

하지 저항운동을 통한 여성고령자 보행 시 하지관절 및 분절의 운동학적 차이

Kinematic Difference between the Lower Limb Joints and the Lower Extremities Given Elderly Women's Walking through the Lower-limb Resistance Exercises

서세미
서울여자대학교

Se-Mi Seo(semi1013@hanmail.net)

요약

본 연구는 하지 저항운동 시 고령자 보행의 하지분절과 관절의 운동학적 차이를 분석하여 낙상예방을 위한 기초자료를 제공하는데 있다. 이를 위해 70대 이상 80세 이하의 여성 고령자 7명을 선정하여 3차원 영상분석을 실시하였다. 하지 분절과 관절의 3차원 위치좌표를 얻기 위해 ProReflex MCU(Qualisys, Sweden) 카메라를 사용하여, 100Hz/s로 촬영하였다. 촬영된 영상은 QTM(Qualisys, Sweden) 프로그램을 이용하여 위치좌표에 대한 원자료(raw data)를 얻었으며, Matlab 6.5 프로그램을 이용하여 3차원 각도를 산출한 결과, 다음과 같은 결론을 얻었다. 대퇴와 하퇴분절의 굴곡과 신전은 E5에서 운동 후 굴곡의 움직임이 크게 나타났으며, 발 분절은 E4에서 외번을 보이면서 통계적 차이를 나타냈다. 무릎관절은 운동 후 E4에서 굴곡을 보였고, 발목관절은 E3에서 내번, E4에서 외번의 움직임을 나타내면서 통계적인 차이($p<.05$)를 보였다.

■ 중심어 : | 하지분절 | 하지관절 | 굴곡/신전 | 내번/외번 | 내측/외측회전 |

Abstract

The purpose of this study is to offer basic data for the fall prevention by analyzing the kinematic difference between the lower limb joints and the lower extremities in elderly people's walking given the lower-limb resistance exercises. For this, three-dimensional image analysis was carried out by selecting 7 elderly women from over 70s to under 80 years old. To obtain the three-dimensional location coordinates in the lower limb joints and the lower extremities, it shot with 100Hz/s by using MCU(Qualisys, Sweden) camera. The shot image gained raw data on the location coordinates by using QTM(Qualisys, Sweden). As a result of calculating three-dimensional angle by using program of Matlab 6.5, the following conclusions were obtained. Flexion and extension in the thigh and the lower-leg extremities were indicated to be big in motion of flexion after exercising at E5. Foot segment indicated statistical difference while showing eversion at E4. Knee joints showed flexion at E4 after exercising. Ankle joints showed statistical difference while indicating motion in inversion at E3 and in eversion at E4($p<.05$).

■ keyword : | Lower Extremity Joint | Lower Limb Joint | Flexion & Extension | Internal & External Rotatio | Inversion & Eversion |

* 이 연구는 2009학년도 서울여자대학교 자연과학연구소 교내 학술연구비의 지원을 받았음.

접수번호 : #090902-001

심사완료일 : 2009년 09월 28일

접수일자 : 2009년 09월 02일

교신저자 : 서세미, e-mail : semi1013@hanmail.net

1. 서론

1. 연구의 필요성 및 목적

현대사회에서 가장 대두되고 있는 사회문제중 하나는 고령화 사회에 대한 대처방안이다. 사회적으로 활동이 매우 제한적인 노년기에 들어서게 되면 낮은 신체활동과 급격한 체력의 저하를 맞게 된다. 뿐만 아니라 기계문명과 교통수단의 발달로 인해 더욱 육체적 활동이 제한 될 수밖에 없는 환경적 요인을 제공하고 있다[1].

이러한 문제는 노인 개개인은 물론 경제적, 사회적으로 심각한 문제를 초래할 수 있기 때문에, 이는 현대 사회가 해결해 나가야할 문제 중 하나라고 생각한다. 노인문제를 해결하는 방안으로 노인의 건강과 관련된 많은 연구가 이루어지고 있으며, 이러한 연구는 노인질병, 생활능력, 낙상 등 노인들의 건강한 삶을 위한 내용들로 보고되고 있다.

이 중 낙상은 노인 상해 중 가장 대표적인 것으로 의적인 충격 없이 일상생활을 수행하는 동안 비의도적으로 균형을 잃거나 안정성을 잃으면서 신체의 일부분이 바닥에 닿게 되어 발생하는 것으로[2], 체력이 약한 노인에게는 가벼운 낙상에도 심각한 상해로 전이되어 중증 죽음에 까지 이어질 수 있다[3].

이러한 낙상은 생의 모든 주기에 걸쳐 발생하는데, 65세 이상의 노인에서 증가하기 시작하여 70대에서 급격히 증가하는 것으로 보고되고 있다. 특히 75세 이상 노인은 낙상의 발생률이 급격하게 증가되다가[5] 80세 이상 부터는 생존율이 감소하고 활동의 제한이 많기 때문에 빈도수가 감소하게 된다[6]. 따라서 70대 이상 노인에게서 가장 많이 발생하고 있는 낙상 상해를 줄이기 위한 운동을 적극적으로 시행하여 보행의 안정성 평가에 대한 연구가 절실히 필요하다고 생각된다.

노인들의 낙상 원인은 노화가 진행됨에 따라 근 골격계의 근 질량과 근력 및 관절 가동 범위가 감소되고, 이로 인해 보행 시 보행속도가 떨어져 보폭이 좁아지게 되며, 신경계의 변화로 자극 반응시간과 신경전도속도가 느려져 균형능력이 감소되기 때문이다[7]. 또한 신체 기능 저하로 인하여 서있는 자세조절능력감소[8], 동적 균형능력 감소[9], 보행속도와 가동성의 감소[10], 하지

근력의 감소[11]등과 유의한 관계가 있으며, 하지 근력과 균형, 유연성이 감소하게 되면 보행에 문제가 생겨 쉽게 낙상을 경험하게 되는 것으로 나타났다[12][13]. 특히 하지근력 약화 및 평형성 저하는 낙상과 밀접한 관련이 있다[14-17]. 노인에 있어서의 보행은 일반적으로 연령이 증가함에 따라 보행속도가 늦춰지는데[18], 보행 속도 저하는 보폭의 감소에 기인하고[19], 보폭 길이의 감소는 방향전환 시간 연장, 두발 지지시간 연장 등과 관계가 있으며[20][21], 보행속도, 보행거리, 보행수는 신체의 균형과 유의한 관계가 있다[22].

낙상 노인의 10-25%는 균형감각의 부족과 비정상적인 보행으로 인해 낙상하고[23], 결국 이것은 생역학적 불안정과 관련이 있다[24]. 또한 노인들의 근 기능 저하는 시간의 경과에 따른 비 신체활동에 기인되며[25], 노인들의 근 기능 저하의 원인은 그들의 연령이 증가함에 따라 매우 기본적인 일상 활동을 제외하고는 근 신경 체계를 사용하지 않기 때문이다. 그러나 노인들이 일상 신체활동을 유지하고 영위해 가기 위해서는 일정 수준 이상의 체력이 매우 중요[26][27]하기 때문에 규칙적인 신체활동에 의한 근육의 사용은 신체의 노화를 지연시키거나 향상시킬 수 있을 것이다.

낙상을 줄이기 위한 예방으로 보행평가, 보행훈련, 근력강화에 초점을 맞춘 중재방안이 제시되었으며[28], 이 중에서 하지 근력의 비중이 높으며, 건강한 노인들과 낙상을 경험한 노인들까지도 근력 및 균형과 유연성 증진이 반드시 필요한 요인이라 보고하고 있다[29][30]. 그리하여 신체의 기능을 향상시키는 여러 가지 훈련들이 연구되고 있는데, 그중 탄성저항운동은 재활훈련뿐 아니라 안정성과 효과, 유용성 측면에서 노인들에게 적합한 운동으로 Krebs, Jette와Assmann[31]은 중정도의 탄성저항밴드 트레이닝을 6개월간 주 3회 이상 실시한 결과 하지근력과 보행 안정성에 큰 효과를 보았다고 보고하였다.

Schlicht, Camaione과 Owen[32]는 8주간의 주요 하지근력의 훈련을 통해 노인들의 하지근력과 보행 속도가 증가하였으며, 정덕조, 주기찬[33]은 노인 여성에게 탄성밴드를 이용한 결과 하지근력에 향상이 있었다고 발표하였다. 또한 Liu-Ambrose, Khan, Eng, Lord &

Mckay[34]는 25주 근력 및 평형운동을 통하여 노인들의 낙상요소를 47-57%까지 줄였다고 보고하였다.

이처럼 노인들의 보다 나은 일상생활의 기능과 삶의 질을 높이고자 하는 측면에서 노인들의 보행과 상해 예방을 위한 운동 프로그램의 중요성이 강조되고 있다. 이에 노인들의 보행 자세평가[35-38]과 낙상 예방을 위한 운동 프로그램 개발을 위한 기초자료를 제시 하는 연구들이 이루어지고 있으나[39-41], 60% 이상의 실제 노인낙상이 발생하는 보행 같은 동적인 상황[42]을 대변하기에는 미흡하였다고 생각된다.

때문에 한 분절이나 관절의 운동이 다른 분절이나 관절의 운동에 어떠한 영향을 미치는가를 분석하는 것 [43][44]는 보행 시 각 분절과 관절의 협응과 이들의 근 신경조절 메카니즘과 관련해 중요하다고 할 수 있다 [45]. 이러한 두발 이동은 하지 분절 내(within)와 간(between)의 공·시간적인 협응이 요구된다[45]고 보고 하였다.

따라서 보행 시 하지분절의 절대각과 관절의 상대각의 움직임을 분석하는 것은 노인들의 상해 원인을 평가하고 이를 파악하는데 중요한 일이라 할 수 있다. 또한 현실적으로 노인들의 낙상예방에 효과적이라고 보고된 하지의 근력강화를 위한 저항운동을 수행하였을 때 노인들의 보행 시 하지의 분절과 관절에 어떠한 변화를 나타내는가를 분석하는 것은 보다 의미 있는 일이라 할 수 있다.

이를 위해 본 연구는 하지 저항운동을 통한 여성 노인의 보행 시 하지 분절과 관절의 운동학적 차이를 비교 분석하여, 노인들이 낙상에 효과적으로 대처 할 수 있는 기초자료를 제공하는데 그 목적이 있다.

II. 연구방법

1. 연구대상

본 연구의 대상자는 하지에 병적 결함이 없는 70세 이상 80세 이하의 여성 고령자로 총 7명을 선정하였으며, 이들은 1년 이내에 어떠한 스포츠 활동을 하지 않은 피험자들로 선정하였다. 하지 저항운동 시작 후에는 모

든 피험자들에게 일상생활의 신체적 활동을 제외한 모든 외적 스포츠 활동은 통제하였다. 이들의 신체적 특징은 [표 1]과 같다.

표 1. 대상자의 신체적 특성

Subjects	나이(yrs.)	신장(cm)	체중(kg)
A	74	151	61.1
B	75	156	57.1
C	77	136	46.4
D	74	153	50.8
E	77	154	55.7
F	73	153	55.4
G	73	146	55.4
M±SD	74.7±1.70	149.9±6.87	54.6±4.70

2. 실험절차

본 연구에 사용된 운동학적 자료는 초당 100Hz로 작동되는 7대의 적외선 카메라(Qualisys ProReflex system, 240Hz)를 이용해 수집 되었다.

이때 신체 오른쪽 하지가 적어도 두 대의 카메라에 기록되도록 설치하였으며, 전역 좌표계는 오른손 계를 이용해 길이가 알려진 4개의 마커를 지닌 L자형의 프레임(frame)을 보행로의 한 점에 고정해 전역 좌표(room coordinate system)로 정의하여 공간좌표를 형성하였다. 축 방향은 상방 수직축을 +Z, 운동 방향 축을 +Y, +Y축에서 +Z축으로의 크로스를 +X로 하였다. 신체에 설정될 지역 좌표는 대퇴, 하퇴, 발에 대해 전역 좌표축과 같은 방향으로 오른쪽 직교 분절 좌표계를 이용하였다.

하지는 3분절 강체 모델에 기초해 3차원 운동을 추적하기 위한 3개의 비공선상으로 구성된 클러스터를 대퇴와 하퇴의 부위에 부착했으며, 발에는 운동화의 캡, 5중족 관절 두, 외측과에 부착하였다. 모든 대상자는 같은 유형의 운동화를 착용하였으며, 대상자들의 보행 속도는 사전에 결정된 보행 스피드 사용에 의해 대두되어 질 수 있는 어떠한 잠재적인 불편을 최소화되는 것을 보장하기 위해[45] 각자의 가장 편안하고 자연적인 보행 속도로 길이 약15m의 보행로를 후측 착지 형태로

긴게 하였다.

실제 보행 촬영에 앞서 각 대상자의 하지 분절에 대한 해부학적 기준 방향을 설정하기(standing calibration) 위해 대상자들은 발의 장축을 전역 좌표의 전후 축에 정렬한 상태에서 3초 동안 서 있는 자세를 촬영하였다.

3. 하지 저항운동 프로그램

본 운동 프로그램은 12주간, 주 3회, 1일 60분간 실시하였다. 탄성저항 운동 프로그램은 Phillip & Ellenbecker[46]의 탄성저항의 원리와 치료적 적용의 운동 프로그램을 참고로 구성하였다.

운동 일주일 전에 개인인 별로 RM 측정을 하여 개개인의 근력 정도에 따라 적절한 Thera-band 이용하였다. 색의 선택은 사전 검사(RM측정)를 통해 한 동작을 10회 이상~20회 이하 할 수 있는 것을 선택 하였으며, 반복 횟수와 세트 수는 고령자의 근력 정도에 따라 개별화 시켜서 실시하였으며, 반복 횟수는 10 회 이상으로 하되 20회를 넘지 않는 것으로 하고, 20회를 할 수 있으면 세트 수를 늘리고, 대신 탄력 밴드의 길이를 짧게 하거나 반복 횟수를 줄이는 방법으로 하였다.

1회 밴드운동 시 노란색은 0.7/1.0/1.1Kg (밴드를 20/40/60/am 늘렸을 때), 빨간색은 0.9/1.6/2.0Kg (밴드를 20/40/60/cm 늘렸을 때), 녹색은 1.1/1.9/2.3Kg (밴드를 20/40/60/cm 늘렸을 때)의 저항 [33]이 나타난다. 그러나 단계적인 운동으로써 노인들에게는 이러한 적용에 어려움이 있으므로 자각인지도에 의해 ‘조금 힘들게’ 또는 ‘힘들게’ 정도의 강도로 밴드의 길이를 스스로 조절하게 하여 운동을 실시하였다.

운동 프로그램은 준비운동 10분 정도로, 목운동과 어깨 돌리기, 어깨 들어올리기, 손목의 굴곡과 신전, 손 펴기 & 주먹 쥐기, 척추 동그랗게 말기 등의 상체 운동과 행진하기, 다리 돌리기, 무릎 돌리기, 발가락 포인트 & 굽히기, 발목 회전하기 등의 하체운동을 실시하였다. 하지의 저항운동 프로그램은 Seated Leg Extension, Seated Leg Curls, Hip Abduction, Hip Adduction, Hip flexion, Hip extension, Leg extension, Leg curls, Ankle dorsiflexion(start, end position)이고, 정리운동

을 10분 정도로 하였다.

4. 자료처리 및 분석방법

카메라를 통해 얻은 위치 좌표는 Qualisys Track Manager(QTM) 프로그램을 이용하여 txt 파일로 변환시킨 후, Matlab 6.5 프로그램을 통해 3차원 각도를 계산하였다.

3차원 자세각의 분석은 Cardan의 3차원 각도 산출 공식을 이용하여 분석하였고, 굴곡과 신전의 움직임 각도는 X축에 대한 회전, 내전과 외전의 움직임은 Y축에 대한 회전, 내측회전과 외측회전에 대한 움직임은 Z축에 대한 회전으로 각각 나타났다. 굴곡과 신전은 좌·우측에서, 내전과 외전은 전·후 측에서, 내측회전과 외측회전은 수직축에서 이루어진다고 볼 수 있다.

자료처리과정에서 나타날 수 있는 노이즈를 제거하기 위해 Butterworth 2th lowpass 방법을 이용하여 필터링하였으며, 주파수는 6Hz로 설정하였다.

5. 분석 국면

본 연구를 수행하는데 있어서의 국면 설정은 오른발이 지면에 착지한 후 다음 오른발이 지면에 착지할 때까지의 1 스트라이드로 설정하여 분석하였다. 보행 시 스트라이드 주기에 걸쳐 하지의 기능적 변화를 구체적으로 살펴보기 위해 스트라이드를 완전 착지 순간(11-30%), 이지 순간(31-50%), 스윙 가속 순간(51-70%), 스윙 감속 순간(71-90%), 착지 순간(91-10%)으로 구분해 검정하였다[47].

이들 값에 대한 운동프로그램의 전후 차이를 보기 위해 Paired-Sample t-test 검정을 이용하였으며, 이때 유의수준 .05로 설정하였다.

III. 결과

1. 분절의 움직임 변화

[표 2]는 운동 전·후의 대퇴분절과 하퇴분절의 굴곡과 신전(flexion & extension), 내측·외측 회전(internal & external rotation), 그리고 발분절의 내번·

외번(inversion & eversion)에 대한 Event별 움직임은 나타낸 것이고, [표 3]은 운동 전·후의 Event별 차이검정 통계치를 나타낸 것이다. [그림 1]은 대퇴분절의 각도 변화를 나타낸 것이고, [그림 2]는 하퇴분절의 각도 변화, [그림 3]은 발분절의 각도 변화이며, 그림에 나타난 것은 운동 전·후에 대한 평균값이다.

표에 제시된 대퇴분절의 Event별 굴곡과 신전(flexion & extension)의 움직임 변화를 살펴보면, 전반적으로 운동 전보다 운동 후에 굴곡의 움직임이 다소 큰 자세를 보였다.

착지순간의 E5에서는 운동 전에 평균 26.1±6.1도, 운동 후에는 평균 35.6±9.3도로 나타나 운동 후가 운동 전보다 굴곡의 움직임이 크게 나타나면서 통계적인 차이(p<.05)가 있는 것으로 나타났다.

내측과 외측회전(internal & external rotation)의 움직임을 살펴보면, 운동 전과 운동 후에 전반적으로 유사한 특성을 보이면서 통계적인 차이는 보이지 않았지만, 운동 후에 외측회전의 움직임이 다소 작아진 특성을 보였으며, 스트라이드 구간에서 움직임 변화가 작아진 것으로 나타났다.

하퇴분절의 굴곡과 신전의 움직임을 살펴보면, 스윙

감속순간인 E4에서 통계적인 차이는 없었지만 운동 전 1.0±23.8도 보다 운동 후 11.1±9.4도로 다소 신전된 자세를 보였으며, 착지순간의 E5에서는 운동 전에 14.2±10.1도, 운동 후에 23.2±3.3도로 운동 전보다 운동 후에 굴곡의 움직임이 크게 나타나면서 통계적인 차이(p<.05)를 보였다.

내측·외측회전의 움직임을 살펴보면, 전반적으로 통계적 차이가 없는 것으로 나타났지만, 운동 전보다 운동 후에 움직임이 다소 내측회전된 특성을 보였다.

이러한 특성은 [그림 2]에서 볼 수 있듯이, 운동 전과 운동 후에 굴곡과 신전, 내측과 외측회전에 있어서 유사한 형태를 보이고 있지만, 운동 후가 운동 전보다 굴곡과 신전에 있어서 다소 큰 움직임의 특성을 보이고 있으며, 내측과 외측회전에 있어서는 운동 전에 외측회전의 움직임 특성이 나타난 반면 운동 후에는 내측회전의 움직임 변화와 움직임의 범위가 작아진 특성을 보이고 있다.

발분절의 Event별 내번과 외번(inversion & eversion)의 움직임을 살펴보면, E1, E2, E3에서 운동 전에 내번의 움직임이 컸으나, 운동 후에 다소 작은 내번의 움직임을 보였으며, 특히 E4에 있어서는 운동 전

표 2. Event별 분절의 움직임 변화

(단위: deg.)

Factors		Event					
		E1	E2	E3	E4	E5	
Thigh	Fle/Ext (+/-)	Pre	23.7±4.7	5.6±5.0	8.0±12.4	30.7±5.4	26.1±6.1
		Post	30.2±9.5	12.1±10.9	7.2±12.4	38.1±10.9	35.6±9.3
	Int/Ext Rot (+/-)	Pre	-18.1±13.3	-12.2±12.5	-10.8±15.8	-18.1±15.4	-18.1±12.9
		Post	-11.1±8.6	-10.1±10.4	-6.8±10.1	-12.7±10.4	-10.0±7.9
Shank	Fle/Ext (+/-)	Pre	5.1±2.8	-10.9±2.1	-43.1±3.9	1.0±23.8	14.2±10.1
		Post	5.2±4.5	-9.2±4.1	-40.0±4.2	-11.1±9.4	23.2±3.3
	Int/Ext Rot (+/-)	Pre	-6.4±7.2	-4.6±7.5	0.9±11.0	-2.6±8.3	-5.7±8.7
		Post	-3.2±7.7	-1.6±9.3	4.2±8.7	1.9±9.1	3.0±7.5
Foot	Inv/Eve (+/-)	Pre	5.3±3.2	6.2±4.6	9.9±7.9	4.6±3.8	1.8±5.3
		Post	2.7±4.3	2.6±5.4	6.7±7.7	-0.8±5.1	2.1±4.6

Fle/Ext: Flexion & Extension, Int/Ext Rot: Internal & External Rotation, Inv/Eve: Inversion & Eversion

표 3. Event별 분절의 차이검정 통계치

Factors		Event	df	E1		E2		E3		E4		E5	
				t	p	t	p	t	p	t	p	t	p
Thigh	Fle/Ext	6	-1.628	.130	-1.423	.180	.123	.903	-1.602	.135	-2.270	.042*	
	Int/Ext Rot	6	-1.177	.262	-.343	.737	-.557	.588	-.771	.456	-1.417	.182	
Shank	Fle/Ext	6	-.029	.977	-.962	.355	-1.431	.178	1.250	.235	-2.247	.044*	
	Int/Ext Rot	6	-.782	.449	-.681	.509	-.608	.554	-.971	.351	-2.007	.068	
Foot	Inv/Eve	6	1.294	.220	1.333	.207	.764	.460	2.244	.044*	-.094	.927	

에 4.6 ± 3.8 도의 내변의 자세를 보인 반면에, 운동 후에는 0.8 ± 5.1 도로 외변의 움직임이 나타나면서 통계적인 차이($p < .05$)를 나타냈다. 이러한 특성은 [그림 3]에서 볼 수 있듯이, 전반적으로 운동 전보다 운동 후에 내변의 움직임이 작아진 형태를 보이고 있으며, 특히 스윙 감속구간에서는 운동 후에 외변의 움직임이 다소 크게 변화된 특성을 보이고 있다.

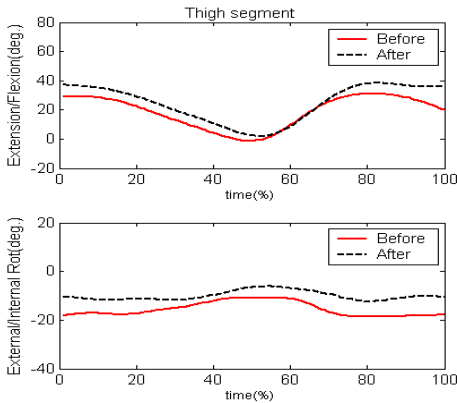


그림 1. 대퇴분절의 각도변화.

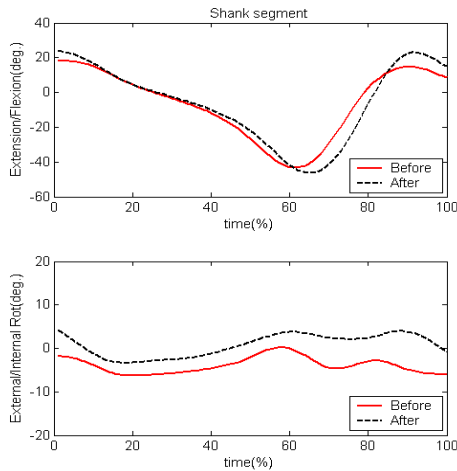


그림 2. 하퇴분절의 각도변화.

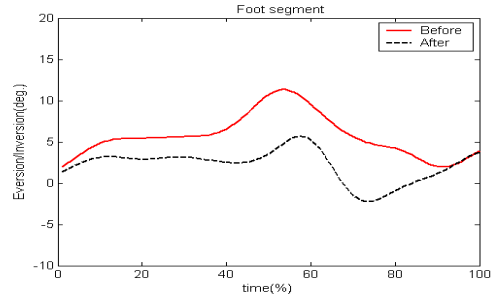


그림 3. 발분절의 각도변화.

2. 관절의 움직임 변화

[표 4]는 운동 전·후의 무릎관절의 굴곡과 신전 (flexion & extension), 발목관절의 내변·외변 (inversion & eversion)에 대한 Event별 움직임을 나타낸 것이고, [표 5]은 운동 전·후의 Event별 차이점 통계치를 나타낸 것이다. [그림 4]는 발목관절과 무릎관절의 각도 변화를 나타낸 것이며, 그림에 나타난 것은 운동 전·후에 대한 평균값이다.

표에 제시된 Event별 무릎관절의 굴곡과 신전 (flexion & extension)의 움직임 변화를 살펴보면, E1과 E2에 있어서 운동 전보다 운동 후에 다소 크게 굴곡된 자세를 보였지만, 통계적인 차이는 없는 것으로 나타났다. 그러나 스윙감속구간(E4)에서는 운동 전에 29.2 ± 19.0 도, 운동 후가 48.3 ± 7.6 도로 나타나 운동 후가 운동 전보다 크게 굴곡된 자세를 보이면서 통계적인 차이($p < .05$)가 있는 것으로 나타났다. 이러한 특성은 [그림 4]에서 볼 수 있듯이, 운동 전보다 운동 후에 굴곡과 신전의 움직임의 크기가 커졌으며, 특히 스윙감속구간에서 크게 굴곡된 특성을 보이고 있다.

표 4. Event별 관절의 움직임 변화

(단위: deg.)

Factors		Event					
		E1	E2	E3	E4	E5	
Knee	Fle/Ext (+/-)	Pre	18.0 ± 3.5	15.4 ± 3.5	47.7 ± 14.2	29.2 ± 19.0	12.7 ± 10.6
		Post	24.6 ± 8.6	20.3 ± 9.0	45.6 ± 10.6	48.3 ± 7.6	13.0 ± 7.9
Ankle	Inv/Eve (+/-)	Pre	2.2 ± 4.2	1.2 ± 4.7	8.3 ± 2.1	4.7 ± 3.7	2.9 ± 4.6
		Post	-1.8 ± 3.2	-2.4 ± 5.1	3.8 ± 4.0	-0.6 ± 3.6	1.0 ± 2.4

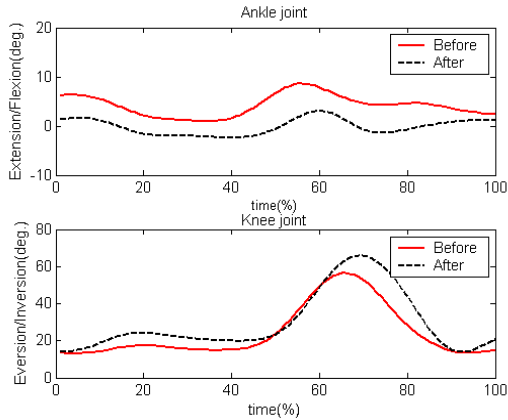


그림 4. 발목과 무릎관절의 각도변화

발목관절의 Event별 내변과 외변(inversion & eversion)의 움직임을 살펴보면, 전반적으로 운동 전보다 운동 후에 외변된 자세를 보였다. 특히 스윙가속순간(E3)에 운동 전과 운동 후에 각각 8.3 ± 2.1 도, 3.8 ± 4.0 도를 나타냈으며, 스윙감속순간(E4)에서는 운동 전 4.7 ± 3.7 도를 운동 후에는 0.6 ± 3.6 도로 운동 전보다 큰 외변의 자세를 보이면서 통계적인 차이($p < .05$)를 보였다.

이러한 특성은 [그림 4]에서 볼 수 있듯이, 발목관절에서는 운동 전과 운동 후에 전반적으로 유사한 형태를 보이고 있지만, 운동 전에는 내변의 움직임이 큰 특성을 보이고 있는 반면 운동 후에는 외변으로의 움직임 변화와 움직임의 범위가 작아진 특성을 보이고 있다.

IV. 논 의

노인들의 연령 증가에 따른 평형성과 근지구력 감소, 특히 하지의 근지구력 감소에 의한 신체적 기능의 감소

는 낙상의 중요한 원인이 되고 있다[28][48-50]. 하지의 근력은 기본적인 삶의 영위에 반드시 필요한 것으로, 하지의 근기능이 약화되면 보행속도가 느려지고, 자세를 유지하는 근육의 능력도 떨어지게 되므로 낙상의 빈도가 증가하게 된다[51].

낙상은 노화에 의한 하지근력 약화 및 평형성 저하와 밀접한 관련이 있으며[14-17], 75세 이상 노인인 하지근력 저하로 인해 낙상 발생률이 크게 증가되고 있다 [49]. 또한 근육 부피 질량의 감소는 상지에서 보다 하지에서 더 많이 발생하며, 약화된 하지관절의 기능 저하는 고관절, 슬관절, 그리고 족관절의 굴곡 운동에 제약을 줌으로서 낙상 상해를 유발한다[11]. 이러한 근력 저하는 단순히 신간의 경과에 따른 노화뿐만 아니라 비사용으로 인한 요인도 크게 작용하며[24], 특히 여성노인은 남성노인에 비해 하지 근력의 감소속도가 더욱 빠르게 나타난다. 이처럼 노인들의 활동력 약화에 따른 일상생활 장애와 낙상은 근력과 균형능력에 의해 영향을 받는데, 이러한 문제점에 대한 대안으로 최근 노인들에게 근력 강화운동의 중요성이 제시되고 있다. 때문에 본 연구에서는 노인들의 일상생활과 낙상예방에 중요한 영향을 미치고 있는 근력 향상을 위한 하지의 저항운동을 실시하였으며, 이를 통하여 보행 시 하지분절과 관절에 어떠한 변화를 가져오게하는지를 분석하였다.

일반적으로 65세 이상 노인들의 보행 보폭은 짧으며 일정한 보행수와 한정된 발목운동, 낮은 스윙 비율을 나타내어 두 발의 지면 지지시간이 증가한다[11][53], Winter, Patla & Frank[54]은 윤승호, 김봉옥[55]는 젊은 성인과의 비교한 연구에서 정상 노인의 경우 안정적인 보행을 하기 위해 하지관절의 움직임에 있어서 대퇴관절의 굴신, 무릎 관절의 굴신, 그리고, 발목 관절의 족저 움직임이 작은 것으로 보고하였고, 임비오[56]은 보폭 및 활보장은 연령이 증가할수록 감소하며, 보간을

표 5. Event별 관절의 차이검정 통계치

Factors	Event	df	E1		E2		E3		E4		E5	
			t	p	t	p	t	p	t	p	t	p
Knee	Fle/Ext	6	-1.870	.086	-1.359	.199	.313	.760	-2.474	.029*	-.067	.947
Ankle	Inv/Eve	6	2.007	.068	1.390	.190	2.602	.023*	2.739	.018*	.958	.357

넓히는 것은 보행 시 더 쉽게 안정성을 유지하기 위함이라 보고 하였다. 이러한 변화는 안전한 보행을 위해 만들어지는 자연적인 현상이고, 보다 느린 속도로 보행하는 것은 낙상의 원인인 동요 혹은 장애물을 피하기 위해 충분한 시간을 갖고자하는 보상의 원리라 하였다 [45].

본 연구에 나타난 결과에 의하면, 하지저항운동 후 대퇴 분절의 굴곡과 신전에 있어서 굴곡의 움직임 변화가 크게 나타났으며, 특히 착지순간에 운동 전보다 운동 후에 굴곡의 움직임이 크게 나타나 통계적으로도 유의한 차이가 있는 것으로 보였다. 내측과 외측회전의 움직임에 있어서는 운동 후에 외측회전의 움직임이 다소 작아진 특성을 보였다. 하퇴분절의 굴곡과 신전의 움직임에 있어서도 착지순간에서 운동 후에 굴곡의 움직임이 크게 나타나 통계적으로도 유의한 차이가 있는 것으로 나타났으며, 내측·외측회전의 움직임에서는 전반적으로 운동 전보다 운동 후에 내측회전된 움직임의 특성을 보였지만 통계적인 차이는 보이지 않았다. 발 분절에서는 운동 후 내번의 움직임이 작아졌지만, 스윙감속구간에서는 외번의 움직임을 나타내면서 통계적인 차이가 있는 것으로 나타났다.

이와 같은 결과는 약화된 하지 관절의 기능 저하는 굴곡운동에 제약을 준다[11]는 결과에 비추어볼 때 하지관절의 기능 향상으로 대퇴와 하퇴분절의 굴곡 움직임이 크게 나타난 것으로 보여 진다. 또한 대퇴와 하퇴 분절의 굴곡근과 신전근에 영향을 준 것으로 볼 수 있으며, 이러한 보행과 관련된 하지 근력의 중요성에 대해서 Bohannon[57]은 고관절의 굴곡근 및 신전근이 영향을 준다고 보고하였다. 때문에 하지저항운동 후 대퇴와 하퇴분절의 굴곡과 신전의 움직임이 크게 향상된 것은 하지의 근력향상과 관련되어 보행동작이 이루어지고 있는 것으로 볼 수 있다.

보행은 발걸음을 내딛는 시간 동안의 약 80%는 한발에 의한 신체 지지 능력으로 이루어지며, 이때 신체의 무게중심이 지지발의 바깥쪽으로 이동하면서 불안정한 신체 상태가 된다. 이는 한발에 의한 근력과 균형능력을 필요로 하기 때문에 보행 시 낙상을 일으키는 요인 중 가장 중요하다[58]. 이에 본 연구 결과에서 운동 후

향상된 하지근력의 영향으로 대퇴와 하퇴 분절이 바깥쪽을 향하던 외측회전의 상태가 내측회전된 변화를 보이면서 보행 시 안정적인 신체 상태를 유지하는데 긍정적인 영향을 미친 것으로 사료된다. 또한 외측회전으로의 움직임 범위가 작아진 것은 대퇴내측근의 근력이 향상된 것으로 보여 진다.

움직임의 중심이 거골하 관절인가 혹은 발목 관절인가를 구분하기 어려운[56]발 분절의 내·외번의 움직임 발생은 경골의 내·외측 회전으로 전이되어 무릎의 통증을 유발하는데 가장 밀접한 관계가 있는 것으로 알려져 있다[45][60]. 박주희[61]은 발 분절에 있어서 노인이 성인 보다 내전의 움직임이 크게 이루어진다고 보고 하였다. 이러한 선행연구에 기초해 볼 때 운동 후 발 분절과 발목관절의 내번의 움직임이 외번으로의 움직임으로 변화된 것과 내번과 외번의 움직임 범위가 작아진 것은 보행에 있어서 안정성 유지와 무릎의 통증을 유발하는 무릎 상해예방에 있어서 효과적인 현상이 아닌가 생각된다.

무릎관절 움직임에 있어서 김로빈[62]는 속도의 증가에 따라 굴곡의 최대값과 운동 범위가 큰 것으로 보고하였고, 김로빈, 최지영, 신제민[63]은 보행 속도가 빠르고 보폭이 길수록 관절각이 큰 것으로 보고하였다.

이러한 선행연구 결과 속도가 증가함에 따라 무릎 관절의 굴곡 각도가 증가하는 것으로 볼 때 본 연구 결과에서 운동 후 무릎 관절의 굴곡 각이 증가하는 것은 보행의 속도가 증가 한 것과 관련이 있다는 것을 의미한다. 또한 운동 후 하지 근력 향상으로 스윙 시 무릎 관절의 굴곡각도가 증가하면서 보행의 보폭이 길어지는 효과도 가져 온 것이라 판단된다.

그러므로 본 연구에서는 하지 저항운동 후 하퇴분절과 관절의 움직임이 보행에 있어서 보다 효과적이고 안정성을 유지하는데 도움을 준 것으로 생각된다.

V. 결론

본 연구는 하지 저항운동 시 고령자 보행의 하지분절과 관절의 운동학적 차이를 분석하여 낙상예방을 위한

기초자료를 제공하는데 있다. 이를 위해 70대 이상 80세 이하의 여성 고령자 7명을 선정하여 3차원 영상분석을 실시하였다. 하지 분절과 관절의 3차원 위치좌표를 얻기 위해 ProReflex MCU(Qualisys, Sweden) 카메라를 사용하여, 100Hz/s로 촬영하였다. 촬영된 영상은 QTM(Qualisys, Sweden) 프로그램을 이용하여 위치좌표에 대한 원자료(raw data)를 얻었으며, Matlab 6.5 프로그램을 이용하여 3차원 각도를 산출한 결과, 다음과 같은 결론을 얻었다.

대퇴와 하퇴분절의 굴곡과 신전은 E5에서 운동 후 굴곡의 움직임이 크게 나타났으며, 발 분절은 E4에서 외번을 보이면서 통계적 차이를 보였다. 무릎관절은 운동 후 E4에서 굴곡을 보였고, 발목관절은 E3에서 내번, E4에서 외번의 움직임을 보이면서 통계적인 차이($p < .05$)를 보였다.

따라서 하지 저항운동이 여성고령자의 낙상예방에 긍정적인 결과를 가져올 수 있을 것으로 보여 지며, 향후 연구에서는 다른 운동방법을 통하여 성별, 고령자의 연령별에 의한 연구가 이루어져야 할 것으로 생각된다.

참 고 문 헌

- [1] 김상우, 배윤정, “유산소운동을 병행한 근력운동이 노인의 체력과 성호르몬에 미치는 영향”, 한국체육학회지, 제41권, 제1호, pp.447-490, 2002.
- [2] S. R. Lord, R. D. Clark, and I. W. Webster, "Physical factors associated with falls in an elderly population," J. of American Geriatrics Society, Vol.39, pp.1194-1200, 1991.
- [3] C. L. Leibson, A. Totoson, S. E. Gabriel, J. E. Ransom, and J. L. Melton, "Mortality, disability, and nursing home use for persons with and without hip fracture: a population-based study," J. of the American Geriatrics Society, Vol.50, No.1, pp.644-50, 2002.
- [4] K. H. Kang, H. C. Jeong, and M. Y. Jeon, "A survey study on fall-related fracture in hospitalized elderly patient," J. of Keukdong College, pp.251-264, 1999.
- [5] M. C. Nevitt, *Falls in the elderly: risk factors and prevention*, In: Masden JC, et al. Eds. *Gait disorders of aging: Falls and therapeutic strategies*, New York, Lippincott-Raven, 1997.
- [6] J. W. Runge, "The cost of injury," *Emergency Medicine Clinics North America*, Vol.11, No.1, p.241, 1993.
- [7] 전미양, *낙상 예방 프로그램이 양로원 여성 노인의 보행, 균형 및 근력에 미치는 효과*, 박사 학위논문 서울대학교 대학원, 2001.
- [8] M. E. Tinetti, T. F. Williams, and R. Mayewski, "Fall risk index for elderly patients based on number of chronic disabilities," *American Journal Medicine*, Vol.80, No.3, pp.429-434, 1986.
- [9] L. I. Wolfson, R. Whipple, and P. Amerman, "Stressing the postural response: a quantitative method for resting balance," *J. of American Geriatric Society*, Vol.335, pp.845-846, 1986.
- [10] J. E. Hinman, D. A. Cunningham, P. A. Rechnitzer, and D. H. Paterson, "Age-related changes in speed of walking," *Medicine Science Sports Exercise*, Vol.20, pp.161-166, 1988.
- [11] D. C. Kerrigan, M. K. Todd, U. D. Croce, L. A. Lipsitz, and J. J. Collndent, "Biomechanical gait alterations independent of speed in the healthy elderly: Evidence for specific limiting impairments," *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, Vol.79, pp.317-322, 1998.
- [12] G. M. Gehlsen, M. H. Whaley, "Falls in the elderly: part II. Balance, strength and flexibility," *Archives Physical Medicine and Rehabilitation*, Vol.71, pp.739-741, 1990.
- [13] E. M. Mills, "The effect of low-intensity aerobic exercise on muscle strength, flexibility and balance among sedentary elderly persons," *Nursing Research*, Vol.43, No.4, pp.207-211,

- 1994.
- [14] M. Gross, P. Stevenson, S. Charette, G. Pyka and R. Marcus, "Effect of muscle strength and movement speed on the biomechanics of rising from a chair in healthy elderly and young women," *Gait and Posture*, Vol.8, pp.175-85, 1998.
- [15] O. MacRae, M. Lacourse, and R. Modavon, "Physical performance measures that predict faller status in community-dwelling older adults," *The Journal of Orthopedic & Sports Physical Therapy*, Vol.16, pp.123-128, 1992.
- [16] A. Patla and S. Rietdyk, "Visual control of limb trajectory during locomotion: effect of obstacle height and width," *Gait and Posture*, Vol.1, pp.45-60, 1993.
- [17] M. E. Tinetti, J. Doucette, E. Claus, and R. Marottoli, "Risk factors for serious injury during falls by older persons in community," *J. of the American Geriatrics Society*, Vol.43, pp.1214-1221, 1995.
- [18] M. J. Bendall, E. J. Massey, and M. B. Pearson, "Factors affecting walking speed of elderly people," *Age Ageing*, Vol.18, pp.327-332, 1989.
- [19] R. I. Elble, S. S. Thomas, and C. Higgins, "Stride-dependent changes in gait of older people", *J. of Neurology*, Vol.46, pp.1-5, 1991.
- [20] F. J. O. G. Imms, "Studies of gait and mobility in the elderly," *Age Ageing*, Vol.10, pp.147-156, 1981.
- [21] B. E. Maki, "Gait changes in older adults: predictors of falls or indicators of fear," *J. of American Geriatric Society*, Vol.45, pp.313-20, 1997.
- [22] S. Mathias, U. S. L. Nayak, and B. Lissacs, "Balance in elderly patients: The "Get-up and Go test," *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, pp.87-389, 1986.
- [23] A. Gabell, USL. Nayark, *The effect of age on age on variability in gait*, *H Gerontol.* 39: pp.662-666, 1984.
- [24] W. W. Spirduso, K. Francis, and P. MacRae, *Physical dimensions of aging*, Champaign(2nd ed), IL:Human Kinetics, 2005.
- [25] Morse, "High-frequency stabilization and high-order harmonic generation of an excited Morse oscillator under intense fields," *Physiology Rev A*, Vol.48, No.5, pp.3995-3998, 1993.
- [26] M. F. Borchelt and E. Steinhagen-Thiessen, "Physical performance and sensory functions as determinants of independence in activities of daily living in the old and the very old," *The ANNALS of the merican Academy of political and Social Science*, Vol.26, No.673, pp.350-361, 1992.
- [27] A. Young, M. Stockes, and M. Growe, "The size and strength of the quadriceps muscle of and young man," *Clinical Physiology*, Vol.5, pp.145-154, 1986.
- [28] M. E. Tinetti, "A performance-oriented assessment of mobility problem in elderly patients," *J. of American Geriatric Society*, Vol.34, pp.199-226, 1986.
- [29] D. M. Buchner, S. A. Beresford, E. B. Larson, A. Z. LaCroix, and E. H. Wagner, "Physical performance and sensory functions as determinants of independence in activities of daily living in the old and the very old," *The ANNALS of the merican Academy of political and Social Science*, Vol.26, No.673, pp.350-361, 1992.
- [30] M. Brown and J. O. Holloszy, "Effects of low intensity exercise program on selected physical performance characteristics of 60-to 71-year olds," *Aging(milano)*. Vol.3, No.2, pp.129-139,

- 1991.
- [31] D. E. Krebs, A. M. Jette, and S. F. Assmann, "Moderate exercise improves gait stability in disabled elders," *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, Vol.79, No.12, pp.1489-95, 1998.
- [32] J. Schlicht, D. Camaione, and S. Owen, "Effect of Intense Strength Training on Standing Balance, Walking Speed, and Sit-to-Stand Performance in Older Adults," *J. of Gerontology Society A*, 56A, Vol5, M281, 2001.
- [33] 정택조, 주기찬, "탄성밴드를 이용한 저항 운동 프로그램이 고령 여성의 활동체력 증진에 미치는 영향", *운동과학*, 제12권, 제2호, pp.253-265, 2003.
- [34] T. Liu-Ambrose, K. M. Khan, J. J. P. A. Eng, S. R. Lord, and H. A. McKay, "Resistance and agility traing reduce fall risk in women aged 75 to 85 with low bone mass: a 6-month randomized, controlled trial," *J. of the American Geriatrics Society*, Vol.525, pp.657-665, 2004.
- [35] 이정호, 서정석, 은선덕, "노인여성 관절염 환자의 보행시간에 따른 지면반력의 특성", *한국운동역학회지*, 제17권, 제2호, pp.75-82, 2007.
- [36] 윤석훈, 김태삼, 이재훈, 류지선, 권영후, "전, 후방 기울기각을 이용한 노인의 보행안정성 평가", *한국운동역학회지*, 제17권, 제4호, pp.99-106, 2007.
- [37] 이승주, 김석희, 박양선, 김종균, "여성 노인이 낙상유무가 보행패턴, 신체기능, 그리고 하지근력에 미치는 영향", *한국체육학회지*, 제46권, 제2호, pp.369-378, 2007.
- [38] 전경규, 박광동, 박세환, 강영석, 김대근, "낙상경험 여성노인의 하지 분절 각도와 근전도 차이", *한국운동역학회지*, 제19권, 제2, pp.245-255, 2009.
- [39] 남상남, 최규환, "노인의 넘어짐에 영향을 미치는 요인", *한국체육학회지*, 제42권, 제6호, pp.749-757, 2003.
- [40] 윤석훈, "24주간 보행운동이 여성노인의 장애물 극복보행의 운동학적 변인에 미치는 영향", *한국체육학회지*, 제46권, 제4호, pp.485-493, 2007.
- [41] 이중숙, 양정옥, 이범진, 박상목, "12주간 복합운동이 여성 노인의 족저압력에 미치는 영향", *한국운동역학회지*, 제19권, 제1호, pp.117-126, 2009.
- [42] NCIPC, "Costs of Falls Among Older Adults. Retrieved March 1, 2006, from <http://cdc.gov/ncipc/factsheets/fallcost.htm>.
- [43] B. T. Bates, B. H. Haven, *Effects of fatigue on mechanical characteristics of highly skilled female runners*, In Biomechanic IV, Nelson & Morehouse(Eds.), pp.121-125, 1973.
- [44] V. T. Inman, H. J. Ralston, F. Todd, *Human locomotion*. In: J. Rose and J. G. Gamble(Eds.), *Human Walking(2nd edition)* 1-22. Baltimore, MD: Williams and Wilins, 1994.
- [45] 류지선, "노인 보행 시 발과 경골 Coupling 패턴과 Variability", *한국체육학회지*, 제45권, 1호, pp.747-756, 2006.
- [46] Phillip Page, S. Todd, Ellendecker, *The Scientific and Clinical Application of Elastic Resistance*. 대한 미디어, 2004.
- [47] B. C. Heiderscheit, J. Hamill, and R. E. A. Van Emmerik, "Variability of stride characteristics and joint coordination among individuals with unilateral patellofemoral pain," *J. of applied biomechanics*, No.18, pp.110-121, 2002.
- [48] M. E. Tinetti, and M. Speechley, "Prevention of falls among the elderly," *J. of Medicine*, Vol.320, pp.1055-1059, 1989.
- [49] J. S. Tobis, R. Friis, and S. Reinsch, "Impaired strength leads to falls in the community," *J. of Gerontology*, Vol.29, pp.256A-257A, 1989.
- [50] R. H. Whipple, L. I. Wolfson, and P. M. Amerman, "The relationship of knee and ankle weakness to falls in nursing home resident: An isokinetic study," *J. American Geriatric Society*, No.5, pp.13-20, 1987.

[51] M. Brown, D. R. Sinacore, and H. H. Host, "The relationship of strength to function in the older adult," J. of Gerontology, Vol.50, pp.55-59, 1995.

[52] M. C. Nevitt, *Falls in the elderly: risk factors and prevention*, In: Masden JC, et al. Eds. Gait disorders of aging: Falls and therapeutic strategies," New York, Lippincott-Raven, 1997.

[53] M. P. Murray, R. C. Kory, and B. H. Clarksin, "Walking patterns in healthy old men," J. of Gerontology, Vol.24, pp.169-178, 1969.

[54] D. A. Winter, A. E. Patla, and K. S. Frank, "Biomechanical walking pattern changes in the fit and healthy elderly," Physical Therapy, Vol.70, No.6, pp.340-347, 1990.

[55] 윤승호, 김봉옥, *임상 보행 분석*, 도서출판 세진 기획, 1994.

[56] 임비오, *성인 남자들의 연령별 보행 형태 분석*, 서울학교 대학원 석사학위논문, 1995.

[57] R. W. Bohannon, "Gait performance of hemiparetic stroke patient: Selected variables," Archives of Physical Medicine and Rehabilitation, Vol.68, pp.777-800, 1987.

[58] T. Shimba, "An estimation venter of gravity from force platform data," J. of Biomechanic, Vol.17, pp.53-60, 1984.

[59] B. Hintermann, B. M. Nigg, C. Sommer, G. K. Cole, "Transfer of movement between calcaneus and tibia in vitro," Clinical Biomechanics, Vol.9, pp.349-355, 1994.

[60] S. James, B. Bates, and L. Osternig, "Injuries in running Am', J. of Sports Medicine, Vol.6, pp.40-50, 1978.

[61] 박주희, *보행 시 노인과 성인의 하지분절운동 Variability*, 한국체육대학교 대학원 석사학위논문, 2005.

[62] 김로빈, *보행 시 속도와 보폭 변화에 따른 하지 관절의 운동역학적 분석*. 연세대학교 대학원 박

사학위논문, 2000.

[63] 김로빈, 최지영, 신제민, "보행속도와 보폭과 보폭변화가 하지관절 움직임에 미치는 영향", 한국체육학회지, 제40권, 제4호, pp.997-1009, 2001.

저 자 소 개

서 세 미 (Se-Mi Seo)

정희원



- 2000년 8월 : 한양대학교 교육대학원(체육교육학석사)
- 2007년 8월 : 한양대학교 일반대학원(체육학박사)
- 2009년 3월 ~ 현재 : 서울여자대학교 전임 강사

<관심분야> : 스포츠 & 레저, 보건