

12주간 수중운동이 노인여성의 장애물보행에 미치는 운동학 및 운동역학적 영향

최평화¹ · 윤석훈²

¹한국체육대학교 대학원 체육학과 · ²한국체육대학교 사회체육학부

The Kinetic and Kinematic Effect of a 12-week Aquatic Exercise Program on Obstacle Gait in Older Women

Pyoung-Hwa Choi¹ · Suk-Hoon Yoon²

¹Department of Physical Education, Graduate School of Korea National Sport University, Seoul, Korea

²Department of Community Sport, School of Community Sport, Korea National Sport University, Seoul, Korea

Received 27 April 2010; Received in revised from 25 June 2010; Accepted 28 June 2010

ABSTRACT

The purpose of this study is to investigate the effect of a 12-week aquatic exercise on obstacle gait in older women. Originally, 20 healthy female elderly participated this study but 12 of them completed the program. All participants were trained in the aquatic exercise program by an authorized trainer. They had come to the authors' lab three times during training period(0, 6, 12 weeks) and performed obstacle gait with three different height(0, 30, and 50% of leg length). After performed 3-Dimensional motion analysis following results were found.

(1) For the CV, MVHC, TC, HC, statistical significances were shown in obstacle height. Although significant training effects were not shown, all variables showed typical patterns and it was considered as efficient motion to overcome the height obstacles. (2) The anterior-posterior and vertical GRF of support leg during support phase were revealed in height effect but in training one. However, differences between Peak 1 and Peak 2 in vertical GRF increased as training period increased. (3) Knee and hip resultant joint moments were affected by training but ankle resultant moments remained unchanged.

Keywords : Aquatic Exercise, Obstacle Gait, Female Elderly, Elderly Fall

I. 서론

진보된 현대의학의 발전과 개선된 식생활은 65세 이상의 성인으로 정의되어지는 노인의 수를 급격히 증가시키고 있으며 현재 대한민국은 베이비붐세대가 노인에 진입하는 시기로 그 어느 때보다도 노인인구가 전체인구의 많은 부분을 차지하고 있다.

이런 노인들의 신체적 특성 중 가장 두드러지는 것은 자연 발생적인 근력의 약화이며, 60세 이후 급격히 쇠퇴되어진 근력

은 보행속도와 자세유지 능력을 감소시켜, 심한 경우에는 일상적인 생활을 유지하는데 어려움을 초래할 수 있어 궁극적으로 노인의 상해 위험성을 높인다고 보고되고 있다(Brown, Sinacore & Host, 1995; Shephard, 1993). 낙상은 노인들에게 가장 빈번하게 일어나는 상해임과 동시에 종종 심각한 상태로 전이되어 죽음으로 까지 이어질 수 있는 상해이며 장애물에 의해 가장 빈번하게 일어난다고 보고되고 있다(Blake et al., 1998; Campbell et al., 1990).

이러한 노인들의 낙상을 예방하기 위하여 다양한 방법이 시도되고 있는데 그중 대표적인 것이 걷기나 타이치같은 유산소 운동과 하지근력 강화운동 같은 지상운동이다. 많은 연구자들은 이러한 지속적인 지상운동이 노인들의 하지근력 강화, 신체

Corresponding Author : Suk-Hoon Yoon
Department of Community Sport, School of Community Sport, Korea National Sport University, 88-15 Oryun-dong, Songpa-gu, Seoul, Korea
Tel : +82-2-410-6850 / Fax : +82-2-418-1877
E-mail : sxy134@knsu.ac.kr

기능 개선, 자세 안정성 향상에 도움을 주어 보행 시 보행 안정성을 향상시키고 동시에 노인들의 낙상예방에 도움을 줄 수 있다고 보고하였다(전미양, 최명애, 최정안, 2000; 최종환, 김현주, 2004; Charette et al., 1991; Hess & Woolacott, 2005; Judge, Lindsey, Underwood & Winsemius, 1993; Shlicht, Camaione & Owen, 2001).

반면에 다른 연구자들은 이러한 지상운동이 많은 장점을 가지고 있음에도 불구하고 시행할 때 제한점을 가지고 있음을 지적하고 있다. 즉, 신체적으로 약해진 노인들에게 있어서 유산소 운동이나 근력훈련은 관절, 근육 등 근골격계에 과도한 스트레스나 통증을 유발시킬 수 있으며 이러한 불안요인은 운동이 필요한 노인들의 운동량을 감소시키는 결과를 초래한다고 보고하고 있다(김창범, 신준용, 2007a). 그러므로 상해의 위험이 없이 노인들의 근력을 향상시킬 수 있는 방법이 필요한 실정이다.

지상의 운동과 다르게 수중에서의 운동은 부력을 통한 신체 무게 감소로 관절의 부담을 줄이고 높은 밀도로 인해 낙상의 위험성을 없애는 장점을 가지고 있다. 또한 신체 전체에 저항을 일으켜 등속성 근 수축을 가능하게 하며 주동근과 길항근의 균형적인 발달도 가져다준다고 보고되고 있다(이대택, 1999; 최종환, 노기택, 2008). 그러므로 지상의 운동에 비하여 수중운동이 체력적으로 불리한 위치에 있는 노인들에게 적합하다고 생각된다.

수중운동을 통한 효과검증은 많은 연구들을 통하여 이루어져 왔으나 생리학적 기전 연구가 대부분이다(김경운, 남기원, 김은정, 김계엽, 김기도, 2007; 박인기, 한규용, 2001; 조성봉, 2007; 지용석 등, 2001). 또한 운동역학 분야의 연구일지라도 일반 보행의 분석에 편중되어(김창범, 신준용, 2007a, 2007b; 최종환 등, 2005) 실질적으로 빈번하게 낙상으로 이어져 사망의 원인으로 작용되는 장애물보행 상황을 구현하지 못하고 있는 실정이다. 그러므로 낙상 예방을 위한 노인들의 수중운동의 효과를 보다 실제상황에 근접한 장애물보행 상황에서 검증해 볼 필요가 있다고 사료된다.

현재까지 노인의 장애물 보행 시 낙상 예방을 위한 움직임의 매커니즘을 찾기 위한 노력이 운동역학적 분야에서 이루어져왔다. 노인들의 낙상발생상황을 보다 현실화 한다는 관점에서 매우 의미 있는 연구들이지만 대부분의 연구들이 두 가지 잠재적 문제점을 보이고 있다. 첫째는 초기에 언급한 지상운동의 결과의 평가로서 장애물극복보행을 수행한 연구들(윤석훈, 2007; Austin, Garrett, & Bohannon, 1999; Begg, Sparrow, & Lythgo, 1998; Chen, Ashton-Miller, Alexander, & Schultz, 1991; Chen & Lu, 2006; Petrarca, Rosa, Cappa, & Patane, 2006; Sparrow, Shinkfield, Chow, & Begg, 1996)로서 노인들의 체력상

태에 따라서 훈련도중에 노인들의 상해가 발생할 수 있는 경우이다. 두 번째는 장애물 높이에 관한 선택인데, 이 결정은 연구자마다 다양하게 선택되고 있다. Chen et al.(1991)은 바닥이나 문지방 및 목욕실 높이와 도로의 턱 및 장난감 등의 일반적인 높이인 2.5 cm, 5.2 cm 그리고 15.2 cm로 높이를 설정하여 연구를 수행하였으며, Austin et al.(1999)은 문턱 높이와 커브나 주차터의 일반적인 높이인 31 mm 와 126 mm, 그리고 이 둘의 중간높이인 76 mm 높이로 설정하여 연구를 수행하였다. 또한 Sparrow et al.(1996), Begg et al.(1998), Chen & Lu(2006), Petrarca et al.(2006) 그리고 윤석훈(2007)은 장애물의 높이를 피험자의 하지장에 비례하는 높이로 설정하여 연구를 수행하였다.

장애물의 높이는 극히 연구자의 주관적인 결정이지만 고정된 높이보다는 피험자들의 신장, 특히 하지장의 길이에 따라 개인별로 조정하여야 한다는 주장이 설득력이 있다. 왜냐하면 같은 높이의 장애물일지라도 피험자의 하지장에 따라 그 상대적 높이는 다를 것이며 이것은 연구의 결과에 영향을 미칠 수 있기 때문이다.

현재까지 이러한 잠재적인 문제들을 해결하며 수행한 연구는 김석범과 유연주(2009)의 연구가 유일하다. 그러나 그들의 연구는 장애물 높이의 결정에 있어 고정높이(2.5, 5.1, & 15.2 cm)를 사용하였기 때문에 피험자들이 느끼는 상대적 높이를 변별하지 못하였으며, 또한 지면반력의 결과도 장애물을 극복할 때가 아니라 극복한 후의 결과를 이용해 수중운동의 결과로서 기대될 수 있는 노인들의 낙상방지에 대한 결과를 기술하는데 문제가 될 수 있다고 생각된다.

따라서 본 연구는 12주간의 수중 훈련이 낙상이 가장 빈번하게 발생하는 장애물 극복보행을 수행할 때 운동학 및 운동역학적으로 어떠한 영향을 주는 지 알아보기 위한 목적으로 수행되었다. 또한 하지장의 길이에 따른 영향을 최소화하기 위하여 장애물 높이를 대상자의 하지장의 길이의 30%, 50%의 높이로 설정하여 장애물 극복보행을 실시하였다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상자

본 연구의 대상자는 최근 1년 내에 하지에 정형외과적 이상 소견이 없는 서울 K복지관 65세 이상의 노인 여성 20명이었다. 그러나 실험기간 도중 9명의 대상자들이 개인적인 사정으로 탈락하였으며, 따라서 본 연구는 운동프로그램을 끝까지 수행한 11명을 대상으로 하였다. 대상자의 연령은 73±6 year, 신장은

153.1±6.3 cm, 신체질량은 58.9±7.0 kg였다.

본 연구 수행에 앞서 각 대상자의 주동발을 알아보기 위하여 연구자가 축구공을 굴려 대상자가 차도록 유도하는 동작을 3회 실시하였으며, 공을 찬 발을 주동발로 선정하였다. 본 연구에 참여한 모든 대상자는 오른발을 주동발로 사용하였다.

2. 수중운동 프로그램

본 연구에서 사용된 수중운동 프로그램은 자격을 갖춘 1인의 강사를 통해 실시하였으며, 12주 동안 주 3회, 1회에 약 60분씩 실시하였다. 운동은 준비운동 10분과 정리운동 10분 그리고 40분의 주 운동으로 구성하였으며, 4주 단위로 프로그램의 강도를 점진적으로 증가시켰으며, 이때 RPE는 12~16으로 조정하였다<Table 1, 2, 3>. 프로그램이 실시되기 전 대상자들에게 사전 교육, 안전 교육 및 정보를 제공하고 본 운동프로그램과 실험에 동의하는 대상자들에게 동의서를 작성하도록 하였다. 또한 수중운동 실시 전 건강정보에 대한 수집을 위해 설문지를 작성하도록 하였다. 연구 대상자들에게 2개의 다른 프로그램 시간대(A:월수금, B:화목토; A와 B는 동일 프로그램)가 제공되었으며, 대상자들은 자신들의 편안한 시간대를 선택하여 프로그램을 수행하였다. 수중운동 프로그램이 행하여진 K대학 수영장은 수심 약 130 cm~150 cm, 수온 27° 였다.

Table 1. Aquatic Exercise Program (1week~4week)

	Program	Duration
Warm-up	Stretching	10 min
Main Exercise	Side Walking	5 min
	Forward Walking	12 min
	Jogging	1 min
	Backward Walking	12 min
	Cross Stepping	5 min
	Forward-backward Walking with Hip Joint Rotation	5 min
Cool-down	Static Balance Exercise	5 min
	Stretching	5 min

Table 2. Aquatic Exercise Program (5week~8week)

	Program	Duration
Warm-up	Stretching & Walking	10 min
Main Exercise	Side Running	5 min
	Forward Running	12 min
	Walking	1 min
	Backward Running	12 min
	Cross Step Running	5 min
	Fast Forward Walking	5 min
Cool-down	Dynamic Balance Exercise	5 min
	Stretching	5 min

Table 3. Aquatic Exercise Program (9week-12week)

	Program	Duration
Warm-up	Stretching & Walking with Weight(1kg for each Leg)	10 min
Main Exercise	Side Running	5 min
	Forward Running	12 min
	Walking	1 min
	Backward Running	12 min
	Cross Step Running	5 min
	Lunge, Squat	5 min
	with Weight(1Kg for each leg)	
Cool-down	Dynamic Balance Exercise	5 min
	Stretching	5 min

3. 측정도구

1) 운동학 및 운동역학적 측정장비

본 연구에 사용된 실험 장비는 대상자들의 장애물 극복보행을 녹화하기 위하여 기계적으로 시간 동조가 가능한 7대의 적외선 카메라(ProReflex MCU 240, Qualisys)를 대상자들의 장애물 극복보행구간의 공간을 확보할 수 있도록 설치하였으며 녹화속도는 100Hz 로 설정하였다<Figure 1>. 장애물 극복보행 지지발의 운동역학적 변인의 계산을 위하여 1대의 지면반력 측정기(9286 AA, Kistler)가 사용되었으며 sampling frequency는 1000Hz로 설정하였다. 또한 영상분석과 지면반력의 자료는 Qualisys사의 QTM프로그램을 사용하여 동조시켰다.

2) 높이 장애물

본 연구에서 사용된 장애물 높이는 신장에 따른 장애물의 실질적인 영향을 알아보기 위하여 각 대상자들의 다리길이에 비례하는(하지길이의 30% & 50%) 높이 장애물을 설정하였으며 실험에 참가한 대상자들의 평균 하지길이와 이들에게 사용된 장애물의 평균 높이는 74.8±3.8 cm, 30%에서 22.5±1.0, 50%에서는 37.3±1.9 cm였다.

4. 실험 절차 및 자료처리

실험 전 대상자의 장애물 극복보행동작을 완전히 포함 할 수 있게 카메라를 설치하였으며 정량적 분석을 위하여 모든 카메라는 NLT 방법을 이용하여 3차원 캘리브레이션 되었다.

본 연구에서는 12주간의 수중훈련의 효과를 알아보기 위하여 대상자들에게 총 3번 실험(수중운동 시작 1주 전, 수중운동 6주차, 운동 종료 1주 후)에 참여하였다. 매 실험 시에 대상자들에게 실험의 절차가 설명되었으며 가장 자연스러운 동작을 유도하기 위하여 실험 전 충분한 연습을 실시하였다.

충분한 워업 후, 연구대상자들은 두 개의 지면반력기 사이에

농인 높이 장애물 극복보행을 수행하였다. 각 연구대상자들은 장애물로부터 약 5 m 후방에서 보행을 시작하여 장애물을 극복하고 3 m 정도 보행을 더 수행하도록 하였다. 이때 지면반력기는 장애물 전에 설치하였으며 피험자들에게 지면반력기에 대한 설명이 없이 자연스럽게 밟도록 유도하였다.

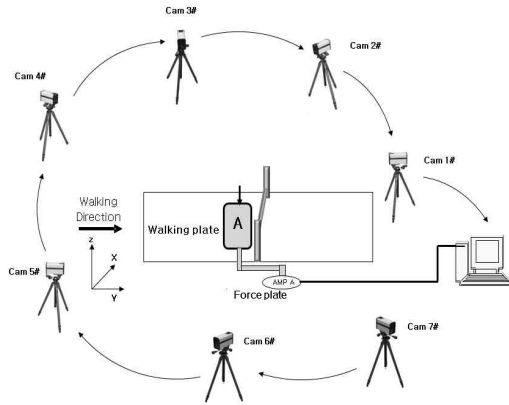


Figure 1. Experimental Set-Up

장애물의 높이는 하지장 길이의 0%, 30%, 50%였으며 연구대상자들은 주동발을 지지발로 비주동발은 끌림발로 하여 장애물을 극복하였다. 이 때 대상자들의 보행속도는 사전에 고정된 속도에서 야기될 수 있는 신체의 잠재적인 불편을 최소화하기 위하여(류지선 2007; Buzzi, Stergiou, Kurz, Hageman, & Heidel, 2003) 자신의 선호속도(self-selected speed)로 실시하였다.

본 연구의 목적을 수행하기 위하여 인체를 7개의 분절(좌우 발, 하퇴, 대퇴 그리고 골반)로 이루어진 강체로 규정하였으며 보행 중 설정한 인체분절에 대한 좌표화를 위하여 실험 전 하지에 14개의 관절점 마커와 27개의 트래킹 마커를 부착한 스탠딩 캘리브레이션을 실시하였으며 본 실험에서는 14개의 관절점 마커를 제거하고 27개의 트래킹 마커를 이용하여 보행 시 분절 및 관절의 위치좌표를 획득하였다.

각 대상자별로 부자연스러운 동작이라고 판단되는 시도(trial)를 제외한 보다 자연스러운 동작이라고 판단되는 총 10회의 동작을 수집하였으며 그 평균을 차후 분석에 사용하였다.

실험 시 대상자의 운동학 및 운동역학적 raw data는 Qualisys사의 QTM프로그램을 이용하여 획득하였으며, 실험 중 발생하는 실험오차(random error)를 감소시키기 위하여 Butterworth 4차 저역필터(차단주파수: 6Hz)를 이용하였다. 또한 Matlab 7.0 Software를 사용하여 본 연구에 사용할 수 있는 변인으로 만드는데 사용하였다.

5. 분석변인

본 연구의 목적인 12주간의 수중보행운동의 효과를 규명하기 위하여 다음과 같은 변인들을 계산하였다.

1) 장애물 극복속도(Crossing Velocity: CV)

장애물 극복속도는 장애물을 극복하기 전 끌림발이 지면을 이지하는 순간부터 장애물을 극복 후 뒤꿈치가 다시 지면에 닿는 구간까지의 수평거리를 걸린시간으로 나누어 계산되었다.

2) 앞꿈치 와 뒤꿈치의 여유(Toe & Heel Clearance from obstacle: TC & HC)

본 연구에서 앞꿈치의 여유는 장애물을 극복하기 전 앞꿈치의 수직위치가 장애물의 높이와 일치하는 지점에서 앞꿈치와 장애물사이의 수평거리로 계산되었으며 뒤꿈치의 여유는 장애물 극복 후 뒤꿈치의 수직위치가 장애물의 높이와 일치되는 지점에서 이 둘 사이의 수평거리로 계산되었다(Figure 2).

3) 발의 최대 수직여유(Maximum Vertical Heel Clearance from Obstacle: MVHC)

발의 최대 수직여유는 장애물 통과 시 끌림발의 뒤꿈치와 장애물의 수평위치가 일치하는 지점에서 뒤꿈치와 장애물사이의 수직거리로 계산되었다(Figure 2).

4) 3차원 지면반력 및 하지 관절 모멘트

본 연구에서 사용된 3차원 지면반력은 지지발의 지지구간에 서의 지면반력이며, 이 지면반력 자료와 운동학적 변인들의 자료를 이용한 Inverse Dynamic Approach를 통하여 지지발의 하지 관절모멘트를 계산하였다.

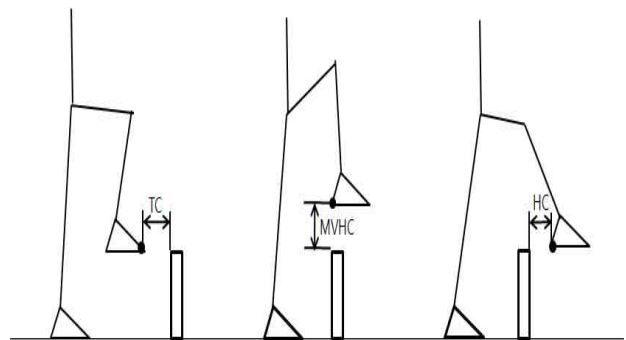


Figure 2. Distance Variables (TC, HVHC, HC)

6. 통계 처리

12주간의 수중운동에 따른 노인들의 장애물보행의 변화를 규명하기 위하여 SPSS 12.0 통계 프로그램을 통한 3x3 반복이 원변량분석(Two-way ANOVA with repeated measure)이 사용되었다. 독립변인은 운동기간(0, 6, 12주)과 장애물 높이(0, 30%, 50%)였으며 유의한 차이를 발견 시 Sidak 사후검증을 실시하였다. 본 연구의 통계적 유의 수준은 $\alpha = .05$ 로 설정하였다.

III. 결과

본 연구는 지속적인 수중훈련이 노인들의 높이 장애물 극복 보행에 어떠한 영향을 미치는지 알아보는데 있었다. 본 연구의 수행 결과 장애물 모든 변인에서 높이와 훈련기간 기간사이에는 유의한 상호작용이 나타나지 않았다($p > .05$)

1. 장애물 극복속도(CV), 앞꿈치 및 뒤꿈치의 여유(TC & HC), 발의 최대 수직여유(MVHC)

본 연구에서 연구된 지속적인 수중운동을 통한 장애물 극복 보행 시 노인들의 운동학적 변인에 대한 결과는 <Table 4>에 제시되어 있다. 본 연구에서 계산된 CV는 장애물극복 시 끌림발의 활보장을 극복시간으로 나누어서 계산되었으며 CV는 장애물 높이에 따라 통계적으로 유의한 차이를 보였다($p < .05$) <Table 4>. 또한 훈련기간이 지속되면서 CV는 통계적으로는 유의한 차이를 보이지 않았으나 훈련기간이 증가함에 따라 30%와 50%의 높이에서 모두 증가하는 추세를 보였다 (30%:1.63 m/s<1.67 m/s, 50%:1.39 m/s<1.43 m/s).

TC는 장애물의 높이에 따라 통계적으로 유의한 차이를 보였으나 ($p < .05$) 훈련기간에 대해서는 유의한 차이가 나타나지 않았다<Table 4>. 그리고 두 가지 높이장애물 모두에서 트레이닝 6주까지는 TC가 증가하다가 12주에서는 감소하는 양상을 보였다(Table 4).

Table 4. The Change of kinematic variables among training periods and obstacle height

Variables	Obstacle Height	Training Period		
		0 week	6 week	12 week
Horizontal Crossing Length (m)	30%	1.10±0.17	1.06±0.11	1.09±0.11
	50%	1.06±0.14	1.09±0.11	1.10±0.11
Crossing Time (s)	30%	0.69±0.11*	0.64±0.08*	0.67±0.12*
	50%	0.78±0.11	0.78±0.15	0.80±0.15
CV (m/s)	30%	1.63±0.36*	1.67±0.24*	1.67±0.35*
	50%	1.39±0.30	1.45±0.35	1.43±0.32
TC (cm)	30%	56.72±8.90*	57.61±7.93*	54.27±8.10*
	50%	37.13±9.16	38.89±9.72	35.26±8.05
HMVC (cm)	30%	19.12±3.73	19.14±4.46	18.45±5.76*
	50%	16.71±3.22	15.52±4.59	13.89±4.46*
HC (cm)	30%	19.49±5.37	19.25±4.11	20.35±3.63
	50%	19.71±4.50	18.29±4.41	18.33±5.17

* Significantly different between obstacle height($p < .05$)

MVHC는 안전한 장애물 극복과 관련된 가장 중요한 변인으로 본 연구에서 계산되었던 MVHC는 장애물 통과 시에 끌림발의 뒤꿈치가 장애물과 같은 수평위치에 있는 지점에서 장애물과 뒤꿈치간의 수직거리로 계산되었다. 12주간 수중훈련을 통한 노인들의 장애물 극복보행에서 MVHC는 장애물의 높이에 따라 통계적으로 유의한 차이를 보였으나($p < .05$) 훈련기간에 대해서는 유의한 차이가 나타나지 않았다<Table 4>. 그러나 <Table 4>에서 나타난 바와 같이 운동 전에 비하여 운동을 수행할수록 30%와 50% 높이 모두 MVHC가 감소하는 경향을 보였으며 높이에 따른 MVHC의 차이는 훈련기간이 증가할수록 증가되는 현상을 보였다(2.41 cm > 3.62 cm > 4.56 cm).

장애물 극복 후 지속적인 보행을 유지시킬 수 있는 안정성과 관련된 중요한 변인 중의 하나인 HC는 장애물 높이나 훈련기간에서 모두 통계적으로 모두 유의한 차이가 나타나지 않았으나 30%높이에서 운동 전에 비하여 12주 후에 HC가 증가하는 패턴을 나타내었다(Table 4).

2. 지면반력

본 연구에서 얻어진 3차원 지면반력의 결과는 장애물 극복 시 지지발의 지지구간동안의 지면반력자료로부터 구하였으며 본 연구결과에서는 장애물 보행에 영향이 큰 전·후, 수직 지면반력만 제시하였다. 또한 대상자들의 질량차이에 따른 영향을 배제하기위하여 산출된 값은 대상자의 신체질량으로 표준화하였다.

본 연구를 수행한 결과 전·후 지면반력의 Peak 1(최대 제동력)과 Peak 2(최대 추진력)는 높이에 따른 결과에서 통계적으로 유의한 차이가 나타났다($p < .05$) <Table 5>. 또한 통계적으로는 유의하지 않았으나 대부분의 경우에서 운동기간이 증가함에 따라 전·후 지면반력이 증가하는 경향이 나타났다(Table 5).

수직 지면반력의 경우 Peak 1(제동구간의 최대값), Peak 2(지지구간의 최소값), Peak 3(추진구간의 최대값) 중 Peak 1과 Peak 3은 높이에 따라 통계적으로 유의한 차이를 보였다(Table 5).

3. 하지관절 모멘트

본 연구에서는 보행에 가장 영향을 미치는 굴곡/신전 모멘트만을 분석하였으며 모든 모멘트는 각 대상자들의 신체질량으로 표준화하였다.

발목관절의 저축굴곡 모멘트 Peak는 모두 유의한 차이가 나타나지 않았으나 모든 높이에서 운동 후에 증가되었으며, 특히 6주까지 증가하다가 12주에서는 약간 감소하는 양상을 보였다 (Table 6).

무릎관절 모멘트의 Peak 1(최대 신전모멘트)은 장애물의 높이

Table 5. Peak A-P and vertical GRFs of support foot during support phase

		(unit: N/kg)				
Axis	Peak	Obstacle Height	Training Period			
			0 week	6 week	12 week	
A-P	Peak 1	0%	-1.29±0.28 ^a	-1.49±0.32 ^a	-1.51±0.41 ^a	
		30%	-2.15±0.34	-2.22±0.36	-2.17±0.50	
		50%	-2.35±0.60	-2.28±0.39	-2.26±0.38	
	Peak 2	0%	2.10±0.55 ^a	2.32±0.53 ^a	2.25±0.43 ^a	
		30%	2.58±0.67	2.72±0.53	2.69±0.31	
		50%	2.50±0.62	2.83±0.67	2.74±0.57	
	Vertical	Peak 1	0%	8.55±1.16 ^b	8.61±0.94 ^b	9.01±1.60 ^b
			30%	9.80±1.31	9.68±1.17	10.06±1.43
			50%	9.76±1.62	9.60±0.97	9.11±1.28
Peak 2		0%	5.07±1.34	4.68±1.54	4.74±1.32	
		30%	5.16±1.64	4.97±1.43	5.28±1.35	
		50%	4.96±1.84	4.82±1.68	4.56±1.61	
Peak 3		0%	7.75±1.17 ^b	7.72±1.02 ^b	7.95±1.78 ^b	
		30%	9.23±1.82	9.29±1.66	9.28±1.51	
		50%	8.57±2.00	8.81±1.10	8.22±1.29	

^a Significantly different between 0% and 30 & 50% ($p<.05$)^b Significantly different between 0% and 30% ($p<.05$)

Table 6. Peak lower extremity resultant joint moment of support foot during support phase

		(unit: Nm/kg)			
Joint	Peak	Obstacle Height	Training Period		
			0 week	6 week	12 week
Ankle	Peak	0%	-1.23±0.14	-1.29±0.15	-1.26±0.12
		30%	-1.31±0.20	-1.39±0.14	-1.34±0.11
		50%	-1.25±0.18	-1.35±0.20	-1.32±0.14
Knee	Peak 1	0%	0.33±0.12	0.19±0.12	0.26±0.18
		30%	0.37±0.14 ^a	0.17±0.15	0.23±0.18
		50%	0.36±0.17 ^b	0.23±0.14	0.19±0.15
	Peak 2	0%	-0.50±0.34	-0.71±0.30	-0.64±0.24
		30%	-0.50±0.33	-0.58±0.44	-0.54±0.28
		50%	-0.54±0.40	-0.64±0.36	-0.70±0.33
Hip	Peak	0%	-0.57±0.18 ^b	-0.66±0.10	-0.75±0.15
		30%	-0.69±0.15	-0.69±0.10	-0.82±0.20
		50%	-0.66±0.13	-0.75±0.13	-0.79±0.15

^a Significantly different between 0 week and 6 week ($p<.05$)^b Significantly different between 0 week and 12 week ($p<.05$)

에 관하여 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았으나 측정 시기에 따라 통계적으로 유의하게 감소된 모멘트를 나타내었다 ($p<.05$)(Table 6).

또한 Peak 1을 측정시기에 따라 대응별 비교하여 30% 높이의 장애물 보행에서 운동 전과 6주 후의 측정시기에서 통계적으로 유의하게($p<.05$) 감소하였으며 50% 높이에서도 운동전과 12주 후의 측정시기에서 통계적으로 유의하게($p<.05$) 감소하였다.

엉덩이관절 모멘트의 경우에도 무릎과 마찬가지로 장애물의 높이에 대하여서는 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다. 그리고 훈련기간이 증가할수록 모든 높이에서 증가된 신전 모멘트의 양상을 보였으나 통계적으로 유의한 차이는 일반보행(0% 높이)에서만 나타났다($p<.05$)(Table 6).

IV. 논 의

장애물 극복속도는 장애물 보행 시 전반적인 보행 수행능력의 척도를 나타낸다(윤석훈, 2007; 정철수, 윤태진, 유연주, 최치선, 2004; Chen et al., 1991). 본 연구에서 CV는 훈련기간이 증가함에 따라 모든 높이에서 훈련전에 비하여 빨라지는 경향을 보였으나 <Table 4>, 높이에 다른 노인들의 대처 방법은 다른 것으로 생각된다. 즉, CV는 확보장과 걸린시간의 조합으로 이루어지는데, 본 연구에서는 노인들은 이들에게 크게 부담이 되지 않는 30% 높이에서는 장애물 극복거리(1.10 m > 1.06 & 1.09 m)와 극복시간(0.69 s > 0.64 s & 0.67 s)을 짧게 하여 빠르게 장애물을 극복했으며, 큰 부담이 될 수 있는 50% 높이에서는 극복거리를 증가시켜(1.06 m < 1.09 m & 1.10 m) 안정성을 확보한 후 수중운동에서 얻어진 강화된 하지 근력을 이용하여 속도를 증가시킨 것으로 생각된다.

이와 같이 극복속도의 증가는 방법의 차이는 있지만 노인들의 지속적인 수중운동에 의한 하지근력의 증가가 원인이 된 것으로 생각되며 이 결과는 궁극적으로 선행연구(윤석훈, 2007; Chen et al., 1991)에서 밝힌 것 같이 보행능력 향상의 결과로 노인의 낙상위험수준을 잠재적으로 낮출 수 있을 것이라고 사료된다.

본 연구에서 계산된 TC는 장애물이 있는 보행에서 안전한 장애물 통과와 밀접한 관계가 있다고 보고되고 있으며(윤석훈, 2007; Begg & Sparrow, 2000; Chou & Draganich, 1997; Chou & Draganich, 1998), 선행연구자들은 노인들에 있어 운동능력의 증가와 함께 TC가 감소된다고 하였다. 이들은 이러한 결과를 장애물극복에 대한 자신감의 표현으로 필요 없는 수평적 여유를 줄이고 최적의 여유를 이용해 효율적으로 장애물을 극복하려는 것으로 설명하였다. 그러나 본 연구에서는 위의 연구들과 다르게 운동 6주차에 실험을 실시하여 결과를 세분화함으로써 노인

들의 운동능력 증가에 따른 장애물 극복방법의 변화를 찾을 수 있었다고 생각된다. 즉, 수중운동을 통해 운동능력이 강화된 노인들은 초반에는 TC를 증가시켜 안전한 장애물 극복보행을 수행하다가(0-6주), 지속된 트레이닝에 의해 높아진 장애물 극복에 대한 자신감을 가지게 되어 선행연구의 결과처럼 최적의 여유를 이용해 효율적으로 장애물을 극복하려는 노력을 하게 되었다고 생각된다(6-12주).

본 연구에서 HC는 장애물 높이나 훈련기간에서 모두 유의한 차이를 보이지 않았으나 30% 높이에서 운동 전에 비하여 12주 후에 HC가 증가하는 패턴을 나타냄으로서 <Table 4>, 윤석훈(2007)이 선행연구에서 보고한 바와 같이 운동 후 대상자들의 보행능력의 증가로 인해 장애물 극복 후 발을 멀리 디딤으로써 안전한 보행을 수행하게 된 것으로 보여진다. 또한 50% 높이의 경우 30% 높이와 달리 노인들이 부담을 느끼는 높이로 기간이 증가함에 따라 HC는 감소하였지만 <Table 4> 확보장은 증가된 결과를 보임으로써 향상된 하지근력으로 효율적인 HC거리를 찾고 있는 노력으로 생각된다.

본 연구의 결과인 훈련기간의 증가에 따른 감소된 MVHC는 <Table 4> Chen et al.(1991)이나 윤석훈(2007)의 결과와는 상반된 결과를 보이지만 김석범과 유연주(2009)와 정철수 등(2004)의 연구와는 비슷한 결과를 보였다. 윤석훈(2007)은 증가된 MVHC를 이용하여 노인들은 발의 안전한 착지를 유도할 수 있기 때문에 MVHC의 증가는 노인낙상을 감소시키는데 중요하다고 피력한 반면, 김석범과 유연주(2009)는 높은 장애물(15.2 cm)에서 훈련 후 MVHC가 감소되는 이유를 인체의 움직임과 시각과의 협응때문이라고 생각하고 추후 연구의 필요성에 대하여 언급하였다.

본 연구는 선행 연구들과 다르게 3번의 기간측정을 함으로써 좀 더 의미 있는 결과를 보여주고 있다고 생각되어진다. 일반적으로 장애물에 의한 낙상을 예방하기 위해서 MVHC는 높으면 높을수록 좋지만, 안정적으로 장애물을 극복을 조절할 수 있는 근력이 확보된다면 효율적인 MVHC로 장애물을 극복하는 것이 에너지 소모차원 등으로 볼 때 노인들에게 유리할 것이다. 즉, 훈련기간의 경과에 따라 30%와 50%의 MVHC가 작아지는 것은 운동 전 장애물 보행 시 장애물을 안전하게 넘기 위해 과도하게 다리를 들어 올리는 비효율적인 동작을 수중운동을 지속하면서 강화된 하지근력을 이용하여 효율적인 동작으로 바꾸고 있음을 시사한다. 또한 30%와 50%의 MVHC의 차이가 훈련기간이 증가함에 따라 커지는 이유는 <Table 4>에 제시된 것과 같이 30%에서 보다는 50%에서 MVHC가 낮아졌기 때문으로 이것은 높이에 부담이 되는 50%에서 MVHC를 증가시켜서 장애물을 극복하기 보다는 에너지 소모를 줄일 수 있는 안전하고 효율적인 높이를 찾으려는 노력으로 생각된다.

본 연구에서 지지발의 지면반력은 통계적으로는 유의하지

않았으나 대부분의 경우에서 운동기간이 증가함에 따라 전·후, 수직 지면반력이 증가하는 경향을 나타냈다<Table 5>. 특히, 수직 지면반력은 장애물의 높이를 극복하는데 필수적인 힘으로 Peak 1과 Peak 3은 장애물 극복보행(30% & 50%)이 일반보행(0%)에 비하여 높은 값을 나타내었다. 그리고 통계적으로는 유의하지 않았지만 Peak 1과 Peak 3 모두에서 0%와 30%의 높이에서는 기간이 증가하면서 지면반력도 증가하는 경향을 보였지만 50% 높이에서는 운동전에 비하여 감소하는 경향을 보였다.

수직 지면반력은 MVHC와 밀접한 비례관계가 있는데 앞에서 언급하였듯이 이러한 경향을 보이는 이유는 수중운동을 통하여 근력은 충분히 향상되었으나(0%와 30%에서 증가된 Peak 1과 Peak 3) 50% 높이의 경우 효율적인 장애물극복을 수행하였고 (감소된 MVHC) 이것을 수행하기위하여 적은 수직지면반력이 필요하였을 것으로 생각된다. 이러한 현상은 발목의 관절모멘트에서도 보여지는데 6주차 까지는 증가된 최대 저축굴곡을 보이다가 12주차에는 약간 감소된 모멘트를 보이고 있다.

또한 수직 지면반력 요소 중 Peak 2는 Transition Peak라고 하여 지면에 착지할 때 최대 제동력(Peak1)을 얼마나 효율적으로 이용하는지를 알아볼 수 있는 지표로서 상해와 밀접한 관계가 있다(윤석훈, 2008). 특히 Peak 1과 Peak 2의 차이율은 지면에 착지할 때 충격의 흡수정도를 나타내며 상해방지에 중요한 역할을 한다. 따라서 이 변인은 노인들에게 있어 운동기능의 향상을 알아 볼 수 있는 좋은 변인이다(윤석훈, 2008; Perry, 1992; Winter, 1991). 본연구의 대상자들은 모든 높이에서 운동기간이 증가할수록 증가된 Peak 1과 Peak 2의 차이율을 보였으며(0%: 40.7%-47.4%, 30%: 47.3%-47.5%, 50%: 49.2% -49.9%), 이러한 결과는 지속적인 수중운동이 노인들의 운동기능을 향상시켜 보행 시 충격을 잘 흡수시키고 있다는 방증이라고 생각된다.

또한 통계적으로 유의하게 감소된 무릎관절 모멘트(Peak 1)도 위의 충격흡수의 결과를 지지하고 있는데 이러한 결과는 수직 지면반력에서 언급한 것과 같이 노인들이 운동을 할수록 지면 착지 시 무릎을 더 굴곡시켜 충격량을 줄이려는 노력을 하고 있는 것으로 생각된다.

훈련기간이 증가할수록 증가된 엉덩이 관절의 신전 모멘트의 결과는 노인들의 보행 전략이 근력의 강화로 인해 변화되고 있음을 시사한다. 즉, 근력약화로 인해 노인들은 보행 시 젊은 이들과 달리 일반적으로 엉덩이관절을 굴곡 시켜 안정성을 증가시키려는 전략을 사용하는데, 본 연구의 결과와 같이 지속적인 운동은 노인들의 요추부와 엉덩이관절의 움직임에 동원되는 근력강화 시킴으로써 엉덩이 관절을 신전시키면서 장애물을 극복하려는 노력을 보이고 있다. 이것은 지속적인 수중운동이 노인들의 하지근력을 증가시키고 있다는 증거로 생각되며 이를 통해 노인들은 안전하고 효율적으로 장애물을 극복하는 보행을 보인 것 이라고 생각된다.

V. 결론 및 제언

본 연구는 장애물 극복보행을 통해 여성노인들의 12주간 지속적인 수중운동의 영향을 규명하는데 있었으며 본 연구를 수행한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 노인들의 전반적인 보행수행능력의 척도를 나타내는 장애물 극복속도는 장애물의 높이에 따라 통계적으로 유의한 차이를 보였고 통계적으로는 유의하지 않았으나 훈련기간이 지속되면서 장애물 극복속도는 증가하는 추세를 보였다.
2. 앞꿈치의 여유는 장애물의 높이에 따라 통계적으로 유의한 차이를 보였고 훈련기간에 따라 모든 장애물 높이에서 6주까지는 증가하다가 이후 감소하는 현상을 보였다. 이것은 선행연구의 결과처럼 최적의 여유를 이용해 효율적으로 장애물을 극복하려는 노력으로 보인다.
3. 발의 최대 수직여유는 장애물의 높이에 따라 통계적으로 유의한 차이를 보였고 훈련기간이 증가할수록 모든 장애물 높이에서 감소하는 양상을 보였다. 그러나 높이에 따른 발의 수직여유의 차이는 훈련기간이 증가할수록 증가되는 현상을 보여 노인들이 수중훈련을 통해 높아진 근력을 바탕으로 효율적인 높이를 찾으려고 하는 것으로 보인다.
4. 지지발의 전후 와 수직 방향의 지면반력은 높이에 대하여 통계적으로 유의한 차이를 보였고 운동기간이 증가할수록 상해방지에 중요한 역할을 하는 수직 지면반력의 Peak 1 과 Peak 2의 차이율의 증가를 보였다.
5. 발목관절 모멘트는 통계적으로 유의한 차이를 나타내지 못했지만 무릎과 엉덩이 모멘트는 통계적으로 유의한 훈련효과를 나타내었다.

참고문헌

- 김경윤, 남기원, 김은정, 김계엽, 김기도(2007). 수중운동과 지상 운동이 비만 여대생의 혈중지질 및 건강관련체력에 미치는 영향. **한국스포츠리서치**, 18(4), 231-242.
- 김석범, 유연주(2009). 12주간의 수중 운동을 수행 한 여성노인의 장애물 보행 특성. **한국운동역학회지**, 19(3), 539-547.
- 김창범, 신준용(2007a). 12주간 수중운동이 낙상 경험 여성 노인들의 보행에 미치는 영향. **한국운동역학회지**, 17(4), 9-16.
- 김창범, 신준용(2007b). 12주간 수중운동이 고령자들의 보행 동작에 미치는 영향. **한국스포츠리서치**, 18(2), 689-696.
- 류지선(2007). 달리기 시도 수 증가에 따른 VGRF신호성분의 Variability분석. **한국운동역학회지**, 17(1), 129-134.
- 박인기, 한규용(2001). 수중운동이 여성노인의 체력 및 신체구성에 미치는 효과. **충남대학교 체육과학 연구지**, 19(1), 64-72.
- 윤석훈(2007). 24주간 보행운동이 여성노인의 장애물 극복보행의 운동학적 변인에 미치는 영향. **한국체육학회지**, 46(4), 485-493.
- 윤석훈(2008). 계단보행 시 계단 너비가 지면반력 파라미터에 미치는 영향 - 비대칭 지수 및 일관성 지수 -. **한국운동역학회지**, 18(1), 169-178.
- 이대택(1999). **Aquarobics 지도자 연수교재**. 한국유산소운동과학회.
- 전미양, 최명애, 채영란(2000). 율동적 동작 훈련이 여성 노인의 균형, 걸음걸이, 하지 근력에 미치는 영향. **대한간호학회지**, 30(3), 647-658.
- 정철수, 윤태진, 유연주, 최치선(2004). 장애물 보행에 의한 노인 낙상의 운동학 및 근전도 분석. **한국체육학회지**, 43(5), 423-436.
- 조성봉(2007). 중년 여성을 위한 수중걷기운동 프로그램의 효과. **한국스포츠리서치**, 18(5), 669-678.
- 지용석, 김만겸, 최요섭, 서태범, 이수경, 김성수(2001). 48주간 수중운동이 노인여성의 혈중지질 및 체성분에 미치는 영향. **한국체육학회지**, 40(2), 717-731.
- 최중환, 김현주(2004). PNF와 웨이트 트레이닝이 노인의 하지 근력과 유연성에 미치는 영향. **한국발육발달학회지**, 12(1), 125-134.
- 최중환, 김현주, 신준용, 김희철, 노기택(2005). 12주간 수중 복합 운동이 노인들의 신체적 기능과 자세 조절에 미치는 영향. **한국발육발달학회지**, 13(3), 103-112.
- 최중환, 노기택(2008). 부가적 수중-복합 운동이 여성고령자의 등속성 근 기능과 골밀도에 미치는 영향. **한국체육학회지**, 47(2), 491-198.
- Austin, G. P., Garrett, G. E., & Bohannon, R. W.(1999). Kinematic analysis of obstacle clearance during locomotion. **Gait & Posture**, 10, 109-120.
- Begg, R. K., Sparrow, W. A., & Lythgo, N. D.(1998). Time-domain analysis of foot-ground reaction forces in negotiating obstacles. **Gait & Posture**, 7, 99-109.
- Blake, A. J., Morgan, M. J., Dallosso, H., Ebrahim, S. B. J., Arie, T. H. D., Fentem, P. H., & Bassey, E. J.(1998). Falls by elderly people at home: prevalence and associated factors. **Age & Ageing**, 17, 365-372.
- Brown, M., Sinacore, D. R., & Host, H. H.(1995). The relationship

- of strength to function in the older adult. *Journal of Gerontology*, 50, 491-495.
- Buzzi, U. H., Stergiou, N., Kurz, M., Hageman, P. A., & Heidel, J.(2003). Nonlinear dynamics indicates aging affects variability during gait. *Clinical Biomechanics*, 18, 435-443.
- Campbell, A. J., Borrie, M. J., Spears, G. F., Jackson, S. L., Brown, J. S., & Fitzgerald, J. L.(1990). Circumstances and consequences of falls experienced by a community population 70 years and over during a prospective study. *Age & Ageing*, 19, 136-141.
- Charette, S., McEnvoy, L., Pyka, G., Snow-Harter, C., Guido, D., & Wiswell, R.(1991). Muscle hypertrophy response to resistance training in older women. *Journal of Applied Physiology*, 70, 1912-6.
- Chen, H., Ashton-Miller, J. A., Alexander, N. B., & Schultz, A.B.(1991). Stepping over obstacle: gait patterns of healthy young and old adult. *Journal of Grentology*, 46(6), M196-203.
- Chen, H., & Lu, T.(2006). Comparisons of the joint moments between leading and trailing limb in young adults when stepping over obstacles. *Gait & Posture*, 23, 69-77.
- Hess, J. A., & Woollacott, M.(2005). Effect of high-Intensity strength-training on functional measures of balance ability in balance -impaired older adults. *Journal of Manipulative And Physiological Therapeutics*, 28, 582-590.
- Judge, J. O., Lindsey, C., Underwood, M., & Winsemius, D.(1993). Balance improvements in older women: Effects of exercise training. *Physical Therapy*, 73, 254-262.
- Perry, J.(1992). *Gait Analysis, Normal and Pathological Function*. Thorofare: Slack Inc.
- Petrarca, M., Giuseppe, D. R., Cappa, P., & Patane, F.(2006). Stepping over obstracles of different heights: Kinematic and Kinetic strategies of leading limb in hemiplegic children. *Gait & Posture*, 24, 331-341.
- Schlicht, J., Camaione, D., & Owen, S.(2001). Effect of intense Strength training on standing balance, walking speed, and sit-to-stand performance in older adults. *Journals of Gerontology Series A* 56A, 5, M281.
- Shephard, R. S.(1993). Exercise and aging: Extending independence in older adults. *Geriatrics*, 48(5), 61-64.
- Sparrow, W. A., Skinkfield A. J., Chow, S., & Begg, R. K.(1996). Characteristics of gait in stepping over obstacles. *Human Movement Science*, 15, 605-622.
- Winter, D. A.(1991). *The Biomechanics and Motor Control of Human Gait: Normal, Elderly and Pathological*. Waterloo: University of Waterloo Press.