

노인의 재활 필라테스 운동이 낙상 예방 효과에 대한 고찰

김지선[†]

중원대학교 스포츠산업학과, 교수
(2023년 4월 7일 접수: 2023년 4월 19일 수정: 2023년 4월 22일 채택)

A Study on Effects of the Fall Prevention in the Rehabilitation Pilates Exercise

Ji-Sun Kim[†]

*Department of Sport Industry, Professor, Jungwon University, Chungbuk, Korea
(Received April 7, 2023; Revised April 19, 2023; Accepted April 22, 2023)*

요약 : 본 연구는 노인들의 낙상 위험 기전을 이해하고 필라테스 재활 운동 원리가 노인들의 균형 능력과 자세 안정화에 긍정적 효과를 기대할 수 있는지 선행 연구 자료를 고찰하였고, 재활 필라테스 운동의 낙상 예방 효과에 대한 문헌적 기초자료를 제시하는데 연구의 목적이 있다. 이에 다음과 같은 결론을 제시하고자 한다. 첫째, 재활 필라테스 운동은 척추와 골반의 안정화를 위한 신체 중심부의 강화 운동이 가능하고, 신경근을 촉진시켜 균형과 관절 안정화에 효과가 있다. 둘째, 노화에 따른 고유수용기 감각 저하와 근골격계 퇴행 질환은 균형 능력 상실과 자세 유지의 불안정성을 높여 운동 기능 수행의 어려움과 보행 장애로 낙상 손상 위험을 높하게 된다. 셋째, 재활 필라테스 운동은 노인들의 코어 근력 향상으로 균형과 반응 시간 운동 기능 향상을 기대할 수 있으며, 낙상 예방에 관여되는 신체 불균형 개선과 움직임 안정성에 긍정적 영향을 미쳐 낙상 위험률 감소에 기여할 가능성을 제시할 수 있다. 결론적으로 재활 필라테스가 노인운동 프로그램으로서 신체의 근력 향상, 균형 감각 향상, 코어의 안정화 효과를 나타내 근골격계 퇴행에 따른 낙상 손상의 위험 요인을 감소시키고, 노인성 만성질환에 따른 심각한 활동 장애를 예방할 수 있음을 고찰하였다.

주제어 : 재활, 필라테스, 운동, 낙상, 예방

Abstract : This study was understood the risk mechanism of falls in the elderly and reviewed previous research data to see if the principle of Pilates rehabilitation exercise could have a positive effect on balance ability and postural stabilization in the elderly, and the purpose of this study is to present literature-based data on the fall prevention effect of rehabilitation Pilates exercise. First, the rehabilitation Pilates exercise makes it available for strengthening the center of the body to stabilize the spine and pelvis and stimulates the nerve root, thereby having an effect on the balance and the

[†]Corresponding author
(E-mail: dsjy100@jwu.ac.kr)

joint stabilization. Second, a proprioceptive sensory impairment and a musculoskeletal degenerative disease due to aging increase the loss of balance ability and the instability in posture maintenance, thereby coming to raise the risk of a fall damage caused by the difficulty in performing motor functions and by the gait disturbance. Third, the rehabilitation Pilates exercise leads to improving the core muscle strength in older adults, resulting in being capable of expecting the betterment in the balance and the reaction time motor function. And there is a positive impact on the improvement in body imbalance and on the stability in movement involved in the fall prevention, resulting in being able to suggest the possibility of likely contributing to a reduction in a fall risk rate. In conclusion, the rehabilitation Pilates as the elderly exercise program showed effects on the improvement in the body's muscular strength, on the upgrade in a sense of balance, and on the stabilization of core. Thus, it was considered to diminish the risk factors for a fall damage caused by musculoskeletal degeneration and to be capable of preventing a serious disorder of activity due to a chronic senile disease.

Keywords : Rehabilitation, Pilates, Exercise, Fall, Prevention.

1. 서론

2022년 통계청 장래인구추계에 따르면 65세 이상 고령 인구는 대한민국 인구의 17.5%로 향후에도 계속 증가하여 급속하게 초고령화 사회로 진입할 것으로 예상된다[1]. 국내 노인의 노쇠 유병률은 OECD 34개 회원국 중 가장 빠른 것으로 보고됨에 따라 노인들의 건강관리에 대한 관심은 더욱 커지고 있다[2]. 최근 COVID-19 팬데믹 장기화로 인한 노인들의 신체 활동량 감소는 근감소증과 운동 기능 저하의 부정적 요인을 더욱 높여 낙상에 의한 손상과 골절 등의 질환으로 이환될 가능성이 높아져 실질적 예방 관리가 시급한 부분으로 고령자 질환 관리의 사회적 부담이 가중되고 있는 실정이다.

낙상(fall)이란 갑자기 의도하지 않은 자세의 변화로 인해 당시의 몸의 위치보다 낮은 곳으로 넘어지거나 바닥에 눕는 것을 의미하는 것으로[3] 65세 이상 노인의 최고 33% 이상이 매년 낙상을 경험하고, 한번 낙상을 경험했던 노인은 다시 낙상을 경험할 확률이 높아져 실제 이들 중 50% 이상이 재발한다고 하였다[4]. 특히 낙상은 65세 이상 노인들에게는 사망에까지 이르게 할 수 있는 치명적인 손상으로 작용할 수 있는데[5], 이는 낙상으로 인한 대퇴골 골절로 입원한 노인의 50%가 1년 이내에 입·퇴원과 낙상을 반복하다 회복하지 못하고 사망하기 때문이다.

노인들의 낙상 위험률을 높일 수 있는 균형성은 시각계, 체성감각계, 전정계를 통하여 들어오

는 감각 정보를 바탕으로 복합적인 기능의 결과로 나타나는데 노화는 이들 기능을 약화시켜 궁극적으로 낙상을 초래하게 된다[6]. 오랜 기간 운동 과학 분야에서는 인체의 노화에 따른 노인들의 낙상 예방을 위한 프로그램으로 운동 중재의 중요성을 강조해 왔는데, 특히 요부의 근력 강화를 위한 운동 훈련이 신체의 균형 능력과 보행 능력을 향상시켜 낙상을 예방할 수 있다고 보고되고 있다[7].

최근에는 필라테스 운동 중재를 통해 노인들의 코어 근력 증진 효과를 도모하고, 균형 능력 개선을 통해 낙상 위험을 감소시킨다는 연구들이 보고되고 있어 필라테스 운동의 낙상 예방 운동 효과의 원리를 주목해 볼 필요성이 있다. 특히 코어(core) 근육의 강화는 요부와 근기능을 안정화시키며, 요부 주변 근육의 굴곡근과 신전근의 협응 수축력 증가와 복부 내 근육을 활성화 시킴으로써 신체 안정화를 가져온다 하였고[8], 코어 강화를 주요 목표로 하는 필라테스는 골반의 안정화를 향상시키고 중력에 대한 적절한 척추 정렬을 유지하며 사지를 움직이는 운동으로[9] Stivala와 Hartley[10]는 필라테스를 기초로 한 운동프로그램이 고령 여성 노인에 있어서 낙상을 감소시키기에 효과적인 운동이라 보고하였다. 또한 Kim[11]은 근위축 비만 노인 여성을 대상으로 12주간 규칙적인 필라테스 매트 운동을 수행하였을 때 근위축 비만 노인 여성의 낙상 관련 체력과 노화 관련 호르몬에 미치는 영향을 알아보고자 하였으며, 필라테스 매트 운동의 규칙적인

수행은 근위축 비만 노인 여성에게 근력, 유연성, 평형성, 심폐지구력의 증가를 보여 낙상 관련 체력에 긍정적인 효과를 보고한 연구도 필라테스 운동이 낙상 예방과 손상 관리 프로그램으로서의 효용성을 제시한 결과라 할 수 있다.

특히 중심 근육의 강화 운동은 재활 분야에서 핵심적인 역할을 하고 있으며[7], 노화에 따른 생리적 기능 부전과 근기능 약화로 퇴행이 만성화된 노인들에게 중심 근력 강화를 기초로 한 운동은 균형 능력 향상을 위한 효과적인 운동 중재로 건강증진에 직접적으로 연관될 수 있다. 이러한 측면에서 필라테스 운동은 기본적으로 근력 사용을 촉진하는 방법의 재활 운동으로서의 역할에 충실할 것으로 보인다[12].

노인들에게 낙상으로 인한 골절 등의 신체적 손상이나 기능장애가 발생하면 회복이 쉽지 않고, 실제적인 신체 손상이 발생하지 않았더라도 재낙상에 대한 두려움이 커지며 그 결과 활동과 신체기능이 감소되어 의존성이 증가되고 삶의 질 저하로 이어진다[13]. 이에 본 연구는 노인들의 낙상 위험 기전을 이해하고 필라테스 재활 운동 원리가 노인들의 균형 능력과 자세 안정화에 긍정적 효과를 기대할 수 있는지 선행 연구 자료를 고찰하여, 재활 필라테스 운동의 낙상 예방 효과에 대한 문헌적 기초자료를 제시하는데 연구의 목적이 있다.

2. 연구방법

본 연구를 위해 연구방법은 노인의 재활 트레이닝으로서 필라테스 운동 중재가 근기능 약화와 퇴행이 만성화된 노인들에게 중심 근력 강화와 자세 유지 능력 향상을 효과적으로 개선시킬 수 있는지 운동학적 메커니즘에 대해 고찰하고자 한다.

이에 노인들의 낙상 위험 기전을 이해하고 필라테스 재활운동 원리가 노인들의 균형 능력과 자세 안정화에 긍정적 효과를 기대할 수 있는지 선행 연구 자료를 고찰하였으며, 운동학적 참고문헌과 최근 국내외에서 보고된 연구 동향을 수집하여 연구의 필요성과 연구 목적에 따라 자료를 문헌 고찰하는 연구방법을 기술하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 노인 재활 트레이닝 ‘필라테스(Pilates)’

노인들의 퇴행성 근골격계질환은 재활 운동과 같은 중재 수단의 역할이 신체적 장애를 감소시키고, 의료비 절감의 사회적 비용 부담 또한 줄일 수 있어 노인 운동처방에 대한 관심이 높아지고 있다. 이에 초고령 시대를 준비하는 노인들의 만성질환 기전을 관리할 수 있는 재활운동중재 효과에 대한 연구활동은 운동 과학 분야의 당면한 과제라 할 수 있다. Cailliet[14]은 재활운동의 효과로서 단순히 근력과 근지구력, 유연성을 향상시키는 것 외에도 관절막, 인대 및 건을 능동적으로 신장시키고, 혈류를 증가시켜 손상 관절의 치료 및 재발 방지에 효과가 있는 것으로 제안하고 있다. 노인들의 경우 퇴행성질환에 의한 비정상적인 움직임이 낙상 위험률을 높이고, 근골격계 퇴행에서 동반되는 기능적 제한이나 통증들이 비활동적 성향을 더욱 높게 되는 부정적 요인은 초고령화 사회의 가장 큰 문제로 인식되어야 할 부분이라 할 수 있다.

특히 필라테스(Pilates)는 몸통 중심부 근육을 총칭하는 ‘파워하우스(Powerhouse) 강화’를 재인식하는 훈련을 통해 체간 유연성을 향상시키고, 움직임의 기능적 안정성을 제공하는 신체 균형 조절 능력을 높이는 것에 집중한다. 노인들의 만성화된 퇴행성 질환 상태를 고려할 때 약화된 관절 부위의 부분적 운동 부하가 아닌 전신의 신경근 협응을 목표로 하는 재활 필라테스의 운동 중재는 연령대가 높아질수록 트레이닝의 효용 가치가 높을 것으로 기대되는 부분이다.

재활 필라테스 트레이닝 원리의 발달 배경을 살펴보면, 1900년대 초 조셉 필라테스(Joseph H. Pilates)는 ‘조절학(contrology)’이라는 학문적 체계를 갖춘 필라테스 운동법을 완성하게 되었다. 필라테스는 제1차 세계대전 때 수용소 부상자들을 대상으로 간이 침상에 연결한 스프링 근저항 운동을 통해 기능적 회복 효과를 나타내 주목받기 시작하였고, 이후 정형외과, 물리치료학 임상의학자들의 연구에서 ‘기능적 재활’의 적용 효과를 통해 운동 재활의 치유적 근거를 제시하게 되었다. 이에 따라 현재 필라테스의 운동 체계는 전통적 운동 원리인 중심화(centering), 조절(control), 호흡(breath), 집중(concentration), 흐름(flowing movement), 정확성(precision)의 구성에서 확장되어 자세 정렬(posture alignment), 코어 안정화(core stabilization), 수정/교정(modification), 운동 범위(range of motion), 척추 신장(spine

elongation), 척추 분절(spine articulation)의 기능적 측면이 강조되고 근골격계 통합적 시스템으로서 조절과 신경근의 협응 체계를 통해 재활 운동 전문가들의 운동 중재 프로그램으로 관심이 높아지고 있다. Pata 등[15]은 필라테스 운동 중재가 노인들이 쉽게 따라 할 수 있는 저강도 운동 프로그램이며, 노인들에게 적용 시 관절 등에 무리가 가지 않고 근력 증가가 가능한 저·중강도의 운동으로 쉽게 따라 수행할 수 있는 운동이자 재활 목적까지 수반되는 운동이기에 대중적인 운동으로 자리매김하는 추세임을 주목하였다[16].

최근 운동 재활 분야에서는 자세와 움직임 조절에 대한 많은 연구들이 이루어지고 있으며, 특히 중심 안정성(core-stability)에 관련된 다양한 연구들이 많은 관심을 받고 있는데[7, 17], Richardson 등[18]은 체간 안정화의 목적은 기능적 자세와 움직임 동안 척추와 골반의 안정성을 증가시키고, 근력을 강화시키며 근육과 움직임의 조절 능력과 균형을 회복시키기 위한 것임을 강조하였다. 대부분의 노인들에게 나타나는 척추 부정렬의 전방머리자세는 신체 중심을 중력선 앞으로 이동시키고, 이는 척추의 굽힘 회전력을 증가시켜 과뒤굽음증을 증가시키기 때문에 앞으로 전방머리자세와 과뒤굽음증은 역학적으로나 기능적으로 낙상의 위험도를 증가시키는 요인으로 보고되고 있다[19]. 특히 필라테스의 축성 신장(axial elongation) 운동 원리는 체간 호흡 근육을 활성화시켜 척추 심부근을 지지하는 중립 정렬 자세(neutral alignment posture)를 유지하는 것이 핵심 작용이라 할 수 있다. 호흡 운동이 전방머리 자세(forward head posture: FHP)에 미치는 영향에 관한 연구[20]에서 바른 자세의 유지는 능률적이고 매끄러운 호흡을 유지하고, 동작 수행 시 근육의 에너지 소비를 최소한으로 줄일 수 있으며, 결과적으로 신체를 효율적으로 조절할 수 있는 능력을 활성화시킨다고 하였다.

이처럼 필라테스는 정교하며 신체를 안정화시키는 근육들을 사용하는 통제적인 형태의 운동이라 할 수 있다[21]. 특히 다양한 수준의 강도에서 수행될 수 있어 환자나 운동수행자가 움직임 기능 수준에 맞게 난이도를 적절히 조절할 수 있는 트레이닝의 특징은 노인 재활 운동 단계의 필수적 요소인 '안정적 부하'에 적합한 원리로 판단되어진다. 하지만 필라테스 운동 훈련의 효율성에 대한 연구는 여전히 부족한 실정이며, 최근 많은 전문가들이 특정 질환의 환자를 대상으로 또는

노인성 질환 개선을 위한 치료적 전략으로서 활용 방안이 활발히 논의되고 있는 시점이다[22, 23]. 필라테스 운동 시 노인 질환 개선의 치유적 근거를 제시한 선행 연구들을 살펴보면, 필라테스 매트 운동은 신체 안정화 운동으로 몸의 중심이 되는 척추와 골반을 바로잡기 위하여 복부, 등, 허리, 둔부, 허벅지 안쪽 근육을 발달시켜 줄 뿐만 아니라 노인의 근력 및 근지구력 향상과 관상동맥질환을 예방하고, 호흡기 질환의 위험을 감소시켜준다고 보고하였다[24]. 또한 필라테스 기구 운동 중 체어는 누워서 하체 운동이 불가능한 환자나 노인도 앉아서 하체 근력 강화가 가능하며 만성 요통 환자의 요통 개선 및 균형 감각 증진에도 효과가 있다는 운동 중재의 치유적 근거를 보고하였다[25].

특히 Yeo와 Ha[12]는 12주간의 필라테스 재활 운동 프로그램이 만성 요통을 가진 노인 환자의 균형 능력 및 이동 능력, 통증 수준에 미치는 영향을 물리치료만 수행했을 경우의 효과와 비교 분석한 결과, 필라테스 재활 운동 프로그램을 실시하는 것이 물리치료만 단독으로 수행하는 것보다 균형 감각, 이동 능력 및 통증을 더 개선하는 효과에 대해 보고하여 재활 필라테스 운동 기전의 임상적 근거를 제시하고 있다.

이처럼 필라테스는 노인 운동에서 요구되는 몸의 안정성과 유연성, 근력, 재활, 면역력의 증가와 자세 교정, 혈중지질 농도가 신체 조성의 개선, 인지, 자기 신체에 대한 개념과 재미 요인을 갖춘 운동으로 비교적 낮은 강도에서 개인의 체력을 증가시킬 수 있는 것으로 보고되고 있다[26]. 특히 재활 필라테스는 근골격계의 다발성 경화로 체중 부하의 어려움이 높은 노인들에게 신체 중심부의 감각 운동성을 중요시하고, 열린 사슬과 닫힌 사슬 운동이 가능하여 신경근 축진의 기능적 분절 협응을 통해 균형과 관절 안정화에 점진적 트레이닝 효과를 적용할 수 있다. 또한 필라테스 운동 시 지도자가 음성과 촉각적 신호를 사용함으로써 피실험자의 잘못된 움직임 패턴을 수정할 수 있는 피드백을 제공함으로써 체간 안정화를 통해 평형성에 긍정적인 영향을 줄 수 있는 부분[27]은 노인 재활 트레이닝의 효과를 높일 수 있는 운동 원리로서 주목되어지는 부분이라 사료 된다.

3.2. 노화와 낙상 손상 위험 요인

노인에게 발생하는 낙상의 원인은 연령 증가에

따른 균형성 상실과 근 기능 저하와 같은 내재적 요인과 환경적 위험 같은 외재적 요인으로 구분되어지는데, 본 연구에서는 생리적 노화 과정에 따른 내재적 요인의 기능적 문제점을 중심으로 고찰하고자 한다.

노인질환의 경우 골격근에서는 변성 디스크, 골관절염, 뒤굽음증, 골다공증이 발생할 것이며, 근세포의 크기가 작아지고 근섬유의 수가 줄어들게 되며, 내장지방이 증가하고 근력과 근지구력이 감소하게 된다. 또한 중추신경계의 피질 위축과 신경세포의 감소로 인하여 반응시간이 길어지고 기억과 인지 능력이 손상된다[28]. 특히 근 기능 저하로 인한 노인 낙상은 노화 과정으로 인해 신경 전달 속도가 10-15% 정도 지연되어 근 수축 반응 시간이 길고[29], 점진적인 근섬유 감소로 근 수축력이 저하되어[30] 낙상으로 이어지게 된다[31]. 또한 연령에 증가에 따라 비가역적으로 진행되는 퇴행 기전은 낙상 위험율을 더욱 높게 되는데, 인지기능 저하, 시력 및 청력 저하, 약물복용, 음주 및 영양불균형 등이 대표적인 것으로 알려져 있으며, 최근 많은 연구들을 통해 보행 기능 저하, 근력 저하, 골밀도 저하 등 근골격계 요인 또한 낙상과 밀접한 연관성이 있는 것으로 보고되고 있다[32].

Kim 등[33]은 국내 여성 노인 194명을 대상으로 직립 자세 안정성과 근감소증의 연관성에 대해 조사한 결과, 근감소증이 심한 집단일수록 직립 자세 안정성은 유의하게 낮은 것으로 나타났다고 보고한 바 있다. 노인의 근력 및 근지구력의 증가는 자세 불균형에 따른 낙상 골절 예방으로 위험률을 억제하고[34], 유연성은 관절가동범위와 신체기능을 향상시켜 노화에 따른 동작범위 감소에 대응하는 중요한 요인이 된다[35]. 근감소증과 허약 노인에게서 흔히 동반되어 나타나는 운동 기능 저하는 통증, 관절 운동 범위의 제한, 정렬 불량, 균형 장애, 보행 장애의 증상을 일으켜[36] 노인이 일상생활을 수행하는데 있어 독립성을 제한하는 결과를 가져오게 되는데, 초고령화 사회에서 대부분의 노인들이 운동기능저하증후군(locomotive syndrome)을 경험하게 되는 것으로 보고된다[37]. 이처럼 노화의 개념이 퇴행 기전을 넘어서 '허약', '쇠약' 노인들의 운동 기능 저하 개선이 더욱 중요한 사회적 이슈가 되고 있고, 신체적 균형 능력을 향상시킬 수 있는 운동 중재는 초고령 노인들의 자립적 생활 유지에 긍정적 영향을 미칠 것으로 판단되는 부분이다.

인체의 균형 능력은 크게 정적 균형과 동적 균형으로 나눌 수 있다. 정적 균형은 자세 유지를 할 때 균형을 유지하는 능력을 말하는 것으로 지지 기저면 내에 중력중심점을 두어 신체가 움직이지 않게 자세를 유지하는 능력이고, 동적 균형은 신체가 움직일 때 균형을 유지하는 것으로 신체가 움직이는 동안 중력중심점을 지지 기저면 내에 두어 원하는 자세를 유지하는 능력을 말한다[38]. 이러한 균형 능력 상실에 의한 낙상을 경험한 노인들은 보행에 있어 자신감 위축을 나타내고, 낙상으로부터 회복되었다 할지라도 일상생활 수행 능력에서의 기능 저하 문제를 겪게 되어, 더 나아가 자신감 상실, 우울증, 낙상 두려움 등 심리적 질병을 부수적으로 갖게 되는 경향이 있다[39, 40]. 앞서 보고된 선행된 연구에 의하면 낙상 위험 요인들은 규칙적인 운동으로 낙상의 위험과 공포에서 벗어날 수 있다고 하였으며, 낙상에 대한 부정적인 경험이나 두려움은 낙상 경험 이후 지속되기 쉬우므로 예방이 매우 중요하다고 제언하고 있다.

특히 노화에 따른 균형 소실은 발목 관절 운동 범위 제한과 발목 근육의 힘이 충분하지 못한 것과도 연관되어 있어 균형 능력이 더 감소한 높은 연령군에서는 고관절의 충분한 관절 운동 범위와 발목 근육의 힘이 요구된다[41]. 보행 시 노인들의 신체 중심 변화를 유지하기 위한 능력을 키우기 위해서는 하지 근기능 활성화를 통해 보행 관절의 기능적 분절 가동성을 높일 필요성이 있다. 즉 노인들의 낙상 예방과 손상 재활을 위해서는 보행 시 활성화 되는 하지 관절 내·외전에 작용하는 근들을 강화할 필요가 있고, 요골반부에 작용하는 근들을 균형적으로 강화해 척추 중립의 기능적 협응을 인지시킬 수 있는 트레이닝이 중요한 부분이라 할 수 있다. 결과적으로 노화에 따른 고유수용기 감각 저하와 근골격계 퇴행 질환은 균형 능력 상실과 자세 유지의 불안정성을 높여 운동 기능 수행의 어려움과 보행 장애를 발생시키고, 낙상 손상 위험을 높이게 되는 부정적 기전이 되므로 노인들 스스로 이러한 균형 능력 조절 기전을 이해하고 운동 참여의 적극적 케어를 실천하는 것이 낙상 예방과 손상 관리의 주요한 과제라 할 수 있다.

3.3. 재활 필라테스의 낙상 예방 기대 효과

노화와 관련된 균형 유지 요소의 생리적 변화는 고유수용 감각이 감소하고, 정위반사(righting

reflex)가 느려지며, 자세 유지에 중요한 근력이 감소하고, 자세의 동요가 증가하므로 균형 유지가 어려워지게 된다[42]. 이처럼 인체가 균형을 유지하기 위해서는 전정기관, 시각, 고유수용성 감각, 근·골격계 기능 그리고 인지 능력이 필요하다[43]. 하지만 노인들에게 균형 수행력 관련 신체 기능이 손상되면 자세 안정성 유지가 어려워지고, 체중 부하에 따른 움직임 불안정이 보행 장애와 낙상 손상을 높일 수 있어 심각한 보건 문제로 인식되고 있다.

인체에서 척추는 우리 몸의 기둥 역할을 하는 구조물로서 두개골에서 골반까지 연결되고 그 주변은 강한 인대와 근육으로 보강하며 신체의 중심축을 이루고 있다[44]. 필라테스의 축성 신장의 운동 체계는 몸의 중심으로부터 몸의 위, 아래 방향으로 에너지를 발산시켜 척추와 몸 전체를 상. 하로 길게 늘리는 원리로 중력에 대항하여 인체를 수직으로 서게 할 뿐만 아니라 바른 자세를 유지하게 하여 측만증을 개선시키고 정적 균형 향상에 도움이 된다고 보고하였다[45, 46]. 코어가 불안정할수록 기립자세 상태에서 균형 능력이 떨어져 하지에 가해지는 체중의 증감 폭이 상승하게 된다[47]. Hodges와 Richardson[48]의 보고에 의하면 체간 근육 움직임의 활동은 골반과 하지의 움직임에 주된 역할을 하며 요추의 안정성을 유지하는 필수적인 요소라고 보고하였다. 만성 요통으로 인한 요추부 근력과 균형 감각 저하는 낙상 발생의 주요 원인으로[49], 만성 요통을 가진 노인이 건강한 노인에 비해 낙상의 위험성이 높다는 연구 결과가 제시된 바 있다[50]. 이처럼 노인들에게 요부 근력 강화를 위한 운동 훈련은 신체 균형 능력과 보행 능력을 향상시켜 낙상을 예방할 수 있다고 보고되고 있어[51] 노인 만성요통 환자들의 통증을 개선하고 낙상을 예방하기 위한 효과적인 재활 프로그램 개발의 필요성이 지속적으로 제기되는 부분이라 할 수 있다.

Kang과 Kim[52]은 필라테스 원리가 몸통의 안정성을 중요하게 여기며 몸통의 안정화는 곧 팔, 다리의 움직임의 범위의 증가로 이어져 움직임이 향상되고 부상 예방 효과가 있다는 것이며, 움직임의 가동 범위의 원리로는 필라테스를 통해 경직된 척추나 관절의 늘리고, 안정성이 부족한 경우에는 운동 범위를 제한시켜 움직임을 유도한다는 부분을 강조하였다. 특히 필라테스 운동 중재가 다른 프로그램에 비해 부상 예방의 안정성과 체간 중심화를 인지하는 운동성 향상을 목표로

한다는 것은 노인들의 필라테스 운동이 기초대사량 향상과 근력, 근지구력, 평형성, 유연성과 같은 체력을 향상시킬 수 있고 이는 낙상의 예방과 연결되며 독립적인 생활의 향상과 삶의 질 향상으로 연결될 수 있음을 기대할 수 있는 중요한 의미를 갖는다[53].

다수의 선행 연구에서 필라테스 매트 운동 프로그램이 노인의 균형 능력 향상에 효과적임을 규명하고 있는데, Lee[54]의 연구에서 필라테스 매트 운동은 65세 이상 노인의 전체적인 균형 능력 향상을 나타내었고, Lee 등[55]의 연구에서도 필라테스 매트 운동이 노인 균형에 긍정적인 영향을 주었다는 보고를 나타내 필라테스의 운동 원리가 움직임을 개선하는 기능적 균형 능력 조절에 치유적 근거가 있음을 고찰할 수 있었다. Chae 등[56]은 노화에 따른 낙상으로 인해 위험성에 노출되어 있는 75세 이상의 초고령자에게 필라테스 매트 운동을 적용시켜 신체 균형 능력에 긍정적 변화를 규명하였고, 초고령자들을 위한 낙상 예방 프로그램으로서 운동 처방의 기초자료를 제시한 연구 결과의 의미가 크다 할 수 있다. 또한 근 위축 비만 노인 여성에게 필라테스 매트 운동 프로그램을 실시하여 낙상 관련 체력에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 확인되어 폼롤러를 이용한 필라테스 운동이 농촌 고령 여성의 기능 체력에 긍정적인 영향을 보고한 연구[57], 필라테스가 고령 여성의 유연성과 평형성 향상[58]과 유연성과 평형성, 그리고 협응성 향상이 고령 여성의 낙상 빈도를 감소시킨다고 주장한 연구 결과[59]를 지지하였다.

Freeman 등 [60]은 다발성 경화증(multiple sclerosis)을 가진 환자를 대상으로 8주간 필라테스 운동 프로그램을 수행한 결과 균형성과 이동성이 향상되었으며, 이러한 결과는 균형성과 이동성의 발달이 안정성에 관여하는 복부 근육과 연관된다고 제안한 바 있다. de Oliveira 등[61]은 노인 여성을 대상으로 12주간 필라테스 운동을 실시한 결과, 하지 근력의 유의한 증가뿐 아니라 균형 감각 및 이동성 증진의 유의성을 보고하였고, Irez 등[59]의 연구에서도 12주간의 필라테스 운동이 노인 여성의 동적 균형과 반응시간 그리고 근력 향상에 도움을 주었으며 이러한 건강상태 증가가 노인 여성의 낙상 수를 감소시켜주었다고 보고하였다.

또한 Kim[62]의 연구에서 소도구 필라테스 운동 프로그램(prop pilatesexercise program)은 신

체 중심 근육을 기능적으로 사용하기 위한 안정성 운동으로, 재활운동(rehabilitation) 원리를 바탕으로 하고 있어 신체 평형성 요소인 감각운동 조절 능력 향상으로 근골격계질환 개선에 효과적임을 나타내었다. 특히 폼롤러를 이용한 필라테스 동작으로 약해진 근육을 강화하고 뭉친 근육을 이완시킨다고 하였으며, 필라테스 소도구 중 탄력성이 높은 짐볼은 불안정성으로 인해 신체의 근력 향상, 균형감각 향상, 코어의 안정화 효과를 나타낸다고 하였다. 불안정한 지면에서 규칙적인 운동의 수행은 하지 근육의 동적 능력과 고유수용성 감각을 향상시키고, 낙상 예방에 긍정적인 효과를 유도하는 것으로 알려져 있다[63]. Hwang[64]의 연구에서 12주간 탄력밴드를 이용한 필라테스 운동 후 고령 여성들은 밸런스 Level 1(medial lateral index)에서 유의한 차이가 나타났다. 이러한 연구 결과는 필라테스 운동이 노인의 근력 향상과 척추 주변의 근력 향상으로 신체 불균형 개선과 신체 안정성에 긍정적 영향을 미치는 것으로 생각되어지며, 슬관절 근력 강화 운동은 균형 조절 능력, 보행시 안정성에 효과적이며, 손실된 근육의 재형성에 효과적임을 보고하였다.

노인들의 신체적 불균형과 부정렬은 오랜 기간 코어근의 상호 억제 균형이 무너져 만성적으로 단축된 부분엔 근 긴장과 움직임 제한이 따르고, 과사용에 의한 신장성 약화는 근기능을 약화시켜 항중력근(anti-gravity muscle)으로 유지되는 척추 움직임을 비정상적으로 불안정하게 만든다. 재활 필라테스 운동 원리에서 강조되는 관절 운동성 향상은 불균형한 노인들의 근골격계 컨디셔닝을 반영함에 모든 관절 가동성에 체간 안정성이 우선되고, 항중력의 자세 유지 근기능을 인지하는 트레이닝으로 실시되어 노인들의 낙상 위험성과 균형 상실의 두려움을 줄일 수 있는 긍정적인 부분이라 사료 된다.

4. 결 론

본 연구는 노인의 낙상 예방을 위한 재활 필라테스 운동 효과에 대한 문헌적 고찰을 통해 다음과 같은 결과가 나타났다.

첫째, 재활 필라테스 운동은 척추와 골반의 안정화를 위한 신체 중심부의 강화 운동이 가능하고, 신경근을 촉진시켜 균형과 관절 안정화에 효

과가 있다.

둘째, 노화에 따른 고유수용기 감각 저하와 근골격계 퇴행 질환은 균형 능력 상실과 자세 유지의 불안정성을 높여 운동 기능 수행의 어려움과 보행 장애를 발생시키고, 낙상 손상 위험을 높게 된다.

셋째, 재활 필라테스 운동은 노인들의 코어 근력 향상에 따른 균형과 반응시간 운동 기능 향상을 기대할 수 있어 낙상 예방에 관여되는 신체 불균형 개선과 움직임 안정성에 긍정적 영향을 미쳐 낙상 위험률 감소에 기여할 수 있는 것으로 나타났다.

결론적으로 재활 필라테스가 노인운동 프로그램으로서 신체의 근력 향상, 균형 감각 향상, 코어의 안정화 효과를 나타내 근골격계 퇴행에 따른 낙상 손상의 위험 요인을 감소시키고, 노인성 만성질환에 따른 심각한 활동 장애를 예방할 수 있음을 고찰하였다.

특히 노인의 낙상은 오랜 기간 동안 개인의 자립생활 및 사회적 활동 참여를 제한 시키는 문제점으로 인식되어져 왔고, 초고령 사회의 노인 건강케어에 효과적으로 운동 중재할 수 있는 방안에 대한 연구는 더욱 활발히 진행되어야 한다. 이에 본 연구에서는 필라테스의 재활운동 원리가 노인의 낙상 예방 관리에 적합한 운동 중재의 치료적 근거를 제시하였으며, 노화 요인으로 인한 신체 활동 능력 저하로 운동 참여에 소극적인 고령자들의 운동 지속을 뒷받침할 수 있는 낙상 예방 프로그램의 효용적 가치를 기대하는 바이다.

References

1. Korean Statistical Information Service, Statistics Korea Future Population Estimation for 2022, <https://kosis.kr/index/index.do>, (2022)
2. H. S. Lee, S. H. Kwon, "Problems and Suggestions of Welfare System for the Elderly in Super-aged Society", *The Journal of Labor Law*, Vol.50, pp. 1-29, (2020).
3. L. Z. Rubenstein, K. R. Josephson, "Falls and their prevention in elderly people: what does the evidence show?", *The Medical Clinics of North America*, Vol.90, No.5, pp. 807-824. (2002).

4. Y. J. Gschwind, R. W. Kressig, A. Lacroix, T. Muehlbauer, B. Pfenninger, U. Granacher, "A Best Practice Fall Prevention Exercise Program to Improve Balance, Strength/Power, and Psychosocial Health in Older Adults: Study Protocol for a Randomized Controlled Trial", *BMC(Biomedicine) Geriatrics*, Vol.13, No.1, pp. 105, (2013).
5. H. C. Kung, D. L. Hoyert, J. Xu, S. L. Murphy, "Deaths: Final Data for 2005", *National Vital Statistics Reports*, Vol.56, No.10, pp. 1-120, (2008).
6. L. Wolfson, R. Whipple, C. A. Derby, P. Amerman, T. Murphy, J. N. Tobin, L. Nashner, "A Dynamic Posturography Study of Balance in Healthy Elderly", *Neurology*, Vol.42, No.11, pp. 2069-2075, (1992).
7. V. Akuthora, S. F. Nadler, "Core Strengthening", *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, Vol.85, No.3, pp. 86-92, (2004).
8. J. P. Arokoski, T. Valta, O. Airaksinen, M. Kankaanpaa, "Back and abdominal muscle function during stabilization exercises", *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, Vol.82, No.8, pp. 1089-1098, (2001).
9. P. Latey, "Updating the principles of the Pilates method(Part 2)", *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, Vol.6, No.2, pp. 94-101, (2002).
10. A. Stivala, G. Hartley, "The Effects of a Pilates-Based Exercise Rehabilitation Program on Functional Outcome and Fall Risk Reduction in an Aging Adult Status-Post Traumatic Hip Fracture due to Fall". *The Journal of Geriatric Physical Therapy*, Vol.37, No.3, pp. 136-145, (2014).
11. N. J. Kim, "The Effect of Pilates Mat Exercise on Fall-Related Fitness and Aging-related Hormone in Sarcopenic Obesity Elderly", *The Korean Journal of Physical Education*, Vol.52, No.4, pp. 449-459, (2013).
12. H. S. Yeo, J. Y. Ha, "Effect of Pilates Rehabilitation Exercise Program on Balance, Mobility and Pain in Elderly Patients with Chronic Low Back Pain", *The Korean Journal of Growth and Development*, Vol.27, No.2, pp. 121-127, (2019).
13. K. Hill, J. Schwarz, "Assessment and Management of Falls in Older People." *Journal of Internal Medicine*, Vol.34, No.9-10, pp. 557-564, (2004).
14. R. Cailliet, *Knee Pain and Disability (Pain Series) 3rd Edition*, p.287, F A Davis Co: 3rd edition, May 1, (1992).
15. R. W. Pata, K. Lord, J. Lamb, "The Effect of Pilates Based Exercise on Mobility, Postural Stability, and Balance in Order to Decrease Fall Risk in Older Adults", *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, Vol.18, No.3, pp. 361-367, (2014).
16. C. Lange, V. Unnithan, E. Larkam, P. M. Latta, "Maximizing the Benefits of Pilates-inspired Exercise for Learning Functional Motor Skills", *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, Vol.4, No.2, pp. 99-108, (2000).
17. P. Page, "Sensorimotor Training: A "Global" Approach for Balance Training", *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, Vol.10, No.1, pp. 77-84, (2006).
18. C. A. Richardson, C. J. Snijders, J. A. Hides, L. Damen, M. S. Pas, J. Storm, "The Relation between the Transversus Abdominis Muscle, Sacroiliac Joint Mechanics, and Low Back Pain", *Spine*, Vol.27, No.4, pp. 399-405, (2002).
19. D. M. Kado, M. H. Huang, A. S. Karlamangla, E. B. Connor, G. A. Greendale, "Hyperkyphotic Posture Predicts Mortality in Older Community-dwelling Men and Women: A Prospective Study", *Journal of the American Geriatrics Society*, Vol.52, No.10, pp. 1662-1667, (2004).
20. C. Jang, "The Effects of Breathing Exercise

- on Forward Head Posture”, Department of Rehabilitation Science Graduate School, Doctoral Dissertation, Daegu University Gyeongbuk, Korea, (2010).
21. W. B. Kibler, J. Press, A. Sciascia, “The Role of Core Stability in Athletic Function”, *Sports Medicine*, Vol.36 No.3, pp. 189–198. (2006)
 22. S. Shea, G. Moriello, “Feasibility and Outcomes of a Classical Pilates Program on Lower Extremity Strength, Posture, Balance, Gait, and Quality of Life in Someone with Impairments due to a Stroke”, *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, Vol.18, No.3, pp. 332–360, (2014).
 23. J. Hyun, K. Hwangbo, C. W. Lee, “The Effects of Pilates Mat Exercise on the Balance Ability of Elderly Females”, *Journal of Physical Therapy Science*, Vol.26, No.2, pp. 291–293, (2014).
 24. J. Y. Lee, M. K. Jeong, S. C. Chon, “The Effects of Types of the Aquatic Exercise Programs on Physical Fitness and Blood Lipid with Elderly Women”, *Journal of Sport and Leisure Studies*, Vol.37, pp. 821–828. (2009).
 25. N. Haiou, Y. Jinyu, D. Ye, W. Yan, J. Zhiyu, L. Jianfeng, Z. Yong, “Observation to the Changes from Office Staff who Suffer from Chronic Lower Back Pain (CLBP) after Pilates Exercise on Chair”, *Physiotherapy*, Vol.101, No.1, pp. 401–403, (2015).
 26. J. A. Kloubec, “Pilates for Improvement of Muscle Endurance, Flexibility, Balance, and Posture”, *The Journal of Strength & Conditioning Research*, Vol.24, No.3, pp. 661–667, (2010).
 27. B. D. Anderson, A. Spector, “Introduction to Pilates-Based Rehabilitation”, *Orthopaedic Physical Therapy Clinics of North America*, Vol.9, No.3, pp. 395–410, (2000).
 28. Y. K. Kim, “A Study on Exercise for Treatment of Diseases”, *The Asian Journal of Kinesiology*, Vol.15, No.1, pp. 33–44. (2013).
 29. E. L. Smith, C. Gilligan, “Exercise Sport and Physical Activity for the Elderly: Principles and Problems of Programming”, *Sports and Aging—The 1984 Olympic Scientific Congress Proceeding*, Vol.5, No.20, pp. 91–103, (1984).
 30. J. Schlicht, D. N. Camaione, S. V. Owen, “Effect of Intense Strength Training on Standing Balance, Walking Speed, and Sit-to-stand Performance in Older Adults”, *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, Vol.56, No.5, pp. 281–286, (2001).
 31. J. M. Hausdorff, S. L. Mitchell, R. Firtion, C. K. Peng, M. E. Cudkowicz, J. Y. Wei, A. L. Goldberger, “Altered Fractal Dynamics of Gait: Reduced Stride-interval Correlations with Aging and Huntington’s Disease”, *Journal of Applied Physiology*, Vol.82, No.1, pp. 262–269, (1997).
 32. L. H. J. Kikkert, M. H. de Groot, J. P. van Campen, J. H. Beijnen, T. Hortobágyi, N. Vuillerme, C. C. J. Lamoth, “Gait Dynamics to Optimize Fall Risk Assessment in Geriatric Patients Admitted to an Outpatient Diagnostic Clinic”, *PLOS(Public Library of Science) ONE*, Vol.12, No.6, e0178615. (2017).
 33. M. J. Kim, T. Y. Kim, Y. A. Choi, J. H. Chin, S. Y. Lee, “A Study on the Characteristics of Standing Posture of Elderly Women with Sarcopenia in Korea”, *Journal of Exercise Rehabilitation*, Vol.14, No.3, pp. 481–488, (2018).
 34. T. Liu-Ambrose, M. K. Khan, J. J. Eng, P. A., Janssen, S. R. Lord, H. A. McKay, “Resistance and Agility Training Reduce Fall Risk in Women Aged 75 to 85 with Low Bone Mass: A 6-month Randomized, Controlled Trial”, *Journal of the American Geriatrics Society*, Vol.52, No.5, pp. 657–665, (2004).
 35. American College of Sports Medicine (ACSM), “ACSM’s Resource Manual for

- Guidelines for Exercise Testing and Prescription 6th (sixth) edition”, p.867, Lippincott Williams & Wilkins; 6th edition, (2009).
36. T. Ikemoto, Y. C. Arai, “Locomotive Syndrome: Clinical Perspectives”, *Clinical Interventions in Aging*, Vol.13, pp. 819–827. (2003).
 37. B. H. Yeon, E. S. An, “A Study on the Actual Condition of Locomotion and the Policy Suggestion of the Elderly in Gyeonggi-do”, *Korean Society of Sport Policy*, Vol.18, No.3, pp. 63–76, (2020).
 38. M. G. Wade, G. Jones, “The Role of Vision and Spatial Orientation in the Maintenance of Posture”, *Physical Therapy*, Vol.77, No.6, pp. 619–628, (1997).
 39. K. Legters, “Fear of falling”, *Physical Therapy*, Vol.82, No.3, pp. 264–272. (2002).
 40. M. E. Tinetti, “Clinical Practice. Preventing Falls in Elderly Persons”, *The new England Journal of Medicine*, Vol.348, No.1, pp. 42–49. (2003).
 41. Y. K. Woo, J. H. Hwang, J. H. An, H. D. Park, Y. H. Kim, K. W. Lee, N. G. Kim, “Effect of Characteristics of Joint Motion of Lower Extremity according to Aging on Balance in Elderly”, *Annals of Rehabilitation Medicine*, Vol.29, No.1, pp. 109–118, (2005).
 42. C. Y. Bae, Y. J. Lee, “Geriatric Medicine. Korea Medicine”, p.591, Seoul Korea., 1996.
 43. H. Cohen, C. A. Blatchly, L. L. Gombash, “A Study of the Clinical Test of Sensory Interaction and Balance”, *Physical Therapy*, Vol.73, No.6, pp. 346–351. (1993).
 44. J. H. Seo, S. K. Hong, “The Pilates Effects about Scoliosis”, *The Korean Society of Radiology*, Vol.8, No.7, pp. 397–400, (2014).
 45. J. H. Kallandar, “An Inquiry of Philosophy & Principles of the Pilates Method”, *The Korean Journal of Dance Research*, Vol.4, No.2, pp. 53–62, (2004).
 46. S. H. Yoon, “The Effect of Pilates Program for the Development of Posture and Balance”, Master’s thesis, Department of Physical Education, Myongji University, Yongin, Koorea, (2009).
 47. K. W. Nam, J. S. Kim, “The Effect of Dynamic Lumbar Stabilization Exercise to Be Affected with Improvement and Maintenance of Trunk Stability after Opened Microscopic Laser Discectomy”, *Journal of Korean Academy of Orthopaedic Manual Therapy*, Vol.11, No.1, pp. 37–48. (2005).
 48. P. W. Hodges, C. A. Richardson, “Inefficient Muscular Stabilization of the Lumbar Spine Associated with Low Back Pain: A Mot or Control Evaluation of the Transversus Abdominis”, *Spine*, Vol.21, No.22, pp. 2640–2650, (1996).
 49. A. Champagne, F. Prince, V. Bouffard, D. Lafond, “Balance, Falls-Related Self-Efficacy, and Psychological Factors amongst Older Women with Chronic Low Back Pain: A Preliminary Case-Control Study”, *Rehabilitation Research and Practice*, Vol.9, (2012).
 50. J. Kitayuguchi, M. Kamada, S. Inoue, H. Kamioka, T. Abe, S. Okada, Y. Mutoh, “Association of Low Back and Knee Pain with Falls in Japanese Community-dwelling Older Adults: A 3-year Prospective Cohort Study”, *Geriatrics & Gerontology International*, Vol.17, No.6, pp. 875–884, (2017).
 51. U. Granacher, A. Gollhofer, T. Hortobágyi, R. W. Kressing, T. Muehlbauer, “The Importance of Trunk Muscle Strength for Balance, Functional Performance, and Fall Prevention in Seniors: A Systematic Review”, *Sports Medicine*, Vol.43, pp. 627–641, (2013).
 52. T. W. Kang, D. H. Kim, “Effect of Pilates on Scoliosis: Systematic Review”, *Journal of Special Education & Rehabilitation Science*, Vol.58, No.1, pp. 439–460, (2019).

53. R. H. Gary, P. M. John, M. B. Marcas, "Effects of Resistance Training on Older Adults", *Sports Medicine*, Vol.34, No.5, pp. 329-348, (2004).
54. S. E. Lee, "The Effect of Lumbar Stabilization Exercise on Balance in Older Adults", Master's thesis Department of Physical Therapy Graduate School of Rehabilitation Science, Daegu University, Gyeongsan Korea. (2006).
55. C. W. Lee, H. S. Kim, W. S. Bae, "The Effect of Pilates Mat Exercise and Instability Support Surface Exercise on Balance for the Elderly Person Aged 65 or More", *Journal of The Korean Society of Integrative Medicine*, Vol.2, No.3, pp. 75-82, (2014).
56. B. W. Chae, P. H. Hwang, H. Y. Lee, G. D. Park, "Effects of 12-week Pilates mat Exercise on Balance of the Elderly Women", *The Korean Society of Sports Science*, Vol.27, No.3, pp. 1301-1310, (2018).
57. T. W. Jung, G. Y. An, J. W. Lee, "Effects of Pilates with Foam Roller on Body Composition, Senior Fitness, and Hip Joint ROM in Rural Elderly Women", *The Korean Journal of Growth and Development*, Vol.19, No.2, pp. 160-170, (2011).
58. B. G. Siqueira Rodrigues, S. Ali Cader, N. V. O. Bento Torres, E. M. Oliveira, E. H. Martin Dantas, "Pilates Method in Personal Autonomy, Static Balance and Quality of Life of Elderly Females," *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, Vol.14, No.2, pp. 195-202, (2010).
59. G. B. Irez, R. A. Ozdemir, R. Evin, S. G. Irez, F. Korkusuz, "Integrating Pilates Exercise into an Exercise Program for 65+ Year-Old Women to Reduce Falls", *Journal of Sports Science & Medicine*, Vol.10, No.1, pp. 105-111, (2011).
60. J. A. Freeman, M. Gear, A. Pauli, P. Cowan, C. Finnigan, H. Hunter, C. Mobberley, A. Nock, R. Sims, J. Thain, "The Effect of Core Stability Training on Balance and Mobility in Ambulant Individuals with Multiple Sclerosis: A Multi-centre Series of Single Case Studies", *Multiple Sclerosis Journal*, Vol.16, No.11, pp. 1377-1384, (2010).
61. L. C. de Oliveira, R. G. de Oliveira, D. A. de Almeida Pires-Oliveira, "Effects of Pilates on Muscle Strength, Postural Balance and Quality of Life of Older Adults: A Randomized, Controlled, Clinical Trial", *Journal of Physical Therapy Science*, Vol.27, No.3, pp. 871-876, (2015).
62. H. J. Kim, "The Effects of Prop Pilates Exercise Program on Body Stability and Sensorimotor Control Ability of Female Farmers with Musculoskeletal Disorders", Ph.D dissertation, Department of Sports and Wellbeing The Graduate School Hanyang University, Seoul Korea, (2012).
63. P. B. O'Sullivan, G. D. Phytty, L. T. Twomey, G. T. Allison, "Evaluation of Specific Stabilizing Exercise in the Treatment of Chronic Low Back Pain with Radiologic Diagnosis of Spondylolysis or Spondylolisthesis", *Spine*, Vol.22, No.24, pp. 2959-2967, (1997)
64. Y. Y. Hwang, J. H. Park, K. W. Lim, "The Effect of Pilates Exercise Elastic Band on Maximum Muscle Strength and Balance of Elderly Women", *The Korea Journal of Sports Science*, Vol.25, No.5, pp. 1099-1108, (2016).