

Original Article

Open Access

고유수용성신경근촉진법의 상하지 협응 운동이 여성노인의 균형능력에 미치는 효과

조혁신 · 신호섭[†] · 방대혁²

원광보건대학교 물리치료과, ¹익산병원 물리치료실, ²원광대한방병원 물리치료실

The Effects of Upper and Lower Limb Coordinated Exercise of PNF for Balance in Elderly Woman

Hyuk-Shin Cho · Hyo-Seob Shin[†] · Dae-Hyuk Bang²

Department of Physical Therapy, Wonkwang Health Science University

¹*Rehabilitation center, Iksan Hospital*

²*Rehabilitation center, Wonkwang Oriental Medical Hospital*

Received: December 01, 2015 / Revised: December 13, 2015 / Accepted: December 15, 2015

© 2015 Journal of Korea Proprioceptive Neuromuscular Facilitation Association

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

| Abstract |

Purpose: This study aimed to examine the effects of proprioceptive neuromuscular facilitation (PNF) upper and lower limb coordinated exercises on balance in elderly women.

Methods: The study was conducted with 27 elderly women who were at least 65-year-old. The subjects were randomly assigned to a PNF upper and lower limb coordinated exercise group consisting of 14 subjects and an aero step balance exercise group consisting of 13 subjects, and the exercises were performed for 30 minutes, three times per week, for eight weeks. One Leg Stance Tests (OLST), Functional Reaching Tests (FRT), Four Square Step Tests (FSST), and Timed Up and Go (TUG) tests were conducted before and after the exercises to evaluate the subjects' static balance ability and dynamic balance ability. Among the collected data, the subjects' general characteristics were evaluated using descriptive statistics, the intra-group differences of the test results before and after the intervention were compared using paired sample t-tests, and the inter-group differences in the results before and after the intervention were evaluated using independent sample t-tests. The statistical significance level was set to 0.05.

Results: Among the OLST, FRT, FSST, and TUG tests, the experimental group showed positive FSST results that were statistically significantly greater than the control group; the results of the other tests were also more positive for this group, but the differences between the groups were not statistically significant. The magnitude of the effects for both groups was clinically significant.

Conclusion: Since inter-limb coordinated exercises for PNF applied to elderly women were found to produce good results for both static balance ability and dynamic balance ability, these exercises can be used in exercise programs to improve balance in elderly women.

Key Words: Balance, Inter-limb coordinated exercise, PNF, Elderly woman

†Corresponding Author : Hyo-Seob Shin (shep1004@naver.com)

I. 서론

우리나라의 노인 인구는 2005년 9.1%를 넘어섰으며, 2018년에는 14.3%를 초과하여 고령사회로 진입할 것으로 예측되고, 2026년에는 20.8%로 초 고령사회에 도달할 것으로 전망되고 있다(Hahm & Lee, 2009). 그 중에서도 남성 노인은 7.7%, 여성 노인은 11.4%이며, 65세 이상의 노인 중 2/3가 여성 노인으로 구성되어 있다(Choi, 2013). 노화란 태어나서 시간이 지남에 따라 생물의 신체적 기능이 저하 또는 퇴화되는 현상을 의미한다(Brovold et al, 2013). 노화는 세포의 탄생에서 죽음으로 연결되는 정상적인 세포의 진행과정이며, 체내의 단백질 구조물의 분열과 재합성의 과정에서 적절한 합성과 재건이 이루어지지 않아 나타나는 불완전한 단백질의 축적형태이다(Willson et al, 2014)

노화가 진행됨에 따라 감각기능이 저하되어 촉각과 시각, 안뜰기관과 같은 균형조절기관 등의 능력에 감소가 나타나게 되어 균형능력의 감소로 이어진다. 인체의 적절한 균형조절은 고유수용성감각, 시각, 그리고 안뜰감각 등에 의한 신체 움직임의 감지와 중추에서의 감각정보통합, 마지막으로 적절한 운동반응의 수행으로 이루어진다(Jung, 2009). 노화가 진행됨에 따라 근골격계에서는 고유수용성감각이 감소하고 근력이 약해지며, 운동범위의 감소와 척추의 유연성 상실이 나타난다. 또한 신경계의 변화로 자극반응기간과 신경전도속도가 느려져 균형능력이 감소된다(Lee et al, 2014). 노인 인구의 증가로 직면하는 매우 중대한 문제 중에 하나는 노화로 인한 균형 조절 능력의 감소로 인한 낙상에 대한 노출이라 할 수 있다.

노인들의 낙상 예방에 균형능력 향상이 필수적이며 균형능력 증진을 위해서는 운동이 효과적이라는 것이 일반화되어 있다. 노인에게 근력훈련보다는 균형훈련이 포함된 훈련이 낙상의 위험을 17% 낮추어 준다고 하였다. 이는 낙상 예방을 위한 균형훈련의 중요성을 강조하고 있다(Sherrington et al, 2008). 노인에게 나타나는 낙상의 원인은 내인성 원인에 의해 더 많이 나타나며, 제일 중요한 요인으로 부적절한 균형

능력과 근력을 들었다(Tinetti et al, 1993).

폐경기 이후의 골밀도 저하로 낙상에 더 쉽게 노출되어 위험성이 더 큰 것으로 알려진 노인 여성들을 대상으로 낙상 예방 운동프로그램을 적용해 운동 효과를 관찰하는 것은 의미 있는 일이라 할 수 있다(Song et al, 2001). 노인의 균형능력을 향상시키기 위한 운동 프로그램에는 하지 근력강화운동, 관절가동범위 증진 운동, 태극권운동, 수중운동, 유산소운동, 가상현실에서의 연속적 운동, 불안정한 지지면에서의 올동적 감각-운동 훈련 등이 있다.

불안정한 지지면에서의 운동에는 에어로 스텝에서의 균형운동이 많이 이용되고 있다. 에어로 스텝 운동은 무게중심이 고정되지 않은 다 방향성 운동이다. 에어로 스텝 운동은 탄성에 대응하여 균형을 유지함으로써 몸감각계, 안뜰계를 자연스럽게 활성화시켜 신경근육계의 활성화에 효과적이라고 하였다(Lee, 2007). 불안정한 지지면에서의 운동의 효과로는 균형의 증가와 운동감각, 고유수용성감각 그리고 근력의 점진적이 증가가 있다고 하였다(Ruiz & Richardson, 2005)

Dietz(2009)는 목과 몸통, 팔과 다리를 협응적 구조로 체계화하여 달리는 사람을 형상화 한 스프린터, 스케이트 타는 사람을 형상화 한 스케이터라 명명하면서 PNF의 패턴을 조합하여 사지 간 협응 구조로 체계화하였다. 더 나아가 스프린터, 스케이터에 내려치기(chopping)를 추가하여 순환식 운동 프로그램을 정형화하였고, 이 운동 프로그램을 협응적 패턴 운동이라 하였다. 협응적 패턴 운동은 상호 교대적 대칭성상하지 협응 패턴의 연속적 실행이다.

스프린터와 스케이터를 여성노인에게 적용하여 여성노인의 보행, 균형, 하지근력, 도구적 일상생활수행 능력에 긍정적인 변화를 유도하였다는 선행연구가 보고되었고(Kim, 2012), PNF 상하지 협응 운동을 적용하여 뇌졸중 환자의 보행과 균형능력에 통계적으로 임상적으로 유의한 향상이 있었다는 선행연구도 보고된 바 있다(Cho, 2014).

본 연구는 PNF의 패턴을 결합하여 사지 분절간 협

응을 체계화 한 상하지 협응 운동을 노인여성에게 적용하였을 때 균형 능력에 어떠한 영향을 미치는 지를 알아보기 위해 실시되었으며, 향후 노인여성의 균형 능력 증진을 위한 운동 프로그램으로 활용 가능성을 알아보고자 하였다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상

연구 대상자는 I시에 소재한 노인복지관에서 건강 운동 프로그램을 수강 중인 65세 이상 여성노인 27명을 대상으로 8주간 실시하였다. 선정 기준은 65세 이상의 노인 여성으로 본 연구의 내용을 이해하고 실험에 참여하기로 동의한 자 중 최근 1년 간 낙상 경험이 없는 자, 시각 및 전정감각, 체성감각에 이상이 없는 자, 의식 수준이 명료한 자, 60분 이상 운동이 가능하고 스스로 보행이 가능한 자로 하였다. 대상자는 일반적 특성 및 의학적 특성을 조사한 후 사전 평가를 실시하였다. 평가 후 27명의 대상자를 실험군 14명, 대조군 13명을 무작위로 배정하였다. 실험군은 PNF 상하지 협응 운동을 실시하였고, 대조군은 에어로 스텝 균형 운동을 실시하였다. 8주 간의 운동 후 사후 평가를 실시하였다. 본 연구의 모든 절차는 연구윤리에 위배되지 않도록 헬싱키 선언에 입각하여 실시하였다.

2. 측정방법 및 도구

1) 한 다리 서기 검사(One leg stand test, OLST)

정적균형 능력을 알아보기 위해 한다리 서기 검사(One leg stand test, OLST)를 실시하였다. OLST는 평평한 지면에서 눈을 뜬 상태로 양팔을 벌리고 두발로 선 상태에서 시작한다. 대상자는 검사자의 지시에 따라 선호하는 한쪽 발을 들어 올린 후, 한발로 서 있는 시간을 측정하였다. 한 번의 연습 후 2회 실시하여 좋은 점수를 기록하였다.

2) 기능적 팔 뻗기 검사(Functional reach test, FRT) 정적균형 능력을 측정하기 위해 기능적 팔 뻗기 검사(Functional reach test, FRT)를 실시하였다. FRT는 다리를 어깨만큼 벌리고 편하게 선 뒤 팔꿈치를 펴고 주먹을 쥐 상태에서 어깨를 90도 굽혔을 때를 처음 자세로 하여 최대한 앞으로 몸을 이동시켜 평평하게 뻗었을 때를 마지막 자세로 하여 오른손의 다섯 번째 중수골두를 기준으로 처음자세와 마지막 자세의 거리를 측정하였다. 이 검사의 측정자내 신뢰도와 측정자간 신뢰도는 각각 $r=0.89$ 와 $r=0.98$ 이다(Duncan et al, 1990).

3) 4분면 구획 스텝 검사

(Four Squares Step Test, FSST)

동적균형 능력을 측정하기 위해 4분면 구획 스텝 검사(Four Squares Step Test, FSST)를 실시하였다. FSST는 높이 2.5 cm, 길이 90 cm의 두 개의 막대기를 지면에 십자(+) 형태로 놓고 막대를 순서대로 넘어가면서 실시한다. 이 측정은 사각형의 한 지점에서 시계 방향으로 막대를 넘고, 반대 경로인 시계 반대방향으로 되돌아가는 시간을 측정한다(Blennerhassett & Jayalath, 2008).

4) 일어나 걷기 검사(Timed Up and Go, TUG)

동적균형 능력을 측정하기 위해 일어나 걷기 검사(Timed Up and Go, TUG)검사를 실시하였다. TUG는 의자에서 일어나 3m를 걷고 돌아오는 검사이다. TUG는 노인의 균형 능력과 기능적인 운동을 평가하여 낙상의 위험을 예측하기 위해 사용되어왔다(Morris et al, 2001). 이 검사의 측정자 내 신뢰도는 $r=0.99$, 측정자간 신뢰도는 $r=0.98$ 이다(Jonsdottir & Cattaneo, 2007).

3. 실험 절차

대상자들은 PNF 상하지 협응 운동을 적용한 그룹과 에어로 스텝 균형 운동 그룹으로 무작위 배정한 후 각각 8주 동안 주 3회, 1회당 30분씩 운동을 실시하였다. 측정은 중재 전과 중재 후 진행하였다. 측정자와 대상자 모두에게 소속된 그룹을 알 수 없게 하였으며,

4가지의 기능 검사는 무작위로 진행되었다.

본 연구에서는 상하지 협응 운동을 신체 각 부위의 PNF 패턴을 결합하여 사용하였다. 스프린트와 스케이트로 구성된 패턴의 결합에 내려치기를 포함하여 6단계로 구성 실시하였다. 6단계의 구성은 오른쪽 내려치기, 오른쪽 스케이더, 오른쪽 스프린터, 왼쪽 내려치기, 왼쪽 스케이더, 왼쪽 스프린터를 연속적으로 시행하였으며, 4분 훈련 후 1분의 휴식이 주어졌다. 중재기간 동안 대조군에게는 준비 운동, 양발서기 균형 잡기, 양발 서서 중심 이동하기, 한발서기, 스쿼트 운동, 제자리 걷기, 쪼그려 앉기, 정리운동과 같은 에어로 스텝 균형 운동이 적용되었다. 4분 훈련 후 1분의 휴식 시간이 주어졌다.

4. 자료 분석

본 연구에서 수집된 자료는 SPSS 18.0 for Windows 프로그램을 이용하여 대상자의 일반적 특성은 기술통계로 하였으며, 각 군의 중재 전·후의 차이를 비교하기 위해 대응표본 t-검정(paired t-test)을 실시하였고, 두 군 간의 전·후 차이를 비교하기 위해 독립표본 t-검정(independent t-test)을 실시하였다. 통계적 유의수준은 0.05로 하였다.

Ⅲ. 연구 결과

1. 연구 대상자의 일반적인 특성

본 연구에 참가한 참가자들은 65세 이상 노인여성

총 27명이었다. 대상자들의 평균나이는 실험군 69세, 대조군 68세였으며, 평균 신장은 실험군 155cm, 대조군 156cm이었으며, 평균 몸무게는 실험군 55kg, 대조군 56kg이었다(Table 1).

Table 1. General characteristics of the subjects (Mean±SD)

	Experimental group (n=14)	Control group (n=13)
Age(yrs)	69.13±4.62	68.91±4.36
Height(cm)	155.87±4.25	156.33±3.96
Weight(kg)	55.94±3.47	56.18±3.63

2. 중재 전·후 균형 능력 비교

중재 전·후 차이값을 비교한 결과 OLST, FRT, FSST, TUG 검사 모두에서 실험군이 대조군보다 유의하게 높게 나타났고, 큰 효과크기를 보여 통계적 및 임상적으로 유의한 결과를 보였다(Table 2).

1) One Leg Stance Test (OLST)

PNF 상하지 협응 운동과 에어로 스텝 균형 운동에 따른 정적인 균형 능력의 변화 양상을 알아보기 위해 훈련 전·후 실험군과 대조군의 OLST 검사 결과를 비교한 결과 실험군은 중재 전 7.73초에서 중재 후 12.40초로 통계적으로 유의한 증가를 보였고($p<0.05$), 대조군도 중재 전 8.10초에서 중재 후 11.16초로 증가하여 통계적으로 유의한 차이가 있었다($p<0.05$).

두 군의 OLST 검사의 중재 전·후 차이값을 비교한 결과 실험군(4.66초)이 대조군(3.06)보다 높았으나 통

Table 2. Comparison between group on effect size

	Experiment group ^a (n=14)	Control group (n=13)	t	p	ES ^b
OLST	4.66±1.38 ^c	3.06±1.61	1.95	0.06	1.07 [0.23, 1.84]
FRT	5.18±1.33	3.16±1.64	1.19	0.24	1.36 [0.48, 2.15]
FSST	3.74±0.88*	2.26±1.11	2.07	0.04	1.48 [0.59, 2.29]
TUG	3.45±0.78	2.16±0.61	2.01	0.05	1.83 [0.89, 2.67]

^aPNF coordinated exercise group

^bEffect size, Cohen's d

^cMean±SD

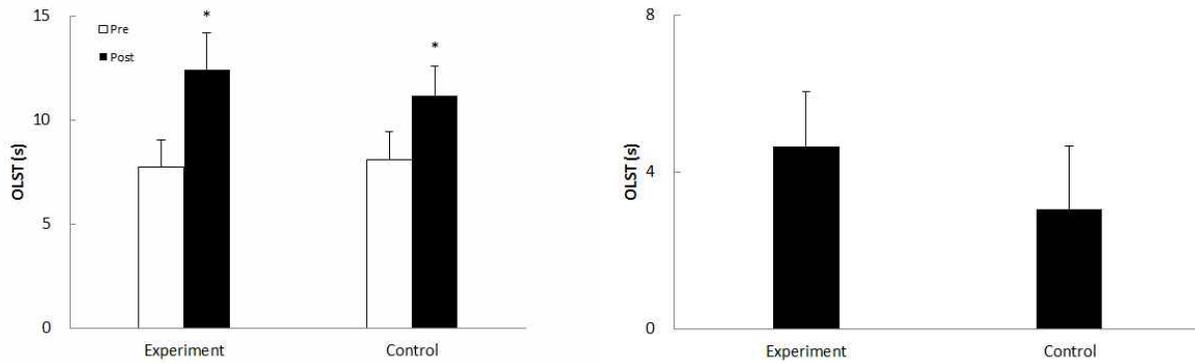


Fig. 1. Comparison between group on OLST

계적으로 유의하지 않았다($p < 0.05$). 효과크기는 큰 효과크기($d = 1.07$, 95% CI = 0.23, 1.84)를 보여 임상적으로 유의한 결과를 보였다(Fig. 1)

2) Functional Reaching Test (FRT)

PNF 상하지 협응 운동과 에어로 스텝 균형 운동에 따른 정적인 균형 능력의 변화 양상을 알아보기 위해 훈련 전·후 실험군과 대조군의 FRT 검사 결과를 비교한 결과 실험군은 중재 전 21.9cm에서 중재 후 27.1cm로 통계적으로 유의한 증가를 보였고, 대조군은 중재 전 22.2cm에서 중재 후 25.4cm로 증가하였으며 통계적으로 유의한 차이가 있었다.

두 군의 FRT 검사의 중재 전·후 차이값을 비교한 결과 실험군(5.2cm)이 대조군(3.2cm)보다 높았으나 통계적으로 유의하지 않았다($p < 0.05$). 효과크기는 큰 효과크기($d = 1.36$, 95% CI = 0.48, 2.15)를 보여 임상적으로 유의한 결과를 보였다(Fig. 2).

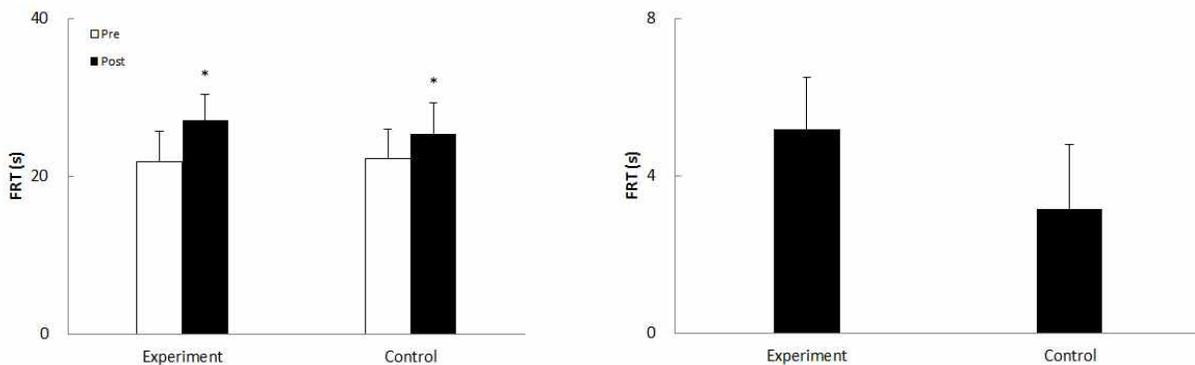


Fig. 2. Comparison between group on FRT

3) Four Square Step Test (FSST)

PNF 상하지 협응 운동과 에어로 스텝 균형 운동에 따른 동적인 균형 능력의 변화 양상을 알아보기 위해 훈련 전·후 실험군과 대조군의 FSST 검사 결과를 비교한 결과 실험군은 중재 전 17.10초에서 중재 후 13.36초로 통계적으로 유의한 감소를 보였고, 대조군은 중재 전 16.86초에서 중재 후 14.60초로 감소하였으며 통계적으로 유의한 차이가 있었다.

두 군의 FSST 검사의 중재 전·후 차이값을 비교한 결과 실험군(3.74초)이 대조군(2.26초)보다 유의하게 높게 나타났고($p < 0.05$), 큰 효과크기($d = 1.48$, 95% CI = 0.59, 2.29)를 보여 통계적 및 임상적으로 유의한 결과를 보였다(Fig. 3).

4) Timed Up and Go Test (TUG)

PNF 상하지 협응 운동과 에어로 스텝 균형 운동에 따른 동적인 균형 능력의 변화 양상을 알아보기 위해

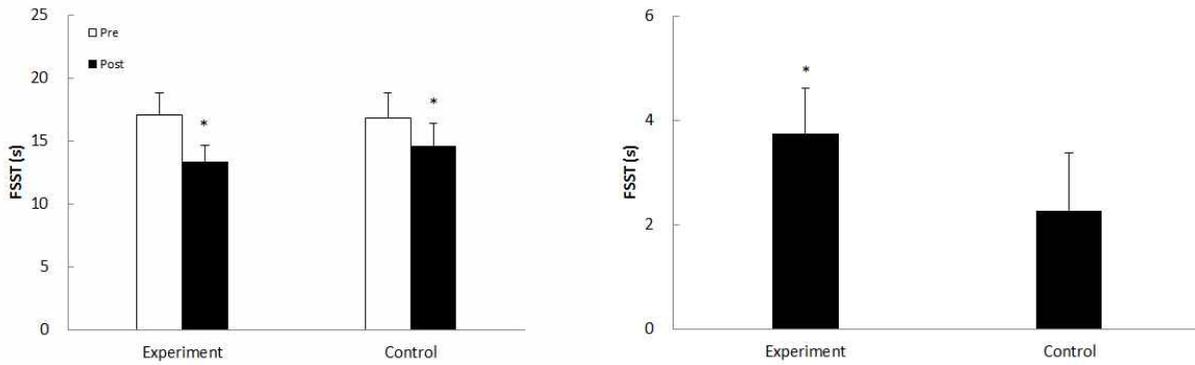


Fig. 3. Comparison between group on FSST

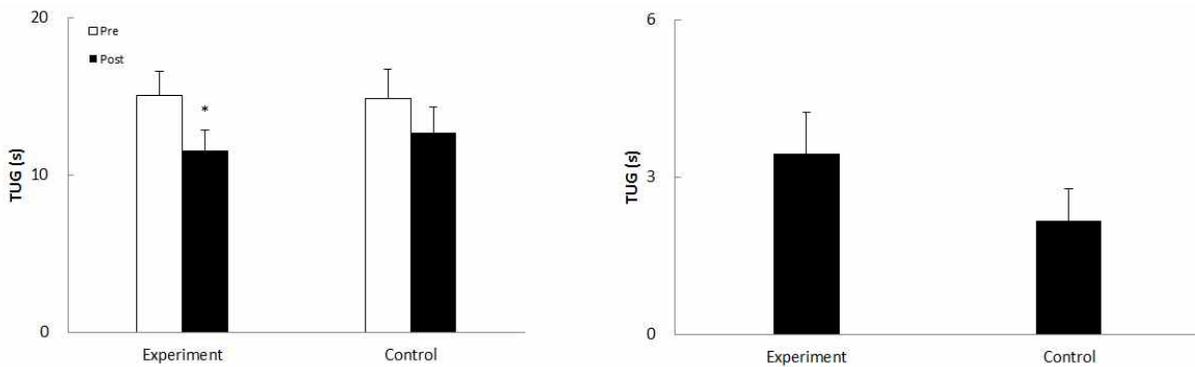


Fig. 4. Comparison between group on TUG

훈련 전·후 실험군과 대조군의 TUG 검사 결과를 비교한 결과 실험군은 중재 전 15.06초에서 중재 후 11.59초로 통계적으로 유의한 감소를 보였고, 대조군은 중재 전 14.89초에서 중재 후 12.72초로 감소하였으나 통계적으로 유의하지 않았다.

두 군의 TUG 검사의 중재 전·후 차이값을 비교한 결과 실험군(3.45초)이 대조군(2.16초)보다 높았으나 통계적으로 유의하지 않았다($p < 0.05$). 효과크기는 큰 효과크기($d = 1.83$, 95% CI=0.89, 2.67)를 보여 임상적으로 유의한 결과를 보였다(Fig. 4).

IV. 고찰

신체의 기능 중 균형 능력과 유연성의 감소는 보행 장애나 낙상을 쉽게 일으키는 것으로 보고되고 있으며, 노인의 균형 능력의 감소는 낙상의 위험을 증가시

키고, 삶의 질을 저하시키는 주요 요인이기 때문에 균형능력 향상은 노인의 삶의 질 향상에 중요하다고 할 수 있다(Kim et al, 2010).

본 연구는 65세 이상의 노인여성에게 PNF 상하지 협응 운동과 에어로 스텝 균형 운동을 적용하여 정적 균형능력과 동적 균형능력에 미치는 영향을 규명함으로써 노인여성들의 균형에 도움이 되는 효과적인 운동 프로그램을 제시하고자 실시하였다.

노인여성들의 균형능력 증진을 위해 에어로 스텝과 발란스 패드에서 진행한 불안정한 지지면에서 수행한 감각-운동훈련이 FRT와 TUG 모두에서 효과를 보인 선행연구의 결과와 같이 본 연구에서도 에어로 스텝 균형운동에서 TUG를 제외한 OLST, FRT, FSST 모두에서 유의한 향상을 보였다.

PNF 상하지 협응 운동은 사지간의 협응 체계를 이용한 협응 운동 프로그램이다. 협응이란 사지 분절 내, 사지 분절 간에서 이루어지는 조화로운 움직임이

다(Shim et al, 2011). 우리 인체는 운동과제를 수행할 때 여러 개의 근육과 관절 및 많은 구조들을 적절히 통제하고 단순화하여 자유도를 제어할 수 있다(Verrel et al, 2013). 스프린터 스케이터 패턴은 양쪽의 사지를 훈련시키는 양측성 운동으로써 협응적 구조를 가장 단순화함으로써 운동 패턴을 쉽게 기억 저장할 수 있으며, 비대칭적인 자세를 수정하는 데 효과적인 패턴 운동이다(Kim, 2006).

본 연구에서는 균형 능력을 알아보기 위해 OLST, FRT, FSST, TUG 검사를 이용하였으며, 운동방법으로는 스프린터와 스케이터에 내려치기를 더하여 6단계로 구성된 운동 프로그램인 PNF 상하지 협응 운동을 적용하였다. PNF 상하지 협응 운동의 중재는 45시간의 관련 교육을 이수한 물리치료사가 8주 동안 주3회, 1회 30분 진행하였다.

PNF 운동군과 관절가동운동군으로 나누어 PNF가 편마비 환자의 균형능력에 미치는 영향을 알아본 한 연구에서는 정적 선 자세 균형, 동적 선 자세 균형과 자가-자신감에서 PNF 운동군이 유의한 향상이 있었다고 보고하였다(Kwon et al, 2007). PNF의 적용으로 인해 근력, 가동범위, 그리고 협응력이 증가되고 신경근 골격계의 작용, 운동학습, 운동조절력, 생역학적 작용 그리고 인지력을 증가됨으로써 편마비 환자들의 균형능력이 향상되었다고 저자들은 제안하고 있다.

본 연구에서도 정적 균형능력을 알아보기 위해 중·재 전후 OLST 검사를 이용하여 측정한 결과 실험군은 중재 전 7.73초에서 중재 후 12.40초로 4.66초의 유의한 증가를 보였다. FRT 검사 결과 실험군은 중재 전 21.9cm에서 중재 후 27.1cm로 5.2cm의 유의한 증가를 보였다. 동적 균형능력을 위한 FSST 검사 결과 실험군은 중재 전 17.10초에서 중재 후 13.36초로 3.74초의 유의한 감소를 보였다. TUG 검사에서 실험군은 중재 전 15.06초에서 중재 후 11.59초로 3.45초의 유의한 감소를 보였다. 정적 균형능력, 동적 균형능력 모든 기능적 영역에서 유의한 향상을 보였을 뿐 아니라 동적 균형을 알아보기 위한 FSST 검사에서는 집단 간도 유의한 차이를 보였고, 효과크기도 매우 큰 효과를

보인 것으로 확인되었다.

본 연구 결과를 종합해보면 노인여성에게 적용한 PNF 상하지 협응 운동은 정적 균형능력, 동적 균형능력 검사인 OLST, FRT, FSST, TUG 모두에서 유의한 향상을 가져옴으로써 PNF 상하지 협응 운동의 효과를 입증하였다.

V. 결론

본 연구는 PNF 상하지 협응 운동이 65세 이상 여성 노인의 균형 능력 증진에 어떠한 영향을 미치는 지를 알아보기 위해 진행되었다. 연구 결과 PNF 상하지 협응 운동은 OLST, FRT, FSST, TUG 검사 모두에서 통계적으로 임상적으로 유의한 향상을 가져왔다. 이를 종합해보면 노인여성에게 적용한 PNF 협응적 운동은 정적 균형능력, 동적 균형능력 모두에서 좋은 결과를 가져옴으로써 향후 노인여성의 균형 능력을 증진시키기 위한 운동 프로그램으로 적용이 가능하다는 것을 입증하였다.

References

- Brovold T, Skelton DA, Bergland A. Older adults recently discharged from the hospital: effect of aerobic interval exercise on health-related quality of life, physical fitness, and physical activity. *Journal of the American Geriatrics Society*. 2013;61(9):1580-1585.
- Cho HS. The effect of coordinative pattern exercise of upper and lower extremities for balance and gait in chronic stroke patients. Daejeon University. Dissertation of Doctorate Degree. 2014.
- Choi YS. Influence of the silver line dance applied to the elderly on the balance during walking. *The Journal of the Korea Contents Association*. 2013;13(3):109-118.

- Dietz B. Let's sprint, let's skate : Innovationen im PNF-Konzept. Heidelberg. Springer. 2009.
- Hahn KL, Lee WH. The effects of sling exercise on fall risk score, ankle dorsiflexion and balance in community-dwelling elderly women. *Journal of muscle and joint health*. 2009;16(2):165-173.
- Jung KS. Effects of weight shifting training on an unstable surface on onset latency of trunk muscles, balance performance, and proprioception for patients with chronic stroke. Sahmyook University. Dissertation of Master's Degree. 2009.
- Kim MC, Ahn CS, Kim YS. The effect of exercise program for falls prevention on balance and quality of life in the elderly women. *Journal of the Korean Society of Physical Medicine*. 2010;5(2):245-254.
- Kim SH. The effect of PNF exercise on body functions and fall efficacy of elderly women. Chonnam University. Dissertation of Doctorate Degree. 2012.
- Kim TY. The effect of strengthening exercise using the sprinter/skater patterns. *Journal of the Korean Proprioceptive Neuromuscular Facilitation Association*. 2006;4(1):71-79.
- Kwon KH, Jung YW, Bae SS. Effect of lower extremity patterns of proprioceptive neuromuscular facilitation on balance ability in patients with hemiplegia. *Journal of the Korean Proprioceptive Neuromuscular Facilitation Association*. 2007;5(2):21-35.
- Lee HK, Lee JC, Song GH. The effects of rhythmic sensorimotor training in unstable surface on balance ability of elderly women. *Journal Korean Society Physical Medicine*. 2014;9(2):181-191.
- Lee SH. The differences between aero step exercises and weight training on posture, physical fitness, balance, and hormone levels in the elderly. Dissertation of Master's Degree. 2007.
- Ruiz R, Richardson MT. Functional balance training using domed device. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2005;27(1):50-55.
- Shim JK, Park JB, Kim MJ, et al. Motor variability and synergy research through uncontrolled manifold analysis. *Korean Society of Sport Psychology*. 2011;22(4):127-142.
- Sherrington C, Whitney JC, Lord SR, et al. Effective exercise for the prevention of falls: a systematic review and meta-analysis. *Journal American Geriatric Society*. 2008;56(12):2234-2243.
- Song KA, Mun JS, Kang SS, et al. The survey of activities and fear of falling in the community dwelling elderly. *Journal Korean Society Public Health Nursing*. 2001;15(2):324-333.
- Tinetti ME, Liu WL, Claus EB. Predictors and prognosis of inability of get up after falls among elderly persons. *The Journal of the American Medical Association*. 1993;269(1):65-70.
- Verrel J, Pologe S, Manselle W, et al. Coordination of degrees of freedom and stabilization of task variables in a complex motor skill: extertise-related defferences in cello bowing. *Experimental brain research*. 2013; 224(3):323-334.
- Wilson OJ, Shaw CS, Sherlock M, et al. Immunofluorescent visualisation of focal adhesion kinase in human skeletal muscle and its associated microvasculature. *Histochemistry and cell biology*. 2012;138(4):617-626.