

Effects of 3D Stabilization Exercise on the Muscle Activity and Static Balance of Patients with Lumbar Instability

Jeong-Il Kang¹, Hyun-Ho Choi²

¹Department of Physical Therapy, Sehan University, Yeongam; ²Department of Physical Therapy, Graduate School, Sehan University, Yeongam, Korea

Purpose: The paper presents an intervention for clinical applications in the future by examining the effects of 3D stabilization exercise on patients with lumbar instability, which causes problems in the muscles and balance, and analyzing the effects of balanced lumbar muscles on the static balance.

Methods: After collecting samples randomly from thirty patients with lumbar instability, fifteen patients selected for 3D stabilization exercise were placed in the stability group and fifteen patients selected for Swiss ball exercise were placed in the ball exercise group. The intervention program was applied for thirty minutes a session, once a day, three days a week for four weeks. Before the intervention, the lumbar muscle activity and static balance were measured. After four weeks, they were re-measured in the same way and the data were analyzed.

Results: In relation to the within-group changes in muscle activity, all groups except for the LEO and REO groups showed significant differences. Regarding the between-group changes in muscle activity depending on the left and right difference, ES, RA, and TrA but not EO showed significant differences. In addition, there were significant differences in the between-group change in static balance.

Conclusion: 3D stabilization exercise improves the muscle activity by promoting a balanced posture of lumbar muscles and changing senses, such as a proprioceptor but this had a positive influence on the static balance by controlling the balance of muscles.

Keywords: Lumbar stabilization exercise, Lumbar instability, Muscle activity, Static balance

서론

척추 주위 근육들의 근력 약화, 체간 연부 조직의 손상, 체간 근지구력의 감소 및 원반의 퇴행성 변화 등은 장시간의 좌식생활과 불규칙한 일상생활, 틀어진 자세 등으로 발생되고, 척추 불안정의 중요한 요인이 된다.^{1,2}

허리뼈의 불안정은 허리 기능장애를 일으키기 쉽고, 체간 구조물의 반복적인 손상으로 인해 시간이 지나면서 척추 주위 근육의 면적 감소와 근 위축 양상과 더불어 허리통증의 증가를 가져온다.^{3,4} 또한, 자세와 근육들의 조절능력 감소와 불균형을 만들어 허리에서 올라가는 구심성 정보의 변화로 인해 고유수용성 감각을 저하시킨다.⁵ 이러한 요인은 코어 근육이라고 불리는 뒀갈래근과 배가로근 등의 약화와 반복적인 자세의 틀어짐을 만들고, 몸통의 기능이 상실되면서 균형능력이 저하된다.⁶ 신체는 균형을 방해하는 자극에 대하여 감각, 운동 및 인지 등의 상호작용을 통하여 기저면 위에 무게중심을 유지

하지만, 균형능력이 저하되면 피드백의 문제가 생기면서 근육의 지연 수축을 유발한다.^{7,8} 허리 불안정은 이러한 신체 조절의 불균형으로 인해 발생되지만, 많은 근육이 조화된 패턴으로 작용하고, 운동제어 능력을 통한 정상적인 근육 동원 순서가 지속적으로 일어나면 몸의 균형과 평형이 유지되고 허리 부위에 손상이 생기지 않는다.^{5,7,9}

허리기능 회복을 위한 일반적인 운동치료법으로 허리안정화운동을 들 수 있다. 이처럼 능동적으로 허리의 깊은 근육인 뒀갈래근과 배가로근의 근력강화를 목적으로 하여,¹⁰ 척추 분절의 안정화와 허리 주위의 몸통 깊은 부분에 위치한 국소 근육군을 활성화 시키기 위해 허리안정화운동이 필요하다.¹¹ 그러나 임상적으로 허리안정화운동은 심부 근육의 동시 수축이 허리 안정화를 가져온다는 인식이 강하여 코어 근육 활성화에만 너무 초점이 맞춰져 있다. 또한, 개별적으로 약해진 근육을 더 강화시키기 보다는 전체적으로 근육의 강화를 통해 약해진 근육을 강화시키기 때문에 좌우 근육의 불균형을 만들기도 한다. 이러한 점을 보완하기 위해서 최근 임상에서 3차원 허리안정

Received Jul 5, 2017 Revised Aug 9, 2017

Accepted Aug 31, 2017

Corresponding author Hyun-Ho Choi

E-mail hot486zz@naver.com

Copyright ©2017 The Korea Society of Physical Therapy

This is an Open Access article distribute under the terms of the Creative Commons Attribution Non-commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

화운동을 할 수 있는 장비를 사용하여 운동을 적용하고 있다.^{12,13}

3차원 안정화운동은 체간의 안정화를 이루고, 다양한 활동에서 수축을 병행함으로써, 무의식 상태에서도 안정적 몸통 조절을 이루게 한다.¹⁴ 그리고 관절 주변 조직의 고유수용성 감각 재훈련이라는 측면으로 접근하여, 지속적인 몸통 보호를 이룰 수 있다.¹⁵ 또한, 허리 뼈를 둘러싸고 있는 모든 몸통 근육의 협응과 동시적 활동을 하면서 선택적으로 근육의 상태에 따라 운동을 할 수 있다.^{16,17} 안정화운동에 대한 국내·외 선행연구들은 많이 이루어지고 있는 추세지만, 이처럼 선택적으로 약한 근육을 강화하는 운동을 통해 근육의 불균형을 해결하는 것이 정적 균형에 얼마나 긍정적인 영향을 미치는가에 대한 정량적인 연구가 필요한 실정이다.

따라서 본 연구는 허리 불안정 환자를 대상으로 약해진 근육을 선택적으로 강화할 수 있는 3차원 안정화운동을 적용했을 때 미치는 효과를 알아보고, 허리 근육의 균형이 정적균형에 미치는 영향을 분석하여, 허리 불안정 환자의 치료에 대한 임상 기초자료를 제시하고자 한다.

연구 방법

1. 연구대상

본 연구는 기관생명윤리위원회의 승인(SH-IRB 2017-06)을 받고 2017년 4월 14일부터 5월 22일까지 약 6주간 실시하였다. 대상자는 대한민국 서울시에 소재한 의료기관에 내원한 25-50세의 방사선 영상에서 허리 불안정 환자라고 진단된 환자(종판 각도[end plate angle, EP]는 -5° 이하, 각운동 각도[angular motion angle, AM]는 20° 이상, 병진 거리[translation distance, TR]는 5 mm 이상이 한 개라도 있는 경우) 30명을 대상으로, X-ray 상에 골절이나 척추전위증 등과 같은 질병이나 수술 경험이 없고, 다른 정형 외과적 혹은 신경학적 질환이 없으며, 혼자서 아무 도움 없이 서 있을 수 있고, walker 없이 독립 보행이 가능한 자를 대상으로, 본 연구의 목적을 이해하고 연구에 자발적으로 참여한 자를 연구 대상으로 선정하였으며, 일반적 특성은 다음과 같다(Table 1).

Table 1. General characteristics

Items	Stabilization group-I (n = 15)	Ball exercise group-II (n = 15)	F	p
Age (year)	38.43±10.85	39.29±10.13	1.308	0.297
Height (cm)	162.19±11.32	164.53±9.29	0.507	0.623
Weight (kg)	64.21±14.07	59.66±14.1	0.513	0.635
SMM (kg)	23.33±6.24	23.45±6.81	0.067	0.915
BFM (kg)	21.23±7.02	16.21±7.36	2.125	0.172
BMI (kg/m ²)	23.18±3.64	21.98±4.85	1.325	0.278

SMM: skeletal muscle mass, BFM: body fat mass, BMI: body mass index.

2. 실험방법

1) 연구 설계

본 연구는 방사선 영상을 통해 허리 불안정 환자로 진단된 30명을 표본 추출하여, 안정화군 15명과 볼운동군 15명으로 무작위 배치하여 4주간, 주 3회, 1일 1회, 1회 30분 중재프로그램을 시행하였다. 중재 전 표면 근전도를 이용하여 등받이 없는 의자에 앉아서 일어날 때, 척추세움근, 배바깥빗근, 배곧은근, 배가로근의 활성도를 측정하였고, Tetrax를 이용하여 바로 서서 정적 균형을 측정하였다. 그리고 4주 후에 이들의 항목을 동일하게 재 측정하여 분석하였다.

2) 측정도구 및 방법

(1) 표면 근전도

근활성도는 표면 근전도 MP 150 system (Biopac, USA) 8채널을 사용하여 측정하였다. 전극은 직경이 10 mm (예: 외경: 24 mm×46 mm, 전극: 15 mm×15 mm)인 전도성 젤이 도포된 은-염화은 양극형 표면 전극으로 되어있다. 전극을 피부에 부착하기 전에 측정오류를 방지하기 위해 면도기로 털을 제거한 후 의료용 알코올을 사용하여 피부표면을 깨끗이 닦아낸 다음 전극은 근섬유의 방향에 따라, 근육 힘살에 위치하여 근육의 왼쪽과 오른쪽 양쪽에 부착하였다.

근전도 부착 부위는 척추세움근은 허리뼈 2번 가시돌기로부터 외측 3 cm 떨어진 지점, 배곧은근은 배꼽에서 외측 2 cm 지점, 배바깥빗근은 위앞엉덩뼈가시에서 갈비뼈 하부 경계면 중간 지점, 배가로근은 위앞엉덩뼈가시에서 골반 중간선 중간 지점(살고랑인대 상부 지점)에 근섬유와 평행하게 부착하였다.^{18,19} 측정된 근전도의 노이즈를 제거하기 위해 원 데이터를 20-450 Hz에서 구간 필터링하고, 근전도 신호의 표본 추출률은 1,000 Hz로 설정하였다.²⁰

%RVC는 특정 동작의 근수축을 기준으로 하여 표준화하는 방법으로 앉아서 일어설 때에 몸통 근육 측정에 사용하였다. 대상자가 앉은 자세에서 5초간 측정하여 처음과 마지막 1초를 제외한 3초 동안의 평균 근활성도를 기준 동작 RMS로 사용하고, 앉아서 일어설 때를 3회 반복하여 같은 방법으로 평균값을 특정 동작의 RMS로 사용하였다.²¹ %RVC 계산방법은 (특정동작 RMS)/(기준동작 RMS)×100이다.

(2) 정적 균형

정적 균형 능력을 평가하기 위하여 자세 분석을 진단 검사하는 자세 분석균형시스템(Tetrax, Sunlight®, Petach Tikva, Israel)을 이용하여 측정하였다. 대상자가 플랫폼에 있는 압력 센서에 전자세로 위치하게 되면 압력 센서에 의해서 측정되는 압력중심의 이동패턴을 이용하여 자세진동을 알아낸다. 본 연구에서는 총 8개의 측정 자세 중 눈 뜨고 머리 바로 하여 서기 자세를 이용하여 측정된 체중분포지수(weight distribution index, WDI)와 안정성지수(stability, ST)를 활용하

였다. 본 평가도구의 신뢰도는 검사-재검사 간의 신뢰도는 $r=0.89$ 로 높은 신뢰도를 보였다.^{14,22}

(3) 중재 방법

① 3차원 허리안정화운동

3차원 허리안정화운동은 대상자가 배가로근을 수축시키면서 차렷 상태를 유지하고, 골반과 넓다리를 고정한 후 동시에 턱도 “chin in”을 만든 상태에서 Centaur를 이용해 각도별로 대상자를 아래로 기울여 지게 하였다. 만약 검사 도중 대상자가 통증을 호소하거나, 자세를 유지하지 못할 경우 검사가 임의로 중단한다. 이런 방법으로 8개 각도 ($0^\circ, 45^\circ, -45^\circ, 90^\circ, -90^\circ, 135^\circ, -135^\circ, 180^\circ$) 검사를 실시한다. +는 오른쪽 방향을, -는 왼쪽 방향을 나타낸다. 같은 방법으로 재검사를 실시하여 허리 안정화 근력의 변화와, 좌우 허리 근력의 불균형의 차이를 비교하였다.

근력 검사한 결과를 바탕으로 최대근력의 40% 강도로 하며 좌우 허리 근육 중 약한 근육부위의 근력 강화를 위해서 회전시간과 정지 시간, 그리고 각도를 점차 조절하면서 운동을 하였으며, 운동시간은 15-30분 정도(3-5 set)까지 다양하게 하였다. 대상자는 운동하는 동안 일정한 자세를 유지하며, 항상 배가로근을 수축한 상태로 하였다.²³

② 스위스 볼 운동

복부근 강화운동은 팔꿈치 부위를 볼에 기대면서 양다리는 어깨넓이로 벌려준다. 드로우-인(draw-in) 상태에서 약화-고리(weak-link) 전까지 무게중심을 앞으로 이동하면서 볼을 서서히 밀어준 다음 잡

시 유지하고 다시 제자리로 돌아온다. 배부근 강화 운동은 양발을 짐볼 위에 편안하게 올리고 뒤꿈치, 종아리도 스위스 볼에 닿게 올린 후 드로우인 상태에서 약화-고리(weak-link) 전까지 천천히 복부를 들어 올린다. 옆구리 강화 운동은 한쪽 팔꿈치 부위를 볼에 기대면서 무릎은 붙인 뒤 드로우-인(draw-in) 상태에서 엉덩이를 옆으로 들어준 다음 잠시 유지하고 다시 제자리로 돌아온다. 모든 운동은 1회 운동 시키는 시간 2초, 유지시간 6초, 당기는 시간 2초 총 10초간 실시하였고 각 세트당 10회 3세트를 실시하였다. 운동 1회 실시 후 5초간 휴식하였고 세트 간에는 2분의 휴식 시간을 적용하였다.^{16,24}

3. 자료분석

자료분석 방법은 Window용 SPSS 20.0을 이용하여 연구대상자의 일반적 특성을 Shapiro-wilk로 정규성 검정하였다. 그리고 허리 근육의 활성도의 집단 내 변화 비교는 대응표본 t-검정(paired t-test)로, 허리 근육의 활성도 및 좌우 변화량과 정적 균형의 집단 간 변화 비교는 공분산분석(ANCOVA)을 시행하였고, 유의 수준은 $\alpha=0.05$ 로 설정하였다.

결 과

1. 허리 주위근의 근활성도 변화비교

집단 내 허리 주위근의 근활성도 비교는 안정화군과 불운동군 모두에서 왼쪽 척추세움근(left erector spinae, LES)과 오른쪽 척추세움근(right erector spinae, RES)은 통계학적으로 유의한 차이가 있어 근활성

Table 2. Comparisons of changes within groups on muscle %RVC (Unit: %)

Items	Groups	Pre-test (M±SD)	Post-test (M±SD)	t	p
LES	Stabilization group	641.24±101.23	587.21±69.85	4.381	0.002 [†]
	Ball exercise group	631.25±86.23	597.32±101.23	4.225	0.002 [†]
RES	Stabilization group	708.73±103.08	630.69±85.65	4.241	0.002 [†]
	Ball exercise group	695.32±127.48	651.55±155.88	2.272	0.023 [†]
LEO	Stabilization group	222.99±54.31	238.31±42.59	-0.849	0.418
	Ball exercise group	254.03±33.91	273.78±81.68	-0.910	0.387
REO	Stabilization group	252.67±44.45	264.61±40.01	-1.080	0.308
	Ball exercise group	270.70±36.52	288.82±76.85	-0.834	0.426
LRA	Stabilization group	310.57±35.99	413.82±59.42	-4.507	0.001 [†]
	Ball exercise group	309.93±37.66	390.55±67.61	-4.470	0.002 [†]
RRA	Stabilization group	345.01±40.86	432.27±75.63	-4.483	0.002 [†]
	Ball exercise group	338.92±41.84	420.85±71.45	-4.458	0.002 [†]
LTrA	Stabilization group	268.27±28.44	368.51±56.83	-5.528	0.000 [§]
	Ball exercise group	255.34±32.38	316.87±55.30	-4.421	0.002 [†]
RTrA	Stabilization group	292.84±36.81	376.38±54.46	-6.495	0.000 [§]
	Ball exercise group	290.13±42.89	358.15±66.84	-4.006	0.003 [†]

LES: left erector spinae, RES: right erector spinae, LEO: left external oblique, REO: right external oblique, LRA: left rectus abdominis, RRA: right rectus abdominis, LTrA: left transversus, RTrA: right transversus.

*paired t-test; [†]p<0.05; [‡]p<0.01; [§]p<0.001.

도의 감소를 볼 수 있었고($p < 0.05$), ($p < 0.01$), 왼쪽 배곧은근(left rectus abdominis, LRA), 오른쪽 배곧은근(right rectus abdominis, RRA), 왼쪽 배가로근(left transversus, LTrA), 오른쪽 배가로근(right transversus, RTrA)도 통계학적으로 유의한 차이가 있어 근활성도의 증가를 볼 수 있었다($p < 0.01$), ($p < 0.001$) (Table 2). 그러나 왼쪽 배바깥빗근(left external oblique, LEO)과 오른쪽 배바깥빗근(right external oblique, REO)은

통계학적으로 유의한 차이가 없었고(Table 2), 집단 간 허리 주위근의 근활성도 비교에서도 통계학적으로 유의한 차이가 없었다(Table 3).

2. 허리 주위근의 좌우 차이에 따른 근활성도 변화 비교

집단 간 허리 주위근의 좌우 차이에 따른 근활성도 변화량 비교는 배 바깥빗근의 좌우 차이에서 통계학적으로 유의한 차이가 없었으나

Table 3. Comparisons of changes between groups on muscle %RVC (Unit : %)

Items	Groups	Pre-test (M±SD)	Post-test (M±SD)	F	p
LES	Stabilization group	641.24±101.23	587.21±69.85	0.002	0.964
	Ball exercise group	631.25±86.23	597.32±101.23		
RES	Stabilization group	708.73±103.08	630.69±85.65	0.139	0.714
	Ball exercise group	695.32±127.48	651.55±155.88		
LEO	Stabilization group	222.99±54.31	238.31±42.59	0.246	0.626
	Ball exercise group	254.03±33.91	273.78±81.68		
REO	Stabilization group	252.67±44.45	264.61±40.01	0.333	0.571
	Ball exercise group	270.70±36.52	288.82±76.85		
LRA	Stabilization group	310.57±35.99	413.82±59.42	0.034	0.856
	Ball exercise group	309.93±37.66	390.55±67.61		
RRA	Stabilization group	345.01±40.86	432.27±75.63	0.010	0.923
	Ball exercise group	338.92±41.84	420.85±71.45		
LTrA	Stabilization group	268.27±28.44	368.51±56.83	0.504	0.487
	Ball exercise group	255.34±32.38	316.87±55.30		
RTrA	Stabilization group	292.84±36.81	376.38±54.46	3.13	0.101
	Ball exercise group	290.13±42.89	358.15±66.84		

LES: left elector spinea, RES: right elector spinea, LEO: left external oblique, REO: right external oblique, LRA: left rectus abdominis, RRA: right rectus abdominis, LTrA: left transversus, RTrA: right transversus.

*ANCOVA.

Table 4. Comparisons of changes between groups on muscle activity depending on the left and right difference (Unit: %)

Items	Groups	Pre-test (M±SD)	Post-test (M±SD)	F	p
ES	Stabilization group	67.49±11.35	43.48±19.25	-1.954	0.022 [†]
	Ball exercise group	64.07±15.68	54.23±18.36		
EO	Stabilization group	29.68±8.04	26.30±9.55	-6.964	0.112
	Ball exercise group	16.67±10.35	15.04±8.36		
RA	Stabilization group	34.44±16.58	18.45±12.23	3.482	0.045 [†]
	Ball exercise group	28.99±8.39	30.30±5.36		
TrA	Stabilization group	24.57±6.01	7.87±14.25	2.232	0.004 [†]
	Ball exercise group	34.79±12.15	41.28±15.36		

ES: left elector spinea - right elector spinea, EO: left external oblique - right external oblique, LRA: left rectus abdominis - right rectus abdominis, LTrA: left transversus - right transversus.

*ANCOVA; [†]p<0.05; [‡]p<0.01.

Table 5. Comparisons of changes between groups on static balance (Unit: points)

Items	Groups	Pre-test (M±SD)	Post-test (M±SD)	F	p
WDI	Stabilization group	5.83±3.27	4.51±2.23	-3.748	0.037 [†]
	Ball exercise group	5.72±2.86	4.25±2.42		
ST	Stabilization group	16.48±5.23	12.42±4.58	-3.623	0.024 [†]
	Ball exercise group	15.24±6.25	11.76±5.67		

WDI: weight distribution index, ST: stability index.

*ANCOVA, [†]p<0.05.

척추세움근, 배곧은근, 배가로근의 좌우 차이에서는 통계학적으로 유의한 차이가 있어 안정화군이 불운동군보다 효과적으로 나타났다($p < 0.05$), ($p < 0.01$) (Table 4).

3. 정적 균형 변화비교

집단 간 정적 균형 비교에서는 체중분포지수(weight distribution index, WDI)와 안정성지수(stability index, ST) 모두 통계학적으로 유의한 차이가 있어 안정화군이 불운동군보다 효과적으로 나타났다($p < 0.05$) (Table 5).

고찰

허리 안정화에 관련된 연구에서 근육의 불균형과 약화가 지속됨에 따라 허리 불안정과 균형 장애를 만들고, 심부 근육의 동시수축이 허리의 안정화를 가져온다는 인식으로 인해 근육의 균형보다는 동시수축에 초점을 맞추어 중재를 시행해왔다.²⁵ 그러나 최근에는 여러 가지 운동 기구를 통해 근육의 동시수축뿐만 아니라 정량적인 측정을 통해 근육의 균형을 가져오는 운동을 중재하여 임상에서 적용하고 있다.^{12,13}

Anders 등¹⁷의 대학생 31명을 대상으로 3차원 안정화운동을 할 때 척추주변 근육에 근전도 검사를 실시한 결과, 0°에서는 척추세움근, 못갈래근, 큰엉덩근, 45°에서는 오른쪽 척추세움근, 못갈래근, 큰엉덩근, 배속빚근, -45°에서는 왼쪽 척추세움근, 못갈래근, 큰엉덩근, 배속빚근, 90°에서는 오른쪽 못갈래근, 큰엉덩근, 배바깥, 배속빚근, -90°에서는 왼쪽 못갈래근, 큰엉덩근, 배바깥, 배속빚근, 135°에서는 오른쪽 배곧은근, 배바깥, 배속빚근, -135°에서는 왼쪽 배곧은근, 배바깥, 배속빚근, 180°에서는 배곧은근, 배바깥, 배속빚근이 활성화 된다고 하였다. Kim 등²⁶은 최대 수직 수축의 25% 수준이 3차원 안정화운동의 30°이하의 기울기이고, 관절의 안정이 최대라고 하였다. 이것은 고강도의 운동이 아니더라도 척추 주변 근육에 운동효과가 있다는 것을 의미한다. Escamilla 등²⁷은 성인 18명을 대상으로 스위스볼 운동을 할 때 엎드려 운동하는 자세에서 배근육, 옆으로 운동하는 자세에서 배빚근과 허리뼈 주위근육이 더 활성화 된다고 하였고, 스위스볼 운동도 3차원 안정화운동과 같이 운동 자세에 따라 특정 계간의 근육을 더 활성화 시킬 수 있다고 사료된다. 본 연구의 그룹 간 비교에서는 통계학적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다. 또한 그룹 내 비교에서는 안정화 운동군과 불운동군 모두 선행연구 결과와 다르게 모든 척추 주변 근육의 활성화도가 통계학적으로 유의한 차이를 나타내지 않았다. 하지만 LEO와 REO를 제외한 LRA, RRA, LTrA, RTrA에서는 통계학적으로 유의한 차이가 나타나 근활성도의 증가를 볼 수 있었고, LES와 RES는 통계학적으로 유의한 차이가 나타나 근활성도의 감

소를 볼 수 있었다. 그 이유는 허리 통증을 가지고 있는 환자는 척추세움근의 동원 패턴에 변화가 오고 활성화가 증가되며,²⁸ 중재 등을 통하여 허리 통증이 감소하게 되면 척추세움근의 활성화도가 감소한다²⁹는 것이다. 따라서 허리 불안정 환자에게는 중재 후 통증이 감소되면 약해진 척추세움근과 허리뼈 주변 근육의 강화에 초점을 맞추어 실행해야 된다고 사료된다.

Kim과 Kim²⁹은 30명의 만성허리통증환자를 대상으로 12주간 3차원 안정화운동을 시행한 결과 척추주변근육의 불균형이 줄어들고, 유연성도 증가하였는데, 본 연구에서는 안정화군에서 척추세움근, 배바깥빚근, 배곧은근, 배가로근의 좌우 차이는 중재 전보다 중재 후에 감소하였고, 배바깥빚근의 좌우 차이를 제외한 나머지 근육의 좌우 차이에서만 통계학적으로 유의한 차이가 있었다. 이러한 결과는 복식 호흡을 병행 하여 심부 근육의 활성화에 초점이 맞춰진 허리안정화운동이 아니라 심부근육을 포함하여 허리 전반적인 근육 전체에 초점을 맞추어 적용하는 3차원 안정화운동과 같은 안정화운동이 근육의 불균형을 해소한 결과이다.⁹ 본 연구의 그룹 간 비교에서는 안정화운동군이 불운동군보다 더 효과적인 것으로 나타났다. 이러한 결과는 왼쪽과 오른쪽의 근육을 동시에 운동시키는 짐볼운동과 다르게 3차원 안정화운동이 척추주변근육의 불균형에 의해 약해진 근육을 선택적으로 더 강화하여 왼쪽과 오른쪽의 근육 불균형을 감소시켰기 때문이라고 사료된다. 따라서 근육의 좌우 차이를 줄여주는 운동이 동시 수축을 통한 심부 근육을 활성화시키는 운동보다 척추 불안정 환자에 불균형을 해소하는데 중요한 요소가 될 수 있을 것이다.

Kim 등¹⁴은 34명의 만성허리통증환자를 대상으로 5주간 3차원허리안정화운동을 시행한 결과 짐볼 안정화운동보다 심부근육에 대한 균형능력 향상에 효과적이지만, Tetrax를 통한 정적 균형 검사에서는 체중분포와 안정성에서 실험 전보다 후에 향상되었으나 유의한 차이가 없다고 하였다. Seo 등¹⁶의 연구에서도 3차원 안정화운동과 짐볼 안정화운동을 비교했을 때 근력과 근지구력은 증가했으나, 그룹 간의 효과 차이는 없었다. 그러나 본 연구의 그룹 간 비교에서는 두 그룹 모두 WDI와 ST는 중재 전보다 중재 후에 감소하였으며, 안정화군이 불운동군보다 유의한 차이가 있었다. 이것은 선행 연구와 다르게 3차원 안정화운동을 할 때, 약해진 근육을 선택적으로 더 강화하였고, 8가지 각도를 통하여 스위스 볼을 통해 운동을 하는 것보다 개별적으로 근육을 강화 시켰다. 이러한 결과는 근육의 좌우 차이를 줄여주는 안정화운동이 균형 증진을 위해 많이 사용되는 볼과 같이 도구를 이용한 안정화운동^{16,27} 보다 균형 증진에 긍정적인 효과가 나타났고,³⁰ 균형을 증진을 위해서는 통증 감소나 균형 훈련도 중요하나, 근육의 불균형을 해결하는 것이 효과적이라고 사료된다.

따라서 허리 불안정 환자와 같이 근육과 균형에 문제가 생기는 환자들에게 3차원 안정화운동을 적용했을 시 근육을 선택적으로 강

화 할 수 있고, 이를 통해 균형 능력 또한 증가된 것으로 나타나, 임상적으로 허리 불안정 환자에게 이를 적용할 필요성이 제시되지만, 근육의 불균형이 가져오는 다른 문제와의 비교 연구와 대상자와 중재 기간을 늘려 이를 검증하기 위한 전향적 연구가 필요할 것으로 생각된다.

본 연구의 제한점으로는 단일 의료기관에서 실험을 진행하였기에 모든 허리 불안정 환자에 대한 일반화에 있어서 한계가 있으며, 대상자들이 투여하고 있는 복용약물 및 약물 복용 횟수와 일상생활을 통제하지 못하였기에 각가지 변수가 나타날 수 있어 연구결과에 영향을 미칠 수 있다는 점이다.

Acknowledgements

본 논문은 2017년 세한대학교의 학술연구비에 의하여 지원되었음.

참고문헌

- Lee HO. Activation of trunk muscles during stabilization exercises in four-point kneeling. *J Kor Soc Phys Ther.* 2010;22(5):33-8.
- Choi DK, Kim YH, Kim KS. Influence of ligament deficits and isthmic defects on instability in lumbar spine. *Transactions of the KSME, A.* 2011;35(10):1205-10.
- Zapata KA, Wang-Price SS, Sucato DJ. Six-month follow-up of supervised spinal stabilization exercises for low back pain in adolescent idiopathic scoliosis. *Pediatr Phys Ther.* 2017;29(1):62-6.
- Koumantakis GA, Watson PJ, Oldham JA. Trunk muscle stabilization training plus general exercise versus general exercise only: randomized controlled trial of patients with recurrent low back pain. *Phys Ther.* 2005;85(3):209-25.
- Chang M, Slater LV, Corbett RO et al. Muscle activation patterns of the lumbo-pelvic-hip complex during walking gait before and after exercise. *Gait Posture.* 2017;52:15-21.
- Park SD, Yu SH. The effects of abdominal draw-in maneuver and core exercise on abdominal muscle thickness and Oswestry disability index in subjects with chronic low back pain. *J Exerc Rehabil.* 2013;9(2):286-91.
- Blenkinsop GM, Pain MT, Hiley MJ. Evaluating feedback time delay during perturbed and unperturbed balance in handstand. *Hum Mov Sci.* 2016;48:112-20.
- Rackwitz B, de Bie R, Limm H et al. Segmental stabilizing exercises and low back pain. What is the evidence? A systematic review of randomized controlled trials. *Clin Rehabil.* 2006;20(7):553-67.
- Son HH. The effects of stabilization exercise with abdominal breath on balance and Oswestry disability index for low back pain patients. *J Korean Soc Phys Med.* 2015;10(1):107-13.
- Wirth K, Hartmann H, Mickel C et al. Core stability in athletes: a critical analysis of current guidelines. *Sports Med.* 2017;47(3):401-14.
- Panjabi MM. Clinical spinal instability and low back pain. *J Electromyogr Kinesiol.* 2003;13(4):371-9.
- Kim S, Kim H, Chung J. Effects of spinal stabilization exercise on the cross-sectional areas of the lumbar multifidus and psoas major muscles, pain intensity, and lumbar muscle strength of patients with degenerative disc disease. *J Phys Ther Sci.* 2014;26(4):579-82.
- Huebner A, Faenger B, Schenk P et al. Alteration of surface EMG amplitude levels of five major trunk muscles by defined electrode location displacement. *J Electromyogr Kinesiol.* 2015;25(2):214-23.
- Kim GY, Ahn CS, Kim SS. The effects of 3-dimensional lumbar stabilization exercise have an effect on the improvement of pain and static or dynamic balance ability in 20's age group with low back pain. *J Korean Soc Phys Med.* 2003;6(2):235-46.
- Akuthota V, Nadler SF. Core strengthening. *Arch Phys Med Rehabil.* 2004;85:86-92.
- Seo HK, Kim JW, Hwang BJ. The effect of 3D NEWTON exercise on lumbar strength and endurance. *J Korean Acad Orthop Man Phys Ther.* 2011;17(2):33-9.
- Anders C, Brose G, Hofmann GO et al. Evaluation of the EMG-force relationship of trunk muscles during whole body tilt. *J Biomech.* 2008;41(2):333-9.
- Criswell E. *Cram's introduction to surface electromyography.* Burlington, Jones & Bartlett Publishers, 2010.
- Queiroz BC, Cagliari ME, Amorim CF et al. Muscle activation during four Pilates core stability exercises in quadruped position. *Arch Phys Med Rehabil.* 2010;91(1):86-92.
- Soderberg GL, Knutson LM. A guide for use and interpretation of kinesiologic electromyographic data. *Phys Ther.* 2000;80(5):485-98.
- Kang JI, Jeong DK, Choi H. Effect of spinal decompression on the lumbar muscle activity and disk height in patients with herniated intervertebral disk. *J Phys Ther Sci.* 2016;28(11):3125-30.
- Schwartz S, Segal O, Barkana Y et al. The effect of cataract surgery on postural control. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2005;46(3):920-4.
- Kwon WA, Yang KH, Lee JH. The effects on 3-dimensional exercise of lumbar stabilization for chronic low back pain. *J Kor Soc Phys Ther.* 2006;18(5):25-34.
- Lehman GJ, Hoda W, Oliver S. Trunk muscle activity during bridging exercises on and off a Swiss ball. *Chiropr Osteopat.* 2005;13:14.
- Borghuis J, Hof AL, Lemmink KA. The importance of sensory-motor control in providing core stability. *Sports medicine.* 2008;38(11):893-916.
- Kim SB, Chang YH, Kim SK et al. Activation pattern of trunk muscles during whole body tilt with axial rotation in 3D spine stabilizer. *J of KSPE.* 2011;6:1407-8.
- Escamilla RF, Lewis C, Pecson A, Imamura R et al. Muscle activation among supine, prone, and side position exercises with and without a Swiss ball. *Sports Health.* 2016;8(4):372-9.
- van Dieën JH, Cholewicki J, Radebold A. Trunk muscle recruitment patterns in patients with low back pain enhance the stability of the lumbar spine. *Spine.* 2003;28(8):834-41.
- Kim, HR, Kim YS. The effects of spinal stabilization exercise using gravity on patients with degenerative disc disease. *J Kor Soc Phys Ther.* 2008; 20(1):23-31.
- Kang JI, Jeong DK. The effect of lumbosacral stabilization exercise on Oswestry disability index and gait velocity of patients with chronic low back pain. *J Digit Converg.* 2013;11(8):243-50.