훈련을 30분 중재하였고, 대조군(control group; CG)은 일반적인 물리치료를 30분씩 2회 실시하였다. 각 그룹의 중재 시간은 1일 60분으로 동일하게 중재하였다.

1) 인지-운동 엑서게임 이중과제 훈련

인지-운동 엑서게임 이중과제 훈련은 균형 및 인지 훈련 시스템(Dividat senso, Dividat AG, Swiss)을 사용하였다(Fig 2). 본 장비는 일상생활에 필요한 균형 능력, 인지 기능 및 자세 조절과 같은 신체적 기능 향상에 목적을 두고 있으며, 플랫폼 진동을 통해 촉각적 피드백을 제공하고, 장비와 연결된 TV를 통해 청각적 및 시각적 피드백을 제공한다. 또한, 걸음 및 체중 이동과 같은 신체적 움직임에 의해 동작을 기록한다(Fernández-Batanero 등, 2022; Mohebbi, 2020). 대상자는 압력 감지 플랫폼 위에서 앞, 뒤, 좌, 우로 체중 이동과 발검음 이동을 통해 게임을 진행하며, 게임은 시각적 반응을 통한 발 이동과 균형을 유지하여 목표 지점에 도달하기와 같은 과제들로 이루어져 있다(Altorfer 등, 2021; Jäggi 등, 2023). 훈련은 체중 이동 및 발 옮기기와 같은 신체적 움직임을 수행하는 동안 숫자 세기나 시각적 목표 달성을 요구하는

과제들로 실시하였으며(Altorfer 등, 2021; Chiaramonte 등, 2022), 대상자는 게임을 통해 균형 능력, 신체적 민첩성 및 반응 시간을 훈련한다(Büttiker 등, 2024). Dividat senso는 각 대상자의 훈련 계획을 저장하고, 대상자의 수준에 맞는 훈련을 보장하기 위해 난이도를 조절할 수 있다(Mohebbi, 2020). 인지-운동 엑서게임 이중과제 훈련을 30분 중재하였고 6주간 주 5일 하루 30분 실시하였으며, 각 대상자는 5개의 각기 다른 게임을 각각 5분씩 진행하였다.



Fig 2. Dividat senso

2)일반적인 물리치료

일반적인 물리치료는 전문적인 교육을 이수한 물리치료사가 진행하였다. 일반적인 물리치료 첫 번째는 엉덩관절, 무릎관절, 발목관절에 대한 관절 가동 운동 및 스트레칭을 실시하였다. 두 번째는 근육의 활성화와 체중 이동을 통한 안정성 증진을 위해 앉았다 일어서기를 실시하였다. 세 번째는 균형 운동으로 마비 측으로 중심을 이동시킨 후 선 자세를 유지하고, 한 발 서기를 실시하였다. 네 번째는 환자의 장애 정도에 맞춰 독립적인 평지 보행을 진행하였으며, 도움이 필요한 경우 보조 도구를 사용하도록 하였다(Gonzalez 등, 2023; Wang & Huang, 2024).

4. 자료 분석

본 연구에서 수집된 자료는 SPSS 26.0 for Windows를 사용하여 분석하였다. 대상자의 일반적 특성에 대한 동질성은 Levene의 등분산 검정(Levene's test)을 실시하였

으며, 등분산이 가정된 변수는 추가로 독립표본 t-검정 (independent t-test)을 통해 집단 간 동질성을 확인하였다. 각 집단에 대한 정규성 검정은 Shapiro-Wilk 검정을 시행하였다. 두 집단 내 균형 및 일상생활활동 수행 능력을 비교 분석하기 위해 대응표본 t-검정(paired t-test)을 시행하였으며, 두 집단 간의 균형 및 일상생활활동을 비교 분석하기 위해 공분산 분석(ANCOVA)을 실시하였으며, ANCOVA 분석 시 공변량은 각 변수의 사전 측정값으로 설정하였다. 통계적 유의수준은 $\alpha = .05$ 로 설정하였다.

Ⅲ. 결 과

1. 연구대상자의 일반적인 특성

본 연구는 뇌졸중 환자 30명을 임상 표본 추출하여 인지-운동 이중과제 훈련을 중재한 실험군(EG; experimental group) 15명과 일반적인 물리치료를 중재한 대조군(CG; control group) 15명을 대상으로 분석을 시행하였다. 연구 대상자의 일반적 특성에 따른 동질성 검정에서 각 그룹 간 유의한 차이를 나타낸 변수는 없으므로 두 그룹은 동질한 것으로 나타나며, 본 연구 대상자의 일반적인 특성은 다음과 같다(Table 1).

Table 1. General characteristics of the subjects

(n= 30)

	EG (n= 15)	CG (n= 15)	p
Gender (male/female)	7/8	9/6	.224
Age (years)	60.53±4.02	59.27±3.69	.886
Height (cm)	168.07±9.45	171.13±9.30	.671
Weight (kg)	66.87±10.76	71.53±14.06	.073

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

2. 집단 내 균형 능력 변화 비교

집단 내 중재 전후의 균형 능력에 대한 측정 결과는

실험군과 대조군의 WD, SA, LOS 에서 통계적으로 유의한 차이가 있었다($p<.05$)(Table 2).

Table 2. Comparison of balance within group

(n= 30)

		Pre	Post	t	p
WD (%)	EG	45.86±1.70	47.81±1.15	-3.70	.005
	CG	46.06±1.39	47.30±1.82	-2.94	.016
SA (mm ²)	EG	15.58±3.02	13.44±3.11	4.09	.003
	CG	14.97±1.55	12.97±1.63	3.73	.005
LOS (mm ²)	EG	45.37±2.66	48.29±3.12	-5.06	.000
	CG	44.93±2.66	47.68±3.24	-2.32	.045

Mean±SD, EG; experimental group, CG; control group, WD; weight distribution, SA; surface area, LOS; limit of stability

3. 집단 내 일상생활활동 변화 비교

집단 내 중재 전후의 일상생활활동(ADL)에 대한 측정

결과는 실험군과 대조군의 일상생활활동 점수에 통계적으로 유의한 차이가 있었다($p<.05$)(Table 3).

Table 3. Comparison of ADL in the within group (n= 30)

		Pre	Post	t	p
MBI (point)	EG	34.86±3.10	42.26±2.93	-10.15	.000
	CG	36.73±2.23	39.73±3.91	-2.91	.011

Mean±SD, EG; experimental group, CG; control group, ADL; activities of daily living, MBI; modified Barthel index

4. 집단 간 비교

항목에서 통계적으로 유의한 차이가 있었다(p<.05) (Table 4).

집단 간 중재 전후 측정 결과 WD, SA, LOS, MBI

Table 4. Comparison of changes in all variables between groups (n= 30)

		Pre	Post	F	p
WD (%)	EG	45.86±1.70	47.81±1.15	6.43	.021
	CG	46.06±1.39	47.30±1.82		
SA (mm ²)	EG	15.58±3.02	13.44±3.11	24.28	.000
	CG	14.97±1.55	12.97±1.63		
LOS (mm ²)	EG	45.37±2.66	48.29±3.12	5.85	.027
	CG	44.93±2.66	47.68±3.24		
MBI (point)	EG	34.86±3.10	42.26±2.93	6.58	.022
	CG	36.73±2.23	39.73±3.91		

Mean±SD, EG; experimental group, CG; control group, WD; weight distribution, SA; surface area, LOS; limit of stability, MBI; modified Barthel index

IV. 고 찰

본 연구는 뇌졸중 환자를 대상으로 인지-운동 엑서게임 이중과제 훈련을 적용하였을 때 균형 능력과 일상생활 활동 수행 능력에 대한 효과를 알아보려고 하였다.

본 연구에서 인지-운동 엑서게임 이중과제 훈련은 균형 및 인지 훈련 시스템(Dividat senso)을 사용하였다. 본 연구에서는 균형 능력을 분석을 위해 균형 및 압력 플랫폼(physiosensing platform)을 사용하였다. 본 연구결과 중재 후 실험군 대조군 모두 체중 분배율, 이동 면적, 안정성 한계에서 통계적으로 유의한 차이가 있었으며(p<.05), 특히 실험군이 대조군보다 더 큰 변화를 보였다. Akin 등(2021)은 노인들을 대상으로 인지-운동 엑서게임 이중

과제 훈련을 시행한 결과 중재 후 균형 능력이 향상되었으며, 특히 동적 균형이 크게 개선되어 통계적으로 유의한 차이를 보이며 증가하였다고 보고하였다. Morat 등(2019)은 노인을 대상으로 안정적인 조건에서 엑서게임 그룹과 불안정한 조건에서 엑서게임 그룹의 균형 능력을 비교한 결과 두 그룹 모두 균형 능력이 향상되었으며, 특히 안정적인 그룹에 비해 불안정한 조건 그룹에서 더 큰 변화를 나타내며 통계적으로 유의한 차이를 보였다고 보고하였다. 이러한 결과는 본 연구와 유사한 결과이다. 본 연구에서 실험군의 균형 능력이 향상된 이유는 엑서게임 이중과제를 진행하는 동안 체중을 이동시켜 능동적인 움직임을 만들고 시각적인 피드백을 통해 지속적인 훈련을 적용하고 과제에 따른 자발적 체중 지지

와 체중 이동을 통해 자세 조절 능력이 학습되어 균형 능력에 향상이 있었다고 생각된다.

본 연구에서는 일상생활활동 수행 능력을 평가하기 위해 한글판 수정된 바텔 지수(K-MBI)을 사용하였다. 본 연구결과 실험군, 대조군의 일상생활활동 점수가 향상되어 통계적으로 유의한 차이가 있었으며($p<.05$), 특히 실험군이 대조군에 비해 더 큰 변화를 보였다. Altorfer 등(2021)은 노인 환자 39명을 대상으로 인지-운동 엑서게임을 시행한 결과 중재 후 ADL에 긍정적인 효과 있다고 보고하였다. Yang 등(2016)은 만성 뇌졸중 환자 88명을 대상으로 엑서게임을 통한 이중과제 훈련을 시행한 결과 중재 후 ADL 수행 능력에 도움이 된다고 보고하였다. 이러한 결과는 본 연구와 유사한 결과이다. 본 연구에서 실험군의 일상생활활동 수행 능력이 향상된 이유는 엑서게임 이중과제를 진행하는 동안 인지적인 부분과 운동적 부분이 동시에 작용하여 운동 기능 회복을 촉진하였기 때문에 일상생활활동 수행 능력이 향상되었다고 생각된다.

본 연구결과 인지-운동 엑서게임 이중과제 훈련은 뇌졸중 환자의 균형 및 일상생활활동에 효과적임을 확인하였다. 본 연구의 제한점으로는 대상자 수가 적고, 장기간 추적연구를 통한 효과를 검증하기에 연구 기간은 짧다. 동일한 훈련이 어려우며, 특정 환자를 대상으로 하여 다른 환자에게 일반화하기 어렵다. 따라서 향후 연구에서는 다양한 질환을 가진 대상자를 모집하고 동일한 조건을 제공하여 균형 및 일상생활활동에 미치는 효과를 규명하는 연구가 필요할 것으로 사료된다.

V. 결론

본 연구는 인지-운동 엑서게임 이중과제 훈련이 뇌졸중 환자의 균형 능력 및 일상생활활동 수행 능력에 미치는 영향을 알아보기 위해 실시하였다.

본 연구결과 인지-운동 엑서게임 이중과제 훈련 그룹과 일반적인 물리치료 그룹 모두 중재 후 균형 능력 및 일상생활활동 수행 능력이 향상되었으며, 특히 실험군에서 더 효과적이었다. 이는 인지-운동 엑서게임 이중과

제 훈련이 뇌졸중 환자의 균형 및 일상생활활동 능력 향상에 효과적임을 시사한다. 기존 연구에서는 대부분 노인을 대상으로 인지-운동 엑서게임 이중과제 훈련의 효과를 비교하였지만, 본 연구는 뇌졸중 환자를 대상으로 하여 효과를 확인 하였다는 점에서 차별성을 가지고 있다. 이러한 다양한 연구는 각 질환에 적합한 중재 방법임을 증명하는 데 중요한 의미를 지닌다. 따라서 인지-운동 엑서게임 이중과제 훈련 뇌졸중 환자의 균형 능력 및 일상생활활동 수행 능력에 효율적이며, 후속 연구에서는 다양한 질환과 많은 대상자를 통한 연구가 필요할 것이며 본 연구결과를 바탕으로 뇌졸중 환자의 기능 회복에 효율적인 치료적 중재 방법으로 제시하고자 한다.

참고문헌

- Akin H, Senel A, Taskiran H, et al(2021). Do motor-cognitive and motor-motor dual task training effect differently balance performance in older adults?. *Eur Geriatr Med*, 12(1), 371-378. DOI: 10.1007/s41999-020-00434-8
- Altorfer P, Adcock M, de Bruin ED, et al(2021). Feasibility of cognitive-motor exergames in geriatric inpatient rehabilitation: a pilot randomized controlled study. *Front Aging Neurosci*, 13, Printed Online. DOI: 10.3389/fnagi.2021.739948
- Baydan M, Caliskan H, Balam-Yavuz B, et al(2019). Balance and motor functioning in subjects with different stages of cognitive disorders. *Exp Gerontol*, ePub(ePub), Printed Online. DOI: 10.1016/j.exger.2019.110785
- Büttiker J, Marks D, Hanke M, et al(2024). Cognitive-motor exergame training on a labile surface in stroke inpatients: study protocol for a randomized controlled trial. *Front Neurol*, 15, Printed Online. DOI: 10.3389/fneur.2024.1402145
- Chan KGF, Jiang Y, Choo WT, et al(2022). Effects of exergaming on functional outcomes in people with chronic stroke: a systematic review and meta-analysis. *J*

- Adv Nurs, 78(4), 929-946. DOI: 10.1111/jan.15125
- Chen B, Liu P, Xiao F, et al(2021). Review of the upright balance assessment based on the force plate. *Int J Environ Res Public Health*, 18(5), Printed Online. DOI: 10.3390/ijerph18052696
- Chen CM, Huang YC, Kung KY, et al(2022). Effect of PlayStation® VR sessions on health-related quality of life and motor function in stroke patients undergoing inpatient rehabilitation. *Rehabilitation Practice and Science*, 50(2), 103-113. DOI: 10.6315/TJPMR.202212_50(2).0003
- Chiaromonte R, Bonfiglio M, Leonforte P, et al(2022). Proprioceptive and dual-task training: the key of stroke rehabilitation, a systematic review. *J Funct Morphol Kinesiol*, 7(3), Printed Online. DOI: 10.3390/jfkm7030053
- Dorfman M, Herman T, Brozgol M, et al(2014). Dual-task training on a treadmill to improve gait and cognitive function in elderly idiopathic fallers. *J Neurol Phys Ther*, 38(4), 246-253. DOI: 10.1097/NPT.0000000000000057
- Fernández-Batanero JM, Montenegro-Rueda M, Fernández-Cerero J, et al(2022). Assistive technology for the inclusion of students with disabilities: a systematic review. *Educ Technol Res Dev*, 70(5), 1911-1930. DOI: 10.1007/s11423-022-10127-7
- Figueiredo A, Lopes M, Pereira A, et al(2023). Could electromyographic and pressure-related signals identify differences in abdominal activity and postural control between women with and without C-section?. *Sensors*, 23(10), Printed Online. DOI: 10.3390/s23104878
- Fokas EE, Parnandi AR, Venkatesan A, et al(2023). Dual-tasking in daily activities among adults with and without stroke. *Am J Occup Ther*, 77(1), Printed Online. DOI: 10.5014/ajot.2023.050063
- Forkan R, Pumper B, Smyth N, et al(2006). Exercise adherence following physical therapy intervention in older adults with impaired balance. *Phys Ther*, 86(3), 401-410. DOI: 10.1093/ptj/86.3.401
- Gonzalez NA, Sanivarapu RR, Osman U, et al(2023). Physical therapy interventions in children with cerebral palsy: a systematic review. *Cureus*, 15(8), Printed Online. DOI: 10.7759/cureus.43846
- Haddas R, Lieberman I, Boah A, et al(2019). Functional balance testing in cervical spondylotic myelopathy patients. *Spine*, 44(2), 103-109. DOI: 10.1097/BRS.0000000000002768
- Hendrickson J, Patterson KK, Inness EL, et al(2014). Relationship between asymmetry of quiet standing balance control and walking post-stroke. *Gait Posture*, 39(1), 177-181. DOI: 10.1016/j.gaitpost.2013.06.022
- Hsi WL(2016). Analysis of medial deviation of center of pressure after initial heel contact in forefoot varus. *J Formos Med Assoc*, 115(3), 203-209. DOI: 10.1016/j.jfma.2015.03.004
- Huber SK, Held JPO, de Bruin ED, et al(2021). Personalized motor-cognitive exergame training in chronic stroke patients—a feasibility study. *Front Aging Neurosci*, 13, Printed Online. DOI: 10.3389/fnagi.2021.730801
- Huber SK, Knols RH, Held JPO, et al(2024). PEMOCS: evaluating the effects of a concept-guided, personalized motor-cognitive exergame training on cognitive functions and gait in chronic stroke: study protocol for a randomized controlled trial. *Trials*, 25(1), Printed Online. DOI: 10.1186/s13063-024-08283-7
- Jäggi S, Wachter A, Adcock M, et al(2023). Feasibility and effects of cognitive-motor exergames on fall risk factors in typical and atypical Parkinson's inpatients: a randomized controlled pilot study. *Eur J Med Res*, 28(1), Printed Online. DOI: 10.1186/s40001-022-00963-x
- Jung HY, Park BK, Shin HS, et al(2007). Development of the Korean version of modified Barthel index (K-MBI): multi-center study for subjects with stroke. *Journal of the Korean Academy of Rehabilitation Medicine*, 31(3), 283-297.
- Kazi F, Dadgal R, Salphale VG(2022). Impact of proprioceptive neuromuscular facilitation technique for early rehabilitation to restore motor impairments in a

- classic case of left middle cerebral artery stroke. *Cureus*, 14(11), Printed Online. DOI: 10.7759/cureus.31222
- Kim JY, Kang K, Kang J, et al(2019). Executive summary of stroke statistics in Korea 2018: a report from the epidemiology research council of the Korean Stroke Society. *J Stroke*, 21(1), 42-59. DOI: 10.5853/jos.2018.03125
- Marouvo JED(2021). What are the differences between subjects with and without flatfoot condition, with the aid of ultrasonography, kinematics, and kinetics in posture and gait. Graduate school of University of Porto, Portuguese Republic, Master's thesis.
- Modig K, Talbäck M, Ziegler L, et al(2019). Temporal trends in incidence, recurrence and prevalence of stroke in an era of ageing populations: a longitudinal study of the total Swedish population. *BMC Geriatr*, 19(1), Printed Online. DOI: 10.1186/s12877-019-1050-1
- Mohebbi A(2020). Human-robot interaction in rehabilitation and assistance: a review. *Current Robotics Reports*, 1(3), 131-144. DOI: 10.1007/s43154-020-00015-4
- Morat M, Bakker J, Hammes V, et al(2019). Effects of stepping exergames under stable versus unstable conditions on balance and strength in healthy community-dwelling older adults: a three-armed randomized controlled trial. *Exp Gerontol*, 127(1), Printed Online. DOI: 10.1016/j.exger.2019.110719
- Norlander A, Jönsson AC, Ståhl A, et al(2016). Activity among long-term stroke survivors: a study based on an ICF-oriented analysis of two established ADL and social activity instruments. *Disability and Rehabilitation*, 38(20), 2028-2037. DOI: 10.3109/09638288.2015.1111437
- Pacheco TBF, de Medeiros CSP, de Oliveira VHB, et al(2020). Effectiveness of exergames for improving mobility and balance in older adults: a systematic review and meta-analysis. *Syst Rev*, 9(1), Printed Online. DOI: 10.1186/s13643-020-01421-7
- Park J(2019). Dual task training effects on upper extremity functions and performance of daily activities of chronic stroke patients. *Osong Public Health Res Perspect*, 10(1), 2-5. DOI: 10.24171/j.phrp.2019.10.1.02
- Patel P, Bhatt T(2014). Task matters: influence of different cognitive tasks on cognitive-motor interference during dual-task walking in chronic stroke survivors. *Top Stroke Rehabil*, 21(4), 347-357. DOI: 10.1310/tsr2104-347
- Punt M, Bruijn SM, Wittink H, et al(2017). Virtual obstacle crossing: reliability and differences in stroke survivors who prospectively experienced falls or no falls. *Gait Posture*, 58, 533-538. DOI: 10.1016/j.gaitpost.2017.09.013
- Rodrigues RN, Carballeira E, Silva F, et al(2022). The effect of a resistance training, detraining and retraining cycle on postural stability and estimated fall risk in institutionalized older persons: a 40-week intervention. *Healthcare*, 10(5), Printed Online. DOI: 10.3390/healthcare10050776
- Shah S, Vanclay F, Cooper B(1989). Improving the sensitivity of the Barthel Index for stroke rehabilitation. *J Clin Epidemiol*, 42(8), 703-709. DOI: 10.1016/0895-4356(89)90065-6
- Shu Y, Bi MM, Zhou TT, et al(2022). Effect of dual-task training on gait and balance in stroke patients: an updated meta-analysis. *Am J Phys Med Rehabil*, 101(12), 1148-1155. DOI: 10.1097/PHM.0000000000002016
- Sonavane A, Limaye A(2020). Prevalence of knee pain in chronic stroke patients with weight bearing asymmetry. *Indian J Physiother Occup Ther*, 14(4), 1-6. DOI: 10.37506/ijpot.v14i4.11288
- Tasseel-Ponche S, Roussel M, Toba MN, et al(2023). Dual-task versus single-task gait rehabilitation after stroke: the protocol of the cognitive-motor synergy multicenter, randomized, controlled superiority trial (SYNCOMOT). *Trials*, 24(1), Printed Online. DOI: 10.1186/s13063-023-07138-x
- Vearrier LA, Langan J, Shumway-Cook A, et al(2005). An intensive massed practice approach to retraining balance post-stroke. *Gait Posture*, 22(2), 154-163. DOI: 10.1016/j.gaitpost.2004.09.001
- Wang B, Huang H(2024). Effects of various exercise interventions on motor function in cerebral palsy

- patients: a systematic review and network meta-analysis. *Neurol Sci*, Printed Online. DOI: 10.1007/s10072-024-07741-z
- Wang XQ, Pi YL, Chen BL, et al(2015). Cognitive motor interference for gait and balance in stroke: a systematic review and meta-analysis. *Eur J Neurol*, 22(3), Printed Online. DOI: 10.1111/ene.12616
- Xu L, Dong Y, Wang M, et al(2018). Acupuncture for balance dysfunction in patients with stroke: a systematic review protocol. *Medicine*, 97(31), Printed Online. DOI: 10.1097/md.00000000000011681
- Yang L, He C, Pang MYC(2016). Reliability and validity of dual-task mobility assessments in people with chronic stroke. *PLoS One*, 11(1), Printed Online. DOI: 10.1371/journal.pone.0147833
- Yang YR, Cheng SJ, Lee YJ, et al(2019). Cognitive and motor dual-task gait training exerted specific training effects on dual task gait performance in individuals with Parkinson's disease: a randomized controlled pilot study. *PLoS One*, 14(6), Printed Online. DOI: 10.1371/journal.pone.0218180
- Yoon CW, Bushnell CD(2023). Stroke in women: a review focused on epidemiology, risk factors, and outcomes. *J Stroke*, 25(1), 2-15. DOI: 10.5853/jos.2022.03468