

Original Article

Open Access

## 수중과 지상에서 이중과제 운동이 만성 뇌졸중 환자의 균형과 보행 및 우울에 미치는 효과 비교

이동규 · 박재철<sup>†</sup>

전남과학대학교 물리치료과

### Comparison of Aquatic and Land Dual-task Training Effects on Balance, Gait, and Depression in Chronic Stroke Patients

Dong-Kyu Lee, P.T., Ph.D. · Jae-Cheol Park, P.T., Ph.D.<sup>†</sup>

*Department of Physical Therapy, Chumam Techno University*

Received: July 21, 2022 / Revised: July 30, 2022 / Accepted: August 9, 2022

© 2022 Journal of Korea Proprioceptive Neuromuscular Facilitation Association

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

#### | Abstract |

**Purpose:** This study aimed to compare the effects of aquatic and land dual-task training on balance, gait, and depression in chronic stroke patients.

**Methods:** A total of 24 patients diagnosed with chronic stroke were the subjects. They were assigned to either the experimental group (n = 12) or the control group (n = 12). The experimental group performed aquatic dual-task training, while the control group performed land dual-task training. The aquatic and land dual-task training sessions were conducted once a day for 30 min, 5 days per week, for 6 weeks. Balance was measured using the Berg balance scale. Gait was measured using the Timed Up and Go Test. The Beck's Depression Inventory was used to measure depression.

**Results:** Both the experimental and control groups showed significant differences in balance, gait, and depression after the intervention ( $p < 0.05$ ) in the within-group comparisons. It was found that the experimental group showed more significant differences in balance, gait, and depression than the control group ( $p < 0.05$ ) when the two groups were compared.

**Conclusion:** It can be concluded that aquatic dual-task training effectively improved the balance ability, gait ability, and chronic stroke patients' depression based on these results.

**Key Words:** Aquatic dual task, Stroke, Balance, Gait, Depression

<sup>†</sup>Corresponding Author : Jae-Cheol Park (tldnjs74@naver.com)

## 1. 서론

현대사회는 고령화 인구의 빠른 증가로 인하여 뇌졸중 발병률이 점차 증가하고 있는 추세이다(Krishnamurthi et al., 2013). 뇌졸중은 사망 원인의 두 번째에 자리 잡고 있으며 뇌졸중 발병 후 여러 기능 장애를 유발하여 환자 및 가족에게 심인성 변화와 함께 경제적인 부담을 주는 것으로 알려져 있다(Liu et al., 2022). 뇌졸중 인구 70-80%는 원인과 증상에 따라 여러 부위의 마비를 유발하고 운동, 감각, 인지, 실조와 같은 기능 장애를 발생시킨다(Smania et al., 2008). 또한 뇌졸중 이후 발생하는 비대칭성 자세는 보행 시 몸통 조절과 균형 능력을 감소시킨다(Geiger et al., 2001). 균형과 보행 능력 감소는 환자의 독립적인 생활의 문제를 야기하고 이는 삶의 질 감소로 이어져 우울과 같은 심인성 변화를 유발한다(Kim et al., 2009). 그러므로 임상에서는 보행 능력과 균형 능력의 증가를 위한 몸통 조절 중재를 실시하고 있으며 재활 치료의 주요 목표 중 하나로 자리 잡고 있다(Winstein et al., 2016; Wu et al., 2019).

뇌졸중의 발병 원인에 따라 적절한 치료 계획이 결정되고 뇌졸중의 원인을 제거하기 위한 수술 또는 약물 요법이 적용된다(Liu et al., 2022). 이후 뇌졸중 환자의 기능 개선을 위해 물리치료에서는 신경근 전기자극을 통해 다리 기능 개선을 위한 중재와(Hong et al., 2018), 재활 기구를 이용한 중재(Tangmanee et al., 2022), 코어 안정성 운동(Karthikbabu et al., 2022), 수중 운동(Shin & Shin, 2022) 등이 이용되고 있다. 이중 수중에서 실시하는 운동은 균형 능력이 감소된 뇌졸중 환자의 낙상 위험성을 감소시켜(Matsumoto et al., 2016) 낙상의 두려움으로부터 불가능했던 다양한 움직임을 조기에 경험할 수 있게 해준다(Lephart et al., 1997). 수중운동은 부력의 특성을 이용하는 운동으로 물 속에서 중력이 감소되어 쉽게 기능적 움직임을 할 수 있게 하여(Kisner et al., 2017) 주변 조직을 강화하고 신체 균형 능력을 증가시킨다(Matsumoto et al., 2016). 관련 연구로는 Cha 등(2017)은 수중운동이 만성 뇌졸

중 환자의 다리 근활성도와 균형 능력의 향상을 가져온다고 하였고, Shin와 Shin (2022)은 수중에서 균형 훈련이 뇌졸중 환자의 정적 균형과 보행 기능을 향상시킨다고 보고하였다. 메타분석 결과 수중운동은 균형과 보행 속도를 개선하는데 긍정적으로 작용한다고 하였다(Nayak et al., 2020).

수중운동의 이점과 함께 추가적인 기능 향상을 위한 방법으로는 도구를 이용한 방법과 이중과제 훈련 방법이 있다. 이중과제 훈련은 운동을 하면서 추가적인 과제를 제시하는 방법으로 뇌졸중 환자의 동적 균형 능력 향상에 효과적이다(Bang et al., 2012). 메타분석 결과 다양한 방법을 이용한 이중과제 적용은 뇌졸중 환자의 일상생활동작의 수행 능력을 개선하고 인지 기능 향상에 효과가 있다고 보고 하였다(Win et al., 2020). 이중과제 훈련은 수중에서도 수행 가능하다. Saleh 등(2019)은 수중에서 이중과제 훈련은 균형과 보행 능력을 개선한다고 보고하였고, Kim 등(2016)은 수중에서 눈감고 서기, 안정화 운동, 걷기의 이중과제 적용 후 균형과 보행 능력의 개선을 보고 하여 수중운동 중재와 이중과제 훈련의 효과는 잘 알려져 있다.

그러나 선행연구의 이중과제는 지상과 수중에서의 개별 효과와 수중과 지상환경에서 효과만을 단순 비교하였고 본 연구처럼 지상과 수중이라는 환경에서 걷기과제와 인지과제(숫자세기 및 계산하기)를 이용한 이중과제가 뇌졸중 환자의 신체적 변화 및 심인성 변화를 미치는 영향을 비교한 연구는 부족하다. 그러므로 본 연구는 수중과 지상에서 걷기와 함께 이중과제를 적용하여 뇌졸중 환자의 균형 능력과 보행 능력 및 우울에 미치는 영향을 확인하고자 하며 수중운동의 기초자료와 뇌졸중 환자의 중재 방법으로 활용 가능성을 제시하고자 한다.

## II. 연구 방법

### 1. 연구 대상

본 연구는 신경외과 의사에게 뇌졸중으로 진단받고 6개월이 경과된 만성 뇌졸중 환자 24명을 대상으로 연구를 진행하였다. 표본 수 선정을 위해 Moon 등(2014)의 선행연구를 근거로 G\*Power(Faul et al., 2007) 프로그램을 사용하여 검정력( $1-\beta = 0.90$ ), 효과크기( $d=0.8$ ), 유의수준( $\alpha = 0.05$ )로 설정하였다. 그룹당 각각 11명이 산출되어 탈락을 고려해 2명을 추가 모집하여 총 24명으로 구성하였다. 집단 분류는 단일맹검법(Single-blind test)의 무작위 제비뽑기 방식으로 수중에서 이중과제 운동을 적용한 실험군 12명과 지상에서 이중과제 운동을 적용한 대조군 12명으로 무작위 배치하였다. 본 연구의 절차는 헬싱키 선언과 생명윤리 규정에 따라 진행하였으며 모든 대상자는 본 연구의 목적과 절차 및 내용을 설명한 후 자발적으로 동의서를 작성한 후 연구에 참여하였다. 연구 대상자의 선정 기준은 1) 신경외과 의사에게 뇌졸중으로 진단을 받고 6개월 이상인 자, 2) 보조도구 없이 10m 이상 보행 가능한 자, 3) 연구자의 지시를 이행하고 의사소통이 가능한 자, 4) 한국형 간이정신상태 검사 점수가 24점 이상인 자, 5) 하지와 척추에 정형외과적 질환이 없는 자, 6) 시각적으로 문제가 없는 자로 선정하였다.

### 2. 실험 방법

실험군은 수중에서 인지과제와 운동과제가 결합된 이중과제 운동을 실시하였고 6주간 주 5회, 30분간 실시하였다. 수중에서 이중과제 운동은 준비운동을 5분간 적용하고 본 운동 20분, 마무리 운동 5분을 하였다. 준비운동과 마무리 운동은 간단한 체조와 스트레칭 운동을 하였다. 본 운동은 수심 1m, 수온 28~30℃에서 걷기 운동을 실시하였다. 이중과제 운동 중 걷기 운동은 Kang 등(2020)의 연구를 수정 보완하여 적용하였으며 인지과제는 Kim과 Lee(2021) 연구를 수정 보완

하여 적용하였다. 운동 강도는 1주에서 3주까지는 가벼운 운동강도로 시작하여 4주에서 6주까지는 약간 힘들음을 느낄 수 있는 정도의 운동 강도로 진행하였다. 걷기 운동은 25m 수영 풀장에서 반복해서 돌아오는 형태로 20분간 실시하였으며 5분 걷고 1분 휴식을 취하였으며 걷기 속도는 환자가 편안한 상태에서 걷기를 유지하였다. 걷기 운동 중 인지과제를 동시에 실시하였다. 인지과제는 1에서 50까지 순서대로 숫자세기와 1에서 50까지 거꾸로 숫자세기, 숫자 더하기와 빼기 및 그림 보고 말하기 등을 실시하였다. 대조군은 지상에서 인지과제와 운동과제가 결합된 이중과제 운동을 실시하였다. 운동 방법과 운동 기간은 실험군과 동일하게 적용하였다.

### 3. 측정도구 및 방법

#### 1) 균형 능력 측정

만성 뇌졸중 환자의 균형 능력을 평가하기 위하여 버그균형척도(Berg Balance Scale: BBS)를 사용하였다. BBS는 앉기와 서기 및 자세 변화를 통하여 균형 능력을 평가하는 도구이며 14개 항목으로 구성되어 있다. 과제를 완벽히 수행하면 4점, 과제를 수행할 수 없으면 0점을 적용하며 총점은 56점이다. BBS의 검사자 내 신뢰도는  $r=0.99$ 이며 검사자 간 신뢰도는  $r=0.98$ 로 신뢰도가 높다(Hiengkaew et al., 2012).

#### 2) 보행 능력 측정

만성 뇌졸중 환자의 보행 능력을 측정하기 위하여 일어나서 걸어 다녀오기 검사(Time Up Go Test: TUGT)를 사용하였다. TUGT는 의자에 앉은 상태에서 출발 신호와 함께 일어나서 전방에 표시된 3m 지점을 걷는 기준으로 반환점을 되돌아와 의자에 앉는 시점까지의 시간을 측정하였다. TUGT의 검사자내 신뢰도는  $r=0.99$ 이며 검사자 간 신뢰도는  $r=0.98$ 로 신뢰도가 높다(Podsiadlo & Richardson, 1991).

## 3) 우울 정도 측정

만성 뇌졸중 환자의 우울 측정을 위해 벡 우울 척도 (Beck Depression Inventory: BDI)를 이용하였다. BDI는 총 21 문항으로 인지적, 정서적, 동기적, 생리적 등의 4개의 영역으로 구성되어 있으며 각 문항마다 0점에서 3점까지 4점 리커드 척도로 총점은 최저 0점에서 최고 63점으로 0점에서 9점은 우울하지 않는 상태, 10점부터 15점 구간은 가벼운 우울 상태, 16점부터 23점의 구간은 중한 우울 상태, 24점부터 63점 구간은 심한 우울 상태로 점수가 높을수록 우울 정도가 높다. BDI의 신뢰도는  $r=0.94$ , 타당도는  $r=0.98$ 로 높은 신뢰도와 타당도를 가진 측정 도구이다(Hahn, 1982).

## 4. 자료 분석

모든 자료는 SPSS 19.0 (SPSS Inc., USA) 프로그램을 이용하여 통계 처리하였다. 연구 대상자의 일반적 특성을 확인하기 위해 기술통계를 이용하여 평균과 표준편차를 구하였다. 각 집단 간 동질성 검정을 위하여 독립표본 t-검정을 실시하였다. 각 집단에서 실험 전과 실험 후의 차이를 위해 대응표본 t-검정을 실시하였다. 각 집단의 실험 전과 실험 후의 변화량 차이는 독립표본 t-검정을 실시하였다. 통계학적 검증을 위한 유의수준은 0.05로 하였다.

## Ⅲ. 연구 결과

## 1. 연구 대상자의 일반적인 특성

본 연구 대상자는 총 24명으로 수중에서 이중과제 운동을 적용한 실험군 12명과 지상에서 이중과제 운동을 적용한 대조군 12명의 일반적 특성은 성별과 마비측, 나이, 신장, 몸무게, 유병기간 및 인지 기능에 대한 동질성 검정 결과 유의하지 않았다( $p>0.05$ ) (Table 1).

## 2. 균형 능력 변화

균형은 동질성 검정 결과 유의하지 않았고( $p>0.05$ ) (Table 2), BBS는 실험군과 대조군 모두 실험 전보다 실험 후에 유의한 차이가 있었다( $p<0.05$ ). 실험 전과 후 BBS 변화량의 차이에서 대조군 보다 실험군에서 유의한 차이가 있었다( $p<0.05$ )(Table 2).

## 3. 보행 변화

보행은 동질성 검정 결과 유의하지 않았고( $p>0.05$ )(Table 2), TUGT는 실험군과 대조군 모두 실험 전보다 실험 후에 유의한 차이가 있었다( $p<0.05$ ). 실험 전과 후 TUGT 변화량의 차이에서 대조군 보다 실험군에서 유의한 차이가 있었다( $p<0.05$ )(Table 2).

Table 1. General characteristics of subjects

(N=24)

	Experimental Group (n=12)	Control Group (n=12)	<i>p</i>
Gender (M/F)	6 / 6	6 / 6	
Paretic side (R/L)	5 / 7	6 / 6	
Age (years)	68.66±3.72	66.91±4.48	0.31
Height (cm)	163.25±7.02	160.91±6.48	0.41
Weight (kg)	55.79±7.48	57.58±4.90	0.50
Duration of onset (months)	8.91±1.72	9.25±1.60	0.63
MMSE-K (score)	24.41±1.16	25.16±1.02	0.11

MMSE-K: Mini mental state examination-Korea, EG: experimental group, CG: control group, M: male, F: female, R: right, L: left, mean±standard,

Table 2. Intra-group changes and inter-group changes

		EG	CG	t	<i>p</i> <sup>a)</sup>
BBS (score)	Pre	39.75±1.35	38.91±1.44	1.45	0.15
	Post	43.00±0.60	40.91±0.66		
	Difference	3.25±1.48	2.00±1.41	2.11	0.04*
	t	-7.58	-4.90		
	<i>pb</i> <sup>b)</sup>	0.00**	0.00**		
TUGT (sec)	Pre	19.58±1.67	20.16±1.52	-0.89	0.38
	Post	15.16±0.71	17.50±1.00		
	Difference	-4.41±2.06	-2.66±1.43	-2.41	0.03*
	t	7.41	6.44		
	<i>pb</i> <sup>b)</sup>	0.00**	0.00**		
BDI (score)	Pre	24.33±1.37	23.58±0.99	1.53	0.13
	Post	15.91±1.08	19.08±0.98		
	Difference	-8.41±1.31	-4.50±1.56	-6.64	0.00**
	t	22.23	9.95		
	<i>pb</i> <sup>b)</sup>	0.00**	0.00**		

BBS: berg balance scale, TUGT: time up go test, BDI: beck depression inventory, EG: experimental group, CG: control group, <sup>a)</sup>independent t-test, <sup>b)</sup>paired t-test, \**p*<0.05 \*\**p*<0.001,

#### 4. 우울 변화

우울은 동질성 검정 결과 유의하지 않았고(*p*>0.05)(Table 2), BDI는 실험군과 대조군 모두 실험 전보다 실험 후에 유의한 차이가 있었다(*p*<0.05). 실험 전과 후 BDI 변화량의 차이에서 대조군 보다 실험군에서 유의한 차이가 있었다(*p*<0.05)(Table 2).

#### IV. 고 찰

본 연구의 목적은 수중과 지상에서 이중과제 운동 적용이 뇌졸중 환자의 보행과 균형 및 우울에 미치는 효과를 알아보고자 BBS 검사를 실시하였으며 실험군과 대조군에서 모두가 실험 전, 후 유의한 차이를 보였으며 집단 간 비교에서 대조군에 비해 실험군에서 균형 능력 향상에 유의한 차이를 보였다. Kim 등(2011)은 이중과제 균형 훈련을 뇌졸중 환자에게 적용하여 균형 능력의 향상을 보고하였고, Seo 등(2010)의 연구에

서도 인지와 운동 기능을 접목시키는 이중과제 훈련이 뇌졸중 환자의 균형 향상이 긍정적인 효과를 미쳤다고 보고되고 있으며 본 연구 결과와 일치하였다. 뇌졸중 환자의 인지 기능 저하는 균형 능력 조절을 어렵게 만들어 낙상으로 이어질 수 있으므로, 뇌졸중 환자를 위한 중재는 운동 기능뿐만 아니라 인지기능의 회복도 함께 이뤄져야 한다(Teasell et al., 2001). 낙상을 예방하고 균형 능력을 증진하기 위하여 수중에서 실시한 이중과제 훈련은 물의 유체역학적 특성으로 인하여 고유수용성 감각과 안뜰 감각이 자극되어(Sjogren et al., 1997) 균형 능력 향상에 긍정적인 영향을 주었을 거라고 사료된다. 또한 수중에서 이중과제 훈련 시 정수압과 부력 때문에 불규칙하게 움직이면서 서로 섞이는 흐름인 난류로 인하여 어려운 환경에서 자세를 유지하기 위하여 근육과 건, 인대, 그리고 관절수용기의 체성감각을 활성화시키기 때문에(Lee & Kim, 2013) 균형 능력 향상에 긍정적인 도움을 줄 것으로 사료된다.

본 연구에서 보행 능력을 알아보기 위하여 TUGT

검사를 실시하였다. TUGT는 기능적 이동성과 이동 능력을 측정 할 수 있는 검사방법으로 많은 연구에서 활용되고 있다(Kim & Kang, 2021). 수중과 지상에서 이중과제 운동 전, 후 보행 능력이 향상되었으며 대조군에 비해 수중에서 이중과제 운동을 실시한 실험군에서 보행 능력 향상에 유의한 차이를 보였다. Jang(2017)의 연구에서 아급성기 뇌졸중 환자에게 이중 과제 운동 수행 시 보행 능력이 향상되었으며 Seo 등(2010)은 이중과제를 적용한 후 뇌졸중 환자의 보행 능력에 향상을 보였으며 본 연구 결과와 일치하였다. 수중에서 운동은 33~35°의 높은 온도 때문에 혈액 순환 증가와 근육 경련 감소 및 신체 중심의 안정성 증가에 매우 효과적이라고 하였다(Shin et al., 2005). 수중에서 물의 흐름과 압력은 신체의 동작에 저항을 제공하여 관절가동범위와 하지의 근력 향상에 도움을 주며 보행 능력의 향상을 가져온다(Batterham et al., 2011). 또한, 인지 기능의 감소는 사고력과 시공간 능력, 실행, 판단력과 같은 문제를 유발하여 균형과 보행 능력을 감소시키므로 인지기능과 함께 보행훈련을 이용한 이중과제 운동은 보행능력을 개선 한다고 보고 하여(Park & Park, 2021) 본 연구 결과와 유사하였다. 이는 수중에서 인지 과제 해결과 걷기 운동은 집중과 반복 및 학습을 통하여 중추신경계가 경험하지 못한 새로운 자극을 통하여 뇌의 신경가소성에 의해 움직임이 습득되고(Michel et al., 2009) 이를 통하여 운동학습이 되어서 보행 능력이 향상될 것으로 사료된다(Kloter & Dietz., 2012).

본 연구에서 함께 측정된 우울 변화는 BDI를 이용하여 확인하였다. 수중과 지상에서 이중과제 운동 전, 후에서 우울이 감소하였으며, 대조군에 비해 수중에서 이중과제 운동을 실시한 실험군에서 우울이 유의한 차이를 보였다. 뇌졸중 후에 우울과 불안 같은 정신학적 증상은 높은 비율로 발생한다(Angelelli et al., 2004). 뇌졸중 후에 발생하는 우울 증상은 기능 장애로 인한 것으로(Gainotti et al., 2001) 일상생활 동작의 감소는 우울과 높은 상관성이 있는 것으로 알려져 있다(LEE & Ko, 2010). 즉 뇌졸중 후에 균형과 보행과 같은

기능 향상은 일상생활동작의 향상으로 이어지고 이는 우울의 감소로 이어지는 것으로 해석이 가능하다. 이러한 관점에서 본 연구 결과인 균형과 보행의 개선은 심인성 변화인 우울에 영향을 미치며 수중에서 이중과제 훈련은 뇌졸중 환자의 기능을 개선하고(Kim et al., 2016) 지상보다 수중에서 운동이 뇌졸중 환자의 이동성 개선을 가져온 연구처럼(Park et al., 2011) 일상생활과 밀접한 관련이 있는 균형과 보행 능력의 증가는 우울 완화에 효과적으로 작용함으로써 이러한 결과가 발생한 것으로 사료된다(Lee et al., 2011).

본 연구의 제한점은 특정 지역의 만성기 뇌졸중 환자를 대상으로 짧은 기간에 연구를 진행하였고 표본의 크기가 작았기 때문에 연구 결과를 일반화하기에 한계가 있다. 또한 본 연구에서 수중에서 인지과제와 운동과제를 이용한 이중과제 운동을 실시하였는데 인지에 문제가 있는 환자를 대상으로 진행하였다면 인지 능력 향상을 기대해 볼 수 있을 것으로 생각된다. 따라서 향후에는 인지에 문제가 있는 만성기 뇌졸중 환자를 대상으로 다양한 이중과제 운동이 균형과 보행 및 우울에 미치는 영향에 대한 연구가 필요하다.

## V. 결론

본 연구는 만성 뇌졸중 환자를 대상으로 수중과 지상에서 이중과제 운동이 균형과 보행 및 우울 향상에 어떠한 영향을 주는지 알아보고자 하였다. 본 연구 결과 수중과 지상에서 이중과제 운동 모두 균형과 보행 및 우울에 향상을 보였다. 특히 수중에서 이중과제 운동이 지상에서 이중과제 운동 보다 균형과 보행 및 우울에서 더욱 더 향상을 보였다. 따라서 만성 뇌졸중 환자에게 균형과 보행 및 우울을 향상시키기 위해 임상 현장에서 수중에서 이중과제 운동이 많은 도움이 될 것이며 이와 관련된 연구들이 지속적으로 이루어져야 할 것이다.

## References

- Angelelli P, Paolucci S, Bivona U, et al. Development of neuropsychiatric symptoms in poststroke patients: A cross-sectional study. *Acta Psychiatrica Scandinavica*. 2004;110(1):55-63.
- Bang DH, Lee YC, Bong SN. The effects of cognitive dual task training on walking ability in treadmill training with chronic stroke patients. *PNF and Movement*. 2012;10(1):25-33.
- Batterham SI, Heywood S, Keating JL. Systematic review and meta-analysis comparing land and aquatic exercise for people with hip or knee arthritis on function, mobility and other health outcomes. *BMC Musculoskeletal Disorders*. 2011;12(1):1-13.
- Cha HG, Shin YJ, Kim MK. Effects of the bad ragaz ring method on muscle activation of the lower limbs and balance ability in chronic stroke: a randomised controlled trial. *Hong Kong Physiotherapy Journal*. 2017;37(1):39-45.
- Faul F, Erdfelder E, Lang AG, et al. G\* power 3: A flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. *Behavior Research Methods*. 2007;39(2):175-191.
- Gainotti G, Antonucci G, Marra C, et al. Relation between depression after stroke, antidepressant therapy, and functional recovery. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*. 2001;71(2):258-261.
- Geiger RA, Allen JB, O'Keefe J, et al. Balance and mobility following stroke: Effects of physical therapy interventions with and without biofeedback/forceplate training. *Physical therapy*. 2001;81(4):995-1005.
- Hahn H. A standardization study of beck depression inventory in korea. *Journal of Korean Neuropsychiatric Association*. 1982;25(3):487-502.
- Hiengkaew V, Jitaree K, Chaiyawat P. Minimal detectable changes of the berg balance scale, fugl-meyer assessment scale, timed "up & go" test, gait speeds, and 2-minute walk test in individuals with chronic stroke with different degrees of ankle plantarflexor tone. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2012;93(7):1201-1208.
- Hong Z, Sui M, Zhuang Z, et al. Effectiveness of neuromuscular electrical stimulation on lower limbs of patients with hemiplegia after chronic stroke: a systematic review. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2018;99(5):1011-1022. e1011.
- Jang YM. Effects of performing dual task on temporospatial gait variables in subjects with subacute stroke. *PNF and Movement*. 2017;15(3):361-371.
- Kang KJ, Lee JS, Yang JO, et al. Effect of Aquatic Walking Exercise on Gait and Balance Parameters of Elderly Women. *Korean Journal of Sport Biomechanics*. 2020;30(1):73-81.
- Karthikbabu S, Ganesan S, Ellajosyula R, et al. Core stability exercises yield multiple benefits for patients with chronic stroke: A randomized controlled trial. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*. 2022;101(4):314-323.
- Kim HS, Jung JH, Woo HS, et al. The correlation between depression, motivation for rehabilitation, activities of daily living, and quality of life in stroke patients. *The Journal of Korean Society of Occupational Therapy*. 2009;17(3):41-53.
- Kim K, Lee DK, Kim EK. Effect of aquatic dual-task training on balance and gait in stroke patients. *Journal of Physical Therapy Science*. 2016;28(7):2044-2047.
- Kim, SM, Kang SH. The Effects of Task-Oriented Circuit Training Using Unstable Surface on Balance, Walking and Balance Confidence in Subacute Stroke Patients. *Journal of The Korean Society of Integrative Medicine*. 2021;9(4):2-223.
- Kim SJ, Lee HJ. The Effects of Dual Task Training According to Variability of Walking Environment on Balance,

- Gait and Function of Stroke Patients. *Journal of The Korean Society of Integrative Medicine*. 2021;9(2): 23-33.
- Kim YJ, Son HH, Oh JL, et al. Effects of dual task balance training on balance and activities of daily living in stroke patient. *Journal of the Korean Society of Physical Medicine*. 2011;6(1):19-29.
- Kisner C, Colby LA, Borstad J. Therapeutic exercise: Foundations and techniques Fa Davis. 2017.
- Kloter E, Dietz V. Obstacle avoidance locomotor tasks: adaptation, memory and skill transfer. *European Journal of Neuroscience*. 2012;35(10):1613-1621.
- Krishnamurthi RV, Feigin VL, Forouzanfar MH, et al. Global and regional burden of first-ever ischaemic and haemorrhagic stroke during 1990–2010: Findings from the global burden of disease study 2010. *The Lancet Global Health*. 2013;1(5):e259-e281.
- Lee BH, Park JS, Kim NR. The effect of physical activity program on cognitive function, physical performance, gait, quality of life and depression in the elderly with dementia. *Journal of Special Education & Rehabilitation Science*. 2011;50(2):307-328.
- Lee DK, Kim YN. The effects of proprioceptive neuromuscular facilitation lower extremity pattern on muscular strength and flexibility in an aquatic environment. *The Journal of Korean Physical Therapy*. 2013;25(2):49-55.
- Lee DJ, Ko TS. Relationships between symptoms of depression and cognitive function, physical functions, and activities of daily living in stroke patients. *Journal of Special Education & Rehabilitation Science*. 2010;49(4):159-178.
- Lephart SM, Pincivero DM, Giraido JL, et al. The role of proprioception in the management and rehabilitation of athletic injuries. *The American Journal of Sports Medicine*. 1997;25(1):130-137.
- Liu Y, Fang Y, Zhang Z, et al. Ferroptosis: An emerging therapeutic target in stroke. *Journal of Neurochemistry*. 2022;160(1):64-73.
- Matsumoto S, Uema T, Ikeda K, et al. Effect of underwater exercise on lower-extremity function and quality of life in post-stroke patients: A pilot controlled clinical trial. *The Journal of Alternative and Complementary Medicine*. 2016;22(8):635-641.
- Michel J, Benninger D, Dietz V, et al. Obstacle stepping in patients with parkinson's disease. *Journal of Neurology*. 2009;256(3):457-463.
- Moon HI, Choi YR, Lee SK. Effects of virtual reality cognitive rehabilitation program on cognitive function, physical function and depression in the elders with dementia. *Journal of International Academy of Physical Therapy Research*. 2014;5(2):730-737.
- Nayak P, Mahmood A, Natarajan M, et al. Effect of aquatic therapy on balance and gait in stroke survivors: A systematic review and meta-analysis. *Complementary therapies in clinical practice*. 2020;39:1-11.
- Park CD, Park JM. Effects of Dual-Task Training in using the Gait Exercise Program on Gait Pattern and Cognitive Function in Elderly With Mild Cognitive Impairment. *Journal of Sport and Leisure Studies*. 2021;83:363-378.
- Park JS, Lee DH, Lee SY, et al. Comparison of the effects of exercise by chronic stroke patients in aquatic and land environments. *Journal of Physical Therapy Science*. 2011;23(5):821-824.
- Podsiadlo D, Richardson S. The timed "up & go": a test of basic functional mobility for frail elderly persons. *Journal of the American geriatrics Society*. 1991;39(2):142-148.
- Saleh MSM, Rehab NI, Aly SMA. Effect of aquatic versus land motor dual task training on balance and gait of patients with chronic stroke: A randomized controlled trial. *NeuroRehabilitation*. 2019;44(4): 485-492.



- Seo TH, Lee BH, Baek JY. The effect of dual task training on the balance and gait of stroke patients. *Korea Coaching Development Center*. 2010;12(1):139-149.
- Shin KY, Lee JP, Kim YJ, et al. Effect of walking in water and on land on predictors of cardiovascular risk factor and anp(atrial natriuretic peptide) expression. *The Korean Journal of Physical Education*. 2005;44(4): 357-366.
- Shin YJ, Shin HS. Effects of aquatic gait and balance training on static balance and gait in stroke patients. *Journal of the Korea Academia-Industrial Cooperation Society*. 2022;23(2):424-430.
- Sjogren T, Long N, Story I, et al. Group hydrotherapy versus group land-based treatment for chronic low back pain. *Physiotherapy Research International*. 1997;2(4): 212-222.
- Smania N, Picelli A, Gandolfi M, et al. Rehabilitation of sensorimotor integration deficits in balance impairment of patients with stroke hemiparesis: A before/after pilot study. *Neurological Sciences*. 2008;29(5):313-319.
- Tangmanee N, Muengtaweepongsa S, Limtrakarn W. Development of a diy rehabilitation device for lower limb weakness in acute to subacute ischemic stroke. *MethodsX*. 2022;25(9):101582.
- Teasell RW, McRae MP, Foley N, et al. Physical and functional correlations of ankle-foot orthosis use in the rehabilitation of stroke patients. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2001;82(8):1047-1049.
- Winstein CJ, Stein J, Arena R, et al. Guidelines for adult stroke rehabilitation and recovery: A guideline for healthcare professionals from the american heart association/american stroke association. *Stroke*. 2016;47(6):e98-e169.
- Win KA, Lim SJ, Park HY, et al. Effects of the dual-task training on stroke patients : a systematic review and meta-analysis. *Korean Society of Neurological Occupational Therapy*. 2020;9(2):7-25.
- Wu S, Wu B, Liu M, et al. Stroke in china: Advances and challenges in epidemiology, prevention, and management. *The Lancet Neurology*. 2019;18(4): 394-405.