J Korean Soc Phys Med, 2021; 16(4): 139-151
https://doi.org/10.13066/kspm.2021.16.4.139
Online ISSN: 2287-7215
Print ISSN: 1975-311X

Research Article

Open Access

단축발 운동을 적용한 벽 스쿼트 운동이 엎침발을 동반한 만성 허리통증환자의 통증과 골반 정렬에 미치는 영향

김남준 · 이한숙[1†]
을지대학교 물리치료학과 일반대학원, [1]을지대학교 물리치료학과

The Effect of Wall-squat with Short-Foot Exercise on Pain and Pelvic alignment of Chronic Low Back Pain with Pronated Foot

Nam-Jun Kim, PT · Han-Suk Lee, PT, PhD[1†]
Department of Physical Therapy, Graduate School, Eulji University
[1]Department of Physical Therapy, Eulji University

Received: September 27, 2021 / Revised: October 5, 2021 / Accepted: October 23, 2021
ⓒ 2021 J Korean Soc Phys Med

| Abstract |

PURPOSE: This study examined the effects of wall-squat with short-foot exercise on pain, dysfunction, and pelvic alignment in chronic low back pain patients.

METHODS: Thirty outpatients diagnosed with chronic low back pain and pronated foot were enrolled in this study. The patients were divided randomly into a wall-squat with short-foot exercise group (WS; n = 15) and a normal wall-squat exercise group (NW; n = 15). These groups performed their respective exercises 15 times, for three sets, three times a week over six weeks. The visual analogue scale (VAS) was used to measure the subjects' pain, and the Roland-Morris disability questionnaire (RMDQ) was used to measure the subjects' dysfunction. A navicular drop test (NDT) was used to measure the subjects' arch height. To assess the patients' pelvic alignment, their lordosis, sacral tilt, lumbar width, sacral width, ilium length, and ilium width were measured by X-ray imaging.

RESULTS: Both the WS and NW groups exhibited significant decreases in their VAS and RMDQ scores after exercise ($p < .05$). The WS group exhibited significant increases in their arch height ($p < .05$). Significant differences in the VAS, sacral tilt, sacral width, and ilium length were observed between the WS and NW groups ($p < .05$).

CONCLUSION: These results suggest that wall-squat exercise is effective in decreasing the level of pain and dysfunction in chronic low back pain patients. In addition, the wall-squat with short-foot exercise is considered more effective in improving the pelvic alignment than without short-foot exercise. This can be an effective method for the non-pharmacological and non-surgical treatment of chronic low back pain

Key words: Low back pain, Short foot exercise, Exercise therapy

†Corresponding Author : Han-Suk Lee
leehansuk21@hanmail.net, http://orcid.org/0000-0002-9336-0894
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. 서 론

허리통증(Low Back Pain, LBP)은 현대 성인의 일상생활 및 사회활동을 제한하는 주된 질환으로 전체 인구의 70~85%가 일생 동안 한 번 이상의 허리통증을 경험하게 된다[1]. 허리통증은 허리(lumbar spine)가 상체를 지지하는 동시에 체중을 골반과 하지에 전달 시키는 역학적 특성으로 인해 발생되며[2], 허리통증의 여러 가지 원인 중 허리뼈의 불안정은 허리통증환자들에게 가장 큰 요인이라고 할 수 있다[3].

이러한 만성 허리통증의 원인은 현재까지 명확하게 밝혀지지 않았지만, 일반적으로 몸통근 육의 근위축으로 근력이 약화되어 있고, 이로 인하여 근육의 불균형이 발생하여, 엉치엉덩관절의 비 대칭적인 움직임과 골반의 정렬이 바뀌게 된다. 또한, 골반의 이러한 문제는 이차적으로 기능적인 다리길이의 차이, 발의 심한 엎침 기형 및 척추와 골반의 조절 불안정성이 나타난다. 따라서, 발에서부터 골반과 허리뼈에 이르는 구조적인 자세 변화가 만성 허리통증의 원인이거나 지속 또는 악화 요인이 될 것으로 예상하여 이에 대한 연구가 지속적으로 이루어지고 있다[4].

특히 골반의 부정렬 증후군은 만성 허리통증을 일으키는 원인 중 하나이며 주로 일반 성인에게 나타나고, 허리통증을 비롯한 다른 근골격계 질환을 유발하는 요인이면서 실제적으로 모든 기관계에 문제를 일으킬 수 있다[5]. 과거와 달리 만성 허리통증의 원인은 척추 문제보다는 천장관절 기능부전과 같은 골반대의 구조적 문제와 안정성 문제가 더 많다고 보고되고 있다[6].

엎침발과 같이 발의 아치가 낮은 경우, 아치가 낮은 쪽의 다리는 아치가 높은 쪽보다 길이가 짧아져 외견상 다리길이의 차이를 가져오며, 이러한 변화는 짧은 다리 쪽의 골반을 앞으로 회전시켜 기능적 변화를 유발한다[7]. 또한 발의 비대칭적 변형은 지면으로부터의 양쪽 발관절, 무릎관절, 엉덩관절 높이의 차이를 만들고, 엉덩뼈능선의 높이를 변화시켜 골반의 부정렬을 유발한다. 발과 발목, 다리, 골반은 닫힌운동사슬로 연결되어 있기 때문에 발의 변형은 골반 정렬과 어떤 형태로든 관련성을 가진다[8,9].

발목관절 조직의 능동적 및 수동적 기능부전으로 인한 불안정성은 하지의 신경근 조절 시스템(neuromuscular control system)의 전반적인 변화를 유발하여 큰볼기근과 중간볼기근과 같은 엉덩관절 움직임 조절의 핵심이 되는 근육에 비정상적인 변화를 발생시킬 수 있다[10,11]. 발목관절은 지면과의 직접적인 접촉을 통해 일차적인 동적 안정성의 기능을 수행하는데, 이러한 발목관절에서의 조절이 부족하다면 무릎관절 특히 엉덩관절과 엉덩근육들의 조절이 정상적인 상황보다 과하게 일어날 수 있다. 보상적인 엉덩관절 기전이 활성화되지 못한다면 먼 쪽 관절의 불안정성을 극복할 수 없게 되어 결과적으로 보행과 같은 일상생활동작에도 부정적인 영향을 미칠 수 있다[12,13].

단축발(short foot)은 발의 생체 역학적인 위치(position)를 향상시키기 위해 안쪽 세로활들이 높아진 발의 자세이며[14] 상대적으로 발의 길이를 짧게 만드는 것이다. 단축발 운동(short foot exercise)은 엄지벌림근과 같은 발의 내근들을 활성화시키고 세로활과 가로활을 능동적으로 유지시킬 수 있다고 했다[14]. 이러한 발의 내근 운동은 자세 안정화와 반사적 반응을 활성화시킨다고 하였고, 또 근육의 고유수용성 감각과 자세 동요를 개선시킨다고 하였으며 근육이 활성화되는 패턴을 변화시킨다고 하였다[15].

스쿼트 운동(Squat Exercise)은 물리치료사들이 자주 사용하는 운동법으로[16], 허리통증으로 스쿼트 운동과 유사한 자세인 '선 자세에서 앉기(Stand to Sit)'에 어려움을 겪는다는 연구가 있으며[17], 스쿼트 운동 시의 통증 및 체중분포의 변화는 만성 허리통증 환자들의 일상생활동작에 영향을 준다[18]. 스쿼트 동작은 양쪽 다리에 균일하게 힘이 실리는 특징 때문에 다른 하체 운동 동작보다 동작의 수행 시 안정감을 느끼면서 큰 힘을 발휘할 수 있는 동작이며, 볼기근들과 넙다리 및 종아리 근육에 영향을 미칠 뿐만 아니라 동시에 몸통근육의 발달까지 시킬 수 있는 가장 적절한 운동이다[19]. 또한 스쿼트 운동은 어디서나 쉽게 적용할 수 있는 운동법이기 때문에 많은 스포츠 종목에서 경기력 향상을 목적으로 사용되고, 수술 후 재활 과정에서도 매우 효과적으로 적용되기 때문에 재활 프로그램에 많이 사용

되는 운동이다[20]. 스쿼트 운동은 많은 장점을 가진 운동이지만, 자세가 불안정하면 등 하부에 상해를 입고, 무릎에 압박이 갈 수 있다[21]. 다양하게 변화를 줄 수 있는 스쿼트 동작은 관련된 관절들의 움직임으로 인해 서로 다른 모멘트 값이 만들어지고, 무릎과 발의 각도 및 근육의 작용이 변하게 됨에 따라, 서로 다른 운동 효과가 나타나기 때문에 운동 자세변화에 대한 요소는 중요한 선행조건이 된다고 하였다[22,23].

이처럼 앞선 연구에서 허리통증환자에게 발목의 불안정성이 미치는 영향에 대한 연구가 진행되어 왔으나 허리통증환자에게서 자주 발생하는 선자세에서 앉기와 유사한 동작인 스쿼트 동작에서 발의 아치변화를 적용한 연구는 미비하다. 노현우[24]의 연구에서 스쿼트 운동 시 단축발 운동의 적용이 대퇴사두근의 근활성도 및 근 수축 개시시간에 영향을 미친다는 결과가 있었으며, 남기석과 박지원[25]의 연구에서 엎침발 대상자에게 스쿼트 동안 능동적인 발의 아치 지지가 하지근육의 근전도 활성도에 영향을 미친다는 연구가 있었지만 이는 허리통증환자를 대상으로 하지 않았다.

이와 같은 스쿼트 운동을 통해 달라진 하지근육의 근전도 활성도 변화가 엎침발을 동반한 만성 허리통증환자의 골반 정렬에 영향을 미칠 것으로 예상이 되며, 단축발을 적용한 벽 스쿼트 운동은 허리통증환자의 통증과 골반 정렬에 영향을 줄 것이다.

따라서, 본 연구에서는 허리통증환자의 스쿼트 동작 시 단축발 운동 적용이 통증과 골반 정렬에 미치는 영향을 알아보고 엎침발을 동반한 허리통증환자의 치료프로그램에 기초자료로 제시하고자 한다.

Ⅱ. 연구방법

1. 연구대상

본 연구는 연구에 대한 설명 후, 연구의 목적과 과정에 대한 충분한 이해와 자발적인 참여의사를 밝히고 동의서를 작성한 과도한 엎침발을 가진 만성 허리통증환자 30명을 대상으로 실시하였다. 연구진행중 신체의 불편이나 통증의 발생시 대상자들의 자발적 의사표현을 통해 실험을 중단할 수 있는 부분도 설명하였다.

연구 대상의 구체적인 선정기준은 허리통증으로 인해 3개월 이상 통증을 호소한 만성허리통증환자, VAS 점수가 8점 미만인 자, 발배뼈 하강검사 결과 10mm 이상의 과도한 엎침발을 가진 자, 벽 스쿼트 동작을 수행 가능 한 자로 하였다. 제외 기준은 호흡계 및 심혈관질환의 과거력이 있는 자, 최근 6개월간 허리통증을 제외한 근골격상의 질병이 발생했거나 부상이 있는자, 허리 통증지수가 훈련 수행에 지장이 있을 정도로 높은 자, 벽 스쿼트 운동 수행이 불가한자로 하였다. 본 연구의 참가에 동의한 남녀 30명을 선정하여 벽 스쿼트 운동 시 단축발 적용군(WS, 15명), 벽 스쿼트 운동시 단축발 비 적용군(NW, 15명)으로 배정하였다. 처치 기간 중 일상생활에 필요한 활동 외 신체활동은 제한하였고 다른 외과적 처치를 시도하지 않도록 하였다. 이 연구는 을지대학교 연구윤리위원회의 승인을 받아 진행하였다(EU21-036).

2. 검사항목 및 방법

실험 진행 전 사전 측정으로 RMDQ설문지 작성과 X-ray 촬영을 하였다. 처치 후 VAS점수와 RMDQ설문지를 작성하였고 NDT를 통해 단축발 적용에 의한 발의 아치 높이 변화를 확인하기 위해 NDT검사와 X-ray 촬영을 하였다. 사전, 사후 측정데이터를 종합하여 그 측정값을 분석하였다.

1) Visual Analogue Scale(VAS)

대상자의 허리통증을 평가하기 위해 VAS점수를 이용하여 각 그룹 간의 운동 전·후의 통증 변화를 수치화하였다. VAS점수는 100 mm 길이의 선으로 한쪽 끝에 통증이 없음을 기록하고 다른 쪽 끝에는 상상 가능한 가장 심한 고통을 기록하도록 되어 있는 것으로, 동일 환자에 대해서 통증이 어떻게 변하고 있는지를 파악하는 용도로 임상에서 흔히 쓰인다. 만성 허리통증에 대한 VAS점수의 측정 신뢰도는 .87로 높았다[26].

2) Roland-Morris Disability Questionnaire(RMDQ)

대상자의 기능평가는 RMDQ설문지를 이용하여 각 그룹 간의 운동 전, 후의 통증장애지수를 조사하였다.

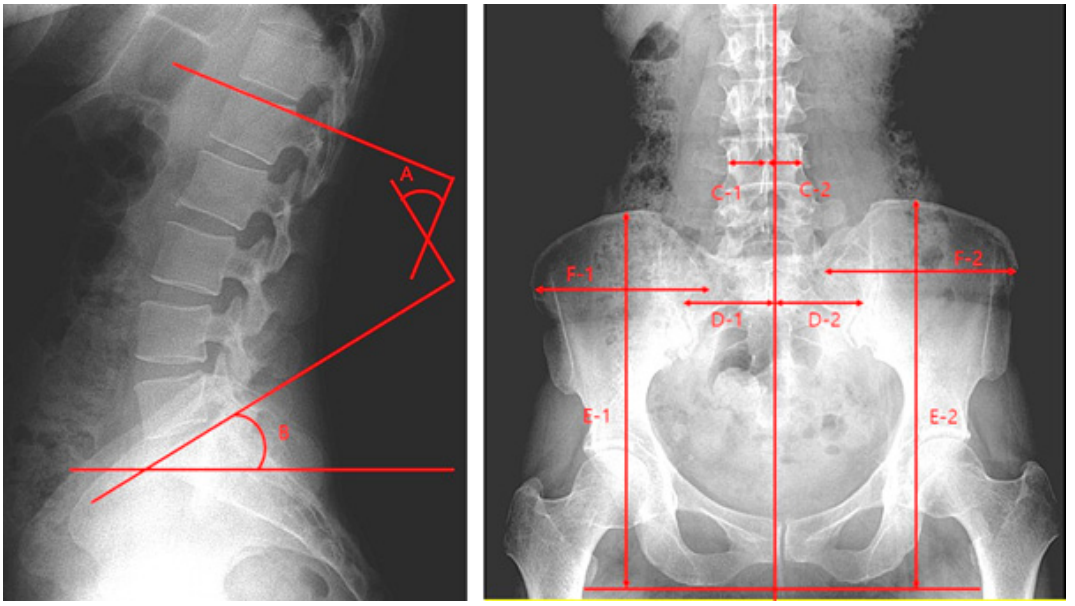

Fig. 1. Lateral view(Lt) Anterior to Posterior view (Rt).

RMDQ설문지는 Sickness Impact Profile에서 24개의 각 문항에 대해 대상자는 "예(1)/아니오(0)"로 대답하여 최저 0점에서 최대 24점을 얻을 수 있으며 점수가 높을수록 장애의 정도가 크다. RMDQ는 허리통증환자의 기능평가 중 가장 신뢰성 있고 다용 되는 평가로서 심한 장애 환자보다는 심하게 이환 되지 않은 환자들에게 적용한다.

3) 발배뼈 하강검사(Navicular Drop Test; NDT)

단축발 적용여부에 따른 아치높이의 변화를 확인하기 위해서 본 연구에 사용된 발배뼈 하강 검사는 부하가 가해지는 동안 시상면 상의 발배뼈 높이의 변화를 나타내는 것으로, 신뢰도(interclass correlation coefficients (ICC) > .94)를 가지고[27,28], 측정자 내, 측정자 간의 신뢰도에서도 .83과 .73으로 높은 신뢰도를 가진다[29]. 이 측정법은 휴식상태와 자연스러운 서기 자세에서의 발배뼈의 결절의 높이차이를 이용해서 평가하는 것이다. 연구 대상자는 무릎을 90°굽힌 상태에서 양 발을 바닥에 가지런히 놓으며, 체중부하를 하지 않도록 한다. 그 다음 선 자세에서 체중을 완전히 지지한 다음 바닥부터 발배뼈결절까지의 높이를 측정하고 측정 후 앉은 자세와 선 자세의 차이 값이 발배뼈 하강이 된다. 측정을 하는 동안 모든 검사는 동일한 측정자에 의해 시행하여 측정자 내의 변동성을 최소한으로 하였다.

4) 골반 정렬 측정(Pelvic alignment.)

본 연구에서는 골반 정렬을 평가하기 위하여 방사선 촬영장치(BL-50, DK medical system co, korea)를 사용하였으며, Gonstead technique을 통해 X-ray를 분석하였다[30], 똑 바로 선 기립자세에서 척추 전체 앞·뒤면(Full-Spine Anterior to Posterior View)과 가쪽면(Lateral View) 척추 및 골반부위를 촬영하였다[30]. 단위는 mm를 사용하였다.

(1) 허리뼈 앞굽이(Lumbar lordotic angle)

허리뼈 앞굽이 측정은 제 1 허리뼈 윗면의 연장선과 제 1 엉치뼈 윗면의 연장선에서 각각 선을 그어 그 선이 서로 만나는 각(°)을 (A)라 칭하고 측정 하였다(Fig. 1).

(2) 엉치뼈 기울임(Sacraltilt)

엉치뼈 기울임 측정은 엉치뼈 바닥의 전방으로 그은 연장선이 골반과 만나는 부분에 이마면에 수직한 선을 그어 교차한 각을 (B)라 칭하고 측정하였다(Fig. 1).

(3) 허리뼈 너비(Lumbar width)

허리뼈의 회전 변위 측정은 척추뼈 몸통의 양 측면 중심부위에 점을 찍고 허리뼈 4번 가시돌기(Spinous Process) 중심 부분에 점을 찍고 연결하여 우측 선을 C-1, 좌측 선을 C-2라 칭하고 두 선의 길이의 차를 비교하였다(Fig. 1).

(4) 엉치뼈 너비(Sacral width)

엉치뼈의 회전 변위의 측정은 2번째 엉치뼈 결절의 중심부위에 점을 찍고 좌・우 엉치뼈부위 바깥쪽까지 수평으로 연결된 선의 길이를 측정하여 우측 선을 D-1, 좌측 선을 D-2라 칭하고 두 선의 길이의 차이를 비교하였다(Fig. 1).

(5) 엉덩뼈 길이(Ilium length)

엉덩뼈의 회전 변위와 상방이동의 측정은 엉덩뼈능선의 최 상단점과 궁둥뼈결절의 최 하단점 간의 수직선을 그어 우측 선을 E-1, 좌측 선을 E-2라 칭하고 측정 비교하였다(Fig. 1).

(6) 엉덩뼈 너비(Ilium width)

엉덩뼈의 바깥 돌림・안쪽 돌림 변위의 측정은 안쪽・깥쪽 끝부분에 점을 찍어 수평하게 이은거리를 측정하여 우측 선을 F-1, 좌측 선을 F-2라 칭하고 측정 비교하였다(Fig. 1).

3. 단축발 운동을 적용한 벽 스쿼트 운동

벽 스쿼트 운동(Wall Squat Exercise)을 실기하기 위해 대상자들에게 등과 뒤통수를 벽에 닿게 하고 벽으로부터 자신의 발 크기만큼 거리를 두고, 다리를 어깨넓이만큼 벌린 다음, 배가로근을 수축해 골반의 중립을 유지하도록 하였다. 스쿼트 동작 시 무릎을 5초간 90도 굽힘 상태로 정지한 후, 5초간 무릎을 10도 굽힘 상태로 정지한다. 벽 스쿼트 운동시 단축발 운동 적용군의 경우 스쿼트 동안 단축발을 유지한다. 이 동작을 1회로 하여 1세트를 15회로 정하고 세트 사이 휴식시간을 30초로 하여 1일 3세트씩 주 3회 6주간 실시하였다[31].

단축발(shortfoot)은 발의 생체역학적인 위치(position)를 향상시키기 위해 안쪽세로활들이 높아진 발의 자세이며[14]상대적으로 발의 길이를 짧게 만드는 것이다. 단축발 운동(shortfootexercise)은 기본적으로 발허리발가락관절들을 바닥에 붙인 채로 발가락들의 굽힘없이 발꿈치를 향하여 당기는 동작으로 이루어진다. 그리고 발의 내재근의 수축을 통해 안쪽세로활의 증가와 발의 길이의 단축을 유도하는 것으로 운동 중 앞정강근(tibialis anterior)과 같은 외재근들의 과도한 활성을 피하며 처음에는 치료사와 함께 부분적인 체중부하 상태에서 수동적으로 진행되며 점차 환자 자신이 능동적으로 완전한 체중부하 상태에서 수행할 수 있도록 한다[15]. WS군은 단축발 운동을 유지한 상태로 벽 스쿼트 운동을 진행 하고, NW군은 단축발 운동을 적용하지 않은 상태에서 동일한 벽 스쿼트 운동을 진행하였다.

4. 자료처리방법

수집된 데이터와 자료는 SPSS 20.0(IBM Corporation, Chicago, IL, USA)을 이용하여 통계분석 처리하였다. 데이터의 정규성을 검증하기 위해 Shapiro-Wilk 방법을 통해 정규성 검정을 실행 한 결과 데이터의 정규성이 만족되어 모수 검정을 실시하였다. 실험 전・후 대상자들의 통증과 통증장애지수, 허리 골반 지표 변화분석은 대응표본 t-검정(paired t-test)을 사용하였으며 ($p < .05$), 단축발 운동의 적용 여부에 따른 두 집단간의 차이를 알아보기 위해 독립표본 t-검정(independent t-test)를 사용하였다($p < .05$). 유의수준은 .05로 설정하였다.

Ⅲ. 연구결과

1. 연구대상자의 일반적 특성

연구대상자의 일반적 특성은 Table 1과 같다(Table 1).

2. 중재 전후 통증 및 통증 장애지수 변화

연구 결과 VAS점수에서 WS군은 중재 전 5.00 ± 1.07에서 중재 후 1.27 ± .88로 중재 후 점수가 감소 하였으며, 통계적으로 유의한 차이가 나타났고($p < .05$) NW군의 경우 중재 전 5.00 ± 1.00에서 중재 후 2.00 ± 1.07로 중재 후 점수가 감소 하였으며, 통계적으로 유의한 차

Table 1. General Characteristics of the Subjects (M ± SD)

Category	WS (n = 15)	NW (n = 15)	p
Gender (M/F)	5/10	5/10	
Age (yr)	39.87 ± 6.32	42.40 ± 6.00	.270
Height (cm)	168.14 ± 8.35	166.42 ± 8.54	.582
Weight (kg)	66.56 ± 13.45	62.75 ± 12.31	.426
BMI (kg/m^2)	23.30 ± 2.50	22.43 ± 2.17	.321

M ± SD: Mean ± Standard Deviation, WS: Wall-Squat with Short Foot Exercise Group, NW: Normal Wall-squat Group, M/F: Male/Female

Table 2. Comparison of the VAS (Visual Analogue Scale) and RMDQ (Roland-Morris Disability Questionnaire) between Pre-post Exercise

			N	Mean	SD	t	p
VAS	NW	Pre	15	5.00	1.07	15.370*	.000
		Post	15	1.27	.88		
	WS	Pre	15	5.00	1.00	15.044*	.000
		post	15	2.00	1.07		
RMDQ	NW	Pre	15	14.80	1.86	26.071*	.000
		Post	15	3.87	1.13		
	WS	Pre	15	14.20	2.18	22.998*	.000
		post	15	2.80	1.78		

SD: Standard Deviation, VAS: Visual Analogue Scale, RMDQ: Roland-Morris Disability Questionnaire *: , WS: Wall-squat with Short-foot exercise, NW: Normal Wall-squat

이가 나타났다. RMDQ에서 WS군은 중재 전 14.20 ± 2.18에서 중재 후 2.80 ± 1.78로 중재 후 점수가 감소 하였으며, 통계적으로 유의한 차이가 나타났고($p < .05$), NW군은 14.80 ± 1.86에서 3.87 ± 1.13로 중재 후 점수가 감소 하였으며, 통계적으로 유의한 차이가 나타났다($p < .05$)(Table 2).

WS군과 NW군의 VAS점수와 RMDQ점수는 모두 유의하게 감소 하였으나($p < .05$) , 두 그룹 간의 비교에서 VAS점수는 벽 스쿼트 운동시 단축발 운동의 적용 여부에 따른 유의한 차이가 있었으나($p < .05$), RMDQ값은 두 군간의 유의한 차이는 없었다($p > .05$)(Table 3).

3. 중재 전·후 발배뼈 높이차이의 변화

연구 결과 NDT결과값에서 WS군은 중재 전 12.07 ± 1.10에서 중재 후 6.93 ± 1.33로 중재 후 발배뼈 높이차이가 감소 하였으며, 통계적으로 유의한 차이가 나타났고($p < .05$), NW군은 12.00 ± 1.16에서12.00 ± 1.07로 중재 후 발배뼈 높이차이가 비슷 하였으며, 통계적으로 유의한 차이는 없었다($p > .05$)(Table 4).

두 그룹 간의 비교 결과 WS군의 발배뼈 높이 차이가 NW군에 비해 감소하였으며, 두 군간의 유의한 차이가 있었다($p < .05$)(Table 5).

4. 중재 전후 골반정렬의 변화

1) 허리뼈 앞굽이(Lumbar lordotic)

연구 결과 허리뼈 앞굽이에서 WS군은 중재 전 44.47 ± 6.43에서 중재 후 38.85 ± 5.31로 중재 후 허리뼈 앞굽

Table 3. Comparison of the VAS (Visual Analogue Scale) and RMDQ (Roland-Morris Disability Questionnaire) between the WS Group and NW Group

		Mean	SD	t	p
VAS	NW	2.93	.80	2.479*	.019
	WS	3.73	1.92		
RMDQ	NW	10.93	1.62	.072	.478
	WS	11.4	1.92		

SD: Standard Deviation, VAS: Visual Analogue Scale, RMDQ: Roland-Morris Disability Questionnaire *: , WS: Wall-squat with Short-foot exercise, NW: Normal Wall-squat

Table 4. Comparison of the NDT (Navicular Drop Test) between Pre-post Exercises

			N	Mean	SD	t	p
NDT	NW	Pre	15	12.07	1.16	.564	.582
		Post	15	12.00	1.07		
	WS	Pre	15	12.07	1.10	21.717*	.000
		post	15	6.93	1.33		

SD: Standard Deviation, NDT: Navicular Drop Test, *: , WS: Wall-squat with Short-foot exercise, NW: Normal Wall-squat

Table 5. Comparison of the NDT (Navicular Drop Test) between the WS Group and NW Group

		N	Mean	SD	t	p
NDT (mm)	NW	15	.07	.46	19.172*	.000
	WS	15	5.13	.92		

SD: Standard Deviation, NDT: Navicular Drop Test, *: , WS: Wall-squat with Short-foot exercise, NW: Normal Wall-squat

이가 감소 하였으며, 통계적으로 유의한 차이가 나타났고($p < .05$), NW군은 43.89 ± 5.15에서 39.66 ± 3.41로 중재 후 허리뼈 앞굽이가 감소 하였으며, 통계적으로 유의한 차이가 나타났다($p < .05$)(Table 6).

두 그룹 간의 비교에서 허리뼈 앞굽이의 변화는 유의한 차이가 없었다($p > .05$)(Table 7).

2) 엉치뼈 기울임(Sacraltilt)

연구 결과 엉치뼈 기울임에서 WS군은 중재 전 36.04 ± 1.62에서 중재 후 30.57 ± 1.26로 중재 후 허리뼈 앞굽이가 감소 하였으며, 통계적으로 유의한 차이가 나타났고($p < .05$), NW군은 35.09 ± 1.48에서 31.85 ± 1.71로 중재 후 엉치뼈 기울임이 감소 하였으며, 통계적으로 유의한 차이가 나타났다($p < .05$)(Table 6).

두 그룹 간의 비교에서 엉치뼈 기울임의 변화는 WS군이 NW군 보다 크게 감소 하였으며, 통계적으로 유의한 차이가 나타났다($p < .05$)(Table 7).

3) 허리뼈 너비(Lumbar width) 차이

연구 결과 허리뼈 너비차이에서 WS군은 중재 전 2.55 ± 1.47에서 중재 후 1.23 ± .97로 중재 후 허리뼈 앞굽이가 감소 하였으며, 통계적으로 유의한 차이가 나타났고($p < .05$), NW군은 3.05 ± 1.13에서 1.68 ± .94로 중재 후 허리뼈 너비가 감소 하였으며, 통계적으로 유의한 차이가 나타났다($p < .05$)(Table 6).

두 그룹 간의 비교에서 허리뼈 너비의 변화는 두 군간의 유의한 차이가 없었다($p > .05$)(Table 7).

Table 6. Comparison of the Pelvic Alignments between Pre-post Exercise

			N	Mean	SD	t	p
Lumbar lordotic	NW	Pre	15	43.89	5.15	5.704*	.000
		Post	15	39.66	3.41		
	WS	Pre	15	44.47	6.43	9.730*	.000
		post	15	38.85	5.31		
Sacraltilt	NW	Pre	15	35.09	1.48	11.185*	.000
		Post	15	31.85	1.71		
	WS	Pre	15	36.04	1.62	15.910*	.000
		post	15	30.57	1.26		
Lumbar width	NW	Pre	15	3.05	1.13	7.194*	.000
		Post	15	1.68	.94		
	WS	Pre	15	2.55	1.47	4.867*	.000
		post	15	1.23	.97		
Sacral width	NW	Pre	15	5.49	2.51	6.215*	.000
		Post	15	3.74	1.92		
	WS	Pre	15	5.98	3.11	6.199*	.000
		post	15	2.51	1.72		
Ilium length	NW	Pre	15	3.48	1.10	8.739*	.000
		Post	15	2.27	.98		
	WS	Pre	15	3.92	1.78	8.268*	.000
		post	15	1.32	1.09		
Ilium width	NW	Pre	15	6.15	2.48	8.609*	.000
		Post	15	3.17	1.44		
	WS	Pre	15	6.35	3.11	7.298*	.000
		post	15	2.47	1.99		

SD: Standard Deviation,*:, WS: Wall-squat with Short-foot exercise, NW: Normal Wall-squat

4) 엉치뼈 너비(Sacral width)

연구 결과 엉치뼈 너비차이에서 WS군은 중재 전 5.98 ± 3.11에서 중재 후 2.51 ± 1.72로 중재 후 허리뼈 앞굽이가 감소 하였으며, 통계적으로 유의한 차이가 나타났고($p < .05$), NW군은 5.49 ± 2.51에서 3.74 ± 1.92로 중재 후 엉치뼈 너비가 감소 하였으며, 통계적으로 유의한 차이가 나타났다($p < .05$)(Table 6).

두 그룹 간의 비교에서 엉치뼈 너비의 변화는 WS군이 NW군 보다 크게 감소 하였으며, 통계적으로 유의한 차이가 나타났다($p < .05$)(Table 7).

5) 엉덩뼈 길이(Ilium length)차이

연구 결과 엉덩뼈 길이차이에서 WS군은 중재 전 3.92 ± 1.78에서 중재 후 1.32 ± 1.09로 중재 후 엉덩뼈 길이가 감소 하였으며, 통계적으로 유의한 차이가 나타났고 ($p < .05$), NW군은 3.48 ± 1.10에서 2.27 ± .98로 중재 후 엉덩뼈 길이가 감소 하였으며, 통계적으로 유의한 차이가 나타났다($p < .05$)(Table 6).

두 그룹 간의 비교에서 엉덩뼈 길이의 변화는 WS군이 NW군 보다 크게 감소 하였으며, 통계적으로 유의한 차이가 나타났다($p < .05$)(Table 7).

Table 7. Comparison of the Pelvic Alignment between the WS and NW Group

		N	Mean	SD	t	p
Lumbar lordotic	NW	15	4.24	2.88	1.472	.152
	WS	15	5.62	2.24		
Sacraltilt	NW	15	3.24	1.12	4.959*	.000
	WS	15	5.47	1.33		
Lumbar width	NW	15	1.37	.74	-.159	.875
	WS	15	1.32	1.05		
Sacral width	NW	15	1.76	1.10	2.738*	.011
	WS	15	3.48	2.17		
Ilium length	NW	15	1.21	.53	3.857*	.001
	WS	15	2.67	1.37		
Ilium width	NW	15	2.97	1.34	1.426	.165
	WS	15	3.88	2.06		

SD: Standard Deviation, *: WS: Wall-squat with Short-foot exercise, NW: Normal Wall-squat

6) 엉덩뼈 너비(Ilium width)차이

연구 결과 엉덩뼈 너비차이에서 WS군은 중재 전 6.35 ± 3.11에서 중재 후 2.47 ± 1.99로 중재 후 엉덩뼈 너비가 감소 하였으며, 통계적으로 유의한 차이가 나타났고($p < .05$), NW군은 6.14 ± 2.48에서 3.17 ± 1.44로 중재 후 엉덩뼈 너비가 감소 하였으며, 통계적으로 유의한 차이가 나타났다($p < .05$)(Table 6).

두 그룹 간의 비교에서 허리뼈 앞굽이의 변화는 유의한 차이가 없었다($p > .05$)(Table 7).

Ⅳ. 고 찰

본 연구는 단축발 운동의 적용여부가 벽 스쿼트 운동 시 만성허리통증환자의 통증과 골반 정렬에 미치는 영향을 알아보기 위해, 벽 스쿼트 운동시 단축발 운동 적용군과 비 적용군의 두 집단으로 구성하여 집단 내와 집단 간의 비교를 하였다. 통증과 통증장애지수의 변화를 확인하기 위하여 VAS점수와 RMDQ검사를 진행 한 결과 대조군에 비해 VAS점수의 유의한 차이가 나타났으며, 운동 전, 후 비교에서 VAS점수와 RMDQ의 유의한 통증과 통증 장애지수의 감소와 긍정적인 변화를 나타내었다.

김선영[32]의 연구에 의하면 몸통 안정화 운동과 바른 자세 운동을 병행한 결과 허리뼈 앞굽음과 허리 엉치뼈 기울임의 각도가 개선되며 척추기능장애지수의 긍정적인 변화를 관찰하였다. 이는 본 연구에서 실행된 벽 스쿼트 운동 결과 대상자들의 허리뼈 앞굽음과 엉치뼈 기울임 각도의 개선이 이루어진 것과 함께 통증과 통증 장애지수가 개선된 점에서 비슷하다.

하지만 NW군과 WS군 사이에서 통증점수의 유의한 차이는 있었으나 통증장애지수의 유의한 차이는 발견할 수 없었는데 남기석과 박지원[25]의 연구의 결과 스쿼트 운동 동안 엎침발 대상자의 능동적인 발의 아치 지지가 엄지벌림근, 긴종아리근, 중간볼기근의 근활성도의 증가를 보였다는 결과로 미루어 보아 중간볼기근의 안정화가 통증정도에 대한 차이를 나타내었으나 대상자들의 통증장애지수 정도가 WS군은 14.20 ± 2.18, NW군은 14.80 ± 1.86의 경미한 기능장애를 가지고 있는 대상자들을 동원하였기 때문에 일상생활에서의 장애척도의 차이를 만들지는 못한 것으로 생각 된다.

발배뼈 높이차이의 변화를 알아보기 위해 NDT 검사를 진행 한 결과 중재 후 비체중지지 대비 체중지지시 발배뼈 높이차이가 WS군은 6.93 ± 1.33, NW군은 12.00 ± 1.07로 WS군이 NW군에 비해 체중지지시 발배뼈 높

이차이가 유의하게 감소하였다.

발배뼈의 높이차이가 감소한 이유는 첫째, 단축발 운동으로 발의 내근의 근력이 향상되었기 때문일 것이다. Headlee 등[33]의 연구에 의하면 발배뼈의 하강은 발의 내근의 약화로 인한 것이라고 하였다. 이러한 약화된 내근의 강화를 위하여, Okamura, Kanai 등[34]은 내근에 전기적 자극을 주었을 때 안쪽 세로활의 아치가 유의하게 높아졌다고 하였다($p < .05$).

둘째, 단축발 운동으로 발의 외근인 뒤정강근과 내근중 하나인 엄지벌림근이 강화되었기 때문일 것이다[25]. 이러한 발의 외재근의 역할은 스프링 인대와 발바닥 근막의 긴장을 증가시키고 이로 인하여 발배뼈의 높이가 상승되었기 때문일 것이다.

또한 Richie Jr.의 연구에 의하면 목말발배관절은 발 뒤쪽부분 엎침과 뒤침에 영향을 미치며, 목말발배관절의 엎침은 발바닥근막과 스프링인대를 과도하게 스트레칭 시킨다고 하였다[36]. 스프링 인대와 발바닥근막은 대표적인 안쪽세로활의 안정성을 제공하는 구조로 이부분에 문제가 발생하면 편평발이 발생할 위험이 높게 된다[37]. 이런 선행 연구들을 종합해 봤을 때 단축발 운동을 통한 발내근의 훈련이 직접적으로 안쪽세로활을 증가시켜 발배뼈의 높이의 증가를 유도한 것으로 생각되며, 발배뼈의 가동성 증가를 통해 목말발배관절의 기능을 향상시켰고 그로 인한 목말발배관절의 뒤침과 함께 간접적으로 스프링 인대와 발바닥 인대의 기능의 향상이 안쪽세로아치가 높아진 원인으로 생각된다.

엎침발과 같이 발의 아치가 낮은 경우, 아치가 낮은 쪽의 다리는 아치가 높은 쪽보다 길이가 짧아져 외견상의 다리길이 차이를 가져오며, 이러한 변화는 짧은 다리쪽의 골반을 앞으로 회전시켜 기능적 변화를 유발한다[7]. 또한, 발의 비대칭적 변형은 지면으로부터의 양측 발관절, 무릎관절, 엉덩관절 높이의 차이를 만들고, 엉덩뼈능선의 높이를 변화시켜 골반의 부정렬을 유발한다. 발과 발목, 다리, 골반은 닫힌운동사슬로 연결되어 있기 때문에 발의 변형은 골반정렬과 어떤 형태로든 관련성을 가진다[8,9]. 따라서, 본 연구는 단축발 운동을 만성 허리통증에 효과적인 스쿼트 운동과 결합하여, 골반의 변위를 일으키는지를 확인하였다.

골반 정렬의 변화를 알아보기 위해 허리뼈 앞굽이와 엉치뼈 기울임, 허리뼈 너비, 엉치뼈 너비, 엉덩뼈 길이, 엉덩뼈 너비를 측정하였으며, WS군과 NW군 모두에서 운동 전 후 골반 정렬의 긍정적인 변화가 발견되었으며 이는 통계적으로도 유의한 차이를 보였다.

이는 김선영[32]의 연구에서 몸통 안정화 운동과 바른 자세 운동을 병행한 결과 허리뼈 앞굽음과 허리 엉치뼈 기울임의 각도가 개선되었다고 하였다는 연구결과와 비슷하다. 본 연구에서 실행된 벽 스쿼트 운동은 허리의 안정화와 골반 및 엉덩관절 주변의 근력 향상 및 활성화에 도움을 주며[38], 이러한 몸통의 안정화는 골반 정렬에 영향을 미친다[39].

또한 단축발을 적용하지 않은 벽 스쿼트 운동을 적용한 대조군에 비해 허리뼈 앞굽음, 엉치뼈 기울임, 엉치뼈 너비차이, 엉덩뼈 길이 차이가 유의한 차이가 나타났다.

이러한 이유는 해부학적 근육간의 연결 형태가 원인으로 예상된다. Myers[40]는 발바닥 근막에서 시작되는 표면 후방선의 보상패턴으로 발목의 발등굽힘, 무릎의 과다폄, 골반의 앞기울임, 엉치뼈의 앞기울임과 관련이 있다고 하였다. 이는 본 연구에서 단축발 운동을 적용한 벽 스쿼트 운동군에서 체중지지시 발배뼈의 높이차이가 감소되면서 엉치뼈의 앞기울임과 엉덩뼈의 길이 차이의 변화가 생긴 결과와 유사하다. 또한 Myers[40]는 심부 전방선의 기능을 발의 안쪽 아치를 들어올리고 앞에서 허리뼈를 지지한다고 하였다. 이는 단축발 운동시 뒤정강근이 사용됨으로써 발배뼈의 높이가 상승한 결과와 유사하며 이로 인해 허리뼈의 앞굽음과 엉덩뼈의 길이차이의 변화를 가져온 것으로 보인다.

본 연구의 제한점으로는 연구에 참여한 대상자 수가 적기 때문에 연구의 결과를 전체 만성 허리통증 환자로 일반화하기 어렵다. 또한, 만성 허리통증을 원인별로 분류를 하지 않았기 때문에 연구 결과 해석시 주의가 필요하다. 하지만, 본 연구에서 처음으로 단축발을 적용한 스쿼트 운동의 효과를 밝힘점은 임상적으로 매우 유용하다고 할 수 있다. 따라서, 연구결과를 임상에 적용시키기 위하여 운동별 용량과 방법을 허리통증의 원인에 따른 추가적인 연구가 필요가 있다.

Ⅴ. 결 론

본 연구의 결과를 통해 벽 스쿼트 운동은 만성 허리 통증 환자의 통증 뿐 아니라 골반의 자세를 향상시키기에 효과적이라는 것을 알 수 있었으며, 단축발 운동을 동반한 벽 스쿼트 운동은 엄지 벌림근, 뒤 정강근, 긴 종아리근의 강화를 통해 발의 세로 활의 높이를 상승시켜 하지 정렬의 개선과 체간 안정성 근육의 자극을 주어 골반 정렬의 개선에 효과적이라고 생각된다. 본 연구를 통해 벽 스쿼트 운동과 단축발운동을 적용한 벽 스쿼트 운동은 엎침발을 동반한 만성 허리 통증환자의 비 약물적 비수술적 치료에 효과적인 방법으로 제시될 수 있다고 사료된다.

References

[1] Andriacchi T, Andersson G, Fermier R, et al. A study of lower-limb mechanics during stair-climbing. J Bone Joint Surg Am. 1980;62(5):749-57.

[2] Chou R. Low back pain. Ann Intern Med. 2014;160(11): ITC6-1.

[3] Panjabi MM. Clinical spinal instability and low back pain. J Electromyogr Kinesiol. 2003;13(4):371-9.

[4] Jae Cheol Kong, Soo Jeong Moon, Dong Chan Jo, et al. Study on Pelvic Parameters and Biomechanical Characteristics of Foot in Patients with Chronic Low Back Pain. Journal of Physiology & Pathology in Korean Medicine. 2012;26(1):81-7.

[5] Schamberger W. The Malalignment Syndrome: diagnosis and treatment of common pelvic and back pain. Edinburgh ; New York : Churchill Livingstone, 2013.

[6] Schwarzer AC, Aprill CN, Bogduk N. The sacroiliac joint in chronic low back pain. Spine. 1995;20(1):31-7.

[7] Kappler R. Postural balance and motion patterns. J Osteopath Med. 1982;81(9):598-606.

[8] Levangie, P. K., & Norkin, C. C. Joint structure and function: a comprehensive analysis. USA, F a Davis Co. 2011.

[9] Choi, Hyum-Im, Choi, Hong-Yun, Park, Hung-Ki, et al. A Study on the Correlation between Scoliosis and Foot. J Kor Phys Ther. 2001;13(2):265-72.

[10] Bullock-Saxton J, Janda V, Bullock M. The influence of ankle sprain injury on muscle activation during hip extension. International journal of sports medicine. 1994; 15(06):330-4.

[11] Beckman SM, Buchanan TS. Ankle inversion injury and hypermobility: effect on hip and ankle muscle electromyography onset latency. Arch Phys Med Rehabil. 1995;76(12):1138-43.

[12] Wilson J, Ferris E, Heckler A, et al. A structured review of the role of gluteus maximus in rehabilitation. New Zealand Journal of Physiotherapy. 2005;33(3).

[13] Willson JD, Ireland ML, Davis I. Core strength and lower extremity alignment during single leg squats. Medicine & Science in Sports & Exercise. 2006;38(5):945-52.

[14] Janda V. Va'vrova'M. Sensory motor stimulation. In; Liebenson C. Spinal Rehabilitation: A Manual of Active Care Procedures. 1996.

[15] Frank C, Page P, Lardner R. Assessment and treatment of muscle imbalance: the Janda approach. USA. Human kinetics. 2009.

[16] Kahraman T, Kahraman BO, Sengul YS, et al. Assessment of sit-to-stand movement in nonspecific low back pain: a comparison study for psychometric properties of field-based and laboratory-based methods. International Journal of Rehabilitation Research. 2016;39(2):165-70.

[17] Pijnenburg M, Brumagne S, Caeyenberghs K, et al. Resting-state functional connectivity of the sensorimotor network in individuals with nonspecific low back pain and the association with the sit-to-stand-to-sit task. Brain connectivity. 2015;5(5):303-11.

[18] Rose-Dulcina K, Vuillerme N, Tabard-Fougère A, et al. Identifying subgroups of patients with chronic nonspecific low Back pain based on a multifactorial approach: protocol for a prospective study. JMIR Res Protoc. 2018;7(4):e104.

[19] Escamilla RF, Fleseisig GS, Zheng N. Effects of technique

variations on knee biomechanics during the squat and leg press. Medicine & Science in Sports & Exercise. 2001;33(9):1552-66.

[20] Stuart MJ, Meglan DA, Lutz GE, et al. Comparison of intersegmental tibiofemoral joint forces and muscle activity during various closed kinetic chain exercises. The American journal of sports medicine. 1996;24(6): 792-9.

[21] Fry A, Aro T, Bauer J, et al. A comparison of methods for determining kinematic properties of three barbell squat exercises. Journal of Human Movement Studies. 1993; 24(2):83.

[22] Fry AC, Smith JC, Schilling BK. Effect of knee position on hip and knee torques during the barbell squat. J Strength Cond Res. 2003;17(4):629-33.

[23] Lee D-k, An D-h, Yoo W-g, et al. The effect of isolating the paretic limb on weight-bearing distribution and EMG activity during squats in hemiplegic and healthy individuals. Topics in Stroke Rehabilitation. 2017;24(4): 223-7.

[24] Hyun-Woo Noh. Effect on muscle activation and onset time in the Quadriceps Femoris While Squating with Short foot Exercise. Department of Physical Therapy Graduate School. Sahmyook University. 2018.

[25] Ki-seok Nam, Ji-Won Park. Effect of Active Foot Arch Support on Lower Extremity Electromyographic Activity during Squat Exercise in Persons with Pronated Foot. J Kor Phys Ther. 2010;22(5):57-61.

[26] Siebenga J, Leferink V, Segers M, et al. A prospective cohort study comparing the VAS spine score and Roland–Morris disability questionnaire in patients with a type A traumatic thoracolumbar spinal fracture. Eur Spine J. 2008;17(8):1096-100.

[27] Vicenzino B, Griffiths SR, Griffiths LA, et al. Effect of antipronation tape and temporary orthotic on vertical navicular height before and after exercise. J Orthop Sports Phys Ther. 2000;30(6):333-9.

[28] Cote KP, Brunet ME, II BMG, et al. Effects of pronated and supinated foot postures on static and dynamic postural stability. J Athl Train. 2005;40(1):41.

[29] Sell KE, Verity TM, Worrell TW, et al. Two measurement techniques for assessing subtalar joint position: a reliability study. J Orthop Sports Phys Ther. 1994;19(3):162-7.

[30] Cooperstein R. Gonstead chiropractic technique (GCT). J Chiropr Med. 2003;2(1):16-24.

[31] Won-Tae Gong. The Effects of Modified Wall Squat Exercise after Sacro-Iliac Joint Mobilization on Balance in Normal Adults.Journal of Convergence for Information Technology. JCIT. 2020;10(7):160-7.

[32] Kim Seon Young. The effect of trunk stability exercises and posture correction on back pain, lumbar lordosis angle and lumbosacral angle in chronic back pain patients. Specialized Graduate School. Shinhan University. 2016.

[33] Headlee DL, Leonard JL, Hart JM, et al. Fatigue of the plantar intrinsic foot muscles increases navicular drop. J Electromyogr Kinesiol. 2008;18(3):420-5.

[34] Okamura K, Kanai S, Fukuda K, et al. The effect of additional activation of the plantar intrinsic foot muscles on foot kinematics in flat-footed subjects. The Foot. 2019;38:19-23.

[35] Richie Jr DH. Biomechanics and clinical analysis of the adult acquired flatfoot. Clin Podiatr Med Surg. 2007; 24(4):617-44.

[36] Cifuentes-De la Portilla C, Larrainzar-Garijo R, Bayod J. Analysis of the main passive soft tissues associated with adult acquired flatfoot deformity development: A computational modeling approach. J Biomech. 2019;84: 183-90.

[37] Mengiardi B, Pinto C, Zanetti M. Spring ligament complex and posterior tibial tendon: MR anatomy and findings in acquired adult flatfoot deformity. Seminars in musculoskeletal radiology. Thieme Medical Publishers. 2016. pp.104-15.

[38] Gong WT, Lee JN, Park JM. The Influence of Unstable Modified Wall Squat Exercises on the Gait Variables of Healthy Adults. Korea Academy of Orthopedic Manual

Physical Therapy. 2016;22(1):9-15.

[39] Pathak S, Nayak A, Kedambadi RC. The relationship between pelvic alignment and trunk control in stroke subjects: a cross-sectional study. International Journal of Research in Medical Sciences. 2014;2(4):1483-7.

[40] Myers, T. W., & Hillman, S. K. . Anatomy trains. Primal Pictures Limited. 2004;84:336-9.