KJS

Korean Journal of Sport Biomechanics 2020; 30(1): 73-81
http://dx.doi.org/10.5103/KJSB.2020.30.1.73
http://e-kjsb.org eISSN 2093-9752

ORIGINAL

Effect of Aquatic Walking Exercise on Gait and Balance Parameters of Elderly Women

수중걷기운동이 여성노인의 보행 및 평형능력에 미치는 영향

Ki-Joo Kang[1], Joong-Sook Lee[2], Jeong-Ok Yang[2], Joon-Sung Park[2], Ki-Hoon Han[3]

[1]Department of Physical Education, Graduate School of Silla University, Busan, South Korea
[2]Disivion of Kinesiology, College of Health and Welfare, Silla University, Busan, South Korea
[3]Department of Physical Education, Pusan National University, Busan, South Korea

Received : 10 January 2020
Revised : 22 January 2020
Accepted : 22 January 2020

Corresponding Author
Joong-Sook Lee
Department of Kinesiology, Silla University, 140, Baekyang-daero 700beon-gil, Sasang-gu, Busan, 46958, South Korea
Tel : +82-51-999-5064
Fax : +82-51-999-5164
Email : jslee@silla.ac.kr

Objective: The purpose of this study is to analyze the effects of aquatic walking exercise on gait and balance parameters of elderly women.

Method: 15 elderly people were recruited for this study (age: 73.20±5.19 yrs, height: 153.87±3.36 cm, mass: 60.33±5.73 kg). All variables were measured using Gaitview AFA-50. The variables were the heel contact time ratio, gait angle, and M/P change ratio for gait patterns and ENV, REC, RMS, Total Length, TLC, Sway velocity, and Length/ENV for balance abilities. A paired *t*-test and the Wilcoxon signed-rank test were carried out to verify the differences in the test scores after participating in the water walking program. The significance level for all statistical analyses was set to α=.05.

Results: As for the changes in their walking function after the exercise, heel contact time ratio (p<.01) showed a statistical significance, while gait angle and M/P change ratio did not reveal statistically significant differences. In the test of balance ability on both feet and with eyes opened, statistical significance was found in ENV, REC, RMS, TLC (p<.01), and sway velocity (p<.05), while the test with eyes closed showed statistical significance in length/ENV as well as ENV, REC, RMS, sway velocity (p<.01) TLC, and total length (p<.05). As for the single-leg stance balance ability, ENV and REC revealed statistically significant differences.

Conclusion: These results show that water walking is effective for improving the function of the ankle flexor muscles, providing stability to the ankle joint during walking and helping efficient walk. In addition, it is also expected to help prevent falls due to loss of balance by improving the stability of lower extremity muscles and trunk.

Keywords: Aquatic walking exercise, Gait and balance parameters, Elderly women

INTRODUCTION

오늘날 우리사회는 급격한 경제성장과 물질문명의 발달 및 의료기술의 발달 등으로 평균수명이 연장됨에 따라 노인인구가 급증하고 있다. 우리나라의 고령화는 OECD 국가 중에서도 가장 빠르게 진행되는 추세로 2000년 7.2%에 고령화 사회로 이미 접어들었고, 2030년에는 24.3%, 2060년에는 41% 대로 진입할 것으로 예상되고 있다(Statistics Korea, 2018). 고령화는 노화로 인한 신체적 변화 중 외형상의 변화와 구조기능상의 변화로 여러 측면에서 개인 삶의 질에 부정적인 영향을 미칠 수 있다. 일반적으로 노인은 신체기능의 노화로 인해 신체활동 참여에 상당한 제약을 받을 수 있기 때문에 비활동적인 생활패턴에 빠지기 쉽다. 이러한 신체활동 부재는 궁극적으로 심혈관 및 근골격계 질환 등의 노인성 질환에 쉽게 노출되는 주요 원인이 된다(Jones & Rose, 2004). 특히, 노인의 하지근력 저하는 자립적인 일상생활 수행에 절대적으로 필요한 균형감과 보

Copyright © 2020 Korean Journal of Sport Biomechanics
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 noncommercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

행기능에 부정적인 영향을 미칠 수 있다(Hicks et al., 2005).

균형능력과 보행기능의 저하는 노인에게 낙상위험에 노출될 수 있는 확률이 높다는 것을 의미한다. 사람은 척추의 정상만곡을 유지했을 때 가장 안정적으로 무게중심을 유지할 수 있으나(Kim, Yang & Lee, 2013) 척추가 휘어지면 몸의 무게중심이 변화되어 족저압력 분포에도 영향을 미치게 된다. 발의 압력변화는 발목, 무릎, 골반, 척추 등에도 유기적인 영향을 미쳐 체형 및 족저압 불균형의 원인이 된다(Moon, Jung, Park, Kim & Park, 2014). 신체균형은 발의 균형상태와 밀접한 관련이 있어 족저압력 측정을 통해 발의 좌·우 압력의 분포 및 발의 균형상태를 알아보는 것은 중요하다(Son, Lee & Kim, 2014).

낙상은 노인의 보행 시 보행 속도, 보행 거리, 보행 수 등의 신체의 균형과 관련된 기능적 능력 상실과 체력의 감소로 노인에게 나타나는 운동장애이며(Eom, 2006) 신체적 노화로 인한 근력감퇴 및 균형감각의 저하는 일상생활에서의 장애와 보행능력의 저하를 초래하여 낙상의 원인이 될 수 있다고 보고하였다(Gallagher et al., 2001). 보행은 협응, 균형, 근육의 통합적인 움직임을 수행해야 하는 고도의 조화로움이 요구되는 복합적인 운동으로(Prince, Corriveau, Hébert & Winter, 1997), 수중이라는 새로운 환경에서 평소 사용하지 않는 근육들이 사용되어 균형훈련에 효과적이다. 노화로 인한 균형능력 감소는 고유수용성감각의 근 기능저하, 반사 신경의 지연, 근력약화에 따른 자세 동요 등으로 인해 발생하게 되며, 보행능력의 저하도 마찬가지로 상해의 위험을 증가시킨다고 보고하였다(Jeong & Choi, 2008). 이와 같이 보행능력의 저하가 낙상위험의 요인이 될 수 있으며 노인들의 신체적, 정신적, 사회적 안녕을 위한 낙상사고를 미연에 방지하기 위해서는 근력강화, 균형훈련, 보행훈련 등이 필요하다고 하였다(Hwamg & Kim, 2010).

노인들의 운동 실천율을 높이기 위해서 신체에 무리를 주지 않으면서 간편하고 효율성이 높은 운동이 필요한데, 걷는 것은 체중 이동이 힘들지 않고 착지할 때 발에 미치는 충격이 적어 근육이 쇠퇴한 사람도 계속할 수 있으며, 심장의 부담과 상해의 위험이 적어서 누구나 쉽게 시작할 수 있는 운동이다. 그러므로 걷기운동은 거의 상해를 입힐 가능성이 없는 운동으로 노년층에 적합하다고 할 수 있다(Lee, 2003; Sul, 2000). 걷기운동의 여러 가지 장점에도 불구하고 고령자에게 걷기운동은 동기부여가 확실하지 않은 경우 지속적인 재미나 흥미를 느끼기가 쉽지 않으며 관절염 등과 근골격계 질환의 고령자에게는 운동수행에 어려운 제한점이 있을 수 있다. 그러므로 걷기운동은 날씨의 영향 등 운동 참여의 변수가 많은 고령자의 경우 육상에서의 걷기운동의 제한점을 보완할 대체 운동유형 및 방식이 필요하고 할 수 있다.

수중운동은 노인들을 위해 권장되는 여러 가지 형태의 운동종목들 중에서 노화로 인한 여러 질병을 보완하고, 노인들의 운동능력을 고려하여 신체에 크게 무리를 주지 않으면서 근력과 관절가동범위를 동시에 증가시킬 수 있는 운동으로 권장되고 있다(Lee, Chon & Jeong, 2009). 수중운동은 대부분의 경우 실내에서 이루어지기 때문에 날씨의 영향을 전혀 받지 않는다. 이러한 수중운동의 효과 및 장점은 많은 전문가들에 의해 이미 검증되어 오고 있다. 또한 물의 특성인 정수압(Hydrostatic Pressure)과 부력(Buoyancy)은 생체 역학적 스트레스를 줄이면서 근육, 건, 인대의 인장력 높여주어 골지힘줄기관, 관절수용기의 통증을 감소시켜 물속에서 단지 서 있는 것만으로도 근육, 건, 인대, 그리고 관절수용기의 체성감각을 활성화 시키는데 유리한 환경 조건이라 할 수 있다(Kim, 2007). 수중걷기운동은 걷기운동의 유산소성 운동효과와 걷기운동을 적용한 용이성 및 효율성이라는 장점을 살릴 수 있으며 물의 특성을 가진 수중환경에서의 운동참가에 따른 참여자의 심리적 부담감이 감소되어 운동 참여율이 높아지고 수중활동으로 인한 운동효과로 추가적인 에너지소비가 일어 날수 있다고 하였다(Park, 2008). Kang, Soe & Choi (2014)은 수중운동 프로그램을 통하여 낙상관련 하지근력, 유연성, 민첩성의 체력향상과 동적균형 및 자세안정성의 변화에서 역학적으로 안정화된 자세를 확인하였으며, 노년기 낙상예방을 위한 운동으로 권장할 수 있다고 하였다. Kim (2007)은 수중 넘어짐 예방운동이 여성노인의 생활체력 중 유산소지구력, 상·하지 근지구력, 민첩성 및 보행균형, 동적균형, 보행 충격흡수에도 효과적이라고 하였다.

이러한 선행논문들은 수중운동이 여성노인의 낙상관련 체력향상에 도움이 될 수 있는 운동 프로그램으로 노인의 신체적 건강에 관한 기초자료가 될 수 있다.

본 연구는 수중걷기운동 프로그램을 통한 여성노인의 보행능력 향상 여부를 알아보기 위하여 발뒤꿈치 접촉시간, 보행각도, 발의 회내 비율을 분석하고, 기립 시 개안 폐안 및 외발서기 평형성을 측정하여 수중걷기운동이 여성노인의 균형능력 향상에 긍정적인 영향을 줄 수 있을지 과학적으로 검증해 보는데 그 목적이 있다.

METHOD

1. 연구대상

연구대상은 B광역시에 소재한 S스포츠센터 수중운동 프로그램에 등록한 65세 이상 여성 15명(Age=73.2±5.1 years; Mass =60.3±5.7 kg; Height=153.8±3.3 cm; BMI=25.4±2.2 kg/m^2)을 선정하였다. 연구대상 선정기준은 과거 정형외과적 수술 또는 퇴행성관절염으로 인해 정상보행에 불편함을 느끼지 않거나 최근 1년 이내 수중운동 외에 정형화된 운동 프로그램에 참여하지 않은 여성노인들을 선정하였다. 사전 인터뷰 등을 통해 선정된 연구대상들은 연구목적 및 연구내용에 대해 충분한 설명을 들은 후 자발적 참여동의서를 작성한 후 참여하였다.

2. 데이터 수집 및 분석

본 연구에서 보행패턴 및 평형성 변인의 측정을 위해 압력 센서 측정기 Gaitview AFA-50 (Al foots co, Korea)가 사용되었으며 (Figure 1), 수집된 데이터는 Gaitview pro 1.0 소프트웨어를 통해 분석하였다.

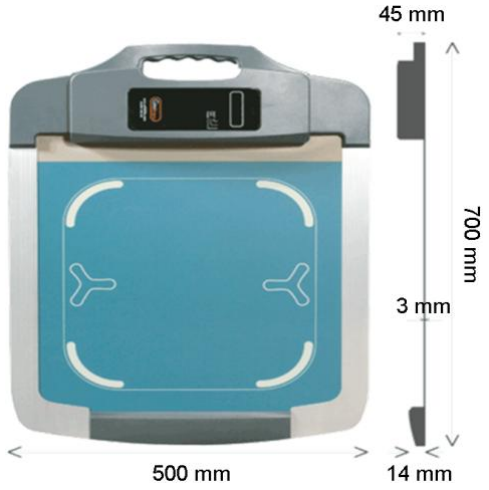

Figure 1. Gaitvew AFA-50

보행능력 측정을 위해 Heel contact time ratio, Gait angle, M/P change ratio 등을 측정하였다. Heel contact은 보행 중 후족부가 땅에 처음 닫는 구간을 의미하며 보행의 3구간(Heel contact, Midstance, Propulsion)을 100%로 표준화하여 Heel contact의 소요시간 비율을 Heel contact time ratio 계산하였으며, Gait angle은 하지의 부정렬 상태를 복합적으로 보여주는 값이며 앞으로 보행 시 Y축을 기준으로 족부 진행축의 기울어짐 정도를 각도로 표시한 값이다. M/P change ratio는 족부의 보행 중 회내운동의 정도를 나타내는 수치로써 기립 시의 족저압력면적과 보행 중의 압력면적의 변화율을 백분율로 표시한 값이며 값이 클수록 많은 회내를 나타내는 것으로 볼 수 있다. 또한, 평형성의 경우 개안 시, 폐안 시, 외발서기 3가지 조건에서 측정하였으며 측정 간 기립자세에서 나타나는 압력중심점(COP; Center of pressure) 궤적의 외피면적을 의미하는 ENV(Envelope area: 외주면적), COP 궤적의 총 길이를 의미하는 Total Length(총 궤적장), 총 궤적장 값을 검사시간으로 나눈 Sway Velocity(COP 이동 속도), 총 궤적장 값을 외주면적 값으로 나눈 Length / ENV(단위 외주면적 궤적장), 프레임별 COP의 위치값과 평균값을 통해 상대적으로 많이 위치한 영역의 면적을 의미하는 RMS(Root mean square: 실효가면적), 프레임별 COP의 최대 왼쪽, 오른쪽, 위쪽, 아래쪽 4방향을 연결한 사각형의 면적을 의미하는 REC(Rectangle: 단형면적), COP의 평균점에서 각각의 프레임별 암력의 중심점까지의 거리를 모두 합산한 값인 TLC(Total length to COP: 중심점거리)를 측정하였다(Figure 2).

3. 운동프로그램

수중걷기운동 프로그램은 8주간 주 2회, 운동시간은 총 50분으로 준비운동 10분, 본 운동 30분, 정리운동 10분으로 구성하였다. 준비운동은 풀 환경 신체적응을 위한 운동 전 체난준비운동 - 운동 전 스트레치 - 심폐준비운동으로 3단계로 나뉜다. 준비운동에서는 앞으로걷기, 뒤로걷기, 뒤꿈치로 걷기, 발끝으로 걷기, 옆으로 걷기운동을 통해 신체의 심부온도를 올려 체난준비운동을 하였고 비복근과 대퇴이두근 등 하체 및 상체스트레칭을 실시한 후 길게 걷는 운동을 통해 본 운동 준비를 위한 심폐준비운동을 실시하였다. 본 운동에서는 발목관절, 무릎관절, 고관절, 하지전면, 후면근과 관련된 걷기운동으로 실시하였으며 정리운동에서는 어깨가 물속에 잠기게 하여 걷기운동을 실시한 후 심박수를 서서히 낮추었다. 수심 1.2~1.3 M, 수온 28~29℃의 풀 환경에서 맨발 수중걷기운동을 실시하였으며, 운동강도는 Borg (1982)에 의해 고안된 운동자각도(RPE; Rating of Perceived Exertion)를 사용하여 1~4주는 RPE 11~12로 가벼운 운동강도로 시작하여 5~8주는 RPE 13~14로 약간 힘듦을 느낄 수 있는 수준으로 강도를 조절하였다. 세부운동 프로그램 내용은 (Table 1)과 같다.

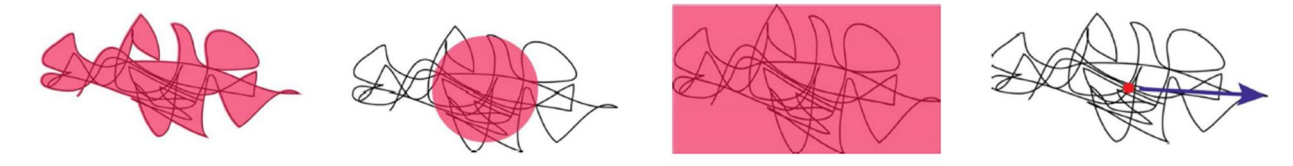

Figure 2. Balance variable

Table 1. Aquatic walking exercise program

Class format (min)		Aquatic walking exercise	Intensity
Warm up (10)	Thermal warm up (3)	- Walk forward, Backward	
		- Walk on toes, Heels	
		- Walk side step	
	Pre stretch (4)	- Calf stretches, Trapezius, Rhomboids, Pectoralis major, Hamstrings, Quadriceps, Iliopsas	
	Cardio warm up (3)	- Walk long stride (forward, backward)	
		- Walk side step add arm	
Conditioning (30)		- Walk side bend	1~4 weeks RPE (11~12) / 5~8 weeks RPE (13~14)
		- Up on toes, Back on heels, Toe curls, Toes up, Down, Ankle circles	
		- Walk straight legs	
		- Walk side kick	
		- Walk back kick	
		- Walk leg curl	
		- Walk toe out, Toe in	
		- Walk up on toes, Back on heels	
		- Walk high knee	
		- Walk diagonal	
		- Walk step & cross	
Cool down (10)	Cool down (5)	- Walk low	
		- Walk high	
		- Side step add arms	
	Post stretch (5)	- Biceps, Triceps, Quadriceps, Iliopsas, Adductor, Abductor, Hamstrings, Ankle, Neck stretches, Back stretches, Calf stretches	

4. 통계분석

본 연구에서 모든 변인의 결과는 기술통계(Descriptive Statistics)를 통해 평균(M) 및 표준편차(SD)를 산출하였고 Windows용 SPSS version 25.0 Program을 이용하여 자료 처리하였다. 여성노인들의 수중걷기운동 프로그램 참여 전의 실험점수와 수중걷기운동 프로그램 참여 후의 실험점수 간에 차이를 검증하기 위해 대응표본 *t*-검정(paired *t*-test)와 Wilcoxon 부호순위 검정을 실시하였다. 변인 중 정규성이 검증된 변인들은 모수통계인 대응표본 *t*-검정을 실시한 반면, 정규성이 충족되지 못한 변인들은 비모수 통계인 Wilcoxon 검증을 실시하였다. 모든 통계분석을 위한 유의수준은 $\alpha = .05$로 설정하였다.

RESULTS

1. 보행 변인

수중걷기운동 참여 전후 보행패턴 변화는 (Table 2)와 같다. 보행 시 첫 번째 과정인 발이 지면에 닿는 heel contact 소요시간 비율에서 왼발(사전: 5.14±3.36%, 사후: 10.63±4.73%)과 오른발(사전: 4.93±4.10%, 사후: 7.69±2.02%) 모두 통계적으로 유의한 차이를 나타내었다.

Gait angle에서는 왼발(사전: 10.9±4.4°, 사후: 10.6±4.7°)과 오른발(사전: 12.6±6.9°, 사후: 14.3±6.2°) 모두 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다. M/P change ratio(발의 회내 비율)에서 왼발(사전: 16.57±12.08%, 사후: 18.33±8.94%)과 오른발(사전: 18.19±5.85%, 사후: 16.28±5.87) 모두 통계적으로 유의한 차이

Table 2. Gait parameters

Variable		Pre	Post	*t*	*z*	*p*
		M ± SD	M ± SD			
Heel contact (100% normalized time ratio)	Left	5.14±3.36	7.50±1.42	–	-3.408	.001*
	Right	4.93±4.10	7.69±2.02	-3.492	–	.004*
Gait angle (Degree)	Left	10.9±4.4	10.6±4.7	.441	–	.666
	Right	12.6±6.9	14.3±6.2	–	-1.022	.307
mp/change ratio	Left	16.57±12.08	18.33±8.94	-.511	–	.617
	Right	18.19±5.85	16.28±5.87	.898	–	.384

*p < .05

Table 3. Balance parameters with open eyes

Variable	Pre	Post	*t*	*z*	*p*
	M ± SD	M ± SD			
ENV (mm^2)	68.39±25.27	47.15±23.58	4.525	–	.001*
REC (mm^2)	176.82±66.44	100.36±33.29	6.234	–	.000*
RMS (mm^2)	128.44±106.84	70.09±60.80	–	-2.668	.008*
TLC (mm)	459.64±180.66	296.39±145.37	4.599	–	.000*
Sway velocity (mm/s)	13.41±4.87	11.14±6.34	2.695	–	.018*
Total length (mm)	66.98±24.45	78.61±83.40	–	-1.726	.084
Length/ENV (1/mm)	1.25±.22	1.21±.30	–	.296	.772

*p < .05

를 나타내지 않았다.

2. 평형성 변인

1) 개안 시

수중걷기운동 참여 전후 개안 시 평형성 결과는 (Table 3)과 같다. ENV(외주면적)에서 사전(68.39±25.27 mm^2), 사후(47.15±23.58 mm^2)는 통계적으로 유의한 차이가 나타났다. REC(단형면적)에서 사전 176.82±66.44 mm), 사후(100.36±33.29 mm^2) 결과는 통계적으로 유의한 차이를 나타냈다.

RMS(실효가면적)에서 사전(128.44±106.84 mm^2), 사후(70.09±60.80 mm^2)는 통계적으로 유의한 차이를 보였다. TLC(중심점거리)는 사전(459.64±180.66 mm), 사후(296.39±145.37 mm)에서 통계적으로 유의한 차이가 나타났다. Sway velocity(속도)의 운동 참여 전-후(사전: 13.41±4.87 mm/s, 사후 11.14±6.34 mm/s)는 통계적으로 유의한 차이를 나타냈다. 반면, Total Length (총 궤적장), Length/ENV(단위 외주면적 궤적장)는 운동 참여 전후의 변인 값에 대한 유의한 차이는 나타나지 않았다.

2) 폐안 시

수중걷기운동 참여 전후 폐안 시 평형성 결과는 (Table 4)와 같다. ENV(외주면적)에서 사전(61.91±24.00 mm^2), 사후(41.65±23.16 mm^2)는 통계적으로 유의한 차이가 나타났다. REC(단형면적)에서 사전(192.75±196.961 mm^2), 사후(97.52±82.007 mm^2)로 통계적으로 유의한 차이를 나타냈다. 또한, RMS(실효가면적)에서는 사전(77.41±53.15 mm^2), 사후(45.17±32.88 mm^2)에서도 통계적으로 유의한 차이를 보였다. TLC(중심점거리)는 사전(425.54±226.14 mm), 사후(268.16±108.03 mm)로 통계적으로 유의한 차이가 나타났다. Total Length(총 궤적장)은 사전(68.56±23.78 mm), 사후(51.39±25.62 mm) 통계적으로 유의한 차이가 나타났다. Sway velocity(속도)는 사전(13.71±4.75 mm/s), 사후(9.54±4.33 mm/s) 통계적으로 유의한 차이를 나타냈다. 반면,

Table 4. Balance parameters with closed eyes

Variable	Pre	Post	*t*	*z*	*p*
	M ± SD	M ± SD			
ENV (mm^2)	61.91±24.00	41.65±23.16	-2.951	–	.003*
REC (mm^2)	192.75±196.96	97.52±82.00	–	-3.297	.001*
RMS (mm^2)	77.41±53.15	45.17±32.88	4.772	–	.000*
TLC (mm)	425.54±226.14	268.16±108.03	2.967	–	.011*
Total length (mm)	68.56±23.78	51.39±25.62	–	-2.480	.013*
Sway velocity (mm/s)	13.71±4.75	9.54±4.33	–	-3.223	.001*
Length/ENV (1/mm)	1.25±.26	1.32±.37	-.411	–	.688

*p < .05

Table 5. Balance parameters on single leg (left side)

Variable	Pre	Post	*t*	*z*	*p*
	M ± SD	M ± SD			
ENV (mm^2)	152.87±59.59	97.34±24.33	–	-2.900	.004*
REC (mm^2)	326.52±179.14	204.30±127.33	2.740	–	.018*
RMS (mm^2)	172.60±170.51	189.05±124.74	–	-.874	.382
TLC (mm)	512.95±250.89	474.84±209.49	–	-.105	.917
Total length (mm)	317.29±575.01	169.86±67.40	-.035	–	.972
Sway velocity (mm/s)	32.70±12.15	33.98±13.47	–	-.140	.889
Length/ENV (1/mm)	1.28±.39	2.12±3.30	–	-.105	.916

*p < .05

Table 6. Balance parameters on single leg (right side)

Variable	Pre	Post	*t*	*z*	*p*
	M ± SD	M ± SD			
ENV (mm^2)	234.66±213.68	119.21±74.85	–	-3.180	.001*
REC (mm^2)	780.02±1050.22	304.91±210.25	–	-2.970	.003*
RMS (mm^2)	140.02±64.35	186.58±341.82	–	-1.642	.101
TLC (mm)	580.99±297.43	434.68±166.59	–	-1.782	.075
Total length (mm)	199.62±79.69	159.42±50.76	1.595	–	.137
Sway velocity (mm/s)	39.92±15.95	30.35±8.49	2.322	–	.039
Length/ENV (1/mm)	1.30±.53	1.17±.37	.915	–	.378

*p < .05

Length/ENV(단위 외주면적 궤적장) 운동 참여 전, 후 유의한 차이는 나타나지 않았다.

3) 왼발 외발서기

수중걷기운동 참여 전, 후 왼발 외발서기 시 평형성 결과는 (Table 5)와 같다. ENV(외주면적) 분석 결과, 사전(152.87±59.59 mm^2), 사후(97.34±24.33 mm^2)로 통계적으로 유의한 차이가 나타났다. REC(단형면적)에서 사전(326.52±179.14 mm^2), 사후(97.34±24.33 mm^2)로 통계적으로 유의한 차이를 나타내었다. RMS(실효가면적), TLC(중심점거리) Total Length(총 궤적장), Sway velocity(속도), Length/ENV(단위 외주면적 궤적장)의 결과는 운동 참여 전후에 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다.

4) 오른발 외발서기

수중걷기운동 참여 전, 후 오른발 외발서기 시 평형성 결과는 (Table 6)과 같다. ENV(외주면적) 분석 결과, 사전(234.66±213.68 mm^2), 사후(119.21±74.85 mm^2)로 통계적으로 유의한 차이가 나타났다.

REC(단형면적)에서 사전(780.02±1050.22 mm^2), 사후(304.91±210.25 mm^2)로 통계적으로 유의한 차이를 나타내었다. 반면, RMS(실효가면적), TLC(중심점거리) Total Length(총 궤적장), Sway velocity(속도), Length/ENV(단위 외주면적 궤적장)의 결과들은 통계적으로 유의한 차이는 나타나지 않았다.

DISCUSSION

1. 보행 변인

본 연구는 여성노인의 수중걷기운동 참여 전, 후 보행능력에 어떠한 변화가 있는지 알아보고자 하였다. 보행능력 변인 중 heel contact 시간 비율에서 통계적으로 유의한 차이는 상당한 의미가 있는 것으로 판단된다. 이와 같은 결과는 (Table 1) 수중걷기운동 프로그램에서 Walk toes, Walk heels, Up on toes, Back on heels, Toe curls, Toes up, Toes down 같은 동작이 발목관절 주변 근육조직들을 강화시켜 근력 및 균형능력의 향상으로 보행능력을 증진시키는데 도움이 되었다고 할 수 있다. 이는 보행교정을 위한 운동처방 선행연구의 결과를 지지하고 있다(Kang, Kim, Kim & Kim, 2017; Kim, 2004). 수중걷기운동과 heel contact 시간 비율과의 관계에 대한 역학적 원리를 살펴보면, 수중걷기운동이 여성노인의 발등 굽힘근육(tibialis)을 강화시킬 뿐만 아니라, 발바닥 굽힘근육(gastrocnemius)을 이완시키는 긍정적인 효과를 주었을 것으로 판단된다. Min (2006)은 보행 시 접시시간이 짧거나 효율적으로 이루어지지 않는 이유로 이들 근육군의 약화와 긴장도에 대해 강조하고 있다. 또한 물의 특성인 부력, 저항, 점성 등이 수중걷기운동 시 발목관절의 굴근과 신근을 균형 있게 조절하여 보행기능의 향상에 도움을 주었을 것으로 판단된다. 이는 노인의 보행특성과 관련된 낙상의 원인인 자세와 근육의 불균형이 수중환경에서의 도움으로 개선될 수 있다고 제시하고 있다(Park, 2010).

이러한 수중걷기운동의 긍정적인 효과에도 불구하고 gait angle과 M/P change ratio(발의 회내 되는 비율)의 변인에서는 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다. 기술 통계 값의 변화를 살펴보면 왼발각도와 오른발의 회내 되는 비율에서 운동 전후 평균값이 감소되는 변화가 나타났으며 오른발각도와 왼발의 회내 되는 비율에서는 운동 전후 집단 개인차가 줄어들었음을 확인할 수 있었다. 이는 앞으로 몇 가지 더 보완이 된다면 긍정적인 효과가 나타날 수 있음을 보여주는 것이라 사료된다. 이에 대한 결과의 몇 가지 이유로는 아마도 연구대상의 적은 표본 사이즈(sample size)가 연구 결과에 영향을 미쳤을 것으로 사료된다. 또한, 본 연구의 실험 처치이기도 한 수중걷기운동 프로그램의 기간 역시 충분하지 못한 경향이 있었을 것으로 사료된다. 향후 후속연구에서 이러한 부분을 보완하여 재 수행한다면 아마도 통계적 유의성이 검증될 수 있을 것으로 사료된다.

2. 평형성 변인

본 연구는 수중걷기운동 프로그램이 여성노인의 운동 참여 전후 평형성에서 어떠한 변화가 있는지 알아보고자 하였다. 그 결과 양발 개안, 폐안, 외발서기에서 통계적으로 의미 있는 변화가 나타났다. 이와 같은 결과는 (Table 1) 수중걷기운동 프로그램에서 Walk forward, backward, Walk side, Walk side kick, Walk legcurl, Walk toe out, toe in, Walk Up on toes, back on heels, Walk high knee, Walk straight legs, Walk diagonal 같은 동작을 통해 대퇴사두근과 대둔근 등 하지근력강화와 물의 저항이 균형능력을 향상시킨 것으로 판단된다. 이는 균형능력 향상을 위한 운동처방 선행연구의 결과를 지지하고 있다(Lee, Kim, Park & Kim, 2007; Lee, Moon, Lee, Lee & Kim, 2004). 또한 수중걷기 시 물이 체표면(body surface)을 감싸여 신체를 지지해 주고 한발 착지(one leg landing)를 좀 더 안정적으로 할 수 있게 해 주기 때문에 몸의 중심 이동이 안전하게 잘되어 균형훈련이 효과적으로 잘 된 것으로 판단된다. 본 연구의 결과와 같이, 선행논문에서도 수중운동이 균형능력 향상에 도움이 된다고 보고된다(Lee, 2009; Choi & Kim, 2004; Bates & Hanson, 1996). 이뿐만 아니라 양발 폐안 시 ENV, REC, RMS, TLC, Total Length, Sway velocity 등의 6가지 변인에서 압력중심점의 이동면적이 작게 나온 것은 평형성이 좋아진 것을 의미

한다. 특히 개안 시 보다 폐안 시 Sway velocity(속도)의 유의성이 있었던 것은 차단된 시각적 정보에 의해 자세 동요의 변화량이 낮아져 균형능력 향상에 도움이 된 것으로 판단된다. Kang (2017)은 시각조절 동반한 고유 감각훈련 방법이 균형능력 개선에 효율적임을 시사하고 있다. 따라서 선행연구와 본 연구 결과를 종합하여 분석한 결과 수중걷기운동 프로그램은 수중 복합운동, 수중운동, 수중 낙상 예방운동 등과 같은 유사한 결과를 나타냄으로써 다른 운동과 동일한 운동효과가 있음을 알 수 있었다. 이와 같은 결과가 나타난 것은 수중걷기운동 프로그램이 여성노인의 자세균형능력에 긍정적인 영향을 미쳐 노화로 인해 약화된 하지근력과 체간의 안정성을 향상시킨 것으로 사료되며, 균형감각 저하로 인한 낙상을 예방하는데 도움이 될 것으로 판단된다.

CONCLUSION

본 연구는 수중걷기운동 프로그램이 여성노인의 보행능력과 평형능력에 어떠한 영향을 주는지 운동 참여 전후의 변화를 분석하였다. 이를 위해 뒷꿈치 닿기(Heel contact), 보행각도(Gait angle), 발의 회내 되는 비율(M/P change ratio), 평형성을 알아보기 위한 양발 개안, 폐안과 오른발, 왼발 외발서기를 측정하여 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

첫째, 보행능력에서 Heel contact time에서 유의한 차이가 나타났고, 왼발각도와 오른발의 회내 비율에서 운동 전후 평균값이 감소되는 변화가 나타났으며 오른발각도와 왼발의 회내 비율에서는 운동 전후 집단 개인차가 줄어 들어 보행기능에 긍정적인 효과가 나타난 것으로 분석되었다.

둘째, 평형능력에서 양발 개안상태의 측정 시 ENV, REC, RMS, TLC, Sway velocity 5가지 변인에서 통계적으로 유의한 차이가 나타났다. 폐안상태에서의 측정 시 Length/ENV 외 ENV, REC, RMS, TLC, Total Length, Sway velocity 6가지 변인에서 유의한 개선효과가 나타났고, 시각적인 정보가 차단된 후 평형성은 더욱 효과적인 것으로 나타났다. 오른발, 왼발 외발서기 균형능력에서는 ENV, REC에서도 각각 유의한 효과가 있는 것으로 분석되었고, RMS, TLC, Total Length, Sway velocity, Length/env 5가지 변인에서는 통계적인 유의성이 나타나지 않았지만 운동 전후 평균값 및 집단 개인차가 감소하였다.

ACKNOWLEDGEMENT

이 연구는 강기주 석사학위 논문을 발췌해 이루어 짐.

REFERENCES

Bates, A. & Hanson, N. (1996). Aquatic Exercise Therapy. W. B. Saunters. Company, 1-28.

Borg, G. (1982). Psychophysical bases of perceived exertion, *Medical Science Sports Exercise*, *14*, 337-381.

Choi, J. H. & Kim, H. J. (2004). Effect of the PNF and weight training on muscular strength and flexibility of the Lower Limbs in the elderly. *The Korean Journal of Growth and Development*, *12*(1), 125-134.

Eom, J. Y. (2006). A Study on the Elderly Patients Hospitalized due to Fall Injuries. *The Korean Journal of Women's Health*, *7*(2), 47-68.

Gallagher, B., Corbett, E., Freeman, L., Riddoch-Kennedy, A., Miller, S. & Smith, C. (2001). A fall prevention program for the home environment. *Home Care Provider*, *6*(5), 157-163.

Hicks, G. E., Simonsick, E. M., Harris, T. B., Newman, A. B., Weiner, D. K., Nevitt, M. A. & Tylavsky, F. A. (2005). Trunk muscle composition as a predictor of reduced functional capacity in the health, aging and body composition study: the moderating role of back pain. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, *60*(11), 1420-1424.

Hwang, B. J. & Kim, J. W. (2010). Effects of Lumbar Stabilization Exercise on Lumbar and Lower Extremity Strength of the Elderly women. *Journal of the Korean society of Physical Medicine*, *6*(3) 267-275

Jeong, S. H. & Choi, D. W. (2008). The Effects of 16 Weeks' Dance Sports Program on the Balance and Gait Ability in Elderly Women. *The Korean Journal of Growth and Development*, *16*(3), 225-231.

Jones, C. J. & Rose, D. J. (2004). Physical activity instruction of older adults. Champaign, IL: *Human Kinetics.*

Kang, J. H., Kim, C. Y., Kim, J. H. & Kim, H. D. (2017). Effects of Heel Contact Methods of Stair Ascent on Abdominal Muscle Activation in Healthy Subjects: A Cross-Sectional Pilot Study. *Journal of Korean Society Physical Medicine*, *12*(1), 1-8.

Kang, S. S., Soe, J. M. & Choi, H. J. (2014). Effect of Aquatic Exercise on Fall-related Fitness and Posture Stability in Elderly Women, *The Korean Journal of Growth and Development*, *22*(2), 209-216

Kang, S. W. (2017). The effects of proprioceptive exercise with visual block on lower-extremity muscle activation and balance of hemiplegic patients. thesis. Physical therapy Graduate School of Rehabilitation & welfare, Yong In University.

Kim, E. S., Yang, J. O. & Lee, J. S. (2013). Utilization of Sport

Biomechanics for the Correct Posture Exercise Program (Centering in Female Middle School Students). *Korean Journal of Sport Biomechanics*, *23*(3), 261-269.

Kim, Y. R. (2007). Effects of an Aquatic Fallproof Exercise Program on Physical Fitness and Gait in Elderly Women. Thesis. Major of Exercise and Sport Science Graduate School Ewha Womans University.

Kim, Y. B. (2004). The Gait Pattern Analysis of the Old Women. Thesis. Physical Education Major Graduate School of Education Sunchon National University.

Lee, S. J., Kim, S. H., Park, Y. S. & Kim, J. K. (2007). Effects of falling experience to gait pattern, functional fitness and Leg strength of elderly women. *Korean Journal of Physical Education*, *46*(2), 369-378.

Lee, I. H., Moon, S. G., L.ee, B. K., Lee, J. W. & Kim, I. S. (2004). The Effects of Progressive Resistive Exercise and Aqua Exercise Program on Lower Extremity Muscle Strength and Balance in Elderly Women. *Journal of the Korean Academy of Clinical Electrophysiology*, *2*(1), 19-37.

Lee, J. Y., Chon, S. C. & Jeong, M. K. (2009). The effects of types of the aquatic exercise programs on physical fitness and blood lipid with elderly women. *Journal of Sport and Leisure Studies*, *37*(37), 821-828.

Lee, K. O. (2003). Sports walking approach, *Journal of Sports Science*, *86*, 46-51.

Lee, Y. H. (2009). Effect of 24-weeks Aquatic Fall Rick Reduction Exercise Program on Balance, Physical Fitness, and Body Composition in Elderly Women. *Journal of Korean Physical Eduction Association For Girls and Women*, *23*(1), 59-70.

Min, J. W. (2006). A Survey of the Correlation between Physical Fitness, Dorsi-Flexion Capability, and Falling for the Elderly. Thesis. Department of Exercise and Sport Science Graduate school Ewha Womans University.

Moon, H. H., Jung, S. Y., Park, S. S., Kim, B. K. & Park, Y. J. (2014). The Effect of Corrective Exercise on Cobb's Angle, Static and Dynamic Foot Pressure of Patients With Kyphosis. *Korean Journal of Sport Biomechanics*, *24*(2), 103-109.

Park, H. S. (2008). Effect of walking in water and on land on body composition and blood lipid profile in obesity women. Thesis. Hanyang University.

Park, M. H. (2010). Aquatic exercise expert textbook. Busan: Sinjiseowon.

Prince, F., Corriveau, H., Hébert, R. & Winter, D. A. (1997). Gait in the elderly. *Gait & Posture*, *5*(2), 128-135.

Son, N. Y., Lee, J. S. & Kim, J. H. (2014). Effects of the Upright Body Type Exercise Program on Postures and Foot Balance in Female High School Students. *Korean Journal of Sport Biomechanics*, *24*(1), 75-83.

Statistics Korea (2018). Senior statistic data.

Sul, M. S. (2000). Exercise programs for elderly care. Seoul: Hakmun Publishing, Inc.