

Original Article

Open Access

가로막 스트레칭 기법에 의한 허리통증 환자의 최대들숨압력과 최대날숨압력, 허리 가동성 변화

공인영[†]

부산가톨릭대학교 물리치료학과

Changes of Maximum Inspiratory Pressure, Maximum Expiratory Pressure, Back Mobility by Diaphragm Stretching Technique in Patients with Low Back Pain

In-young Kong, P.T., M.S.[†]

Department of Physical Therapy, Catholic University of Pusan

Received: May 9, 2023 / Revised: May 22, 2023 / Accepted: May 24, 2023

© 2023 Journal of Korea Proprioceptive Neuromuscular Facilitation Association

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.

| Abstract |

Purpose: This study aimed to confirm the effectiveness of the diaphragm stretching technique as a treatment method for low back pain by evaluating maximum inspiratory pressure, maximum expiratory pressure, and changes in back mobility in patients with low back pain.

Methods: Thirty-four patients with low back pain were randomly divided into two groups: an experimental group and a control group. The diaphragm stretching technique was conducted in the experimental group, and the placebo intervention was conducted in the control group. The diaphragm stretching technique was conducted once, maintaining tension for 7 min. The placebo intervention was conducted in the same position as the diaphragm stretching technique, but with only light contact maintained without pressure. Maximum inspiratory pressure, maximum expiratory pressure, and back mobility were measured before and after the intervention, and the changes were compared and analyzed. A paired sample t-test was used to compare measurements within the group before and after the intervention. An independent t-test was used to compare the experimental and control groups. Statistical significance (α) was set at 0.05.

Results: In the experimental group, maximum inspiratory pressure, maximum expiratory pressure, and back mobility increased significantly after the intervention ($p < 0.05$). However, there was no significant difference in the changes in all areas of the control ($p > 0.05$). As a result of comparative analysis of changes before and after the intervention, there were significant differences in maximum inspiratory pressure, maximum expiratory pressure, and back mobility only in the experimental group ($p < 0.05$).

Conclusion: The diaphragm stretching technique improved maximum inspiratory pressure, maximum expiratory pressure,

[†]Corresponding Author : In-young Kong (starsnake@daum.net)

and back mobility compared to the placebo intervention. Therefore, the diaphragm stretching technique can be recommended as a physical therapy intervention to improve pain in patients with LBP.

Key Words: Back mobility, Back pain, Diaphragm stretching technique, Maximum expiratory pressure, Maximum inspiratory pressure.

I. 서론

허리통증은 일생동안 한 번 이상은 경험하게 되는 흔한 질환이며, 삶의 질 저하와 사회 경제적 비용 측면에서 가장 중요한 의학적 상태 중 하나이다(Beeckmans et al., 2016). 허리통증은 흔한 질환이지만 치료가 쉽지 않은 면이 있다. 허리통증은 허리 부위에 있는 인대, 근육, 뼈와 연관된 국소적인 장애로 관리되지만 통증은 다양한 원인들이 복합적으로 작용하기 때문에 (Balagué et al., 2012) 허리통증을 구조적인 문제로만 접근하는 것은 한계가 있다. 그러므로 허리통증을 치료하기 위해서는 허리 부위의 근골격계뿐만 아니라 허리와 신체 다른 부위와의 관련성을 고려할 필요가 있다.

허리통증 환자에게서 나타나는 주요한 특징으로 호흡의 변화가 있다. 허리통증이나 자세 장애와 같은 근골격계 변화는 호흡의 역학적 기전을 변화시킨다 (Bradley & Esformes, 2014). Kolar 등(2012)은 허리통증 환자에게서 변화된 가로막의 움직임에 의해 비정상적인 호흡패턴이 나타난다고 하였다. 호흡패턴 이상이 존재하면 호흡 보조근의 단축으로 가로막이 적절한 안정위치로 회복될 수 없고 결과적으로 불완전한 날숨이 폐의 과도한 팽창과 압력의 변화를 일으켜 호흡 장애를 악화시킨다(Johnson et al., 1992). 만성 허리통증 환자에서 호흡기능부전은 가로막의 움직임을 제한하여 호흡성 알칼리증을 유발하고 이는 통증을 더욱 증가시키게 된다(Lim, 2020). 이러한 장기간의 호흡행태 변화는 근골격계 변화 및 기능 장애를 추가적으로 유발할 수 있다(Ucar et al., 2012).

또한 가로막은 호흡의 유지와 동시에 몸통의 기계

적 안정화를 돕는다. 가로막의 몸통 안정화 기능은 사지의 움직임 동안 자세 제어에 기여하는데 사지의 움직임 이전에 가로막 근육이 먼저 활성화되어 몸통의 안정성 확보에 기여한다(Hodges & Gandevia, 2000). 가로막은 수축 시 하강되면서 배 안의 압력을 증가시켜 골반바닥 근육의 활성을 자극하고 복벽 근육의 편심성 수축을 일으킨다(Nason et al., 2012). 따라서 가로막의 몸통 안정화 기능은 허리통증에 중요한 역할을 할 수 있다(Sliwka et al., 2021). 가로막의 과긴장이나 단축으로 인한 수축력 감소는 정상적인 복부 압력 생성을 방해하여 허리통증을 유발한다.

허리 통증 환자에게서 나타나는 변화로는 허리의 유연성 감소가 있다. 통증 메커니즘의 지속적인 영향은 등 근육 구조에 추가적인 영향을 미쳐서(Hodges et al., 2019) 허리 유연성이 줄어들게 된다. Mitova 등(2020)은 연구에서 허리통증 환자에게 적용한 MLS-레이저와 결합된 수동 요법에 의해 통증이 크게 감소하여 척추의 움직임 범위와 기능이 향상되었다고 보고하였다. 본 논문에서는 가로막 스트레칭이 허리통증 환자의 호흡과 허리 유연성에 미치는 영향을 알아보고자 한다.

가로막과 호흡의 관련성을 연구한 논문(Jeon et al., 2018; Bennett et al., 2021; González-Álvarez et al., 2015; Marizeiro et al., 2018)은 많지만, 허리통증의 개선을 위한 가로막 스트레칭 기법의 효율성을 평가한 연구는 부족한 실정이다. 이에 본 연구는 가로막 스트레칭 기법과 가로막 위약 중재를 비교하여 가로막 스트레칭 기법이 허리통증 환자의 저하된 호흡 기능을 개선하고, 감소된 허리 가동성을 증가시켜 통증 감소에 영향을 줄 수 있는지에 대해 연구하고자 한다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상

본 연구의 대상자는 B시에 거주 중이며 3개월 이상 지속적인 허리통증을 경험한 성인을 대상으로 성별, 나이 구분 없이 34명을 선정하였다. 본 연구에 필요한 대상자의 수는 G-power 3.1.9 program(University of Kiel, Germany)을 이용하여 효과크기(effect size) 0.6, 유의수준(α) 0.05, 검정력(power) 0.95로 필요한 최소 표본 크기를 구한 결과 총 표본수가 32명인 것으로 나타났으며, 탈락률을 고려하여 총 34명을 모집하였다. 허리통증 환자 중에서 본 연구에 대한 목적과 절차를 충분히 설명을 들은 후 자발적으로 동의한 자를 대상으로 연구를 진행하였다. 1년 이내 허리수술 병력이 있는 자, 골절 또는 신경 장애가 있는 자, 염증 반응으로 인한 조직 손상이 있는 자, 감기나 천식 등 호흡 관련 질환이 있는 자는 제외하였다. 모든 연구 과정은 헬싱키 선언을 준수하여 진행하였다.

2. 측정방법 및 도구

1) 최대들숨압력, 최대날숨압력

호흡근력 측정을 위해 최대들숨압력(maximum inspiratory pressure; MIP)과 최대날숨압력(maximum expiratory pressure; MEP)을 호흡근 측정계(Pony Fx MIP/MEP, Cosmed Srl, Italy)를 이용하여 측정하였다. MIP는 들숨 시 최대들숨압력으로 가로막의 근력을 반영하고, MEP는 날숨 시 최대날숨압력으로 날숨 근육의 근력을 반영한다(Evans & Whitelaw, 2009). 검사는 유럽호흡기학회와 미국흉부학회의 지침에 따라서 등받이가 없는 의자에 대상자가 편안하게 앉은 상태에서 코마개를 끼우고 검사기구의 마우스피스를 최대한 입술에 밀착시켜 공기가 새지 않도록 한 후 실시하였다(Sverzellati et al., 2015). 이를 3회 이상 반복 측정하여 재현성 있는 가장 큰 값을 선택하였다.

2) 허리 가동성

허리의 가동성(back mobility)은 modified-modified Schober test(MMST)를 이용하였다. MMST는 측정이 단순하고 방사선 사진을 통해 얻은 허리뼈의 구부림과의 높은 상관관계로 인해 허리 운동 범위를 측정하는 유용한 방법 중 하나이다. 이러한 특성으로 인해 정확한 측정을 제공하고 어느 곳에서나 사용할 수 있으며 측정에 필요한 도구를 손쉽게 구할 수 있다(Battié et al., 1987). 이 방법은 고정점이 필요하지 않고 표식(landmark)을 쉽게 측정할 수 있기 때문에 검사자와 대상자 모두에게 신뢰할 수 있고 유효하며 편리하다. 또한 방사선에 반복적으로 노출되어 건강에 위험이 있는 방사선 촬영 기술과 달리 환자에게 유해하지 않다(Saidu et al., 2011).

MMST의 측정 방법은 대상자가 선 자세에서 위뒤 엉덩뼈가시 사이의 중간점과 이 지점에서 15cm 위쪽에 표시를 한다. 그런 다음 대상자가 몸을 앞으로 구부린 자세를 취할 때 동일한 두 표시 사이의 거리를 측정한다. 이 방법은 허리엉치 이음부(lumbosacral junction) 식별의 오류를 제거하고 허리 전체가 포함되도록 한다(Norkin & White, 2016). MMST는 중간 정도의 타당성($r=0.67$)과 우수한 급내($r=0.95$) 및 급간($r=0.91$) 신뢰성이 입증되었다(Tousignant et al., 2005). 측정오류를 줄이기 위해 허리 가동성 검사는 중재 전·후 3번씩 실시하였으며 3회 측정값의 평균을 자료 분석에 사용하였다.

3. 실험 절차

대상자들을 각각 다른 실험실로 데려가 가로막 스트레칭 기법이나 가로막 위약 중재를 1회 실시하였으며, 중재는 가로막 스트레칭 기법을 2년 이상 사용한 20년 경력의 물리치료사가 실시하였다. 실험군은 가로막 스트레칭 기법을 7분간 적용하고, 대조군은 가로막 위약 중재를 7분간 적용하였다. 가로막 스트레칭 기법은 Chaitow 등(2002)이 설명한 대로 수행하였다.

스트레칭 절차는 다음과 같다. 각 대상자는 똑바로 앉는다. 치료사는 대상자 뒤에 서서 가슴우리 주위에 손을 대고 조심스럽게 갈비연골 가장자리 아래에 손가락을 넣는다. 대상자는 배곧은근을 이완시키기 위해 몸통을 약간 둥글게 한다. 대상자가 숨을 내릴 때 치료사는 아래쪽 갈비뼈와 갈비연골 가장자리에 위치한 손을 꼬리방향으로 천천히 주의 깊게 움직인다. 숨을 들이쉴 때도 가로막을 당기는 힘을 유지한다. 가로막 스트레칭 기법은 1회 실시하고 7분 동안 장력을 유지한다(Fig. 1).



Fig. 1. Diaphragm stretching technique.

대조군은 치료사와 대상자의 접촉, 지속 시간 및 위치는 실험군과 동일했지만 치료사는 압력이나 견인력을 가하지 않고 동일한 해부학적 지점에 가벼운 접촉만 유지했다. 이것은 연구기간 동안 모든 대상자가 할당된 그룹을 알지 못하도록 하기 위한 것이다. 치료 전·후 대상자들의 최대들숨압력, 최대날숨압력과 허리 가동성을 측정하였다.

4. 자료 분석

본 연구의 자료 분석은 PASW 18.0 for windows 통계 프로그램을 이용하였다. 실험군과 대조군의 일반적 특성과 중재 전·후 측정값 변화량을 분석하기 위해

독립표본 t 검정(independent t-test)을 실시하였다. 그리고 각 군 내 중재 전·후 변화 차이검증은 대응표본 t 검정(paired samples t-test)을 이용하여 분석하였다. 통계적 유의수준(α)은 0.05로 설정하였다.

III. 연구 결과

1. 연구 대상자의 일반적인 특성

연구 대상자의 일반적 특성은 표1과 같다(Table 1). 본 연구는 3개월 이상 허리통증이 지속된 성인 34명(남 6명, 여 28명)을 실험군과 대조군 두 그룹으로 나누어 실시하였다. 두 군 간 평균 연령, 신장, 체중, 체질량 지수는 유의한 차이가 없었다($p>0.05$).

Table 1. General characteristics of subjects (n=34)

Variables	Experimental group (n=17)	Control group (n=17)	t	p
Age(years)	53.00±9.48	49.52±15.28	0.80	0.43
Height(cm)	158.23±9.05	161.94±8.03	-1.26	0.22
Weight(kg)	59.41±9.26	58.88±7.66	0.18	0.86
BMI(kg/m ²)	23.68±2.58	22.16±2.51	1.41	0.17

BMI: body mass index, Mean±SD

2. 최대들숨압력(MIP)와 최대날숨압력(MEP)의 변화

1) 중재 전·후 군 내 MIP와 MEP 비교

MIP와 MEP를 측정된 결과는 다음과 같다(Table 2). 중재 전·후 실험군에서는 MIP와 MEP가 유의하게 증가하였다($p<0.05$). 대조군에서는 MIP와 MEP 모두 유의한 변화는 없었다($p>0.05$).

2) 중재 전·후 군 간 MIP와 MEP 변화량 비교

중재 전·후 군 간 MIP와 MEP의 변화량을 분석한 결과는 다음과 같다(Table 3). 중재 전·후 군 간 MIP와

Table 2. Comparison of the MIP and MEP between pre- and post-tests (n=34)

Group	Variables	Pre-test	Post-test	t	p
Experimental group	MIP	42.47±15.23	55.94±16.38	-6.24	<0.01
	MEP	58.76±21.36	69.06±19.77	-7.82	<0.01
Control group	MIP	45.71±21.53	46.35±20.58	-0.90	>0.05
	MEP	59.47±21.52	61.76±22.58	-1.72	>0.05

Mean±SD, MIP: maximum inspiratory pressure, MEP: maximum expiratory pressure

MEP의 변화량은 실험군이 대조군보다 유의하게 컸다 (p<0.05).

3. 허리 가동성의 변화

1) 중재 전·후 군 내 허리 가동성 변화

중재 전·후 군 내 허리 가동성 변화를 측정된 결과는 다음과 같다(Table 4). 실험군에서는 허리 가동성의 유의한 변화가 있었지만(p<0.05), 대조군에서는 유의한 변화가 없었다(p>0.05).

2) 중재 전·후 군 간 허리 가동성 변화량 비교

중재 전·후 군 간 허리 가동성 변화량을 분석한 결과는 다음과 같다(Table 5). 두 군 간 허리 가동성 변화량은 유의한 차이가 있었다(p<0.05).

IV. 고 찰

본 연구는 허리통증 환자 34명을 대상으로 가로막 스트레칭 기법이 허리통증에 어떠한 영향을 미치는지 알아보기 위한 연구로 연구 대상자들을 두 그룹으로 배치한 후 가로막 스트레칭 기법과 위약 중재를 실시하여 최대들숨압력과 최대날숨압력, 허리 가동성을 측정하였다. 가로막 스트레칭 기법은 중재 직후 최대들숨압력, 최대날숨압력, 허리 가동성을 유의하게 증

Table 3. Comparison of the MIP and MEP variation between two groups (n=34)

Variables	Experimental group	Control group	t	p
MIP	13.47±8.49	0.65±3.00	5.87	<0.01
MEP	10.29±5.43	2.29±5.50	4.27	<0.01

Mean±SD, MIP: maximum inspiratory pressure, MEP: maximum expiratory pressure

Table 4. Comparison of the back mobility between pre- and post-tests (n=34)

Group	Pre-test	Post-test	t	p
Experimental group	19.38±0.82	19.89±0.91	-6.70	<0.01
Control group	19.77±0.82	19.76±0.81	0.16	>0.05

Mean±SD, Unit: cm

Table 5. Comparison of the back mobility variation between two groups (n=34)

Variable	Experimental group	Control group	t	p
Mobility variation	0.51±0.31	-0.01±0.16	6.06	<0.01

Mean±SD, Unit: cm

가시켰다.

가로막은 일회 호흡량의 75% 이상을 담당하는 주요 들숨 근육이다. 또한 몸통 및 복부 근육과 동시에 작동하여 휴식과 운동 중에 호흡과 자세를 제어한다 (Frownfelter et al., 2022). 가로막 스트레칭 기법은 근육 방추를 활성화시켜 가로막의 움직임을 개선시키고 몸

통의 안정성을 증가시킨다. 또한 들성(afferent) 자극과 탄력성을 증가시키고 그 결과 근육의 경직을 풀어주어 운동성을 향상시킨다(Minoguchi et al., 2002).

가로막 스트레칭 기법으로 인해 가로막의 움직임이 개선되었다는 것을 확인하기 위하여 MIP와 MEP를 측정하였는데 실험군에서만 MIP와 MEP가 유의하게 증가하였다. 이러한 결과는 건강한 피검자를 대상으로 한 가로막 스트레칭 기법을 적용한 선행 연구(González-Álvarez et al., 2015)에서 가로막 스트레칭 기법이 최대호흡압력과 폐기능을 증가시켰다는 결과와 일치한다. 폐기능이 저하된 환자를 대상으로 하여 가로막 스트레칭 기법을 적용한 또 다른 연구(Leonés-Macías et al., 2018)에서도 가로막 스트레칭 기법을 5분 적용한 후 MIP가 즉각적으로 유의하게 증가되었다고 보고하고 있다. 허리통증 환자를 대상으로 한 본 연구에서도 가로막 스트레칭 기법의 적용 후 MIP와 MEP의 유의한 증가를 확인할 수 있었다. 이는 허리통증 환자는 통증에 의한 호흡패턴의 변화로 인해 일반인에 비해 폐기능이 저하되어 있으므로(Grimstone & Hodges, 2003) 가로막 스트레칭 기법 적용 후, 가로막의 활동성이 증가되어 호흡 기능이 즉시 개선된 결과로 사료된다. MIP와 MEP가 실험군에서 유의하게 증가한 것은 가로막 스트레칭 기법이 가로막의 활동성을 커지게 하여 가로막의 힘 발생 기능을 개선시킨 것으로 생각할 수 있다.

다음으로 가로막 스트레칭 기법이 허리 가동성에 미치는 영향을 확인하기 위하여 MMST를 실시하였다. 본 연구결과 MMST로 확인한 허리 가동성은 실험군에서 유의하게 개선된 것을 확인할 수 있었다. González-Álvarez 등(2016)의 연구를 살펴보면 가로막 스트레칭 기법이 후방사슬근육의 가동성과 허리 가동성을 향상시킨다고 보고하여 본 연구와 같은 결과를 나타내고 있다. 만성 허리통증 환자의 통증의 감소는 허리 가동성의 증가로 이어진다(Gültekin et al., 2022; Haldavnekar et al., 2014). 본 실험의 결과 MMST로 확인한 허리 가동성의 증가를 고려한다면 가로막 스트레칭 기법은 허리통증에 유의한 영향을 미칠 수 있을

것으로 사료된다.

가로막은 주요 흡기 근육이며 허리뼈에 부착되어 있어서 호흡 기능과 허리의 움직임과 몸통의 안정성에 중요한 역할을 한다. 척추의 불안정과 허리통증과의 연관성에 대한 연구(Reeves et al., 2019)에서 허리 불안정성이 허리통증에 기여하고 있다는 사실을 확인할 수 있었다. 그러므로 가로막의 기능 장애는 호흡기능의 저하와 몸통 안정성에 문제를 일으키게 되어 허리통증을 야기시키게 될 것이다. 그동안 가로막과 호흡계통의 관련성에 대해 실험한 연구는 많았지만, 가로막과 허리통증에 대한 연구는 부족한 실정이었다. 이에 본 연구는 가로막 스트레칭 기법으로 인한 가로막의 기능 변화를 MIP, MEP 측정을 통해 확인하고, 가로막의 기능 변화가 허리통증에 어떠한 영향을 미치는지를 허리 가동성 검사를 통해 확인하여 가로막 스트레칭 기법이 허리통증을 감소시킬 수 있을 것이라는 것을 간접적으로 확인할 수 있었다는 점에서 임상적 의의를 가진다. 향후에는 허리통증 부위를 직접적으로 치료하는 다른 중재방법과 비교하여 허리통증의 치료적 중재로서 어느 정도의 유효성이 있는지를 확인하기 위한 후속 연구가 계속되어야 할 것으로 사료된다.

V. 결론

본 연구의 결과, 가로막 스트레칭 기법을 적용한 실험군은 실험 후 최대들숨압력과 최대날숨압력의 증가로 호흡 기능의 개선이 나타났으며, 허리 가동성은 증가하였다. 현재 임상에서는 허리통증 환자의 통증을 줄이고 일상생활로의 복귀를 돕기 위해 다양한 방법을 활용하고 있다. 그 중 가로막 스트레칭 기법은 방법이 간단하고 즉각적인 효과를 지닌 안전한 치료로 허리에 직접적인 부하를 가하지 않고도 활용이 가능하다는 점에서 적절히 사용한다면 허리통증 환자의 치료에 의미 있는 중재가 될 수 있을 것으로 사료된다.

References

- Balagué F, Mannion AF, Pellisé F, et al. Non-specific low back pain. *The Lancet*. 2012;379(9814):482-491.
- Battié MC, Bigos SJ, Sheehy A. Spinal flexibility and individual factors that influence it. *Physical Therapy*. 1987;67(5):653-658.
- Beeckmans N, Vermeersch A, Lysens R, et al. The presence of respiratory disorders in individuals with low back pain: A systematic review. *Manual Therapy*. 2016;26(8):77-86.
- Bennett S, Siritaratiwat W, Tanrangka N, et al. Effectiveness of the manual diaphragmatic stretching technique on respiratory function in cerebral palsy: A randomised controlled trial. *Respiratory Medicine*. 2021;184:106443.
- Bradley H, Esformes JD. Breathing pattern disorders and functional movement. *International Journal of Sports Physical Therapy*. 2014;9(1):28-39.
- Chaitow L, Bradley D, Gilbert C. Multidisciplinary approaches to breathing pattern disorders. *Churchill Livingstone*. 2002;131-195.
- Evans JA, Whitelaw WA. The assessment of maximal respiratory mouth pressures in adults. *Respiratory Care*. 2009;54(10):1348-1359.
- Frownfelter D, Dean E, Stout M, et al. Cardiovascular and pulmonary physical therapy: Evidence to Practice. 6th ed. Elsevier. 2022;633-653.
- González-Álvarez FJ, Valenza MC, Cabrera-Martos I, et al. Effects of a diaphragm stretching technique on pulmonary function in healthy participants: A randomized-controlled trial. *International Journal of Osteopathic Medicine*. 2015;18(1):5-12.
- González-Álvarez FJ, Valenza MC, Torres-Sánchez I, et al. Effects of diaphragm stretching on posterior chain muscle kinematics and rib cage and abdominal excursion: a randomized controlled trial. *Brazilian Journal of Physical Therapy*. 2016;20(5):405-411.
- Grimstone SK, Hodges PW. Impaired postural compensation for respiration in people with recurrent low back pain. *Experimental Brain Research*. 2003;151(2):218-224.
- Gültekin H, Bayram D, Yüksel GA, et al. Assessment of modified-modified Schober test and lumbar range of motion in patients with Parkinson's disease with and without low back pain. *Turkish Journal of Neurology/Turk Noroloji Dergisi*. 2022;28(1):38-44.
- Haldavnekar RV, Tekur P, Nagarathna R, et al. Effect of yogic colon cleansing (Laghu Sankhaprakshalana Kriya) on pain, spinal flexibility, disability and state anxiety in chronic low back pain. *International Journal of Yoga*. 2014;7(2):111-119.
- Hodges PW, Dannells L. Changes in structure and function of the back muscles in low back pain: different time points, observations, and mechanisms. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. 2019;49(6):464-476.
- Hodges PW, Gandevia SC. Activation of the human diaphragm during a repetitive postural task. *The Journal of Physiology*. 2000;522(1):165-175.
- Jeon IS, Han DW, Park RJ, et al. The effect of Tai Chi exercise program on the improvement of gait ability in the old women. *Korean Journal of Sport Science*. 2006;17(2):14-24.
- Johnson BD, Saupé KW, Dempsey JA. Mechanical constraints on exercise hyperpnea in endurance athletes. *Journal of Applied Physiology*. 1992;73(3):874-886.
- Kolar P, Sulc J, Kyncl M, et al. Postural function of the diaphragm in persons with and without chronic low back pain. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. 2012;42(4):352-362.
- Leonés-Macías E, Torres-Sánchez I, Cabrera-Martos I, et al. Effects of manual therapy on the diaphragm in asthmatic patients: a randomized pilot study.

- International Journal of Osteopathic Medicine*. 2018;29(5):26-31.
- Lim CG. Relationship between breathing pattern disorder and pain in patients with chronic low back pain. *Journal of the Korea Entertainment Industry Association*. 2020;14(4):355-363.
- Marizeiro DF, Florêncio AC, Nunes AC, et al. Immediate effects of diaphragmatic myofascial release on the physical and functional outcomes in sedentary women: a randomized placebo-controlled trial. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*. 2018;22(4):924-929.
- Minoguchi H, Shibuya M, Miyagawa T, et al. Cross-over comparison between respiratory muscle stretch gymnastics and inspiratory muscle training. *Internal Medicine*. 2002;41(10):805-812.
- Mitova AMENKA, Gramatikova MARIYA, Avramova MARGARITA, et al. A complex approach to musculoskeletal dysfunction in the spine. *Journal of Physical Education and Sport®(FPES)*. 2020;20:3316-3322.
- Nason LK, Walker CM, McNeeley MF, et al. Imaging of the diaphragm: anatomy and function. *Radiographics*. 2012;32(2):E51-E70.
- Norkin CC, White DJ. Measurement of joint motion: a guide to goniometry. FA Davis. 2016;334-354.
- Reeves NP, Cholewicki J, Van Dieën JH, et al. Are stability and instability relevant concepts for back pain?. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. 2019;49(6):415-424.
- Saidu IA, Maduagwu SM, Abbas AD, et al. Lumbar spinal mobility changes among adults with advancing age. *Journal of Mid-Life Health*. 2011;2(2):65-71.
- Sliwka A, Pilinski R, Rosa W, et al. The influence of the trunk muscle activation on occlusion pressure and respiratory muscle strength in healthy participants: Randomized controlled trial. *Respiratory Physiology & Neurobiology*. 2021;290:103682.
- Sverzellati N, Lynch DA, Hansell DM, et al. American Thoracic Society–European Respiratory Society classification of the idiopathic interstitial pneumonias: advances in knowledge since 2002. *Radiographics*. 2015;35(7):1849-1871.
- Tousignant M, Poulin L, Marchand S, et al. The Modified–Modified Schober Test for range of motion assessment of lumbar flexion in patients with low back pain: A study of criterion validity, intra-and inter-rater reliability and minimum metrically detectable change. *Disability and Rehabilitation*. 2005;27(10):553-559.
- Ucar FI, Ekizer A, Uysal T. Comparison of craniofacial morphology, head posture and hyoid bone position with different breathing patterns. *The Saudi Dental Journal*. 2012;24(3-4):135-141.