

수중 동요 훈련이 뇌졸중 환자의 생리학적 소비지수와 보행 능력에 미치는 효과 분석

박승규 · 박삼현[‡]
세한대학교 물리치료학과

An Analysis of Effects of Water Perturbation Exercise on Physiological Cost Index and Gait Ability in Stroke Patients.

Park Seungkyu, PT, Ph.D · Park Samheon, PT[‡]
Dept. of Physical Therapy, Sehan University,
Dept. of Physical Therapy, Graduate School, Sehan University

Abstract

PURPOSE : This study attempts to find the effects of water perturbation exercise performed on stroke patients in their physiological cost index and gait ability tests.

METHOD : The subjects were 30 stroke patients, water perturbation exercise group was performed 3 day per week, for 40 minutes a day, for a period of eight weeks. The physiological cost index and gait of all subjects were assessed by using the polar, 6 Minute Walk Test (6MWT), and 10 meter Walk Test(10mWT) at pre training and post training. Paired t-test was used to analyze change before and after intervention in group. Pearson's correlation was used to analyze correlation of all variables.

RESULT : Water perturbation exercise group showed increased physiological cost index. Water perturbation exercise increased gait ability, showing a significant difference. Showing the correlation between the relatively high amount between physiological cost index and 6 minutes walking test.

CONCLUSION : From the result of the study, we found that water perturbation exercise was effective in improving physiological cost index and gait ability. The patient is considered to be used by itself to involve the treatment and the risk of falling from the lowered state into the treatment method for the intensive treatment of stroke patients to be useful in improving the cardiovascular system and ability to walk.

Through underwater training for stroke patients in the future on the basis of this study it is considered to require additional clinical studies on the impact on daily living and quality of life of stroke patients.

Key Words : water perturbation exercise, stroke, physiological cost index, gait

[‡]교신저자 :
박삼현 ehwns2@naver.com

논문접수일 : 2016년 8월 29일 | 수정일 : 2016년 9월 26일 | 게재승인일 : 2016년 9월 27일
※ 본 논문은 2016학년도 새한대학교 교내연구비의 지원에 의해 이루어졌음.

I. 서론

뇌졸중은 뇌혈관의 장애로 인해 중추신경계의 신경학적 손상으로 인한 장애가 24시간 이상 지속되는 것으로 감각과 운동(양대중 등, 2014; Shah, 2006) 인지 능력 등의 저하로 신체적 활동에 심각한 제약을 주고 사회적 참여에 제한을 가져온다(Lamb 등, 2003). 뇌졸중 환자의 손상 측의 마비 증상은 근력의 약화를 초래하여, 근육의 두께 감소 및 근섬유의 단축 그리고 운동단위의 감소로 인해 손상측 근육의 기능장애를 보이게 된다(Leroux 등 2006). 손상측 하지 근육의 기능장애로 인해 선 자세를 유지하는 동안 비손상측 하지에 더 큰 힘을 발생시키고 비대칭적인 힘으로 인해 손상측 하지의 체중지지가 어려워진다. 손상 측의 고유수용성 감각과 평형능력의 저하 및 소실로 인해 감각입력 감소와 체중 부하의 감소가 나타나고 비대칭적 감각입력과 수행처리는 뇌졸중 환자가 정상적인 자세조절 능력에 제한을 준다(Hornby 등, 2008). 손상측의 감각저하와 비대칭적인 수행처리능력으로 인해 균형 능력의 저하, 보행능력의 저하를 동반한 일상생활에 영향을 미치는 운동기능의 장애를 동반한다(Verheyden 등, 2006). 이로 인해 기능적 움직임을 위한 자세 유지능력, 움직임 조절 등의 기능제한을 초래하여 사회적, 직업적, 경제적, 가정생활과 사회적 참여에 문제를 발생시키게 된다.

뇌졸중 환자는 비대칭적인 몸통과 골반의 정렬로 인해 체간과 하지 근위부의 안정성을 감소시켜 불균형적인 자세를 유발하고(이상호, 2005; 홍성일 등, 2014), 선 자세에서 손상측 하지에 체중의 25~43% 이하만을 지지함으로써 선 자세의 유지를 어렵게 한다(Yang 등, 2007). 이로 인해 체간의 불안정성을 보이게 되며, 보행 능력에 영향을 미치게 된다(임진용과 김다연). 뇌졸중 환자의 보행은 건강한 성인에 비해 좌우 비대칭적인 모습과 현저하게 감소된 보행 속도, 하지 보장의 차이를 보이며, 손상측 하지의 디딤기 시간이 짧아지고 흔들기 시간은 늘어나며, 분속수의 감소를 보인다(박기덕, 2016). 이러한 비대칭적인 자세와 체중이동 능력의 저하로 인해 손상측 사지의 기능을 회복하기 위한 사용의 감소와 정상측만 사용하려는 경향이 높아져 손상측 사지의 기능저하를 초래하게

된다. 이러한 요인으로 인하여 뇌졸중 환자의 상당수가 목적성이 있는 움직임이나 보행을 할 때 에너지소비량의 증가와 산소 소비량의 증가를 보인다(Fredrickson 등, 2007).

산소 소비량(oxygen consumption rate, VO_2)이란 호흡을 이용하여 운동 강도에 따른 에너지 소모량의 측정을 표현하는 방법으로 날숨 시 측정하여 전신의 산소소모를 반영한다. 산소소모는 보행 시 에너지 소모를 평가를 위해 사용되지만 고가의 장비와 기구 장착 등의 어려움으로 뇌졸중 환자를 대상으로 임상 영역에서 이용하기에 어려움이 많다고 하였다(박승규 등, 2015; 박삼헌, 2015).

에너지 소모는 걷기, 달리기와 같은 다양한 신체활동과 대상자의 속도와 표면의 차이에 따라 달라진다. 에너지 소비를 보다 쉽게 측정하기 위해 MacGregor(1979)에 의해 고안된 생리학적 소비지수(Physiological Cost Index: PCI)를 이용하여 심박 수(Heart rate)와 보행 속도를 측정하여 보행 시 에너지 소비를 평가하는 방법으로 자전기에르고미터와 트레드밀 검사에서 디지털 형식으로 측정할 수 있는 이점이 있다. 선행 연구를 통해 생리학적 소비지수의 타당성과 측정자내 신뢰도($r=.73, r=.79$) 및 측정자간 신뢰도($r=.62, r=.66$), 검사-재검사 신뢰도(intraclass correlation coefficient, ICC=.92)가 높다고 보고하였다(Boyd 등, 1999; IJzerman 등, 2002; Graham 등, 2005; IJzerman 등, 1999).

뇌졸중 발병 후 초기부터 환자들의 재활에 대한 최종 목표는 독립적인 보행을 통한 사회로 복귀와 환자의 독립성을 보장하고 손상 이전의 기능으로 회복에 있기 때문에 균형과 보행 능력은 오랜 세월에 걸쳐 임상적으로 중요하게 연구되어 왔다(Maeshima 등, 2012; Dickstein & Abulaffio, 2000). 현재 편마비 환자의 기능증진과 보행능력 증진을 위한 재활프로그램은 탄성밴드 훈련, 트레드밀 훈련, 가상현실 기반훈련, 승마기구 훈련, 그리고 수중운동 프로그램 등의 연구가 이루어지고 있다.

대부분의 뇌졸중 환자들은 외부의 흔들림에 대해 자세를 안정시킬 수 있는 균형 능력의 감소로 인해 낙상의 위험도가 증가되어 기능적인 활동 및 보행, 이동에 많은 어려움이 있다(Duncan 등, 2003; 정재현, 2016). 그러나 수중에서는 낙상 속도를 천천히 할 수 있고, 물의 특성을 이용한 억제와 촉진을 통해 균형을 유지하거나 자유

로운 움직임을 가능하게 한다(Grosse & Lambeck, 2004) 이를 통하여 수중에서 훈련을 통해 낙상 위험성과 이에 따른 두려움을 줄일 수 있고(Melzer 등, 2008) 치료 환경의 다양성을 제공하는 하나의 방법으로 뇌졸중을 비롯한 여러 질환에 적용되어 왔다. 수중에서는 체중 부하를 최소화하기 때문에 관절에 부담을 주지 않으면서 근력 및 활동성, 지구력 등을 향상할 수 있다고 하였으며, 지상에서 체중 부하를 감당할 수 없는 환자들에게 좀 더 조기에 운동을 시작할 수 있는 환경을 제공해 준다고 하였다(Park 등, 2011). 김희중(2015)은 뇌졸중 환자를 대상으로 점진적 속도 증진 수중 보행 훈련을 적용한 그룹에서 보행 지구력의 유의한 증가를 보였으며, 김관호(2015)는 뇌졸중 환자를 대상으로 수중 재활운동 프로그램을 실시한 결과 보행능력의 유의한 차이를 보였다. Barela와 Duarte(2008)는 노인을 대상으로 수중에서 편안한 속도로 보행 훈련을 실시한 결과 보행능력의 유의한 차이를 보였다.

이처럼 수중에서 다양한 훈련을 통해 균형능력과 보행 능력에 대한 연구들이 지속적으로 이루어지고 있으나 에너지 소모가 포함된 보행능력에 대한 연구는 부족한 실정이다. 따라서 본 연구의 목적은 뇌졸중 환자에게 수중

동요 훈련을 통해 생리학적 소비지수와 보행능력에 미치는 영향을 알아보고, 변수 간에 상관관계가 있는지 알아보고자 한다.

II. 연구방법

1. 연구 대상자

본 연구는 전남 목포 소재 J 병원에서 이루어 졌으며, 발병 6개월 이상 경과된 뇌졸중 환자 30명을 대상으로 본 연구의 참여기준에 적합한 자로 본인 또는 보호자에게 본 연구에 대해 충분히 설명한 후 진행하였다. 구체적인 선정조건은 전문의에게 뇌졸중으로 진단을 받은 자, 한국형 간이 정신 상태 검사(Korean Mini Mental State Evaluation, K-MMSE) 결과 24점 이상으로 인지기능이 정상 범주에 속하는 자, 언어의 사용은 제한적이지만 의사소통이 가능한 자, 10m 이상 독립보행이 가능한 자, 수중기반 훈련 후 빈맥, 불안정 등 심폐기능 이상 소견을 보이는 경우 연구대상에서 제외하였다. 연구에 참여한 대상자의 일반적 특성은 표 1과 같다.

표 1. 연구 대상자의 일반적 특징

	연령(year)	발병일(month)	성별(male/female)	손상측(right/left)
수중 동요 훈련 그룹(n=30)	57.63±4.62	14.95±1.21	21/9	17/13

2. 실험방법

본 연구가 진행되는 풀의 수심은 1.2-1.4m, 물의 온도는 Cider 등(2005)이 사용한 온도로 풀장 내 물의 온도를 일반 수영장의 온도인 25-28°C보다 33-34°C로 높게 유지하여 환자를 체온보다 낮은 온도에서 추위에 떠는 것을 방지함으로써 갑작스런 근 수축을 방지하여 치료의 목적을 최대로 하였다. 일반적인 신경계 물리치료를 30분씩 중제한 후, 8주간, 3회/1주, 40분/1일 동안 시행하였다. 수중 동요 훈련은 Melzer 등(2008)의 연구를 기반으로 총 5단계로 이루어져 있는 중재 중 1단계인 외부적 지지가

있는 선자세에서 훈련과 2단계인 외부적 지지가 없는 양발을 지지한 선자세에서 훈련으로 이루어져 있으며, 풀장 벽 잡고 손상측 다리로 지지하여 한발로 서기, 비손상측 다리를 앞으로 내딛기, 비손상측 다리로 발차기, 풀가운데에서 제자리에 서서 중심잡고 서있기의 순서로 수중 동요 훈련을 실시하였다. 수중 훈련을 실시하는 동안 대상자가 어지러움, 오심, 가슴에 불편함이 있으면 즉시 중단하도록 하였다.

1) 측정도구

(1) 생리학적 소비지수(physiological cost index, PCI)

심박수 측정기 RS800 CX (Polar, Polar Electro, Filand) 를 사용하여 심박수를 측정하였다. 심박수 측정기는 신호 전달자, 탄력 끈 그리고 손목 수신기로 구성되어 있으며 착용방법은 상품명이 앞으로 오게 하여 가슴 아래 쪽으로 돌려 고정시키고, 손목에 보통시계를 찰 때와 동일하게 손목 수신기를 착용하였다. 생리학적 소비지수를 측정 할 때 2가지를 주의해야 한다. 첫째, 휴식 시 또는 보행 시 심박수가 일정한 상태에 있어야 한다. 둘째, 생리학적 소비지수를 측정하는 동안 대상자는 평상시 걷는 속도 또는 편안한 속도를 유지 하여야 한다고 하였다 (Graham 등, 2005)

(2) 보행능력(gait ability)

① 10m 보행 속도 검사(10m walk test, 10mWT)

10mWT 검사는 보행 수행능력을 평가하기 위한 도구이며 여러 연구에서 신뢰도와 타당도가 검증된 검사방법으로, 14m의 직선거리에서 시작과 끝의 2m를 감속과 가속을 위한 거리로 설정하고 10m의 거리에 대한 보행 시간을 측정하여 기능적 보행을 위한 측정 변수로 사용하였으며 높은 신뢰도를 나타내는 평가 도구이다(Dobkin, 2006)

② 6분 보행 검사(6 minute walk test, 6MWT)

6MWT는 신체적 능력을 측정하기 위한 검사이며, 일상적인 신체 활동과 유사한 최대하 수준의 기능적 평가 도구로, 지구력과 장거리를 걸을 수 있는 능력을 평가한다. 검사의 시작은 정해진 트랙을 따라 6분 동안 걷는 방법이다. 검사 전 준비운동은 시행하지 않았고, 시작 전 의자에 앉은 상태에서 검사방법에 대한 교육을 하였다. 대상자에게 6분간 최대한 많은 거리를 걷도록 하였으며,

걷는 속도는 개인 스스로 조절하도록 하였다. 대상자가 검사를 시작한 후에는 남은 시간과 지침에서 허용된 문구(“잘하고 있어요”, “계속 하세요”)만을 사용하였다. 검사가 종료된 다음에는 의자에 앉아 휴식을 취하게 하였다(Bennell 등, 2011)

2) 분석방법

결과분석은 WINDOW SPSS 20.0 프로그램을 이용하여 처리하였다. 연구대상자의 정규성 검증을 위해 Kolmogorov-Smirnov이용하여 정규성 검증을 실시하였고, 그룹 내 생리학적 소비지수와 보행능력을 비교하기 위해 대응표본 t-검정(paired t-test)을 실시하였고, 생리학적 소비지수와 보행능력간의 상관관계를 알아보기 위해 피어슨 상관관계(pearson's correlation)를 실시하였다. 통계학적 유의수준은 0.05로 하였다.

III. 결 과

1. 연구대상자의 일반적 특성

연구대상자의 평균나이는 57.63±4.62세 이었으며, 평균 발병일은 14.95±1.21개월 이었고, 성별은 남성이 21명, 여성이 9명이었고, 손상측은 오른쪽이 17명, 왼쪽이 13명이었다(표 1).

2. 생리학적 소비지수 비교

생리학적 소비 지수(PCI)는 중재 전 0.99±0.20 beat/m 에서 중재 후 0.88±0.18 beat/m로 통계학적으로 유의한 차이를 보였다(p<0.01)(표 2).

표 2. 수중훈련군의 생리학적 소비지수의 변화

	pre-test	post-test	t	p
	Mean ± Standard deviation	Mean ± Standard deviation		
생리학적 소비지수 (beat/m)	0.99±0.20	0.88±0.18	5.58	.000*

*p<.01

3. 보행능력 비교

6분 보행 검사(6MWT)는 중재 전 101.33±2.44 m에서 중재 후 118.59±4.37 m로 통계학적으로 유의한 차이가

있었다(p<0.01). 10m 보행 속도 검사(10mWT)는 중재 전 28.30±2.23 sec에서 중재 후 23.85±2.08 sec로 통계학적으로 유의한 차이가 있었다(p<0.01)(표 3).

표 3. 수중훈련군의 보행능력의 변화

	pre-test	post-test	t	p
	Mean ± Standard deviation	Mean ± Standard deviation		
6분 걷기검사 (m)	101.33±2.44	118.59±4.37	-27.83	.000*
10m 걷기검사 (sec)	28.30±2.23	23.85±2.08	7.79	.000*

*p<.01

4. 생리학적 소비지수와 보행능력의 상관관계 비교

생리학적 소비지수, 10m 보행 속도 검사 및 6분 보행 검사 간의 상관관계는 생리학적 소비 지수와 6분 걷기

검사 사이에서 r=.668 유의수준 .000으로 높은 양의 상관관계를 나타냈다. 6분 걷기검사와 10m 보행 속도 검사 사이에서 r=.451 유의수준 .012로 높은 양의 상관관계를 나타냈다(표 4).

표 4. 수중훈련군의 생리학적 소비지수와 보행능력간의 상관관계

		생리학적 소비지수	6분 걷기검사	10m 걷기검사
생리학적 소비지수	Pearson Correlation	1	.668*	-.006
	Sig. (2-tailed)		.000	.973
	N	30	30	30
6분 걷기검사	Pearson Correlation	.668*	1	.451**
	Sig. (2-tailed)	.000		.012
	N	30	30	30
10m 걷기검사	Pearson Correlation	-.006	.451**	1
	Sig. (2-tailed)	.973	.012	
	N	30	30	30

*p<.01

**p<.05

IV. 고 찰

뇌졸중은 출혈 또는 허혈성으로 인한 뇌혈관의 손상으로 인해 대뇌 기능의 국소적인 소실로 인해 장애를 유발하는 대표적인 질병으로 대두 되었으며 생존자에게 지속

적인 장애가 되어 삶의 질을 떨어뜨린다(심현보 등, 2014) 뇌졸중은 마비 측 신체의 상지, 하지 안면의 손상과 더불어 어지러움, 감각의 손실로 인한 균형능력의 저하와 호흡 능력의 감소로 인해 보행과 일상생활에 어려움을 초래한다(김세훈 등, 2014) 특히 운동조절의 저하, 경직과 체중지지 시 불안정성으로 같은 나이의 정상인에

비해 선 자세에서의 자세동요(postural sway)가 커진다. 이러한 요인으로 인하여 움직임을 할 때 1.5~2배의 에너지 소비를 한다.

최근 뇌졸중 환자의 기능회복을 위한 다양한 접근법을 통한 기능회복과 균형 및 보행능력의 향상을 위한 재활 프로그램들이 많은데, 최근 수중물리치료가 노인, 뇌성마비 환자, 척수손상 환자, 뇌졸중 환자 등을 대상으로 다양한 분야에 걸쳐 적용되어 진다(Stevens & Morgan, 2010). 수중운동은 물의 특성을 이용하여 중력을 감소시켜 지상에서 보다 움직임의 좀 더 쉬워지고 오락적 요소로 환자의 참여를 유도하고, 특히 물의 밀도와 부력의 영향으로 물리적 안정감을 제공 받아 지상에서 보다 도전적인 과제들을 수행할 수 있게 되므로 산소섭취량 및 심박수가 증가되고, 낙상에 대한 두려움을 줄인 상태에서 신체적 능력을 향상 시킨다(Masumoto 등, 2008). 또한 넓은 범위와 도전적인 과제들을 통해 움직임들이 제한된 근육들을 자극하여 보행에서 사용되는 근육들을 지상에서 보다 활성화시켜 보행능력과 근력에 유의한 향상을 가져 온다고 하였다.

운동 강도에 따른 에너지 소모량의 측정은 산소 소모율을 측정하여 전신의 산소 소모를 반영하며, 산소 소모율을 통해 보행 시 에너지 소모를 평가하는데 이용된다. 그러나 산소 소모율을 측정하기 위해서는 복잡한 기구 장착과 함께, 호기수집 시 호흡제한, 상대적으로 높은 비용으로 임상영역에서는 사용하기에 쉽게 이용 되지 못하고 있다. 그러나 생리학적 소비 지수는 심박수를 이용하여 운동 중 산소 소비량을 단순하면서도 쉽게 측정할 수 있는 방법으로 사용되고 있다.

Chin 등(1999)의 연구에서 보조기를 착용한 환자를 대상으로 트레드밀 훈련에서 최대하 수준에서 산소소비 및 심박수 간의 선형 관계를 보였다. Hall 등(1998)은 수중 트레드밀 보행이 신체의 대사에 미치는 영향에 대해 조사 하였는데, 심박수, 최대산소섭취량 및 인지기능을 비교분석한 결과 심박수와 최대산소섭취량의 유의한 차이를 보였다. Kusumoto 등(2016)은 경직성 뇌성마비 아동을 대상으로 앉고 일어서기 훈련을 6주간 주3회 60분간 실시한 결과 생리학적 소비지수의 유의한 차이를 보였다. Lopera 등(2016)은 과체중과 비만 청소년을 대상으로 16주간 수중과 지상에서 훈련을 비교하였는데 수중

훈련그룹에서 최대산소 소비량의 유의한 차이를 보였다. 본 연구에서도 뇌졸중 환자를 대상으로 8주간 수중 훈련을 실시한 결과 생리학적 소비지수의 유의한 차이를 보여 선행연구와 동일한 결과를 보였다. 수중이라는 환경은 공기 중 보다 밀도가 약 800배 정도 차이이며 이로 인해 인체는 물속에서 많은 압력을 받게 되고 이와 더불어 대상자 스스로 움직임의 속도를 증가시켜 저항의 증가를 통해 운동 강도를 조절하면서 능동적으로 치료에 참여 하게 되었으며, 이러한 중재를 통해 심폐 피트니스 증진을 통해 심혈관계 질환의 예방 및 심혈관계 지구력의 감소를 보이는 환자들에게 효과적인 중재 방법 중 하나라는 것을 뒷받침해 주는 것으로 생각되어진다.

김기운(2005)은 뇌졸중 환자 들을 대상으로 12주간 수중 훈련을 실시한 결과 하지 근력 및 보행 속도의 증가를 보였다. 김희중(2015)은 뇌졸중 환자를 대상으로 속도 증진 수중보행 훈련을 실시한 결과 보행속도의 유의한 차이를 보고 하였으며, 이동진(2009)은 뇌졸중 환자를 대상으로 수중운동을 실시하였을 때 보행속도의 향상에 효과가 있다고 하였다. 본 연구 결과에서 수중 훈련을 실시한 결과 보행능력의 유의하게 증가함을 보였는데, 이는 수중에서 훈련이 와류, 부력 및 물의 저항과 같은 물이 가지고 있는 특성으로 인해 하지의 근육의 활성화도의 증가와 넙다리 곧은근, 넙다리 두갈래근, 안쪽 넓은근의 강화를 통하여 보행 시 하지의 안정성의 증가로 인해 보행능력의 증진을 나타낸다고 하였으며(Masumoto 등, 2008), 수중이라는 환경이 균형 장애가 있어도 독립적으로 자세의 오류 감지를 위한 충분한 시간을 가질 수 있다고 하였으며, 이는 수중이라는 환경에서 환자 스스로 움직임의 범위를 알맞게 조절하여 지상에서보다 더 자유롭게 실시할 수 있을 것이라 생각된다.

본 연구의 제한점은 연구 대상자의 손상 부위와 발병 후 유병기간 등의 관련인자가 연구에 미치는 영향을 완전히 배제하기 어려웠고, 대상자의 수가 적기 때문에 일반화하기 어려움이 있었으며, 연구 대상자의 일상생활 통제에 어려움이 있었다.

V. 결론

본 연구는 뇌졸중 환자를 대상으로 수중 훈련을 8주간 실시한 후 생리학적 소비지수와 보행능력에 미치는 영향을 분석하여 수중 훈련의 효과를 알아보았다. 본 연구의 결과를 살펴보면 수중훈련이 생리학적 소비지수와 보행능력을 향상 시키는데 특히 생리학적 소비지수는 보행 지구력과 연관성을 보이는 것을 알 수 있었다. 따라서 이후 연구에서는 생리학적 소비지수와 보행능력 사이의 관계를 구체적으로 확인 하는 것이 필요할 것으로 생각 되어진다.

참고문헌

김관호(2015). 수중 재활운동프로그램이 뇌졸중 편마비 환자의 일상생활체력, 혈중지질, 균형 및 보행능력에 미치는 영향. 조선대학교 대학원, 박사학위 논문.

김기운(2005). 수중재활운동 프로그램이 뇌졸중환자의 운동역학적 변인 및 일상생활동작 수행능력에 미치는 효과. 세종대학교 대학원, 박사학위 논문.

김세훈, 이동규, 김은경(2014). 수중운동이 뇌졸중 환자의 균형과 우울에 미치는 효과. 대한물리치료학회지, 26(2), 104-109.

김희중(2015). 점진적 속도 증진 수중보행훈련이 뇌졸중 환자의 균형과 보행 및 지구력에 미치는 영향. 삼육대학교 대학원, 석사학위 논문.

박기덕(2016). 계단식 스퀘어 스텝 훈련이 뇌졸중 환자의 보행과 균형 능력에 미치는 영향. 한국교통대학교 대학원, 석사학위 논문.

박삼현(2015). 수중기반 훈련이 뇌졸중 환자의 생리학적 소비지수와 균형능력에 미치는 영향. 세한대학교 대학원, 석사학위 논문.

박승규, 양대중, 강정일 등(2015). 수중기반 훈련이 뇌졸중 환자의 하지 근활성도와 보행능력에 미치는 영향. 대한물리치료학회지, 27(5), 369-374.

심현보, 조휘영, 최원호(2014). 중추신경발달치료를 이용한 몸통 안정화 운동이 뇌졸중 환자의 허리부위 근 활

성도와 균형에 미치는 효과. 대한물리치료학회지, 26(1), 33-40.

양대중, 박승규, 강정일 등(2014). 뇌졸중 환자에서 자세 정렬변화가 족저압 및 균형에 미치는 영향. 대한물리치료학회지, 26(4), 226-233.

이동진(2009). 수중과 지상에서 과제관련 훈련이 뇌졸중 환자의 균형과 기능 수행 및 삶의 질에 미치는 영향. 삼육대학교 대학원, 박사학위 논문.

이상호(2005). 편마비 환자의 체중지지 트레드밀 훈련이 균형과 보행에 미치는 효과. 용인대학교 대학원, 석사학위 논문.

임진용, 김다연(2015). 다양한 지지면에서의 요부안정화 운동이 만성편마비환자의 균형에 미치는 영향. 대한통합의학학회지, 3(3), 9-16.

정재현(2016). 수중에서의 상·하지 기능훈련이 만성 뇌졸중 환자의 균형과 폐기능에 미치는 영향. 대구대학교 대학원, 박사학위 논문.

홍성일, 방대혁, 신원섭(2014). 탄성밴드를 이용한 측방 보행 훈련이 뇌졸중 환자의 보행 및 균형에 미치는 영향. 대한물리치료학회지, 26(5), 372-378.

Barela AM, Duarte M(2008). Biomechanical characteristics of elderly individuals walking on land and in water. J Electromyogr Kinesiol, 18(3), 446-454.

Bennell K, Dobson F, Hinman R(2011). Measures of physical performance assessments: Self-paced walk test(SPWT), stair climb test(SCT), six minute walk test(6MWT), chair stand test(CST), timed up & go(TUG), sock test, lift and carry test(LCT), and car task. Arthritis Care Res, 63(Sup 11), S350-370.

Boyd R, Fatone S, Rodda J(1999). High or low-technology measurements of energy expenditure in clinical gait analysis. Dev Med Child Neurol, 41(10), 676-682.

Cider A, Sunnerhagen KS, Schaufelberger M, et al(2005). Cardiorespiratory effects of warm water immersion in elderly patients with chronic heart failure. Clin Physiol Funct Imaging, 25(6), 313-317.

Chin T, Sawamura S, Fujita H, et al(1999). The efficacy of physiological cost index (PCI) measurement of a subject walking with an intelligent prosthesis. Prosthet

- Orthot Int, 23(1), 45-49.
- Dickstein R, Abulaffio N(2000). Postural sway of the affected and non-affected pelvis and leg in stance of hemiparesis patients. Arch Phys Med Rehabil, 81(3), 364-367.
- Dobkin BH(2006). Short-distance walking speed and timed walking distance: redundant measures for clinical trials. Neurol, 66(4), 584-586.
- Duncan P, Studenski S, Richards L, et al(2003). Randomized clinical trial of therapeutic exercise in subacute stroke. Stroke, 34(9), 2173-2180.
- Fredrickson E, Ruff RL, Daly JJ(2007). Physiological cost index as a proxy measure for the oxygen cost of gait in stroke patients. Neurorehabil Neural Repair, 21(5), 429-434.
- Graham RC, Smith NM, White CM(2005). The reliability and validity of the physiological cost index in healthy subjects while walking on 2 different tracks. Arch Phys Med Rehabil, 86(10), 2041-2046.
- Grosse SJ, Lambeck J(2004). The Halliwick method: a comparison of applications to swim instruction and aquatic therapy. J ICHPER-SD, 40(4), 31-36.
- Hall J, Macdonald IA, Maddison PJ, et al(1998). Cardiorespiratory responses to underwater treadmill walking in healthy females. Eur J Appl Physiol Occup Physiol, 77(3), 278-284.
- Hornby TG, Campbell DD, Kahn JH, et al(2008). Enhanced gait-related improvements after therapist-versus robotic-assisted locomotor training in subjects with chronic stroke a randomized controlled study. Stroke, 39(6), 1786-1792.
- IJzerman MJ, Baardman G, van't Hof MA, et al(1999). Validity and reproducibility of crutch force and heart rate measurements to assess energy expenditure of paraplegic gait. Arch Phys Med Rehabil, 80(9), 1017-1023.
- IJzerman MJ, Nene AV(2002). Feasibility of the physiological cost index as an outcome measure for the assessment of energy expenditure during walking. Arch Phys Med Rehabil, 83(12), 1777-1782.
- Kusumoto Y, Nitta O, Takaki K(2016). Impact of loaded sit-to-stand exercises at different speeds on the physiological cost of walking in children with spastic diplegia: A single-blind randomized clinical trial. Res Dev Disabil, 57, 85-91.
- Lamb SE, Ferrucci L, Volapto S, et al(2003). Risk factors for falling in home-dwelling older women with stroke the women's health and aging study. Stroke, 34(2), 494-501.
- Leroux A, Pinet H, Nadeau S(2006). Task-oriented intervention in chronic stroke: changes in clinical and laboratory measures of balance and mobility. Am J Phys Med Rehabil, 85(10), 820-830.
- Lopera CA, da Silva DF, Bianchini JA, et al(2016). Effect of water-versus land-based exercise training as a component of a multidisciplinary intervention program for overweight and obese adolescents. Physiol Behav, 165, 365-373.
- MacGregor J(1979). The objective measurement of physical performance with long term ambulatory physiological surveillance equipment(LAPSE). ISAM, 29-39.
- Maeshima S, Osawa A, Miyazaki Y, et al(2012). Functional outcome in patients with pontine infarction after acute rehabilitation. Neurol Sci, 33(4), 759-764.
- Masumoto K, Shono T, Hotta N, et al(2008). Muscle activation, cardiorespiratory response, and rating of perceived exertion in older subjects while walking in water and on dry land. J Electromyogr Kinesiol, 18(4), 581-590.
- Melzer I, Elbar O, Tsedek I, et al(2008). A water-based training program that include perturbation exercises to improve stepping responses in older adults: study protocol for a randomized controlled cross-over trial. BMC Geriatr, 8(1), 1.
- Park J, Lee D, Lee S, et al(2011). Comparison of the effects of exercise by chronic stroke patients in aquatic and land environments. J Phys Ther Sci, 23(5), 821-824.
- Shah MV(2006). Rehabilitation of the older adult with stroke. Clin Geriatr Med, 22(2), 469-489.

Stevens S, Morgan DW(2010). Underwater treadmill training in adults with incomplete spinal cord injuries. *J Rehabil Res Dev*, 47(7), 7-10.

Verheyden G, Vereeck L, Truijen S, et al(2006). Trunk performance after stroke and the relationship with bal-

ance, gait and function ability. *Clin Rehabil*, 20(5), 451-458.

Yang YR, Chen YC, Lee CS, et al(2007). Dual task-related gait changes in individuals with stroke. *Gait Posture*, 25(2), 185-190.