전후방 및 내외측 방향의 동적 움직임에 따른 균형 및 근육 활성화 특성

김충연^{1,3} · 정호현¹ · 이범기¹ · 정덕영² · 전경진³ · 임도형¹

¹세종대학교 기계공학과, ²부산테크노파크 고령친화산업지원센터 연구개발팀,
³한국생산기술연구원 스마트복지기술연구그룹

Characteristics of Balance and Muscle Activation responded to Dynamic Motions in Anterior-Posterior and Medial-Lateral Directions

ChoongYeon Kim^{1,3}, HoHyun Jung¹, BumKee Lee¹, Dukyoung Jung²,
Kyeong Jin Chun³ and Dohyung Lim¹

¹Department of Mechanical Engineering, Sejong University, Seoul 143-747, Korea

²R&D team, Senior Products Industrial Center, Busan 617-030, Korea

³Smart Welfare Technology Research Group, Korea Institute of Industrial Technology, Cheonan 331-822, Korea

(Manuscript received 10 October 2013; revised 4 December 2013; accepted 11 December 2013)

212

Abstract: Falling is one of the major public problems to the elderly, resulting in limitations of daily living activities. It can be induced by the functional loss of the balance ability and muscle strength in the elderly. It has been, however, not well investigated to suggest an effective methodology improving the balance ability and muscle strength for the prevention of the falling due to lack of information about the characteristics of the balance and muscle activations responded to the dynamic motions. The aim of the current study is, therefore, to identify the characteristics of the balance and muscle activations responded to the dynamic motions in Anterior-Posterior(AP) and Medial Lateral(ML) directions. For that, a motion capture system with eight infrared cameras, surface electromyogram system and Wii Fit system with a customized variable unstable base were used and kinematic and kinetic data obtained from the systems were analyzed for five healthy male(24.8 ± 3.3 years, 177.4 ± 2.0 cm, 73.9 ± 12.9 kg, 23.5 ± 4.0 kg/m). The results showed that the characteristics of the balance and muscle activations were differently responded to between the dynamic motions in Anterior-Posterior(AP) and Medial Lateral(ML) directions. These findings may indicate that customized dynamic motions should be applied to the training of the balance ability and muscle strength for the effective prevention of the falling. This study may be meaningful to providing basic information to establish a guideline improving effectively the balance ability and muscle strength.

Key words: Muscle Strength, Balance Ability, Dynamic Motion, Motion Capture System, Electromyogram, Variable Unstable Base

1. 서 론

지속적이며 균형 잡힌 기립 자세의 유지를 위해서는 전정

기관, 고유수용성 감각기관, 근골격계의 기능이 정상적으로 발현된 상태에서 다양한 신경근육계의 복잡하고 섬세한 조절기전이 요구되는 것으로 보고되고 있다[1]. 이러한 자세조절기전 기능은 고령화에 따른 관절 및 뇌 기능의 저하와 함께 점차 그 기능이 약화되어, 고령자에 있어 낙상(falling) 위험성을 매우 증가시키는 것으로 보고되고 있다[2]. 특히 65세 이상 고령자의 경우 3명 중 1명의 비율로 매년 낙상을 경험할 정도로 발생 빈도가 높은 것으로 보고되고 있다[3,4]. 송민성 등[5]은 지역사회 고령자 105명을 대상으로 한 낙상

Corresponding Author : Dohyung Lim
Department of Mechanical Engineering Sejong University
209, neungdong ro, Gwangjin-gu, Seoul 143-747, Korea
TEL: +82-2-3408-3672, FAX: +82-2-3408-4333
E-mail: dli349@sejong.ac.kr

본 연구는 보건복지부 보건의료연구개발사업의 지원에 의하여 이루어진 것임(HI12C0089).

공포감 및 낙상 효능감 관련성 연구에서, 21.9%의 낙상 경험 고령자에 있어 일반적으로 낙상 공포감이 높으며 낙상 효능감이 낮은 경향을 보이는 것으로 보고하였다. 송경애 등[6]의 연구에서도 낙상 경험이 있는 고령자들의 경우, 심리적 불안상태인 낙상 공포로 인하여 낙상 위험성이 더욱 증가되는 것으로 보고하였다. 뿐만 아니라 낙상은 골절이나 관절탈구, 뇌진탕, 그리고 심한 열상 등을 동반하는 합병증을 유발시키고 정신 사회적인 영향으로 신체적 활동이나 기능 저하, 사회적 고립까지 유발시켜 심각한 건강문제로 인식되고 있는 실정이다[7].

낙상을 방지하기 위한 대안으로 현재 균형 능력 증진을 위한 다양한 연구 활동이 진행되고 있다[8-11]. Whipple 등[8]은 균형 능력 저하에 따른 낙상 환자의 무릎 및 발목 관절 운동과 관련된 근육들의 특성 변화를 분석하여, 발목의 배측굴곡근 약화가 균형 능력 저하에 관련 있음을 확인하였으며 이를 토대로 특정 근육의 근력을 보완하는 것이 균형 능력 증진에 효율적일 수 있음을 보고하였다. Lewis[9]는 관절 가동범위의 유연성이 감소될 때 균형 능력이 저하되어 이를 보완하는 것이 균형 능력 증진에 효율적일 수 있음을 보고하였다. 권오윤 등[10]의 연구에서는 8주 동안 근력 및 균형 증진을 위한 훈련을 실시한 결과, 개안 시 정적 및 동적 균형 능력이 유의하게 증진되었다고 보고하였다. Buchner 등[11]은 68~85세의 고령자 106명을 대상으로 주 3회 3개월 동안 근력 및 균형 증진을 위한 훈련을 실시한 결과, 동적 균형 능력이 유의하게 증진되었다고 보고하였다. 그러나 기존 근력 및 균형 증진을 위한 훈련은 일반적으로 단순 반복적인 훈련으로서 사용자의 지속적인 동기 부여를 유도하는데 한계점을 가지고 있어, 지속적인 균형 능력 증진 효과를 기대하는데 현실적인 제약을 가지고 있는 실정이다. 또한 특정 동적 움직임에 따른 근력 및 균형 특성 변화에 대한 연구 결과가 다소 미진하여, 어떠한 동적 움직임 상태에서 보다 효율적인 근력 및 균형 능력을 증진시킬 수 있는지에 대한 기준이 다소 부족한 실정이다.

최근 근력 및 균형 능력 증진 훈련에 있어, 지속적인 동기 부여를 목적으로 가상현실 상호작용 게임 콘솔인 Wii (Nintendo, Japan)와 Xbox 360(Microsoft, USA)의 균형 능력 증진 효용성에 대한 연구가 고령자를 대상으로 진행되었다. 위삼열 등[12]은 무릎 골관절염을 앓는 여성 고령자의 균형 능력이 Xbox 360 가상현실 상호작용 게임을 통해 유의하게 증가함을 확인하였다. Agmon 등[13]은 균형 능력이 약화된 84세이상 고령자를 대상으로 Wii 가상현실 상호작용 게임을 활용한 근력 및 균형 증진 훈련 시, Berg 균형 척도와 보행 속도가 유의하게 증가함을 보고하였다. 그러나 Wii와 Xbox 360 가상현실 상호작용 게임을 활용한 근력 및 균형 능력 증진 훈련은 고정된 지면에서 무게중심 이

동만을 인식할 수 있는 한계점과 고령자/장애자를 대상으로 하는 전문화된 균형 능력 증진용 훈련 시스템이 아닌 범용적인 신체 건강 증진용 목적에 사용되는 게임 시스템의 한계점을 내포하고 있다. 특히 고령자/장애자의 근력 및 균형 능력 상태를 고려하지 않았기 때문에, 비효율적 근력 및 균형 훈련 유도로 인한 근력 및 균형 능력 증진 효과 저감과 무리한 훈련으로 인한 2차적인 근육 및 신체 손상의 문제점 등을 내포할 수 있는 단점이 있다. 즉, 앞서 언급하였듯이 특정 동적 움직임 상태 따른 근력 및 균형 특성 반응에 대한 고려가 부족하여, 고령자/장애자에 전문화된 근력 및 균형 능력 증진 훈련 적용이 어려운 실정이다.

본 연구에서는 대표적 동적 움직임인 전후방(Anterior-Posterior, AP) 및 내외측(Medial-Lateral, ML) 방향에서의 동적 움직임에 따른 피검자의 상체 동요(C.O.M의 움직임), 하체 관절각도, 그리고 근육 활성화 특성 변화를 분석하여 어떠한 움직임이 보다 효율적으로 근육 및 균형 능력을 증진시킬 수 있을지에 대하여 평가하고자 하였다. 이를 통하여 효율적 근력 및 균형 능력 증진 훈련에 있어, 전문화 그리고 체계화된 기준 확립을 위한 기초 연구로서 일조하고자 하였다.

II. 연구 방법

1. 피검자 선정

피검자는 근골격/신경계에 장애가 없으며, 특히 정상 균형 능력 범주에 속하는 건강한 성인 남성 5명(나이: 24.8세 $\pm$ 3.3)으로 선정하였다. 평균 신장, 체중 그리고 체질량 지수(BMI, Body Mass Index)는 177.4 ± 2.0 cm, 73.9 ± 12.9 kg, 23.5 ± 4.0 kg/m² 이었다. 모든 피검자를 대상으로 시험 시 발생할 수 있는 위험 사항 및 시험 방법에 대하여 충분히 숙지시키고, 최종적으로 시험동의서에 서명한 후 시험을 진행하였다.

2. 동적 움직임 유도를 위한 시험 장치 구성

피험자의 동적 움직임을 유도하기 위하여 Wii Fit의 균형 콘텐츠와 자체 제작된 가변기저면을 사용하였다(그림 1). 이때 Wii Fit의 균형 콘텐츠와 자체 제작된 가변기저면이 서로 연동될 수 있도록 하였다. 그리고 자체 제작된 가변기저면은 기저면 중심의 x(Anterior-Posterior), y(Medial-Lateral) 축에 대하여 각각 $\pm 5^\circ$ 범위 내에서 자유로이 회전(가변)될 수 있도록 자유도를 주었으며, 복합 회전 영향에 따른 피검자의 동적 움직임을 최소화하기 위하여 z(Superior-Inferior) 축을 중심으로 한 회전에 대해서는 자유도를 고정하였다. 그리고 피검자는 한가지 방향의 회전 운동에 대한 자유도를 가지는 b가변 기저면 위에서 신체 중심을 일정

그림 1. 피검자의 동적 움직임 유도를 위한 시험 환경 : 모션 캡처, 평형 콘텐츠, 가변기저면, 무선근전도 시스템들이 서로 연동됨
Fig. 1. Experiment configuration for dynamic motion generation of participant: Motion capture, balance content, unstable base and wireless EMG systems were worked together

하게 유도하는 Wii 콘텐츠 화면을 보며 지속적으로 일정한 무게중심을 유지하도록 하였다. 또한 분석의 편의성을 위하여 x, y 축을 중심으로 한 한 시상면(Sagittal Plane) 및 관상면(Coronal Plane) 상에서의 움직임을 AP와 ML 움직임으로 정의하여 표현하였다.

3. 상체 동요 및 하체 관절 각도 변화 측정

8대의 적외선 카메라를 이용한 삼차원 모션 캡처 시스템(T-10s, VICON Motion System Ltd., UK)을 통하여 피검자의 상체 동요 및 하체 관절(발목관절, 슬관절, 고관절) 각도 변화를 실시간으로 측정하였다(Sampling rate: 100Hz). 이때 피검자의 상체 동요 및 하체 관절 각도는 plug-in-gait marker set 기반으로 Nexus(NEXUS, VICON Motion System Ltd., UK)을 이용하여 분석하였다. 그리고 피검자의 상체 동요 및 하체 관절 각도 변화 측정을 위하여, 정적 직립 상태 움직임과 동적 움직임 상태의 AP 움직임 및 ML 움직임의 총 3가지 움직임에 각 각에 대하여 피검자당 3번의 시험을 수행하였다. 여기서 정적 직립 상태 움직임은 기저면의 회전이 없는 상태에서 고려되었으며, 측정 피검자의 자세안전성 및 동적 움직임으로 인한 피검자의 상체 동요 및 하체 관절 각도 변화의 기준 확인을 위하여 고려되었다. 그리고 측정 에러, 이전 시험의 영향, 그리고 피검자의 근육피로도 영향을 가능한 최소화하기 위하여, 각 시험 사이간 10분의 휴식 시간을 피검자에게 부여하였다.

4. 근육 활성화 특성 변화 측정

앞서 언급되어진 피검자 움직임에 따른 근육 활성화 특성 변화를 분석하기 위하여, 표면부착형 무선근전도(Tringo Wireless EMG System, DELSYS, USA)를 총 8개의 주요 하체 근육인 대둔근(Gluteus Maximus Muscle), 넓다

그림 2. 모션 캡처 마커 (왼쪽) 및 EMG 센서 (오른쪽, a) 대둔근, b) 넓다리곧은근, c) 외측광근, d) 내측광근, e) 대퇴이두근, f) 전경골근, g) 가자미근, h) 비복근) 부착 위치
Fig. 2. Position of motion capture markers (Left) and EMG sensors (Right, a) Gluteus maximus, b) Rectus femoris, c) Vastus lateralis, d) Vastus medialis, e) Biceps femoris, f) Tibialis anterior, g) Soleus, h) Gastrocnemius)

리곧은근(Rectus Femoris Muscle), 외측광근(Vastus Lateralis Muscle), 내측광근(Vastus Medialis Muscle), 대퇴이두근(Biceps Femoris Muscle), 전경골근(Tibialis Anterior Muscle), 가자미근(Soleus Muscle), 비복근(Gastrocnemius Muscle)에 부착하여 근전도 신호를 측정하였으며(sampling rate: 2,000Hz) (그림 2), 측정된 근전도 신호의 RMS(Root Mean Square)를 확보하였다. 이때 피검자의 동적 움직임(AP 및 ML 움직임)에 따른 근육 활성화 특성 변화의 증감(근육활성 정도)을 분석하기 위하여, 정적 직립 상태의 움직임에서 확보된 RMS 값에 동적 움직임에서 확보된 RMS 값의 상대적 변화율을 계산하였다.

5. 통계 분석

두 방향에 따른 근활성도를 Origin Pro 프로그램(ver. 9.0 OriginLab Corporation) 을 사용하여 student t-test 를 실시하였다. 또한 Bartlett's test 를 통해 등분산을 검증하였으며, 비교대상이 유의한 차이를 가질 때($p < 0.05$) 결과 그래프에 기호(*)로 표시하였다.

III. 연구 결과 및 고찰

1. 상체 동요 특성 변화

피검자의 정적 직립 상태 움직임과 동적 움직임 상태의 AP 움직임 및 ML 움직임 동안의 질량 중심 이동 위치를 계산하여 상체 동요 특성을 표현한 결과를 그림 3에 나타내

그림 3. 정적 직립 상태, AP 방향 움직임, ML 방향 움직임에 대한 피검자의 상체 동요(C.O.M., Center of body Mass) 변화 : (a) x축 방향, (b) y축 방향

Fig. 3. Alteration of the trunk sway of participant in static, AP and ML motions: (a) x-axis (b) y-axis

그림 4. 피검자의 하체 관절 각도 변화 : AP (a-c) 및 ML (d-f) 방향 움직임 시의 관절 각도 변화

Fig. 4. Joint alteration of lower extremity in AP (a-c) and ML (d-f) Motions

었다. 정적 직립 상태 움직임에 있어서는 x축 방향에서의 상체 동요가 거의 존재하지 않았으나(1.21 ± 0.8 mm), y축 방향에 있어서는 시험 초기 상체 동요가 발생된 9초 이후에는 상체 동요가 거의 존재하지 않음을 확인 할 수 있었다(초기: 2.16 ± 1.3 mm). 이러한 결과는 피검자가 기저면의 중심에 신체를 위치시켜 직립 상태 움직임을 유지하고자 할 때, 초기 상체를 주로 앞뒤로 움직여 안정된 직립 자세를 확보하고 이를 기반으로 직립 상태 움직임을 유지하는 것을 의미하는 것으로 판단된다. 동적 상태 움직임인 AP 및 ML움직임에 있어서는, AP 움직임의 경우 y축 방향에서 그리고 ML

움직임의 경우 x축 방향에서 주로 상체 동요의 변화 특성이 큼을 확인 할 수 있었다(AP 움직임 Anterior(+), Posterior(-): x 방향 4.76 ± 1.4 mm, y방향 22.36 ± 11.6 mm, ML 움직임 Lateral(+), Medial(-): x방향 23.01 ± 10.8 mm, y 방향 5.43 ± 2.4 mm). 그러나 상체 동요 변화 특성 정도에서는 모든 움직임에서 서로 유사함을 확인 할 수 있었다. 다만, AP 움직임의 경우 움직임 초기에는 상체 동요의 정도가 적다가 움직임 후기에 상체 동요의 정도가 커짐을 알 수 있었다. 이러한 결과는 정적 직립 상태 움직임 결과에서 보여주듯이, AP 움직임 직전 초기 정적 직립 자세 확보 시 상

체가 이미 이동한 후 움직임이 시작되었기 때문인 것으로 판단된다.

2. 하체 관절 각도 변화 특성

AP 및 ML 방향 움직임들에 대한 엉덩이관절, 무릎관절, 발목관절의 각도 변화를 그림 4에 나타내었다. 엉덩이 관절의 경우 AP 방향 움직임 시 x축을 기준으로 주로 관절 각도 변화가 발생하였으며($2.47 \pm 1.2^\circ$) ML 방향 움직임 시 y와 z축방향으로 주로 관절 각도 변화가 발생하였다($4.08 \pm 2.4^\circ$, $2.99 \pm 1.8^\circ$). 무릎 관절의 경우 3개의 축 모두 관절 각도 변화가 발생하였다(ML: $2.29 \pm 1.3^\circ$, $1.10 \pm 0.5^\circ$, $4.61 \pm 1.9^\circ$, AP: $7.40 \pm 2.0^\circ$, $4.08 \pm 2.4^\circ$, $2.99 \pm 1.8^\circ$). 발목 관절의 경우 AP 방향 움직임 시 x축을 기준으로 상대적으로 큰 관절 각도 변화가 발생하였으며($7.40 \pm 2.0^\circ$, $4.08 \pm 2.4^\circ$, $2.99 \pm 1.8^\circ$) ML 방향 움직임 시 3개의 축에서 관절 각도 변화가 발생하였다($2.30 \pm 1.3^\circ$, $1.10 \pm 0.5^\circ$, $4.61 \pm 1.9^\circ$). 엉덩이 관절의 경우 ML 방향 움직임 시에 상대적으로 큰 관절 각도 변화가 발생하는 것을 확인 할 수 있었으며, 무릎 관절 및 발목 관절의 경우 AP 움직임에서 상대적으로 큰 관절 각도 변화가 발생하는 것을 확인 할 수 있었다.

3. 근육 활성화 특성 변화

ML, AP 방향 움직임 시 정적 직립 상태와 비교한 근육 활성화 특성 변화를 그림 5에 나타내었다. 움직임 방향에 따른 근육 활성화 비교 시 가자미근(ML: $101.46 \pm 189.8\%$, AP: $96.31 \pm 110.7\%$)의 경우 평균적으로 큰 차이가 없음을 확인 할 수 있었다($p > 0.05$). 그러나 대둔근(ML: $32.32 \pm 51.9\%$, AP: $17.05 \pm 24.7\%$), 넓다리곧은근(ML: $156.15 \pm 116.1\%$, AP: $116.88 \pm 106.5\%$), 외측광근(ML: $497.85 \pm 341.1\%$, AP: $360.94 \pm 217.1\%$), 내측광근(ML: $227.18 \pm 167.9\%$, AP: $157.46 \pm 176.8\%$), 대퇴이두근(ML: $84.09 \pm 134.5\%$, AP: $34.18 \pm 48.4\%$) 5개 근육의 경우 ML 방향으

로 움직임 시 상대적으로 더 큰 근육 활성화 특성 변화가 발생하는 것을 확인 할 수 있었다($p < 0.05$). 이에 반하여 전경골근(ML: $374.08 \pm 605.9\%$, AP: $852.53 \pm 1197.7\%$), 비복근(ML: $95.56 \pm 130.0\%$, AP: $335.72 \pm 282.5\%$) 2개 근육의 경우 AP 방향으로 움직일 시 상대적으로 더 큰 근육 활성화 특성 변화가 발생하는 것을 확인 할 수 있었다($p < 0.05$). 이러한 결과는 ML 방향으로 움직임을 부가 하였을 때, AP 방향으로의 움직임을 부가하는 경우 보다 상대적으로 더 많은 근육에 효과적으로 근육 활성화 특성을 증진시킬 수 있음을 의미 할 수 있을 것으로 판단된다. ML 방향 움직임을 부가한 경우 상대적으로 근육 활성화 특성 증진 정도가 높은 5개의 근육은 일반적으로 무릎 관절의 굴곡(Flexion) 및 신전(Extension) 운동 시 주로 활성화되는 근육이며[15], AP 방향 움직임을 부가한 경우 상대적으로 근육 활성화 특성 증진 정도가 높은 2개의 근육은 일반적으로 발목 관절의 발바닥 굴곡(Plantar Flexion) 및 배굴곡(Dorsi Flexion) 운동시 주로 활성화되는 근육이다[16]. 또한 이러한 근육 활성화 특성 변화의 결과는 앞서 언급된 하체 관절 각도 변화 특성 결과와 연계되는 것을 확인 할 수 있었다. ML 방향 움직임 시 상대적으로 더 많은 관절 각도의 변화를 야기시키고 이에 반응하여 보다 효과적으로 근육 활성화 특성을 증진시킬 수 있음을 의미 할 수 있을 것으로 판단된다. 즉 현재 연구 결과를 기반하였을 때, 동일한 운동량에 있어, 특히 ML 방향으로 움직임을 부가한 경우 상대적으로 큰 관절 각도의 변화와 이에 대응되는 다양한 근육부위에 근육 활성화 특성을 증진시켜 하지 근력 및 균형 특성을 보다 효율적으로 향상시킬 수 있음을 의미 할 것으로 판단된다. 따라서 일반적으로 근력 및 균형 능력 증진 훈련에 있어, ML 방향으로 움직임을 유도하는 것이 AP 방향으로 움직임을 유도하는 것보다 상대적으로 효과적인 결과를 도출 할 수 있을 것으로 판단된다. 그러나 본 연구 결과에 기반하였을 때, 특정 대상군에 있어서는 전경골근과 비복근의 근육 활성화 특성 증진과 함께 균형 능력 증진의 유도를 위해서는 AP 방향으로 움직임을 유도하는 것이 보다 효율적일 수 있을 것으로 판단된다.

본 연구의 한계점으로는 제한된 피검자의 수와 노인 피검자 미확보, 한정된 특정 동적 움직임 고려, 그리고 개개인의 운동 경력 및 근육 형성 차이를 고려하지 못한 한계점을 내포하고 있다. 따라서 이러한 한계점에 대해서는 추후 연구에서 해결하고자 한다. 그러나 본 연구는 기초연구로서, 전후방 및 내외측 움직임에 따른 피검자의 상체 동요 그리고 하체 관절각도 변화와 근육 활성화 특성 차이를 정량적으로 분석하여, 처음으로 효율적이고 체계적인 근력 및 균형 능력 증진 훈련의 기준을 확립하고자 시도하였다는 점에 충분한 의의가 있을 것으로 사료된다.

216

그림 5. AP 및 ML 방향 움직임 시의 피검자의 근육 활성화 특성 변화
Fig. 5. Alteration of muscle activation characteristics in AP and ML Motions

IV. 결 론

본 논문에서는 기초 연구로서 전후방 및 내외측 움직임에 따른 피검자의 상체 동요, 하체 관절각도와 근육 활성화도 특성 변화를 분석하여 효율적이고 체계적인 근육 및 균형 능력 증진 훈련의 기준을 제시하고자 하였다. 상체의 동요 변화 특성 정도에서는 모든 움직임에서 서로 유사하였으며 전반적으로 발목 관절을 제외한 엉덩이 관절 및 무릎 관절의 경우 ML 방향 움직임 시, 발목 관절의 경우 AP 움직임 시 상대적으로 큰 관절 각도 변화가 발생하였다. 근육 활성화도는 ML 방향 움직임 시 5개의 근육이, AP 방향 움직임 시 2개의 근육이 근육 활성화도가 상대적으로 크게 발생하는 것을 확인하였다. 이러한 결과는 동일한 운동량에 있어, 특히 움직임 제어 시 ML 방향으로 움직임을 부가한 경우 상대적으로 큰 관절 각도의 변화와 이에 대응하는 다양한 근육부위에 근육 활성화도 특성을 증진시켜 하지 근력 및 균형 특성을 보다 효율적으로 향상시킬 수 있음을 의미 할 것으로 사료된다.

References

- [1] Lewis M. Nashner, Gin McCollum, "The organization of human postural movements: A formal basis and experimental synthesis", Behavioral and Brain Sciences, vol. 8, pp. 135-150, 1985.
- [2] Baker SP, Harvey SH, "Fall injury in the elderly", Clin Geriatr Med, vol. 1, pp. 501-507, 1985.
- [3] Tinetti, M. E., Speechley, M., & Ginter, S. F., Risk factors for falls among older adults in the community, Berkeley, CA: Peaceable Kingdom Press, 1988.
- [4] Blake, A. J., Morgan, K., Bendall, M. J., Dallosso, H., Ebrahim, S. B., Arie, T. H., Fentem, P. H., & Bassey, E. J., "Falls by elderly people at home: prevalence and associated factors", Age and Aging, vol. 17, no. 6, pp. 365-372, 1998.
- [5] 송민선, 최찬현, "지역 노인의 일반적 특성에 따른 낙상공포감과 낙상효능감 연구", 논문집: 대전대학교 한의학연구소. 한의학편, vol. 21, no. 2, pp. 113-120, 2013.
- [6] 송경애, 문정순, 강성실, 최정현. "지역사회 재가 노인들의 낙상공포에 관한 연구", 한국 보건간호학회지, vol. 15, no. 2, pp. 324-333, 2001.
- [7] Murphy, S. L., Williams, C. S., & Gill, T. M., "Characteristic of associated with fear of falling and activity restriction in community-living older person", J. American Geriatrics Society, vol. 50, pp. 516-520, 2002.
- [8] Whipple RH, Wolfson LI, Arneron PM., "The relationship of knee and ankle weakness to falls in nursing home resident: An isokinetic study". J Am Geriatr Soc, vol. 35, no. 1, pp. 13-20, 1987
- [9] Lewis C. Bottomley, "Musculoskeletal changes with age. In: Lewis C, ed.", Aging: The Health Care's Challenge, Philadelphia, F A Davis Co., 1990.
- [10] 권오윤, 최홍식, 민경진, "지역사회 노인의 전도 발생 특성과 운동훈련이 전도노인의 근력과 균형에 미치는 영향", 대한보건협회 학술지. vol. 24, pp. 27-40, 1998.
- [11] Buchner DM, Cress ME, de Lateur B, et al, "A comparison of the effects of three types of endurance training on balance and other fall risk factors in older adults", Aging, vol. 9, no. 1, pp. 112-119, 1997.
- [12] 위삼열, 강종호, "가상현실 상호작용 게임이 무릎 골관절염 여성 노인의 균형능력에 미치는 영향", 대한물리의학회지, vol. 7, no. 3, pp. 387-393, 2012.
- [13] Agmon M, Perry CK, Phelan E et al., "A pilot study of Wii Fit exergames to improve balance in older adults", J Geriatr Phys Ther, vol 34, no. 4, pp. 161-167, 2011
- [14] Laver K, Ratcliffe J, George S et al., "Is the Nintendo Wii Fit really acceptable to older people? A discrete choice experiment", BMC Geriatr, vol. 11, pp. 64, 2011.
- [15] Saladin, Kenneth S, Anatomy & physiology : the unity of form and function, New York, NY:McGraw-Hill, 2011, pp. 364-365.
- [16] K.W. Chung, Gross Anatomy(Board Review). Hagerstown, MD: Lippincott Williams & Wilkins. 2005, pp. 123.