목뼈 부위 감각운동 조절 훈련이 만성 목 통증 환자의 통증과 기능, 심리사회적 수준에 미치는 영향

민인기¹, 김선엽²

¹대전대학교 보건의료대학원 물리치료학과, ²대전대학교 보건의료과학대학 물리치료학과

Effects of Cervical Sensorimotor Control Training on Pain, Function and Psychosocial Status in Patients With Chronic Neck Pain

In-gi Min¹, BHSc, PT, Sunh-yeop Kim², PhD, PT

¹Department of Physical Therapy, Graduate School of Health and Medicine, Daejeon University, ²Department of Physical Therapy, College of Health & Medical Science, Daejeon University, Daejeon, Korea

Article Info

Received November 11, 2020
Revised November 29, 2020
Accepted December 21, 2020

Corresponding Author

Suhn-yeop Kim
E-mail: kimsy@dju.kr
<https://orcid.org/0000-0002-0558-7125>

Key Words

Cervical
Disability
Head repositioning accuracy
Pain
Range of motion
Sensorimotor control

Background: It is reported that the proprioceptive sensation of patients with neck pain is reduced, and neck sensory-motor control training using visual feedback is reported to be effective.

Objects: The purpose of this study is to investigate how sensorimotor control training for the cervical spine affects pain, function, and psychosocial status in patients with chronic cervical pain.

Methods: The subjects consisted of 36 adults (male: 15, female: 21) who had experienced cervical spine pain for more than 6 weeks. An exercise program composed of cervical stabilization exercise (10 minutes), electrotherapy (10 minutes), manual therapy (10 minutes), and cervical sensorimotor control training (10 minutes) was implemented for both the experimental and the control groups. The cervical range of motion (CROM) and head repositioning accuracy were assessed using a CROM device. In the experimental group, the subjects wore a laser device on the head to provide visual feedback while following pictures in front of their eyes; whereas, in the control group, the subjects had the same training of following pictures without the laser device.

Results: There were no statistically significant differences between the two groups in pain, dysfunction, range of motion, or psychosocial status; however, post-test results showed significant decreases after 2 weeks and 4 weeks compared to baseline ($p < 0.01$), and after 4 weeks compared to after 2 weeks ($p < 0.01$). The cervical joint position sense differed significantly between the two groups ($p < 0.05$).

Conclusion: In this study, visual feedback enhanced proprioception in the cervical spine, resulting in improved cervical joint position sense. On the other hand, there were no significant effects on pain, dysfunction, range of motion, or psychosocial status.

INTRODUCTION

목 통증은 재발성 질환으로 70% 이상의 사람들이 일생에 한 번쯤 겪게 되는 통증이다[1]. 목 통증의 주요한 원인으로 연부조직의 손상(87.5%), 사고로 인한 후유증(5.3%), 그리고 다른 원인이 4.5%로 나타난다[2]. 만성 목 통증 환자들에게서 나타나는 증상은 목 통증[3], 목 근

육의 약화[4], 목 관절 가동범위의 소실[5], 목 관절위치 감각의 오류[6], 목 기능장애[7] 등이 있다. 또한, 목 부위에 통증이 심한 환자들일수록 심리사회적 문제가 있다고 한다[3,4]. 따라서 목 통증 환자에게 심리사회적 수준을 알아보는 것은 의미가 있다. 이것을 평가하기 위한 설문조사 시 SF-12 (short form-12)는 기존의 SF-36에서 8개 문항을 추출해 보다 짧은 문항으로 작성자의 건강상태에 관한 주관적 지각을

측정하기 위해 흔히 사용되고 있다.

목 통증 환자들은 목의 자세 안정성 감소와 고유수용감각의 감소를 보이고, 목에서 올라가는 구심성 정보가 변화된다[8]. 고유수용감각은 관절의 자세와 움직임으로부터 오는 무의식적인 정보를 뜻하며, 이 감각은 관절과 근육, 뼈, 인대의 수용기에서 대뇌피질로 정보를 전달한다[9]. 목의 고유수용감각에 대한 선행 연구로는 목 통증, 근 피로 등이 목의 고유수용감각에 미치는 영향에 대한 연구가 시행된 바 있다[10].

목의 뒤통수 아래 부위에 근육의 근방추(muscle spindle)는 근육 1g 당 최대 200개의 고밀도로 발견된다. 이 숫자는 그램당 16개의 근육 방추가 있는 엄지손가락의 벌레근(lumbrical muscle)과 비교할 때 매우 많은 양이다[11]. 특히 뒤통수근(suboccipital muscle)은 중추 신경계에 정보를 전달하고 정보를 수신하며, 목 수용기와 시각 및 전정기관의 교감 신경계 사이에는 특정한 연결고리 형성뿐만 아니라 근육 조직과의 협동에 이르기까지의 연결에 있어 중심적인 역할을 한다[12]. 목의 구심성 정보는 머리, 눈 그리고 자세 안정성에 영향을 미치는 세 가지 반사, 즉 목 바로 세우기 반사(cervico-colic reflex, CCR), 목 안구 반사(cervico-ocular reflex), 긴장성 목 반사(tonic neck reflex)에 관여하는데, 이러한 반사는 전정과 시각적 입력의 영향을 받는 다른 반사들과 함께 작동되는데 CCR은 신장에 반응하여 목 근육을 활성화하고 머리 위치를 유지시킨다[13]. 목 통증의 치료방법으로 환자에게 미세한 움직임을 조절시켜 목의 안정성과 자세 조절에 도움을 주는 긴 목근(longus colli), 긴머리근(longus capitis), 뭇갈래근(multifidus)과 같은 목의 심부 근육을 강화시킴으로써 목이 중립자세를 유지할 수 있도록 도움을 주는 목 안정화 운동 또한 주목받고 있다[14]. 최근에 수행된 연구들은 운동치료가 목 통증을 감소시키는 데 효과가 있다고 보여준다. Chiu 등[15]의 연구에 의하면 목의 심부 근육에 활성화 운동과 근력 운동이 만성 목 통증 환자의 통증을 완화시키고 등척성 근력에 향상을 가져왔다.

관절, 근육, 힘줄 및 피부의 기계적 수용기로부터 오는 고유수용감각 신호는 온전한 신경 운동을 제어하는 데 필수적이다[16]. 고유수용감각은 운동 시 필요한 중추 신경계에 유익한 정보를 제공한다. 운동 제어를 위한 고유 인식의 중요성을 고려할 때 부상 후 운동 기능을 회복시키기 위한 방법으로 고유수용감각을 재훈련 시키는 데 중점을 두어야 한다. 이 감각은 신체와 팔다리의 의식적인 인식을 의미하며 수동적 움직임의 감지와 능동적 움직임의 감지, 팔다리의 위치 감지 그리고 무게감이나 가벼움과 같은 다양한 고유 특성을 담당한다[17]. 인체의 고유수용감각 수준을 평가하는 방법 중 대표적인 방법은 운동 감각(kinesthesia)과 관절 위치 감각(joint position sense)을 측정하는 방법이 많이 사용되고 있으며[17], 이 감각은 관절의 위치를 판단하는 능력이라 할 수 있다[10]. 운동 감각과 관절 위치 감각을 측정하는 방법은 해당 분절을 미리 설정된 위치에 가계끔 관절을 최대한 정확히 재위치하도록 하는 것이다[18]. 고유 인식은 주로 자세 및 안구 제어와 관련이 있고 관절의 기능적 불안정성은 변경된 관절 위치 감지와 관련이 있다. 이로 인해 관절은 반복적으로 손상되기 쉬워지고 만성 통증과 관절 질환

환이 노출될 수 있다[18]. 목의 인지 수준 향상을 위한 목 감각운동 조절 훈련(sensorimotor control training)은 자세의 위치를 미세 조정하고 머리가 특정 위치에 정확하게 위치하도록 하는 역할을 한다[17].

직립 자세의 제어와 머리와 눈의 움직임 제어는 전정 감각과 시각 그리고 자기-수용 시스템과 같은 다른 감각적 근원에서 발생하는 우호적 정보들에 의존한다는 것이 잘 확립되어 있다[19]. 고유수용감각 기능장애가 있는 사람들은 흔들림 없는 직립 자세를 취하는 동안 측정했을 때 자세의 요동 정도가 증가되었다[20]. 또한, 사전에 정의된 위치로 머리를 재배치하는 능력[17,21]과 안구 운동 조절의 손상이 목 통증 환자에서 발견되었다[22]. 이러한 특성은 자세와 시선의 적절한 통제를 보장하기 위해 목 근육에 적절한 정보가 얼마나 중요한가를 나타내고 있다[23]. 레이저를 이용한 시각적 피드백 재활 훈련 프로토콜은 눈, 머리 조정 및 균형 운동, 시각적 추적, 시선 안정성 및 위치 조정 향상에 역할을 한다[17]. 이러한 가정에 따라, 목 감각운동 조절 훈련은 목의 고유수용감각 수준을 향상시키고, 목 통증을 완화하며, 자세의 흔들림 정도를 감소시키는 것으로 알려져 있다[24,25]. 즉 목의 고유수용감각 기능은 일반적으로 자세 유지에 중요한 영향을 미치는 것으로 볼 수 있다[23]. 자세의 균형 훈련을 하는 동안 목 근육은 무의식적으로 활성화되며 이것의 주된 의도는 신체 전체의 평형을 유지하는 것이다[23].

국내에서 이루어진 연구에서 만성 목 통증 환자의 재활 과정에서 목 뼈의 고유수용감각 수준을 평가하는 방법은 다루어졌으나, 고유수용감각을 촉진하기 위한 목뼈 부위 감각운동 조절 훈련프로그램의 효과를 알아본 연구가 부족한 상태이다. 따라서 본 연구의 목적은 목 부위에 고유수용감각을 촉진하는 시각 피드백 운동프로그램의 적용이 목의 통증과 기능장애 수준 그리고 관절가동범위, 심리사회적 수준에 미치는 영향을 알아보고자 한다.

MATERIALS AND METHODS

1. 연구대상자

본 연구는 대전광역시에 위치한 필한방병원 물리치료실을 내원한 환자 중 발병 기간이 6주 이상의 만성 목 통증으로 인해 치료를 받는 환자 남녀 20-60대 성인 환자 36명을 대상으로 하였다. 본 연구의 대상자의 수 결정은 G-Power 프로그램(ver. 3.1; G-power, University of Kiel, Kiel, Germany)을 이용하여 산출하였다. Cohen의 표본추출 공식을 이용하여 표본 수를 산출하였으며, 목 감각운동 조절 훈련 프로그램의 적용 전과 2주 후, 4주 후의 중재 효과에 대한 검정력을 유지하기 위해 유의수준 0.05, Power 값 0.8, 효과 크기 0.4, 군의 수 2, 측정 횟수 3회로 정한 후 표본 크기를 산출하였다. 그 결과, 표본의 최소 크기는 36명이었다. 탈락률을 20%를 감안하여 42명을 모집하였다. 연구 과정 중에 6명이 탈락(탈락률 14.3%)하여 최종 36명이 연구에 참여하였다.

대상자의 선정 조건은 다음과 같다. 첫째, 과거 6주 이상 목에 통증으로 인해 의사에게 의학적 진단을 받은 자. 둘째, 목의 기능장애 수준

(목기능장애지수)이 15점 이상인 자. 셋째, 통증 수준(범위: 0-10)이 3 이상인 자. 넷째, 통증 감소를 위해 현재 약물치료를 시행하고 있지 않는 자. 연구대상자의 제외 조건은 다음과 같다. 첫째, 추간판 탈출증으로 목뼈 부위에 시술 또는 수술을 받은 경험이 있는 자. 둘째, 목뼈에 골절이 있는 자. 셋째, 계통학적으로 암과 같은 질환을 동반한 자로 하였다.

2. 연구의 절차

본 연구의 참여에 동의하고, 선정 조건과 제외 조건을 충족시킨 목 통증 환자 36명을 대상으로 시행하였다. 대상자 선정 과정에서 간판 시술이나 수술을 받은 적이 있거나, 목 기능장애 수준이 15점 이하인 자 등과 1차 평가 후 개인 사정으로 지속적으로 참여하지 못한 6명을 대상자에서 제외시켰다. 목의 감각운동 조절 훈련프로그램을 적용한 군(실험군)과 적용하지 않은 대조군에 각각 18명의 대상자를 무작위 배치하였다. 무작위 배치 방법은 인터넷 무작위 배정 프로그램(<http://www.randomizer.org>)을 이용하였다. 두 군에게 동일하게 기본적인 물리치료를 적용하고, 실험군에 배정된 대상자들에게는 레이저 장비

(Rechargeable laser, Motion Guidance, USA)를 장착한 시각적 피드백 장비를 이용하여 시행하는 감각운동 조절 훈련 프로그램을 적용하였고, 대조군에게는 레이저 장비를 장착하지 않은 운동들을 실험군에 적용하였다. 본 연구의 설계는 Figure 1에 제시하였다.

두 군에게 동일하게 적용한 목 장애 치료를 위한 기본적인 물리치료 중재방법에는 전기치료(10분)와 도수치료(10분)를 적용하였고, Dunsceili 등[26]에 의해 제안된 목 안정화 운동(10분)을 적용하였다. 그리고 목뼈 부위 감각운동 조절 훈련(10분)은 시각적 피드백 장비와 함께 사용하는 목 운동을 위한 나비 모양의 배경 그림을 사용하였다. 운동 방법은 Taimela 등[25], Jull 등[27]과 Sahrmann [28]이 제시한 운동프로그램을 재구성하여 적용하였고, 주 3회, 40분씩, 4주간 총 12회의 운동프로그램을 실시하였다.

중재 전, 두 군 모두에 목 통증 수준과 목 기능장애 수준, 목 관절가동범위, 심리사회적 수준 그리고 목의 관절 재위치 정확도를 각각 평가하였고, 2주 후, 4주 후에 재평가하였다. 이 연구는 사전에 대전대학교 기관생명윤리위원회의 승인(IRB/IACUC number: 1040647-202004-HR-009-01)을 받은 뒤에 진행되었다.

Figure 1. Study design. SF-12, short form-12; HRA, head reposition accuracy.

3. 평가방법 및 측정도구

1) 목의 통증 수준

목 통증의 수준을 평가하기 위해 숫자통증척도(numeric rating scale, NRS)를 사용하였다. NRS는 환자에게 0에서 10까지의 숫자를 선택하게 함으로써 통증의 심각성을 평가하는 도구이다[29]. 0점은 '통증이 없음', 10점은 '상상할 수 없을 정도의 통증'을 의미하며, 4점 이하의 정도, 4-7점은 중등도, 7점 이상은 중증의 통증이다. 숫자통증등급의 점수가 2점씩 또는 30% 감소되면 임상적으로 통증이 개선됨을 의미한다. 숫자 통증 등급의 재검사 신뢰도는 $r = 0.95-0.96$ 이며, 구성 타당도 수준은 0.86 이상으로 신뢰도와 타당도가 매우 높은 편이다[30].

2) 목의 관절가동범위

대상자들의 목에 관절가동범위를 측정하기 위해 목 경사 각도기(Cervical Range of Motion, CROM; Performance Attainment Associates, Roseville, MN, USA)를 이용하였다. 이 장치는 3개의 운동면에 하나씩 총 3개의 경사계를 부착하여 각도를 측정할 수 있게 되어 있다[31]. 플라스틱 지지대에는 두 개의 경사계가 들어있어 목의 굽힘, 펴 및 측방굽힘 각도를 측정할 수 있으며, 중재 전과 2주차, 4주차 중재 후에 각각 2회 반복 측정하였고, 그 평균값을 측정치로 사용하여 통계 분석하였다. 경사 각도기의 최소 감지 변화값(minimal detectable change)은 굽힘 2.2° , 펴 2.8° , 왼쪽 돌림 2.1° , 오른쪽 돌림 2.6° 이며 왼쪽 가쪽굽힘 1.8° , 오른쪽 가쪽굽힘은 1.6° 이고 검사-재검사 측정 신뢰도는 $r = 0.98$ (95% confidence interval: 0.95-0.99)이다[32].

3) 목 기능장애 수준

목의 기능장애 수준을 평가하기 위해 목 기능장애 지수(neck disability index)를 이용하였다. 이 도구는 총 10문항으로 구성되어 있으며, 대상자의 목통증과 기능장애를 측정하도록 고안되어 있다. 통증의 정도, 물건 들기, 집중, 독서, 두통, 자기관리, 운전, 작업, 수면, 여가활동으로 구성된 6점 척도(0 = 통증, 기능장애 없음, 5 = 참을 수 없는 통증이나 기능장애)로 자기기입식 설문지이며 총 점수 범위는 0-50점이다. 0-4점은 "장애 없음", 5-14점은 "경미한 장애", 15-24점은 "중등도 장애", 25-34점은 "중증장애", 35점 이상은 "완전한 장애"로 분류된다. 신뢰도는 0.90으로 높으며 타당도는 $r = 0.72$ 로 나타났다[33].

4) 심리사회적 수준 평가

대상자의 심리사회적 수준을 평가하기 위해 삶의 질 조사지인 SF-12를 이용하였다. SF-36의 긴 응답시간의 문제점을 보완하기 위해서 SF-36을 축소시켜 2분 내외 정도로 응답 가능하도록 만든 도구이다. 이 도구는 신체적 건강지수(Physical Component Score, PCS) 정신적 건강지수(Mental Component Score, MCS) 2개 하부영역으로 구분되어 있는 12문항의 설문지로, 신체적 건강지수에 신체적 기능, 신체적 역할 제한, 통증, 일반 건강의 4개의 소영역으로 구분되어 있으며, 정신적 건강지수는 정신 건강, 감정적 역할 제한, 사회적 기능, 활력, 4

개의 소영역으로 구분되어 있다. 총점은 <https://www.orthotoolkit.com/sf-12/>에서 PCS와 MCS를 구분하여 점수화 시켰다. 이 도구의 Cronbach alpha 값은 신뢰도 0.81로 높은 편이며 PCS의 신뢰도는 0.63, MCS의 신뢰도는 0.69로 높게 나타난다[34].

5) 목 관절위치 감각 평가

목의 관절위치 감각 수준을 평가하기 위해 머리 재위치 정확도(head reposition accuracy) 검사를 시행하였다. 목 위치 감각의 평가는 CROM 장치를 이용하였다. 참가자는 먼저 눈을 뜨고 머리를 중립 위치에 놓은 다음 표시가 그려진 그림에 중앙 지점을 "목표 위치"로 설정하고 머리를 좌측 또는 우측으로 돌린 후 다시 목표 위치에 오게 하도록 하였다. 대상자에게 목표 위치를 기억하라고 지시하였다. 이러한 과정을 3-4번 연습하여 평가 방법을 이해시킨 후에 본 검사를 실시하였다. 본 검사는 눈을 감고 실시하였다. 왼쪽이나 오른쪽 검사의 순서는 무작위로 정해 실시하였다. 검사 중 한쪽 돌린 상태로 5초간 유지한 후 대상자에게 목표 위치로 되돌아가 멈추라고 지시하였다. 대상자가 목표 위치를 찾은 후 그 지점에 연구자는 중립 위치에서 CROM 기구로 측정된 각도를 기준으로 목표 위치에 왔을 때 CROM 기구에 나타난 각도($^\circ$)를 측정하여 기록지에 기록하였다[35]. 이 과정을 좌측과 우측에서 각각 3번 반복 수행하고 그 평균값을 구하였다. 본 연구에서는 중재 전에 측정하고 2주차, 4주차에는 치료가 끝난 다음에 측정하였다. 이 검사의 재검사 신뢰도는 오른쪽 0.79, 왼쪽 0.85로 높았다[21,36].

4. 중재 방법

1) 기본 물리치료

실험군과 대조군 두 군 모두에게 제공한 목 통증 치료를 위한 기본 물리치료 방법에는 전기치료, 도수치료 그리고 목 안정화 운동이 포함되며 이 중재를 실시한 후에 목 부위에 감각운동 조절 훈련을 실시하였다.

(1) 전기치료

목의 통증을 경감시키기 위해 전기치료는 Park 등[37]의 연구에서 목 통증 환자들에게 나타나는 증상 중 하나인 두통을 완화하기 위해 적용한 방법인 목 뒤쪽의 뒤통수근과 긴목근, 긴머리근 부위에 전기치료(H-401, Hanil™; Hanil Medipia Co., Ltd., Seoul, Korea)를 10분간 실시하였다.

(2) 도수치료

도수치료는 Hyong 등[38]이 목 통증을 가진 환자에게 적용한 Maitland의 관절가동술 기법 중 하나인 고리뒤통수(atlanto-occipital) 관절의 돌림 기법을 상하부 척추소관절에 총 8분간 적용 후 근육 이완을 목적으로 등세모근(trapezius)과 어깨올림근(levator scapulae)의 스트레칭을 2분간 실시하였다.

(3) 목 안정화 운동

목 안정화 운동은 깊은 목 굽힘 운동을 이용한 안정화 운동을 실시하였다. 운동 시에 바이오 피드백 압력기구(Pressure biofeedback Stabilizer device; Chattanooga group, Hixson, TN, USA)를 이용하여 머리-목 굽힘 운동을 실시하였고, 이 운동은 대상자를 바로 누운 자세를 취하게 한 후 압력 센서를 목의 만복 바로 뒤에 위치하고 기구의 압력이 20 mmHg가 되도록 만든 후, 고개가 숙여지지 않도록 하며 턱을 아래로 당기는 동작으로 통해 10초간 유지하게 하였다. 운동의 진행은 10초간 유지를 성공한 경우 압력 기구에 압력이 30 mmHg가 될 때까지 2 mmHg씩 단계적으로 압력을 높이고 그대로 유지하도록 하였다[39]. 각 단계별 운동의 유지 시간은 10초씩 10회 반복하였다. 휴식 시간은 수축과 수축 사이에 15초간 제공하였다. 추가적으로 적용한 운동은 목 등척성 운동으로 목을 해부학적 자세에서 유지하면서 목의 펴, 굽힘, 오른쪽, 왼쪽 그리고 가쪽굽힘 방향으로 대상자 스스로 10초간 저항을 유지하며 3번 수행하였다[40].

2) 목뼈 부위 감각운동 조절 훈련 프로그램

목의 정확한 위치 감각을 뇌에 전달해 주기 위한 목적으로 시행한 목 감각운동은 Taimela 등[25]과 Jull 등[27]과 Sahrman [28]의 연구와 Motion Guidance 장비에서 제공한 목의 고유수용감각 향상 운동치료 프로토콜을 참고하여 재구성하였다. 감각운동 조절 운동을 위해 사용한 중재 도구는 Figure 2에 제시하였다.

운동프로그램은 치료시간 40분 동안 치료사의 구두 지시로 진행하여 잘못된 동작 시에 바로 수정하도록 하였다. 치료하는 동안 거울을 이용해 환자 스스로 자신의 목 위치를 조정하도록 하여 목 감각운동 조절 훈련의 수행에 성공률을 높여주었다. 대상자가 운동 중에 통증이 나타날 경우 즉시 운동을 중단하고 휴식하도록 하였고, 통증이 발생되기 전까지의 범위에서만 운동을 하도록 지도하였다. 목 감각운동 조절 훈련은 1주까지는 앉은 자세에서 10번씩 3회 각 동작을 총 30회 실시하였고, 2-4주차까지는 앉은 자세에서 10번씩 1회 시행한 후 바로 선 자세에서 10번씩 3회 각 동작을 총 30회 시행하였다. 그리고 네발기기 자세에서 실시한 가슴뼈 돌리기 운동은 가슴뼈를 돌림으로써 목 주위의 관절과 근육들을 부드럽게 만드는 것을 목적으로 실시하였다. Bird

dog 운동은 체간 심부 근육을 자극해서 목뼈부의 흔들림을 최소화하도록 단단히 잡아 주는 안정화를 목적으로 적용하였다. 이 운동은 주 3회 4주간 실시하였다.

(1) 목 감각운동 조절 운동

실험군에 목 감각운동 조절 운동은 머리에 레이저 장비를 착용한 시각적 바이오 피드백을 제공하는 기구를 이용해 대상자의 앞에 설치한 나비 모양의 그림판에 그려져 있는 선을 따라 레이저의 빔이 따라가게 하였고, 그림의 모양을 따라 머리와 목을 움직이게 하는 운동을 1.2 M 뒤에서 앉은 자세와 바로 선 자세에서 각각 오른쪽, 왼쪽 10회 반복 실시하였다. 대조군은 실험군과 동일하게 시행하였지만 바이오 피드백 장비 이용 없이 나비 모양 그림의 선을 눈으로 따라서 하도록 지도하였다(Figure 3).

(2) 가슴뼈(thoracic) 돌리기 운동

가슴뼈 돌리기 운동은 목뼈의 돌리는 기능에 영향을 주기 위해 실시하였다. 네발 기기 자세에서 실험군은 머리에 레이저 장비를 착용한 상태로 얼굴 바로 밑에 위치시킨 나비 모양 그림의 선을 따라 레이저 빔의 표식을 보면서 한쪽 손을 몸통을 돌리는 방향을 따라 옆으로 최대한 돌리는 운동을 10회 반복하게 하였다. 대조군의 운동은 실험군과 동일하지만, 레이저 장비와 그림 없이 한쪽 손을 몸통이 돌리는 방향으로 따라 돌리는 운동을 총 10회 반복하였다(Figure 3).

(3) 버드 독(bird dog) 운동

버드 독 운동은 네발 기기 자세에서 실시하였고, 실험군은 머리에 레이저 장비를 착용한 상태에서 얼굴 밑에 위치한 그림의 한가운데 지점에 레이저 포인터가 오게 하고 그 부위를 벗어나지 않도록 유지하면서 한쪽 팔과 반대측 다리를 위로 들어올리고 15초간 유지하는 운동을 10회 반복하였다. 그 다음 반대측에도 같은 방법으로 교대로 실시하였다. 대조군은 실험군과 동일 운동이지만 레이저 장비와 그림 없이 시선은 얼굴의 아래에 오게 하여 유지하면서 실험군과 같은 운동을 하게 하였다(Figure 3).

Figure 2. Intervention equipment. (A) Side view wearing laser equipment. (B) Laser equipment. (C) Butterfly drawing.

Figure 3. Cervical sensorimotor control training program. (A) Neck sensorimotor exercise in a seated state. (B) Neck sensorimotor exercise in a standing position. (C) Thoracic rotation exercise with visual feedback. (D) Bird dog exercise with visual feedback.

Table 1. General characteristics of subjects

Variables (unit)	EG (n = 18)	CG (n = 18)	t
Gender (man/woman)	8/10	7/11	-0.329
Age (y)	48.61 ± 12.08	49.78 ± 10.52	-0.309
Height (cm)	163.72 ± 12.48	164.00 ± 11.80	-0.069
Weight (kg)	60.83 ± 12.94	62.61 ± 11.29	-0.439
BMI (kg/m ²)	22.42 ± 2.06	23.19 ± 2.86	-0.926

Values are presented as only number or mean ± standard deviation. ER, experimental group; CG, control group; BMI, body mass index.

5. 분석방법

본 연구를 통해 수집된 자료분석은 윈도우용 SPSS ver. 25.0 프로그램(IBM Co., Armonk, NY, USA)을 사용하여 통계처리 하였다. 대상자의 일반적 특성을 알아보기 위해 기술통계를 사용하여 분석하였고, 측정된 모든 변수의 평균과 표준편차를 산출하였다. 모든 변수의 정규성 검정을 위해 Shapiro-Wilk 검정을 사용하였고, 각 군의 중재 전, 후를 비교하기 위하여 독립 t-검정을 실시하였고, 중재 전과 2주 후, 4주 후에 측정된 각 변수들의 변화 양상에 차이를 비교하기 위해 개체간 요인이 있는 반복측정 분산분석(repeated measure analysis of variance)을 실시하였다. 측정 시점 간에 유의한 차이가 있을 경우 본페로니 사후검정을 실시하였다. 모든 통계 분석 시 유의수준은 $\alpha = 0.05$ 로 정하였다.

RESULTS

1. 연구대상자의 일반적 특성

본 연구에서 참여한 실험군(n = 18)과 대조군(n = 18) 간에 평균 연령과 평균 신장, 평균 체중, 체질량지수는 모두 유의한 차이가 없었다.

Table 2. Comparison of pain level and functional disability level between the groups at the time of measurement

Variables	EG (n = 18)	CG (n = 18)	t	F ^a
NRS				2.337
Baseline	7.44 ± 0.98	6.94 ± 0.87	1.613	
2 weeks	5.22 ± 0.73 ^b	4.78 ± 0.87 ^b	1.649	
4 weeks	3.00 ± 0.84 ^{b,c}	3.06 ± 0.72 ^{b,c}	-0.212	
F	139.13*	269.3*		
NDI				1.306
Baseline	32.11 ± 8.15	30.56 ± 6.49	1.613	
2 weeks	19.50 ± 6.40 ^b	20.06 ± 6.93 ^b	0.108	
4 weeks	7.39 ± 3.31 ^{b,c}	9.00 ± 4.77 ^{b,c}	0.833	
F	154.700*	201.530*		

Values are presented as mean (°) ± standard deviation. ER, experimental group; CG, control group; NRS, numeric rating scale (range: 0–10 point); NDI, neck disability index (range: 0–50 point). ^aGroup x time. ^bThere is a significant difference compared to baseline ($p < 0.01$). ^cThere is a significant difference compared to 2 week ($p < 0.01$). * $p < 0.01$.

자세한 자료는 Table 1에 제시하였다.

2. 중재 후 측정 시점에 따른 두 군 간에 목 통증 및 기능장애 수준 변화 양상 비교

중재 후 실험군과 대조군에 대한 측정 시점에 따른 목 통증 수준 및 기능장애 수준의 변화 양상을 Table 2에 제시하였다. 두 군 사이에 기초선의 통증 수준은 유의한 차이가 없었다. 통증 수준은 군과 측정시점 간에 상호작용이 없었다. 실험군과 대조군 모두 측정 시점별로 통증 수준은 유의한 감소를 보였다($p < 0.01$). 사후검정 결과, 실험군과 대조군 모두에서 2주 후와 4주 후에 통증 수준은 각각 기초선에 비해 유의한 감소를 보였으며($p < 0.01$), 4주 후는 2주 후에 비해 유의한 감소를 보였다($p < 0.01$).

두 군에 기초선의 목 기능장애 수준은 유의한 차이가 없었다. 기능장애 수준은 군과 측정시점 간에 상호작용이 없었다. 실험군과 대조군 모두 측정시점에 따른 기능장애 수준은 유의한 감소를 보였다($p < 0.01$). 사후검정 결과, 실험군과 대조군 모두에서 2주 후와 4주 후에 기능장애 수준은 각각 기초선에 비해 유의한 감소를 보였으며($p < 0.01$), 4주 후에는 2주 후에 비해 유의한 감소를 보였으며($p < 0.01$).

3. 측정 시점에 따른 두 군 간에서 목 관절가동범위의 변화 양상 비교

측정시점에 따른 두 군 간에 목 관절가동범위 변화 양상을 Table 3에 제시하였다. 두 군 사이에 기초선의 목 굽힘과 펴, 오른쪽 돌림, 왼쪽 돌림 각도는 모두 유의한 차이가 없었다. 이 연구에서 측정한 목의 굽힘, 펴, 오른쪽 돌림, 왼쪽 돌림 각도는 모두 군과 측정시점별 변화 양상은 상호작용이 없었다. 그러나 측정시점에 따라 실험군과 대조군에서 측정한 모든 방향의 각도는 유의하게 증가하였다($p < 0.01$). 사후검정 결과, 측정한 모든 방향에서 동일하게 2주 후와 4주 후에 목의 관절가동범위는 각각 기초선에 비해 유의하게 증가하였고($p < 0.01$), 4주 후 시점은 2주 후 시점에 비해 유의한 증가를 보였으며($p < 0.01$).

4. 측정 시점에 따른 두 군 간에 삶의 질 수준의 변화 양상 비교

측정시점에 따른 실험군과 대조군의 삶의 질 수준의 변화 양상을 Table 4에 제시하였다. 삶의 질 수준은 신체적 건강 영역과 정신적 건강 영역으로 구분하여 평가하였다. 두 군 사이에 기초선의 신체적 건강

Table 3. Comparison of cervical range of motion between the groups at the time of measurement

Variables	EG (n = 18)	CG (n = 18)	t	F ^a
Flexion				0.681
Baseline	50.06 ± 4.65	49.81 ± 3.56	0.181	
2 weeks	55.55 ± 3.97 ^b	56.22 ± 2.57 ^b	0.554	
4 weeks	61.30 ± 3.63 ^{b,c}	61.55 ± 2.15 ^{b,c}	0.803	
F	149.65*	155.31*		
Extension				1.018
Baseline	49.38 ± 3.84	49.94 ± 3.00	-0.483	
2 weeks	55.91 ± 4.17 ^b	55.80 ± 3.57 ^b	0.086	
4 weeks	64.41 ± 4.23 ^{b,c}	63.30 ± 3.65 ^{b,c}	0.843	
F	198.022*	164.790*		
Right rotation				0.914
Baseline	50.97 ± 3.98	51.94 ± 4.26	-0.747	
2 weeks	56.47 ± 3.82 ^b	56.44 ± 4.28 ^b	0.021	
4 weeks	63.33 ± 3.71 ^{b,c}	63.38 ± 4.15 ^{b,c}	-0.042	
F	143.45*	77.610*		
Left rotation				0.369
Baseline	50.25 ± 3.38	49.86 ± 3.76	0.326	
2 weeks	57.33 ± 4.22 ^b	56.66 ± 4.64 ^b	0.450	
4 weeks	64.08 ± 4.18 ^{b,c}	62.86 ± 4.38 ^{b,c}	0.856	
F	212.845*	160.343*		

Values are presented as mean (°) ± standard deviation. ER, experimental group; CG, control group. ^aGroup x time. ^bThere is a significant difference compared to baseline ($p < 0.01$). ^cThere is a significant difference compared to 2 week ($p < 0.01$). * $p < 0.01$.

영역 점수와 정신적 건강 영역의 점수는 모두 유의한 차이가 없었다. 신체적 건강 영역과 정신적 건강 영역의 점수는 모두 군과 측정시점 간에 상호작용이 없었다. 측정시점에 따른 두 군의 점수는 실험군과 대조군 모두에서 유의하게 증가하였다($p < 0.01$). 사후검정 결과, 실험군에서는 2주 후 시점과 4주 후 시점의 신체적 건강 수준은 각각 기초선에 비해 유의한 증가였으며($p < 0.01$), 4주 후 시점은 2주 후 시점에 비해 유의하게 증가를 보였으며($p < 0.01$).

5. 측정 시점에 따른 두 군 간에 목 관절위치 감각 변화 양상 비교

측정시점에 따른 두 군에 목의 관절위치 감각 수준에 변화 양상을 Table 5에 제시하였다. 두 군 사이에 오른쪽과 왼쪽의 목 관절위치 감각 수준은 군과 측정시점 간에 유의한 상호작용이 있었다($p < 0.05$). 두 군에 기초선의 오른쪽과 왼쪽 방향의 목 관절위치 감각 수준은 모두 유의한 차이가 없었다. 사후검정 결과, 실험군과 대조군은 모두 기초선

Table 4. Comparison of change short form-12 between the groups at the time of measurement

Variables	EG (n = 18)	CG (n = 18)	t	F ^a
SF-12 PCS				0.099
Baseline	31.63 ± 5.07	30.99 ± 5.40	0.367	
2 weeks	41.36 ± 5.47 ^b	40.32 ± 5.80 ^b	0.555	
4 weeks	51.98 ± 2.83 ^{b,c}	50.60 ± 3.49 ^{b,c}	1.296	
F	170.722*	126.741*		
SF-12 MCS				0.126
Baseline	23.06 ± 7.65	23.92 ± 7.30	-0.346	
2 weeks	38.41 ± 6.48 ^b	38.53 ± 7.06 ^b	-0.053	
4 weeks	53.48 ± 6.48 ^{b,c}	52.86 ± 8.08 ^{b,c}	0.256	
F	124.027*	88.347*		

Values are presented as mean (°) ± standard deviation. ER, experimental group; CG, control group; SF-12 PCS, short form-12 physical component score; SF-12 MCS, short form-12 mental component score. ^aGroup x time. ^bThere is a significant difference compared to baseline ($p < 0.01$). ^cThere is a significant difference compared to 2 week ($p < 0.01$). * $p < 0.01$.

Table 5. Comparison of change neck joint position sense the groups at the time of measurement

Variables	EG (n = 18)	CG (n = 18)	t	F ^a
HRA-Rt				3.670*
Baseline	6.22 ± 1.95	6.64 ± 1.87	0.692	
2 weeks	4.27 ± 1.82 ^b	5.13 ± 1.73 ^b	0.738	
4 weeks	1.59 ± 1.02 ^{b,c}	3.35 ± 0.64 ^{b,c}	0.056**	
F	91.522**	62.938**		
HRA-Lt				6.835*
Baseline	5.58 ± 1.85	5.83 ± 1.29	-0.480	
2 weeks	4.51 ± 1.87 ^b	4.10 ± 1.17 ^b	0.789	
4 weeks	1.67 ± 0.82 ^{b,c}	2.77 ± 0.85 ^{b,c}	-3.955**	
F	59.400**	92.741**		

Values are presented as mean (°) ± standard deviation. ER, experimental group; CG, control group; HRA-Rt, head reposition accuracy right; HRA-Lt, head reposition accuracy left. ^aGroup x time. ^bThere is a significant difference compared to baseline ($p < 0.01$). ^cThere is a significant difference compared to 2 week ($p < 0.01$). * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$.

과 비교해 2주 후와 4주 후에 양쪽의 목 관절위치 감각 수준은 유의하게 개선되었으며($p < 0.01$), 2주 후와 4주 후 간에도 유의한 차이를 보였다($p < 0.01$).

DISCUSSION

이 연구는 만성 목 통증을 가진 대상자들에게 4주 동안의 목뼈 부위 감각운동 조절 훈련을 시각적 피드백을 적용하여 시행하여 통증, 기능, 심리사회적 요인에 미치는 효과를 알아보고자 시도되었다. 연구 결과 다음과 같은 사실을 알게 되었다. 중재 후에 목의 통증과 기능장애 수준, 관절가동범위, 심리사회적 요인의 변화 양상은 실험군과 대조군 간에 유의한 차이가 나타나지 않았지만, 목의 관절위치 감각 수준은 유의한 변화를 보였다. 대조군의 목에 관절위치 감각 오차 각도 수준은 중재 전에 비해 중재 4주 후에 목의 양측에 오차각도의 평균 변화량이 약 50% 감소하였으나, 실험군은 중재 4주 후에 약 72%의 변화를 보였다. 이 연구의 초점인 시각적 피드백을 이용한 감각운동 조절 훈련이 기본적인 물리치료 방법들과 연합하여 제공된다면 목 관절위치 감각 수준을 향상시킬 수 있는 결과를 얻을 수 있을 것이다.

허리 통증과 함께 목 통증은 일상 생활에서 기능장애를 일으키는 일반적인 요인 중 하나이며, 문명이 현대화될수록 장시간의 컴퓨터나 휴대폰 사용으로 인해 목의 문제는 피할 수 없게 되었다. 목뼈는 머리를 지탱할 수 있는 안정성과 머리와 몸의 연결을 도와주는 운동성과 관련이 되는 동적 움직임을 하는 특성을 모두 가지고 있어 좋지 않은 자세 습관과 반복되는 미세손상은 건강상에 문제를 일으킬 수 있다. 목의 자세를 안정적으로 유지할 때 목의 깊은 굽힘근인 목긴근, 머리긴근, 뒗갈래근 등의 중요한 역할을 한다[41]. 만성 목 통증 환자의 머리 위치를 조정하는 정확도는 일반인보다 더 낮다고 보고되고 있으며, 그에 대한 이유로 적절한 목의 자세 정렬에 부정적인 영향을 미칠 수 있다고 한다[25]. 이에 대한 몇 가지 가능한 기전은 깊은 목 굽힘근의 재교육 후 관절위치 감각의 오류 수준이 개선됨을 통해 설명할 수 있었다. Falla 등[42]의 연구에서 깊은 목 굽힘근 훈련을 통해 상대적으로 높은 밀도의 근방추를 보유하고 있는 것으로 밝혀진 깊은 굽힘근들을 직접 재활성화시킬 수 있다고 하였다. 따라서 깊은 굽힘근 훈련과 관련된 반복적인 근수축은 근방추 기능을 개선하여 목의 고유수용감각 수준을 개선할 수 있게 될 것이다. 깊은 목 굽힘근 훈련 프로그램은 피험자로 하여금 점진적으로 내부 범위 위치에서 정확하게 유지하는 연습을 할 때 목 아래 부위에 압력 센서를 제공하는 바이오 피드백을 사용함으로써 깊은 목 굽힘근 범위 내의 한 위치에서 반복적이고 정확한 타겟팅을 할 수 있게 한다. 더 나아가 이러한 목의 안정화 운동과 함께 시각적 피드백을 이용한 목 부위에 감각운동 조절 운동의 제공은 목의 통증과 기능장애 수준, 관절가동범위, 목의 관절위치 감각을 개선하는데 효과적일 것이라고 사료된다.

Izquiero 등[43]의 연구에서 시각적 피드백을 이용한 목의 고유수용감각 훈련과 안정화 운동이 모두 만성 목 통증 환자의 통증 수준에 유

의한 개선을 보였다고 하였다. 본 연구에서는 두 군에 중재 후에 측정 시점별 통증 수준의 변화 양상은 상호작용은 없었으나, 두 군 모두 기초선과 비교해 4주 후에 통증 수준은 유의한 감소를 보였다. 이 결과는 선행연구들과 유사한 결과를 보였다.

목의 기능장애 수준은 중재 전과 이후 측정시점 간에 두 군 모두가 기능장애 수준에 유의한 감소를 보였다. 그러나 중재 후 기능장애 수준의 변화양상은 두 군 간에 차이가 없었다. 이는 만성 목 통증 환자에게 안정화 운동과 고유수용감각 훈련을 적용한 후 목 기능장애 수준에 유의한 감소를 확인한 Gallego Izquierdo 등[43]의 연구 결과와 일치하였다. 또한, Chung 등[44]은 만성 목 통증 환자를 대상으로 8주 간에 목 안정화 운동프로그램을 적용한 결과, 실험군에서만 기능장애 수준 개선에 유의한 차이를 보였고 대조군에서는 차이가 없었다. 그러나 본 연구에서는 목 부위 감각운동 조절 훈련 프로그램을 적용한 후 실험군과 대조군 모두에서 기능장애 수준의 개선이 나타났는데, 이는 안정화 운동과 함께 적용한 도수치료와 고유수용감각 훈련을 포함해 진행한 차이에 의한 것이 아닌가 판단된다.

Lee와 Lee [34]의 연구에서 건강수준이 환자들의 삶의 질에 유의한 영향을 미친다고 하였고, 환자들의 삶의 질을 높이기 위해서는 환자들의 통증이 감소해야 한다고 하였다. 본 연구에서도 목 통증 수준이 감소함에 따라 신체적, 정신적 건강지수가 모두 향상되었다.

Lee 등[45]의 연구에서 건강한 성인에게 5주간 목의 안정화 운동을 실시하였을 때, 중재를 적용한 실험군에서만 모든 방향의 관절가동범위에 유의한 증가가 나타났다고 하였다. 본 연구에서는 만성 목 통증 대상자들에게 목 안정화 운동과 함께 고유수용감각 훈련을 실시하여 실험군과 적용하지 않은 대조군 모두에서 모든 방향에 관절가동범위에 유의한 증가를 보였다. Falla 등[42]은 목 안정화 운동보다 고유수용감각 훈련이 목의 움직임 방향에 유의한 영향을 준다고 하였다. 따라서 목 안정화 운동 하나만을 적용하기보다는 고유수용감각 훈련을 함께 적용한다면 더 좋은 결과를 얻을 수 있을 것이라고 예상한다.

Breen 등[46]은 관성 측정 장치를 이용한 시각적 바이오 피드백 운동이 목의 움직임을 개선시킬 수 있다고 하였다. 본 연구에서는 레이저 포인터를 이용한 시각적 피드백을 제공하기 위해 머리에 레이저 기구를 고정화 후 전방에 위치한 그림에 선을 따라가도록 목의 움직임을 일으키는 운동을 시행하게 하였고, 그 결과 목의 통증과 기능장애 수준, 관절가동범위, 관절위치 감각 수준에 미치는 영향을 연구하였다. Armstrong 등[17]은 머리를 정확한 위치에 배치할 수 있는 능력은 피드포워드(feed-forward) 및 피드백 메커니즘 수행 능력에 있다고 하였다. 본 연구에서의 레이저 포인터를 사용한 시각적 피드백 훈련이 머리 재위치 정확도 능력을 향상시킬 수 있다고 생각된다. Treleaven [47]은 목 통증으로 인한 기능장애는 구심성 정보를 변화시키며 결과적으로 감각운동 제어의 타이밍 및 제어하는 능력을 변화시킨다 하였고, 레이저 장비를 이용한 시각적 피드백 적용이 그 효과를 증가시킬 것으로 판단된다고 하였다. Reid 등[35]은 CROM 장비를 이용하는 것은 물리치료사의 주관적인 개입이 많이 들어갈 수 있는 측정법이라 하여 관절위

치 감각 평가를 정확히 평가하는 데 한계가 있다고 한 바 있다. 그러나 임상에서나 연구를 목적으로 목의 고유수용감각 수준을 평가하기 위해 목에 관절위치 감각 평가를 자주 이용하고 있으며 이에 대한 제한점에 대한 근거가 부족하여 현재까지 계속적으로 사용되고 있다. Owens 등[48]은 이러한 목적의 연구에서 환자의 머리를 좀 더 잘 고정해 줄 수 있는 기구를 사용한다면 더 정확한 측정이 될 수 있다고 제안하였다.

본 연구에는 몇 가지 제한점이 있다. 첫째, 중재 기간이 4주로 짧아 더 장기적인 중재 효과로 일반화하는 데 한계가 있다. 둘째, 감각운동 조절 운동 중재를 적용하는 과정에서 대상자의 통증 수준을 고려하지 못해 통증 수준이 운동 과정에 어떠한 영향을 줄 수 있는지에 대해 명확히 하지 못하였다. 셋째, 병원에서 적용한 치료과정 후 가정에서 개별적으로 시행하는 운동을 관리하지 못해 중재의 지속 효과를 명확히 하는 데 한계가 있었다. 이러한 문제들을 보완하여 향후 연구에서는 장기간의 중재 연구를 실시하고 가정에서 시행하는 운동프로그램을 관리할 수 있는 연구가 필요하다. 또한, 만성 목 통증은 쉽게 다시 재발할 수 있는 특성이 있어 직업적으로나 습관적인 자세 특성을 고려한 교육 프로그램도 추가되어 좀 더 운동의 효과가 지속될 수 있는 장기적인 연구가 이어지길 기대한다.

CONCLUSIONS

본 연구는 6주 이상 목 통증을 경험하는 환자 총 36명을 대상으로 목 통증을 위한 물리치료 프로그램에 추가한 목 부위에 감각운동 조절 훈련의 효과를 알아보기 위해 실시하였다. 대상자들은 감각운동 조절 훈련을 위해 시각적 피드백을 적용하고 운동프로그램을 시행한 실험군($n = 18$)과 시각적 피드백 없이 운동프로그램을 시행한 대조군($n = 18$)으로 무작위 배정하였다. 4주간의 목 부위 감각운동 조절 훈련 프로그램을 시행하고 중재 전과 중재 2주 후 그리고 4주 후에 두 군의 목 통증과 기능장애 수준, 관절가동범위, 심리사회적 수준 그리고 머리 재위치 정확도 수준을 각각 평가하였다. 측정시점에 따른 측정된 각 변수들의 변화 양상을 비교 분석하여 다음의 결과를 얻었다.

목 관절위치 감각은 중재 후에 실험군이 대조군에 비해 유의하게 더 개선되는 변화 양상을 보였다. 중재 후 두 군에 관절위치 감각의 수준은 모두 유의한 차이를 보였다. 그 외에 목 통증과 기능장애 수준, 관절가동범위, 심리사회적 수준 변수들의 측정시점에 따른 변화 양상은 두 군 간에 차이는 없었다. 결론적으로 목 통증 환자에게 시각적 피드백을 이용한 목의 감각운동 조절 훈련 적용은 목의 관절위치 감각에 긍정적인 영향을 준다는 것을 확인하였다.

CONFLICTS OF INTEREST

No potential conflict of interest relevant to this article was reported.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Conceptualization: IM. Data curation: IM. Formal analysis: IM, SK. Investigation: IM. Methodology: IM, SK. Project administration: IM, SK. Resources: SK. Software: IM, SK. Supervision: SK, SK. Visualization: IM. Writing - original draft: IM. Writing - review & editing: IM.

ORCID

In-gi Min, <https://orcid.org/0000-0002-8096-0946>

REFERENCES

1. Côté P, Cassidy JD, Carroll LJ, Kristman V. The annual incidence and course of neck pain in the general population: a population-based cohort study. *Pain* 2004;112(3):267-73.
2. Dvorak J, Panjabi M, Gerber M, Wichmann W. CT-functional diagnostics of the rotatory instability of upper cervical spine. 1. An experimental study on cadavers. *Spine (Phila Pa)* 1976;1987;12(3):197-205.
3. Jette DU, Jette AM. Physical therapy and health outcomes in patients with knee impairments. *Phys Ther* 1996;76(11):1178-87.
4. Silverman JL, Rodriquez AA, Agre JC. Quantitative cervical flexor strength in healthy subjects and in subjects with mechanical neck pain. *Arch Phys Med Rehabil* 1991;72(9):679-81.
5. Olson SL, O'Connor DP, Birmingham G, Broman P, Herrera L. Tender point sensitivity, range of motion, and perceived disability in subjects with neck pain. *J Orthop Sports Phys Ther* 2000;30(1):13-20.
6. Chen X, Treleaven J. The effect of neck torsion on joint position error in subjects with chronic neck pain. *Man Ther* 2013;18(6):562-7.
7. Park SH, Lee MM. Effects of lower trapezius strengthening exercises on pain, dysfunction, posture alignment, muscle thickness and contraction rate in patients with neck pain; randomized controlled trial. *Med Sci Monit* 2020;26:e920208.
8. Jull GA. Deep cervical flexor muscle dysfunction in whiplash. *J Musculoskelet Pain* 2000;8(1-2):143-54.
9. Bouët V, Gahéry Y. Muscular exercise improves knee position sense in humans. *Neurosci Lett* 2000;289(2):143-6.
10. Cheng CH, Wang JL, Lin JJ, Wang SF, Lin KH. Position accu-

- racy and electromyographic responses during head reposition in young adults with chronic neck pain. *J Electromyogr Kinesiol* 2010;20(5):1014-20.
11. Liu JX, Thornell LE, Pedrosa-Domellöf F. Muscle spindles in the deep muscles of the human neck: a morphological and immunocytochemical study. *J Histochem Cytochem* 2003;51(2):175-86.
 12. Corneil BD, Olivier E, Munoz DP. Neck muscle responses to stimulation of monkey superior colliculus. II. Gaze shift initiation and volitional head movements. *J Neurophysiol* 2002; 88(4):2000-18.
 13. Peterson BW. Current approaches and future directions to understanding control of head movement. *Prog Brain Res* 2004;143:369-81.
 14. Kim Y. The effects of myofascial release technique plus cervical stabilization exercise on pain intensity, range of motion, and quality of life in the middle-aged women with nonspecific neck and shoulder pain. Pocheon, CHA University, Master's Thesis. 2020.
 15. Chiu TT, Ng JK, Walther-Zhang B, Lin RJ, Ortelli L, Chua SK. A randomized controlled trial on the efficacy of intermittent cervical traction for patients with chronic neck pain. *Clin Rehabil* 2011;25(9):814-22.
 16. Aman JE, Elangovan N, Yeh IL, Konczak J. The effectiveness of proprioceptive training for improving motor function: a systematic review. *Front Hum Neurosci* 2015;8:1075.
 17. Armstrong B, McNair P, Taylor D. Head and neck position sense. *Sports Med* 2008;38(2):101-17.
 18. de Vries J, Ischebeck BK, Voogt LP, van der Geest JN, Janssen M, Frens MA, et al. Joint position sense error in people with neck pain: a systematic review. *Man Ther* 2015;20(6):736-44.
 19. Horak FB. Postural orientation and equilibrium: what do we need to know about neural control of balance to prevent falls? *Age Ageing* 2006;35 Suppl 2:ii7-11.
 20. Field S, Treleaven J, Jull G. Standing balance: a comparison between idiopathic and whiplash-induced neck pain. *Man Ther* 2008;13(3):183-91.
 21. Revel M, Andre-Deshays C, Minguet M. Cervicocephalic kinesthetic sensibility in patients with cervical pain. *Arch Phys Med Rehabil* 1991;72(5):288-91.
 22. Tjell C, Rosenhall U. Smooth pursuit neck torsion test: a specific test for cervical dizziness. *Am J Otol* 1998;19(1):76-81.
 23. Beinert K, Taube W. The effect of balance training on cervical sensorimotor function and neck pain. *J Mot Behav* 2013;45(3):271-8.
 24. Jull G, Falla D, Treleaven J, Hodges P, Vicenzino B. Retraining cervical joint position sense: the effect of two exercise regimes. *J Orthop Res* 2007;25(3):404-12.
 25. Taimela S, Takala EP, Asklöf T, Seppälä K, Parviainen S. Active treatment of chronic neck pain: a prospective randomized intervention. *Spine (Phila Pa 1976)* 2000;25(8):1021-7.
 26. Dusunceli Y, Ozturk C, Atamaz F, Hepguler S, Durmaz B. Efficacy of neck stabilization exercises for neck pain: a randomized controlled study. *J Rehabil Med* 2009;41(8):626-31.
 27. Jull GA, O'Leary SP, Falla DL. Clinical assessment of the deep cervical flexor muscles: the craniocervical flexion test. *J Manipulative Physiol Ther* 2008;31(7):525-33.
 28. Sahrmann S. Movement system impairment syndromes of the extremities, cervical and thoracic spines. St. Louis: Elsevier/Mosby; 2011.
 29. Salaffi F, Stancati A, Silvestri CA, Ciapetti A, Grassi W. Minimal clinically important changes in chronic musculoskeletal pain intensity measured on a numerical rating scale. *Eur J Pain* 2004;8(4):283-91.
 30. Hawker GA, Mian S, Kendzerska T, French M. Measures of adult pain: visual analog scale for pain (VAS pain), numeric rating scale for pain (NRS pain), McGill pain questionnaire (MPQ), short-form McGill pain questionnaire (SF-MPQ), chronic pain grade scale (CPGS), short form-36 bodily pain scale (SF-36 BPS), and measure of intermittent and constant osteoarthritis pain (ICOAP). *Arthritis Care Res (Hoboken)* 2011;63 Suppl 11:S240-52.
 31. Fletcher JP, Bandy WD. Intrarater reliability of CROM 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.
 32. Audette I, Dumas JP, Côté JN, De Serres SJ. Validity and between-day reliability of the cervical range of motion (CROM) device. *J Orthop Sports Phys Ther* 2010;40(5):318-23.
 33. Vernon H, Mior S. The neck disability index: a study of reliability and validity. *J Manipulative Physiol Ther* 1991;14(7):409-15.
 34. Lee SM, Lee J. A study on employees' health status and quality of life by using SF-12 - a case study of employees in large-scale workplaces in Daejeon and Chungcheong province -. *Korean J Occup Health* 2019;1(2):77-87.
 35. Reid SA, Rivett DA, Katekar MG, Callister R. Efficacy of manual therapy treatments for people with cervicogenic dizziness

- and pain: protocol of a randomised controlled trial. *BMC Musculoskelet Disord* 2012;13:201.
36. **Treleaven J, Jull G, Sterling M.** Dizziness and unsteadiness following whiplash injury: characteristic features and relationship with cervical joint position error. *J Rehabil Med* 2003;35(1):36-43.
37. **Park RJ, Kim JS, Lee IH, Park J, Han DU.** Effects of electrotherapy on blood velocity of cranial artery in tension-type headache subjects. *J Korean Soc Phys Ther* 2000;12(3):249-59.
38. **Hyoung IH, Kim HS, Lee SY.** The effect of immediate pain and cervical ROM of cervical pain patients on stretching and manipulation. *J Korean Soc Phys Ther* 2009;21(4):1-7.
39. **Kim J.** Effects of deep cervical flexors strengthening exercise on cervical-shoulder angle, disability index and pain in patients with chronic neck pain. *Korean Acad Orthop Man Phys Ther* 2015;21(2):33-7.
40. **Abdel-aziem AA, Draz AH.** Efficacy of deep neck flexor exercise for neck pain: a randomized controlled study. *Turk J Phys Med Rehab* 2016;62(2):107-15.
41. **Boyd-Clark LC, Briggs CA, Galea MP.** Muscle spindle distribution, morphology, and density in longus colli and multifidus muscles of the cervical spine. *Spine (Phila Pa 1976)* 2002;27(7):694-701.
42. **Falla D, Jull G, Dall'Alba P, Rainoldi A, Merletti R.** An electromyographic analysis of the deep cervical flexor muscles in performance of craniocervical flexion. *Phys Ther* 2003;83(10):899-906.
43. **Gallego Izquierdo T, Pecos-Martin D, Lluch Gírbés E, Plaza-Manzano G, Rodríguez Caldentey R, Mayor Melús R, et al.** Comparison of cranio-cervical flexion training versus cervical proprioception training in patients with chronic neck pain: a randomized controlled clinical trial. *J Rehabil Med* 2016;48(1):48-55.
44. **Chung SH, Her JG, Ko T, You YY, Lee JS.** Effects of exercise on deep cervical flexors in patients with chronic neck pain. *J Phys Ther Sci* 2012;24(7):629-32.
45. **Lee MY, Kim SG, Lee HY.** The effect of cervical stabilization exercise on active joint position sense: a randomized controlled trial. *J Back Musculoskelet Rehabil* 2016;29(1):85-8.
46. **Breen PP, Nisar A, O'laighin G.** Evaluation of a single accelerometer based biofeedback system for real-time correction of neck posture in computer users. *Annu Int Conf IEEE Eng Med Biol Soc* 2009;2009:7269-72.
47. **Treleaven J.** Sensorimotor disturbances in neck disorders affecting postural stability, head and eye movement control. *Man Ther* 2008;13(1):2-11.
48. **Owens EF Jr, Henderson CN, Gudavalli MR, Pickar JG.** Head repositioning errors in normal student volunteers: a possible tool to assess the neck's neuromuscular system. *Chiropr Osteopat* 2006;14:5.