

노인용 코어 운동 기구 개발과 운동 효과 분석

The development of core strength training equipment and its effect on performance and stability of daily living activities for elderly

Kyung Koh^{1,3}, Yang Sun Park^{1,2,3}, Da Won Park^{2,3}, Chun Ki Hong⁴, Jae Kun Shim^{3,5,6}

¹The Movement Science Center of Research Institute for Sports Science and Sports Industry, Hanyang University, Seoul, South Korea

²Department of Physical Education, College of Performing Arts and Sports, Hanyang University, Seoul, South Korea

³Department of Kinesiology, University of Maryland, College Park, MD, USA

⁴Guemgang University, Nonsan, South Korea

⁵Department of Mechanical Engineering, Kyunghee University, Global Campus, Kyung-gi, South Korea

⁶Fischell Department of Bioengineering/Neuroscience and Cognitive Science (NACS) Program, University of Maryland, College Park, MD, USA

Corresponding author

Yang Sun Park

Department of Physical Education, College of Performing Arts and Sports, Hanyang University, #318 Olympic Gym, 222 Wangshimni-ro, Seongdong-gu, Seoul, 04763, South Korea

Phone: +82-2-2220-4199, Fax: +82-2-2220-1337, Email: yangsun21@daum.net

Acknowledgements

This study was supported by the National Research Foundation of Korea through grant funding from the Korean Government (Ministry of Science, ICT, and Future Planning) in 2012 (NRF-2012R1A6A3A04040457).

Abstract

Objective: The first aim of this study was to develop a core strength training equipment with senior friendly easy-to-use features. The second aim of this study was to investigate the core strength training effect on performance and stability of daily living activities using the equipment.

Method: In this study, we developed a training equipment with a stability ball that provides core strength exercises in the elderly. Twenty three elderly subjects (age: 77.87±6.95 yrs, height: 149.78±6.95 cm, and weight: 60.57±7.21 kg) participated in this study. The subjects performed the core strength training exercise with 16 repetitions for 8 weeks (2 repetitions per week). Performance of daily living activities was assessed through Short Physical Performance Battery (SPPB), test of going up and down 4 stairs, one leg static balance test. Stability was quantified as variability of center of pressure (COP) and C90 area.

Results: The core strength equipment provided trunk core strength exercise by pulling or pushing a rope with two hands on the stability ball. During the task, the tension in the rope was manipulated by a motor connected to the rope and COP of the subject was measured by four load-cells mounted in the equipment. Our results showed that in the post-test of the core strength training, SPPB score was significantly greater ($p < .05$), completing time of going up and down 4 stairs⁴ was significantly shorter ($p < .05$), one leg static balance was

statistically improved with eyes-open condition ($p < .05$) as compared to the pre-test. In the result of the COP, both variability of COP in anterior-posterior and medial-lateral directions and C90 area were significantly lower in the post-test ($p < .05$) as compared to the pre-test.

Conclusion: The core strength training exercise using the equipment developed in the current study improved performance and stability of daily living activities for elderly.

Keywords: core exercise equipment, development, old adult, COP, daily living activities

서론

사회적으로 노인수의 증가는 노인의 만성질환 유병률과 낙상과 관련된 부상의 증가를 유발하고 1인당 보건 지출률을 점차적으로 높이고 있는 문제점을 야기시킨다(Reinhardt, 2003; Rubenstein, 2006). 노화에 따른 신체적 변화는 중추 신경계(예, 감각과 운동뉴런의 손실), 신경 근육(예, 유형 2 근섬유 위축), 그리고 뼈 시스템의 악화 및 변질을 초래하고, 이는 과도한 척추 후만증 자세와 연관이 있다고 보고 있으며, 이로 인해 노인의 자세 조절능력을 떨어뜨림과 동시에 힘과 저항력의 손실을 유발한다고 하였다(Katzman, Vittinghoff & Kado, 2011; Callisaya, Blizzard, Schmidt, McGinley & Srikanth, 2010; Kasukawa et al., 2010). 이에 따라 다양한 관점에서 노인의 근력 증가와 저항력 및 균형능력 등 자세와 관련 있는 신체기능을 향상시키기 위한 노력이 연구되어져 왔는데, 그동안 많은 부분이 하지의 근력을 증가시킴으로서 노인의 낙상에 대한 노출을 감소시키고 동적인 자세의 안정성을 높인다는 선행 연구가 많이 진행되어 왔다(Granacher, Muehlbaue, Zahner, Gollhofer, & Kressig, 2011; Park, Kim, Kim, Lee, & Lim, 2010; Granacher, Zahner & Gollhofer, 2008).

그러나 최근의 연구 동향을 보면, 일상생활에서 성공적인 움직임 수행과 스포츠와 관련 있는 활동을 위해서는 코어 강화의 중요성을 강조하고 있다(Granacher, Lacroix, Muehlbauer, Roettger, & Gollhofer, 2012; Akuthota & Nadler, 2004). 코어는 사지의 근육이 척추에 대해 스트레스를 갖지 않는 상태에서 기능적 활동을 완수할 수 있도록 작용하는 척추, 복부, 골반 등의 체간 중심 근육(core muscle)을 코어라고 한다(Kisner & Colby, 2002). 코어는 일상생활에서의 활동과 건강, 그리고 스포츠의 기술을 수행 하는 동안 상지와 하지 간의 각 운동량과 토크의 전달을 용이하게 하는 운동역학적 연결고리 역할을 한다고 하였다(Behm, Drinkwater, Willardson & Cowley, 2010). 또한, 코어는 원위의 운동성을 위해 근위 안정성을 제공하기 때문에 스포츠와 관련된 활동 뿐 아니라 일상생활에 있어서도 특별히 중요하다고 보고 있다(Kibler, Press & Sciascia, 2006).

노인의 코어 강화와 관련된 선행 연구들을 살펴보면, Suri, Kiely, Leveille, Frontera, & Bean (2009)은 지역사회 노인들을 대상으로 몸통 근육 강화와 균형성, 그리고 일상생활 기능과 관계가 있음을 증명하였다. Hicks 등(2005)은 몸통 근육 구성이 노인들의 기능적 안정성을 평가하는 요소로 예측할 수 있다고 밝혔다. 또한 많은 학자들은 노인들에게 코어 강화 훈련이 몸통 근육 강화, 자세 조절, 균형성 및 기능적 안정성의 향상을 야기 시키는 잠재성을 가지고 있다고 보고 있다(Katzman, Vittinghoff & Kado, 2011; Suri, et al., 2009; Hicks et al., 2005).

위에서 언급된 여러 선행 연구들로 이미 코어 강화가 노인들의 일상생활 능력 향상과 자세의 안전성을 도모하는 요인임을 밝혀졌음에도 불구하고, 현실적으로 노인들 스스로가 코어 운동을 실행하기가 쉽지 않아 코어 운동 보급에 어려움이 있다. 일반적으로, 윗몸일으키기 운동은 몸통의 근력을 강화시킬 수 있는 대표적 운동이나, 노인들이 실시하기에는 요추에 과도한 압력을 유발할 수 있기 때문 안전하지 않다고 하였다(Bogduk 2005; Jucker, McGill, Kropf & Steffen, 1998). 또한 코어 강화 운동 중 신체의 후면(posterior)에 실시하는 저항 운동의 부상에 대한 노출이 잦으며, 특히 척추 신전근의 무거운 저항 훈련은 신체에 위험한 부하를 줄 수 있다고 보고되고 있다(Akuthota & Nadler, 2004). 코어 운동으로 주로 활용되고 있는 프로그램들을 보면, 일반적으로 코어 안정화 강화 훈련(core instability strength training)을 위해 요가(Ni, Mooney, Harriell, Balachandran, & Signorile, 2014; Schmid, Van Puymbroeck, & Koceja, 2010) 및 필라테스 등을 이용하여(Newell, Shead, & Sloane, 2012; Smith, & Smith, 2005) 코어 훈련의 긍정적인 효과를 입증하여 왔다.

그러나 이러한 운동 프로그램은 주로 단체수업으로 이루어지고 있어, 우선적으로 올바른 자세를 유지해야만 하는 수행할 수 있는 코어 운동 프로그램의 효과는 노인들이라는 대상의 특성상 개별적 문제점을 가지지 않을 수 없다.

이에 본 연구자는 노인들 스스로 코어 운동을 할 수 있는 환경이 필요함을 인식하였고, 노인에게 신체적 무리가 없고 스스로

코어 운동을 할 수 있는 시스템의 필요성을 가졌다. 이에 본 연구에서는 노인 스스로 조작성이 용이하고 노인의 정서를 반영한 노인들을 위한 코어 운동 기구를 개발하였다. 본 연구의 목적은 본 연구에서 개발된 노인용 코어 운동 기구를 이용하여 8주간의 운동 훈련 효과가 노인의 일상생활 능력과 체간 코어 강화에 집중한 운동의 효과를 나타내는지를 검증하기 위해 신체수행 능력 검사와 운동 시 신체의 압력중심 이동(COP)을 분석하는데 있다.

연구방법

1. 연구 대상자

본 연구는 S시에 거주하고 있는 근골격계에 이상이 없는 65세 이상 노인 여성 23명을 대상으로 하였다. 연구대상자들의 평균 나이는 77.87 ± 6.95 yrs, 신장은 149.78 ± 6.95 cm, 체중은 60.57 ± 7.21 kg 이었다. 검사자는 연구대상들에게 실험에 참여하기 전 실험과정에 대한 설명을 하고 자발적 참여의사와 동의서를 받았으며, 이 연구는 한양대학교 기관생명윤리심의위원회의 허가를 획득하였다(IRB: HYI-12-044-보완2).

2. 노인용 코어운동기구 디자인

2.1 운동기구 외부 디자인

본 연구에서는 노인이 직접 조작성이 가능하고 하지의 운동이 아닌 상지 움직임만을 유발한 (팔을 잡아당기는 운동 형태) 운동 시 코어 체간 근육을 단련시킬 수 있도록 피험자가 앉아 있는 지면의 형태의 불안정을 유발(짐볼 형태) 하는 운동기구의 형태를 디자인 하였다.

이때, 코어 체간중심의 근육 힘 발현에 집중할 수 있도록 몸의 무게중심 이동 경로를 파악하여 운동 결과 피드백을 제시하도록 디자인 하였다.

2.2 소프트웨어 디자인

본 연구에서는 노인의 흥미를 유발한 게임 형태의 운동을 유발하기 위해 민요곡과 트로트 음악을 내재하고, 음악과 운동 프로그램이 동기화 될수 있도록 하였으며, 결과 피드백을 점수를 제시하여 운동 동기 유발을 증가할 수 있도록 디자인 하였다.

3. 운동 프로그램 구성

연구 대상인 23명의 여성 노인은 연구자가 개발한 코어운동기구를 활용하여 8주간 주 2회씩 총 16회 운동기간에 참여 하였다. 운동프로그램의 구성은 아래 <Table 1> 과 같다.

Table 1. Process of core training program during 8 weeks

Traning weeks	Composition of program
1 wk	Streching (5 min) / Low level in core program (10 min) / Streching (5 min)
2 wks	Streching (5 min) / Low level in core program (10 min) / Streching (5 min)
3 wks	Streching (5 min) / Low level (5 min) and middle level (10 min) in core program / Streching (5 min)
4 wks	Streching (5 min) / Low level (5 min) and middle level (10 min) in core program / Streching (5 min)
5 wks	Streching (5 min) / Middle level in core program (15 min) / Streching (5 min)
6 wks	Streching (5 min) / Middle level (5 min) and hign level (10 min) in core program / Streching (5 min)
7 wks	Streching (5 min) / Meddle level (10 min) and high level (10 min) in core program / Streching (5 min)
8 wks	Streching (5 min) / Meddle level (10 min) and high level (10 min) in core program / Streching (5 min)

4. 측정항목 및 방법

4.1 신체조성검사

신장과 체중은 자동신장 체중계(SH-9600A, Sewoo system)를 사용하여 측정을 실시하였다. 신체조성은 생체전기저항분석법을 이용한 체성성분분석기(Inbody 4.0, Biospace)를 사용하였으며, 신체체질량지수(body mass index, BMI)는 ACSM에서 제시하는 공식에 의해 체중(kg)을 신장(m)의 제곱(m²)으로 나누어 산출된 수치를 결과 값으로 기록하였다.

4.2 일상생활기능검사

일상생활기능검사는 신체 수행력 검사(SPPB), 계단오르내리기(Going up and down 4 stairs), 그리고 한 발 정적평형검사(Static balance one leg)를 측정하였고, 자세한 측정 방법은 아래에 설명하였다.

4.2.1 신체 수행력 검사(SPPB: Short Physical Performance Battery)

신체 수행력 검사는 균형 검사, 의자에서 일어서기, 보행 속도를 측정하고 3가지 점수를 합하여(총 12점) 일상생활에서의 기능과 관련된 신체 수행력을 평가하였다. 모든 시간 측정은 스탱워치를 누른 후 0.1초에 가장 근접한 시간부터 측정되었다. 그리고 각각의 측정된 데이터는 수행동작에 기초하여 0-4점 사이로 매겨졌으며, 최고점은 12점이다(Guralnik et al., 2000).

① 평형 검사(Balance test)

평형 검사의 유형은 3가지로 일반 자세(side-by-side stance), 반 일렬 자세(semi-tandem stance), 그리고 일렬 자세(tandem stance)를 측정하였다. 일반 자세는 다리를 어깨 넓이로 벌리고 선 자세에서 상지는 편안하게 체간에 붙인 자세이며, 반 일렬 자세는 다리를 발이 반만 겹치게 붙이고 선 자세이며, 일렬 자세는 일반 자세에서 다리를 일렬로 붙인 자세를 말한다. 평가 기준은 각 자세에서 10초 이상 유지할 수 있는지를 평가하므로, 본 연구에서는 60초 이상의 시간은 측정하지 않았다. 일반 자세와 반 일렬 자세를 10초 이상 유지할 경우는 각각 1점씩, 일렬 자세의 경우에는 3초 이상 유지하면 1점, 10초 이상을 유지하면 2점을 주어 평형 검사의 만점은 3점으로 하였다.

② 보행 속도(Gait speed)

보행 속도는 기립상태에서 4m를 평상시 걷는 속도로 걸어가는데 걸리는 시간(sec)을 측정하여, 시행하지 못하였을 경우 0점, 8.7초 이상 소요되었을 경우 1점, 6.21-8.7초는 2점, 4.82-6.20초는 3점, 4.82초 이내의 경우는 4점으로 평가 하였다. 총 2회를 측정하였으며 가장 빠른 시간을 기준으로 하였다.

③ 의자에서 일어나기(Raising from a chair 5 times)

의자에서 일어나기 검사는 손을 가슴에 팔짱을 낀 상태를 유지한 자세로 일어서기와 앉기를 가능한 빠르게 5회 반복하는데 걸린 시간을 측정하였다. 평가 기준은 60초 이상 소요되거나 수행하지 못하면 0점, 16.7초 이상이면 1점, 13.7-16.69초면 2점, 11.2-13.69초면 3점, 11.19초 이내에 시행하면 4점으로 하였다.

4.2.2 계단 오르내리기 (Going up and down 4 stairs)

계단 오르내리기 검사는 검사자의 시작 구령에 맞춰 시작되었으며, 선 자세에서 4개의 계단을 내려간 후 4계단을 올라와 두 발이 시작지점에 닿기까지의 시간을 측정하였다.

4.2.3 한 발 정적평형검사(Static balance one leg)

한 발 정적평형검사는 손을 사용하지 않고 가슴에 두 손을 모은 상태의 자세에서 한 쪽 다리를 든 순간부터 바닥에 들고 있던 다리가 닿기까지의 시간을 측정하였다. 눈을 뜬 상태의 한 발 정적평형검사(Static balance one leg with open eyes)와 눈을 감은 상태의 한 발 정적평형검사(Static balance one leg with closed eyes)로 2가지를 측정하였다.

4.3 COP 측정

본 연구에서는 노인용 코어 운동 기구를 통하여 노인의 신체중심의 이동경로에 따른 코어 운동 결과 피드백(점수)을 제공하기 위해, 노인이 앉아 있는 지면아래 4개의 로드셀을 설치하였고 이것을 이용하여 COP를 산출하였다. 노인의 운동기간 8주 (주

2회) 동안 실시된 총 16회의 COP data를 축적하였다.

5. 자료처리방법

5.1 신체조성 및 일상생활기능검사

본 연구의 모든 변인은 평균과 표준편차로 나타냈으며, 자료처리는 코어운동기구 8주 훈련 전 . 후의 신체조성, SPPB, 계단오르내리기, 그리고 한 발 정적평형검사의 차이를 검증하기 위해 paired t-test를 사용하였다.

5.2 COP 산출

COP의 모든 자료는 1주간 2회의 데이터를 총 합산하여 평균화 하였으며, 총 8주간 변화차이를 검증하기 위해 8회의 데이터 자료처리 하였다. COP 변인을 자료처리하기 위해 전후방향(AP: anteroposterior)과 좌우방향(ML: mediolateral)의 신호를 위상면 유사물(Phase plane portrait) 처리 하였고, 이 방법은 COP에서 포지션과 속도 둘 다 고려하여 자세 조절의 정적과 동적 면적의 정보를 제공하는 것으로 알려져 있다(Riley, Benda, Gill-Body, & Krebs, 1995). COP 산출시 전후방향, 좌우방향, 합방향 그리고 C90 area 는 <표 2> 와 같이 수식을 이용하여 산출하였다(Moghadam, Ashayeri, Salavati, Sarafzadeh,, Taghipoor, Saeedi, & Salehi, 2011).

산출된 전후방향(AP), 좌우방향(ML), 합방향(Total), 그리고 COP 90 area 변인은 8주 동안 8회(1주 2회 평균화)의 자료를 분석하기 위해 repeated ANOVA를 사용하였으며, 사후검증으로 1주차의 자료를 기준으로 하여 simple test를 진행하였다. 모든 통계처리는 PASW Statistics 18.0을 이용하였으며 유의수준은 $p < .05$ 로 설정하였다.

Table 2. The formulae for calculating the COP measures

Parameter	Formula
Phase plane portrait (arbitrary unit)	
AP	$\sigma_{r_x} = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_v^2}$ where $\sigma_x = \sqrt{\frac{\sum(x_i - \bar{x})^2}{N-1}}$, $\sigma_v = \sqrt{\frac{\sum(v_x - \bar{v})^2}{N-1}}$, $v_x = \frac{x_{i+1} - x_i}{t_{i+1} - t_i}$
ML	$\sigma_{r_y} = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_v^2}$ where $\sigma_y = \sqrt{\frac{\sum(y_i - \bar{y})^2}{N-1}}$, $\sigma_v = \sqrt{\frac{\sum(v_y - \bar{v})^2}{N-1}}$, $v_y = \frac{y_{i+1} - y_i}{t_{i+1} - t_i}$
Total	$\sigma_{r_z} = \sqrt{\sigma_{r_x}^2 + \sigma_{r_y}^2}$
Area(mm ²)	$A = 2\pi F_{0.05[2, N-2]} \sqrt{\sigma_x^2 \sigma_y^2 + \sigma_{xy}^2}$ where $\sigma_{xy} = \frac{(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{N-1}$

COP: center of pressure; AP: anteroposterior; ML: mediolateral.

결 과

1. 노인용 코어 운동 기구 개발

본 연구에서는 노인이 전문적으로 사용할 수 있는 코어 운동 기구(특허출원번호:10-2015-0067635)를 개발하였다. 코어 운동 기구의 구동은 노인이 짐볼 형태인 보수볼 위에 앉아 모니터에서부터 나오는 프로그램, 즉 양팔로 잡아당길 수 있는 모터 부하가 있는 로프를 이용하여 프로그램에서 제시하는 대각선 상, 대각선 하 방향으로 로프를 잡아당기는 움직임을 실행하거나, 로프가 반대로 당기면 팔꿈치 높이의 자세에서 버티는 운동을 하는 것이다. 이때, 로프를 잡아당기거나 로프가 감길 때, 그 방향대로 몸이 따라가지 않도록 노인이 앉아 있는 보수볼 위에서 신체 중심을 센터로 최대 유지하도록 하였는데, 이 과정에서 코어를 강화시키는 복근, 외사근, 등근육, 허리근육, 그리고 중

둔근의 근수축을 유발하는 동작으로 운동의 범위가 전위된다.

운동기구는 <그림 1>과 같이 하드웨어와 소프트웨어 두가지 부분으로 나누어 설명할 수 있다. 하드웨어는 높낮이 조절이 가능한 보수볼, (노인이 앉 곳: 하단 지면에 4개의 로드셀을 이용하여 노인의 중심이동 COP를 실시간으로 추적), 노인의 팔꿈치 높이에 맞출 수 있는 높낮이가 조절되는 로프(모터를 이용한 당기기, 버티기 두 동작 가능), 운동시 안전을 고려한 안전바, 그리고 운동 프로그램을 내재한 소프트웨어가 실시되는 모니터(터치스크린 기능)로 이루어져 있다.

소프트웨어는 노인이 직접 음악장르를 선택할 수 있는 트로트(10곡)와 민요(8곡)가 랜덤 방식으로 출력되고, 모니터에서는 각 음악의 박자에 맞춰 화살표 방향(당기기: 대각선 상, 하 화살표, 버티기: 안쪽 화살표)이 제시된다. 동시에 몸 중심의 COP를 추적하여 모니터에서 실시간으로 자신의 신체중심 위치를 확인할 수 있는 마크가 있어, 노인의 무게중심이 움직이는 궤적을 따라 마크의 움직임을 볼 수 있다. 한 음악에 따른 운동이 끝났을 때 COP의 이동범위(전후방향과 내외방향의 합)를 계산하여 운동 피드백 점수를 제시하였다. 운동의 난이도는 초급, 중급, 상급으로 구분하여 동작의 동선이 점점 복잡해지는 형태로 프로그래밍 하였다.

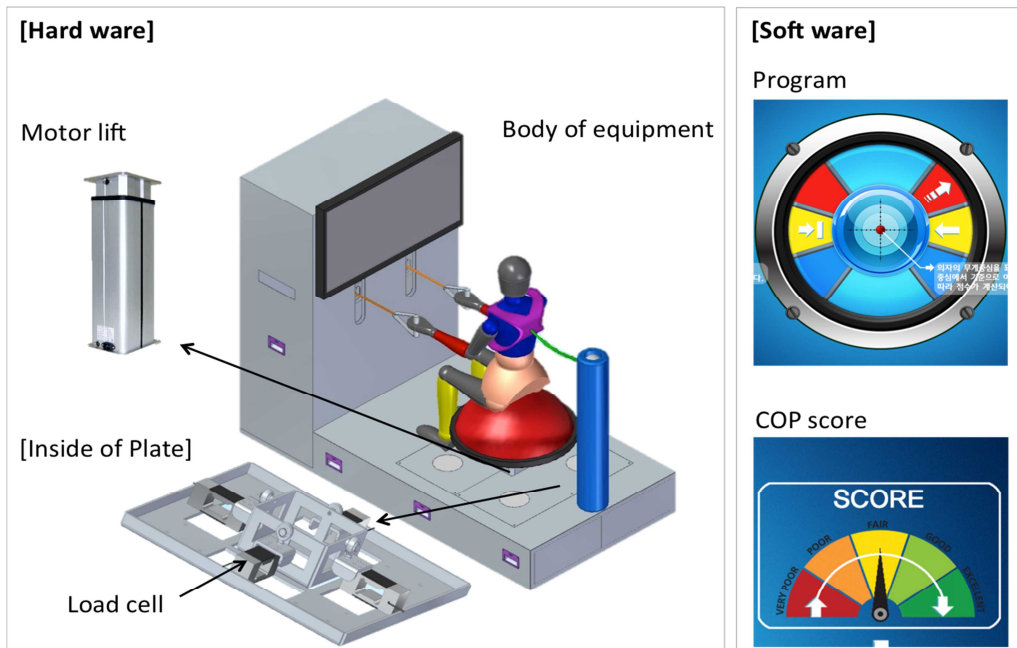


Figure 1. Development of core exercise equipment for old adults.

2. 신체조성 검사

8주 동안 코어운동기구훈련을 실행한 노인의 훈련전과 훈련후의 신체구성 결과 <Table 3> 과 같이 체중, 골격근량, 체지방량, BMI, 체지방률, 그리고 기초대사량에서 유의한 차이가 나타났다($p < .05$).

3. 일상생활기능검사

코어운동기구에 대한 훈련을 8주간 실시한 노인의 훈련전과 훈련 후 신체 수행력(SPPB), 계단오르내리기와 한 발 정적평형검사의 결과는 <Table 4>와 같이 나타났다. 연구 결과, 신체수행력(SPPB)의 전체점수가 유의하게 높아졌고 ($p < .05$), 4 계단오르내리기의 시간은 유의하게 작아졌으며 ($p < .05$), 한발 균형능력 검사에서는 모두 눈을 뜨고

실행한 조건에서만 유의한 차이가 나타났다($p < .05$).

4. COP

본 연구는 COP변수를 이용하여 노인의 코어운동기구훈련의 효과를 알아보하고자 COP를 4가지로 방법으로 나누어 산출하였다. COP의 전후방향(AP), 좌우방향(ML), 합방향(Total), 그리고 COP 90 area를 측정하였으며, 그 결과는 다음과 같다(Figure1). 연구 결과, 전후방향의 COP는 8주간의 운동훈련이 $F=4.345$, $P=.000$ 로 유의하게 차이가 나타났다. 1주차를 기준으로 한 사후검증 simple test 결과, 4주에서 $F=10.244$, $P=.008$ 로 나타났다. 좌우방향에서 8주간의 운동 훈련이 $F=4.425$, $P=.000$ 로 유의한 차이가 나타났고, 1주차를 기준으로 한 사후검증 결과, 4주에서 $F=11.119$, $P=.006$ 으로 나타났다. 합방향은 8주간의 운동훈련이 $F=4.425$, $P=.000$ 로 유의한 차이가 나타났다. 1주차를 기준으로 한 사후검증 결과, 4주에서 $F=11.119$, $P=.006$ 으로 나타났다. COP 90 area 결과, 8주간의 운동훈련이 $F=3.417$, $P=.003$ 로 유의한 차이가 나타났다. 1주차를 기준으로 한 사후검증 결과, 4주에서 $F=7.298$, $P=.019$ 유의한 차이가 나타났고, 7주에서 $F=5.371$, $P=.039$ 으로 유의한 차이가 나타났다.

Table 3. Result of body composition for subjects

Variable	Test	Pre	Post	t-value
Weight(kg)		60.57±7.24	59.48±7.47	3.272*
Skeletal muscle mass(kg)		19.00±2.15	19.61±2.02	3.480*
Fat mass(kg)		24.30±5.68	22.52±5.82	5.096*
BMI(kg/m ²)		27.09±3.37	26.35±3.13	3.364*
Percent body fat(%)		40.04±5.66	37.39±5.63	4.985*
Basal metabolic rate(kcal)		115.39±80.13	1169.00±73.73	3.257*

Values are Mean±SD, significant at * $p < .05$

Table 4. Result of SPPB, going up and down of 4 stairs and static balance test for one leg (unit: sec)

Variable	Test	Pre	Post	t-value	
SPPB	Side-by-Side Stance	55.65±14.41	60.00±0.00	1.447	
	Balance	Semi-Tandem Stance	53.39±15.83	60.00±0.00	2.003
		Tandem Stance	36.22±19.98	34.00±20.73	0.401
	Gait speed	4.00±1.28	3.43±0.73	2.418*	
	Rising from a chair 5 times	10.44±6.07	8.51±2.54	2.127*	
	Total score of SPPB (score)	11.30±1.40	11.70±0.77	2.598*	
Going up and down of 4 stairs		8.55±4.39	5.24±2.47	3.449*	
Static balance test for one leg	open eyes	4.70±3.93	7.15±5.01	2.124*	
	closed eyes	2.00±1.85	1.93±1.12	0.182	

Values are Mean±SD, significant at * $p < .05$

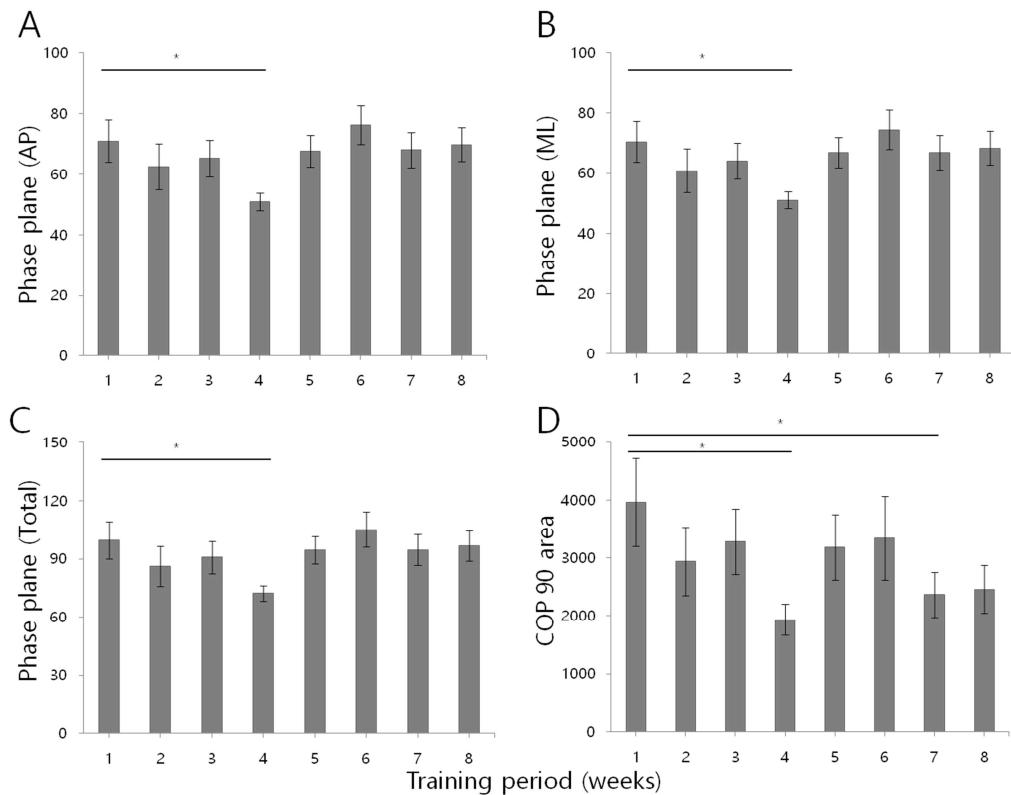


Figure 2. Result of COP data during training period. COP: center of pressure, AP: anteroposterior, ML: mediolateral, Total: sum of AP and ML. Units of COP measures are as follows: mm² (COP 90 area); Phase plane is in an arbitrary unit, significant at * $p < .05$, ** $p < .01$.

논 의

본 연구에서 개발된 운동기구는 노인들의 정서를 접목한 트로트와 민요 음악이 내재되어 있는 운동프로그램에 따라 팔꿈치 높이의 준비 자세에서 로프를 대각선 상, 하 방향으로 당기거나 준비 자세에서의 힘을 버티는 동작을 통해 체간의 복직근, 외사근을 수축시키며 등근육과 요근을 신장시키는 운동효과 유발을 유추할 수 있다.

개발된 운동기구를 통하여 8주간 노인의 코어운동을 실시한 결과, 노인의 근골격근량 증가와 더불어 BMI가 감소하는 등 신체구성의 향상이 나타났으며, 신체기능과 밀접한 관련이 있는 SPPB의 점수가 높아졌다. 선행된 연구에 의하면 노인들을 위한 체간 신전 강화 운동은 노인의 신체기능을 평가할 수 있는 SPPB의 점수를 향상시켰으며(Granacher et al., 2012), 필라테스 프로그램을 기반으로 실행한 코어 안정화 운동은 노인의 보행속도를 유의하게 증가시켰다고 보고하고 있다(Newell, Shead, & Sloane, 2012). 이에 본 연구결과에서 나타난 SPPB 점수가 코어운동기구 훈련전보다 훈련후에 유의하게 높게 나타난 결과와 SPPB의 세부 항목 중 보행속도가 유의하게 빨라진 것은 선행연구의 결과를 지지하고 있다. 특히 Newell, Shead, & Sloane(2012)이 보고한 연구에서 노인의 코어 안정화 운동을 8주간 실시하여 노인의 보행에 영향을 미쳤다는 보고는 본 연구결과에서 실시한 운동기간이 동일하므로 더욱 밀접한 관련이 있어 보인다.

한편, 체간 근육의 활동이 걷기, 달리기, 계단 오르기 동작 등의 다양한 활동의 기능을 극대화시키고 관절에 부하하는 체중부하를 최소화시키기 위해 필수적 요소(Ryerson, Byl, Brown, Wong, & Hidler, 2008)라는 관점에서 볼 때, 본 연구 결과에서 나타난 계단오르내리기의 속도가 유의하게 빨라진 것은 코어운동기구를 통한 운동이 노인의 동적균형에 영향을 미쳤을 여지

가 있음을 시사한다. 체간 운동이 노인의 일상생활뿐만 아니라, 동적균형능력과 정적균형에도 영향을 미친다는 보고는 여러 연구에서 입증되어 왔다(Stevens, Coorevits, Bouche, Mahieu, Vanderstraeten, & Danneels, 2007; O'sullivan, 2000; Lee, et al., 2013). 본 연구결과에서도 노인의 계단오르내리기 뿐만 아니라 눈뜨고 한발로 균형을 유지하는 정적균형능력도 향상됐음을 확인하였다. 이에 본 연구에서 개발된 운동기구가 노인의 일상생활과 밀접한 관련이 있는 신체기능 능력, 동적균형능력 그리고 정적균형능력을 향상시켜 본 연구 설계에서 의도한대로 노인의 코어를 향상시키는 운동기구로서 역할을 하였다고 사료된다.

체간 근육과 신체의 안정성과의 관계에서 볼 때, 신체의 안정성은 체간 근육과 그 근육들이 제공하는 강성(stiffness)이 모아짐으로써 유지되며(Bergmark 1989; Crisco & Panjabi 1991), 안정성이 유지되면 척추 시스템은 체간 길항 근육 활성화의 증가로 인해 외부 교란에 더욱 견고해 질 수 있는 자세로 유지할 수 있다고 하였다(Gardner-Morse & Stokes 2001; Granata, Slota, & Bennett, 2004). 앉아 있는 자세에 대한 생체 역학적 평가는 임상적 평가보다 더 큰 통찰력을 제공한다고 하는데(Genthoon, Vuillerme, Monnet, Petit, & Rougier, 2007), 본 연구는 노인의 앉은 자세에서 운동 시 신체 중심 이동 궤적을 추적한 결과를 COP로 산출하고 그 변인들의 이동 궤적이 작아질수록 외부 교란(즉, 본 연구에서는 팔의 움직임 유도)에 대해서 코어가 동요를 작게 받았다는 것으로 가설을 세웠다. 이에 8주간 진행된 운동 훈련 동안 신체중심 동요가 작아졌다는 것은, 곧 노인들의 코어 강화를 유도하는 것에 영향을 미친다는 것으로 해석할 수 있다. 신체중심을 측정할 수 있는 COP는 신호로부터 받은 다양한 자료들로부터 자세 조절 메커니즘을 설명할 수 있는 여러 가지 정보를 제공한다(Palmieri, Ingersoll, Stone & Krause, 2002). COP 변인 분석을 통하여 많은 연구들이 노인들의 낙상 위험을 예측하기도 하였으며(Piirtola & Era, 2006; Pajala, Era, Koskenvuo, Kaprio, Törmäkangas, & Rantanen, 2008), 균형 훈련 프로그램의 효과성도 입증하였다(Crilly, Willems, Trenholm, Hayes, & Delaquerriere-Richardson, 1989; Judge, Lindsey, Underwood & Winsemius, 1993). 본 연구결과에서 나타난 COP의 전후방향, 좌우방향, 합방향 그리고 area에서 모두 8주 동안 8회의 데이터를 합산하여 분석한 결과 유의한 차이를 발견할 수 있었고($p < .05$), 이것은 8주 안에 노인의 신체중심 이동 궤적은 유의하게 작아졌다는 것을 의미한다. 본 연구결과와 사후검증에서 알 수 있듯이, 코어 운동 기구를 통한 노인의 신체 중심 이동 경로는 1주치의 움직임에 비해 4주차에서 전후방향, 좌우방향, 합방향 그리고 area에서 모두 유의하게 작아져($p < .01$), 코어 강화를 통한 신체 중심의 이동궤적을 최소화 시키는 움직임이 운동 4주 후에 나타났음을 알 수 있었다. 4주간 노인의 기능향상을 유도한 연구들을 살펴보면, 노인들을 대상으로 스위스볼을 이용한 체간 안정화 운동을 4주 동안 실행한 Choi, Lim, Cho, Kim, Kim, & Lee (2012)의 연구에서 코어 안정화 운동이 균형과 보행에 유의한 영향을 미쳤다는 연구, 그리고 Lee et al. (2013)의 연구에서 60세 이상 노인에게 체간 중심 안정화 운동을 결합한 운동을 4주간 실시한 결과 노인의 균형 능력 증진에 더 효과적이었다는 연구가 있다. 이러한 선행연구는 본 연구의 노인을 위한 운동효과를 검증하는 유의한 운동수행 기간을 지지한다. 또한 Tsang & Hui-Chan(2004)의 연구에 의하면 코어 강화를 위한 타이치 운동을 통하여 노인의 전정기와 정적 평형능력을 향상시키는 데 4주후부터 운동의 효과가 유의하게 증진되어 8주까지 운동의 효과가 있었음을 제시하였는데, 이러한 선행연구로 볼 때, 본 연구결과 COP area에서 나타난 결과가 노인의 코어 운동 수행동안 신체의 중심을 최소화하는데 4주 이후부터 8주까지의 운동 효과가 긍정적인 영향을 미친 것으로 해석된다.

본 연구에서 개발한 노인용 코어운동기구는 외부교란(즉, 팔의 움직임과 운동을 유발해 몸통의 중심을 유지하는 것)을 통하여 코어에 관련된 근육의 협응과 강화를 유발하는 시스템으로 설계되어 있다. 결국 운동 결과 피드백인 COP의 움직임 궤적을 통해 코어 관련 근육에 영향을 미쳤을 것이라는 가설에 근거하였으므로, 추후 코어에 영향을 주는 근육의 직접적인 활성화 분석을 통하여 코어 근육 강화 효과를 입증하는 방법 또한 필요할 것으로 보여진다.

결론

본 연구는 노인의 정서를 고려하고 노인 스스로 코어 운동을 실시할 수 있는 노인용 코어 운동기구를 개발하고 운동의 효과를 검증하는데 목적이 있다. 신체기능의 향상 여부를 검증하기 위해 SPPB, 4계단오르내리기, 그리고 정적균형능력 검사를 실시하였으며, 운동기구에 내재된 COP의 이동궤적을 추적함으로써 운동 기간에 따른 그 변화양상을 분석하여, 다음과 같은 결론을 얻었다.

노인용 코어 운동기구를 통한 8주간 운동이 노인의 일상생활과 관련이 있는 신체수행능력, 계단오르내리기 그리고 정적균형 능력을 증가시켰다.

8주간 실행된 노인용 코어 운동기구에서 측정된 COP의 움직임 궤적은 전후방향, 좌우방향, 합방향 그리고 C90 area에서 모두 유의하게 줄어들어 체간 코어 강화에 집중한 운동의 효과를 유발하였다.

본 연구를 통해 개발된 노인용 코어 운동기구는 노인의 체간 코어 강화를 유발하여 노인의 일상생활 기능의 향상을 증진시킬 수 있는 운동기구로서 볼 위에 앉아서 실시하는 상지의 운동만으로 코어 기능을 증가시킬 수 있는 특징을 가지고 있어, 하지가 불편한 노인들에게 긍정적으로 활용할 수 있을 것이라 기대된다.

참고문헌

- Akuthota, V., & Nadler, S. F. (2004). Core strengthening. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 85, 86-92.
- Behm, D. G., Drinkwater, E. J., Willardson, J. M., & Cowley, P. M. (2010). The use of instability to train the core musculature. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 35(1), 91-108.
- Bergmark A (1989) Stability of the lumbar spine. A study in mechanical engineering. *Acta Orthop Scand Suppl* 230, 1-54.
- Bogduk, N. (1997). *Clinical anatomy of the lumbar spine and sacrum, 3rd ed.* New York: Churchill Livingstone.
- Callisaya, M. L., Blizzard, L., Schmidt, M. D., McGinley, J. L., & Srikanth, V. K. (2010). Ageing and gait variability a population based study of older people. *Age and ageing*, 40(2), 250-255.
- Choi, S. H., Lim, J. H., Cho, H. Y., Kim, I. B., Kim, M. K., & Lee, H. Y. (2012). The effects of trunk stabilization exercise using swiss ball and core stabilization exercise on balance and gait in elderly women. *Journal of the Korean Society of Physical Medicine*, 7(1), 49-58.
- Crilly, R. G., Willems, D. A., Trenholm, K. J., Hayes, K. C., & Delaquerriere-Richardson, L. F. O. (1989). Effect of exercise on postural sway in the elderly. *Gerontology*, 35(2-3), 137-143.
- Crisco, J. J. III, & Panjabi, M. M. (1991). The intersegmental and multi segmental muscles of the lumbar spine. A biomechanical model comparing lateral stabilizing potential. *Spine*, 16, 793-799.
- Gardner-Morse, M. G., & Stokes, I. A. (2001). Trunk stiffness increases with steady-state effort. *Journal of biomechanics*, 34(4), 457-463.
- Genthon, N., Vuillerme, N., Monnet, J. P., Petit, C., & Rougier, P. (2007). Biomechanical assessment of the sitting posture maintenance in patients with stroke. *Clinical biomechanics*, 22(9), 1024-1029.
- Granacher, U., Lacroix, A., Muehlbauer, T., Roettger, K., & Gollhofer, A. (2012). Effects of core instability strength training on trunk muscle strength, spinal mobility, dynamic balance and functional mobility in older adults. *Gerontology*, 59(2), 105-113.
- Granacher, U., Muehlbauer, T., Zahner, L., Gollhofer, A., & Kressig, R. W. (2011). Comparison of traditional and recent approaches in the promotion of balance and strength in older adults. *Sports medicine*, 41(5), 377-400.
- Granacher, U., Zahner, L., & Gollhofer, A. (2008). Strength, power, and postural control in seniors: Considerations for functional adaptations and for fall prevention. *European Journal of Sport Science*, 8(6), 325-340.
- Granata, K. P., Slota, G. P., & Bennett, B. C. (2004). Paraspinal muscle reflex dynamics. *Journal of biomechanics*, 37(2), 241-247.
- Guralnik, J. M., Ferrucci, L., Pieper, C.F., Leveille, S. G., Markides, K. S., Ostir, G. V., . . . & Wallace, R. B. (2000). Lower extremity function and subsequent disability consistency across studies, predictive models, and

- value of gait speed alone compared with the short physical performance battery. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, 55(4), M221-M231.
- Hicks, G. E., Simonsick, E. M., Harris, T. B., Newman, A. B., Weiner, D. K., Nevitt, M. A., & Tykavsky, F. A. (2005). Trunk muscle composition as a predictor of reduced functional capacity in the health, aging and body composition study: the moderating role of back pain. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, 60(11), 1420-1424.
- Judge, J. O., Lindsey, C., Underwood, M., & Winsemius, D. (1993). Balance improvements in older women: effects of exercise training. *Physical therapy*, 73(4), 254-262.
- Juker, D., McGill, S., Kropf, P., & Steffen, T. (1998). Quantitative intramuscular myoelectric activity of lumbar portions of psoas and the abdominal wall during a wide variety of tasks. *Medicine and science in sports and exercise*, 30(2), 301-310.
- Kasukawa, Y., Miyakoshi, N., Hongo, M., Ishikawa, Y., Noguchi, H., Kamo, K., ... & Shimada, Y. (2010). Relationships between falls, spinal curvature, spinal mobility and back extensor strength in elderly people. *Journal of bone and mineral metabolism*, 28(1), 82-87.
- Katzman, W. B., Vittinghoff, E., & Kado, D. M. (2011). Age-related hyperkyphosis, independent of spinal osteoporosis, is associated with impaired mobility in older community-dwelling women. *Osteoporosis international*, 22(1), 85-90.
- Kibler, W. B., Press, J., & Sciascia, A. (2006). The role of core stability in athletic function. *Sports medicine*, 36(3), 189-198.
- Kisner, C. & Colby, L. A. (2002). *The therapeutic Exercise: Foundation and techniques, 4th ed.* Philadelphia, PA: F.A. Davis.
- Lee, S. H., Kim, Y. H., Seo, S. K., Kwon, O. S., Yu, W. J., Jung, S. M., & Jeon, B. R. (2013). The Effect of Core Stabilization Exercise on Balance Ability in the Elderly. *Journal of the Korea Entertainment Industry Association*, 7(4), 265-273.
- Moghadam, M., Ashayeri, H., Salavati, M., Sarafzadeh, J., Taghipoor, K. D., Saeedi, A., & Salehi, R. (2011). Reliability of center of pressure measures of postural stability in healthy older adults: effects of postural task difficulty and cognitive load. *Gait & Posture*, 33(4), 651-655.
- Newell, D., Shead, V., & Sloane, L. (2012). Changes in gait and balance parameters in elderly subjects attending an 8-week supervised Pilates programme. *Journal of bodywork and movement therapies*, 16(4), 549-554.
- Ni, M., Mooney, K., Harriell, K., Balachandran, A., & Signorile, J. (2014). Core muscle function during specific yoga poses. *Complementary Therapies in Medicine*, 22(2), 235-243.
- O'sullivan, P. B. (2000). Masterclass. Lumbar segmental 'instability': clinical presentation and specific stabilizing exercise management. *Manual therapy*, 5(1), 2-12.
- Pajala, S., Era, P., Koskenvuo, M., Kaprio, J., Törmäkangas, T., & Rantanen, T. (2008). Force platform balance measures as predictors of indoor and outdoor falls in community-dwelling women aged 63-76 years. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, 63(2), 171-178.
- Palmieri, R. M., Ingersoll, C. D., Stone, M. B., & Krause, B. A. (2002). Center-of-pressure parameters used in the assessment of postural control. *Journal of Sport Rehabilitation*, 11(1), 51-66.
- Park, Y. S., Kim, E. H., Kim, T. W., Lee, Y. S., & Lim, Y. T. (2010). The Effects of 12 Week Balance Ability Improvement Exercise to the Changes of Selected Joint Angles and Ground Reaction Forces during Down Staircase Walking. *Korean Journal of Sport Biomechanics*, 20(3), 267-275.
- Piirtola, M., & Era, P. (2006). Force platform measurements as predictors of falls among older people—a review. *Gerontology*, 52(1), 1-16.

- Reinhardt, U. E. (2003). Does the aging of the population really drive the demand for health care?. *Health Affairs*, 22(6), 27-39.
- Riley, P. O., Benda, B. J., Gill-Body, K. M., & Krebs, D. E. (1995). Phase plane analysis of stability in quiet standing. *Journal of rehabilitation research and development*, 32(3), 227.
- Rubenstein, L. Z. (2006). Falls in older people: epidemiology, risk factors and strategies for prevention. *Age and ageing*, 35(suppl 2), ii37-ii41.
- Ryerson, S., Byl, N. N., Brown, D. A., Wong, R. A., & Hidler, J. M. (2008). Altered trunk position sense and its relation to balance functions in people post-stroke. *Journal of Neurologic Physical Therapy*, 32(1), 14-20.
- Schmid, A. A., Van Puymbroeck, M., & Koceja, D. M. (2010). Effect of a 12-week yoga intervention on fear of falling and balance in older adults: a pilot study. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 91(4), 576-583.
- Smith, K., & Smith, E. (2005). Integrating Pilates-based Core Strengthening Into Older Adult Fitness Programs: Implications for Practice. *Topics in Geriatric Rehabilitation*, 21(1), 57-67.
- Stevens, V. K., Coorevits, P. L., Bouche, K. G., Mahieu, N. N., Vanderstraeten, G. G., & Danneels, L. A. (2007). The influence of specific training on trunk muscle recruitment patterns in healthy subjects during stabilization exercises. *Manual therapy*, 12(3), 271-279.
- Suri, P., Kiely, D. K., Leveille, S. G., Frontera, W. R., & Bean, J. F. (2009). Trunk muscle attributes are associated with balance and mobility in older adults: a pilot study. *PM & R*, 1(10), 916-924.
- Tsang, W. W., & Hui-Chan, C. W. (2004). Effect of 4-and 8-wk intensive Tai Chi training on balance control in the elderly. *Medicine and science in sports and exercise*, 36(4), 648-657.