

Original Article

등척성 목 펴기 시 만성 목 통증이 있는 환자와 정상인 간의 근육 피로도, 근력 및 지구력 비교

박찬희

연세대학교 물리치료학과 대학원생

Comparison of Muscle Fatigue, Strength, and Endurance in Adults with and without Chronic Neck Pain during Isometric Neck Extension

Chan-hee Park

Dept. of Physical Therapy, Yonsei University

ABSTRACT

Background: Chronic neck pain (CNP) is associated with weakness in the deep neck flexor muscles, a shortening of the neck extensors, and a reduction in endurance. In addition, muscle imbalance can lead to neck pain and musculoskeletal dysfunction. This study compared neck extensor muscle fatigue, muscle strength, and muscle endurance time between patients with CNP and healthy adults during isometric neck extension.

Methods: Thirty participants (15 patients with CNP and 15 healthy adults) were recruited in this research. The outcome measures included splenius capitis (SC) muscle fatigue, isometric neck extensor strength, and muscle endurance. The independent T-test was used to compare the continuous dependent variables between the CNP group and the healthy group.

Results: The independent T-test indicated that muscle fatigue in the left SC differed significantly between the CNP group and the healthy group. A significant difference was also noted in the isometric neck extensor and neck extensor strength between the groups.

Conclusion: Our results provided promising clinical evidence that patients with CLP have reduced neck extensor strength and endurance and increased SC muscle fatigue, which results in neck pain.

Key Words:

Chronic neck pain, Endurance, Muscle fatigue, Neck extensor, Neck extensor strength

I. 서론

목 통증은 70% 이상의 사람이 통증을 호소하며, 주요 원인으로서는 연부 조직의 손상(87.5%), 사고로 인한 후유증(5.3%)으로 나타난다(Misailidou 등, 2010).

만성 목 통증(chronic neck pain; CNP)은 12주 이상 원인 모를 통증, 깊은 목 근육의 약화, 목 관절 가동범위 소실, 뻣뻣함, 기능장애 등이 연구되었다(Rao, 2002). 최근 연구에 의하면, CNP는 목과 어깨 부위의 수동적이고 능동적인 움직임에 통증 과민성이 나타나거나(Misailidou 등, 2010), 표면 및 심부 목 굽힘근(longus capitis, longus colli, sternocleidmastoid, anterior scalenes)과 목 펴기근(splenius captis; SC, semispinalis capitis)의 불균형이 주된 원인으로 알려져 있다(Yoo와 An, 2009).

SC는 목뼈 주동근이며, 목 통증을 유발하는 주요 근육으로 알려져 있다(Roh와 Lee, 2012; Travell과 Simons, 2008). 목 통증은 심부 목 굽힘근육의 약화와 목 펴기근의 짧아짐 및 지구력 저하와 관련이 있다고 한다(Griegel-Morris 등, 1992). 또한, 근 불균형은 목 통증 및 근골격계 손상을 유발한다(Raine와 Twomey, 1997). 정상인보다 CNP 환자의 목 굽힘근 및 펴기근의 지구력이 감소가 보고되었지만, 머리널판근(SC)의 근 활성도는 반대로 올라간다고 보고되었다(Lindstrom 등, 2011; Cagnie 등, 2007).

이로 인해, CNP가 있는 환자들의 경우 턱 당기기 자세(chin-in)를 유지하기 힘들다(Peelsson과 Kjellman, 2007; Lee 등, 2005). 만성 목 통증 환자는 근력, 지구력, 효율성, 위치 조정의 감소와 자기 인식 기능의 저하와 관련하여 목 심부근육의 기능에 영향을 미치는 것으로 나타났다(Arimi 등, 2018; Ghamkhar 등, 2018).

하지만, 등척성 목 펴기 시 목 펴기 근육의 표면근전도(electromyography; EMG) 피로도, 근력 및 지구력과 관련하여 만성 목 통증이 있는 환자와 건강한 성인 그룹 사이의 잠재적인 차이를 조사한 연구는 없었다.

따라서 본 연구의 목적은 엎드린 상태에서 본인의 80%의 최대 힘으로 목 펴기 하였을 때, 건강한 성인의 그룹에 비해 만성 목 통증 환자의 등척성 힘, 지구력 및 SC 근육의 피로도의 특성을 조사하는 것이다. 본 연구의 가설은 만성 목 통증 환자와 건강한 성인 간의 SC 근전도의 근 피로도 기울기, 목 펴기 힘 그리고 지구력 시간의 차이가 나타날 것이다.

II. 연구방법

1. 연구대상자

목 펴기근의 피로도 및 근지구력 검사에 대한 환자-대조군 연구이다. G-power 소프트웨어(Franz Faul, University of Kiel, Kiel, Germany)를 이용하여, $\alpha=.05$, 검정력은 .80 및 효과 크기는 .655로 설정하여 총대상자 수는 27명을 필요로 한다. 탈락자 10%를 고려하여 총 30명의 대상자(15명의 만성 목 통증 그룹과 15명의 목 통증에 대한 병력이 없는 대상자)를 Y 대학교 내에서 학교 내 게시판에 통하여 모집하였다. 또한, 연구에 참여한 대상자는 구두 및 서면 정보를 받은 후 동의서에 서명하였다.

실험군에는 첫째, 이전에 목 통증을 경험하였거나 5주 이상이거나 통증이 시각적 통증 척도(visual analog scale; VAS)가 3~5점인 자. 둘째, 목 기능 장애 평가 척도(neck disability index; NDI)가 5점에서 14점인 자로 선정하였다(Vernon과 Mior, 1991). 대조군은 첫째, 목 통증 병력이 없는 건강한 자 둘째, NDI 점수가 0점에서 4점인 자로 모집하였다.

목뼈 골절이나 탈구, 골수병증, 척추 종양, 척추 감염, 또는 이전에 수술한 병력이 있었던 경우는 대상자에서 제외하였다.

2. 실험도구 및 측정방법

피험자는 치료용 침대에 엎드린 상태에서 등척성 목 펴기 힘 측정이 가능한 스마트 KEMA 센서(KOREATECH Inc, Seoul, Korea)가 부착 되어 있는 탄력성 있는 벨트를 밌으로써, 목 펴기 근육 지구력을 측정하는 데 사용하였다.

측정 전 피험자는 실험 방법에 대한 충분한 설명을 듣고 연습한 후 측정하였다. 측정하는 동안 턱이 앞으로 쏠리거나 목 펴기와 같은 보상작용을 방지하기 위하여, 물리치료사 자격증을 소유한 실험자는 옆에서 감독하였다.

1) 목 펴기근의 등척성 근력측정

대상자는 어깨뼈 봉우리를 테이블 가장자리에 대고 엎드렸다. 실험 중 보상작용이 발생하지 않도록 흉추 부분을 벨트를 사용하여 묶었다. 편평한 바닥에 고정된

뒤, 풀링(pulling) 센서가 연결되어있는 벨트에 후두부(occipital bun) 부분에 바친 뒤 고정을 한다(Figure 1).

시작 신호와 함께 피험자는 본인의 최대 강도에 대해 목을 최대한 당겨 2번 반복 측정하였다. 근 피로 및 경련을 방지하기 위하여, 3분간 휴식을 취하였다. 경련이 발생할 시 즉시 실험을 중단하였다.

2) 목 펌근의 지구력과 근피로도 측정

최대 강도의 80%의 힘을 태블릿 모니터링하고 유지한 후, 시작 신호와 함께 50%까지 떨어질 때까지의 시간과 근 피로도를 실험군과 대조군에서 측정하였다. 모든 대상자는 근 피로도를 방지하기 위하여 3분간 휴식을 취하였다(Figure 1).

측정한 데이터는 풀링 센서를 이용하여 블루투스 네트워크를 통해 태블릿 PC(Samsung, Seoul, Korea)로 전송되고, 스마트 KEMA 어플리케이션(KOREATECH Inc, Seoul, Korea)을 이용하여 분석하였다. 데이터는 5초 동안 기록되었고, 앞의 1초와 뒤의 1초는 제외한 중간 3초의 평균값이 기록된다(Gwak 등, 2020).



Figure 1. Isometric neck extensors test

3) 근전도 신호 및 수집분석

EMG 신호에 대한 피부 표면의 저항을 제거하기 위해서 소독용 알코올로 피부 저항을 제거하고 면도칼로 제모 후, 전극을 피부에 부착하였다. 피부의 움직임으로 인한 전극 부착지점의 이동을 최소화하기 위해 엷드려 누운 자세에서 전극을 부착하였다. SC의 전극은 참고문헌을 참고하여 다음과 같이 배치되었다. 네 번째 경추 가시돌기에서 2cm 측면에 20mm인 양극성 근전도 표면 전극(Ag/AgCl surface bipolar electrodes)을 수직 방향으로 부착하였다(Cram, 2004). EMG 장비의 데이터 수집은 무선 Tele-Myo DTS EMG (Noraxon Inc, Scottsdale, AZ, USA) 및 Noraxon

MyoResearch 3.16 소프트웨어를 사용하여, 양쪽의 SC의 데이터를 모집하였다. EMG 신호는 밴드 패스 필터(20~450Hz), 노치 필터(60Hz), 샘플링 레이트는 1000Hz로 설정하였다. 근 피로도를 측정하는 방법으로는 근육의 주파수를 통하여 분석할 수 있는데, 고속 푸리에 변환(FFT) 알고리즘을 이용하여 중앙 주파수(MF)를 구했다. 식은 아래와 같다(Fuller 등, 2009)(Figure 2).

$$\int_0^{MF} S(f)df = \int_{MF}^0 S(F)df = \frac{1}{2} \int_0^{\infty} S(f)df$$

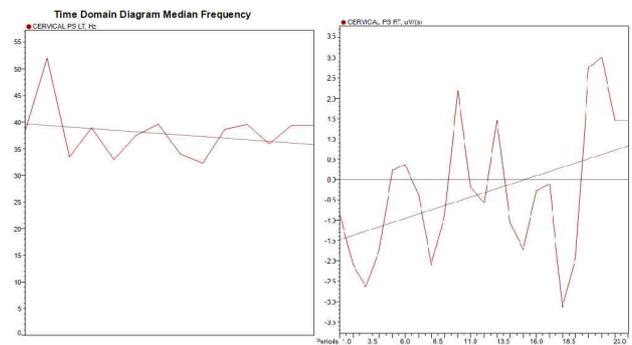


Figure 2. Muscle fatigue median frequency

4) 실험과정

피험자는 먼저 침대에 엷드린 상태에서 스마트 KEMA센서를 통하여, 최대 목 펌의 근력과 지구력 측정을 진행하였다. 2회 반복측정을 통하여, 힘의 평균값을 측정한다. 다음 순서로, 피험자에게 EMG를 알맞은 부착 부위에 붙인 뒤, 스마트 KEMA 센서와 연동된 스마트 KEMA 어플리케이션이 설치되어있는 태블릿을 활용하여, 최대 힘의 80%로 유지한 뒤, EMG를 동시에 측정한다. 50%까지 떨어지는 동안 EMG를 활용한 근 피로도 및 시간을 측정한다. 첫 번째 실험을 마치고 나면, 3분간 휴식을 통하여 근 피로도를 방지한다. 만약 어지러움이 발생하면 즉시 실험을 중단한다. 총 3회 측정하였다.

3. 분석방법

측정한 결과는 평균±표준편차로 표기하였다. 정규성 검정을 위하여 Shapiro-Wilk 검정을 통하여 모수 또는 비모수를 결정하였고, 독립표본 t-검정(independent T-test)을 이용해, 목 펌 지구력 시간 및 힘 그리고 SC의 근 피로도를 각각 그룹 간 분석하였다. 본 연구의

유의성 검정을 위해 통계학적 유의수준은 $\alpha=.05$ 로 정하였다.

효과 크기는 의미 있는 변화를 결정하기 위해 Cohen의 d를 사용하여 계산하였다. 여기서 $\leq .10$ 의 효과 크기는 매우 작음, $.20$ 은 작은 변화, $.50$ 은 중간 변화, $.80$ 은 큰 변화 1.20 은 매우 큰 변화, 2.0 은 가장 큰 변화를 의미한다(Solomon과 Sawilowsky, 2009). 자료의 분석은 SPSS Window version 25.0(IBM, Washington, USA) 프로그램을 사용하였다. 통계적 유의성은 $\alpha=.05$ 로 정하였다.

III. 연구결과

1. 연구대상자의 일반적 특성

실험군과 대조군 대상자들의 일반적 특성은 표 1과 같다. 독립표본 t 검정(independent T-test) 통계법을 통하여 실험군과 대조군 간의 차이가 없음을 확인하였다($p>.05$).

Table 1.
Demographic and clinical characteristics in participants

	Healthy group (n=15)	CNP group (n=15)	p
Sex(M/F)	10/5	10/5	-
Age(Yrs)	23.28±1.71 ^a	25.36±3.53	.434
BMI(kg/m ²)	26.37±2.71	21.33±2.12	.272
NDI(score)	1.73±.21	6.55±3.17	.003*
VAS(score)	0	2.28±1.61	.002*

^aMean±SD, * $p<.05$, CNP: Chronic neck pain, BMI: Body mass index, VAS: Visual analog scale, NDI: Neck disability index

2. 정상인과 만성 목 통증 환자의 근 피로도 기울기 비교

표 2에서는 독립표본 t 검정 분석을 통하여, 정상인그룹과 CNP 그룹 간의 왼쪽 SC에서는 유의한 근 피로도 차이가 있었으나($p<.001$), 오른쪽 SC에서는 유의한 차이가 없었다($p>.05$)(Table 2).

3. 정상인과 만성 목 통증 환자의 목 펌 근력 및 지구력 비교

독립표본 t 검정을 이용하여, 정상인그룹과 CNP 그룹 간 목 펌의 등척성 힘($p<.05$)과 지구력($p<.01$) 모두 통계적으로 유의한 차이가 있었음을 확인하였다(Table 3).

Table 2.
Comparison of splenius capitis muscle fatigue

	Healthy group (n=15)	CNP group (n=15)	p	Effect size
Lt	.18±.35 ^a	-.10±.17	.012*	1.01
Rt	-.01±.02	-.08±.13	.078	.75

^aMean(Hz)±SD, * $p<.05$, Lt: Left, Rt: Right, CNP: Chronic neck pain

Table 3.
Comparison of neck extensor force and endurance time

	Healthy group (n=15)	CNP group (n=15)	p	Effect size
Neck extensor strength(N)	17.13±6.88 ^a	13.16±5.51	.039*	.64
Endurance time(sec)	18.32±4.17	11.67±6.88	.014*	1.16

^aMean±SD, * $p<.05$, CNP: Chronic neck pain

V. 고찰

1. 연구방법에 대한 고찰

본 연구는 목 펌 테스트 때, CNP 환자와 정상인 간의 SC 근 피로도, 목 펌의 힘 그리고 지구력 시간의 차이를 확인한 연구이다. 본 연구의 가설대로 정상인과 CNP 환자 간에는 SC 근 피로도, 목 펌의 힘, 그리고 지구력 모두 차이가 났음을 알 수 있다.

특히, 목 펌의 힘 및 지구력에서는 그룹 간 통계적으로 유의한 차이가 나타남을 알 수 있다($p<.05$). 반면에 SC는 한쪽만 유의한 차이가 나타났음을 알 수 있다($p<.05$). CNP 환자는 정상인에 비해 30.1% 정도의 힘이 감소하였고, 또한 지구력 시간은 정상인에 비해 57.0%의 시간이 감소하였습니다.

2. 근력에 대한 고찰

본 연구에서는 정상인 15명과 CNP 환자 15명간의 근력에서 유의한 차이가 나타남을 알 수 있다. 이전에 유사한 연구를 보면, Rezasoltani 등(2010)은 정상인 여성(10명)과 CNP 여성 환자(10명)에게 등척성 측정 장비를 통하여, 목 펴기와 목 굽힘 시 등척성 힘을 측정하였다(Rezasoltani 등, 2010). 목 굽힘의 힘은 정상인보다 26% 감소하였고, 목 펴기의 힘은 42% 감소하였다. 펴기와 굽힘에서 둘 다 감소하였지만, 목 펴기의 감소량이 더욱 컸다. Ylinen 등(2004)의 연구에서도 목 통증 환자의 목 굽힘근과 목 펴기 근의 근력이 각각 50%, 29% 감소하였다. 목 근육 약화는 인대 및 관절 캡슐과 같은 구조에 과도한 스트레스와 통증을 유발한다. 따라서 통증과 반사억제의 결과로 근육 기능의 방해를 받을 수 있다. 반사억제는 최대 근육 기능을 제어하고 정상적인 근육 기능을 방지한다.

3. 근지구력에 대한 고찰

본 연구에서는 근지구력 간의 두 그룹에는 차이가 있었다. 이와 비슷한 이전 연구를 본다면, Oliveira 와 Silva(2016)는 CNP 환자(35명)가 정상인(35명)보다 목 펴기 지구력 시간 차이가 33% 난다고 하였다. Cagnie 등(2011)은 기능적 자기공명영상 연구에 의하면, 통증 발생으로 인한 다열근 및 머리반가시근(semispinalis cervicis)의 활동이 현저히 감소하였다고 보고하였다. 심부 근육의 활동 저하로 인한 표면 근육의 활동 증가로 인해 지구력이 감소하였다.

4. 근피로도에 대한 고찰

경추의 근골격계 손상이 지속되면 근 피로도 증가로 인해 통증 유발과 근력 감소 등의 기능 장애를 유발되는데, Falla 등(2009)은 만성 목 통증 환자의 양쪽 목 굽힘근의 근육의 피로도를 측정된 결과, 통증 면의 근 피로도가 증가한 것을 발견하였다. 피로도가 증가한 근육은 지속적이고 일정 스트레스로 인해 목 주변 자세 근육의 움직임 조절이 제한되고, MF값의 음의 기울기가 나타나게 된다. MF값은 근 활성화도, 힘, 피로도에 영향을 받기에 측정하는 동안 근 활성화도와 힘이 일정해야 피로도의 기울기가 완만하게 나온다(Vollestad, 1997). 근 피로는 일반적으로 근육 수축 효율 및 운동 피질 조절의 변화를 동반한다. 또한, 고유 수용 신호와 근방추 입력의 신뢰성을 간접적으로 변경하여 관절 안정성을

유지하는 능력을 저하한다(Gogia와 Sabbahi, 1994). 이전연구에 따르면, 목 통증과 목 주변 근육 피로는 균형장애를 유발하는 요인으로 제시하였다(Falla 등, 2004b).

Zabihhosseinian 등(2015)의 연구에 의하면, 12명의 CNP 환자가 13명의 정상인보다 목 굽힘 시, 근 피로도가 53.3% 증가하였음을 나타낸다(Zabihhosseinian 등, 2015). 척추 기립 근육은 자세 조절 기능으로 인해 많은 수의 유형 1 섬유를 포함한다(Mannion 등, 1997). 요추에서 흉추까지 허리 펴기 근육에는 약 30%의 유형 1 섬유들이 많다. 게다가, 정상인들에게는 요추 부분의 가장긴근(longissimus)와 뭇갈래근(multifidus) 그리고 경추 5~7번 부분의 목 굽힘근, 뭇갈래근, 목긴근(longus colli)에도 유형 1 섬유가 더 많이 분포함을 확인하였다(Boyd-Clark 등, 2001; Thorstensson과 Carlson, 1987). 하지만 손상으로 인한 유형 1 섬유 감소가 근 피로도를 증가시킨다.

5. 연구결과에 대한 고찰

본 연구에서는 CNP 환자와 정상인 간의 등척성 목 펴기 시, SC의 근 피로도, 목 펴기의 등척성 힘, 지구력 시간의 차이가 있었다고 할 수 있다.

본 연구의 제한점은 남성을 대상으로 하여, 남녀 모두 일반화하기 어렵다. 표면 근전도만을 사용하여, 심부 근육의 근 피로 및 활성화를 알 수가 없다. 추후 연구에서는 경추 굴곡과 펴기 시, CNP 환자와 정상인 간의 근 피로도, 등척성 힘, 지구력 차이에 관한 연구가 필요할 것으로 생각한다.

V. 결론

본 연구는 CNP 환자와 정상인 간의 SC의 근 피로도, 목 펴기의 등척성 힘 그리고 지구력 시간을 비교하였다. 정상인과 CNP 환자는 왼쪽 SC의 근 피로도, 목 펴기의 힘 그리고 지구력 시간 간의 차이가 있었고, 특히 지구력 시간의 차이가 가장 컸음을 알 수 있다.

1. CNP 환자가 정상인보다 SC의 근 피로도가 더 증가하였고, 특히 왼쪽은 통계적으로 유의한 차이가 나타났다($p < .05$).
2. CNP 환자와 정상인 간의 목 펴기의 등척성 힘은 통계적으로 유의한 차이가 나타났다($p < .05$).

Park. Comparison of Muscle Fatigue, Strength, and Endurance in Adults with and without Chronic Neck Pain during Isometric Neck Extension

3. CNP 환자와 정상인 간의 지구력 시간 또한 통계적으로 유의한 차이가 나타났다($p < .05$).

참고문헌

- Arimi SA, Ghamkhar L, Kahlaee AH. The relevance of proprioception to chronic neck pain: A correlational analysis of flexor muscle size and endurance, clinical neck pain characteristics, and proprioception. *Pain Med.* 2018;19(10):2077-2088. <https://doi.org/10.1093/pm/pnx331>.
- Boyd-Clark LC, Briggs CA, Galea MP. Comparative histochemical composition of muscle fibres in a pre and post vertebral muscle of the cervical spine. *J Anat.* 2001;199(6):709-716. <https://doi.org/10.1046/j.1469-7580.2001.19960709.x>.
- Cagnie B, Cools A, De Loose V, et al. Differences in isometric neck muscle strength between healthy controls and women with chronic neck pain: The use of a reliable measurement. *Arch Phys Med Rehabil.* 2007;88(11):1441-1445. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2007.06.776>.
- Cagnie B, O'Leary S, Elliott J, et al. Pain-induced changes in the activity of the cervical extensor muscles evaluated by muscle functional magnetic resonance imaging. *Clin J Pain.* 2011;27(5):392-397. <https://doi.org/10.1097/AJP.0b013e31820e11a2>.
- Cram, JR. *Biofeedback Applications. Electromyography: Physiology, Engineering, and Noninvasive Applications.* Hoboken (NJ): John Wiley & Sons, Inc. 2004:435-452.
- Fuller JR, Lomond KV, Fung J, et al. Posture-movement changes following repetitive motion-induced shoulder muscle fatigue. *J Electromyogr Kinesiol.* 2009;19(6):1043-1052. <https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2008.10.009>.
- Falla D, Jull G, Rainoldi A, et al. Neck flexor muscle fatigue is side specific in patients with unilateral neck pain. *Eur J Pain.* 2004a;8(1):71-77. [https://doi.org/10.1016/S1090-3081\(03\)00075-2](https://doi.org/10.1016/S1090-3081(03)00075-2).
- Falla D, Jull G, Hodges PW. Feed forward activity of the cervical flexor muscles during voluntary arm movements is delayed in chronic neck pain. *Exp Brain Res.* 2004b;157(1):43-48. <https://doi.org/10.1007/s00221-003-1814-9>.
- Ghamkar L, Kahlaee AH, Nourbakhsh MR, et al. Relationship between proprioception and endurance functionality of the cervical flexor muscles in chronic neck pain and asymptomatic participants. *J Manipulative Physiol Ther.* 2018;41(2):129-136. <https://doi.org/10.1016/j.jmpt.2017.08.006>.
- Gogia PP, Sabbahi MA. Electromyographic analysis of neck muscle fatigue in patients with osteoarthritis of the cervical spine. *Spine.* 1994;19(5):502-506. <https://doi.org/10.1097/00007632-199403000-00002>.
- Griegel-Morris P, Larson K, Mueller-Klaus K, et al. Incidence of common postural abnormalities in the cervical, shoulder, and thoracic regions and their association with pain in two age groups of healthy subjects. *Phys Ther.* 1992;72(6):425-431. <https://doi.org/10.1093/ptj/72.6.425>.
- Gwak, GT, Ahn SH, Kim JH, et al. Prediction model for the risk of scapular winging in young women based on the decision tree. *Physical Therapy Korea.* 2020;27(2):140-148. <https://doi.org/10.12674/ptk.2020.27.2.140>.
- Lee HJ, Nicholson LL, Adams RD. Neck muscle endurance, self-report, and range of motion data from subjects with treated and untreated neck pain. *J Manipulative Physiol Ther.* 2005;28(1):25-32. <https://doi.org/10.1016/j.jmpt.2004.12.005>.

- Lindstrom R, Schomacher J, Farina D, et al. Association between neck muscle co-activation, pain, and strength in women with neck pain. *Man Ther.* 2011;16(1):80-86. <https://doi.org/10.1016/j.math.2010.07.006>.
- Mannion AF, Dumas GA, Cooper RG, et al. Muscle fibre size and type distribution in thoracic and lumbar regions of erector spinae in healthy subjects without low back pain: Normal values and sex differences. *J Anat.* 1997;190(4):505-513. <https://doi.org/10.1046/j.1469-7580.1997.19040505.x>.
- Misailidou V, Malliou P, Beneka A, et al. Assessment of patients with neck pain: A review of definitions, selection criteria, and measurement tools. *J Chiropr Med.* 2010;9(2):49-59. <https://doi.org/10.1016/j.jcm.2010.03.002>.
- Oliveira AC, Silva AG. Neck muscle endurance and head posture: A comparison between adolescents with and without neck pain. *Man Ther.* 2016;22:62-67. <https://doi.org/10.1016/j.math.2015.10.002>.
- Peolsson A, Kjellman G. Neck muscle endurance in nonspecific patients with neck pain and in patients after anterior cervical decompression and fusion. *J manipulative Physiol Ther.* 2007;30(5):343-350. <https://doi.org/10.1016/j.jmpt.2007.04.008>.
- Rao R. Neck pain, cervical radiculopathy, and cervical myelopathy: Pathophysiology, natural history, and clinical evaluation. *J Bone Joint Surg Am.* 2002;84(10):1872-1881. <https://doi.org/10.2106/00004623-200210000-00021>.
- Raine S, Twomey LT. Head and shoulder posture variations in 160 asymptomatic women and men. *Arch Phys Med Rehabil.* 1997;78(11):1215-1223. [https://doi.org/10.1016/s0003-9993\(97\)90335-x](https://doi.org/10.1016/s0003-9993(97)90335-x).
- Rezasoltani A, Ali-Reza A, Khosro KK, et al. Preliminary study of neck muscle size and strength measurements in females with chronic non-specific neck pain and healthy control subjects. *Man Ther.* 2010;15(4):400-403. <https://doi.org/10.1016/j.math.2010.02.010>.
- Roh HL, Lee DH. Effect of a home-based exercise program on elderly women's health. *J Phys Ther Sci.* 2012;24(5):449-453. <https://doi.org/10.1589/jpts.24.449>.
- Yoo WG, An DH. The relationship between the active cervical range of motion and changes in head and neck posture after continuous VDT work. *Ind Health.* 2009;47(2):183-188. <https://doi.org/10.2486/indhealth.47.183>.
- Solomon SR, Sawilowsky SS. Impact of rank-based normalizing transformations on the accuracy of test scores. *Journal of Modern Applied Statistical Methods.* 2009;8(2):448-462. <https://doi.org/10.22237/jmasm/1257034080>.
- Thorstensson A, Carlson H. Fibre types in human lumbar back muscles. *Acta Physiol Scand.* 1987;131(2):195-202. <https://doi.org/10.1111/j.1748-1716.1987.tb08226.x>.
- Travell J, Simons D. *Myofascial Pain and Dysfunction: The Trigger Point Manual (the upper extremities)*. Williams & Wilkins. 2008.
- Vernon H, Mior S. The neck disability index: A study of reliability and validity. *J manipulative Physiol Ther.* 1991;14(7):409-415.
- Vollestad NK. Measurement of human muscle fatigue. *J Neurosci Methods.* 1997;74(2):219-227. [https://doi.org/10.1016/s0165-0270\(97\)02251-6](https://doi.org/10.1016/s0165-0270(97)02251-6).
- Ylinen J, Salo P, Nykanen M, Kautiainen H, et al. Decreased isometric neck strength in women with chronic neck pain and the repeatability of neck strength measurements. *Arch Phys Med Rehabil.* 2004;85(8):1303-1308. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2003.09.018>.
- Zabihhosseinian M, Holmes MW, Ferguson B, et

Park. Comparison of Muscle Fatigue, Strength, and Endurance in Adults with and without Chronic Neck Pain during Isometric Neck Extension

al. Neck muscle fatigue alters the cervical flexion relaxation ratio in sub-clinical neck pain patients. Clin Biomech. 2015;30(5):397-404. <https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2015.03.020>.

논문접수일(Date received) : 2021년 05월 01일

논문수정일(Date revised) : 2021년 05월 03일

논문게재확정일(Date accepted) : 2021년 06월 05일