

# 수중 발목 커프 착용 후 수중 트레드밀 보행 훈련이 뇌졸중 환자의 균형과 보행 능력에 미치는 영향

윤의섭 · 최종덕<sup>†</sup>

대전대학교 보건의료대학원 물리치료학과, <sup>1</sup>대전대학교 보건의료과학대학 물리치료학과

## The Effects of Underwater Treadmill Walking Training with Aquatic Cuff Weights on Balance and Walking Abilities in Stroke Patients

Eui-Seob Yoon, PT · Jong-Duk Choi, PhD, PT<sup>†</sup>

Dept. of Physical Therapy, Graduate School of Health and Medicine, Daejeon University

<sup>1</sup>Dept. of Physical Therapy, College of Health and Medical Science, Daejeon University

Received: November 13, 2017 / Revised: December 1, 2017 / Accepted: December 30, 2017

© 2018 J Korean Soc Phys Med

### | Abstract |

**PURPOSE:** While underwater, patients with hemiplegia experience unwanted limb flotation on their paretic side due to low muscle mass and high body fat. However, only a limited number of studies support the effectiveness of this practice. Therefore, the purpose of this study was to determine how the balance and walking abilities of patients with hemiplegia due to stroke were affected by wearing an aquatic cuff on their ankles during underwater treadmill walking.

**METHODS:** Twenty stroke patients were divided into an experimental group comprised of 20 patients who would wear an aquatic cuff and a control group comprised of 10 patients without an aquatic cuff. Both groups underwent a six-week

intervention for 30 minutes a day three times a week. To evaluate the groups' balance and walking abilities before and after the intervention, the 10 m walking test, timed up go test, Berg Balance Scale, functional reaching test, and the GAITRite system were used.

**RESULTS:** The results of the 10 m walking test, timed up go test, differences between the left and right gait cycles, and functional reaching test showed statistically significant differences in the rates of change between the two groups ( $p < .05$ ).

**CONCLUSION:** The study results suggest that underwater treadmill training in stroke patients can be more effective when they wear an aquatic cuff on their ankles compared to wearing no aquatic cuff.

**Key Words:** Balance, Gait, Stroke, Treadmill gait training

<sup>†</sup>Corresponding Author : Jong-Duk Choi  
choidew@dju.kr, <http://orcid.org/0000-0002-9663-4790>

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.

## I. 서론

뇌혈관 질환은 허혈성 또는 출혈성으로 인해 뇌의 정상적인 혈액 공급에 문제가 발생하여 일어나며 발생

빈도가 높은 신경학적 질환이다(Kim과 Bae, 2010; Park 등, 2017). 뇌졸중 발생 후 생존자는 운동, 감각, 인지, 지각, 감정 및 언어 장애를 비롯한 다양한 신경학적 결손을 보여준다(Jung 등, 2010). 일차 운동 장애는 마비, 근육 긴장의 변화, 선택적 운동 조절의 부재, 비정상적인 반사 및 균형 부족을 수반한다(O'Sullivan와 Schmitz, 2007). 이러한 특성으로 인하여 보행능력이 떨어진다(Jung 등, 2010). 뇌졸중 생존자의 약 20%가 주로 휠체어 사용자로 남아있는 반면, 대부분의 사람들은 보행능력을 회복한다(Wade 등, 1987). 그러나 운동능력을 되찾았음에도 불구하고 일반 성인과 비교하였을 때 느린 보행 속도, 비효율적인 에너지 소비, 변경된 보행 패턴, 제한된 보행 지구력 및 낮은 보행 안정성과 같은 다양한 어려움이 발생한다(Jung 등, 2010). 게다가, 골반을 올리며 걷거나 뒤꿈치가 닿지 않고 휘돌림과 같은 편 마비성 보행이 나타나 보상 움직임의 패턴이 종종 관찰된다(Kirtley, 2006; O'Sullivan와 Schmitz, 2007; Perry와 Davids, 1992).

지상 트레드밀을 이용하여 보행 훈련을 하는 경우 보폭을 줄이고 보행률, 입각기 비율, 한 발로 서 있는 자세 및 보행 중 마비 측의 하지에 입각기와 유각기의 비율을 증가시킨다(Aaslund와 Moe-Nilssen, 2008; Bayat 등, 2005). 그리고 트레드밀 보행 훈련은 하지 근력, 보행 속도, 보행 지구력 및 심혈관 기능의 증가 등에 효과가 있다(Ada 등, 2003; Macko 등, 2005; Patterson 등, 2007; Silver 등, 2000). 게다가 트레드밀을 이용하여 보행훈련을 하는 경우가 일반적인 운동치료보다 실제 보행 패턴과 유사하므로 보행능력을 향상시키는데 더 효과적이다(Miller 등, 2002; Trueblood, 2001).

편마비 환자가 트레드밀 보행 중 본인의 무게를 견딜 수 없거나 균형을 유지할 수 없는 경우에 체중을 보조해주는 트레드밀을 사용하여 보행 훈련을 시킬 수 있다. 편마비 환자가 체중을 보조해주는 트레드밀에서 보행 훈련을 하는 경우 한발 서기, 유각기의 비율 및 스윙 시 좌우 대칭이 증가할 뿐만 아니라 두 발 모두 지지하는 시간이 짧아진다(Hesse 등, 1999). 몇몇 연구에서는 체중을 지지해 주는 트레드밀 보행 훈련 후 지상 보행 속도, 보행 지구력, 균형 운동 능력, 근력 및 산소 소비가

증가하였다(Jung 등, 2010). Jeong 등(2008)의 연구에선 체중 지지 트레드밀 보행 훈련이 아급성기 뇌졸중 환자들에게 있어 보행과 균형을 증진시키는데 효과적이라고 하였다.

수중 운동은 편마비 환자들의 재활에 관심을 점점 많이 받고 있다. 수중 치료는 편마비 환자들의 보행 훈련 및 기타 재활 운동에 이상적인 환경을 제공할 수 있다(Nishiyori 등, 2016). 수중 치료로 인하여 보행 속도, 마비 측 사지의 근력 증가, 우울증과 같은 심리적 불안감을 해소 시키는데 효과가 있다(Nishiyori 등, 2016). 또한, 수위가 증가함에 따라, 부력으로 인한 하지의 지지 양이 적어져 보행에 다양한 이점을 줄 수 있다(Barela와 Duarte, 2008). 그뿐만 아니라 수중 트레드밀 보행 훈련은 온도, 점도, 정수압, 난기류 및 저항력과 같은 물의 특성으로부터도 이익을 얻고, 보행 훈련이 어려운 환자는 낙상의 염려 없이 보행 연습을 할 수 있다(Bates, 1996). 생리적 이점 외에도 수중 운동은 동기 부여와 자신이 도움을 받고 있다는 느낌을 줄 수 있다(Jung 등, 2010). 그러나 편마비 환자들의 마비 측 사지는 낮은 근육량과 높은 지방량으로 인하여 수중에 있는 동안 사지의 원치 않은 사지의 부양을 만들어 낸다(Bates, 1996). 그로 인해 많은 수중 치료사는 수중 운동과 보행 훈련 중 편마비 환자들의 원치 않은 사지의 부양을 막기 위해 수중 커프를 사용한다(Nishiyori 등, 2016). Nishiyori 등(2016)의 연구에선 발목에 수중 커프를 착용시킨 후 수중에서의 보행 중 시공간 및 운동학적 보행 변수가 어떻게 영향을 받는지 조사하였다. Jung 등(2010)의 연구에선 3차원 수중 운동 분석 시스템을 통해 수중 트레드밀 보행을 하는 동안 편마비 환자의 마비 측 하지에 추가적인 무게를 적용시켰을 때 어떠한 영향이 있는지 알아보았다. 하지만 이러한 연구들은 커프를 착용한 상태에서 보행을 분석할 뿐 중재 후 변화를 보진 않았다. 따라서, 수중 커프를 착용 후 수중 트레드밀 보행 훈련에 대한 근거는 뒷받침할 연구가 부족한 실정이다. 그렇기에 본 연구에서는 편마비 환자들을 대상으로 마비 측 발목에 수중 커프를 착용 후 트레드밀 훈련이 편마비 환자의 보행과 균형 능력에 영향을 얼마나 미치는지에 대해 알아보려고 한다.

## II. 연구방법

### 1. 연구대상자

본 연구는 D 시에 위치한 D 요양병원에 입원 중인 성인 뇌졸중 발병 후 편마비 환자로 보행 장애를 가지고 있는 대상으로 하였다. 처음에는 23명의 환자로 시작하였으나 낙상, 퇴원 그리고 중도 포기로 인해 3명이 제외되어 남자 14명, 여자 6명 총 20명이 참여하였다.

대상자의 선정 조건은 뇌졸중 발병 기간이 6개월 이상인 자, 보행 보조도구를 이용하거나 치료사의 감독 하에 10 m 이상 독립적인 보행이 가능한 자, 30분 이상 수중 트레드밀 훈련이 가능한 자, 버그 균형 척도(Berg Balance Scale, BBS) 점수가 45점 미만인 자, 한국형 간이정신 상태 판별검사 점수가 21점 이상인 자, 신장이 155 cm에서 175 cm인 자, 본 연구 참여에 동의한 자이다.

대상자의 제외 조건은 심혈관계 또는 기타 의학적 소견이 있는 자, 정형외과 수술을 한지 4개월 이내인 자, 외상성 상처가 있는 자이다. 선정된 20명은 각 10명씩 무작위 배치하여 수중 트레드밀 보행훈련 시 발목에 수중 커프를 착용하는 훈련군과 수중 커프를 착용하지 않는 훈련군으로 나누어 실시하였다. 본 연구는 대전대학교 기관생명윤리 위원회의 승인을 받은 후 수행을 하였다(1040647-201706-HR-006-01).

### 2. 중재방법

수중 트레드밀(Aqua Zone, SUNION, Korea)을 이용하여 보행 훈련을 30분씩 일주일에 3번, 총 6주간 시행하였다. 수온은 33℃에서 34℃를 유지하였으며 물의 깊이는 환자의 검상돌기와 배꼽 사이의 깊이로 설정하였다. 실험군은 추가적인 무게를 사용하기 위해 발목에 수중 커프를 착용한 후 보행훈련을 하고(Fig. 1), 대조군은 수중 커프를 착용하지 않고 보행 훈련을 하였다(Fig. 2). 수중 커프의 처음 무게는 몸무게가 70 kg 이상인 자는 2.25 kg 커프를 착용하고 미만인 자는 1.15 kg을 착용시켰다. 훈련 전 무게에 대한 불편함을 호소하면 더 편안한 무게의 커프로 착용 시켰다. 처음 5분간 편안한 속도로 걷기 시작하고, 2분마다 5 km/h 씩 천천히 올렸다. 운동자각지수가 13점(약간 힘들)을 유지한 채로 걸었다.

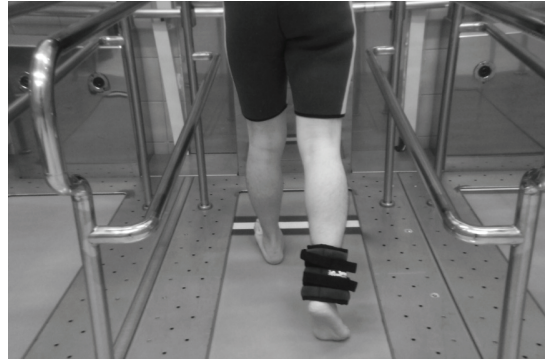


Fig. 1. Underwater treadmill walking training after wearing underwater cuff



Fig. 2. Underwater treadmill walking training without wearing underwater cuff

다. 마지막 5분은 다시 편안한 속도로 유지하며 마무리 운동을 하였다(Yang과 Choi, 2015).

### 3. 측정 방법

#### 1) 10 m 보행 검사

보행 능력을 평가하기 위하여 10 m 보행 검사(10Meter Walking test, 10 MWT)를 시행하여 소요되는 시간을 측정하였다(Hunt 등, 1981). 총 14 m를 시행하고 시작과 끝부분 2 m씩을 제외하고 시간을 측정하였다. 10 m 보행 검사는 보행 기능의 수준을 평가하는 도구로 측정자 내 신뢰도 .89~1.00이다(Dean 등, 2000). 총 3번 측정 후 평균값을 측정값으로 사용하였다. 평가 시 대상자의 안전을 위해 평가자가 옆에 있었다.

## 2) 시공간적 보행 능력 평가

보행능력을 시공간적으로 평가하기 위하여 GAITRite system을 사용하였다. 이 장비로 분속수(Cadence; CA), 왼발과 오른발의 보행 주기 시간의 차이 값(Cycle Time Differential; CTD), 왼발과 오른발의 스텝 수 차이 값(Step Time Differential; STD)을 측정하였다. 길이 366 cm, 폭 61 cm인 전자식 보행 판으로 보행 판 5 m전부터 걷기 시작하여 보행 판을 걸은 후 5 m를 더 걷는다(Bang과 Cho, 2017a). 보행 판 위에서 걸은 시간만 측정 하였다. 그 모든 값은 총 3번 측정 후 평균값을 측정값으로 사용하였다. 타당도와 신뢰도는 .92~.99이다(Webster 등, 2005). 평가 시 대상자의 안전을 위해 평가자가 옆에 있었다.

## 3) 일어나 걸어가기 검사

동적 균형 및 보행 능력을 평가하기 위하여 일어나 걸어가기 검사(Timed Up and Go test, TUG test)를 사용하였다. 평가방법은 일어선 후 3 m 걸어갔다 다시 돌아와 앉기로 구성되어 있으며 이를 시간으로 측정한다. 편마비 환자들에게 유용하게 사용되며 타당도와 신뢰도는 .99이다(Ng와 Hui-Chan, 2005). 총 3번 측정 후 평균값을 측정값으로 사용하였다. 평가 시 대상자의 안전을 위해 평가자가 옆에 있었다.

## 4) 버그 균형 척도 검사

균형에 대한 기능적인 보행 능력을 측정하기 위하여

버그 균형 척도(Berg Balance Scale, BBS)를 사용하였다. 정적 균형 능력과 동적 균형 능력을 객관화하는 척도로 측정자 내 신뢰도 .99와 측정자간 신뢰도 .98이다(Berg 등, 1992). 균형에 관한 14개의 항목을 각 항목 당 0에서 4점으로 평가하며 총 점수는 0점에서 56점이며, 독립적이고 안전한 이동을 위해서는 45점 이상이 필요하다(Bang과 Cho, 2017b). 평가 시 대상자의 안전을 위해 평가자가 옆에 있었다.

## 5) 기능적 팔 뻗기 검사

기능적 팔 뻗기 검사(Functional Reach test)는 동적 균형 평가를 위해 사용하였고 피검자가 서서 한쪽 팔을 수평을 유지한 채 평행하게 팔을 앞으로 뻗도록 하여 뻗은 거리를 측정하였다. 총 3회를 측정한 후 평균값을 측정값으로 사용하였다(Kang 등, 2012). 평가 시 대상자의 안전을 위해 평가자가 옆에 있었다.

## 4. 자료 분석

측정된 자료는 윈도우용 SPSS version 18.0을 사용하여 통계처리를 하였다. 정규성 검정은 샤피로-윌크 검정(Shapiro-Wilk test)을 사용하였다. 기술통계를 이용하여 대상자의 일반적 특성의 평균과 표준편차를 계산하였다. 훈련 전과 훈련 후의 차이를 비교하기 위해서 윌콕슨 부호 순위 검정(Wilcoxon's signed-ranks test)를 사용하였다. 두 군간의 시점 별 차이를 비교하기 위해

Table 1. Characteristics of participants

Variables	Experimental group (n=10)	Control group (n=10)	p
Sex (male/female)	5/5	9/1	
Age (years)	58.9±18.20	58.00±8.92	
Height (cm)	166.50±5.62	170.80±4.73	
Weight (kg)	68.20±6.66	73.20±9.62	
Body Mass index	24.62±2.32	25.07±2.95	>.05
Time after stroke (months)	22.30±8.10	19.00±10.40	
Side of stroke (right/left)	6/4	8/2	
Leg Length (right)	84.60±5.34	88.10±3.54	
Leg Length (left)	83.95±5.69	87.95±3.35	

Values Mean±SD

Table 2. Outcome measurements of walking ability

		Experimental group (n=10)	Control group (n=10)	z
10 MWT (m/sec)	pre	62.41±46.31	35.01±30.63	-2.419 *
	Post	55.28±43.86	32.77±28.18	-2.117 *
	z	-2.803 *	-2.803 *	
	Rate of change	-12.16±8.56	-5.80±5.72	-1.965 *
TUG (cm)	Pre	63.51±50.32	35.73±30.73	.059
	Post	58.47±46.92	35.30±30.35	-1.890
	z	-2.803 *	-1.274	
	Rate of change	-8.43±5.26	-.98±5.58	-2.797 *

Values Mean±SD

10 MWT, 10 m walking test; TUG, timed up and go

\*p&lt;.05

Table 3. Outcome measurements of GATERite system

		Experimental group (n=10)	Control group (n=10)	z
CA (step/min)	pre	60.20±15.03	68.80±21.67	-.983
	Post	68.81±16.67	78.11±28.57	-.832
	z	-2.803 *	-2.395 *	
	Rate of change	14.87±8.82	12.64±15.38	-1.058
CTD (sec)	pre	.05±.09	.02±.01	-.227
	Post	.03±.07	.02±.01	-1.098
	z	-2.803 *	-1.844	
	Rate of change	-34.21±22.09	-13.30±25.75	-.907 *
STD (sec)	Pre	.32±.43	.21±.11	-.151
	Post	.25±.38	.17±.10	-.265
	z	-2.803 *	-2.092 *	
	Rate of change	-25.99±22.18	-17.54±20.26	-.907

Values Mean±SD

CA, cadence CTD, cycle time differential; STD, step time differential

\*p&lt;.05

여 맨 휘트니 U (Mann-Whitney U test)를 사 하였다. 유의 수준은 .05로 하였다.

유의한 차이가 없었다(p>.05). 연구대상자들의 일반적인 특성은 Table 1과 같다.

### III. 연구결과

#### 1. 연구대상자의 일반적 특성

두 군간 일반적 특성인 성별, 나이, 키, 몸무게, 체질량지수, 다리 길이, 발병 기간, 마비 측의 모든 변수에서

#### 2. 10 m 보행 검사

실험군과 대조군의 증재 전·후와 변화율의 보행 능력을 나타내는 10 MWT에 대한 비교 결과는 Table 2와 같다. 발목에 커프를 착용하지 않은 대조군에서 5.805.72%가 유의하게 감소하고(p<.05) 발목에 커프를 착용한 실험군은 12.168.56% 유의하게 감소되었다

Table 4. Outcome measurements of balance ability

		Experimental group (n=10)	Control group (n=10)	z
BBS	pre	29.80±12.04	39.10±8.36	-2.185 *
	Post	37.80±14.94	45.30±9.62	-1.291
	z	-2.670 *	-2.677 *	
	Rate of change	26.47±17.91	16.21±10.80	-1.892
FRT (cm)	Pre	7.97±7.30	16.45±11.51	-0.983
	Post	14.58±8.85	21.00±13.97	-1.134
	z	-2.803 *	-2.668 *	
	Rate of change	181.01±178.83	29.77±19.71	-2.495 *

Values Mean±SD

BBS, berg balance scale; FRT, functional reach test

\*p<.05

(p<.05). 변화율에 대해서 실험군이 대조군에 비해 유의하게 감소되었다(p<.05).

### 3. 시공간적 보행 능력

실험군과 대조군의 중재 전·후와 변화율의 시공간적 보행 능력을 나타내는 CA, CTD, STD에 대한 비교 결과는 Table 3과 같다. CA에서 실험군은 14.878.82% 유의하게 증가하였고(p<.05) 대조군에서도 12.6415.38% 감소하였다(p<.05). 그러나 변화율에 대해선 두 군간 유의한 차이가 없었다(p>.05). CTD에서 실험군은 34.2122.09% 유의하게 감소하였고(p<.05) 대조군은 13.3025.75% 감소하였지만 통계상으로는 유의하지 않았다(p>.05). 두 군간 변화율 차이에선 실험군이 대조군보다 유의하게 높았다(p<.05). STD에서 실험군은 25.9922.18% 유의하게 감소되었고(p<.05) 대조군은 17.5420.26% 유의하게 감소하였다(p<.05). 그러나 두 군간 변화율 차이에서는 유의한 차이가 없었다(p>.05).

### 4. 일어나 걸어가기 검사

실험군과 대조군의 중재 전·후와 변화율의 동적 균형 및 보행 능력을 나타내는 TUG에 대한 비교 결과는 Table 2와 같다. 실험군은 8.435.26% 유의하게 감소되었고(p<.05) 대조군은 .985.58% 감소하였지만 통계상으로는 유의하지 않았다(p>.05). 두 군간 변화율에 대해서 실험군이 대조군에 비해 유의한 감소를 나타내었다(p<.05).

### 5. 버그 균형 척도 검사

실험군과 대조군의 중재 전·후와 변화율의 균형 능력을 나타내는 BBS에 대한 비교 결과는 Table 4와 같다. 실험군은 26.4717.91% 유의하게 증가되었고(p<.05) 대조군은 16.2110.80% 유의하게 증가하였다(p<.05). 두 군간 변화율에 대해서 실험군이 대조군에 비해 유의한 증가를 나타내었다(p<.05).

### 6. 기능적 팔 뻗기 검사

실험군과 대조군의 중재 전·후와 변화율의 동적 균형 능력을 나타내는 FRT에 대한 비교 결과는 Table 4와 같다. 실험군은 181.01178.83% 유의하게 증가되었고(p<.05) 대조군은 29.7719.71% 유의하게 증가하였다(p<.05). 두 군간 변화율에 대해서 실험군이 대조군에 비해 유의한 증가를 나타내었다(p<.05).

## IV. 고찰

본 연구는 뇌졸중 후 편마비 환자를 대상으로 수중 트레드밀 보행 훈련 시 부양되는 사지를 막기 위해 수중 커프를 착용 한 상태로 수중 트레드밀 보행훈련을 한 실험군과 커프를 착용하지 않고 수중 트레드밀 보행 훈련을 한 대조군간의 균형 능력과 보행 능력 향상을 비교하여 뇌졸중 환자의 균형 능력과 보행 능력에

더 효과적인 수중 트레드밀 보행훈련방법을 제시하기 위하여 실시하였다. 균형과 보행 능력 평가로 10 m 보행 검사, 시공간적 보행 능력 검사, 일어나 걸어가기 검사, 버그 균형 척도 검사, 기능적 팔 뻗기 검사를 하였다. 두 군 간의 동질성을 고려하여 결과값의 변화율을 비교하였다. 그 결과, 두 군 모두 균형 능력과 보행능력에 유의한 향상을 나타내었고, 10 m 보행 검사, 왼발과 오른발의 보행 주기시간의 차이 값, 일어나 걸어가기 검사, 기능적 팔 뻗기 검사에선 실험군이 대조군에 비해 더 유의한 능력 향상을 나타내었다.

Franceschini 등(2009)은 균형 능력과 보행 능력은 뇌졸중 후 편마비 환자의 회복수준을 확인할 수 있는 척도와 독립적인 생활을 하는데 지표가 된다고 하였다. 뇌졸중 환자의 흔한 보행 패턴은 시공적인 비대칭 및 운동학적 보행 특성과 관련된 편마비성 보행이다. 뇌졸중 환자의 마비측 다리는 보폭의 변화, 단발지지 시간 감소, 엉덩관절 및 무릎관절 각도 감소, 발바닥 굽힘 각도 증가 등을 보여준다. 게다가, 골반을 올리며 걷거나 뒤꿈치가 닿지 않고 휘돌림과 같은 편마비성 보행 중에 보상 움직임 패턴이 종종 관찰 된다(Jung 등, 2010). 뇌졸중 환자가 균형 능력이 저하되는 주요한 원인은 기초 입력 감각이 감소되어 있고 입력된 감각의 통합이 어렵기 때문이다. 그리고 운동 조절력과 근력의 감소로 인하여 자세의 안정성이 결여되어 균형을 유지하는데 어려움이 있다. 떨어진 균형감각으로 인해서 있는 동안 비대칭적인 체중 지지를 보이고 자세 동요가 증가한다(Marigold와 Eng, 2006). 이러한 근거에 의해 뇌졸중 발병 후 편마비 환자의 보행 능력, 균형 능력의 향상을 위해 적절한 물리치료가 포함되어야 한다.

선행 논문들에서 트레드밀 보행 훈련이 걷기 속도의 향상과 많은 거리를 이동할 수 있게 한다고 보고하여 뇌졸중 환자에게 보행 훈련이 꼭 포함돼 있어야 한다고 하였다(Polese 등, 2013). 또한 트레드밀 보행 훈련으로 마비측의 체중 지지 시간을 연장시켜 대칭성을 향상시키고, 정상적인 보행의 감각 입력을 제공하여 뇌졸중 후 편마비 환자의 보행 능력과 균형 능력 및 근력 강화에 효과적이라고 한다(Yang과 Choi, 2015). 현재는 수중 트레드밀 사용으로 인해 지상에서 보행이 힘든 환자들

도 지상보다 쉽게 보행 훈련이 가능하게 되었다. 수중 트레드밀 보행 훈련은 지상 트레드밀 보행 훈련보다 뇌졸중 후 편마비 환자들에게 심리적으로 안정감을 가지고 보행 훈련을 할 수 있고, 물의 물리적 특성으로 인한 이점으로 근력, 근지구력과 관절가동범위의 증진, 심폐 능력의 향상이 가능하고 보행 능력과 균형 능력을 향상시킬 수 있다(Yang과 Choi, 2015). 그러나 뇌졸중 후 환자들의 마비측 부위가 낮은 근육량과 높은 지방량으로 인해 원치 않은 사지 부양을 하게 되어 수중 보행 훈련에 불편함을 가져온다. 이를 해소하기 위하여 선행 논문에선 무릎과 발목에 수중 커프를 착용시켜 추가적인 무게를 적용함으로써 사지의 원치 않은 부양을 해소시켰다(Jung 등, 2010). 이전의 논문에선 3차원 수중 운동 분석 시스템을 통해 수중 트레드밀 보행을 하는 동안 뇌졸중 후 편마비 환자의 마비측 하지에 추가적인 무게를 적용했을 때 어떠한 영향이 있는지 알아보았다. 그 결과 마비측 하지의 입각기 비율에서 유의한 증가를 보였으며, 스윙 단계 후기에서 마비측 하지의 엉덩관절 굽힘의 최대 각도에 유의한 감소도 보였다(Jung 등, 2010). Nishiyori 등(2016)의 연구에선 발목에 수중 커프를 착용시킨 후 수중에서의 보행이 분속수, 보폭 그리고 걸음 속도의 증가를 보여줬다. 본 연구에선 수중 트레드밀 보행 훈련 중 발목에 수중 커프를 착용시키는 경우가 착용 시키지 않는 경우와 균형과 보행 능력에 있어서 어떠한 차이가 있는지 알아보기 위해 시행하였다.

보행 속도는 뇌졸중 후 편마비 환자들의 기능 회복과 공동체 보행의 유용한 척도로 이용할 수 있다(Schmid 등, 2007). 10 m 보행 검사에서 실험군과 대조군 모두 유의한 감소를 보였고( $p < .05$ ) 변화율에서는 실험군이 대조군보다 유의한 감소를 보였고( $p < .05$ ). 그리고 일어나 걸어가기 검사에서도 실험군은 유의한 감소를 보였지만( $p < .05$ ) 대조군은 유의한 차이를 나타내지 못했다( $p > .05$ ). 변화율은 실험군이 대조군보다 유의한 감소를 보였고( $p < .05$ ). 지상에서의 트레드밀 훈련에 따른 보행 속도의 증가가 지상 보행 패턴으로 옮겨질 수 있다(Visintin 등, 1998). 그리고 뇌졸중 후 편마비 환자에게 지상 트레드밀 훈련보다 수중 트레드밀 훈련이 일어난 후 걸어 다녀오기 검사에서 향상된 값을 보여줬다

(Yang과 Choi, 2015). 위와 같은 논문들과 같이 본 연구에서도 수중 트레드밀 보행 훈련 후에 보행 속도와 일어서 후 걸어 다녀오기 검사의 능력이 향상 되었다. 특히 발목에 수중 커프를 착용 한 실험군에서 대조군보다 보행 속도와 일어서 후 걸어 다녀오기 검사의 변화율이 유의하게 감소하였다( $p < .05$ ).

편마비 환자들은 보행 속도가 느리고 보행 중 환측 하지의 입각기가 짧아 편측 보행이 유발되며, 환측에 체중 지지가 감소하여 보행에 대한 에너지 소모율이 증가한다(Yoon, 2004). 보행에서 속도가 분속수, 보행 한주기에 걸리는 시간과 길이, 입각기시간, 유각기시간과 상관관계가 있기 때문에 편마비 보행의 분석은 시간적 공간적 요소도 함께 측정 해야 한다(Roth 등, 1997). 본 연구에선 GAITRite를 이용하여 시공간적 보행 분석을 하였다. GAITRite를 이용하여 분속수, 왼발과 오른발의 스텝 수 차이 값, 왼발과 오른발의 보행 주기 시간의 차이 값을 측정하였다. 그 결과 분속수 검사에서 실험군과 대조군 모두 초당 스텝 수가 유의하게 감소되었으나( $p < .05$ ), 두 군간 변화율의 감소 차이는 유의하지 않았다. 왼발과 오른발의 보행 주기시간의 차이값에서 실험군은 유의하게 감소하였지만( $p < .05$ ) 대조군은 수치상으로는 감소하였지만 통계상으로는 유의하지 못하였다( $p > .05$ ). 두 군간 변화율에서 유의한 차이가 있었다( $p < .05$ ). 왼발과 오른발의 스텝 시간 차이 값은 실험군과 대조군 모두 유의한 감소를 보였지만( $p < .05$ ), 두 군간의 변화율에서는 유의한 차이를 나타내지 못했다( $p > .05$ ). GAITRite를 이용한 시공간적 보행 분석 결과에서는 왼발과 오른발의 보행 주기시간에서의 변화율이 대조군과 실험군 사이에 유의한 차이를 보였다. Jung 등 (2010)은 발목에 수중 커프를 착용 후 수중 트레드밀 보행 훈련을 하면 보행주기의 입각기 비율이 증가한다고 했다. 보행 주기 중 입각기의 비율이 증가된 상태로 수중 트레드밀 훈련을 한 것이 지상에서의 보행 주기에 도 영향을 끼쳤다고 생각된다.

뇌졸중 환자에게 수중운동이 균형과 우울함에 미치는 효과를 비교하여 수중운동이 지상운동보다 균형 능력 향상에 더 효과적이다(Kim 등, 2014). 그리고 수중 트레드밀 훈련이 뇌졸중 후 편마비 환자의 환측으로의 체중

이동을 증가시켜 균형 능력의 향상을 나타낸다(Park 등, 2012). 또한 뇌졸중 후 편마비 환자에게 지상운동보다 수중운동이 정적인 균형 능력과 기능적 팔 뻗기의 유의한 향상을 보였다(Lee, 2008). 본 연구에서도 버그 균형 척도 점수가 두 군 모두 유의하고 증가하였고( $p < .05$ ), 기능적 팔 뻗기 검사에서도 두 군 모두 유의한 증가를 보였다( $p < .05$ ). 두 군의 변화율 차이에서도 버그 균형 척도와 기능적 팔 뻗기 검사 둘 다 유의한 차이가 있었다.

본 연구는 수중 트레드밀 훈련 중 원치 않은 사지 부양을 막기 위해 발목에 수중 커프를 착용 후 수중 트레드밀 훈련이 균형과 보행 능력에 어떠한 영향을 미치는지 알아보았다. 그 결과 수중 트레드밀 훈련 중 원치 않은 사지 부양을 막기 위해 발목에 수중 이러한 결과로 미루어 볼 때 발목에 수중 커프를 착용하여 원치 않은 사지 부양을 막은 상태로 수중 트레드밀 훈련을 하는 경우가 수중 커프를 착용하지 않은 상태로 수중 트레드밀 훈련을 하는 경우보다 균형과 보행 능력에 더 좋은 영향을 미친다고 할 수 있다. 하지만 본 연구의 대상자가 20명으로 한정되어 있고, 수심을 환자 개인에게 맞추지 못하여 키를 제한함으로써 다양하고 많은 대상자를 연구하지 못하여 일반화하기에는 제한점이 있다. 6주간의 수중 트레드밀 보행 훈련을 통해 결과에 미치는 효과를 알아본 연구로써 중재가 장기적으로 시행되었을 때 나타나는 장기효과를 예측하기 어렵고, 후속평가 또한 이루어지지 않아 중재의 효과가 지속되었는지 알 수 없다. 그러므로 향후 연구에는 이러한 제한점들을 보완하고 뇌졸중 후 편마비 환자에 대한 심리적인 상태까지 포함된 수중 트레드밀 보행 훈련에 대한 연구들이 지속적으로 이루어져야 할 것이다.

## V. 결론

본 연구는 뇌졸중 발병 후 편마비 환자들을 대상으로 마비 측 발목에 수중 커프를 착용 후 수중 트레드밀 보행 훈련이 균형과 보행 능력에 미치는 영향을 알아보고자 실시하였다. 그 결과, 마비 측 발목에 커프를 착용한 실험군이 커프를 착용하지 않은 대조군보다 균형



및 보행 능력에 통계학적으로 더 유의한 능력 향상을 나타내었다( $p < .05$ ). 따라서 수중 트레드밀 훈련을 할 때 원치 않은 사지 부양을 막기 위해 발목에 커프를 착용 하는 것이 편마비 환자의 균형과 보행 능력 개선에 효과적인 방법이라고 사료된다.

## References

- Aaslund MK, Moe-Nilssen R. Treadmill walking with body weight support effect of treadmill, harness and body weight support systems. *Gait Posture*. 2008;28(2):303-8.
- Ada L, Dean CM, Hall JM, et al. A treadmill and overground walking program improves walking in persons residing in the community after stroke: a placebo-controlled, randomized trial. *Arch Phys Med Rehabil*. 2003;84(10):1486-91.
- Bang DH, Cho HS. The Effect of Arm Training in Standing Position on Balance and Walking Ability in Patients with Chronic Stroke. *J Korean Soc Phys Med*. 2017a;12(2):75-82.
- Bang DH, Cho HS. The Effect of Postural Control Training on Balance and Walking Ability in Patients with Chronic Stroke. *J Korean Soc Phys Med*. 2017b;12(2):59-66.
- Barela AM, Duarte M. Biomechanical characteristics of elderly individuals walking on land and in water. *J Electromyogr Kinesiol*. 2008;18(3):446-54.
- Bates A. *Aquatic exercise therapy*. WB Saunders Company. 1996.
- Bayat R, Barbeau H, Lamontagne A. Speed and temporal-distance adaptations during treadmill and overground walking following stroke. *Neurorehabil Neural Repair*. 2005;19(2):115-24.
- Berg KO, Maki BE, Williams JJ, et al. Clinical and laboratory measures of postural balance in an elderly population. *Arch Phys Med Rehabil*. 1992;73(11):1073-80.
- Dean CM, Richards CL, Malouin F. Task-related circuit training improves performance of locomotor tasks in chronic stroke: a randomized, controlled pilot trial. *Arch Phys Med Rehabil*. 2000;81(4):409-17.
- Franceschini M, Carda S, Agosti M, et al. Walking after stroke: what does treadmill training with body weight support add to overground gait training in patients early after stroke? *Stroke*. 2009;40(9):3079-85.
- Hesse S, Konrad M, Uhlenbrock D. Treadmill walking with partial body weight support versus floor walking in hemiparetic subjects. *Arch Phys Med Rehabil*. 1999;80(4):421-7.
- Hunt SM, McKenna S, Williams J. Reliability of a population survey tool for measuring perceived health problems: a study of patients with osteoarthritis. *J Epidemiol Community Health*. 1981;35(4):297-300.
- Jeong DG, Lee HK, Lee SY, et al. The Effect of Body Weight Support Treadmill Training on Gait and Balance in Patient with Subacute Stroke. *J Korean Soc Phys Med*. 2008;3(2):135-44.
- Jung T, Lee D, Charalambous C, et al. The influence of applying additional weight to the affected leg on gait patterns during aquatic treadmill walking in people poststroke. *Arch Phys Med Rehabil*. 2010;91(1):129-36.
- Kang HK, Kim Y, Chung Y, et al. Effects of treadmill training with optic flow on balance and gait in individuals following stroke: randomized controlled trials. *Clin Rehabil*. 2012;26(3):246-55.
- Kim CS, Bae SS. The comparison of effect of treadmill and ergometer training on gait and balance in stroke. *J Korean Soc Phys Med*. 2010;5(3):435-43.
- Kim SH, Lee DK, Kim EK. Effect of aquatic exercise on balance and depression of stroke patients. *J Korean Soc Phys Ther*. 2014;26.
- Kirtley C. *Clinical gait analysis: theory and practice*. Elsevier Health Sciences. 2006.
- Lee D. Effect of the aquatic training on balance and walking in stroke patients. *Journal of Special E Education*

- & Rehabilitation Science. 2008;47:21-41.
- Macko RF, Ivey FM, Forrester LW, et al. Treadmill exercise rehabilitation improves ambulatory function and cardiovascular fitness in patients with chronic stroke. *Stroke*. 2005;36(10):2206-11.
- Marigold DS, Eng JJ. The relationship of asymmetric weight-bearing with postural sway and visual reliance in stroke. *Gait Posture*. 2006;23(2):249-55.
- Masumoto K, Shono T, Hotta N, et al. Muscle activation, cardiorespiratory response, and rating of perceived exertion in older subjects while walking in water and on dry land. *J Electromyogr Kinesiol*. 2008;18(4):581-90.
- Miller EW, Quinn ME, Seddon PG. Body weight support treadmill and overground ambulation training for two patients with chronic disability secondary to stroke. *Phys Ther*. 2002;82(1):53-61.
- Ng SS, Hui-Chan CW. The timed up & go test: its reliability and association with lower-limb impairments and locomotor capacities in people with chronic stroke. *Arch Phys Med Rehabil*. 2005;86(8):1641-7.
- Nishiyori R, Lai B, Lee DK, et al. The Use of Cuff Weights for Aquatic Gait Training in People Post-Stroke with Hemiparesis. *Physiother Res Int*. 2016;21(1):47-53.
- O'Sullivan SB, Schmitz TJ. *Physical rehabilitation*. ed. Philadelphia, PA: FA Davis Company. 2007.
- Park JE, Lee JH, Cha YJ. The Effect of Treadmill Gait Training in an Adjusted Position from Functional Training System on Chronic Stroke Patients' Walking and Balance Ability. *J Korean Soc Phys Med*. 2017;12(1):35-42.
- Park SE, Kim SH, Lee SB, et al. Comparison of underwater and overground treadmill walking to improve gait pattern and muscle strength after stroke. *J Phys Ther Sci*. 2012;24(11):1087-90.
- Patterson SL, Forrester LW, Rodgers MM, et al. Determinants of walking function after stroke: differences by deficit severity. *Arch Phys Med Rehabil*. 2007;88(1):115-9.
- Perry J, Davids JR. Gait analysis: normal and pathological function. *Journal of Pediatric Orthopaedics*. 1992;12(6):815.
- Polese JC, Ada L, Dean CM, et al. Treadmill training is effective for ambulatory adults with stroke: a systematic review. *J Physiother*. 2013;59(2):73-80.
- Roth EJ, Merbitz C, Mroczek K, et al. Hemiplegic gait: Relationships between walking speed and other temporal parameters. *Am J Phys Med Rehabil*. 1997;76(2):128-33.
- Schmid A, Duncan PW, Studenski S, et al. Improvements in speed-based gait classifications are meaningful. *Stroke*. 2007;38(7):2096-100.
- Silver KH, Macko RF, Forrester LW, et al. Effects of aerobic treadmill training on gait velocity, cadence, and gait symmetry in chronic hemiparetic stroke: a preliminary report. *Neurorehabil Neural Repair*. 2000;14(1):65-71.
- Trueblood PR. Partial body weight treadmill training in persons with chronic stroke. *NeuroRehabilitation*. 2001;16(3):141-53.
- Visintin M, Barbeau H, Korner-Bitensky N, et al. A new approach to retrain gait in stroke patients through body weight support and treadmill stimulation. *Stroke*. 1998;29(6):1122-8.
- Wade D, Wood V, Heller A, et al. Walking after stroke. Measurement and recovery over the first 3 months. *Scand J Rehabil Med*. 1987;19(1):25-30.
- Webster KE, Wittwer JE, Feller JA. Validity of the GAITRite® walkway system for the measurement of averaged and individual step parameters of gait. *Gait Posture*. 2005;22(4):317-21.
- Yang HJ, Choi JD. Effects of Underwater Treadmill Gait Training on Gait, Balance, and Pulmonary Function in Stroke Patients. *Phys Ther Korea*. 2015;22(4):34-43.
- Yoon S. The effect of energy consumption during walking with arm sling in adult hemiplegic patients. master's thesis, Graduate School of Hanyang University. 2004.