

불안정한 지지면 운동이 여성 노인의 균형과 하지 근활성에 미치는 영향

김은자*, 최영덕, 김명준
경동대학교 물리치료학과

The Effects of Unstable Surface Training on Balance and Lower Extremity Muscle Activity of Elderly Women

Eun-Ja Kim, PT, Ph.D. Young-Deok Choi, PT, Ph.D. Myung-Joon Kim, PT, Ph.D.

Department of Physical therapy, Kyungdong University.

Purpose The purpose of this study was to determine the effect of unstable surface strength training on balance and lower extremity muscle activity in elderly women. **Methods** Our study included relatively elderly women age of 65 years or so, 14 elderly women who consented were randomized as two groups, the control group of 7 people, the experimental group of 7 people, unstable surface strength training was performed for 40 minutes a day, twice a week, for a total of 8 week. **Results** The experimental group had a significant difference in OLST-S and OLST-H($p < .05$), the control group had a significant difference in OLST-H($p < .05$). And the comparison between two groups had no significant difference ($p > .05$). Two groups had no significant difference in TUG ($p > .05$), the comparison between groups had no significant difference ($p > .05$). The experimental group had a significant difference in muscle activity of vastus medialis oblique and vastus lateralis oblique ($p < .05$), the control group had a significant difference in muscle activity of vastus lateralis oblique ($p < .05$), but the comparison between groups had no significant difference ($p > .05$). **Conclusion** Unstable surface strength training in elderly women were more effective than general strengthening exercises and it is an appropriate exercise to prevent from falling in the elderly.

Key words Balance, Elderly Women, EMG, Lower extremity, Unstable surface

책임 저자 Eun-Ja Kim (eunja1828@naver.com)

논문 접수일 2016년 4월 26일

수정 접수일 2016년 5월 26일

게재 승인일 2016년 6월 24일

1. 서론

통계청 조사에서 2010년 65세 이상이 11%이었으나 2015년 13.2%으로 증가하였으며, 2026년에는 20%이상으로 초고령화 사회가 된다고 하였다.¹⁾ 또한 국민건강관리보험공단의 노인 인구의 성별 비교에서 여성 인구의 수가 많고 평균수명도 여성이 8세 이상 증가 할것으로 예측하였다.²⁾

노인은 나이가 들면서 정신적, 신체적 퇴행성 변화가 나타나기 시작한다. 근골격계와 고유수용성 감각의 변화는 근력을 떨어뜨리고 균형 능력을 감소시키어 독립적 일상생활활동이 제한되고 낙상을 발생시킨다. 그리고 낙상을 경험한 노인은 낙상 두려움이 발생하여 움직임이 감소한다.³⁾ 특히 여성 노인은 폐경기 이후 호르몬 변화로 인해 골다공증과 근육량 감소로 인해 남자노인 보다 근력약화가 더 많이 나타난다.⁴⁾ 노인의 성별에 따른 하지 근활성도 연구에서 남성노인 보다 여성노인에서 넙다리내갈래근의 근활성도가 낮았으며, 넙다리내갈래근의 근활

성은 보행 속도의 변수가 되고 이동 중에 발생하는 낙상 예방을 위해 넙다리내갈래근의 근력 강화가 중요하다고 하였다.⁵⁾

노화가 진행되면 신경계와 호르몬의 변화로 인해 근육세포가 약화되어 근긴장도와 근육량이 감소한다.⁶⁾ 이와 같은 변화는 근감소증의 원인이 되어 낙상이나 골절 발생 가능성이 높아지므로 하지 근력 증가를 위한 운동이 더욱 더 중요하다고 하였다.⁷⁾ 노인의 근력 약화는 균형 능력을 감소시킨다. 노화로 인한 균형 능력 감소는 다른 사람과의 소통을 위한 이동 능력과 독립적 일상생활활동의 제한을 발생시키어 삶의 질을 감소시킨다.⁸⁾ 균형은 신경계와 근골격계의 복잡한 통합 과정으로 이루어지며, 주어진 공간에서 균형을 유지하는 동안 다양한 과제를 수행 하기위한 필수적 요소이다. 균형유지를 위한 전략에서 신체 동요 발생시 빠르게 반응하기 위한 자세전략은 매우 중요하다.⁹⁾ 그러나 노인들은 고유수용성감각 기능의 저하로 인해 균형 유지를 위한 자세조절 전략 사용에 제한이 발생한다. 고유수용성감각을 이용한 운동훈련은 운동학습의 두 단계에 의

해서 이루어진다. 새로운 움직임 학습의 운동프로그램화는 대뇌피질에서 관여한다. 이 과정은 여러 개의 신경 시냅스 과정을 거치므로 신경전달 속도가 느리고 피로해지는 특징이 있다. 그리고 운동프로그램화의 과정에서 뇌의 신경전달경로 최소화하여 조절회로를 단순화 하고 자동적이고 의식적 과정을 최소화 하여 피질하영역 운동패턴을 프로그램화 한다. 피질하영역의 자동적인 빠른 반응을 위한 운동프로그램은 노인의 낙상 예방을 위해 필요하다.¹⁰⁾ 이와 같이 피질하영역의 자동적 빠른 반응을 위한 운동으로 고유수용성 감각을 이용한 운동훈련이 적절하며, 불안정한 지지면에서 운동은 고유수용성감각 기능을 향상 시키어 균형 능력 증가시킨다. 또한 선 자세에서 하지 체중부하를 이용한 운동방법으로 넵다리네갈래근 근활성을 증가시킨다.¹¹⁾ 그리고 불안정한 지지면에서 하지의 동적 움직임은 하지 근력을 증가시키어 균형 능력을 향상 시킬수 있다.¹²⁾

이와 같은 노인의 하지 근력강화를 시키어 균형능력을 향상시키는 운동은 원활한 보행과 독립적 일상생활활동을 위해 매우 중요하다. 또한 노인들의 낙상으로 인한 의료비 손실과 삶의 질 향상을 위한 하지근력 강화운동이 필요하다. 노인 인구의 성별 비교에서 여성노인의 평균수명이 길고, 여성 노인은 폐경기로 인해 남성노인보다 근력도 차이가 있다. 그리고 노인을 대상으로 불안정한 지지면에서 운동을 실시한 연구는 다양하나 여성노인을 대상으로 한 연구는 부족하다. 따라서 본연구는 여성노인을 대상으로 하여 불안정한 지지면에서 운동이 균형과 하지 근활성에 미치는 영향을 알아보고자 하였다.

II. 연구방법

1. 연구대상

본 연구의 대상자는 성남시 상대원동 D노인 복지관을 이용하는 65세 이상 여자노인을 대상으로 하였다. 연구의 대상자 선



Fig 1. Aerostep

정은 본 연구의 목적에 대하여 설명을 듣고 동의한 자들로 무작위로 두군으로 나누었으며, 일반적 하지 근력운동군 7명과 불안정한 지지면 근력운동군 7명 총 14명을 대상자로 하였다. 대상자 선정은 최근 1년 이내 낙상경험이 없고, 중추와 말초신경계 병변이 없고, 안뜰기관 병변이 없고, 본 연구의 운동 수행이 가능한 정형외과 병변 없고, 한국형 간이정신상태검사에서 24점 이상인자를 대상자로 하였다.

2. 실험방법

1) 불안정한 지지면 운동

독일 TOGU 사에서 개발된 Aerostep XL을 실험도구로 사용하였다(Figure 1). 대상자는 주 2회, 8주간, 1회 40분씩, Aerostep 위 맨발로 선 자세를 하고 운동을 실시하였으며, 이 채우 등(2014)¹³⁾이 노인을 대상으로 실시한 불안정한 지지면 운동을 수정하여 실시하였다. 운동을 실시하는 동안 낙상 예방을 위해 등받이가 있는 의자를 앞에 위치하도록 하였다. 불안정한 지지면 운동 방법은 Table 1와 같다.

2) 일반적 하지 운동

단단한 지지면에 선 자세를 유지하여 불안정 지지면 운동방법과 동일하게 실시하였다. 운동을 실시하는 동안 낙상 예방을

Table 1. Unstable Surface Training

| division | Contents | time (minutes) |
|---|--|----------------|
| Warming-up | ROM & stretching | 5 |
| Catch feet balanced stance | Feet shoulder width apart to maintain balance | 3 |
| The weight shift in stance with both feet | By keeping both feet standing position, weight shifts to the left, right, front, back, | 3 |
| One leg standing | keeping one leg standing with keeps both arms wide open | 3 |
| Squat stance | both leg squat stance | 3 |
| Marching in place | Shaking arm and Marching in place | 3 |
| The weight shift in Squat stance | By keeping Squat stance, weight shifts to the left, right, front, back | 3 |
| Finishing exercise | ROM & stretching | 5 |

위해 등받이가 있는 의자를 앞에 위치하도록 하였다.

3) 평가 방법

(1) 한 다리로 서기 검사(One leg stance test)

대상자는 양손 어깨 높이로 벌리고 두발로 선자세에서 검사자의 지시에 따라 한쪽 무릎을 굽힘하여 들어 올리도록 하였다. 이때 우성 다리로 지지하게 하였고, 손이 떨어지거나 들어올린 발이 바닥에 닿을 때까지의 시간을 측정하였다. 연지면은 Aerostep 위에서 견지면은 단단한 바닥에서 측정하였다.

(2) 일어나 걸어가기 검사 (Time up & Go test)

검사자는 46cm 높이의 팔걸이 의자에 앉은 자세에서 실험자의 출발 신호와 함께 평소 걸음으로 3m지점의 반화점을 돌아와 의자에 앉을 때까지의 시간을 측정하였다. 측정은 1회 연습 후 1회 실시하였다.

(3) 근전도 검사

본 연구에서 근활성도 측정하기 위해 표면 근전도(MyoSystem 1400A, Noraxon, USA)를 사용하였으며, 가쪽넓은근과 안쪽넓은근의 근활성도를 측정하였고 근전도 부착부위 Table 2에 제시하였다. 표면 근전도 전극의 피부저항을 줄이기 위해 부착부위의 털을 제거하고 알코올로 피부 소독하였다. 전극은 Ag-AgCl 재질의 일회용 전극인 Electrode2237(3M,USA) 표면 전극을 사용하였으며, 전극은 연구 대상자의 우세쪽 다리에 부착하였다. 각 근육의 최대 수의적 등척성 수축(maximal voluntary isometric contraction, MVIC)은 Danieis와 Worthingham의 도수근력검사를 참고하였다. OLS에서 5초간 3회 실시 한 후, 초기와 후기 1초를 제외하고 중간 3초 동안의 평균 값을 자료값으로 활용하였다. MVIC 값에 대한 OLST에서 근활성도 값을 백분율로 표시하여 정규화 하였다.

3. 분석방법

본 연구의 자료는 SPSS version 18을 이용하여 통계처리 하였다. 연구 대상자의 일반적 특성은 독립 t-test를 실시하였다. 본 연구 대상자의 운동 전후의 측정변수들의 변화 비교하기 위

Table 2. Electromyography attachment position

| Muscle | attachment position |
|--------------------------|--|
| vastus medialis oblique | at 80% on the line between the anterior superior iliac spinae and joint space in front of the anterior border of the medial ligament |
| vastus lateralis oblique | at 2/3 on the line from the anterior superior iliac spinae th the lateral side of the patella |

하여 일측은 부호순위 검정을 실시하였고, 각 군의 측정치들의 차이를 비교하기 위하여 맨휘트니 U 검정을 실시하였다. 모든 검정에 통계적 유의수준은 $\alpha=.05$ 로 정하였다.

III. 결 과

1. 연구대상자의 일반적 특성

본 연구의 대상자는 실험군 7명과 대조군 7명으로 총 14명이 었다. 평균 연령은 실험군 77.00±5.62세, 대조군 76.00±6.42세 이었고, 평균 체중은 실험군 55.14±7.05kg, 대조군 53.57±9.07kg이었고, 평균 신장은 실험군 158.57±4.57cm, 대조군 157.14±4.67cm 이었다. 두 군은 차이가 없는 동일한 군으로 나타났다.(Table 3)

2. 연구대상자의 균형 능력차이 비교

연구대상자의 훈련 전·후의 균형 능력 비교에서 실험군은 한 다리로 서기 검사의 연지면과 견지면에서 유의한 차이가 있었고($p<0.05$), 대조군은 한다리로 서기 검사의 연지면에서 유의한 차이가 없었고($p>0.05$), 견지면에서만 유의한 차이가 있었다($p<0.05$). 그룹간 한다리로 서기 검사 비교에서 유의한 차이가 없었다($p>0.05$). 또한 실험군과 대조군의 훈련 전·후 일어나 걸어가기 검사에서 유의한 차이가 없었으며($p>0.05$), 그룹간 비교에서도 유의한 차이가 없었다($p>0.05$).(Table 4)

Table 3. General characteristics of the subjects

| | Experimental (n=7) | Control (n=7) | t | p |
|------------|--------------------|---------------|------|------|
| Age(yrs) | 77.00±5.62 | 76.00±6.42 | 0.17 | 0.86 |
| Weight(kg) | 55.14±7.05 | 53.57±9.07 | 0.25 | 0.72 |
| Height(cm) | 158.57±4.57 | 157.14±4.67 | 0.06 | 0.57 |

Mean ± SD; * $p < 0.05$

Table 4. The comparison of balance ability between group

(Unit: second)

| Variable | | Experimental (n=7) | Control (n=7) | t | p |
|----------|----------|--------------------|---------------|-------|------|
| OLST-S | Pre | 9.42±6.58 | 7.07±4.39 | 0.78 | 0.46 |
| | Post | 15.30±8.10 | 11.27±5.55 | | |
| | Pre-Post | 5.87±5.55 | 4.20±7.87 | 0.49 | 0.65 |
| | t | -2.79 | -1.41 | | |
| | p | 0.03* | 0.20 | | |
| OLST-H | Pre | 5.31±4.27 | 2.92±2.25 | 1.27 | 0.22 |
| | Post | 12.18±6.68 | 8.60±3.16 | | |
| | Pre-Post | 9.98±6.53 | 8.34±5.48 | 0.59 | 0.62 |
| | t | -2.69 | -5.22 | | |
| | p | 0.03* | 0.02* | | |
| TUG | Pre | 8.40±1.66 | 9.77±0.72 | -2.00 | 0.06 |
| | Post | 8.41±1.45 | 10.50±2.45 | | |
| | Pre-Post | 0.01±0.87 | 0.73±3.05 | -.59 | 0.56 |
| | t | -.04 | -.63 | | |
| | p | 0.96 | 0.55 | | |

Mean ± SD; *p < 0.05

OLST, One leg standing; H, Hard surface; S, Soft surface; TUG, Time up & Go test

Table 5. The comparison of muscle activation between group

(Unit:%MVIC)

| Variable | | Experimental (n=7) | Control (n=7) | t | p |
|------------------|----------|--------------------|---------------|-------|------|
| vastus medialis | Pre | 28.87±14.63 | 40.01±19.81 | -1.19 | 0.25 |
| | Post | 47.35±15.16 | 49.30±24.87 | | |
| | Pre-Post | 18.48±4.56 | 9.28±12.96 | 1.77 | 0.10 |
| | t | -10.71 | -1.89 | | |
| | p | 0.00* | 0.10 | | |
| vastus lateralis | Pre | 31.97±15.06 | 46.34±20.86 | -1.47 | 0.16 |
| | Post | 56.44±26.46 | 66.27±18.83 | | |
| | Pre-Post | 24.47±19.96 | 19.92±19.67 | 0.42 | 0.67 |
| | t | -3.24 | -2.67 | | |
| | p | 0.01* | 0.03* | | |

Mean ± SD; *p < 0.05

3. 연구대상자의 근활성도 비교

연구대상자의 훈련 전·후의 근활성도 비교에서 실험군은 안쪽 넓은근과 가쪽넓은근 근활성도에서 유의한 차이가 있었고 (p<0.05), 대조군은 안쪽넓은근 근활성도에서 유의한 차이가 없었고(p>0.05), 가쪽넓은근 근활성도에서 유의한 차이가 있었다(p<0.05). 그룹간 근활성도 비교에서 유의한 차이가 없었다(p>0.05).(Table 5)

IV. 고찰

본 연구는 불안정한 지지면 운동이 노인의 균형과 하지 근활성도에 미치는 영향을 알아보려고 하였다. 연구의 결과 불안정한 지지면 운동군은 한다리로 서기 검사의 연지면과 견지면에서 운동 전·후 유의한 차이가 있었고(p<0.05), 일반적 하지 운동군은 한다리로 서기 검사의 견지면에서 운동 전·후 유의한

차이가 있었으며($p < 0.05$), 각 그룹간 비교에서 유의한 차이가 없었다($p > 0.05$). 일어나 걸어가기 검사에서 각 그룹의 운동 전·후 유의한 차이가 없었고($p > 0.05$), 각 그룹간 비교에서 유의한 차이가 없었다($p > 0.05$).

불안정한 지지면에서 운동 후 연지면은 Aerostep 위에서 견지면은 단단한 바닥에서 한다리로 서기 검사에서 균형 능력이 향상 되었으며, 불안정한 지지면 운동은 고유수용성 감각 기능을 향상시키어 균형 조절 위한 빠른 반응을 가능하게 하여 낙상 예방 위한 효과적 운동이다.¹⁰⁾ 또한 고유수용성 감각훈련 뿐만 아니라 근력강화에 효과적 운동이고, 자세조절 장애환자에서 이차손상과 추가적 장애 예방에 효과적이다.¹⁴⁾ 특히 여성 노인의 불안정 지지면에서 운동은 정적, 동적 균형 능력 향상을 위한 운동으로 장기적으로 운동을 실시 하여야 한다고 하였다.¹³⁾

본 연구에서 여성노인을 대상으로 불안정한 지지면 운동 후 한다리로 서기 검사의 연지면과 견지면에서 균형 능력이 향상 되었으며, 선행 연구와 일치하였다. 불안정한 지지면 운동이 여성노인의 균형 능력 향상에 효과적이며, 낙상 예방을 위한 운동으로 적절하다고 생각된다.

노인을 대상으로 선 자세에서 근력강화 운동을 실시한 결과 불안정 지지면 그룹과 일반적 운동그룹에서 균형능력이 향상 되었으나 불안정 지지면 그룹에서 균형 능력이 더 향상 되었다. 노인은 신경계 조절 능력의 변화가 나타나며, 선 자세에서의 운동은 관절, 근육, 힘줄에 기계적 자극을 주어 자세조절 위한 신경계 조절 능력을 향상시킨다. 또한 선 자세에서의 불안정 지지면 운동과 일반적 근력강화 운동은 노인의 신체활동 운동으로 효과가 있다.¹⁵⁾

본 연구의 불안정한 지지면 운동군과 일반적 하지 운동군에서 균형 능력이 향상 되었고, 각 군의 균형 능력 비교에서 차이가 없었다. 이러한 결과는 두 군의 선 자세에서 하지 체중 지지를 이용한 운동이 고유수용성 감각계에 기계적 자극을 주어 균형 능력 향상에 효과가 있다고 생각된다. 또한 연구 대상자의 선자세에서 동적 운동이 근력 향상에 더 많은 도움이 된다고 판단된다. 그러나 불안정한 지지면 운동군은 한다리로 서기 검사의 연지면과 견지면에서 운동 전·후 균형 능력이 향상 되었으나, 일반적 하지 운동군은 견지면에서 균형 능력이 향상 되어 불안정한 지지면 운동이 균형 능력 향상에 더 효과가 있다고 생각된다.

노인은 보행 하는 동안 작은 동요에 반응하는 능력이 떨어지고 이동에 제한이 나타난다. 그리고 낙상이 발생하며, 삶의 질이 떨어지게 된다.¹⁶⁾ 불안정한 지지면 운동은 고유수용성 감각계 자극으로 동적 균형능력 향상과 근력강화로 관절의 안정성을 향상시키어 노인 낙상 예방을 위한 재활운동으로 중요하다.¹⁷⁾ 따라서 노인의 보행 하는 동안 낙상 예방과 균형 능력

향상과 근력 강화 운동으로 불안정한 지지면 운동은 매우 효과가 있다.

건강한 성인을 대상으로 지지면에 따른 가쪽넓은근과 안쪽넓은근의 근활성도 연구에서 불안정한 지지면에서 근활성이 더 증가 하였으며, 정적자세 보다 동적자세에서 근활성이 더 많이 증가 하였다.¹⁸⁾ 또한 불안정한 지지면과 단단한 지지면에서 가쪽넓은근과 안쪽넓은근 근활성 비교에서 불안정 지지면에서 근활성이 더 많이 증가 하였다.¹⁹⁾ 여성 노인의 지지면 형태에 따른 근활성 연구에서 불안정한 지지면에서 하지 근활성이 증가 하였고, 보행 동안 자세 안정성은 하지 근활성 증가가 영향을 미친다. 그리고 다양한 지지면에서 운동이 하지 근력강화 운동에 효과가 있다.²⁰⁾ 노인의 근력증가 운동을 통한 하지 근활성 증가는 일상생활활동에 긍정적 영향을 미친다.²¹⁾ 성인과 노인의 하지 근활성과 균형능력 비교에서 노인이 성인 보다 가쪽넓은근 근활성이 더 감소하며, 균형 능력 비교에서도 차이가 있다. 이와 같이 가쪽넓은근 근활성 감소와 균형능력이 감소 된 노인은 신체활동이 느리고 움직임의 제한이 나타난다.²²⁾

본 연구의 결과 불안정한 지지면 운동 후 가쪽넓은근과 안쪽넓은근 근활성이 증가 하였고 일반적 하지 운동 후 가쪽넓은근의 근활성이 증가하였다. 각 그룹 근활성 비교에서 유의한 차이가 없었다($p > 0.05$). 그러나 불안정한 지지면 운동은 가쪽넓은근과 안쪽넓은근 모두에서 근활성이 증가 하여 일반적 하지 운동 보다 근활성 증가에 더 효과가 있으며, 여성 노인의 균형 능력 향상에 긍정적 영향을 미친다고 생각된다. 그러나 불안정 지지면 운동과 일반적 하지 운동 방법에 따른 하지 근활성도 비교에서 다양한 근육의 근활성도 비교가 필요하다고 생각된다.

V. 결론

본 연구는 여성 노인을 대상으로 불안정한 지지면 운동이 균형과 하지 근활성에 미치는 영향에 대하여 알아보고자 하였다. 연구의 결과는 다음과 같다.

1. 연구대상자의 균형 능력차이 비교

연구대상자의 훈련 전·후의 균형 능력비교에서 실험군은 한다리로 서기 검사의 연지면과 견지면에서 유의한 차이가 있었고($p < 0.05$), 대조군은 한다리로 서기 검사의 연지면에서 유의한 차이가 없었고($p > 0.05$), 견지면에서만 유의한 차이가 있었다($p < 0.05$). 각 그룹간 비교에서 유의한 차이가 없었다($p > 0.05$).

또한 실험군과 대조군의 훈련 전·후의 일어나 걸어가기 검사에서 유의한 차이가 없었으며($p > 0.05$), 각 그룹간 비교에서 유의한 차이가 없었다($p > 0.05$).

2. 연구대상자의 근활성도 비교

연구대상자의 훈련 전·후의 근활성도 비교에서 실험군은 안쪽 넓은근과 가쪽넓은근 근활성도에서 유의한 차이가 있었고 ($p < 0.05$), 대조군은 안쪽넓은근 근활성도에서 유의한 차이가 없었고 ($p > 0.05$), 가쪽넓은근 근활성도에서 유의한 차이가 있었다 ($p < 0.05$). 훈련 전·후 그룹간 근활성 비교에서 유의한 차이가 없었다 ($p > 0.05$).

본 연구의 결과 여성 노인의 불안정한 지지면 운동은 균형 능력 향상과 하지 근활성에 증가에 효과가 있었다. 불안정한 지지면 운동은 고유수용성 감각계에 기계적 자극을 주어 균형 능력을 향상 시키어 보행과 같은 이동 중에 발생하는 낙상 예방 위한 운동 프로그램으로 효과가 있다. 또한 체중지지를 통한 운동방법이 하지 근활성을 증가 시키어 근력 증가 운동에 효과가 있다. 그러나 본 연구의 대상자의 수가 적고, 불안정한 지지면에서 다양한 운동 방법에 따른 하지의 다양한 근육의 근활성 비교에 대한 제한점이 있으며, 앞으로 이에 대한 연구가 필요하다고 생각된다.

참고문헌

1. Korea Statistical Information Service. 2016.
2. Health Insurance Review & Assessment Service, Health Insurance Review & Statistical Yearbook. 2003.
3. Yang J, Lee WH, Kang KS, et al. The effect of the fall prevention exercise program focussed on strengthening of the lower extremity muscles on the change of physical function and muscle architecture of the elderly. The Korea Academia- Industrial cooperation Society. 2015;16(6):1904-19.
4. Park SW. Sarcopenia of the old age. Endocrinology and Metabolism. 2007;22(1):1-7.
5. Clark DJ, Reid KF, Patten C, et al. Does quadriceps neuromuscular activation capability explain walking speed in older men and women. Exp Gerontol. 2014;55:49-53.
6. Ivey FM, Tracy BL, Lemmer JT, et al. Effect of strength training and detraining on muscle quality. J Gerontol A Biol Sci Med Sci. 2000;55(3):B152-7.
7. Hong JY, Cho JH. Effect of combined exercise on the skeletal muscle mass index and balance scale of elderly women with sarcopenia. Kinesiology. 2015;17(3):17-24.
8. Brach JS, FitzGerald S, Newman AB, et al. Physical activity and functional status in community-dwelling older women. Arch Intern Med. 2003;163(21):2565-71.
9. Kavounoudias A, Gilhodes JC, Roll R, et al. From balance regulation to body orientation: two goals for muscle proprioceptive information processing. Exp Brain Res. 1999;124(1):80-8.
10. Lee HK, Lee JC, Song GH. The effects of rhythmic sensorimotor training in unstable surface on balance ability of elderly women. J Korean Soc Phys Med. 2014;9(2):181-91.
11. Riemann BL, Kyers JB, Lephart SM. Comparison of the ankle, knee, hip and trunk corrective action shown during single-leg stance on firm, foam, and multi-axial surface. Arch Phys Med Rehabil. 2003;84(1):90-5.
12. O'Sullivan PB, Phytty GD, Twomet LT, et al. Evaluation of specific stabilizing exercise in the treatment of chronic low back pain with radiologic diagnosis of spondylolysis or spondylolisthesis. Spine. 1997;22(24):2959-67.
13. Lee CW, Kim HS, Bae WS. The effect of pilates mat exercise and instability support surface exercise on balance for the elderly person aged 65 or more. J of The Korean Society of Integrative Medicine. 2014;2(3):75-82.
14. Park CB, Kim YM, Kim YS, et al. Effect of inflatable standing with different levels of air pressure on leg muscle activity. Phys Ther Kor. 2013;20(2):1-10.
15. Penzer F, Duchateau J, Baudry S, et al. Effects of short-term training combining strength and balance exercises on maximal strength and upright standing steadiness in elderly adults. Exp Gerontol. 2015;61:38-46.
16. Ihlen EAF, Sletvold O, Goihl T, et al. Older adults have unstable gait kinematics during weight transfer. J Biomechanics. 2012;45(9):1559-65.
17. Cimadoro G, Paizis C, Alberti G, et al. Effect of different unstable supports on EMG activity and balance. Neuroscience Lett. 2013;548:228-32.
18. Park JK, Lee DY, Kim JS, et al. Effects of visibility and types of the ground surface on the muscle activities of the vastus medialis oblique and lateralis. J Phys Ther Sci. 2015;27(8):2435-37.
19. Ku BI, Kim JY, Lee B, et al. Comparison of electromyographic activity of the vastus medialis oblique and the vastus lateralis during squat, lunge and forward step-up motions on stable and unstable surfaces. Natural Science, 2012;23:197-210.
20. Woo BH, Park YS. The effect of lower limb muscle activity on postural stability and ground type during gait in elderly women. Korean J of Sport Biomechanics. 2015;25(1):

- 77-84.
21. Kim HR. Causality analysis of muscle activation, physical strength and daily living abilities change among the elderly the to a health promotion exercise program. J Kor Soc Phys Ther. 2010;22(4):73-81.
 22. Lin SI. Postural muscle responses following changing balance threats in young, stable older, and unstable older adults. J of Motor Behavior. 2002;34(1):37-44.

