



## 12주간의 수중 운동을 수행 한 여성노인의 장애물 보행 특성

### The Characteristics of Obstacle Gaits in Female Elders after 12 Weeks of an Aquatic Exercise Program

김석범(서울대학교) · 유연주\*(상명대학교)

Kim, Suk-Bum(Seoul National University) · Yu, Yeon-Joo\*(Sangmyung University)

#### 국문요약

본 연구의 목적은 낙상 예방을 위한 12주간의 수중 운동 수행 후 장애물 보행의 특성을 운동학 및 운동역학적 으로 분석하는 것이다. 여성 노인 8명이 참여하였으며, 대상자들은 수중 운동 전·후에 네 높이의 장애물(0, 2.5, 5.1, & 15.2cm)을 자기선호 속도로 넘었다. 수중 운동 수행 후 고관절의 최대각, 최소각, ROM(Range Of Motion)이 유의하게 증가하였으며, Swing 과 Stance 국면에서 소요시간은 줄어들었다. 수중 운동 후 모든 높이에서 보폭은 유의하게 증가하였고, 보간은 줄어들었다. 수중 운동 후 장애물을 넘는 순간 장애물과 오른발 사이의 수직 최단거리는 증가하였고(15.2cm 장애물 제외), 장애물을 넘는 속도는 증가하였다. 수중 운동 수행 후 제동력, 추진력, 제동 운동량, 추진 운동량은 통계적으로 유의하게 변화하였다. 12주간의 수중 운동은 여성 노인의 근력과 평형성을 향상시켰으며 이는 낙상과 관련된 장애물 보행의 운동학 및 운동역학적 변인의 변화를 가져와 여성 노인들이 장애물을 안전하고 신속하게 넘을 수 있었다. 따라서 노인에게 보행 능력 향상과 낙상 예방 운동으로 수중 운동이 추천된다.

#### ABSTRACT

S. B. KIM, and Y. J. YU, The Characteristics of Obstacle Gaits in Female Elders after 12 Weeks of an Aquatic Exercise Program. Korean Journal of Sport Biomechanics, Vol. 19, No. 3, pp. 539-547, 2009. The purpose of this study was to investigate the changes of kinetic and kinematic parameters in obstacle gaits after 12 weeks of an aquatic exercise program. Eight female elders walked in four different heights of obstacles(0, 2.5, 5.1, & 15.2cm) on their self-selected speed. The ROM of hip was significantly increased after the aquatic exercise program. Swing and Stance duration were decreased. The step length was significantly increased and the step width was decreased. After the exercise program the clearance between the right foot and the top of obstacle(except 15.2cm) increased and the crossing speed was increased. The braking force, propulsive force, braking impulse, and propulsive impulse were significantly changed after the aquatic exercise program. The 12 weeks of the aquatic exercise program resulted in lower body strength and balance gains in female elders. The improvements were associated with changes in kinetic and kinematic parameters leading to an obstacle-crossing speed and a safer lower-limb control. The aquatic exercise program is suggested as an effective intervention to promote gait ability and prevent fall-related to the injuries.

KEYWORDS : OBSTACLE GAIT, AQUATIC EXERCISE, ELDER, FALLING

\*Corresponding Author : 유연주

충청남도 천안시 동남구 안서동 산 98-20 상명대학교 스포츠산업학부 스포츠산업전공

Tel : 041-550-5334 / Fax : 041-550-5339

E-mail : julieyu@freechal.com

## I. 서론

낙상 및 낙상과 관련된 상해는 노인에게 가장 심각하면서도 일반적인 의료 문제 중 하나이다(Hayes et al., 1996). 해마다 65세 이상의 미국 노인들 3명 중 1명이 낙상을 경험하며(Tinetti, 2003), 75세 이상 노인의 32%가 한해에 적어도 한번은 낙상을 경험했으며 그들 중 24%는 심각한 상해를 입었다(Tinetti, Speechley & Ginter, 1988).

낙상 경험이 있는 노인들의 보행 속도는 건강한 노인들의 보행 시 속도의 50%, 활보장과 보폭은 각각 77%, 60%로 차이가 크게 나타났다(Lee & Kerrigan, 1999). 우리는 일상생활에서 낮은 높이의 문지방, 보도 블럭, 카펫트의 모서리, 주차장의 안전턱, 전기 코드 등의 장애물을 자주 만나며(Chen, Ashton-Miller, Alexnader & Schultz, 1991), 낙상은 이러한 장애물에 걸려서 넘어지거나(tripping) 혹은 장애물을 넘으면서 발생한다.

그 동안 다양한 높이의 장애물, 연령, 반응시간, 성별, 질환자를 대상으로 장애물 보행에 대한 연구가 진행되었다(정철수, 윤태진, 유연주, 최치선, 2003; Chen et al., 1991; Chen, Ashton-Miller, Alexnader, & Schultz, 1994; Pavol, Owings, Foley & Grabiner, 1999; Said, Goldie, Patla & Sparrow, 2001). 장애물 높이가 증가할수록 장애물을 넘는 속도는 감소하고 장애물 넘는 발과 장애물 윗부분과의 거리는 증가하였고, 젊은이와 노인의 장애물 보행 시 장애물 넘는 속도, 장애물 넘는 발의 뒤꿈치와 장애물과의 거리, 보폭, 보간에서 유의한 차이가 나타났다(Chen et al., 1991). 뇌졸중 환자의 장애물 보행을 살펴보면, 건강한 대상자에 비해 장애물 넘는 발과 장애물 윗부분과의 거리가 높게 나타났고, 장애물 넘는 발의 뒤꿈치와 장애물과의 거리는 짧았으며, 보폭 시간은 길었다(Said et al., 2001). 또한 낙상을 경험한 노인은 건강한 노인에 비해 장애물 높이가 증가함에 따라 소극적이고 조심스러운 방법으로 장애물을 넘었다(정철수 등, 2003).

한편 운동은 노인들의 당뇨병, 뇌졸중, 고혈압, 골다공증의 위험을 감소시키며(Asikainen, Kukkonen-Harula & Miilunpalo, 2004; Jones & Rose, 2005), 근 파워 증가, 평

형성 향상(Best-Martini & Botenhagen-DiGenova, 2003), 허약함을 감소시킨다(Rockwood et al., 2004). 특히 수중 운동은 부력의 도움으로 관절의 충격을 줄일 수 있어 노인들에게 추천되는 운동이다. 수중 운동 수행 후 평형성의 향상(Suomi & Collier, 2003), 관절염 환자의 보행 시 통증 감소(Silva et al., 2008), 무릎과 고관절의 유연성 및 근력 증가, 유산소능력 향상(Wang, Belza, Elaine Thompson, Whitley & Bennet, 2007), 무릎과 고관절 수술 환자의 근력 및 보행 속도가 향상 되었다고 보고 되었다(Rahmann, Brauer & Nitz, 2009).

이상의 연구들을 볼 때 수중운동이 낙상 감소와 관련하여 보행 능력을 향상시키는 중재요법(intervention)임에도 불구하고 수중운동 수행 후 운동역학적 연구 방법을 이용하여 장애물 보행의 특성을 살펴본 연구는 전무한 실정이다. 따라서 본 연구는 노인들에게 보행 시 발생할 수 있는 낙상 예방을 위한 수중 운동 수행 후 장애물 보행의 특성을 운동학 및 운동역학적으로 분석하는데 그 목적이 있다.

## II. 연구방법

### 1. 연구대상

S시에 소재한 수중운동센터에 본 연구 과제를 공지하여 대상자를 모집하였다. 낙상 경험이 없는 건강한 여성 노인 15명이 본 연구에 참여하였으나, 7명의 대상자들이 개인적인 사정으로 수중 운동 프로그램에서 중도 탈락하였다. 따라서 본 연구 과제를 끝까지 수행한 8명 대상자의 결과만을 제시하고자 한다(표 1).

표 1. 대상자의 신체적 특성 (mean±SD)

	(mean±SD)	
	pre	post
연령(세)	70.88±4.97	
신장(cm)	150.56±4.84	
체중(kg)	58.34±5.88	57.08±5.18
근육량(kg)	35.75±3.13	35.93±2.91
체지방량(kg)	20.38±3.26	18.85±2.86

표 2. 수중 운동 프로그램

구 분	운동 형태	시간(분)
준비운동	Walking, Aquarobic, Stretching, Joint relaxation	10
예비 운동	Aquatic adaptation & swimming 1. Aquatic adaptation (Blowing, Floating, Kicking) 2. Body control (Sagittal, Transversal, Longitudinal, & Combined rotation control) 3. Basic swimming(Basic movement, Diagonal exercise, & Free style)	10
본 운동	Exercising in Shallow Water 1. Walking(front, back, side) 2. Strengthen exercise 3. Balance · Dumbbell training -Exercise for the upper extremities strength & ROM -Movement for the trunk & upper extremities (Coordination & balance)	30
	Exercising in deep Water · Box training -Exercise for the lower extremities · noodle training -Balance, Coordination, ROM, Strength · Ball training -상지 근력운동, Recreation, Balance	
정리운동	Recreation, Stretching, & Joint relaxation	10

## 2. 실험도구

영상분석을 위해 모션 캡처 카메라(Qualisys Oqus 322, 5 series) 8대를 이용하였으며, 카메라의 속도는 60frame/sec 세팅하였고, 카메라의 GenLock 기능으로 영상자료가 동기되었다. 지면반력 자료를 얻기 위해 지면반력기(AMTI, ORG-6) 1대를 사용하였으며, 1024Hz로 세팅하였다. 장애물은 가로 60cm, 세로 1cm, 높이 0, 2.5, 5.1, & 15.2cm로 일상생활에서 접하기 쉬운 문지방, 욕실의 문턱, 도로 턱의 일반적인 높이이다(Chen et al., 1991). 장애물은 지면반력기 앞에 설치하여 대상자는 장애물을 넘은 후 지면반력기를 밟았다.

## 3. 실험절차

대상자에게 실험의 목적, 방법, 주의사항 등을 설명하였으며, 대상자가 장애물을 설치한 주로에 익숙하도록 충분히 걷게 한 후 영상분석에 필요한 자료를 얻기 위한 마커를 부착하였다. 마커 위치는 다음과 같다. 몸통(R/L Shoulder, Trunk), 골반(sacrum, R/L ASIS, R/L LIAC, R/L GT), 다리(R/L thigh R/L medial

knee, R/L later knee, R/L shank, R/L medial ankle, R/L later ankle, 발(R/L META5, R/L Styloid, R/L cunniform). 대상자는 평소 걸음걸이로 장애물을 넘었으며 분석은 오른발로 장애물을 넘은 것만을 분석하였다. 본 연구에 참여한 대상자의 주동발은 오른발이었다. 장애물 높이의 순서는 임의로 정하였다.

## 4. 운동프로그램

대상자들은 12주간 주 3회(60분/1회) 수중 운동 프로그램(Clark, 1992; Cotton, Ekeroth & Yancy, 1998)에 참여하였으며, 운동 강도는 운동자각도(Ratings of Perceived Exertion: RPE) 12~13 수준(약간 힘들다)을 유지하도록 하였다. 수중 운동 센터의 책임자가 수업을 진행하고 관리하였으며, 본 연구자 또한 2주에 한번씩 방문하여 대상자들을 격려하고 관리하였다. 대상자들의 운동프로그램 참여도는 70%였다(표 2).

## 5. 자료 산출 및 분석

### 1) 운동학적 변인

카메라로부터 얻은 영상자료는 Visual 3D(C-Motion Inc., 미국) 프로그램을 이용하여 운동학적 자료로 산출하였으며, 자료처리는 MS Excel 2007을 이용하였다.

분석구간은 오른발이 장애물 넘기 전 지면에서 떨어지는 순간부터 장애물을 넘고 지면에 착지하여 다시 지면에 떨어지는 순간까지이다.

관절각의 정의는 다음과 같다. 발목각은 하퇴와 발 사이의 상대각이며, 무릎각은 대퇴와 하퇴의 상대각, 고관절각은 pelvis와 대퇴의 상대각이다. ROM(Range Of Motion)은 관절의 최대각과 최소각의 차이로 구하였다.

Swing duration(SWD)은 첫 번째 이지에서 착지까지의 시간, Stance duration(STD)은 착지에서 두 번째 이지까지의 시간으로 구하였다. 장애물 넘는 발의 보폭(Step Length)은 왼발이 지면에 닿는 순간의 발 뒤꿈치부터 장애물 넘는 발(오른발)이 장애물을 넘은 후 발 뒤꿈치가 지면에 닿는 순간의 길이로 구하였다. 보간(Step Width)은 왼발이 지면에 닿는 순간 발의 x(medial-lateral) 좌표와 장애물 넘는 오른발의 뒤꿈치가 지면에 닿는 순간의 x 좌표와의 거리로 구하였다.

장애물과 장애물 넘는 발 사이의 수직거리(Foot Clearance from the Obstacle: FC)는 장애물을 넘는 오른발의 가장 낮은 부분과 장애물간의 최소 수직 거리로 구하였다. 장애물을 넘는 속도(CS: Crossing Speed)는 장애물 넘기 전 오른발이 지면에서 떨어지는 순간부터 장애물을 넘고 지면에 착지하여 다시 지면에 떨어지는 순간까지 천골의 속도로 구하였다.

### 2) 지면반력 변인

지면반력 자료는 Visual 3D(C-Motion Inc., 미국) 프로그램을 이용하여 분석하였고, 결과값을 대상자의 몸무게로 일반화하였다(%BW). 장애물을 넘는 우측 하지의 수직지면반력 자료만을 결과에 제시하였다.

### 3) 통계처리

수중 운동 수행 전·후와 장애물에 따른 보행의 특성을 규명하기 위해 반복측정 이원분산분석(Two-way ANOVA with repeated measures)을 실시하였다. 유의수준은  $p < .05$ 로 하였다.

## III. 결과 및 논의

### 1. 운동학적 변인

#### 1) 각도 변인(발목, 무릎 & 고관절)

표 3은 수중 운동 전·후 장애물을 넘을 때 여성 노인의 발목, 무릎, 고관절각의 변화값을 정리한 것이다. 발목과 무릎 관절의 최소각, 최대각, ROM에서 수중 운동 전·후에 따른 유의한 차이가 나타나지 않았다. 장애물 높이가 증가함에 따라 발목 관절의 ROM은 유의하게 감소하였고, 무릎 관절의 최대각과 ROM은 유의하게 증가하였다. 0cm의 장애물 높이에서의 무릎 관절의 ROM과 2.5~15.2cm 장애물에서의 무릎 관절의 ROM은 차이가 많이 나는 것으로 나타났는데, 이는 정철수 등(2004)의 결과와도 일치한다. 노인은 장애물을 보게 되면 높이에 관계없이 무릎을 굽곡시켜 발을 높게 들어 장애물에 걸려 넘어지지 않고 안전하게 넘으려는 신체의 매케니즘을 가지고 있는 것으로 사료된다.

고관절의 최대각, 최소각, ROM에서 수중 운동 전·후에 유의한 차이가 나타났으며, 최소각과 ROM은 장애물 높이에 따라 유의한 차이가 나타났다. 수중 운동 수행 후 수행 전 보다 노인들이 장애물을 넘을 때 무릎 관절을 사용하기 보다는 고관절을 사용하는 것으로 생각되며, 특히 5.1과 15.2cm 장애물에서 수중 운동 수행 후 무릎 관절의 ROM이 감소하는 것으로 나타나 수중 운동 수행 후 무릎을 덜 굽곡시키고 고관절을 더 많이 굽곡시켜 장애물을 넘는 것으로 사료된다.

#### 2) Swing 국면에서의 소요시간(Swing Duration: SWD)

통계 처리 결과 수중 운동 전·후( $F=2.02$ ,  $p=0.16$ )에 따른 유의한 차이가 나타나지 않았다. 그러나 0 cm를 제외한 모든 높이에서 수중 운동 후 소요시간이 줄어들었는데 이는 보행 능력의 향상으로 인한 결과로 여겨진다. SWD에서 장애물 높이( $F=2.65$ ,  $p=0.06$ )에 따른 유의한 차이가 나타나지 않았으나, 수중 운동 후 장애물 높이가 증가에 따라 SWD의 증가폭이 수중 운동 전 보다 작게 나타났다. 노인들이 수중 운동 전 장애물을 넘는데 부담스러웠지만, 수중 운동 수행 후 네 높이의 장애물을 자연스럽게 넘은 것으로 생각된다.

표 3. 수중 운동 수행 전·후와 장애물 높이에 따른 관절 각도 변인 (mean±SD)

변인	time	장애물 높이(cm)				Source	Statistical Results	
		0	25	5.1	15.2			
발목(°)	Max	pre	-61.87±12.19	-68.55±7.17	-69.11±6.15	-75.81±6.04	Time	F=3.15, p=0.08
		post	-67.81±7.39	-71.82±4.93	-74.29±5.84	-74.91±4.08	OH	F=5.28, p=0.00
	Min	pre	-76.75±8.70	-76.52±8.73	-78.47±10.84	-80.16±6.82	Time*OH	F=0.65, p=0.59
		post	-80.30±4.06	-80.01±3.31	-80.58±3.74	-80.17±4.15	Time	F=1.57, p=0.22
	ROM	pre	14.88±6.46	7.96±6.28	9.36 ±10.31	4.36 ±4.62	OH	F=0.23, p=0.87
		post	12.49±6.38	8.19±3.32	6.29±4.41	5.26±3.39	Time*OH	F=0.21, p=0.89
무릎(°)	Max	pre	74.22±14.86	81.34±9.61	86.15 ±17.16	99.69 ±15.83	Time	F=0.45, p=0.51
		post	78.64±7.61	86.19±11.89	85.96±10.53	95.18±14.13	OH	F=5.26, p=0.00
	Min	pre	2.18 ±9.63	1.78 ±7.91	2.72 ±9.09	3.26 ±9.47	Time*OH	F=0.36, p=0.78
		post	3.03±6.35	2.53±8.57	3.34±7.43	3.47±6.16	Time	F=0.08, p=0.78
	ROM	pre	72.04±12.05	79.56 ±13.78	83.43±18.17	96.43±19.33	OH	F=0.06, p=0.98
		post	75.62±8.64	83.66±13.54	82.62±0.79	91.71±14.29	Time*OH	F=0.00, p=1.00
고관절(°)	Max	pre	-12.03±10.52	-14.39±11.86	-14.30±13.54	-15.28±13.01	Time	F=30.98, p=0.00
		post	1.07±7.17	1.23±8.02	0.96±7.16	1.23±7.50	OH	F=0.06, p=0.98
	Min	pre	-62.25±17.26	-74.38±17.47	-79.21±15.72	-91.42±12.94	Time*OH	F=0.07, p=0.98
		post	-58.68±9.01	-66.34± 9.67	-69.18±10.18	-79.56± 9.82	Time	F=5.56, p=0.02
	ROM	pre	50.22±6.92	59.99±9.70	64.91 ±8.29	76.14 ±7.43	OH	F=8.61, p=0.00
		post	59.75±8.46	67.57± 8.67	70.15±7.09	80.79±7.76	Time*OH	F=0.26, p=0.86
							F=9.76, p=0.00	
							F=20.25, p=0.00	
							F=0.27, p=0.85	

참고 : Time : 수중 운동 전·후, OH: 장애물 높이(Obstacle Height)

3) Stance 국면에서의 소요시간(Stance Duration: STD)

통계 처리 결과 수중 운동 전·후(F=0.96, p=0.33)와 장애물 높이(F=0.42, p=0.74)에 따른 유의한 차이가 나타나지 않았다. 수중 운동 수행 후 모든 높이에서 소요 시간은 줄어든 것으로 나타나 장애물을 넘는 속도가 빨라졌을 것으로 생각된다.

4) 장애물 넘는 발의 보폭(Step Length)

보폭은 수중 운동 전·후에 따라 유의한 차이(F=12.48, p=0.00)가 나타났다. 수중 운동 후 모든 높이에서 보폭이 증가하는 것으로 나타나 노인들이 두려움 없이 자연스럽게 장애물을 넘은 것으로 판단된다. 5) 보간(Step Width)

통계 처리 결과 수중운동 전·후(F=2.09, p=0.15)와 장애물 높이(F=0.44, p=0.72)에 따른 유의한 차이가 나타나지 않았다. 그러나 수중 운동 수행 후 모든 장애물 높이에서 보간의 폭이 줄어든 것으로 나타나 수중 운동 수행 전 양발을 넓게 벌려서 장애물을 넘었으나, 수중 운동 후 양발을 덜 벌린 채 장애물을 넘은 것으로 해석할 수 있다.

6) 장애물을 넘는 순간 장애물과 오른발 사이의 수직 최단 거리(Foot Clearance from the Obstacle: FC)

FC 는 장애물을 안전하게 넘는 것과 관련된 가장 중요한 변인이다(Sparrow, Shinkfield, Chow, & Begg,

표 4. 수중 운동 수행 전·후와 장애물 높이에 따른 Swing & Stance 국면의 소요시간, 보폭(Step Length), 보간(Step Width), 장애물을 넘는 순간 장애물과 오른발 사이의 수직 최단 거리(FC), 장애물을 넘는 속도(CS) (mean±SD)

변인	time	장애물 높이(cm)				Source	Statistical Results
		0	2.5	5.1	15.2		
Swing Duration (s)	pre	0.60±0.12	0.66±0.16	0.70±0.19	0.82±0.29	Time	F=2.02, p=0.16
	post	0.62±0.08	0.63±0.04	0.63±0.07	0.69±0.10	OH	F=2.65, p=0.06
Stance Duration (s)	pre	0.80±0.19	0.80±0.14	0.85±0.18	0.84±0.14	Time*OH	F=0.71, p=0.55
	post	0.77±0.14	0.78±0.08	0.79±0.10	0.81±0.09	Time	F=0.96, p=0.33
Step Length (%Height)	pre	58.43±5.23	61.49±7.78	62.25±5.76	61.27±7.23	OH	F=0.42, p=0.74
	post	66.42±6.25	64.59±5.82	67.00±5.73	67.51±5.74	Time*OH	F=0.05, p=0.99
Step Width (cm)	pre	5.06±2.45	5.04±2.60	4.42±2.71	5.16±2.17	Time	F=12.48, p=0.00
	post	4.67±5.03	3.75±2.47	2.96±2.37	3.98±3.14	OH	F=0.46, p=0.71
FC (cm)	pre	23.40±4.93	23.74±3.74	22.20±5.80	21.39±3.22	Time*OH	F=0.45, p=0.72
	post	26.71±1.76	26.74±3.24	24.14±2.24	18.33±2.95	Time	F=2.09, p=0.15
CS (m/s)	pre	0.75±0.19	0.74±0.21	0.69±0.18	0.62±0.18	OH	F=0.44, p=0.72
	post	0.78±0.17	0.75±0.14	0.77±0.15	0.72±0.15	Time*OH	F=0.10, p=0.96

1996). FC에서 수중 운동 전·후에 따른 유의한 차이 ( $F=1.98, p=0.16$ )가 나타나지 않았으나, 15.2cm 장애물을 제외하고는 수중 운동 후 FC가 증가한 것으로 나타났다. 이러한 결과는 근력운동 수행 후 수행 전 보다 FC가 증가한 Lamoureux, Sparrow, Murphy 와 Newton(2003)의 연구결과와 부분 일치한다. Begg 와 Sparrow(2000)는 지면보다 15cm 높게 올린 보행 주로에서 젊은이와 노인의 보행 특성을 비교하였는데, 노인 집단은 젊은이 보다 FC 값이 통계적으로 유의하게 작게 나타났다. FC의 증가는 장애물을 넘기 위해 하지를 더 높이 들어 올릴 수 있다는 것을 의미하며(Sparrow et al., 1996), 이처럼 스윙하는 하지가 더 크게 굴곡하게 되면 낙상과 관련된 보행에 긍정적인 영향을 미친다(Lamoureux et al., 2003).

FC에서 장애물 높이에 따른 유의한 차이( $F=7.27, p=0.00$ )가 나타났는데, 특히 5.1~15.2cm 장애물에서 FC가 감소하는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 장애물 높이의 증가와 함께 FC도 함께 증가한다는 Chen et

al.(1991)의 연구와는 상반되는 결과이다. 정철수 등(2004)의 연구에서는 본 연구와 비슷한 연구결과가 나타났다는데, 여성노인이 0, 2.5, 5.1cm 장애물을 넘을 때 FC는 증가하였고, 15.2cm 장애물에서 FC가 감소한 것으로 나타나, 인체의 움직임과 시각과의 협응에 대한 후속연구가 필요하다고 제안하였다.

#### 7) 장애물을 넘는 속도(Crossing Speed: CS)

CS는 수중운동 전·후에 통계적으로 유의한 차이 ( $F=1.56, p=0.22$ )가 나타나지 않았으나, 모든 높이에서 수중 운동 수행 후 CS가 증가하였다. Chen et al.(1991)은 젊은이와 노인의 장애물 보행을 비교하였는데 보행 능력이 뛰어난 젊은이 집단이 노인 집단에 비해 장애물을 넘는 속도가 빨랐다고 보고하여 보행 능력과 CS와의 관계를 설명하였다. 따라서 본 연구에서 수중 운동 수행 후 CS의 증가는 수중 운동 프로그램에 포함된 걷기 동작의 연습으로 인해 노인들의 보행 능력이 향상된 결과로 해석된다.

표 5. 수중 운동 수행 전·후와 장애물 높이에 따른 수직 지면반력 변인 (mean±SD)

변인	time	장애물 높이(cm)				Source	Statistical Results
		0	2.5	5.1	15.2		
Braking Force (%BW)	pre	95.11±5.16	98.35±5.53	94.63±4.04	96.65±5.91	Time	F=49.28, p=0.00
	post	107.09±6.83	108.24±8.44	109.22±7.64	105.86±7.35	OH Time*OH	F=0.37, p=0.76 F=0.55, p=0.64
Propulsive Force (%BW)	pre	97.35±5.15	96.45±5.39	99.00±4.61	97.94±4.70	Time	F=30.53, p=0.00
	post	103.82±6.84	104.64±5.66	105.30±4.07	104.94±3.20	OH Time*OH	F=0.36, p=0.77 F=0.11, p=0.95
Braking Impulse (%BW*s)	pre	13.40±4.70	15.37±6.68	13.64±5.43	15.91±5.74	Time	F=5.21, p=0.02
	post	11.47±5.68	10.84±4.29	12.42±3.73	12.05±3.19	OH Time*OH	F=0.25, p=0.85 F=0.38, p=0.76
Propulsive Impulse (%BW*s)	pre	47.45±14.57	46.27±6.13	51.94±10.29	49.99±7.24	Time	F=6.59, p=0.01
	post	52.81±9.35	54.41±7.64	55.31±5.60	56.77±9.71	OH Time*OH	F=0.67, p=0.57 F=0.19, p=0.89

CS에서 장애물 높이(F=0.94, p=0.43)에 따른 유의한 차이가 나타나지 않았다. 수중 운동 후 장애물 높이 증가에 따른 CS의 변화 패턴을 찾을 수는 없었지만, 수중 운동 수행 전 장애물 높이가 증가함에 따라 CS가 선형적으로 감소하였다. 이는 수중 운동 참여 전 노인들이 장애물을 넘을 때 부담스러워하며 장애물에 걸리지 않도록 속도를 줄인 것으로 판단된다.

## 2 수직 지면반력 변인

수직 지면반력 변인 결과는 장애물을 먼저 넘은 오른쪽 발의 지면반력 자료로부터 구하였다. 통계결과 수중 운동 수행 전·후에 제동력(braking force), 추진력(propulsive force), 제동 운동량(braking impulse), 추진 운동량(propulsive impulse)은 통계적으로 유의하게 변화되었다(표 5). 수중 운동 수행 후 운동 전 보다 제동력은 증가하였고, 제동 운동량은 감소하였는데 이는 장애물을 넘은 발이 지면을 지지하는데 걸리는 시간이 감소한 것을 의미한다. 이러한 결과는 앞서 설명한 수중 운동 수행 후 SWD이 감소한 것과 관련이 있다.

Begg와 Sparrow(2000)는 젊은이의 경우 지면보다 15cm 높게 올린 보행 주로에 발을 디뎠을 때 발의 추진 운동량은 노인에게 비해 큰 값을 나타냈으며, 이처럼 수직 운동량의 증가는 몸 전체를 들어올리는 것을 도와

주며 동시에 FC 변인의 증가와 관련이 있다고 하였다. 본 연구에서 수중 운동 수행 후 추진 운동량이 증가되었는데, 증가된 추진 운동량은 장애물을 나중에 넘는 발(왼발)이 장애물에 걸리지 않고 안전하게 넘는 것과 관련이 있다고 생각된다. 수중 운동 수행 전 실험에서 장애물을 나중에 넘는 발이 장애물에 걸리는 경우가 더러 있었으나, 수중 운동 수행 후 실험에서 모든 대상자들이 장애물에 걸려 넘어지지 않고 자연스럽게 장애물을 넘을 수 있었다.

## IV. 결론

본 연구는 여성 노인들의 수중 운동 수행 후 장애물 보행의 특성을 규명하고자 하였으며, 결과를 요약하면 다음과 같다.

첫째, 수중 운동 수행 후 발목 관절과 무릎 관절에서 유의한 차이가 나타나지 않았으나, 고관절의 최대각, 최소각, ROM은 유의하게 변화하였다. 5.1과 15.2cm 장애물에서 수중 운동 수행 후 무릎 관절각이 감소하는 것으로 나타나 수중 운동 수행 후 무릎을 덜 굽고서 고관절을 더 많이 굽고서 장애물을 넘는 것으로 나타났다.

둘째, Swing 국면과 Stance 국면의 소요시간에서 수중 운동 전·후에 따라 유의한 차이는 나타나지 않았다.

그러나 0cm를 제외한 모든 높이에서 수중 운동 후 Swing 국면에서의 소요시간은 줄어들었고, 모든 높이에서 Stance 국면에서의 소요시간은 줄어들었다.

셋째, 수중 운동 후 모든 높이에서 유의하게 보폭이 증가하였다. 보간은 수중 운동 전·후에 따른 유의한 차이가 나타나지 않았으나 운동 후 보간의 폭이 줄어들었다.

넷째, 장애물을 넘는 순간 장애물과 오른발 사이의 수직 최단 거리에서 수중 운동 전·후에 따른 유의한 차이가 나타나지 않았으나, 15.2cm 장애물을 제외하고는 수중 운동 후 수직 최단거리가 증가하였다. 장애물을 넘는 순간 장애물과 오른발 사이의 수직 최단 거리는 장애물 높이에 따라 유의하게 감소하였는데, 특히 5.1~15.2cm 장애물에서 수직 최단거리가 감소하였다.

다섯째, 장애물을 넘는 속도는 수중 운동 전·후에 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았으나, 모든 높이에서 수중 운동 수행 후 장애물을 넘는 속도가 증가하였다.

여섯째, 제동력, 추진력, 추진운동량은 수중 운동 전·후에 유의하게 증가하였고, 제동 운동량은 수중 운동 전·후에 유의하게 감소하였다.

이상의 결과를 종합해 볼 때, 수중 운동을 수행 한 여성 노인들은 장애물 넘는 하지의 고관절을 더 많이 굴곡하여 하지를 들어 올려 장애물을 넘었으며, 장애물을 먼저 넘는 발과 나중에 넘는 발 사이의 보폭도 증가하였다. 또한 수중 운동 후 장애물을 빨리 넘어 장애물 넘는 발이 지면에 닿는 시간이 짧아지는 경향을 나타냈다. 12주간의 수중 운동은 여성 노인의 근력과 평형성을 향상시켰으며 이는 낙상과 관련된 장애물 보행의 운동학 및 운동역학적 변인의 변화를 가져와 여성 노인들이 장애물을 안전하고 신속하게 넘을 수 있었다. 따라서 노인의 보행 능력 향상과 낙상 예방 운동으로 수중 운동이 추천된다.

## 참고문헌

- 정철수, 윤태진, 유연주, 최치선(2004). 장애물 보행에 의한 노인 낙상의 운동학 및 근전도 분석. *한국체육학회지*, 43(5), 423-436.
- Asikainen, T. M., Kukkonen-Harula, K., & Miilunpalo, S.(2004). Exercise for health for early postmenopausal women: a systematic review of randomised controlled trials. *Sports Medicine*, 34(11), 753-778.
- Begg, R. K., & Sparrow, W. A.(2000). Gait characteristics of young and older individuals negotiating a raised surface: implications for the prevention of falls. *Journal of Gerontology: Medical Sciences*, 55(3), 147-154.
- Best-Martini, E., & Botenhagen-DiGenova, K.(2003). *Exercise for Frail Elders*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Chen, H. C., Ashton-Miller, J. A., Alexander, N. B., & Schultz, A. B.(1991). Stepping over obstacles: gait patterns of healthy young and old adults. *Journal of Gerontology: Medicine Sciences*, 46(6), 196-203.
- Chen, H. C., Ashton-Miller, J. A., Alexander, N. B., & Schultz, A. B.(1994). Effects of age and available response time on ability to step over an obstacle. *Journal of Gerontology*. 49(5), 227-233.
- Clark, J.(1992). *Full Life Fitness: a complete program of exercise for mature adults*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Cotton, R. T., Ekeroth, C. J., & Yancy, H. Eds(1998). *Exercise for Older Adults*. American Council On Exercise. San Diego, California: Human Kinetics.
- Hayes, W. C., Mayer, E. R., Robinovitch, S. N., van den Kroonenberg, A., Courtney, A. C., & McMahan, T. A.(1996). Etiology and prevention of age-related hip fractures. *Bone*, 18, 77-86.
- Jones, C. J., & Rose, D.(2005). *Physical Activity Instructions of Older Adults*. Champaign, Hlinois Human Kinetics.



- Lamoureux, E., Sparrow, W. A., Murphy, A., & Newton, R. U.(2003). The effects of improved strength on obstacle negotiation in community-living older adults. *Gait & Posture*, 17(3), 273-283.
- Lee, L., W., & Kerrigan, C.(1999). Identification of kinetic difference between fallers and nonfallers in the elderly. *American Journal of Physical Medicine and Rehabilitation*, 78(3), 242-246.
- Pavol, M. J., Owings, T. M., Foley, K. T., & Grabiner, M. D.(1999). Gait characteristics as risk factors for falling from trips induced in older adults. *Journal of Gerontol Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, 54(11), 583-590.
- Rahmann, A. E., Brauer, S. G., & Nitz, J. C.(2009). A specific inpatient aquatic physiotherapy program improves strength after total hip or knee replacement surgery: a randomized controlled trial. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 90(5), 745-755.
- Rockwood, K., Howlett, S. E., MacKnight, C., Beattie, B. L., Bergman, H., Hébert, R., Hogan, D. B., Wolfson, C., & McDowell, I.(2004). Prevalence, attributes, and outcomes of fitness and frailty in community-dwelling older adults: report from the Canadian study of health and aging. *Journal of Gerontol Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, 59(12), 1310-1317.
- Said, C. M., Goldie, P. A., Patla, A. E., & Sparrow, W. A.(2001). Effect of stroke on step characteristics of obstacle crossing. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 82, 1712-1719.
- Silva, L. E., Valim, V., Pessanha, A. P., Oliveira, L. M., Myamoto, S., Jones, A., & Natour, J.(2008). Hydrotherapy versus conventional land-based exercise for the management of patients with osteoarthritis of the knee: a randomized clinical trial. *Physical Therapy*, 88(1), 12-21.
- Sparrow, W., Shinkfield, A., Chow, S., & Begg, R.(1996). Characteristics of gait in stepping over obstacles. *Human Movement Science*, 15, 605-622.
- Suomi, R., & Collier, D.(2003). Effects of arthritis exercise programs on functional fitness and perceived activities of daily living measures in older adults with arthritis. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 84(11), 1589-1594.
- Tinetti, M. E.(2003). Clinical practice. Preventing falls in elderly persons. *New England Journal of Medicine*, 348, 42-49.
- Tinetti, M. E., Speechley, M., & Ginter, S. F.(1988). Risk factors for fall among elderly persons living in the community. *New England Journal of Medicine*, 319, 1701-1707.
- Wang, T. J., Belza, B., Elaine Thompson, F., Whitney, J. D., & Bennett, K.(2007). Effects of aquatic exercise on flexibility, strength and aerobic fitness in adults with osteoarthritis of the hip or knee. *Journal of Advanced Nursing*, 57(2), 141-152.

투 고 일 : 07월 31일

심 사 일 : 08월 06일

심사완료일 : 09월 15일