

A Correlation Study on Pain, Range of Motion of Neck, Neck Disability Index and Grip Strength after Thoracic Manipulation and Cervical Stabilization Training in Chronic Neck Pain

Sang Hak Kim, Kyung Woo Kang, Kwan Woo Lee

Department of Physical Therapy, College of Health and Therapy, Daegu Haany University, Gyeongsan, Korea

Purpose: The purpose of this study was to investigate the relationship among pain, range of motion of the neck, neck disability index and grip strength after thoracic manipulation and cervical stabilization training in patients with chronic neck pain.

Methods: In this study, twelve subjects with chronic neck pain were included. All participants had thoracic manipulation and cervical stabilization training. Intervention was conducted three times per a week, for 4 weeks. The visual analogue scale (VAS), range of motion of neck, neck disability index (NDI), as well as the grip strength before and after intervention were measured in all participants. Paired t-test was used to compare variables before and after intervention. Pearson correlation analysis was used to identify the correlations between the variables.

Results: All variables after the intervention were significantly improved. There was a significant negative correlation between VAS and flexion angle of the neck ($r = -0.669$, $p < 0.05$). Moreover, there was a significant positive correlation between NDI and VAS ($r = 0.636$, $p < 0.05$), and a significant negative correlation between NDI and flexion angle of the neck ($r = -0.692$, $p < 0.05$).

Conclusion: Patients with reduced pain following therapeutic intervention illustrated that there would be an improvement in the flexion angle rather than the extension angle of the neck, and that those with increased flexion angle would have less restriction of activities in daily living.

Keywords: Chronic neck pain, Thoracic manipulation, Range of motion, Neck disability index

서론

목뼈 통증은 일상 동안 많은 사람들이 쉽게 경험할 수 있는 질환으로, 다양한 연구들에서 그 유병률이 보고 되고 있다. 이러한 목뼈 통증의 1년 유병률은 연구마다 29-76%까지 다양하게 보고되고 있으며, 그 원인과 치료 방법에 대한 연구도 활발하게 이루어지고 있다.¹⁻⁴ 이러한 목뼈 통 환자들 중 3분의 1 이상은 6개월 이상 지속되는 만성 증상을 보이며, 심각한 문제로 연결되는 경우도 발생한다.^{5,6} 목뼈 통증은 단순히 증상에 그치지 않고 목 관절의 관절가동범위나 상지의 근력에도 영향을 미칠 수 있다.^{7,8} 나아가서는 일상생활에도 악영향을 미치게 되며 이러한 요소에 대한 정도는 경부장애지수(neck disability index, NDI)로 나타내기도 한다.⁹

그 동안 많은 연구에서 척추의 도수치료 절차가 하행 신경로 억제

메커니즘(descending pain suppression mechanism)을 활성화 시키게 되므로, 그 결과 통증의 감소 효과가 나타남을 증명해왔다.¹⁰⁻¹² 특히, 목뼈 통증을 다루는데 있어 등뼈도수교정의 적용 효과가 연구자들에 의해 밝혀졌는데, 연구자들은 목뼈와 등뼈 사이는 생체역학적, 해부학적으로 밀접한 연관이 있기 때문에 등뼈 영역의 문제가 목뼈 통증을 지속시킬 수도 있다고 제시했다.^{13,14} 따라서 목뼈 통증을 다루는데 있어 등뼈도수교정은 증상을 경감시키는데 효과적일 수 있다. 이러한 등뼈도수교정은 통증을 경감시킬 뿐만 아니라 목뼈의 관절가동범위도 증진시킬 수 있다는 연구가 보고되고 있다.¹⁵ 이 밖에 상지의 쥐기 근력 향상에도 유의한 효과를 보인다는 연구 결과가 있고,⁸ 경부장애지수의 감소를 통해 일상생활활동에서도 향상을 가져온다는 연구 결과도 있어 목뼈 도수치료의 중요성을 잘 뒷받침 해준다.¹⁶ 한편, 목뼈안정화 운동은 그 자체로 통증 회복 프로그램에 사용될

Received Jul 5, 2017 Revised Jul 31, 2017

Accepted Aug 14, 2017

Corresponding author Kyung Woo Kang

E-mail zephyr0001@hanmail.net

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.

수 있고, 목뼈 통증과 관련에 감소된 기능의 극대화와 추가적인 손상을 예방하는데 기여할 수 있다.¹⁷ 따라서 등뼈도수교정에 목뼈안정화 운동을 추가한다면 이와 같은 목 증상들을 더욱 향상시킬 수 있을 것이다.

등뼈도수교정에 추가된 목뼈안정화 운동이 가져오는 증상의 향상들 사이에는 깊은 연관성이 있을 것으로 예상된다. 지금까지 많은 논문들이 등뼈도수교정과 목뼈안정화 운동이 목뼈 통증을 경감시키거나 관절가동범위를 증가시킨다고 보고하였지만,^{8,13-15} 이들 변수간의 상관관계를 다룬 연구는 많지 않았다. 각 변수들 간의 효과 간의 상호관계를 확인할 수 있다면, 임상에서 환자의 회복을 예측하는 지표로 유용하게 사용될 수 있을 것이라 생각된다. 따라서 본 연구의 목적은 만성 목뼈 통증 환자에게 등뼈도수교정에 추가된 목뼈안정화 운동이 목뼈 통증, 관절가동범위, 경부장애지수, 쥐기 근력을 향상시키는지에 대해서 알아보고, 이러한 변수들 사이에는 어떠한 상관관계가 있는지를 알아보는데 있다.

연구 방법

1. 연구대상

본 연구는 대구광역시 소재하고 있는 D병원에 내원한 만성목뼈통증 환자 12명을 대상으로 하였다. 모든 대상자는 실험 전에 본 연구에 대한 목적과 치료방법에 대한 설명을 듣고 자발적으로 실험에 동의하였으며, 연구 참여 동의서에 서명하였다. 연구 대상자는 나이 18세 이상 60세 이하의 역학적 목뼈통증을 가진 환자들 중 3개월 이상 통증이 지속된 환자로 선정하였고, 다음과 같은 자는 선정에서 제외하였다. 1) 근골격계 질환이 아닌 환자, 2) 목뼈 및 등뼈에 수술한 환자, 3) 목뼈의 신경근 증상이 나타나는 환자, 4) 중추신경계 손상이 있거나 목뼈의 척추관협착증이 있는 환자, 5) 도수치료에 금기증이 있거나 2개월 이내에 도수치료를 받은 적이 있는 환자.

2. 실험방법

1) 실험절차

모든 연구 대상자는 치료 전과 후에 통증, 관절가동범위, NDI, 쥐기 근력을 각각 측정하였고, 치료적 중재는 등뼈도수교정과 목뼈안정화 운동으로 구성되어 실시하였다. 치료사는 임상에서 10년 이상의 도수치료 경험을 가진 물리치료사 1인이 담당하도록 하였다. 모든 환자는 측정 전과 후 사이에 4주간 주 3회의 치료적 중재를 실시하였다.

등뼈의 도수교정은 2가지 방법으로 진행하였다. 우선 도수교정 전에 도수검사를 통해 확인된 제1등뼈부터 제4등뼈까지의 분절 중 제한이 있는 분절에 도수교정을 적용하였고, 제한이 있는 분절이 한 분절 이상일 경우 제한이 있는 모든 분절에 적용하였다. 첫 번째 방법은

도수교정을 시작하기 위해, 치료를 받을 환자가 누운 자세를 취하고 치료사는 환자의 옆에 서도록 한 다음 시작했다. 그 다음 치료사는 고정용 손을 피스톨 그립으로 하여 목표분절 아래척추의 가로돌기에 위치시켰다. 치료사는 미는 손으로 환자의 양쪽 팔꿈치를 감싸 잡은 채로 목표분절의 최대 굽힘을 만들었다. 이후 환자에게 숨을 들이 마셨다가 내쉬라고 유도하고, 숨을 내쉬고 동시에 환자의 후상방으로 밀치기 도수교정을 실시하였다(Figure 1).¹⁸ 두 번째 방법은 환자가 낮은 치료대 끝부분에 등지고 앉은 후 자신의 목을 깎지 낀 채로 잡고 목표분절에 수건을 등글게 말아서 위치 시킨 후 시작했다. 치료사는 환자의 등 뒤에서 서서 환자의 팔 아래에서 아래팔과 위팔 사이로 자신의 손을 집어 넣어 환자의 깎지 낀 손이나 손목을 잡았다. 환자를 치료사에게 뒤로 비스듬히 기대어 힘을 빼고 완전히 밀착하게 한 후, 치료사는 척추의 목표분절까지 최대 굽힘을 만든 뒤, 환자에게 숨을 들이 마셨다가 내쉬라고 유도하고 숨을 내쉬고 동시에 환자의 후상방으로 도수교정을 실시하였다.¹⁹ 각 도수교정의 적용 횟수는 엄발음이 나지 않을 경우 3회까지 적용하였다(Figure 2).

목뼈안정화 운동은 목뼈 2번에서 7번까지 단계적으로 실시하였고, 벨트나 수건을 이용해 저항을 주어서 적용하였다. 환자는 턱을 약간 열고 앉은 자세를 취한 뒤, 눈동자는 아래를 바라보면서 벨트나 수건을 목 뒤쪽의 해당 분절에 위치시키도록 했다. 이후 벨트나 수건을 앞으로 살짝 당기도록 지시했고, 당기는 동안 환자는 반대 방향으로 저항의 힘을 주며 10초간 유지하도록 했다. 운동횟수는 한 분절당 총 10회 실시하였고 각 운동 횟수간 5초간 휴식을 부여했다(Figure 3).

2) 측정도구 및 측정방법

통증지수는 시각상사척도(visual analog scale, VAS)를 이용하여 측정하였다. VAS는 환자가 느끼고 있는 통증의 정도를 시각적인 형태로 나타내는 방법으로, 환자들은 눈금이 표시되어 있는 10 cm 선에 자신이 느끼고 있는 통증이 어느 정도인지를 스스로 체크하도록 하였



Figure 1. Thoracic manipulation 1.



Figure 2. Thoracic manipulation 2.

다. 통증이 전혀 없는 상태를 0점, 참을 수 없을 정도로 매우 극심한 상태를 10점으로 하였다.

목뼈의 관절가동범위는 CROM Basic (MedNet-Sites, USA)을 이용하였다. 환자는 장비를 머리에 착용한 후 의자에 앉은 자세로 중립 자세를 취하였다. 이후 목뼈의 굽힘과 폼을 지시하는데, 이때 어깨를 고정 시켜서 몸통의 다른 부위에 영향을 받지 않도록 하였다. 통증 없이 능동적으로 가능한 목뼈의 최대 굽힘 각도와 최대 폼 각도를 측정하였다.²⁰

NDI는 목뼈에 통증이 있는 환자들의 일상생활 수행 능력을 평가하기 위하여 사용되는 평가도구이다. 측정을 위해 사용된 한국판 NDI는 총 10개의 문항으로 구성되었고, 50점 만점인 평가도구이다. 평가 후 점수에서 0-4점은 장애 없음, 5-14점은 약간의 장애, 15-24점은 중등도의 장애, 25-34점은 심한 장애, 35점 이상은 완전한 장애를 의미한다. 모든 NDI평가도구는 충분한 설명을 받은 후 환자가 스스로 작성하게 하였으며, 치료적 중재 전과 후에 각각 1회씩 작성하였다.¹⁶

쥐기 근력은 Jamar hydraulic hand dynamometer (Sammon Preston, Mississauga, Canada)를 이용하여 선행연구의 방식에 따라 실시하였다. 환자는 누운 자세에서 팔꿈치를 펴고 아래팔은 안쪽 돌림 시켜서 손바닥이 바닥을 향한 상태로 측정자세를 취하였다. 이 자세에서 환



Figure 3. Cervical stabilization training.

자는 통증 없이 최대한 짧고 강하게 쥐도록 지시 받았고, 이 동안 쥐기 근력이 측정되었다. 측정은 20초 간격으로 총 3회 실시하였고 측정된 값들 중 최대값을 사용하였다.²¹

3. Statistical analysis

본 연구의 통계학적 분석을 위해 SPSS version 20.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하였다. 정규성 검정을 위해 Shapiro-Wilk 검정을 사용하였고 정규분포를 만족하였다. 치료적 중재 전과 중재 후의 비교를 위해서는 대응표본 t검정(paired t-test)을 사용하였다. 중재 후 측정된 통증지수, 목뼈의 관절가동범위, NDI, 쥐기 근력의 변수들 간 상관관계를 분석하기 위해서는 Pearson correlation을 이용하여 분석하였다. 모든 통계학적 유의 수준은 $p < 0.05$ 로 설정하였다.

결 과

1. 연구대상자의 일반적 특성

연구 대상자의 성별, 나이, 몸무게, 키를 Table 1에 제시하였다(Table 1).

2. 중재 전후 통증, 관절가동범위, NDI, 쥐기 근력의 변화 비교

치료적 중재 전과 후의 값들에 대해 대응표본 t검정을 실시한 결과, 통증, 관절가동범위(목 굽힘과 목 폼), NDI, 쥐기 근력 모두에서 유의한 차이를 보였다($p < 0.05$) (Table 2).

3. 중재 후 통증, 관절가동범위, NDI, 쥐기 근력 사이의 상관관계 분석

치료적 중재 후 각 변수들 간의 상관관계를 분석한 결과, 통증과 목 굽힘 각도에서 음의 상관관계가 나타났고, 강한 상관관계를 보였다 ($r = -0.669, p < 0.05$). 통증과 NDI에서는 양의 상관관계가 나타났고, 강한 상관관계를 보였다($r = 0.636, p < 0.05$). 그리고 목 굽힘 각도와 NDI 사이에서는 음의 상관관계가 나타났고 강한 상관관계를 보였다($r = -0.692, p < 0.05$) (Table 3).

고찰

본 연구에서는 만성 목뼈 통증 환자에게 등뼈도수교정과 목뼈안정화 훈련을 함께 적용하였을 때 통증, 관절가동범위, NDI, 쥐기 근력에 어떠한 변화가 생기는지 알아보고, 각 변수 간의 상관관계가 어떻게

나타나는지에 대해 조사하였다. 실험 결과 치료적 중재의 적용 전보다 후에서 모든 변수의 유의한 향상이 나타났다. 이 중 통증과 목 굽힘 각도, 통증과 NDI, 목 굽힘 각도와 목 폼 각도, 목 굽힘 각도와 NDI 사이에서 각각 유의한 상관관계가 있는 것으로 나타났다.

목뼈도수교정을 받은 환자의 통증이 줄었다던가 제한되었던 목뼈의 관절가동범위가 증가되었다는 연구 결과는 이미 많은 연구들을 통해 뒷받침되고 있다.²²⁻²⁴ 그러나 목뼈도수교정의 절차는 목뼈의 회전적 움직임의 요소를 포함하고 있어 척추동맥의 손상 위험으로부터 완전히 자유롭지 못하다.²⁵ 등뼈도수교정은 척추동맥의 손상 위험으로부터 자유로우면서도 목 통증을 줄이고 관절가동범위도 증가시킬 수 있다.²⁶ 이를 뒷받침하는 메커니즘이 완벽하게 이해되고 있지 않지만 몇 가지 가능한 이론들은 제시되고 있다. 하나는 이러한 치료가 고유수용기의 1군 및 2군 구심성 섬유에 대한 방출을 수정하여 통증 반사 억제를 유도한다는 것이고,²⁷ 또 하나는 통증 경로의 연접전 억제를 일으키고 내인적 아편제 시스템(endogenous opiate system)을 활성화시킨다는 것이다.²⁸

본 연구에서는 측정된 모든 변수들 간의 상관 관계를 알아보았다. 그 중 통증과 목 굽힘 각도 간에는 음의 상관관계를 나타냈다. 본 연구와 동일한 장비로 관절가동범위를 측정한 연구 결과에 따르면, 목 통증이 없는 사람들의 목뼈 굽힘 각도는 약 52°, 폼 각도는 약 79-80°를 보였다. 그리고 목 통증 있는 환자들의 목뼈 굽힘 각도는 약 40-42°, 폼 각도는 약 58-60°를 보였다.²⁹ 이 연구에 따르면 통증이 있는 자의 목 굽힘 각도와 목 폼 각도는 통증이 없는 자와 비교해 굽힘 각도와 폼 각도가 각각 감소되어 본 연구의 결과와 어느 정도 일치함을 확인할 수 있다.

그러나 본 연구에서 나타난 또 다른 상관관계 중 통증과 관절가동범위의 관계가 굽힘 각도에서만 유의한 상관관계를 보였음을 주목할 필요가 있다. 이는 통증이 적을수록 굽힘 각도가 컸고 통증이 클수록 굽힘 각도가 작았다는 의미인데, 여기에는 여러 요인이 작용할 수 있지만 일부 문헌을 통해 이러한 이유를 유추할 수 있다. 한 연구에 따르면 목 통증을 증가시키는 요인은 정적인 자세를 오래 유지하거나, 반복적으로 목 굽힘을 발생시키는 것이 주요 위험 요소라고 밝혔

Table 1. The general characteristics of subjects

	subjects (n= 12)
Gender (Male/Female)	5/7
Age (year)	42.25±13.99
Weight (kg)	60.67±5.48
Height (cm)	164.58±5.48

Mean±S.D.

Table 2. Comparison of pre and post-test on VAS, ROM (flexion and extension), NDI and GS

	Test	Mean±S.D.	p
VAS	Pre-test	6.25±1.29	0.002*
	Post-test	1.83±0.58	
Flex	Pre-test	42.42±3.53	0.003*
	Post-test	53.25±1.76	
Ext	Pre-test	48.67±4.27	0.018*
	Post-test	62.67±1.56	
NDI	Pre-test	21.42±4.80	0.001*
	Post-test	7.83±1.90	
Grip strength	Pre-test	34.75±7.16	0.000*
	Post-test	39.75±8.06	

VAS: visual analogue scale, Flex: angle of cervical flexion, Ext: angle of cervical extension, NDI: neck disability index, GS: grip strength.

*p<0.05.

Table 3. Correlation between VAS, ROM (flexion and extension), NDI and GS

	VAS		Flex		Ext		NDI		GS	
	r	p-value	r	p-value	r	p-value	r	p-value	r	p-value
VAS	1									
Flex	-0.669	0.017*	1							
Ext	-0.472	0.121	0.463	0.129	1					
NDI	0.636	0.026*	-0.692	0.013*	-0.297	0.348	1			
GS	0.381	0.222	-0.072	0.824	-0.007	0.982	0.193	0.548	1	

VAS: visual analogue scale, Flex: angle of cervical flexion, Ext: angle of cervical extension, NDI: neck disability index, GS: grip strength.

*p<0.05.

다.³ 이 연구는 반복적인 목 굽힘이 통증과 좀 더 연관될 수 있음을 시사하므로 목뼈의 폼 각도보다 굽힘 각도에서 통증과 상관관계가 있었던 본 연구결과를 뒷받침한다. 또 다른 한 연구에 따르면 만성 목 통증 환자에게 등뼈도수교정을 실시하였을 때 관절가동범위는 상부 목뼈에서는 폼을, 하부 목뼈에서는 굽힘을 좀 더 감소시킨다고 하였다.³⁰ 이러한 연구 결과는 등뼈도수교정이 해부학적으로 좀 더 가까운 하부 목뼈에 영향을 끼침으로 인해, 치료 후 통증이 적을수록 굽힘 각도는 더 커짐에 기여했을 것으로 생각할 수 있다.

NDI는 통증의 정도에 따라 일상생활활동에 얼마나 많은 장애가 발생하는지에 대해 알아보기 위한 자가평가도구로, 평가 점수의 총점이 높을수록 장애지수가 높다고 판단한다.³¹ 이러한 일상생활활동의 장애는 일반적으로 만성적인 질환에 의해 야기되고, 이에 영향을 끼치는 신체적 요소들 또한 다양하다.³² 본 연구에서는 측정된 모든 변수들의 상관관계를 분석함으로써, 통증을 포함한 관절가동범위와 같은 구조적 요소, 쥐기 근력과 같은 기능적 요소와 일상생활 동작의 장애지수인 NDI와의 연관성을 살펴볼 수 있었다. 이 중 NDI는 통증과 양의 상관관계를, 목뼈의 굽힘 각도와는 음의 상관관계를 보였다. 등뼈도수교정을 통해 통증이 작아진 환자의 NDI가 낮은 것은 선행연구를 통해 이미 밝혀졌고, 본 연구 또한 이와 같은 결과를 보여주었다.³³ 한편, NDI는 목뼈의 굽힘 각도와도 상관관계를 보였다. 일상생활 동작에서 정상기능을 수행하는데 있어서 목뼈의 시상면상의 움직임은 아주 많은 비율을 차지하고 있다.³⁴ 이러한 시상면상의 움직임 중에는 목 폼보다는 목 굽힘이 일상생활활동에 관여하는 비율이 높다.³⁵ 이러한 연구 결과들은 일상생활활동의 장애가 목뼈의 굽힘 각도와 상관관계가 있음을 뒷받침해준다.

손은 물체나 도구를 단단히 쥐고 유지하는 기능을 할 수 있게 만드는 중요한 신체 부위이며, 쥐기 근력은 이러한 손의 기능에 많은 영향을 미치므로 다양한 연구에서 손의 기능을 대변하는 지표로 사용되어 왔다.^{36,37} 한 연구결과에 따르면 쥐기 근력이 목뼈의 굽힘이나 폼 각도와 같은 목 위치보다는 목뼈 통증과 유의한 상관관계가 있다고 밝혔다. 이 연구에서는 이러한 이유를 목뼈 통증이 감각 정보의 질에 대한 결함을 가져와 운동 출력을 감소시킨 결과로 보았다.³⁷ 본 연구 결과에서 쥐기 근력은 다른 어떤 변수와도 연관 관계가 없어 선행 연구와 일부 일치되지 않는다. 이러한 차이는 대상자의 연령, 성별의 차이에서 비롯될 수 있다. 쥐기 근력은 성별, 나이에 많은 영향을 받으므로 모집된 대상자의 특성에 따라 전후 차이의 정도가 달라질 수 있다.

본 연구에는 몇 가지 제한점이 있다. 첫째는, 대상자의 수가 많지 않아 실험 결과를 일반화하기에 어렵다는 점이다. 둘째는, 대상자들의 만성 목뼈 통증의 발생 원인은 제어하지 않아 결과 해석을 단순화하기는 어렵다는 점이다. 지금껏 등뼈도수치료와 목뼈안정화 운동이 목뼈의 통증이나 관절가동범위, NDI, 쥐기 근력에 영향을 미친다고

밝힌 연구는 있었지만, 치료적 중재 후 각 변수들 간의 상관관계를 밝힌 연구는 많지 않았다. 본 연구의 연구결과를 통해, 이러한 치료적 중재 후 통증이 감소한 환자는 목 뼈의 폼 각도보다는 굽힘 각도의 향상이 있을 것이라는 점과 굽힘 각도의 증가가 발생한 사람은 일상 생활활동의 제한이 적을 것이라는 점을 알 수 있었다. 본 연구 결과는 치료적 중재 후 향상된 신체적 요소들에 대해 임상적 추론을 이끌어 낼 수 있다는 점에서 가치가 있을 것으로 생각되며, 추후 연구에서는 더 많은 환자들을 대상으로 다양한 변수들을 평가하여 그 상관관계를 분석할 필요성이 있을 것이다.

참고문헌

1. Bovim G, Schrader H, Sand T. Neck pain in the general population. *Spine*. 1994;19(12):1307-9.
2. Skov T, Borg V, Orhede E. Psychosocial and physical risk factors for musculoskeletal disorders of the neck, shoulders, and lower back in salespeople. *Occup Environ Med*. 1996;53(5):351-6.
3. Ariens GA, Bongers PM, Douwes M et al. Are neck flexion, neck rotation, and sitting at work risk factors for neck pain? Results of a prospective cohort study. *Occup Environ Med*. 2001;58(3):200-7.
4. Cleland JA, Childs JD, Fritz JM et al. Development of a clinical prediction rule for guiding treatment of a subgroup of patients with neck pain: use of thoracic spine manipulation, exercise, and patient education. *Phys Ther*. 2007;87(1):9-23.
5. Cote P, Cassidy JD, Carroll LJ et al. The annual incidence and course of neck pain in the general population: a population-based cohort study. *Pain*. 2004;112(3):267-73.
6. Wright A, Mayer TG, Gatchel RJ. Outcomes of disabling cervical spine disorders in compensation injuries. A prospective comparison to tertiary rehabilitation response for chronic lumbar spinal disorders. *Spine*. 1999;24(2):178-83.
7. Kauther MD, Piotrowski M, Hussmann B et al. Cervical range of motion and strength in 4,293 young male adults with chronic neck pain. *Eur Spine J*. 2012;21(8):1522-7.
8. Bautista-Aguirre F, Oliva-Pascual-Vaca A, Heredia-Rizo AM et al. Effect of cervical versus thoracic spinal manipulation on peripheral neural features and grip strength in subjects with chronic mechanical neck pain: a randomized controlled trial. *Eur J Phys Rehabil Med*. 2017;53(3):333-41.
9. Hains F, Waalen J, Mior S. Psychometric properties of the neck disability index. *J Manipulative Physiol Ther*. 1998;21(2):75-80.
10. Vicenzino B, Paungmali A, Buratowski S et al. Specific manipulative therapy treatment for chronic lateral epicondylalgia produces uniquely characteristic hypoalgesia. *Man Ther*. 2001;6(4):205-12.
11. Paungmali A, O'Leary S, Souvlis T et al. Hypoalgesic and sympathoexcitatory effects of mobilization with movement for lateral epicondylalgia. *Phys Ther*. 2003;83(4):374-83.
12. Skyba DA, Radhakrishnan R, Rohlwing JJ et al. Joint manipulation reduces hyperalgesia by activation of monoamine receptors but not opioid or gaba receptors in the spinal cord. *Pain*. 2003;106(1-2):159-68.
13. Fernandez-de-las-Penas C, Palomeque-del-Cerro L, Rodriguez-Blanco

- C et al. Changes in neck pain and active range of motion after a single thoracic spine manipulation in subjects presenting with mechanical neck pain: a case series. *J Manipulative Physiol Ther.* 2007;30(4):312-20.
14. Lau HM, Wing Chiu TT, Lam TH. The effectiveness of thoracic manipulation on patients with chronic mechanical neck pain - a randomized controlled trial. *Man Ther.* 2011;16(2):141-7.
 15. Karas S, Olson Hunt MJ. A randomized clinical trial to compare the immediate effects of seated thoracic manipulation and targeted supine thoracic manipulation on cervical spine flexion range of motion and pain. *J Man Manip Ther.* 2014;22(2):108-14.
 16. Rodine RJ, Vernon H. Cervical radiculopathy: a systematic review on treatment by spinal manipulation and measurement with the neck disability index. *J Can Chiropr Assoc.* 2012;56(1):18-28.
 17. Dusunceli Y, Ozturk C, Atamaz F et al. Efficacy of neck stabilization exercises for neck pain: a randomized controlled study. *J Rehabil Med.* 2009;41(8):626-31.
 18. Olson KA. *Manual physical therapy of the spine.* United States, Elsevier; 2008:257-60.
 19. Edmond SL. *Joint mobilization/manipulation: Extremity and spinal techniques,* 3rd ed. St. Louis, Elsevier Mosby; 2016:127-30.
 20. Young IA, Michener LA, Cleland JA et al. Manual therapy, exercise, and traction for patients with cervical radiculopathy: a randomized clinical trial. *Phys Ther.* 2009;89(7):632-42.
 21. Fernandez-Carnero J, Fernandez-de-las-Penas C, Cleland JA. Immediate hypoalgesic and motor effects after a single cervical spine manipulation in subjects with lateral epicondylalgia. *J Manipulative Physiol Ther.* 2008;31(9):675-81.
 22. Vernon HT, Aker P, Burns S et al. Pressure pain threshold evaluation of the effect of spinal manipulation in the treatment of chronic neck pain: a pilot study. *J Manipulative Physiol Ther.* 1990;13(1):13-6.
 23. Cassidy JD, Lopes AA, Yong-Hing K. The immediate effect of manipulation versus mobilization on pain and range of motion in the cervical spine: a randomized controlled trial. *J Manipulative Physiol Ther.* 1992;15(9):570-5.
 24. Nansel D, Peneff A, Cremata E et al. Time course considerations for the effects of unilateral lower cervical adjustments with respect to the amelioration of cervical lateral-flexion passive end-range asymmetry. *J Manipulative Physiol Ther.* 1990;13(6):297-304.
 25. Di Fabio RP. Manipulation of the cervical spine: risks and benefits. *Phys Ther.* 1999;79(1):50-65.
 26. Adams G, Sim J. A survey of UK manual therapists' practice of and attitudes towards manipulation and its complications. *Physiother Res Int.* 1998;3(3):206-27.
 27. Pickar JG. An in vivo preparation for investigating neural responses to controlled loading of a lumbar vertebra in the anesthetized cat. *J Neurosci Methods.* 1999;89(2):87-96.
 28. Seth P, Agarwal JL, Sharma JK et al. The physiology of pain mechanism. *Uttar Pradesh State Dent J.* 1980;11(4):129-34.
 29. Fletcher JP, Bandy WD. Intrarater reliability of grom measurement of cervical spine active range of motion in persons with and without neck pain. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2008;38(10):640-5.
 30. Rudolfsson T, Bjorklund M, Djupsjobacka M. Range of motion in the upper and lower cervical spine in people with chronic neck pain. *Man Ther.* 2012;17(1):53-9.
 31. MacDermid JC, Walton DM, Avery S et al. Measurement properties of the neck disability index: a systematic review. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2009;39(5):400-17.
 32. Rozzini R, Frisoni GB, Ferrucci L et al. The effect of chronic diseases on physical function. Comparison between activities of daily living scales and the physical performance test. *Age Ageing.* 1997;26(4):281-7.
 33. Cleland JA, Childs JD, McRae M et al. Immediate effects of thoracic manipulation in patients with neck pain: a randomized clinical trial. *Man Ther.* 2005;10(2):127-35.
 34. Bible JE, Biswas D, Miller CP et al. Normal functional range of motion of the cervical spine during 15 activities of daily living. *J Spinal Disord Tech.* 2010;23(1):15-21.
 35. Takeuchi K, Yokoyama T, Ono A et al. Limitation of activities of daily living accompanying reduced neck mobility after laminoplasty preserving or reattaching the semispinalis cervicis into axis. *Eur Spine J.* 2008;17(3):415-20.
 36. Mysliwiec A, Saulicz E, Kuszewski M et al. Assessment of the influence of saunders traction and transcutaneous electrical nerve stimulation on hand grip force in patients with neck pain. *Ortop Traumatol Rehabil.* 2011;13(1):37-44.
 37. Faye ES. The correlation between neck pain and hand grip strength of dentists. *Occup Med Health Aff.* 2014;2(5):1-4.