

Influence of Upper Trapezius and Sternocleidomastoid Muscle Activation according to Cervical Flexion Angle in Sitting Posture

Sung-Min Son

Department of Physical Therapy, College of Health Science, Cheongju University, Cheongju, Republic of Korea

Purpose: This study examined the effect of the degree of neck flexion on the muscle activity of the upper trapezius and sternocleidomastoid muscles in the sitting position.

Methods: Twenty-five healthy young adults participated in this study. The study was designed to compare the muscle activity of the upper trapezius and sternocleidomastoid muscles according to the neck flexion angle under the three conditions (neutral position, 15° neck flexion, and 45° neck flexion) in the sitting position. During the neck position of three conditions in sitting, the electromyography (EMG) data (% maximum voluntary isometric contraction) of the muscles were recorded using a wireless surface EMG system.

Results: The muscle activity of the upper trapezius muscle and the sternocleidomastoid muscles showed a significant difference according to the three-neck position conditions ($p < 0.05$), and in the post-hoc test results, both muscles showed significant differences between the neutral position and 15° flexion, the neutral position and 45° flexion, and the 15° flexion and 45° flexion, respectively.

Conclusion: The load on the muscles around the neck and shoulders increased as the neck flexion angle increased. This suggests that performing various daily activities and tasks with the neck as neutral as possible can prevent muscle fatigue or musculoskeletal disorders.

Keywords: Upper trapezius, Sternocleidomastoid, Neck flexion, Muscle activity

서론

올바른 자세는 근골격계에 가해지는 부하와 긴장을 최소화하고 적절한 자세로 유지하는 것을 말한다. 일상생활과 작업 환경에서 올바른 자세를 유지하는 것이 필요하다는 인식이 높지만, 특정 작업 환경 특성 혹은 장시간 활동으로 인한 피로 등과 같은 요인으로 올바른 자세를 유지하기에 어려움이 있다.¹ 부적절한 선 자세나 앉은 자세 형태는 척추의 생리학적 만곡을 포함한 신체 전반적인 자세 정렬에 영향을 미쳐 척추 주위근의 긴장과 통증을 유발시킬 수 있다. 앉은 자세 정렬에 따른 근활성도 패턴을 조사한 연구에서는 근골격계 통증과 앉은 사이의 상관 관계를 명확히 확인하지는 못했다.^{2,3} 하지만, 일반적으로 중립적인 척추 자세로 앉은 것이 근골격계 구조에 유익하고 근골격계의 통증 증상을 감소시킨다고 보고하였다.⁴ Prins 등⁵의 체계적 고찰 연구에서도 특정한 앉은 자세에 따라 유도되는 부적절한 신체의 정렬은 근골격계의 불편함을 유발시킬 수 있다고 보고하였다.

최근 스마트폰 혹은 컴퓨터 사용은 가정과 직장에서 일상화되어

있으며, 사용자 수와 함께 사용하는 시간도 급격하게 증가하고 있다. 스마트폰 혹은 컴퓨터 사용에 따른 작업 형태와 앉은 자세의 형태는 목과 어깨를 포함한 다양한 영역의 근골격계 문제를 유발시킬 수 있다.⁶ 스마트폰과 컴퓨터의 장시간 사용은 목을 앞으로 굽힘 시키고 부적절한 자세를 유발시켜 목과 어깨 주위의 근골격계 질환 발생률을 증가시킬 수 있다고 보고하였다.⁷ 이와 관련한 목과 어깨 주위의 통증 양상으로 발전하는 이유는 비-중립적 척추 자세(non-neutral spinal posture)를 지속적으로 유지함으로써 목뼈(cervical spine)에 높은 수준의 부하가 전달되어 목-어깨 안정화 근육들의 활성화 증가되는 것과 관련이 있다.^{6,8,9} 건강한 사람을 대상으로 한 연구에서 등받이가 있는 의자에 앉아 컴퓨터 작업을 하는 동안 짧은 시간일지라도 시간이 지남에 따라 등세모근을 포함한 어깨 부위의 통증과 불편함을 유발할 수 있으며,¹⁰⁻¹² 이로 인해 위등세모근에 대한 압력 통각 과민이 발생할 수 있다고 보고하였다.^{12,13} 또한, 굽힘 된 앉은 자세로 자세를 유지하는 동안 목세움근(cervical erector spinae muscles)의 활동이 증가하고 이로 인해 위·아래등세모근 활성도가 모두 증가한다고 보고하

Received September 25, 2023 Revised October 11, 2023

Accepted October 20, 2023

Corresponding author Sung-Min Son

E-mail ssm0417@hanmail.net

Copyright ©2023 The Korean Society of Physical Therapy

This is an Open Access article distribute under the terms of the Creative Commons Attribution Non-commercial License (<https://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.

였다.^{14,15} 만성적인 목 통증을 가진 대상들은 통증이 없는 대상자들에 비해 머리의 앞쪽 쏠림(forward drift of the head)과 등뼈의 굽힘 커브(thoracic flexion curve)가 증가한 것으로 나타났으며, 똑바로 앉은 자세를 유지하기 위한 능력은 감소되었다고 보고하였다.¹⁶ 이러한 선행 연구 결과는 지속적인 구부정한 자세가 척추의 정렬에 변형을 발생시키고 목과 어깨의 과도한 근육 수축과 긴장으로 통증이 발생되어 나타난 결과이다.

다양한 머리 목 영역의 굽힘 각도에 따라 척추에 전달되는 부하를 확인한 연구에서 머리-목을 앞으로 굽힘 된 각도가 증가할수록 척추에 가해지는 무게는 극적으로 증가한다고 보고하였고, 중립 위치에서의 성인 머리의 무게는 10-12파운드 정도 가해지며, 머리가 앞으로 기울어진 굽힘 된 자세에서 목에 가해지는 힘은 15도에서 27파운드, 30도에서 40파운드, 45도에서 49파운드, 60도에서는 60파운드로 급증한다.¹⁷ 이와 같은 결과는 머리-목 영역의 굽힘 된 각도가 증가할수록 척추를 가해지는 부하도 증가하고 척추를 지지해주기 위한 목과-어깨 주위의 근육에 가해지는 부하도 함께 증가할 수 있음을 시사한다. 일상생활 활동 및 작업 환경에서 많은 사람들이 다양한 각도로 머리-목 굽힘 동작을 유지하며 앉은 자세에서 컴퓨터 혹은 스마트폰을 사용하는 것을 관찰할 수 있다. 선행 연구들에서는 머리-목 영역의 굽힘이 목과 어깨 주위 가해지는 부하가 증가되어 근활성도가 증가되어진다고 보고하였으나,¹³⁻¹⁶ 다양한 머리-목 영역의 굽힘 각도에 따라 목과 어깨 주위에 가해지는 부하 혹은 근활성도에 대한 연구는 부족하였다.

우리의 연구에서는 앉은 자세 동안 목 굽힘 정도가 목과 어깨 주위의 근육에 가해지는 부하에 영향을 미칠 것이라고 가정하였다. 따라서, 본 연구의 목적은 앉은 자세 동안 다양한 목 굽힘 각도에 따라 위등세모근과 목빗근의 근활성도에 미치는 영향을 확인하고자 한다.

연구 방법

1. 연구대상

본 연구에서는 25명의 대상자가 실험에 참여하였다. 실험 진행 이전에 모든 대상자들에게 연구의 목적과 진행 절차에 대해 충분히 설명하였고, 본 연구의 내용을 이해하고 자발적인 참여에 동의한 대상자들로 실험을 진행하였다. 참여 대상자들은 남성 9명과 여성 16명으로 구성되었고, 대상자들의 일반적 특성은 나이(세) 24.0±1.3, 키(cm) 169.6±6.2, 몸무게(kg) 62.4±10.5로 나타났다. 대상자의 선정 기준으로는 1) 과거머리-목 영역에 정형외과적 수술을 받지 않은 자, 2) 최근 6개월 이전에 머리-목 영역에 보존적 치료의 경험이 없는 자, 3) 현재 목뼈의 척추사이원반 탈출(heniation of intervertebral disc) 혹은 퇴행성 질환이 없는 자, 4) 머리-목 영역의 관절운동범위에 제한이 없는

자를 대상으로 하였다.

2. 측정도구 및 방법

1) 관절 각도기

대상자의 목 굽힘 각도를 측정하기 위하여 관절각도계(goniometer, Dongmyeong health Co., Korea)를 이용하였다. 관절각도계는 축을 중심으로 각각 9cm의 움직임 팔과 고정 팔로 구성되어 있으며, 360도 축회전과 함께 5도씩 간격으로 눈금이 표시되어 있는 플라스틱 재질의 도구를 사용하였다.

2) 표면 근전도

본 연구에서는 위등세모근과 목빗근의 근활성도를 측정하기 위해 무선 표면 근전도 측정 시스템(Telemyo 2400T, Noraxon Co., USA)을 이용하였다. 근활성도 측정 시 2개의 무선 채널에서 측정된 아날로그 신호가 소프트웨어(Telemyo2400T system, USA)로 전달되어 디지털 신호로 전환되며, 개인용 컴퓨터에 근전도 수치가 표시 및 저장된다. 근활성도 측정을 위해 표면 전극을 사용하였고, 표면 전극은 은/연화은(Ag-AgCl) 재질의 수분 겔이 부착되어 있는 일회용 전극을 이용하였다. 근활성도 측정 중 발생할 수 있는 노이즈를 최소화하기 위해 거리를 2cm의 전극 간 간격을 유지하였고, 피부저항을 최소화하기 위해 전극 부착부위에 소독용 알코올을 사용하여 피부표면을 닦아내었다.

3. 연구절차

우리 연구는 앉은 자세에서 3가지 조건의 목 굽힘 각도에 따라 위등세모근과 목빗근의 근활성도를 비교하기 위해 연구 설계가 이루어졌다. 목 굽힘 각도는 3가지 조건으로서 중립 위치, 15도 굽힘 위치, 45도 굽힘 위치로 설정하였다.

1) 목 굽힘 각도 측정

3가지 조건 중 중립 위치는 허리와 등을 곧바로 편 상태를 유지하고 시선은 정면을 본 상태로 설정하였다. 15도 목 굽힘 위치, 45도 목 굽힘 위치는 관절각도계를 이용하여 설정하였다. 관절 각도계를 이용하여 목 굽힘 각도를 설정하기 위해 중립 위치에서 관절각도계의 축은 머리의 왼쪽 측면 바깥귀길(external auditory meatus)에 위치시켰으며, 움직임 팔은 중립 위치에서 대상자가 물고 있는 설압자와 일직선이 되도록 하였고, 고정 팔은 아래 방향으로 움직임 팔과 수직이 되도록 하였다. 이후 중립 위치를 기준으로 관절각도계의 움직임 팔을 15도 혹은 45도 굽힘 위치로 이동 후 대상자가 물고 있는 설압자가 해당 설정 각도에 위치하도록 하였다.¹⁸

측정 시 대상자들의 모든 자세는 높낮이가 조절되는 의자를 사용하여 대상자의 발바닥을 바닥에 중립으로 위치시킨 후 엉덩관절과

무릎관절이 90도를 유지하고 앉은 자세를 취하도록 하였고, 등-허리 부위는 바로 편 상태를 유지하도록 하였다.

2) 근활성도 측정

본 연구에서는 위 등세모근과 목빗근 근활성도를 측정하였다. 위 등세모근의 근활성도를 측정하기 위한 전극은 7번째 목뼈(cervical 7th)와 어깨뼈 봉우리(acromion)의 중간지점에서 약간 바깥쪽에 부착하였고, 목빗근의 근활성도를 측정하기 전극을 부착하기 위해 대상자의 머리를 수평 회전 자세에서 관자뼈(temporal bone)의 꼭지돌기(mastoid process)와 복장뼈(sternum) 패임(jugular notch) 사이의 중간 지점에 부착하였다.¹⁹⁾

근활성도 변수는 대상자 간 근력 차이에 의해 발생하는 영향을 최소화하기 위해 % maximum voluntary isometric contraction (%MVIC)을 사용하여 정량화하여 정규화(normalization) 시켰다. 등세모근과 목빗근의 %MVIC를 측정하기 위해 최대 자발적 등척성 수축을 5초 동안 시행하였고, 최대 자발적 등척성 수축 시 근활성도를 측정하기 위하여 맨손근력검사를 시행하였다. 수집된 근활성도 수치 중 처음과 마지막 1초를 제외한 3초간의 측정된 값을 최대 자발적 등척성 수축 값으로 사용하였다. 각 근육별 3회 반복 측정하였으며, 평균값을 대푯값으로 설정하였다. 위등세모근의 최대 자발적 등척성 수축은 앉은 자세에서 측정하는 반대측 방향으로 머리를 수평 돌린 위치에서 검사자의 한 손은 어깨뼈가 내림되는 방향의 수동 저항과 다른 손으로는 대상자의 뒤통수에 위치하여 앞쪽 굽힘을 유발하는 수동 저항을 제공하여 5초간 측정되었다. 목빗근의 최대 자발적 등척성 수축은 앉은 자세에서 검사자의 한 손은 대상자의 이마 부위에 위치하여 뒤쪽 펴기를 유발하는 수동 저항을 제공하여 5초간 측정하였다.

3가지 목 굽힘 각도에 따른 위등세모근과 목빗근의 근활성도는 대상자의 목을 중립 위치, 15도 굽힘 위치, 45도 굽힘 각각 위치 시킨 후 20초 동안 근활성도를 측정하였다. 수집된 근활성도 수치 중 처음과 마지막 5초를 제외한 10초간 측정된 값을 산출하였고, 각 조건별 3회 반복 측정하였다. 대상자의 근피로를 최소화하기 위해 각 측정별 1분씩 휴식을 주었다. 실험 절차 진행에서 순서 효과로 인한 오류를 최소화하기 위해 목 굽힘 각도에 따른 3가지 조건의 측정 순서는 무작위 순서로 실시하였다.

$$\%MVIC = \frac{\text{목 굽힘 각도에 따른 근활성도 평균값}}{\text{최대 자발적 등척성 수축 평균값}}$$

4. 자료분석

본 연구에서는 표본 근전도로 활용한 수집된 자료들을 분석하기 위하여 Window SPSS version 22.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA)으로 통계

처리하였다. Kolmogorov-Smirnov test를 사용하여 정규성 검정을 확인하였다. 대상자들의 일반적인 특성들은 기술통계를 이용하여 확인하였고, 대상자들의 목 굽힘 각도에 따른 반복 측정된 위등세모근과 목빗근의 근활성도 자료를 비교하기 위해서 일요인 반복측정분산분석(one-way repeated ANOVA)을 사용하였다. 통계적 검증을 위한 유의수준은 $\alpha = 0.05$ 로 설정하였다. 일요인 반복측정분산분석의 사후 검정(post-hoc)을 위해 대응 t-검정(paired t-test)을 이용하여 분석하고, 유의수준은 본페로니 교정(Bonferroni correction)을 이용하여 $\alpha = 0.05/3$ 로 설정하였다.

결 과

위등세모근과 목빗근의 근활성도는 두 근육 모두 3가지 목 굽힘 조건(중립위치, 15도 굽힘 위치, 45도 굽힘 위치)에 따라 통계학적으로 유의한 차이를 보였고($p < 0.05$), 두 근육에서 모두 45도 굽힘, 15도 굽힘 위치, 중립 위치 순으로 높은 근활성도를 나타냈다(Table 1).

위등세모근과 목빗근의 각 굽힘 위치에 따른 조건별 근활성도 비교를 통해 사후검정을 실시한 결과에서는 두 근육 모두 중립 위치와 15도 굽힘 위치, 중립 위치와 45도 굽힘 위치, 15도 굽힘 위치와 45도 굽힘 위치 각각 유의한 차이가 나타났고($p < 0.017$), 두 근육에서 모두 45도 굽힘, 15도 굽힘 위치, 중립 위치 순으로 높은 근활성도를 나타냈다(Table 1).

고 찰

사람들은 단기간 혹은 장시간 앉은 자세에서 다양한 목 굽힘 각도를 유지하며 일상생활 활동과 다양한 작업을 수행하고 있다. 여러 연구에서 목 굽힘은 목과 어깨 주위 가해지는 부하를 증가시키고 이로 인해 근활성도가 증가되어진다고 보고하였으나, 목 굽힘 각도에 따라 목과 어깨 주위에 가해지는 부하 혹은 근활성도에 대한 연구는 부족한 실정이다. 따라서, 우리의 연구에서는 앉은 자세 동안 목 굽힘 정도가 위등세모근과 목빗근의 근활성도의 변화에 영향을 주는지 확인하였다. 본 연구 결과에서는 목 굽힘 각도가 증가할수록 위등세모근

Table 1. Comparison of EMG activity of UT and SCM muscle according to neck flexion angle (Unit: %MVIC)

	NP	NF15°	NF45°	F	p
UT	2.70±1.30	4.72±3.92 [†]	6.22±5.06 ^{†*}	13.64	<0.001*
SCM	2.88±1.36	5.30±4.44 [†]	8.47±6.33 ^{†*}	9.88	0.001*

Values represent Mean±SD. NP: neutral position, NF15°: neck flexion 15°, NF45°: neck flexion 45°, UT: upper trapezius, SCM: sternocleidomastoid. * $p < 0.05$, [†]There is a significant difference compared to NP, ^{†*}There is a significant difference compared to NF15°.

과 목빗근의 근활성도가 증가함을 확인하였고, 이는 목 굽힘의 각도가 증가할수록 목과 어깨 부위에 가해지는 부하가 증가할 수 있음을 시사한다.

우리의 연구 결과에서 중립 위치보다 목 굽힘 15도와 45도 굽힘 위치에서 위등세모근과 목빗근에서 각각 더 높은 근활성도가 나타났다. 여러 선행 연구들에서 장시간 앉은 자세에서 컴퓨터 작업과 스마트폰 사용 등은 목과 어깨 주위의 근피로와 통증과 같은 근골격계 질환을 유발시킬 수 있다고 보고하였다.²⁰⁻²² 이는 장시간 구부정한 앉은 자세(slumped sitting posture)에서 컴퓨터 혹은 스마트폰의 사용은 목과 어깨의 굽힘 자세를 더 유발시켜 목과 어깨 주위 근육들의 근활성도를 높이고 근피로를 야기시킨 것으로 사료된다. 장시간 컴퓨터 혹은 스마트폰의 사용은 척추를 전반적으로 구부정한 자세를 취하게 하여 목과 허리 부위의 굽힘 자세 유발시킨다고 보고하였고,^{23,24} Caneyro 등¹⁵의 연구에서 시상면에서 바로 앉은자세(upright posture)보다 구부정한 자세에서 목 굽힘의 각도가 증가한다고 보고하였다. 또한 컴퓨터의 디스플레이 위치에 따른 목과 어깨 자세와 근육활동에 대한 연구에서 낮은 위치의 디스플레이를 사용할 때보다 높은 위치의 디스플레이를 사용할 때 목과 어깨 주위 근육의 근활성도가 낮게 나타났으며, 이는 디스플레이의 위치가 높을수록 신체는 중립적인 자세에 가까워져 머리-목의 굽힘이 감소되고 낮은 위치의 디스플레이 사용은 머리-목과 허리 영역의 굽힘 자세를 유발하여 목 뺨근의 활동을 증가시킨다고 보고하였다.²⁵⁻²⁷ Cho²⁸의 연구에서는 컴퓨터를 장시간 사용한 경우 정상인에서 목 주변 근육 중 목빗근의 근활성도가 가장 크게 감소하고 피로도가 증가하였다고 보고하였다. 이는 장시간 목 굽힘 된 위치에서 컴퓨터 사용하게 되면 신체 중심선에서 머리 무게에 대한 외적 모멘트 팔(external moment arm)이 길어짐으로써 머리의 하중이 증가되어지고, 이로 인해 발생하는 불안정한 상태를 안정시키기 위한 목빗근의 과도한 수축과 긴장으로 피로가 가중됨에 따라 나타난 결과라고 보고하였다.²⁸ 이와 같은 선행 연구들의 결과는 중립 위치보다 목 굽힘 위치에서 더 높은 근활성도를 보인 우리의 연구 결과를 뒷받침한다.

본 연구에서는 15도 목 굽힘 위치보다 45도 목 굽힘 위치에서 위등세모근과 목빗근의 근활성도가 더 크게 증가하였다. 이러한 연구 결과는 목의 굽힘 각도가 증가할수록 머리의 위치 변화와 관계가 있다. 목 굽힘 각도가 증가할수록 머리-목 위치가 앞으로 이동하게 되며, 이는 신체 중심선에서 머리의 무게 중심이 더욱 멀어져 머리 무게에 대한 외적 모멘트 팔을 증가시킴으로써 목과 어깨 주위 근육들의 근활성도에 영향을 준 것이라 생각된다. Chaffin²⁹의 연구에서는 목을 앞으로 기울이는 작업 환경에 따라 목과 어깨 주위의 주관적인 불편감과 피로도에 대해 연구하였으며, 15도 목 굽힘 각도에서는 6시간 작업 후에도 주관적인 불편감이나 피로도는 작았지만, 목 굽힘 각도 30도

에서는 목 뺨근의 피로도가 크게 증가하였다고 보고하였다. 또한 선행 연구에서 정상 성인을 대상으로 바른 앉은 자세와 구부정한 앉은 자세에서 빗장뼈 높이 혹은 무릎 높이로 설정된 위치에서 스마트폰 사용이 위등세모근의 근육 피로도에 미치는 영향을 확인하였으며, 연구 결과에서는 무릎 높이에서 구부정한 자세로 스마트폰을 사용할 때 위등세모근의 근육피로도가 가장 크게 나타났다고 하였다.³⁰ 이는 구부정한 앉은 자세가 바로 앉은 자세보다 목 굽힘을 유도했을 뿐만 아니라 빗장뼈 위치보다 무릎 높이의 스마트폰 사용이 목의 굽힘을 더욱 유발시켰으며, 증가된 머리의 굽힘 자세를 유지하기 위해 위등세모근과 같은 목과 어깨 주위의 근활성도가 증가되고 시간이 지남에 따라 피로가 증가하여 나타난 결과라 생각된다. 이와 같이 선행 연구들에서 목의 굽힘 정도가 증가할수록 목과 어깨 주위의 근육들의 근활성도가 증가한 결과는 우리의 연구 결과와 동일하였으며, 우리의 연구 결과를 뒷받침한다.

우리 연구 결과는 목 굽힘 각도가 증가할수록 목과 어깨 주위의 근육에 가해지는 부하도 함께 증가할 수 있음을 확인하였고, 이는 최대한 목을 중립 위치에서 다양한 일상생활 및 작업을 수행하는 것이 근육의 피로도와 근육뼈대계 질환을 예방할 수 있음을 제시한다. 하지만, 본 연구 결과에서 고려해야 할 제한점이 몇 가지 있다. 첫째, 젊은 성인 대상자만 연구에 참여하여 다양한 연령층에 대해 일반화하기에 어려움이 있다. 둘째, 우리의 연구에서 목 굽힘 각도는 중립, 15도 굽힘, 45도 굽힘 3가지 조건에서만 근활성도를 확인하여 다양한 목 굽힘 각도에 대한 연구를 결과를 반영하지 못했다. 셋째, 목 굽힘에 따른 다양한 근육들의 변화를 확인하지 못했다. 따라서 향후 이러한 제한점들이 보완된 추가적인 연구가 지속적으로 이루어져야 할 것이다.

REFERENCES

- Li G, Buckle P. Current techniques for assessing physical exposure to work-related musculoskeletal risks, with emphasis on posture-based methods. *Ergonomics*. 1999;42(5):674-95.
- Grieg AM, Straker LM, Briggs AM. Cervical erector spinae and upper trapezius muscle activity in children using different information technologies. *Physiotherapy*. 2005;91:119-26.
- Straker LM, Burgess-Limerick R, Pollock C et al. The effect of forearm support on children's head, neck and upper limb posture and muscle activity during computer use. *J Electromyogr Kinesiol*. 2008;19(5):965-74.
- Straker L, Burgess-Limerick R, Pollock C et al. The impact of computer display height and desk design on 3D posture during information technology work by young adults. *J Electromyogr Kinesiol*. 2008;18(2):336-49.
- Prins Y, Crous L, Louw QA. A systematic review of posture and psychosocial factors as contributors to upper quadrant musculoskeletal pain in children and adolescents. *Physiother Theory Pract*. 2008;24(4):221-42.
- Sommerich CM, Joines SMB, Hermans V et al. Use of surface electromyography to estimate neck muscle activity. *J Electromyogr Kinesiol*. 2000;

- 10(6):377-98.
7. Lee S, Kang H, Shin G. Head flexion angle while using a smartphone. *Head flexion angle while using a smartphone. Ergonomics.* 2014;58(2): 220-6.
 8. 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.
 9. Szeto GPY, Straker LM, O'Sullivan PB. EMG median frequency changes in the neck-shoulder stabilizers of symptomatic office workers when challenged by different physical stressors. *J Electromyogr Kinesiol.* 2005;15(6): 544-55.
 10. Baker R, Coenen P, Howie E et al. The short term musculoskeletal and cognitive effects of prolonged sitting during office computer work. *Int J Environ Res Public Health.* 2018;15(8):1678.
 11. Christensen SWM, Johansson SS, Jensen MD et al. Effect of a posture-cueing shirt on sitting posture during a functional task in healthy participants: a randomized cross-over study. *J Manip Physiol Ther.* 2021;44(9): 725-33.
 12. Strom V, Roe C, Matre D et al. Deep tissue hyperalgesia after computer work. *Scand J Pain.* 2012;3(1):53-60.
 13. Park SY, Yoo WG. Effect of sustained typing work on changes in scapular position, pressure pain sensitivity and upper trapezius activity. *J Occup Health.* 2013;55(3):167-72.
 14. Caneiro JP, O'Sullivan P, Burnett A et al. The influence of different sitting postures on head/neck posture and muscle activity. *Man Ther.* 201;15(1): 54-60.
 15. Weon JH, Oh JS, Cynn HS et al. Influence of forward head posture on scapular upward rotators during isometric shoulder flexion. *J Bodyw Mov Ther.* 2010;14(4):367-74.
 16. Falla D, Jull G, Russell T et al. Effect of neck exercise on sitting posture in patients with chronic neck pain. *Phys Ther.* 2007;87(4):408-17.
 17. Hansraj KK. Assessment of stresses in the cervical spine caused by posture and position of the head. *Surgical technology international. Surg Technol Int.* 2014;25:277-9.
 18. Lee CY, Song HY, Lee JM et al. Usefulness of smart phone application to measure cervical range of motion. *The Journal of Korean Society of Community Based Occupational Therapy.* 2017;7(1):17-24.
 19. Cram JR, Kasman GS, Holtz J. *Cram's introduction to surface electromyography.* 2th ed. Boston Jones and Barlett Publishers.1998;363-7.
 20. Kim GY, Ahn CS, Jeon HW et al. Effects of the use of smartphones on pain and muscle fatigue in the upper extremity. *J Phys Ther Sci.* 2012;24(12): 1255-8.
 21. Szeto GP, Straker LM, O'Sullivan PB. A comparison of symptomatic and asymptomatic office workers performing monotonous keyboard work-2: neck and shoulder kinematics. *Man Ther.* 2005;10(4):281-91.
 22. Lee HJ. Neck pain and functioning in daily activities associated with smartphone usage. *J Kor Phys Ther.* 2016;28(3):183-8.
 23. Janwantanakul P, Sithipormvorakul E, Paksaichol A. Risk factors for the onset of nonspecific low back pain in office worker: a systematic review of prospective cohort studies. *J Manipulative Physiol Ther.* 2012;35(7): 568-77.
 24. Szeto GP, Lee R. An ergonomic evaluation comparing desktop, notebook, and subnotebook computers. *Arch Phys Med Rehabil.* 2002;83(4): 527-32.
 25. Straker L, Pollock C, Burgess-Limerick R et al. The impact of computer display height and desk design on muscle activity during information technology work by young adults. *J Electromyogr Kinesiol.* 2008;18(4): 606-17.
 26. Sommerich CM, Joines SM, Psihogios JP. Effects of computer monitor viewing angle and related factors on strain, performance, and preference outcomes. *Hum Factors.* 2001;43(1):39-55.
 27. Villanueva MB, Jonai H, Sotoyama M et al. Sitting posture and neck and shoulder muscle activities at different screen height settings of the visual display terminal. *Ind Health.* 1997;35(3):330-6.
 28. Cho WH, Lee WY, Choi HK. An investigation on the biomechanical effects of turtle neck syndrome through EMG analysis. *Journal of the Korean Society for Precision Engineering.* 2008;11:195-6.
 29. Chaffin DB. Localized muscle fatigued-definition and measurement. *J Occup Med.* 1973;15(4):346-54.
 30. Lee HK. The comparison of posture in the use of smartphone on muscle fatigue of cervical erector spinae and upper trapezius in healthy adults. *Gachon University. Dissertation of Master's Degree.* 2014.