

12주간의 복합요소(multi-component) 운동프로그램이 고령층 여성의 낙상 위험요인에 미치는 영향

Effects of 12-week multi-component exercise training on risk factors for falling in female young-old adults

김효정*(한국체육대학교 교수)

Hyo Jeong Kim *Korea National Sport University*

요약

이 연구는 여성의 낙상 예방에 지향점을 두고 다양한 요소를 복합한 운동 프로그램 수행이 고령층 여성의 기능성, 균형성, 골밀도 및 하지 근력에 미치는 영향을 고찰하고 있다. 연구를 위한 대상은 지역사회 집단 운동프로그램에 참여하는 전기고령(young-old) 여성 10명(58-67세)으로 구성되었다. 복합요소(multi-component) 운동프로그램은 유산소(60% HRmax), 저항성(15 RM), 균형성 및 유연성을 향상하도록 계획되었으며, 12주 동안 주당 3회, 회당 90분간 진행되었다. 훈련 프로그램을 시행하기 전후에 기능성, 균형성, 골밀도 및 하지의 근기능 변화를 측정하였다. 등속성 근기능 검사(isokinetic muscle function test)를 통해 양측 하지의 신근과 굴근에서 최대근력(peak torque) 향상이 확인되었으며, 이 중 에너지 방사흡수 측정법(DEXA)을 이용한 골밀도 검사에서 요추 1-4번 부위의 골밀도가 높아지는 긍정적인 변화가 나타났다. SFT(Senior fitness test) 검사에서 총 6가지 중 4가지 항목(의자에서 일어서기, 덤벨 들기, 상체 굽히기, 2분 제자리 걷기)의 수행력이 높아졌다. 이러한 결과는 폐경으로 인해 골밀도가 낮아지는 여성의 경우, 운동의 주요 요소들을 포함하는 복합적인 운동 방식이 낙상 예방에 유효할 가능성을 시사한다.

Abstract

This study was performed to examine the effects of fall-prevention intervention in young-old women. A total of 10 young-old women (age 58-67) participated in a 12-week multi-component exercise program (3 days per week/ 90 min per session) in a community center. The exercise regimen composed of a warm-up session, followed by aerobic workout, muscle strengthening, balancing, and finish-stretching. Data were collected before the first session and after 12 weeks of the training. Functional capacity (Senior fitness test; SFT), balance (Fullerton advanced balance scale), bone mineral density, and lower body isokinetic muscle function were measured. From the results of whole body DEXA (dual-energy X-ray absorptiometry), a significant BMD change (L1-4, $p<.05$) was observed. Functional capacity (Chair stand, Arm curl, Chair stand-and-reach, 2-min step) was improved and positive changes were seen from muscle strength (peak torque). FAB scale was not changed before and after the training. These results show that this type of exercise regimen may help to improve functional capacity, bone mineral density, muscle strength, static and dynamic balance, thus reducing the possibility of falls in young-old women.

Key words : fall prevention, exercise program, aging, intervention, muscle strength, health promotion

* 교신저자 hjkim@ksnu.ac.kr

I. 서론

생물학적 노화 과정에 따라 인체는 다양한 부정적 변화에 직면할 수 있다. 노화성 근 위축(muscle atrophy) 현상은 근력 약화나 동작 지연과 같은 기능적 장애를 일으킴으로써 낙상을 유발하는 중요한 원인으로 평가된다(Gava, Kern & Carraro, 2015; Larsson et al. 2019). 이와 관련하여 무릎의 신전근이 약화 된 경우 낙상 발병률이 43% 높았으며(Menant et al. 2017), 근육의 협응력 저하로 인한 균형감 상실도 낙상을 현저히 높이는 요인으로 분석되었다(Lusardi et al. 2017). 또한, 하지의 근력 저하로 보행 장애가 발생한 경우 낙상이 두 배로 높아지는 것으로 보고되었다(Deandrea et al. 2010).

그러므로 낙상은 기저질환으로 인한 병리적 상태를 제외할 경우, 노인에게 심각한 상해를 일으키는 가장 중요한 원인으로 평가된다(Klein, Fieder & Rose, 2011). 낙상이 발생하면 입원이나 신체적 장애로 이어질 뿐만 아니라 재발에 대해 두려움이 생기면서 신체 활동을 제한하는 후유증을 남긴다(Chippendale & Lee, 2018; Lee et al. 2018). 또한, 낙상 후 치료기 동안 허약해질 뿐만 아니라 장애가 남으면 독립적인 생활이 어려워지므로 의료와 복지 분야에 막대한 부담으로 작용한다(Burns, Stevens & Lee, 2016; Franklin & Hunter, 2019). 따라서 우리나라의 급속한 인구 고령화를 고려하여 공공의료와 복지 차원에서 낙상을 적극적으로 관리해야 할 과제가 대두되었다.

미국의 경우, 65세 이상 노인의 30% 정도에서 낙상이 발생하는 것으로 관찰된다(Burns et al. 2016; Franklin & Hunter, 2019). 2014년 한 해 동안 미국에 거주하는 65세 이상 노인의 28.7%가 낙상을 경험하였고, 이러한 낙상 사례 중 37.5%가 장기간의 치료가 필요한 부상으로 분석되었다(Dellinger, 2017). 따라서 미국과 캐나다 같은 선진국에서는 건강과 관련된 국가정책의 중요한 과제로 낙상이 발생하는 시점을 늦추거나 상해의 심각성을 낮추기 위한 중재 방안들이 운영되고 있다(Klein, Fiedler & Rose, 2011; Sleet, Moffett & Stevens, 2008). 지역과 대상에 따라 차이를 보이지만 우리나라 재가 노인의 16.3~37.5%가 낙상을 경험하는 것으로 보고되었다(Kim, Yang & Park, 2013).

노인의 낙상을 다룬 연구들에서 운동은 낙상 위험을 낮추는 효과적인 중재 수단으로 평가되고 있으며(Gillespie et al., 2012; Pereira, Vogelaere & Baptista, 2008; Sherrington et al. 2017), 이러한 선행연구들을 고찰하면 운동으로 얻는 긍정적 효과가 특정 유형의 운동에 국한되지 않는 것으로 보인다. 근력운동, 민첩성, 유연성, Tai-chi(태극권) 등 다양한 유형의 운동 트레이닝(multi-modal training)에 지속적으로 참여할 경우, 건강 상태나 노화 정도 같은 개인적 차이에도 불구하고 전반적으로 낙상 예방 효과가 나타나고 있다. 이와 관련하여 Sherrington et al. (2017)은 지속적인 운동 수행이 근 기능과 밸런스 향상을 유도함으로써 낙상을 예방하는 효과를 나타내는 것으로 평가하였다.

특히 연령대별로 낙상 발생을 고찰한 종단적 연구들에 따르면, 여성에게서 낙상을 유발하는 문제들이 노인이 이전에 이미 시작됨

을 밝히고 있다. 즉, 낙상을 유발하는 주요 요인으로 평가되는 균형성 저하가 40~60세에 점진적으로 심화되는 것으로 관찰되었으며(Choy, Brauer & Nitz, 2003; Peeters, Leahy, Kennelly, & Kenny, 2018), 실신(syncope)이나 어지럼증(dizziness) 같은 만성적 증상들이 폐경기인 50대부터 증가하는 것으로 보고되었다(Ruwald et al. 2012). 또한, 종단적으로 여성의 생애를 추적한 또 다른 연구(White, Tooth & Peeters, 2018)에서 53~58세에 낙상이 발생한 경우가 21%, 62~67세에 발생하는 경우가 31%인 것으로 보고되었다. 이러한 결과들을 종합하면, 노화가 심화 되기 전에 여성의 낙상에 대한 예방적 처치를 시작하는 것이 건강한 노후를 위해 중요함을 시사한다.

낙상을 다룬 선행연구들을 통하여 저항성 운동이 낙상 예방에 효과적이라는 사실은 이미 잘 알려져 있다(Beck, Daly, Singh & Taaffe, 2017; LaStayo, Marcus, Dibble, Wong & Pepper, 2017). 그러나 일반적으로 공적 자원으로 지역사회에서 운영되는 프로그램은 사망원인에 우선순위를 두기 때문에, 심혈관 질환이나 대사성 질환에 중점을 두고 있다. 또한, 고령층 여성에게 저항성 운동장비를 적용할 경우, 부상 방지를 위해 개인별 지도인력이 필요하거나 시설 확보에서의 어려움 등으로 현장 적용이 쉽지 않은 것으로 보인다. 따라서 본 연구의 목적은 유·무산소성 운동을 기반으로 균형감 및 유연성 향상을 위해 구성된 복합적인 (multi-component) 운동 유형의 효과를 검증하는 데 있다.

종합하면, 이 연구는 여성의 낙상을 예방하는데 주안점을 두고 운동의 다양한 요소를 포함한 프로그램이 고령층 여성의 기능적 능력, 균형성, 골밀도 및 하지의 근기능에 미치는 영향을 검증하고자 수행되었다.

II. 연구방법

1. 연구대상

연구를 위해 지역사회 프로그램에 참여하는 고령층 중 운동을 시작하기 전 1년간 낙상 경험이 없는 여성 대상자(58~67세) 10명을 선정하였다. 만성 근골격계 질환이나 신경계 질환이 있는 경우를 제외하였으며, 피험자의 신장은 150~160cm, 체중은 50~63kg 범주에 속하는 대상들이었다. 참여자에게 실험의 목적과 과정을 설명한 후 참여 및 자료제공에 대한 동의를 얻어 진행하였다. 대상의 신체적 특성에 대한 세부사항을 <표 1>에 제시하였다.

표 1. 대상의 신체적 특성(N=10)

연령 (yr)	신장 (cm)	체중 (kg)	체지방 (%)	폐경후 기간(yr)	전년도 낙상 경험
61.25 ± 3.49	156.51 ± 3.84	56.83 ± 4.49	30.74 ± 2.43	10.45 ± 2.54	없음

Mean±SD

2. 운동 프로그램의 구성

운동 프로그램은 12주 동안 주당 3회 시행되었다. 유산소 운동은 최대심박수의 60% 수준에서 30분간 트레드밀 속보를 시행하였으며 하지의 근육 강화에 중점을 둔 저항성 밴드 운동과 균형성 향상에 중점을 둔 짐볼 운동을 포함하였다. 정리운동에서 주로 관절가동성(range of motion) 확보를 위한 유연성 운동을 시행하였으며, 총 운동시간은 90분 정도 소요되었다. 피험자가 30분 이상 안정을 취하게 한 후 조용한 환경에서 분당 안정 시 심박수를 측정하여 운동강도 설정에 이용하였다(Karvonen & Kentalaki, 1979). 숙련된 지도자에 의해 운동이 관리되었으며 운동프로그램 구성에 대한 세부사항은 <표 2>에 제시하였다.

표 2. 운동 프로그램의 구성

Type	Intensity	Contents	Duration (min)
Aerobic	60% HRmax	Treadmill walking	30
Resistance (Balance)	Elastic band exercise 10-15 RM	Front squat Leg extension Leg curl/Leg press Lateral raise Crunch Over head press Biceps curl Triceps extension etc.	15-20
Balance (Resistance)	Ball exercise	Lying on the ball Seated sliding Gym ball bridge Reverse crunch Gym ball push up Press up toes etc.	15-20
Flexibility	Range of motion exercise	Stretching Floor exercise etc.	15-20

3. 측정항목별 방법

1) 인체 계측

10시간 공복 후 오전의 동일한 시간에 체성분계측기(Inbody 720, Biospace, Korea)로 체중과 체지방을 측정하였으며 1년 이상 월경이 없는 시점을 폐경으로 평가하였다.

2) 기능성 검사

기능적 능력을 측정하기 위해 Senior fitness test (SFT)를 실시하였다. SFT는 독립적인 생활을 위한 기능적 능력 정도를 평가하는 검사법으로 하지근력, 상지근력, 지구력, 유연성, 민첩성/평형성 등을 항목별로 평가한다. 검사를 위해 Rikli & Jones(2013a)가 제안한 검사법을 준수하여 6개 항목(의자에서 일어서기, 덤벨 들기, 등 뒤에서 손 닿기, 의자에 앉아 앞으로 굽히기, 2.44m 왕복 걷기, 2분 제자리 걷기)을 측정하였으며, 유연성을 평가하는 두 가지 항목

은 2회 측정된 평균값을 산출하였다. 대상별로 차이가 있었으나 노인의 독립적인 생활을 예측하는 SFT 평가법에 대한 신뢰도와 타당도는 0.79-0.97로 분석되었다(Rikli & Jones, 2013b).

3) 균형성 검사

낙상과 관련된 주요 지표인 인체의 균형성 변화를 측정하기 위해 Fullerton 상급 균형검사(Fullerton advanced balance scale)를 적용하였다. FAB scale은 10가지 세부 항목으로 구성되며 측정치를 정량화하지 않고 대상자의 수행도를 4-1까지 주관적으로 평가하는 방법이다. 따라서 이 연구에서는 각각의 항목에서 검사 매뉴얼이 제시하는 최고기준치 이상의 완성도를 보일 때 Pass로 평가하였으며 최고기준치를 넘어서지 못하면 Fail로 평가하였다. 세부 항목은 눈감고 양발 모은 상태로 서 있기, 물건 잡기 위해 손 앞으로 뻗기, 좌우로 360도 돌기, 벤치에 올라가 넘기, 선 위로 일자로 걷기, 눈을 뜬 상태로 한 발로 서있기, 눈을 감은 상태로 폼 위에 서 있기, 양발 모아 멀리뛰기, 머리 좌우로 회전하며 걷기, 갑작스런 후면 지지 제거 시 회복 능력 평가로 구성되었다(Hernandez & Rose, 2008). 노인인 대한 Fullerton 상급 균형검사의 신뢰도는 0.81로 보고되었다(Klein et al. 2011).

4) 골밀도 측정

골밀도 측정을 위해 이중에너지 방사흡수 계측법(Dual-energy X-ray absorptionmetry, DEXA)을 이용하였다. 금속성 물질을 부착하지 않은 상태로 검사대에 바르게 누운 자세에서 전신 DEXA scanner (Prodigy Advance, GE Medical Systems Lunar, USA)로 측정하였다. 요추 1-4번 부위(L1-4), 대퇴골의 대퇴경부(femoral neck), 전자부(trochanter) 및 워드 삼각부(Ward's triangle)에서의 측정치를 지표로 사용하였다.

5) 등속성 근기능 측정

하지의 근력을 측정하기 위해 등속성 운동장비(Biodex system 3, Biodex medical system, USA)를 이용하였다. 대상자들은 측정용 의자에 앉은 후, 슬관절의 측면 중심과 동력기(dynamometer)의 축을 일치시켜 인체를 고정하였으며, 3회의 연습동작을 실시한 후 측정에 임하였다. 동일한 측정자에 의해 양측 슬관절에서 신근(extensor)과 굴근(flexor)의 운동능력을 평가하였다. 피험자가 최대능력을 발휘하도록 독려하였으며 체지방 비율이 높은 여성 피험자의 특성을 고려하여 각속도 60 °/sec에서 4회 수축 시 발현되는 절대 최대토크(absolute peak torque)를 비교값으로 사용하였다.

4. 자료처리 방법

측정된 자료를 분석하기 위해 평균과 표준편차(Mean \pm SD)를 산출하였다. 트레이닝 전후의 차이검증을 위해 종속 t-검정(paired t-test)을 적용하였으며 유의수준(α)은 .05로 설정하였다.

III. 연구결과

1. 신체적 특성

대상자들은 프로그램이 시작하기 이전 1년간 낙상 경험이 없었으며 대상자들의 평균 연령은 61.25세, 신장은 156.51cm, 체중은 56.83kg, 체지방은 30.74%였다. 평균적인 폐경 후 경과 기간은 10.45년으로 추정되었다. 신체적 특성에 관한 내용을 <표 1>에 제시하였다.

2. 트레이닝에 의한 기능성 변화

트레이닝에 의한 기능성 변화를 측정하기 위해 Senior fitness test (SFT)를 시행하였다. 전체 6가지 항목 중 4개에서 트레이닝에 의한 향상을 확인할 수 있었다. ‘의자에서 일어서기’의 수행 평균이 18.9% ($p<.005$) 향상되었으며, ‘덤벨 들기’는 16.7% ($p<.006$) 향상되었다. ‘의자에 앉아 앞으로 굽히기’로 평가한 유연성의 평균이 2.55cm ($p<.007$) 향상되었으며 ‘2분 제자리 걷기’ 수행이 높아지는 ($p<.006$) 긍정적 변화를 확인할 수 있었다. 한편, ‘등 뒤로 손끝 마주 닿기’와 ‘2.44m 왕복 걷기’에서는 트레이닝에 의한 변화가 나타나지 않았다(<표 3>).

표 3. 트레이닝에 의한 기능성 변화(SFT, N=10)

Variables(unit)	Pre	Post	t
1. 의자에서 일어서기(회)	17.40 ± 3.69	20.70 ± 3.65	-3.262**
2. 덤벨들기(회)	20.30 ± 3.37	23.70 ± 2.91	-3.096**
3. 의자에서 굽히기(cm)	+9.00 ± 4.14	+11.55 ± 4.36	-3.142**
5. 2.44m 왕복 걷기(초)	5.91 ± 0.76	5.85 ± 0.85	0.266
6. 등 뒤로 양손 닿기(cm)	-5.30 ± 8.04	2.70 ± 9.33	-1.612
7. 2분 제자리 걷기(회)	123.30 ± 8.59	129.30 ± 6.45	-3.142**

Mean ± SD, SFT; senior fitness test, * $p<.05$, ** $p<.01$

3. 트레이닝에 의한 균형성 변화

Fullerton 상급 균형검사를 실시한 결과, 모든 피험자들이 총 10개 중 8개 항목에서 상위기준치를 초과하였으며 2가지 항목에서 2명이 상위기준치 이하의 수행을 보였으나 트레이닝에 의한 변화는 없었다. 이들은 발의 중심부가 직선을 따라 양발 간의 간격 없이 전방으로 보행하는 ‘선위로 일자로 걷기’와 머리를 좌측과 우측으로 번갈아 30도 이상 회전하면서 걷는 ‘머리 좌우로 회전하며 걷기’에서 기준치 이하의 수행도를 보였다. 한편, 모두 완성도가 높았던 항목은 눈감고 양발로 서 있기, 앞으로 이동하여 물건 잡기, 제자리에서 좌우로 회전, 벤치 위로 올라가 넘기, 양손 모아 한 발로 서 있기, 눈감고 폼 위에 서 있기, 양발로 멀리뛰기, 후면지지 제거 시 균형 회복 등 8가지 항목이었다(<표 4>).

표 4. 트레이닝에 의한 균형성 변화(FAB scale, N=10)

Variables(unit)	Pre (n of pass/ mean value)	Post (n of pass/ mean value)
1. 눈감고 양발로 서 있기	10/4	10/4
2. 앞으로 이동하여 물건 잡기	10/4	10/4
3. 제자리에서 좌우로 회전	10/4	10/4
4. 벤치 위로 올라가 넘기	10/4	10/4
5. 선위로 일자로 걷기	10/4	10/4
6. 양손 모아 한 발로 서 있기	8/3.8	8/3.8
7. 눈감고 폼 위에 서 있기	10/4	10/4
8. 양발로 멀리뛰기	10/4	10/4
9. 머리 좌우로 돌리며 걷기	8/3.8	8/3.8
10. 후면 지지제거 시 균형 회복	10/4	10/4
Total mean value	38	38

Mean ± SD, FAB Scale; Fullerton Advanced Balance Scale

4. 트레이닝에 의한 골밀도 변화

훈련 전, 후의 골밀도 관련 지표를 분석한 결과, 요추(Lumbar 1-4)에서 트레이닝에 의한 유의한 향상(0.94 ± 0.13 vs. 1.08 ± 0.11 g/m²)이 나타났다. 한편, 대퇴 경부(0.81 ± 0.08 vs. 0.82 ± 0.14 g/m²), 워드 삼각부(0.68 ± 0.13 vs. 0.69 ± 0.11 g/m²), 전자부(0.68 ± 0.09 vs. 0.70 ± 0.06 g/m²)에서는 변화를 관찰할 수 없었다. 골밀도 측정에 대한 세부 결과는 <표 5>에 제시하였다.

표 5. 트레이닝에 의한 골밀도 변화(N=10)

Variables(g/m ²)	Pre	Post	t	p
Lumbar (L1-4)	0.94 ± 0.13	1.08 ± 0.11	-2.323	.024*
Femoral neck	0.81 ± 0.08	0.82 ± 0.14	-0.386	.354
Ward's triangle	0.68 ± 0.13	0.69 ± 0.11	-0.782	.228
Trochanter	0.68 ± 0.09	0.70 ± 0.06	-1.731	.058

Mean ± SD, * $P<0.05$, ** $P<0.01$

5. 트레이닝에 의한 하지의 근기능 변화

60 °/sec의 각속도에서 4회 수축 시 발현되는 최대토크(absolute peak torque)를 비교한 결과, 훈련 전에 비해 하지의 최대근력이 유의하게 높아지는 변화를 보였다. 이러한 변화는 우측 신장근(79.70 ± 14.11 vs. 86.50 ± 14.03 Nm, $p<.01$)과 좌측 신장근(77.70 ± 16.48 vs. 84.60 ± 16.94 Nm, $p<.01$)에서 모두 확인할 수 있었다. 또한 우측 굴곡근(46.50 ± 10.67 vs. 55.80 ± 11.10 Nm, $p<.01$)과 좌측 굴곡근(46.40 ± 12.91 vs. 53.20 ± 12.44 , $p<.05$)에서도 향상을 확인할 수 있었다. 근력 측정 결과에 대한 세부적인 내용을 <표 6>에 제시하였다.

표 6. 트레이닝에 의한 하지의 등속성 최대근력 변화

Variables (Unit)			Pre	Post	<i>t</i>	<i>p</i>
peak torque (nM)	Extensor	Right	79,70 ± 14,11	86,50 ± 14,03	-3,642	,002 **
		Left	77,70 ± 16,48	84,60 ± 16,94	-2,913	,008 **
	Flexor	Right	46,50 ± 10,67	55,80 ± 11,10	-4,186	,001 **
		Left	46,40 ± 12,91	53,20 ± 12,44	-1,957	,040 *

Mean ± SD, **P*(0.05, ***P*≤.01

IV. 논의

이 연구의 주요 결과는 낙상 위험도가 높은 고령층 여성의 경우, 운동의 주요 요소인 유산소, 저항성, 균형성 및 유연성을 포함하는 복합적인(multi-component) 운동 형태가 낙상 예방에 유효할 가능성을 시사한다. 이러한 결과는 노인을 대상으로 장기간 운동을 시행한 후, 낙상 위험을 분석한 보고들(Beck et al. 2017; Nyman & Victor, 2012; Pahor et al. 2014; Zhao, Zhao & Xu, 2015)에 부합되고 있다.

Nyman & Victor(2012)는 낙상 예방을 목적으로 노인에게 시행되는 여러 프로그램의 효과를 종합적으로 분석하였다. 이들의 보고에 의하면 운동(유산소, 저항성, 유연성 운동 포함)을 시행하는 초기 2-4개월간의 낙상 위험은 대조군의 81% 수준을 보였으며 이후 1년간 운동을 지속할 경우 52% 수준으로 감소하는 것으로 분석되었다. 한편, Pahor et al. (2014)에 의한 대규모 연구에서 817명의 노인이 평균 2.6년 동안 중강도로 운동하는 낙상 예방 프로그램에 참여하였다. 참여자들이 주당 2회는 지역 센터에서, 3-4회는 가정에서 운동을 시행한 결과, 운동 참여자들의 운동기능(mobility)이 낙상 교육만 받은 그룹이나 낙상 교육 및 운동에 전혀 참여하지 않은 그룹에 비교해 유의하게 높은 차이를 나타냈다.

지역사회 노인을 위해 진행된 또 다른 낙상 예방 프로그램(Li et al. 2005)에서는 체중의 수직적 이동(weight shifting), 자세 정렬(postural alignment), 및 협응성(coordinated movements)에 중점을 둔 24가지 Tai Chi 동작을 26주간 주당 3회 시행하였다. 이 프로그램도 종료 1년 경과 후, 참여자의 낙상률이 55% 더 낮은 긍정적 효과를 나타냈다. 또한, Clemson et al. (2004)의 연구에서는 7주간 작업치료사가 방문하여 정기적으로 홈 트레이닝을 관리하는 낙상 예방 프로그램이 시행되었다. 이 프로그램은 비교적 단기간 진행되었으나 종료 1년 시점의 낙상 발생이 31% 낮아지는 효과를 나타냈다.

한편, 국내 연구에서 오제겸 및 조완주(2018)는 노인 여성(평균 연령 69세)을 대상으로 8주간 낙상 예방 프로그램을 시행하였다. 이 프로그램에서 유산소 운동은 시행되지 않았으며 하지의 근육을 주동근으로 하는 8가지 저항성 운동이 채택되었다. 주 3회, 회당 50분간 저항성 운동을 시행한 결과, 제지방과 골격근이 유의하게

증가하였고 노인의 기능성을 평가하는 SFT 검사에서 5항목의 측정치가 향상되었다. 아울러 등속성 근기능 평가를 통해 슬관절의 신근과 굴근에서 최대근력이 유의하게 높아지는 변화를 나타냈다. 이러한 결과는 김태수 및 김동진(2010)의 보고와 유사하다. 이 연구자들은 평균 66세인 고령층 여성에게 저항성 운동장비를 이용하여 12주간 주 6회, 최대근력의 50-60% 강도로 10-12회 반복하는 저항성 훈련을 시행하여 최대근력이 현저히 향상되는 효과를 보여주었다. 이러한 저항성 운동에 의한 긍정적 효과는 Cho & An(2014)이 초고령자를 대상으로 수행한 연구 결과에도 부합되고 있다. Cho & An(2014)의 낙상 예방 프로그램에도 유산소 운동은 포함되지 않았으며, 8주간 탄력밴드를 이용한 저항성 운동을 적용하여 주요 7가지 대근육의 근력 향상을 확인할 수 있었다.

이처럼 선행연구들에서 사용된 운동 내용을 고찰해볼 때, 낙상 예방을 위해 칼로리를 소모하는 전형적인 유산소 운동이 필수적이지 않을 가능성이 제시된다. 여러 선행연구들(김태수 및 김동진, 2010; 오제겸 및 조완주, 2018; Cho & An, 2014; Clemson et al. 2004; Li et al. 2005)이 채택한 프로그램에서 유산소 운동 유형은 제외된 상태였다. 한편, 이와 대비되는 특징으로 낙상 예방 프로그램에서 이들 선행연구들이 포함하고 있는 운동 유형 즉, 체중 자체나 소도구 등을 이용한 부하가 작용하는 저항성 동작 혹은, 인체의 무게중심이 수직 또는 수평으로 3차원적으로 이동 및 회전하는 동적 균형감 운동이 효과적일 가능성이 제시된다. 예를 들면, Taichi에서 시행되는 다양한 동작과 같은 움직임이 프로그램의 효과를 증대할 수 있을 것이다.

그러나 저항성 운동의 효과가 뚜렷해 보임에도 불구하고 김태수 및 김동진(2010)이나 오제겸 및 조완주(2018)의 연구에서 채택한 전문적인 장비는 고령층 여성을 위한 프로그램에 적용하기 쉽지 않은 상황이다. 골밀도가 낮고 만성적인 관절질환이 흔한 이들의 특성을 고려할 경우, 전문가의 관리가 필요하므로 그룹 운동으로 적용하기 어려운 상황이다. 이러한 측면에서 이 연구의 결과는 소도구를 이용하여 고령층 여성에게서 효과적인 근력 향상을 유도할 가능성을 제시하였다.

아울러 대상의 노화 정도나 질환별 차이에도 불구하고 장기적인 운동 수행으로 낙상 예방 효과가 나타나는 것으로 평가되므로(Gillespie et al. 2012; Pereira et al. 2008; Sherrington et al. 2017) 낙상 예방을 위해 전문적인 시설이나 운동장비 및 강도 높은 운동이 필수적이진 않은 것으로 판단된다. 이 연구에서 적용한 30분간

의 유산소 운동(60% HRmax)은 심혈관계 및 대사성 질환을 고려해 현장에서 적용하기 쉬운 강도로 설정되었으며, 저항성 및 균형성 향상을 위한 운동 방식은 특별한 고정식 장비 없이 실내에서 수행할 수 있는 탄성 밴드나 짐볼 같은 소도구를 이용한 동작을 채택하고 있다. 또한, 노인기의 낙상 위험에 대비하여 다양한 스트레칭 동작을 접목하였으므로 관절 유연성과 균형감 향상에 효과적인 것으로 판단된다. 또한, 이 연구의 SFT 검사에서 총 6가지 항목 중 4가지(의자에서 일어서기, 덤벨 들기, 의자에서 굽히기, 2분 제자리 걷기)에서 긍정적 변화를 확인하였다. 이러한 결과는 하수민 등 (2018)이 70대 여성을 대상으로 12주 동안 주 3회(아쿠아로빅 1회, 맨손 근력운동 2회), 회당 60분 동안 운동시킨 후, SFT 검사로 노인의 체력증진을 확인한 결과에 부합되고 있다.

한편, 이 연구의 골밀도 변화는 비교적 초기 고령 여성을 대상으로 운동을 시행하여 골밀도 변화를 검증한 한정규(2008)의 보고에 부합된다. 한정규(2008)는 55-61세 여성 11명을 대상으로 10-12 RM으로 저항성 운동을 시행한 결과, 척추 골밀도(Lumbar 2-4) 증가를 보고한 바 있으며, 이 연구에서도 요추 부위(Lumbar 1-4)의 골밀도가 높아졌다. 이러한 변화는 이 연구에서 채택된 운동 방법이 폐경기부터 심화되는 1형 골다공증에 긍정적인 영향을 미칠 가능성을 나타내며, 장기적으로 시행할 경우 2형 골다공증이나 낙상에 의한 부상 정도를 낮출 것으로 기대된다.

한편, 이 연구의 결과에서 Fullerton 균형검사의 두 가지 항목 즉, 선위로 일자로 걷기와 머리 좌우로 회전하며 걷기 수행에서 대상자 10명 중 2명만 기준치 이하의 완성도를 보였다. 이러한 결과는 이 검사의 민감성이 낮아서 더 나이가 많거나 허약한 대상에게 적합할 가능성을 보여준다. 따라서 이 연구와 유사한 특성을 가진 대상에게서 균형성이나 보행 변화를 측정할 경우, 보다 민감도가 높은 정밀한 방법이 사용되어야 할 것이다. 아울러 이 연구에서는 동일한 대상에게서 훈련 프로그램을 시행하기 전후에 나타나는 기능성, 균형성, 골밀도 및 근기능 변화를 검증하고 있으므로 대조군과의 비교는 이루어지지 않았다. 이러한 제한점이 후속 연구에서 고려되어야 할 것이다.

여성은 남성보다 평균수명의 길어서 폐경 이후 장기간 골 소실이 진행되므로 근 위축이나 노쇠현상이 심해지기 전에 낙상에 대한 예방적 처치를 시작하는 것이 건강한 노후를 위해 중요한 것이다(Peters et al. 2018; White et al. 2018). 즉, 개인의 신체적 기능이나 질환의 특성에 따라 차이가 있겠으나 건강관리 정책에 성별의 특성을 반영되는 것이 바람직할 것으로 판단된다. 이러한 측면에서 본다면, 현재 65세 이상을 노인으로 규정하여 건강관리 정책이 운용되고 있으나 여성의 경우 폐경에 의한 부정적 변화가 노년기 이전에 나타나므로 초기 고령기(young-old, 55~75세; Neugarten, 1974)가 시작되는 시기에 이러한 중재를 적용하는 것도 효과적일 것이다.

부가적으로, 노인의 운동성과 관련된 연구들은 질병 예방과 기능적 능력 유지를 위해 활동적인 생활의 중요성을 강조하고 있다(Booth et al. 2017; Grant et al. 2020; Semeraro et al. 2020). 비활

동적인 생활은 노인의 인지장애를 심화시키고(Falck et al. 2017) 보행 장애를 유발함으로써(Woolacott & Shumway-Cook, 2002) 낙상을 일으키는 중요한 요인으로 작용한다. 따라서 낙상 예방 프로그램을 계획할 때 여성 동안의 운동 지속성을 높이기 위한 다양한 노력이 부가되어야 할 것이다.

V. 결론 및 제언

이 연구는 고령층 여성의 건강한 노화를 위해 복합적인 운동프로그램이 낙상 관련 기능에 미치는 영향을 검증하고 있다. 고령층 여성을 대상으로 12주간 다양한 운동 요소(유산소, 저항성, 균형성, 유연성)를 포함하는 프로그램을 적용한 결과, 낙상 위험요인들(기능성, 균형성, 골밀도, 하지 근력)이 개선되는 긍정적 변화를 확인하였다. 이러한 결과는 복합적인 운동 형태가 낙상 예방에 유효할 가능성을 시사한다. 아울러 여성 고령화에 수반되는 특성을 감안하여 폐경으로 인한 골 감소나 근 소실이 심화되기 전에 낙상에 대한 예방적 운동 중재가 확대되어야 할 필요성이 제기된다.

참고문헌

- 김태수, 김동진(2010). 12주간의 중강도 유산소·저항성 복합운동이 시설 여성 노인의 신체조성 및 심폐적성, 하지 등속성 근 기능에 미치는 영향. *한국사회체육학회지*, 42, 837-847.
- 오제겸, 조완주(2018). 하지근력강화 운동프로그램이 노인 여성의 등속성근력과 낙상예방 관련체력에 미치는 영향. *한국체육학회지*, 27(5) 1225-1235.
- 하수민, 김도연, 김정숙, 현수진, 김지현, 김종원(2018). 12주간 복합운동이 비만여성노인의 SFT, 대사증후군 위험인자 및 인슐린 저항성에 미치는 영향. *한국여성체육학회지*, 32(1), 113-129.
- 한정규(2008). 폐경후 여성의 점진적 저항운동이 오스테오칼신 및 골밀도에 미치는 영향. *한국체육과학회지*, 17(1), 571-578.
- Beck, B. R., Daly, R. M., Singh, M. A., & Taaffe, D. R. (2017). Exercise and Sports Science Australia (ESSA) position statement on exercise prescription for the prevention and management of osteoporosis. *J Sci Med Sport*, 20(5), 438-445.
- Booth, F. W., Roberts, C. K., Thyfault, J. P., Rueggsegger, G. N., & Toedebusch, R. G. (2017). Role of Inactivity in Chronic Diseases: Evolutionary Insight and Pathophysiological Mechanisms. *Physiological reviews*, 97(4), 1351-1402.
- Burns, E. R., Stevens, J. A., & Lee, R. (2016). The direct costs of fatal and non-fatal falls among older adults - United

- States. *Journal of safety research*, 58, 99-103.
- Chippendale, T., & Lee, C. D. (2018). Characteristics and fall experiences of older adults with and without fear of falling outdoors. *Aging Ment Health*, 22(6), 849-855.
- Cho, S. I., & An, D. H. (2014). Effects of a Fall Prevention Exercise Program on Muscle Strength and Balance of the Old-old Elderly. *Journal of physical therapy science*, 26(11), 1771-1774.
- Choy, N. L., Brauer, S., & Nitz, J. (2003). Changes in postural stability in women aged 20 to 80 years. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 58(6), 525-530.
- Clemson, L., Cumming, R. G., Kendig, H., Swann, M., Heard, R., & Taylor, K. (2004). The effectiveness of a community-based program for reducing the incidence of falls in the elderly: a randomized trial. *J Am Geriatr Soc*, 52(9), 1487-1494.
- Deandrea, S., Lucenteforte, E., Bravi, F., Foschi, R., La, V. C., & Negri, E. (2010). Risk factors for falls in community-dwelling older people: a systematic review and meta-analysis. *Epidemiology*, 21(5), 658-668.
- Dellinger, A. (2017). Older adult falls: Effective approaches to prevention. *Curr Trauma Rep*, 3(2), 118-123.
- Falck, R. S., Landry, G. J., Best, J. R., Davis, J. C., Chiu, B. K., & Liu-Ambrose, T. (2017). Cross-Sectional Relationships of Physical Activity and Sedentary Behavior With Cognitive Function in Older Adults With Probable Mild Cognitive Impairment. *Physical therapy*, 97(10), 975-984.
- Franklin, M., & Hunter, R. M. (2019). A modelling-based economic evaluation of primary-care-based fall-risk screening followed by fall-prevention intervention: a cohort-based Markov model stratified by older age groups. *Age and ageing*, 49(1), 57-66.
- Gava, P., Kern, H., & Carraro, U. (2015). Age-associated power decline from running, jumping, and throwing male masters world records. *Exp Aging Res*, 41(2), 115-135.
- Gillespie, L. D., Robertson, M. C., Gillespie, W. J., Sherrington, C., Gates, S., Clemson, L. M., et al. (2012). Interventions for preventing falls in older people living in the community. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 9, Retrived November 28, 2021 from <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22972103/>
- Grant, D., Tomlinson, D., Tsintzas, K., Kolić, P., & Onambélé-Pearson, G. (2020). Minimizing sedentary behavior (without increasing medium-to-vigorous exercise) associated functional improvement in older women is somewhat dependent on a measurable increase in muscle size. *Aging*, 12(23), 24081-24100.
- Hernandez, D., & Rose, D. J. (2008). Predicting which older adults will or will not fall using the Fullerton advanced balance. *Arch Phys Med Rehabil*, 9(12), 2309-2315.
- Karvonen, M., & Kentalok, M. O. (1979). The effects of training heart rate, a longitudinal study, *Arch Intern Med*, 139, 857-962.
- Kim, Y. H., Yang, K. H., & Park, K. S. (2013). Fall experience and risk factors for falls among the community-dwelling elderly. *Journal of Muscle and Joint Health*, 20(2), 91-101.
- Klein, P. J., Fiedler, R. C., & Rose, D. J. (2011). Rasch analysis of the Fullerton advanced balance (FAB) Scale. *Physiother Can*, 63(1), 115-125.
- Larsson, L., Degens, H., Li, M., Salviati, L., Lee, Y. I., Thompson, W., et al. (2019). Sarcopenia: Aging-Related Loss of Muscle Mass and Function. *Physiological reviews*, 99(1), 427-511.
- LaStayo, P., Marcus, R., Dibble, L., Wong, B., & Pepper, G. (2017). Eccentric versus traditional resistance exercise for older adult fallers in the community: a randomized trial within a multi-component fall reduction program. *BMC geriatrics*, 17(1), 149-160.
- Lee, S., Lee, C., Ory, M. G., Won, J., Towne, S. D. Jr Wang, S., et al. (2018). Fear of Outdoor Falling Among Community-Dwelling Middle-Aged and Older Adults: The Role of Neighborhood Environments. *Gerontologist*, 58(6), 1065-1074.
- Li, F., Harmer, P., Fisher, K. J., McAuley, E., Chaumeton, N., Eckstrom, E., et al. (2005). Tai Chi and fall reductions in older adults: a randomized controlled trial. *Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 60(2), 187-194.
- Lusardi, M. M., Fritz, S., Middleton, A., Allison, L., Wingood, M., Phillips, E., et al. (2017). Determining risk of future falls in community-dwelling older adults: a systematic review and meta-analysis using posttest probability. *Journal of Geriatric Physical Therapy*, 40(1), 1-36.
- Menant, J. C., Weber, F., Lo, J., Sturnieks, D. L., Close, J. C., Sachdev, P. S., et al. (2017). Strength measures are better than muscle mass measures in predicting health-related outcomes in older people: time to abandon the term sarcopenia?. *Osteoporosis International*, 28(1), 59-70.
- Neugarten, B. L. (1974). Age groups in American society and the rise of the young-old. *The Annals of the American Academy of Political and Social Science*, 415(1), 187-198.
- Nyman, S. R., & Victor, C. R. (2012). Older people's participation in and engagement with falls prevention interventions in

-
- community settings: an augment to the Cochrane systematic review. *Age Ageing*, 41(1), 16-23.
- Pahor, M., Guralnik, J. M., Ambrosius, W. T., Blair, S., Bonds, D. E., Church, T. S., et al. (2014). LIFE study investigators: Effect of structured physical activity on prevention of major mobility disability in older adults: the LIFE study randomized clinical trial. *JAMA*, 311(23), 2387-2396.
- Peeters, G., Leahy, S., Kennelly, S., & Kenny, R. A. (2018). Is fear of falling associated with decline in global cognitive functioning in older adults: Findings from the Irish longitudinal study on ageing. *J Am Med Dir Assoc*, 19(3), 248-254.
- Pereira, C. L. N., Vogelaere, P. & Baptista, F. (2008). Role of physical activity in the prevention of falls and their consequences in the elderly. *Eur Rev Aging Phys Act*, 5, 51-58.
- Rikli, R. E., & Jones, C. J. (2013a). Senior fitness test manual, Human kinetics, USA.
- Rikli, R. E., & Jones, C. J. (2013b) Development and validation of criterion-referenced clinically relevant fitness standards for maintaining physical independence in later years. *Gerontologist*, 53(2), 255-267.
- Ruwald, M. H., Hansen, M. L., Lamberts, M., Hansen, C. M., Hojgaard, M. V., Kober, L., et al. (2012). The relation between age, sex, comorbidity, and pharmacotherapy and the risk of syncope: a Danish nationwide study. *Europace*, 14(10), 1506-1514.
- Semeraro, M. D., Smith, C., Kaiser, M., Levinger, I., Duque, G., Gruber, H. J., et al. (2020). Physical activity, a modulator of aging through effects on telomere biology. *Aging*, 12(13), 13803-13823.
- Sleet, D. A., Moffett, D. B., & Stevens, J. (2008). CDC's research portfolio in older adult fall prevention: a review of progress, 1985-2005, and future research directions. *J Safety Res*, 39, 259-267.
- Sherrington, C., Michaleff, Z. A., Fairhall, N., Paul, S. S., Tiedemann, A., Whitney, J., et al. (2017). Exercise to prevent falls in older adults: an updated systematic review and meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine*, 51(24), 1750-1758.
- White, A. M., Tooth, L. R., & Peeters, G. M. E. E. G. (2018). Fall risk factors in mid-age women: the Australian Longitudinal Study on Women's Health. *Am J Prev Med*, 54(1), 51-63.
- Woollacott, M., & Shumway-Cook, A. (2002). Attention and the control of posture and gait: a review of an emerging area of research. *Gait Posture*, 16, 1-4.
- Zhao, R., Zhao, M., & Xu, Z. (2015). The effects of differing resistance training modes on the preservation of bone mineral density in postmenopausal women: a meta-analysis. *Osteoporos Int*, 26(5), 1605-1618.