

젊은 만성허리통증자의 허리부위 불안정성 검사 양성반응 수와 호흡패턴변화율, 통증 간의 상관관계분석

기철 · 남기원[†]

M-트레이닝연구소, ¹동신대학교 물리치료학과

Correlation Analysis between Lumbar Instability Test Positive Response Number and Breathing Pattern Change Rate and Pain in Young Peoples with Chronic Low Back Pain

Chul Ki, PT, OMT, PhD · Ki-Won Nam, PT, PhD[†]

M-training Institute, ¹Department of Physical Therapy, Dongshin University

Received: May 29, 2019 / Revised: July 11, 2019 / Accepted: August 12, 2019

© 2019 J Korean Soc Phys Med

| Abstract |

PURPOSE: This study examined the correlation between the visual analog scale (VAS) and the rate of change in the respiration patterns according to the result of Lumbar Instability Tests (LITs) in young people with chronic low back pain (CLBP)

METHODS: Thirty-six adults, aged 20-40 years with CLBP, participated in this study. The general characteristics and VAS of the participants were recorded by the subjects themselves and seven structure and functional LITs were conducted. According to the positive response number, the positive group was divided into four groups (group 1: n=8, group 2: n=9, group 3: n=10, group 4: n=9). The breathing pattern change tests were performed in three states: during forced breathing exercise and motor control tests. A total of

13 positive lists were set, each of which was scored by 1 or 2 points according to the severity. After the positive lists were scored, the breathing pattern changing rate (BPCR) and VAS were compared according to the positive response number of LITs, and the correlation between them was analyzed.

RESULTS: A strong correlation was observed between the number of positive of LITs and BPCR ($r = .863, p = .000$) and a moderate correlation between the positive number of LITs and VAS ($r = .508, p = .002$). In addition, there was a poor correlation between the BPCR and VAS ($r = .434, p = .008$).

CONCLUSION: In young CLBP people, when the structural and functional instability are both present, the changes in the respiratory pattern of the whole body can be varied and broader, and the pain scale also increases.

Key Words: Chronic low back pain, Lumbar instability, Breathing pattern

[†]Corresponding Author : Ki-Won Nam

nkw1212@hanmail.net, <https://orcid.org/0000-0002-9094-6363>

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

1. 연구의 필요성

만성허리통증은 산업화 사회에서 가장 심각한 공중 보건학적 문제로 남아있다[1]. 아직까지 특정 원인이

명확하지 않음에도 불구하고, 많은 연구자들이 불안정성은 허리기능장애를 유발하고, 허리통증의 재발률을 높이며, 만성허리통증의 주요한 원인이라고 보고하였다[2-4]. 불안정성은 신경운동조절능력의 손실에 기인한 기능적 불안정성과 수동적 안정구조의 손상으로 인한 구조적 불안정성으로 분류할 수 있으며, 만성허리통증 환자는 단독 혹은 복합적으로 불안정한 상태를 나타낼 수 있다[5,6]. 이에 따라 많은 선행연구들에서, 허리부위 불안정성 평가를 위한 구조적, 기능적 검사들의 신뢰도를 검증하였다[7-9].

만성허리통증 환자들은 몸통 근육들의 활성에 변화를 보이고, 자세 및 운동조절장애가 가로막의 기능 변화와 함께 나타난다[10,11]. Roussel 등[12]은 일부 만성허리통증 환자에서 몸통의 안정성이 요구되는 운동조절검사 동안에 호흡정지(breath hold)와 같은 호흡패턴 변화를 보고하였고, 그 원인을 가로막의 호흡기능 감소로 추정하였다. Park [13]은 허리통증 환자에서 노력성 날숨시 나타나는 배가로근의 활성도 저하는 복부호흡패턴의 변화와 밀접한 연관성이 있다고 하였고, 운동부하나 호흡량이 증가할 때, 가로막의 안정 기능은 감소하며, 가중되는 척추 하중과 전단스트레스 동안 허리분절 조절작용에 다른 근육들이 보상적으로 참여하게 된다[14,15]. 결국, 불안정성에 따른 가로막의 만성적인 허리부위 불안정성 보상 전략은 복부호흡 감소, 상부가슴호흡 증가, 호흡정지 등과 같은 변화된 호흡패턴을 전체 몸통에 고착시킬 수 있으며, 이러한 호흡운동형태의 변화는 목부위 압박과 등허리척추분절의 반복적 운동 증가로 이어져, 통증 증가와 함께 국소불안정성을 더 심화시킬 수 있다[16,17]. Park과 Lee [18]는 만성허리

통증 환자를 대상으로 호흡운동이 통증과 호흡기능을 향상시킬 수 있다고 하여 호흡운동의 중요성을 강조하였다. 그러므로, 만성허리통증 환자의 호흡패턴이 통증 조절이나 기능향상에 중요한 역할을 한다고 할 수 있으나 만성허리통증 환자의 허리부위 불안정성 정도에 따른 등·배부와 척추의 호흡운동형태 변화 및 통증양상에 대한 연구는 부족하다.

따라서 본 연구의 목적은 만성허리통증 환자를 대상으로 허리부위 불안정성의 정도에 따라 호흡패턴과 통증양상의 변화가 있을 것이라는 가정하에 허리부위 불안정성 검사 양성반응 수와 호흡패턴변화율, 통증 수준을 조사하고 이들의 상관성을 분석하여, 허리부위 불안정성 대상자의 호흡패턴관리에 대한 기초근거자료를 마련하고자 하였다.

II. 연구방법

1. 연구 대상자

본 연구는 광주광역시에 소재한 M연구소 방문자들 중, 3개월 이상 만성허리통증을 가진 20-40세 성인 남녀를 대상으로 실시하였고, 연구관련 정보를 구두 및 서면으로 작성한 후 연구 참여에 자발적으로 동의한 36명을 최종 대상으로 선정하였다. 염증이거나 기형, 허리수술경력, 신경손상이나 신경학적 방사통, 호흡기계 병리자는 대상에서 제외하였다[19](Table 1).

2. 연구방법 및 절차

연구 대상자가 일반적 특성과 통증 수준을 검사지에 기입한 후, 7종류의 허리부위 불안정성 검사를 실시하

Table 1. General Characteristics of the Subjects.

Variables (units)	Group 1	Group 2	Group 3	Group 4	p
Age (year)	30.45±7.28	31.16±6.34	32.19±4.27	30.94±7.18	.630
Height (cm)	173.65±6.39	172.16±3.72	169.86±8.69	170.73±5.61	.723
Weight (kg)	83.61±9.54	80.43±6.54	83.24±2.46	82.49±5.86	.864
VAS	4.85±2.24	4.76±1.24	5.34±2.48	5.26±3.16	.761
Gender (M/F)	3/5	2/7	1/9	2/7	-

여 양성 군과 음성 군으로 먼저 구분하였다. 양성 군은 다시 양성반응 수에 따라 1~2개(1군, n=8), 3~4개(2군, n=9), 5개(3군, n=10), 6~7개(4군, n=9) 등의 4군으로 분류하였다. 호흡패턴변화는 노력성 호흡운동과 2가지 운동조절검사 동안에 시진과 촉진을 이용하여 조사하였다. 검사는 신뢰도와 객관성을 확보하기 위해 OMT(orthopedic manual therapy) 과정 수료 후 임상 15년 이상 경력을 가진 본 연구의 취지를 알지 못하는 물리치료사 1명이 모든 측정을 실행하였다.

3. 실험방법

1) 통증 수준

통증 수준 평가는 100 mm 시각적상사척도(visual analogue scale; VAS)를 사용하여, 환자가 주관적으로 느끼는 허리통증의 정도를 0-100 mm 선에 표시하게 하였다.

2) 허리부위 불안정성 검사

(1) Aberrant movement test

선 자세에서, 척추를 앞굽힘하고 돌아오는 동안 비정상적 치우침이나, painful arc, gower's sign, instability catch, reverse of lumbopelvic rhythm이 나타날 때 양성으로 평가하였다[20].

(2) Passive SLR test

누운 자세에서, 무릎을 펴시키고 골반이나 허리의 들림이 없이 수동으로 엉덩관절을 굽힘하여 각도를 측정하고, 좌우의 평균 범위가 90도를 넘으면 양성으로 평가했다[21].

(3) Prone instability test

치료테이블 끝에 골반을 걸치고 발끝이 바닥에 닿게 엎드린 후, 허리분절의 전방압박검사 시 통증이 유발되고, 그 다음 환자가 능동으로 다리가 몸통과 일직선이 되도록 바닥에서 발을 들어 유지한 후, 다시 전방압박검사 적용 시 통증이 없으면 양성으로 평가했다[8].

(4) Active hip abduction test

옆으로 누운 자세에서, 엉덩관절을 45도 벌림하고, 20초 정도 자세를 유지하게 하였다. 엉덩관절 굽힘이나 가쪽돌림, 골반의 올림이나 돌림, 허리에서 움직임이 발생하면 양성으로 평가했다[22].

(5) Bowstring test

바로 누운 자세에서, 궁둥신경을 최대 긴장상태 직전에 두고, 넓다리 뒤쪽에서 신경을 자극하여 긴장을 증가시킨 후, 심한 압박통증이나 방사통이 발생하면 양성으로 평가했다[23].

(6) Translatory joint play test

옆으로 누운 자세에서, 척추분절에 전후방 진동동작(oscillation)을 적용하여 미끌어짐의 양을 검사하고, 파운동성이 판단되면 양성으로 평가했다[24].

(7) Palpation test

옆으로 누운 자세에서, 허리분절의 굽힘신장상태에서 가시위인대와 가시사이인대를 촉지하고, 중간볼기근의 전방 영역을 자극하였다. 두 가지 모두 통증이 발생하면 양성으로 평가했다[25].

3) 호흡패턴변화 검사

(1) 노력성 호흡운동(forced breathing exercise)

호흡량 증가 상황에서의 호흡패턴변화검사를 위해 Spiro Tiger(Spiro Tiger, iddiag, Switzerland)를 이용하였다(Fig. 1). 선 자세에서, 2.5 L 호흡 용량, 분당 20회 속도로 1분간 노력성 호흡운동을 적용하였고[26], 이 때 11가지 호흡패턴변화 항목을 평가하였다.

(2) 운동조절검사(motor control test)

① 엎드린 자세에서, 척추를 중립 위치로 유지한 후, 심부 복근 강화훈련(abdominal drawing-in task)을 수행하였다.

② 옆으로 누운 자세에서, 중립 자세 유지와 심부 복근 강화훈련 후, 엉덩관절 45도 벌림 자세를



Fig. 1. Spiro Tiger

유지하도록 하였다[22]. 두 검사 모두, 수행 동안 호흡정지가 발생하면 양성으로 간주하였다.

4) 호흡패턴변화 검사 항목과 배점

총 13가지 양성 항목을 설정하였다. 뚜렷한 위가슴 부위 호흡과 운동조절검사 시 양성 반응은 2점씩 배점하였고, 위가슴부위에서 흡기 시작, 배부위 확장 감소, 배부위 비대칭적 확장, 앞쪽갈비뼈 확장 감소, 뒤쪽가슴뼈 확장 감소, 가슴 움직임 감소 및 방향 변화, 비대칭적 가슴 확장, 뚜렷한 어깨 들림, 척추가시돌기사이 움직임 감소와 척추블록, 등허리부위 호흡곡선 변화 등 전체 몸통의 국소적 변화 10개 항목은 1점씩 배점하였다[27]. 점수는 다시 변화율로 나타내었다.

4. 자료분석

본 연구에서 모든 정보 분석은 IBM SPSS Statistics 21.0 software (SPSS, Chicago, IL, USA)를 이용하였다. 연구 대상자들의 일반적 특성은 기술 통계, 7가지 불안정검사의 음성과 양성 군에 따른 호흡패턴변화율 비교는 Mann-Whitney test, 불안정성검사 양성반응 수에 따른 호흡패턴변화율 비교는 Kruskal-Wallis test, 사후검정은 Tukey HSD를 이용하였다. 불안정성검사 양성반응 수와 호흡패턴변화율, 통증 간의 상관성은 Spearman 분석을 이용하였다. 통계적 유의 수준은 .05로 하였다.

III. 연구결과

1. 허리부위 불안정성 검사 별 양성율

본 연구에서 불안정성검사 중 양성율이 가장 높은 검사는 translatoric joint play 검사(97.20%) 였고, 가장

Table 2. Positive Rate According to the Lumbar Instability Test

Instability Test	Positive Rate (%)
Aberrant Movement Test (AbMT)	89.000
Passive SLR Test (PSLRT)	16.700
Bowstring Test (BST)	91.700
Translatory Joint Play Test (TJPT)	97.200
Palpation Test (PT)	91.700
Active Hip Abduction Test (AHAT)	86.100
Prone Instability Test (PIT)	52.800

낮은 검사는 수동 SLR검사(16.70%) 였다(Table 2).

2. 허리부위 불안정성 검사의 양, 음성군에 따른 호흡 패턴변화율(BPCR) 비교

군간 비교 결과, aberrant movement test ($p<.01$), passive SLR test ($p<.05$), bowstring test ($p<.01$), translatory joint play test ($p<.05$), palpation test ($p<.05$), active hip abduction test ($p<.05$), prone instability test ($p<.001$)에서 모두 유의한 차이를 보였다(Table 3).

3. 허리부위 불안정성 검사 양성반응 수에 따른 호흡 패턴변화율(BPCR)과 VAS 비교

실험 전 허리부위 불안정성 검사 결과 양성반응 수에 따라 1군(양성반응: 1~2개), 2군(양성반응: 3~4개), 3군(양성반응: 5개), 4군(양성반응: 6~7개)으로 분류한 군간 비교에서, 호흡패턴변화율은 유의한 차이를 보였다($p<.001$). 사후검정결과, 1군과 3군 사이, 1군과 4군 사이, 2군과 4군 사이, 3군과 4군 사이에서 차이를 보였다. 또한 VAS에서도 유의한 차이를 보였다($p<.05$). 사후검정결과, 1군과 4군에서 차이를 보였다(Table 4).

4. 허리부위 불안정성 검사 양성반응 수와 BPCR, VAS의 상관관계

허리부위 불안정성 검사 양성반응 수는 BPCR과 높은 양의 상관성($r=.863$, $p=.000$)을 보였고, VAS 또한 중등도의 양의 상관성($r=.508$, $p=.002$)을 보였다. BPCR과 VAS 간에도 양의 상관성($r=.434$, $p=.008$)을 보였다.

Table 3. Comparison of the Breathing Pattern Change Rate (BPCR) According to Positive and Negative Results of the Lumbar Instability Tests (%)

Group	Test (-)	Test (+)	t	p
AMT	37.50 (11.40)	63.67 (9.40)	-3.079	.002**
PSLR	58.75 (12.60)	70.83 (6.40)	-2.380	.017*
BST	37.50 (6.20)	62.87 (10.80)	-2.713	.007**
TJPT	28.12 (4.40)	62.68 (10.00)	-2.394	.017*
PT	41.66 (15.70)	62.50 (11.00)	-2.305	.021*
AHAT	48.75 (14.20)	62.70 (11.40)	-2.285	.022*
PIT	52.94 (12.70)	67.76 (7.50)	-4.185	.000***

mean±standard deviation, AMT: aberrant movement test, PSLR: passive straight leg raise test, BST: bowstring test, TJPT: translatoric joint play test, PT: palpation test, AHAT: active hip abduction test, PIT: prone instability test, *:p<.05, **:p<.01, ***:p<.001

Table 4. Comparison of the Breathing Pattern Change Rate (BPCR) and VAS According to Positive Response Number of Lumbar Instability Tests

Group	Number of Positive Response for LITs				F	p
	1 (n=8)	2 (n=9)	3 (n=10)	4 (n=9)		
BPCR	33.30 (9.50)	48.40 (7.80)	57.50 (5.70)	69.00 (5.30)	26.104	.000***
post-hoc	1<3, 4†	2<4	3<4, 3>1	4>1, 2, 3		
VAS	3.33 (.50)	4.25 (.90)	4.70 (1.40)	5.53 (1.40)	9.633	.022*
post-hoc	1<4			4>1		

Mean±standard deviation, VAS: pain visual analog scale, LITs: lumbar instability tests, N.: positive response number, †: group, *:p<.05, ***:p<.001

IV. 고찰

본 연구에서 연령은 허리부위 불안정성에 영향을 주는 주요한 변수이므로[28] 연구대상자의 나이를 40세 미만으로 하였다. 허리부위 불안정성 검사는 임상에서 사용되고 있는 구조적, 기능적 불안정성 검사들을 적용하였다. 그 결과, 불안정성 검사들의 평균 양성반응 수는 5.25개였으며, 양성반응을 가장 많이 보인 검사는 translatoric joint play 검사(97.20%)였고, 다음으로 촉진 검사(91.70%)와 bowstring 검사(91.70%)였다. 기능적 검사 중 가장 많은 양성반응을 보인 검사는 aberrant movement 검사(89%)였고 다음으로 active hip abduction 검사(86.10%)였다.

디스크는 척추 분절의 움직임 양과 질을 결정하는

중요한 구조이고, 그 생체역학적 상태를 판단할 수 있는 역학적 자극 방법은 전단력이라 하였다[29]. Translatoric joint play 검사는 주위 조직의 저항이 거의 없는 중립 영역 내에서 전후방의 직선적인 미끌어림의 양을 알아 내는 검사이며, 불안정성을 가진 허리분절의 디스크는 움직임 조절능력이 손상된 상태로, 앞뒤 미끌어림의 증가를 보인다[24]. 이에 따라 분절을 지지하는 인대의 역학적 변화는 신장상태에서 측지에 대해 민감한 통증을 유발할 수 있으며, 또한 허리부위 불안정성 환자에게서 발생하는 엉덩관절 주위의 근육 불균형에 의해 초래되는 단축된 중간볼기근의 앞부분 역시 측지에 민감한 통증반응을 보인다[30,31]. Evjenth [23]는 오랜 임상적 경험을 바탕으로, 허리부위 불안정성에 따른 간헐적 신경자극(nerve irritation)은 통증 유발과 신경지배을

저하로 이어져 근약증을 남긴다고 하였으며, 신경긴장 상태에서 bowstring 검사의 양성 반응은 허리부위 불안정성 상태를 의미한다고 주장하였다.

Courtney 등[32]에 의하면 촉진평가방법은 호흡량보다는 배와 가슴의 상대적인 움직임을 비교 평가하기에 적합하다고 하였고, Roussel 등[12]은 가로막 움직임의 평가방법으로 배와 가슴의 움직임을 관찰하는 방법을 사용하였다. 이에 본 연구에서는 만성허리통증을 가진 환자들을 대상으로 허리부의 불안정이 호흡패턴 및 통증양상에 미치는 영향을 알아보기 위해 시진과 촉진을 이용하여 노력성 호흡 동안에 척추를 포함한 배와 가슴의 움직임 양, 방향, 순서 등의 변화를 평가하였고, 운동 조절검사 동안에 호흡정지 유무를 평가하였다. 본 연구에서 허리부위 불안정성 검사의 양성군들에서, 양성반응 수가 많은 군일수록 호흡패턴변화율은 더 높게 나타났으며, 허리부위 불안정성 검사의 양성반응 수와 호흡패턴변화율 사이에는 높은 양의 상관성을 나타내었다 ($r=.863, p=.000$).

본 연구는, 여러 선행연구들에서 제기된 만성허리통증과 호흡패턴변화 사이의 병리역학적기전을 토대로 실행되었고, 만성허리통증을 가진 대상자 내에서도 허리부위 불안정성 대상자들의 호흡패턴변화를 조사하기 위한 것이었다. 연구에서, 양성반응 수가 많다는 것은 구조와 기능적 불안정성 검사 모두에서 양성율이 높다는 것을 의미하고, 또한 호흡패턴변화율이 높다는 의미는 전체 몸통의 호흡패턴변화 범위가 더 넓고 다양하다는 것으로 해석 될 수 있다. 연구결과, 구조와 기능적 불안정성을 모두 나타내는 허리부위 불안정성 대상자 일수록 호흡패턴변화는 몸통의 넓은 영역에서, 다양하게 나타날 수 있음을 보여주었다. 불안정성 검사 양성반응 수에 따른 근 두께나 근력의 관계를 조사한 연구 결과들은[19,33], 본 연구결과를 지지할 수 있는 간접적 근거가 될 수 있다.

허리부위 불안정성 검사 양성반응 수에 따른 VAS의 비교 결과, 양성반응 수가 많을 수록 VAS가 높아졌으며, 허리부위 불안정성 검사 양성반응 수와 VAS 사이 ($r=.508, p=.002$), 호흡패턴변화율과 VAS 사이($r=.434, p=.008$)에 모두 유의한 양의 상관성을 나타냈다. 결과적

으로, 통증 수준은 허리부위 불안정성 증가와 호흡운동 형태의 변화에 따라 과운동성을 가진 분절에 가해지는 역학적 스트레스에 비례한 결과를 보였다.

Park 등[34]은 호흡패턴 훈련을 통해 척추를 안정화시킬 수 있다고 하여 허리부위 불안정성과 호흡형태 변화의 연관성을 시사했으며, Beekmans 등[35]은 허리통증과 호흡장애 사이를 면역학, 생체역학, 사회 심리 및 경제적 요인으로 설명하며 그 상관성을 제기하였다. 임상실험연구에서, Hebert 등[33]은 40세 미만 허리통증 환자들을 대상으로, 허리부위 불안정성 검사 양성반응 수와 초음파로 측정된 뒷갈래근 두께의 상관분석에서 음의 상관성($r=-.558, p=.001$)을 보고하였고, Kim [36]은 MRI를 이용한 허리통증 환자의 허리뼈 레벨 별 단면적 연구에서, 통증부위에서 비 통증부위보다 뒷갈래근의 단면적이 더 작다고 하였다. 이들의 결과는, 허리부위 불안정성 검사 양성반응 수와 통증 간에 상관성이 있음을 추정케 하는 것이고, 본 연구의 허리부위 불안정성 검사 양성반응 수와 통증 사이에 나타난 양의 상관성을 뒷받침할 수 있다.

본 연구의 제한 점은 군별 연구 표본수가 적어 만성허리통증 환자 전체로 확대하기가 어렵고, 풍부한 경험을 가진 검사자가 측정에 참여하기는 하였으나 시진과 촉진의 방법을 이용한 측정과정에서 객관성이 다소 떨어진다라는 점이다. 따라서 향후 이에 대한 보완과 함께, 허리부위 불안정성과 호흡패턴변화 사이에 신뢰도가 높은 측정장비를 이용한 연구들이 더 필요할 것이다.

V. 결론

젊은 만성허리통증자들에서, 허리부위에 구조와 기능적 불안정성이 모두 존재할수록 보상작용등에 의해 호흡패턴변화는 더 많아지고 다양해 질 수 있으며, 통증 또한 증가할 수 있다. 또한 호흡패턴변화가 증가할 수록 허리부위 불안정성에 미치는 영향 또한 클 것임을 예상할 수 있다. 따라서 본 연구 자료를 바탕으로 임상에서 허리부위 불안정 환자에 대한 치료적 접근 시 호흡패턴관리가 추가되어야 할 것이며, 향후 이와 관련한 다양한 연구가 더 필요할 것으로 생각된다.

References

- [1] Demoulin C, Distree V, Tomasella M, et al. Lumbar functional instability: a critical appraisal of the literature. *Ann Readapt Med Phys*. 2007;50(8):677-84.
- [2] O'Sullivan PB. Lumbar segmental instability: clinical presentation and specific stabilizing exercise management. *Man Ther*. 2000;5(1):2-12.
- [3] Panjabi MM. Clinical spinal instability and low back pain. *J Electromyogr Kinesiol*. 2003;13(4):371-9.
- [4] Sjölie AN, Ljunggren AE. The significance of high lumbar mobility and low lumbar strength for current and future low back pain in adolescents. *Spine*. 2001;26(23):2629-36.
- [5] Alyazedi FM, Lohman EB, Wesley Swen R, et al. The inter-rater reliability of clinical tests that predict the subclassification of lumbar segmental instability: structure, functional and combined instability. *J Man Manip Ther*. 2015;23(4):197-204.
- [6] Beazell JR, Mullins M, Grindstaff TL. Lumbar instability: an evolving and challenging concept. *J Man Manip Ther*. 2010;18(1):9-14.
- [7] Davis AM, Bridge P, Miller J, et al. Interrater and intrarater reliability of the active hip abduction test. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2011;41(12):953-60.
- [8] Hicks GE, Fritz JM, Delitto A, et al. Interrater reliability of clinical examination measures for identification of lumbar segmental instability. *Arch Phys Med Rehabil*. 2003;84(12):1858-64.
- [9] Rabin A, Shashua A, Pizem K, et al. The interrater reliability of physical examination tests that may predict the outcome or suggest the need for lumbar stabilization exercises. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2013;43(2):83-90.
- [10] Dankaerts W, O'Sullivan P, Burnett A, et al. Altered pattern of superficial trunk muscle activation during sitting in nonspecific chronic low back pain patients. *Spine*. 2006;31(17):2017-23.
- [11] Kolar P, Sulc J, Kyncl M, et al. Postural function of the diaphragm in persons with and without chronic low back pain. *J Ortho Sports Phys Ther*. 2012;42(4):352-62.
- [12] Roussel N, Nijs J, Truijten S, et al. Altered breathing pattern during lumbopelvic motor control tests in chronic low back pain: a case-control study. *Eur Spine J*. 2009;18(7):1066-73.
- [13] Park DJ. Altered respiratory pattern of individual with LBP and effects of abdominal exhalation maneuver. Doctor's Degree. Pusan Catholic University. 2013.
- [14] Hagins M, Lamberg EM. Individuals with low back pain breathe differently than healthy individuals during a lifting task. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2011;41(3):141-8.
- [15] Vostatek P, Novak D, Rychnovsky T, et al. Diaphragm postural function analysis using magnetic resonance imaging. *PLoS ONE*. 2013;8(3):e56724.
- [16] Ki C. The effect of breathing pattern correction and strengthening exercise on trunk of lumbar instability patients. Doctor's Degree. Dong shin University. 2018.
- [17] Perri MA. Rehabilitation of breathing pattern disorder. In: Liebenson C. *Rehabilitation of the spine: a practitioner's manual* (2nd ed). Philadelphia. Lippincott Williams & Wilkins. 2007.
- [18] Park SH, Lee MM. Effects of a progressive stabilization exercise program using respiratory resistance for patients with lumbar instability: A randomized controlled trial. *Med Sci Monit*. 2019;25:1740-48.
- [19] Kim DH, Kim TH. The effects of sling and resistance exercise on muscle activity and pelvic rotation angle during active straight leg raises and pain in patients with chronic low back pain. *J Korean Soc Phys Med*. 2018; 13(4):113-21.
- [20] Biely SA, Silfies SP, Smith SS, et al. Clinical observation of standing trunk movements: what do the aberrant movement pattern tell us? *J Orthop Sports Phys Ther*. 2014;44(4):262-72.
- [21] Seo JK, Kim SY. The relationship between hip abductor muscle strength and lumbar instability in patients with chronic low back pain. *J Kor Soc Phys Ther*. 2011; 23(4):15-21.

- [22] Nelson-Wong E, Flynn T, Callaghan JP. Development of active hip abduction as a screening test for identifying occupational low back pain. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2009;39(9):649-57.
- [23] Evjenth O, Hamberg J. Muscle stretching in manual therapy: A clinical manual: The extremities, Vol. 1. Sweden. Alfta Rehab Forlag. 1988.
- [24] Kaltenborn FM. Manual mobilization of the joint, Vol II. The Spine (5th ed). Oslo. Norl. 2009.
- [25] Thue L, Baek IH, Lee KW. Medical training therapy. Seoul. Panmun Publishing Co. 2016.
- [26] Hodges PW, Heinjnen I, Gandevia S. Postural activity of the diaphragm is reduced in human when respiratory demand increases. *J Physiol.* 2001;537(3):999-1008.
- [27] Ostwal PP, Wani SK. Breathing pattern in patients with low back pain. *Int J Physiother Res.* 2014;2(1):347-53.
- [28] Hicks GE, Fritz JM, Delitto A, et al. Preliminary development of a clinical prediction rule for determining which patients with low back pain will respond to a stabilization exercise program. *Arch Phys Med Rehabil.* 2005;86(9):1753-62.
- [29] Bogduk N. Clinical anatomy of the lumbar spine and sacrum (3rd ed). New York. Churchill Livingstone. 1997.
- [30] Page P, Frank CC, Lardner R. Assessment and treatment of muscle balance: The Janda approach. Seoul. Young Moon. 2012.
- [31] Yoshiiwa T, Miyazaki M, Notani N, et al. Analysis of the relationship between ligamentum flavum thickening and lumbar segmental instability, disc degeneration, and facet joint osteoarthritis in lumbar spinal stenosis. *Asian spine J.* 2016;10(6):1132-40.
- [32] Courtney R, van Dixhoorn J, Cohen M. Evaluation of breathing pattern: comparison of a manual assessment of respiratory motion(MARM) and respiratory induction plethysmography. *Appl Psychophysiol Biofeedback.* 2008;33(2):91-100.
- [33] Hebert JJ, Koppenhaver SL, Magel JS, et al. The relationship of transversus abdominis and lumbar multifidus activation and prognostic factors for clinical success with a stabilization exercise program: a cross-sectional study. *Arch Phys Med Rehabil.* 2010;91(1): 78-85.
- [34] Park MC, Goo BO, Bae SS. The review of breathing pattern training for the spinal stabilization. *J Kor Soc Phys.* 2007;2(2):173-82.
- [35] Beekmans N, Vermeersch A, Lysens R, et al. The presence of respiratory disorder in individuals with low back pain: a systematic review. *Man Ther.* 2016;26:77-86.
- [36] Kim SY. Changes in cross-sectional area of lumbar muscle in patients with chronic back pain. *J Kor Soc Phys Ther.* 2010;22(5):39-47.