

## 뇌졸중 환자에서 필라테스 운동이 압력 중심 및 균형 능력에 미치는 영향: 무작위 배정 임상시험

김소희 · 박기현<sup>1†</sup>

대구광역시달구벌종합복지관, <sup>1</sup>동호정형외과의원

### Effects of Pilates Exercise on Center of Pressure and Balance Ability in Patients with Stroke: A Randomized Controlled Trial

So Hee Kim, PT, PhD · Ki Hyeon Park, PT, PhD<sup>1†</sup>

Department of Physical Therapy, Daegu Dalgubeol General welfare center

<sup>1</sup>Department of Physical Therapy, Dongho Orthopedic Clinic

Received: September 2, 2025 / Revised: September 23, 2025 / Accepted: November 4, 2025

© 2026 J Korean Soc Phys Med

#### | Abstract |

**PURPOSE:** This study compared the effects of Pilates- and Swiss ball-based trunk stabilization exercises on the balance ability and Center of Pressure (CoP) sway in chronic stroke patients.

**METHODS:** Thirty-one patients were assigned randomly to a Pilates group (n = 15) or a Swiss ball group (n = 16). Both groups trained three times per week for eight weeks, and all participants received concurrent neurorehabilitation. Balance was evaluated using the Berg Balance Scale (BBS) and CoP parameters (anteroposterior, mediolateral,

total path length, and sway velocity) measured with the Balancia system. Data were analyzed using two-way repeated-measures ANOVA with Bonferroni correction ( $\alpha = .05$ ).

**RESULTS:** Both groups showed significant time effects in all CoP parameters and BBS scores ( $p < .05$ ). The CoP sway distance and velocity decreased, and the BBS scores improved from  $43.0 \pm 7.2$  to  $49.15 \pm 5.34$  in the Pilates group and from  $44.83 \pm 6.64$  to  $50.92 \pm 4.72$  in the Swiss ball group. No significant group-by-time interaction was found ( $p > .05$ ).

**CONCLUSION:** Pilates and Swiss ball exercises enhanced the postural stability and balance by reducing CoP sway and improving the functional performance. Pilates-based training can serve as an effective alternative or complementary approach to Swiss ball exercises in stroke rehabilitation.

**Key Words:** Balance, Gait, Pilates, Stroke, Trunk stability

†Corresponding Author : Ki Hyeon Park

ptpkh2@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0004-9451-0999>

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.

## I. 서론

뇌졸중 환자는 마비로 인한 근력 약화와 균형 및 보행 기능 저하로 인해 일상생활 수행에 제약을 받는다[1]. 따라서 뇌졸중 환자의 재활 목표 중 하나는 균형 능력의 회복이다[2]. 압력 중심(Center of Pressure, CoP)은 자세를 유지하기 위해 지지면 내에서 지속적으로 변화하며[3], 이러한 CoP의 특성을 동적 자세 측정으로 분석하는 것은 자세 조절 능력 평가에 있어 중요한 방법으로 활용된다[4]. CoP의 움직임은 수직 지면반력의 합성점 위치 변화를 반영하고[5], 신체 중심의 이동 경로를 분석하는 지표로 사용된다[6]. 또한 CoP 기반의 균형 평가는 임상적 검사와도 밀접한 관련이 있으며, Karlsson와 Frykberg [5]는 뇌졸중 환자의 균형을 평가할 때 힘판(force plate)으로 측정된 CoP 지표와 Berg 균형 척도 항목 간 높은 상관관계를 보고하였다.

몸통 안정화 운동은 복부와 척추 주위의 심부 근육을 활성화하여 안정성과 자세 제어 능력을 향상시키며[7,8], 이러한 근육 기능의 강화는 균형 유지와 보행 시 중심 조절에 기여하여 뇌졸중 환자의 기능 회복에 중요한 역할을 한다[9,10]. 따라서 재활 중재에서는 의도적인 움직임 조절을 기반으로 한 반복적이고 집중적인 훈련이 요구되며, 몸통 근육 강화를 통해 균형 유지와 움직임의 효율성을 높이는 것이 핵심 요소라 할 수 있다[11].

필라테스 운동은 조셉 필라테스에 의해 개발된 운동법으로, 집중·조절·중심·호흡·정확·호흡의 여섯 가지 원리에 기반하여 신체 정렬과 코어(core) 근육 강화를 통해 균형 잡힌 신체 발달을 추구한다. 이러한 필라테스는 뇌졸중 환자를 포함한 다양한 대상에서 몸통 안정성, 자세 조절, 신체 정렬 개선 등 긍정적인 효과를 입증하였으며, 깊은 배 근육의 조절력을 향상시켜 자세 안정성을 높이는 데 효과적이다[12]. 선행 연구에 따르면 8주간의 매트 기반 필라테스 프로그램은 균형 능력, 기능적 이동성, 몸통 안정성, 삶의 질에 긍정적인 변화를 유도했으며[13], 정적 및 동적 균형 향상에도 기여하였다[14]. 이러한 필라테스의 원리는 신체 중심부의 안정성을 강화하여 자세 조절 메커니즘을 개선한다는 점에서, 불안정한 지지면을 활용한 다른 중재인 스위스볼 운동과 공통된 생리학적 기반을 가진다.

스위스볼을 활용한 재활운동은 불안정한 지지면에서

수행되므로 신경근 재교육을 촉진하고, 몸통 근력과 지구력을 강화하여 안정성·협응력·유연성을 향상시키는 것으로 보고되었다[15]. 실제로 3주간의 요부 안정화 훈련 후 선 자세 균형 능력이 유의하게 향상되었으며[16], 골반·허리·몸통의 근력과 균형 또한 개선되었다[17]. 아울러 스위스볼 기반의 몸통 안정화 운동은 배근육, 허리 펴근, 다리 근육, 무릎 굽힘근의 근활성을 증가시키는 효과가 확인되었다[18]. 이러한 선행 결과들은 스위스볼 운동이 뇌졸중 환자의 재활 과정에서 몸통 안정성과 균형 능력을 증진시키는 데 유용한 보완적 접근임을 시사한다.

지금까지의 선행연구들은 필라테스나 스위스볼과 같은 몸통 중심 운동이 균형 및 자세 조절 능력에 긍정적인 영향을 미친다는 점을 보고하였다[12-18]. 그러나 대부분의 연구는 건강한 성인이나 노인을 대상으로 하였으며, 뇌졸중 환자를 대상으로 한 연구는 상대적으로 부족하다. 또한 균형 평가에 있어 임상적 지표(Berg 균형 척도, 일어서서 걷기 검사 등)에 의존한 경우가 많아, CoP를 활용한 정량적 균형 분석을 병행한 연구는 제한적이다. 따라서 본 연구는 필라테스와 스위스볼 기반의 몸통 안정화 운동이 뇌졸중 환자의 균형 능력과 CoP 이동 특성에 미치는 효과를 비교·분석함으로써, 보다 객관적이고 생체역학적인 관점의 근거를 제시하고자 한다.

본 연구의 목적은 뇌졸중 환자를 대상으로 필라테스와 스위스볼 기반의 몸통 중심 운동이 균형 능력과 CoP 이동 특성에 미치는 영향을 비교·분석하여, 균형 향상에 효과적인 재활 중재 방법을 규명하는 것이다.

## II. 연구방법

### 1. 연구 대상자

본 연구는 대구 소재 OO 노인병원에 입원한 만성 뇌졸중 환자를 대상으로 하였다. 표본수는 G\*Power 3.1 프로그램을 활용하여 이요인 반복측정 분산분석에 필요한 유의수준 .05, Cohen's  $f = .25$ , 검정력 .80, 측정시점 3개를 기준으로 산출[19]했으며, 최소 28명이 필요하였다. 탈락을 20%를 고려하여 33명을 모집하였고, 중도 탈락 2명을 제외한 최종 31명이 분석에 포함되었다.

선정 기준은 ① 발병 기간 6개월~5년, ② 독립적 서기 가능, ③ 보조도구 이용 시 20m 이상 보행 가능, ④ 마비측 하지 근력 3 점 이상, ⑤ K-MMSE 24 점 이상이였다. 근골격계 질환이나 수술로 보행에 어려움이 있는 자, 심한 근경직 환자는 제외하였다[20].

대상자는 선정 기준을 충족한 후 연구 참여 동의서를 작성하였으며, 컴퓨터 기반 난수 생성 프로그램을 이용한 층화 무작위 배정을 통해 필라테스 운동군과 스위스볼 운동군에 1:1 비율로 배정되었다. 무작위 순서 생성과 배정 과정은 연구에 직접 참여하지 않는 독립된 연구자가 담당하였다.

윤리적 승인은 대구대학교 생명윤리위원회(승인번호: 1040621-201605-HR-005-02)로부터 받았으며, 모든 대상자는 연구 목적을 이해하고 서면 동의하였다.

대상자의 평균 연령은 74.69 세, 평균 발병 기간은 38.8 개월, 평균 신장은 168.85cm 였다.

## 2. 실험 방법

### 1) 측정도구

#### (1) 압력중심 (Center of Pressure, CoP) 측정

본 연구에서는 좌우 CoP 이동, 전후 CoP 이동, 전체 CoP 이동 거리 및 평균 이동 속도를 측정하기 위해 Balancia 시스템(Mintosys, Korea)을 사용하였다. 이 시스템은 Nintendo의 Wii Balance Board와 Balancia 소프트웨어(version 2.0)로 구성되며, 블루투스를 통해 연결되어 CoP의 이동 데이터를 수집한다. 이를 통해 좌우 및 전후 방향의 동요 거리, 이동 속도, 체중 지지 분포 등을 자동으로 산출하며, 모든 데이터는 100Hz로 샘플링되었다.

측정 시 참여자는 신발을 벗고 균형판 위에 올라가 양팔을 편안히 몸 옆에 둔 채 편안한 자세로 서서 실시하였다. 측정은 눈을 뜬 상태와 감은 상태 각각 20초간 진행되었으며, 3회 반복 측정 후 평균값을 분석에 사용하였다. 이 시스템은 뇌졸중 환자의 균형 능력 측정에서 타당도 (.85~.96) 및 검사자 간 신뢰도(.79~.96)가 확보된 유효한 평가도구이다[21].

#### (2) Berg 균형 척도(Berg balance scale, BBS)

본 연구에서는 뇌졸중 환자의 기능적 균형 능력을 평가

하기 위해 BBS를 사용하였다[22].

BBS는 총 14개의 항목으로 구성되며, ‘앉기’, ‘서기’, ‘자세 전환’의 세 영역으로 나뉜다. 각 항목은 0점(수행 불가)에서 4점(안정적으로 수행 가능)까지 채점되며, 총점은 최대 56점이다. 전체 평가에는 약 15분이 소요되며, 검사자 내 신뢰도는 .99, 검사자 간 신뢰도는 .98로 매우 높은 신뢰도를 가진 평가 도구이다[23].

### 2) 중재 방법


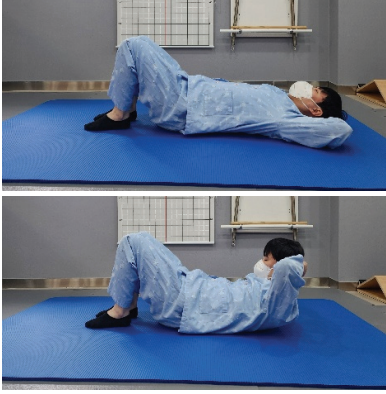


#### (1) 필라테스를 이용한 운동

본 연구에서는 필라테스 매트 운동[24] 중 안정화 중심의 7가지 동작(Pelvic curl, Chest lift, Spine twist supine, Leg lift supine, Roll up, Shoulder bridge, Side leg kick) (Table 1)을 프로그램으로 구성하였다. 운동은 8주 동안 주 3회, 회당 30분으로 진행되었으며, 자격을 갖춘 필라테스 치료사 2명이 전 과정을 지도하였다. 준비 운동과 마무리 운동을 각 5분씩 실시하였으며, 필라테스 동작은 각 15회 반복을 1세트로 하여 총 2세트를 수행하였다. 세트 간 15초, 동작 간 1분의 휴식을 두어 과부하를 방지하였고, 대상자의 기능 수준에 따라 반복 횟수와 휴식 시간을 조절하였다. 필요 시 최소한의 치료사 보조가 제공되었다.

#### (2) 스위스볼을 이용한 운동

본 연구에서는 Shim [25]의 연구를 기반으로 뇌졸중 환자에게 적용할 수 있는 스위스볼 안정화 운동 프로그램 (Table 2)을 구성하였다. 기본적인 허리 안정화 운동 (Draw-in, Bridge Exercise, Trunk Flexion and Lateral Flexion, Pelvic Uprighting in Sitting Position)과 스위스볼을 이용한 허리 안정화 운동(Trunk Flexion and Extension Using a Ball, Pelvic Uprighting on a Swiss Ball, Bouncing for Balance on a Swiss Ball, Moving the Paretic Arm Forward, Backward, and Sideways with a Ball)을 수행하였다. 운동은 8주 동안 주 3회, 회당 30분으로 진행되었으며, 준비 운동과 마무리 운동을 각 5분씩 포함하였다. 각 동작은 15회 반복을 1세트로 하여 2세트를 수행하였고, 세트 간 15초, 동작 간 1분의 휴식을 제공하였다. 대상자의 신체 능력에 따라 반복 횟수와 휴식 시간을 조절하였으며, 필요 시 치료사가 균형 유지 및 안전을 보조하였다.

Table 1. Pilates-Based Exercises

	<p><b>Pelvic curl</b></p> <p>Starting position: The subject lies supine with the knees bent and the feet placed flat on the mat, hip-width apart. The arms rest alongside the body with the palms facing downward. The pelvis is maintained in a neutral position while the neck, shoulders, and lower back muscles are relaxed.</p> <p>Expiration: The abdomen is gently drawn in, and the pelvis, lumbar spine, and thoracic spine are sequentially lifted off the mat.</p> <p>Inspiration: The trunk is raised slightly higher to align the shoulders, pelvis, and knees in a straight line.</p> <p>Expiration: The spine is slowly lowered back down segment by segment, returning to the starting position.</p>
	<p><b>Chest lift</b></p> <p>Starting position: The subject lies supine with the knees bent and the feet fixed on the mat. The hands are clasped behind the head with the elbows pointing outward. The chin is slightly tucked toward the chest.</p> <p>Expiration: The head and thorax are lifted until the scapulae are raised off the mat, while the lumbar spine remains in contact with the mat. The abdomen is drawn in to form a curve of the upper trunk.</p> <p>Inspiration: The position is held briefly.</p> <p>Expiration: The trunk and head are slowly lowered back to the starting position.</p>
	<p><b>Spine twist supine</b></p> <p>Starting position: The subject lies supine with the hips and knees flexed at 90°. The knees are positioned above the pelvis, and the shanks are kept parallel to the mat. The arms are extended laterally with the palms facing downward.</p> <p>Expiration: The abdomen is contracted to induce a slight posterior pelvic tilt while the thighs are gently adducted.</p> <p>Inspiration: The pelvis and knees move together as a single unit, rotating the lower extremities to one side.</p> <p>Expiration: The legs are returned to the center.</p> <p>Inspiration: The same rotation is performed to the opposite side.</p> <p>Expiration: The legs are brought back to the center position.</p>
	<p><b>Leg lift supine</b></p> <p>Starting position: The subject lies supine with the knees flexed so that the shanks form a right angle with the thighs. The feet are placed flat on the mat, hip-width apart.</p> <p>Expiration: One leg is lifted until the knee is positioned above the hip, with the thigh maintained perpendicular to the mat and the knee flexed at 90°.</p> <p>Inspiration: The leg is lowered until the toes lightly touch the mat while maintaining</p>



the knee angle. The movement is repeated with the same leg and then performed with the opposite leg.



#### Roll up

Starting position: The subject lies supine with the legs extended together and the toes pointed upward. The arms are stretched overhead with the palms facing upward.  
 Inspiration: The abdomen is contracted while the head and shoulders are lifted. The arms are raised toward the ceiling, the chin is gently tucked toward the chest, and the ankles are dorsiflexed.



Expiration: The trunk is rolled upward, passing through a seated position, and then flexed forward over the legs so that the fingertips reach toward the toes. If flexibility allows, the palms touch the sides of the feet or the mat.



Expiration: The trunk is slowly lowered, and the arms are extended overhead to return to the starting position.



#### Shoulder bridge

Starting position: The subject lies supine with the knees bent and the feet placed on the mat. The arms rest alongside the body with the palms facing downward. The pelvis is lifted, and the hands are placed at the lower back with the fingers pointing inward to provide support. One leg is then drawn toward the chest and extended vertically upward.



Expiration: The extended leg is lowered toward the mat.



Inspiration: The leg is raised back to a vertical position. The same movement is performed with the opposite leg, and the pelvis is then lowered to return to the starting position.












	<p><b>Side leg kick</b></p> <p><b>Starting position:</b> The subject lies on the side with the legs positioned slightly forward of the trunk and the toes pointed. The elbow is flexed with the hand placed behind the head, and the head is slightly lifted from the mat.</p> <p><b>Inspiration:</b> The upper leg is moved smoothly forward in a gentle kicking motion.</p> <p><b>Expiration:</b> The same leg is extended smoothly backward.</p> <p>The movement is then repeated on the opposite side.</p>
---	--

Table 2. Swiss Ball-Based Exercises

	<p><b>Draw-in</b></p> <p><b>Starting position:</b> The subject lies comfortably in a supine position with the knees slightly flexed and the head supported by a pillow. The therapist places a hand on the subject's abdomen to monitor breathing and muscle tension. The shoulders and neck remain relaxed, and the whole body is kept at ease.</p> <p><b>Movement:</b> During expiration, the navel is gently drawn inward toward the spine, contracting the abdominal wall. The lumbar spine and pelvis remain stable, while only the deep abdominal muscle (transversus abdominis) is softly activated.</p>
	<p><b>Bridge Exercise</b></p> <p><b>Starting position:</b> The subject lies supine on the mat with the knees flexed and the soles of the feet firmly placed on the floor, approximately shoulder-width apart. The arms rest alongside the body with the palms on the floor. The shoulders and neck are kept relaxed.</p> <p><b>Movement:</b> During expiration, the abdomen is drawn in while the hips and lower back are slowly lifted. The shoulders, hips, and knees are aligned in a straight line. The position is maintained for 3–5 seconds while feeling the contraction of the gluteal and hamstring muscles. During inspiration, the hips are slowly lowered to return to the starting position.</p>

	<p><b>Trunk Flexion and Lateral Flexion</b></p> <p>Starting position: The subject lies comfortably in a supine position with the knees slightly flexed and supported by a pillow or cushion for stability. The therapist gently supports the pelvis and shoulders.</p> <p>Trunk flexion: During expiration, the subject slightly flexes the upper trunk forward while contracting the abdominal muscles, allowing the trunk to curl forward.</p> <p>Lateral flexion: During expiration, the subject bends the trunk to one side, maintaining a stretch sensation in the lumbar and lateral trunk muscles.</p>
	<p><b>Pelvic Uprighting in Sitting Position</b></p> <p>Starting position: The subject sits on a flat mat with the knees and feet positioned shoulder-width apart to maintain stability. The therapist provides support from the side to assist with balance.</p> <p>Expiration: The abdomen is gently drawn in while the posteriorly tilted pelvis is brought to an upright position, straightening the lumbar spine. The shoulders remain relaxed, and the gaze is directed forward.</p> <p>Hold: The upright sitting posture is maintained for 3–5 seconds while engaging the trunk muscles.</p> <p>Inspiration: The tension is released, and the subject slowly returns to the relaxed starting position.</p>
	<p><b>Trunk Flexion and Extension Using a Ball</b></p> <p>Starting position: The subject lies supine on a mat with the legs placed on top of a ball, maintaining alignment of the hips and knees. The arms rest alongside the body with the palms facing downward. The therapist provides support to stabilize the ball and legs.</p> <p>Flexion (ball pulling): During expiration, the knees are flexed to roll the ball toward the body while contracting the abdomen, allowing a slight posterior pelvic movement.</p> <p>Extension (ball pushing): During inspiration, the knees are extended to roll the ball away from the body, ensuring that the lumbar spine and pelvis remain in contact with the mat.</p>
	<p><b>Pelvic Uprighting on a Swiss Ball</b></p> <p>Starting position: With the assistance of a therapist, the subject sits on a Swiss ball. The feet are placed firmly on the floor at shoulder-width apart. The hands are rested on the knees or supported by the therapist to maintain balance. The lumbar spine and shoulders remain relaxed in a comfortable sitting position.</p> <p>Expiration: The abdomen is gently drawn in while the pelvis is uprighted to extend the lumbar spine. The gaze is directed forward, and the shoulders remain relaxed.</p> <p>Hold: The correct upright sitting posture is maintained for 3–5 seconds.</p> <p>Inspiration: Abdominal tension is released, and the subject returns to the initial relaxed sitting position.</p>

	<p><b>Bouncing for Balance on a Swiss Ball</b></p> <p>Starting position: The subject sits on a Swiss ball with the feet fixed on the floor. The therapist supports the subject's trunk and shoulders to ensure safety. The spine is kept upright, and the trunk remains relaxed.</p> <p>Movement (gentle bouncing): While breathing naturally, the subject gently presses the hips into the ball and releases, creating small bouncing movements. The trunk is maintained in an upright position, and the pelvis is stabilized to avoid lateral sway.</p> <p>Balance maintenance: During bouncing, the abdominal muscles are engaged to keep the upper body steady and prevent excessive movement.</p>
	<p><b>Moving the Paretic Arm Forward, Backward, and Sideways with a Ball</b></p> <p>Starting position: The subject sits upright on a mat with the feet placed firmly on the floor. The paretic arm is positioned on top of a Swiss ball. The therapist provides lateral support to the trunk and shoulder to help maintain balance.</p> <p>Forward movement: The paretic arm is extended to slowly roll the ball forward while contracting the abdomen to prevent the trunk from following the motion.</p> <p>Backward movement: The ball is rolled slowly back toward the body, returning to the starting position.</p> <p>Side movement: The ball is rolled to the side to stimulate the paretic shoulder and lateral trunk muscles.</p> <p>The forward, backward, and lateral movements are repeated alternately in the same manner.</p>

(3) 중추신경계 재활치료

모든 대상자는 각 운동 프로그램과 함께 중추신경계 재활치료를 병행하였다. 중추신경계 재활치료는 주 2회, 회당 30분씩 8주간 시행되었으며, 자세 조절 훈련, 약화된 근육 강화, 일상생활동작 훈련을 포함하였다. 환자의 회복 정도에 따라 작업치료나 기능적 전기자극치료를 추가로 적용하였다. 모든 중재는 동일한 장소와 치료 환경에서 진행되었으며, 프로그램 간 빈도와 강도는 일치하도록 통제하였다.

(4) 연구 절차

기초 평가는 무작위 배정 직후 동일한 환경에서 압력 중심 측정과 Berg 균형 척도를 차례로 실시하였다. 이후 8주 동안 두 군 모두 주 3회, 회당 30분씩 중재를 진행하였으며, 필라테스 운동군은 몸통 안정화 중심의 필라테스 프로그램을, 스위스볼 운동군은 스위스볼을 활용한 균형 운동 프로그램을 수행하였다. 또한 모든 대상자에게 중추신경계 재활치료가 병행되었다. 프로그램 종료 시점에는 사전과 동일한 도구와 절차를 사용하여 사후 평가를 실시

하였다(Fig. 1).

본 연구는 참여자와 중재 제공자에게는 눈가림(blinding)을 적용하기 어려웠으나, 결과 평가자와 통계 분석자는 그룹 정보를 알 수 없도록 단일 눈가림(single-blind) 방식으로 진행하였다. 모든 평가는 동일한 검사자가 일관되게 수행하였으며, 측정된 결과는 체계적으로 수집·정리되어 통계 분석에 사용되었다. 두 중재군은 빈도, 시간, 기간, 장소, 지도자 등 중재 환경을 동일하게 유지하여 프로그램 간 유사성을 확보하였다.

3. 통계 분석

통계 분석은 IBM SPSS statistics 29.0 (IBM Corp., Armonk, NY, USA)를 사용하여 수행되었다. 연구 참여자의 일반적 특성은 기술 통계를 사용하였다. Shapiro-Wilk 검정 결과 정규 분포를 따랐고 Mauchly 구형성 검정 결과 만족하여, 이요인 반복측정 분산분석을 이용하여 그룹 내 시간에 따른 변화를 비교하였고 Bonferroni를 통해 사후검정을 진행하였다. 이요인 반복측정 분산의 유의 수준은 .05로 진행하였다.

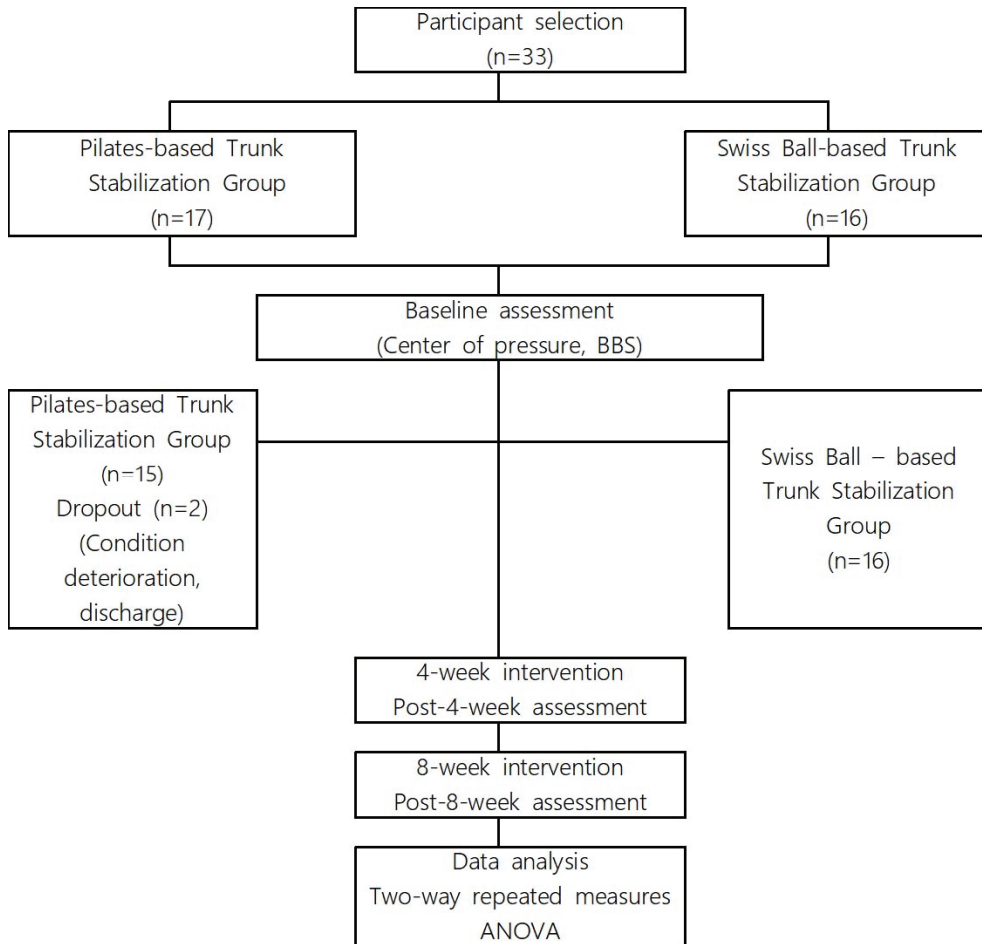


Fig. 1. Participant flow.

### Ⅲ. 연구결과

#### 1. 연구 대상자의 일반적 특성

전체 연구 대상자는 31명으로, 남자는 15명, 여자는 16명이었다.

필라테스 운동군은 15명, 스위스볼 운동군은 16명으로 평균 연령은 각각  $74.69 \pm 4.63$ 세와  $73 \pm 3.13$ 세로 두 군 간 유의한 차이는 없었다( $p = .29$ ). 평균 신장은  $168 \pm 7.34$ cm와  $161.9 \pm 5.62$ cm, 평균 체중은  $64.10 \pm 8.50$ kg과  $54 \pm 7.77$ kg으로 나타났으며, 두 군 간 차이는 없었다( $p > .05$ ). 발병 후 경과 기간은 각각  $34.8 \pm 11.79$ 개월과  $34.3 \pm 13.73$ 개월, Berg 균형 척도 점수는  $43 \pm 7.2$ 점과  $44.83$

$\pm 6.64$ 점으로 나타났고 모든 항목에서 유의한 차이는 확인되지 않았다( $p > .05$ ) (Table 3).

#### 2. 눈을 뜬 상태에서의 CoP 변화

기간에 따른 모든 CoP 변수에서 유의한 차이가 나타났다( $p < .05$ ) (Table 4). 필라테스 운동군의 전후 이동거리는 기초 시점  $51.51 \pm 13.37$ cm에서 8주 후  $27.26 \pm 5.98$ cm로 감소하였으며, 스위스볼 운동군 역시  $43.56 \pm 17.10$ cm에서  $27.76 \pm 6.03$ cm로 감소하였다( $p < .05$ ). 좌우 이동거리, 총 이동거리, 평균 이동속도 또한 두 군 모두에서 4주 및 8주 후 유의하게 감소하였다( $p < .05$ ). 군 간 비교에서는 모든 변수에서 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다( $p > .05$ ).

Table 3. General characteristics of the subjects

	PTSG (n = 15)	STSG (n = 16)	X <sup>2</sup> /t	p
Age	74.69 ± 4.63	73.00 ± 3.13	1.060	.290
Gender (male/female)	7/8	8/8	2.910	.830
Affected side (Left/Right)	8/7	9/7	-.630	.530
Onset (month)	34.80 ± 11.79	34.30 ± 13.73	-2.200	.820
Height (cm)	168.20 ± 7.34	161.90 ± 5.62	.250	.800
weight (kg)	64.10 ± 8.50	54.20 ± 7.77	2.120	.680
Berg balance scale (score)	43.00 ± 7.20	44.83 ± 6.64	-.660	.510

PTSG: Pilates-based Trunk Stabilization Group, STSG: Swiss Ball-based Trunk Stabilization Group, Mean ± SD: mean ± standard deviation

Table 4. Changes in the center of pressure displacement with their eyes open (unit: cm, cm/sec)

		Baseline	Post-4 Weeks	Post-8 Weeks	F	p	post hoc
MLCoPO	PTSG	43.94 ± 9.21	34.86 ± 5.77	29.92 ± 5.22	7.200	.001*	A > B > C
	STSG	38.00 ± 13.25	31.29 ± 7.37	26.90 ± 6.19	26.000	.001*	A > B > C
	p	.210	.190	.200			
APCoPO	PTSG	51.51 ± 13.37	36.33 ± 11.58	27.26 ± 5.98	23.880	.001*	A > B > C
	STSG	43.56 ± 17.10	34.40 ± 13.50	27.76 ± 6.03	7.470	.001*	A > B > C
	p	.210	.700	.840			
TCoPO	PTSG	75.20 ± 15.40	56.22 ± 12.08	45.44 ± 7.34	7.540	.001*	A > B > C
	STSG	64.05 ± 22.90	51.85 ± 15.37	42.74 ± 8.92	1.240	.001*	A > B > C
	p	.510	.450	.390			
MCoPO	PTSG	3.87 ± .92	3.51 ± .73	2.84 ± .57	53.070	.001*	A > B > C
	STSG	3.43 ± .92	3.20 ± .86	3.05 ± .51	2.940	.012*	A > B > C
	p	.240	.340	.350			

PTSG: Pilates-based Trunk Stabilization Group, STSG: Swiss Ball-based Trunk Stabilization Group, Mean ± SD: mean ± standard deviation, MLCoPO: Mediolateral center of pressure displacement with eyes open, APCoPO: Anteroposterior center of pressure displacement with eyes open, TCoPO: Total center of pressure displacement with eyes open, MCoPO: Mean center of pressure displacement velocity with eyes open, A: Baseline, B: Post-4 Weeks, C: Post-8 Weeks, \*p < .05.

### 3. 눈을 감은 상태에서의 CoP 변화

두 군 모두에서 시간에 따른 CoP 변수의 유의한 차이가 관찰되었다(p < .05)(Table 5). 필라테스 운동군의 전후 이동거리는 기초 시점 52.65 ± 23.87cm에서 8주 후 28.89 ± 5.87cm로 감소하였고, 스위스볼 운동군은 53.64 ± 24.08cm에서 31.93 ± 5.04cm로 감소하였다(p < .05). 좌우, 총 이동거리, 평균 이동속도 또한 두 군 모두에서 감소하였다(p < .05). 군 간 비교에서는 모든 변수에서 유의한 차이가 나타나지 않았다(p > .05).

### 4. Berg 균형 척도 변화

두 군 모두에서 시간에 따른 유의한 향상이 나타났다(p < .05)(Table 6). 필라테스 운동군은 기초 시점 43 ± 7.2점에서 8주 후 49.15 ± 5.34점으로, 스위스볼 운동군은 44.83 ± 6.64점에서 8주 후 50.92 ± 4.72점으로 증가하였다(p < .05). 군 간 비교에서는 통계적으로 유의한 차이가 확인되지 않았다(p > .05).

Table 5. Changes in the center of pressure displacement with their eyes closed (unit: cm, cm/sec)

		Baseline	Post-4 Weeks	Post-8 Weeks	F	p	post hoc
MLCoPC	PTSG	42.25 ± 11.56	33.87 ± 6.73	28.88 ± 5.87	52.030	.001*	A > B > C
	STSG	45.42 ± 9.91	36.62 ± 5.95	31.93 ± 5.04	75.440	.001*	A > B > C
	p	.500	.290	.170			
APCoPC	PTSG	52.65 ± 23.87	43.54 ± 16.71	28.89 ± 5.87	3.050	.001*	A > B > C
	STSG	53.64 ± 24.08	45.16 ± 17.87	31.93 ± 5.04	6.660	.001*	A > B > C
	p	.920	.820	.740			
TCoPC	PTSG	75.29 ± 26.30	61.28 ± 16.93	50.79 ± 13.26	3.030	.001*	A > B > C
	STSG	78.26 ± 24.80	64.57 ± 17.46	55.06 ± 12.19	9.870	.001*	A > B > C
	p	.780	.640	.410			
MCoPC	PTSG	4.67 ± 1.19	4.03 ± 1.21	3.39 ± .88	22.620	.001*	A > B > C
	STSG	4.38 ± 1.17	4.25 ± 1.26	3.67 ± .81	17.970	.010*	A > B > C
	p	.540	.670	.410			

PTSG: Pilates-based Trunk Stabilization Group, STSG: Swiss Ball-based Trunk Stabilization Group, Mean ± SD: mean ± standard deviation, MLCoPC: Mediolateral center of pressure displacement with eyes closed, APCoPC: Anteroposterior center of pressure displacement with eyes closed, TCoPC: Total center of pressure displacement with eyes closed, MCoPC: Mean center of pressure displacement velocity with eyes closed, A: Baseline, B: Post-4 Weeks, C: Post-8 Weeks, \* p < .05

Table 6. Changes in Berg balance scale(BBS) score (unit: score)

	Baseline	Post-4 Weeks	Post-8 Weeks	F	p	post hoc
PTSG	43.00 ± 7.20	47.00 ± 6.14	49.15 ± 5.34	22.970	.001*	C > B > A
STSG	44.83 ± 6.64	48.75 ± 5.29	50.92 ± 4.72	24.810	.001*	C > B > A
p	.510	.450	.390			

PTSG: Pilates-based Trunk Stabilization Group, STSG: Swiss Ball-based Trunk Stabilization Group, Mean ± SD: mean ± standard deviation, A: Baseline, B: Post-4 Weeks, C: Post-8 Weeks, \* p < .05

#### IV. 고찰

균형은 자발적인 움직임 동안 신체의 자세를 조절하고 외부 자극에 적절히 반응하여 안정된 자세를 유지하는 능력으로, 감각·운동·신경 체계의 정교한 상호작용에 의해 수행된다[26]. 반복적인 신체 활동은 시각과 전정 정보를 통합하고 중추신경계의 반응 속도를 향상시켜 균형 유지 능력의 향상에 기여한다[27]. 본 연구에서는 필라테스 운동군과 스위스볼 운동군 모두에서 중재 기간에 따라 Berg 균형 척도 점수가 유의하게 향상되었으나, 두 군 간의 차이는 나타나지 않았다. 이는 두 프로그램이 모두 균형 능력 향상에 유효하게 작용했음을 의미한다.

필라테스 운동의 균형 개선 효과는 여러 선행연구와 일치한다. de Andrade Mesquita 등[28]은 필라테스 훈련이

노인 여성의 BBS 점수를 유의하게 향상시켰다고 보고하였으며, de Oliveira 등[29] 역시 12주간의 필라테스 중재 후 평균 1.8점의 향상이 있었다고 제시하였다. 이러한 결과는 중심 근육의 강화가 자세 안정성과 균형 유지 능력에 기여한다는 연구들[30,31]과도 부합한다. 스위스볼 운동 역시 유사한 경향을 보였는데, Kim [32]은 4주간의 스위스볼 운동 후 BBS 점수가 43.5점에서 52.8점으로 유의하게 증가하였다고 하였으며, Marshall과 Murphy [33]는 불안정한 불위에서 수행한 운동이 척추세움근과 심부 안정근의 활성도를 높인다고 보고하였다. 본 연구에서도 두 운동 모두 몸통의 안정성과 조절 능력을 향상시켜 균형 유지에 필요한 자세 제어 능력을 강화한 것으로 해석된다. 특히 정렬 중심의 반복적인 움직임이 감각-운동 통합을 자극하여 일상적인 자세 반응과 균형 회복 반응을 향상시킨 것으로 보인다.

본 연구에서 CoP의 이동 거리와 속도는 시각 정보를 제공한 상태(눈을 뜬 상태)와 차단한 상태(눈을 감은 상태) 모두에서 유의하게 감소하였다. 이는 감각 정보의 유무에 관계없이 자세 조절 능력이 향상되었음을 의미한다. 이러한 결과는 필라테스와 스위스볼 운동이 균형의 정적·동적 조절 능력을 개선한다는 선행연구들과 일치한다. Bird 등[13]은 노인을 대상으로 한 연구에서 필라테스 운동 후 좌우 동요 범위가 유의하게 감소하였다고 보고하였으며, Hyun 등[34]은 필라테스 운동이 자세 동요 범위와 속도를 줄여 전신 안정성을 향상시킨다고 밝혔다. 스위스볼 운동의 효과 또한 Yuk [35]의 연구에서 확인되었으며, 스위스볼 운동군이 매트 운동군보다 CoP 이동 감소가 더 크다고 보고하였다. Park 등[36]은 스위스볼 운동이 못갈래근과 척추세움근 등 몸통 주위 근육의 협응을 향상시켜 대칭성과 안정성을 높인다고 하였다. 반면 일부 연구에서는 필라테스 중재 후 CoP 변화가 제한적이었다고 보고하였는데, 이는 대상자의 연령, 초기 균형 수준, 중재 강도의 차이 때문으로 해석된다. 본 연구의 참여자 평균 연령이 74.69세로 고령층에 해당함을 고려하면, 신경가소성(neuroplasticity) 저하와 근기능 약화로 인해 두 중재 간 차이가 뚜렷하게 나타나지 않았을 가능성이 있다.

Pilkar 등[37]은 뇌졸중 환자에게 몸통 근력 강화 중재를 적용한 결과, CoP의 흔들림이 감소하고 자세 안정성이 향상되었다고 보고하였으며, Garland 등[38]은 BBS 점수와 CoP 속도 간의 상관관계를 분석하여 균형 능력 향상과 자세 흔들림 감소가 밀접히 연관되어 있음을 제시하였다. 본 연구에서도 CoP 이동 거리와 속도의 감소는 몸통 근육의 조절 능력이 향상되어 자세 안정성이 강화된 결과로 해석된다. Zhao 등[39]은 시선 고정 운동이 CoP 속도를 감소시켜 자세 제어에 긍정적인 영향을 준다고 보고하였고, Horak 등[40]은 정교한 자세 제어를 위해 CoP의 안정성과 세밀한 몸통 근육 조절이 필요하다고 제안하였다. 본 연구에서도 전후 방향 CoP 속도의 감소가 관찰되었으며, 이는 몸통 안정화와 감각 통합 훈련이 자세 제어 전략의 효율성을 높였음을 시사한다.

이와 같은 결과를 종합하면, 필라테스 운동과 스위스볼 운동은 서로 다른 기전을 통해 공통적으로 몸통의 안정성을 강화하고 자세 조절 능력을 향상시키는 데 기여한 것으

로 판단된다. 필라테스는 호흡과 정렬을 기반으로 한 내재 근 조절을 강조함으로써 중심 안정성을 높였으며, 스위스볼 운동은 불안정한 지지면을 활용하여 신체의 균형 반응을 자극함으로써 신경근 조절과 근 협응을 강화하였다. 따라서 두 중재 모두 뇌졸중 환자의 균형 및 CoP 동요 개선에 효과적이며, 필라테스는 스위스볼 운동과 비교해도 임상적으로 충분히 활용 가능한 대체·보완적 중재로 판단된다.

본 연구의 한계로는 첫째, 대상자 수가 적고 고령층으로 국한되어 있어 결과를 전체 뇌졸중 환자 집단에 일반화하기 어렵다는 점이 있다. 둘째, 본 연구는 두 군 비교 무작위 대조 연구로 설계되었으나, 단일 기관에서 수행되어 표본의 대표성이 제한적이다. 셋째, 근활성도, 근두께, 근긴장도 등의 생리학적 변수를 포함하지 못하여 균형 향상 메커니즘을 직접적으로 분석하기 어려웠다. 향후 연구에서는 보다 다양한 연령과 기능 수준의 뇌졸중 환자를 대상으로 표본 규모를 확대한 다기관 무작위 대조 연구가 필요하며, 근활성도와 근긴장도 등의 생체역학적 변수를 포함한 종합적 분석을 통해 필라테스와 스위스볼 운동의 차별적 효과를 규명해야 한다. 또한 뇌졸중 환자의 회복 단계 및 기능 수준에 맞춘 맞춤형 필라테스 프로그램을 개발하고, 장기 추적 연구를 통해 그 지속 효과를 검증할 필요가 있다.

## V. 결론

본 연구는 만성 뇌졸중 환자를 대상으로 필라테스 운동과 스위스볼 운동의 적용 가능성을 검증하여, 두 중재 모두 균형 능력 향상에 기여할 수 있음을 확인하였다. 이러한 결과는 필라테스 운동이 스위스볼 운동과 동등한 수준의 몸통 안정화 및 자세 조절 효과를 가지며, 임상 현장에서 활용 가능한 보완적 재활 중재임을 시사한다. 따라서 환자의 기능 수준과 치료 환경에 따라 필라테스 운동을 균형 회복 및 자세 안정성 강화를 위한 대체 또는 병행 중재로 적용할 수 있다. 향후 연구에서는 다양한 연령층과 회복 단계의 환자를 대상으로 맞춤형 프로그램을 개발·검증하여, 필라테스 기반 균형 재활의 근거 기반 임상 적용을 확립할 필요가 있다.

## References

- [1] Alguren B, Fridlund B, Cieza A, et al. Factors associated with health-related quality of life after stroke: a 1-year prospective cohort study. *J Neurol Rehabil.* 2012;26(3):266-74.
- [2] Kim JH, Jang SH, Kim CS, et al. Use of virtual reality to enhance balance and ambulation in chronic stroke: a double-blind, randomized controlled study. *Am J Phys Med Rehabil.* 2009;88(9):693-701.
- [3] Shushtari M, Takagi A, Lee J, et al. Balance strategy in hoverboard control. *Sci Rep.* 2022;12(1):4509.
- [4] de Haart M, Geurts AC, Huidekoper SC, et al. Recovery of standing balance in postacute stroke patients: a rehabilitation cohort study. *Arch Phys Med Rehabil.* 2004;85(6):886-95.
- [5] Karlsson A, Frykberg G. Correlations between force plate measures for assessment of balance. *Clin Biomech.* 2000;15:365-9.
- [6] Winter DA. Human balance and posture control during standing and walking. *Gait Posture.* 1995a;3(4):193-214.
- [7] Geurts AC, Nienhuis B, Mulder TW. Intrasubject variability of selected force-platform parameters in the quantification of postural control. *Arch Phys Med Rehabil.* 1993;74(11):1144-50.
- [8] McGill, Stuart M. Low back stability: from formal description to issues for performance and rehabilitation. *Exerc Sport Sci Rev.* 2001;29(1):26-31.
- [9] Kim TY. The effects of spinal stability exercise using the sling and mat. *Korea Sport Res.* 2005;16(6):273-80.
- [10] Verheyden G, Vereeck L, Truijten S, et al. Trunk performance after stroke and the relationship with balance, gait and functional ability. *Clin Rehabil.* 2006;20(5):451-8.
- [11] Scott FN, Gerard AM, Lisa AB. Hip muscle imbalance and low back pain in athletes: influence of core strengthening. *Med Sci Sports Exerc.* 2022;34(1):9-16.
- [12] Shumway-Cook A, Woollacott MH. Motor control: theory and practical applications. 2nd ed. Philadelphia, Lippincott Williams & Wilkins. 2001;p. 1-614.
- [13] Bird ML, Hill KD, Fell JW. A randomized controlled study investigating static and dynamic balance in older adults after training with pilates. *Arch Phys Med Rehabil.* 2012;93(1):43-9.
- [14] Bulguroglu I, Guclu-Gunduz A, Yazici G, et al. The effects of mat pilates and reformer pilates in patients with multiple sclerosis: a randomized controlled study. *Neurorehabilitation.* 2017;41(2):413-22.
- [15] Han SW, Cho SY, Kim YS, et al. The effect of isometric exercise using swiss ball on the flexibility, the strength and the waist and hip circumferences. *J Korean Phys Ther.* 2001;13(1):73-82.
- [16] Gong WT, Jung YW, Bae SS. The effects of sacroiliac joint mobilization and lumbopelvic stabilizing exercises on the equilibrium ability. *J Korean Phys Ther.* 2005;17(3):285-95.
- [17] Carpes FP, Reinehr FB, Mota CB. Effects of a program for trunk strength and stability on pain, low back and pelvis kinematics, and body balance: a pilot study. *J Bodyw Mov Ther.* 2008;12(1):22-30.
- [18] Mori A. Electromyographic activity of selected trunk muscles during stabilization exercises using a gym ball. *Electromyogr Clin Neurophysiol.* 2004;44(1):57-64.
- [19] Kim JH. The effect of proprioceptive neuromuscular facilitation with deep breathing on balance, trunk stability, and gait of stroke patients. Master's Degree. Korea National University of Transportation.
- [20] Choi WH, Shin W. Effects of lumbar stabilization exercise on static and dynamic balancing and gait of stroke patients. *J Korea Contents Assoc.* 2020;20(9): 486-93.
- [21] Park DS, Lee DY, Choi SJ, et al. Reliability and validity of the balancia using wii balance board for assessment of balance with stroke patients. *J Korea Acad Ind Coop Soc.* 2013;14(6):2767-72.
- [22] Berg KO, Maki BE, Williams JI, et al. Clinical and

- laboratory measures of postural balance in an elderly population. *Arch Phys Med Rehabil.* 1992;73(11):1073-80.
- [23] Thorbahn LD, Newton RA. Use of the berg balance test to predict falls in elderly persons. *Phys Ther.* 1996;76(6):576-83.
- [24] Herman EH. *Herman's Pilates Mat.* Seoul. Daehanmedia. 2015.
- [25] Shim HB. The effect of lower trunk stabilization exercise on muscle activity, balance and gait in patients with hemiplegia. Master's Degree. Gachon University.
- [26] Cheng PT, Wu SH, Liau MY. Symmetrical body weight distribution training in stroke patients and the effect on fall prevention. *Am J Phys Med Rehabil.* 2001;82(12):1650-4.
- [27] Oak JS, Kim JI, Im JH. Effects of exercise on physical fitness in aging. *Exerc Sci.* 1999;8(1):9-30.
- [28] de Andrade Mesquita LS, de Carvalho FT, de Andrade Freire LS, et al. Effects of two exercise protocols on postural balance of elderly women: a randomized controlled trial. *BMC Geriatr.* 2015;15(1):1.
- [29] de Oliveira LC, de Oliveira RG, de Almeida Pires-Oliveira DA. Effects of pilates on muscle strength, postural balance and quality of life of older adults: a randomized, controlled, clinical trial. *J Phys Ther Sci.* 2015;27(3):871-6.
- [30] Sekendiz B, Altun Ö, Korkusuz F, et al. Effects of pilates exercise on trunk strength, endurance and flexibility in sedentary adult females. *J Bodyw Mov Ther.* 2007;11(4):318-26.
- [31] Johnson EG, Larsen A, Ozawa H, et al. The effects of Pilates-based exercise on dynamic balance in healthy adults. *J Bodyw Mov Ther.* 2007;11(3):238-42.
- [32] Kim TH, Choi HS. Effects of 4 weeks bridging stabilization exercise using swiss ball and whole body vibration on balance and gait function in elderly women. *Phys Ther Korea.* 2011;18(3):49-58.
- [33] Marshall PW, Murphy BA. Core stability exercises on and off a swiss ball. *Arch Phys Med Rehabil.* 2005;86(2):242-9.
- [34] Hyun J, Hwangbo K, Lee CW. The effects of pilates mat exercise on the balance ability of elderly females. *J Phys Ther Sci.* 2014;26(2):291-3.
- [35] Yuk DH. Effect of swiss ball lumbar stabilization exercise on the balance, oswestry disability index of chronic low back pain patients. Master's Degree. Sahmyook University.
- [36] Park MA, Lee SM, Song CH. The effect of lumbar stabilization exercise on surface type of low back pain patients. *Korea Sport Res.* 2005;16(6):329-40.
- [37] Pilkar R, Veerubhotla A, Ibrinke O, et al. A novel core strengthening intervention for improving trunk function, balance and mobility after stroke. *Brain Sci.* 2022;12(5):668.
- [38] Garland S, Willems D, Ivanova, et al. Recovery of standing balance and functional mobility after stroke. *Arch Phys Med Rehabil.* 2003;84(12):1753-9.
- [39] Zhao R, Lu J, Xiao Y, et al. Effects of gaze stabilization exercises on gait, plantar pressure, and balance function in post-stroke patients: a randomized controlled trial. *Brain Sci.* 2022;12(12):1694.
- [40] Horak F, Esselman P, Anderson M, et al. The effects of movement velocity, mass displaced, and task certainty on associated postural adjustments made by normal and hemiplegic individuals. *J Neurol Neurosurg Psychiatry.* 1984;47(9):1020-8.