

## 대학생의 머리척추 각도에 따른 뒤통수밑근 긴장도와 깊은목굽힘근의 지구력과의 상관관계

이희지 · 이연수 · 정지영 · 서동권<sup>†</sup>  
건양대학교 물리치료학과

Correlation between Tone of Suboccipital Muscle and Endurance of Deep Neck Flexor Muscle according to Angle Changes in College Students

Hee-ji Lee · Yeon-soo Lee · Ji-young Jeong · Dong-kwon Seo<sup>†</sup>  
Department of Physical Therapy, Konyang University, Daejeon, Republic of Korea

Received: March 11, 2019 / Revised: March 19, 2019 / Accepted: April 5, 2019  
© 2019 J Korean Soc Phys Med

### | Abstract |

**PURPOSE:** The continued use of smartphones has resulted in an abnormal body posture and neck alignment changes. Maintaining this posture for a long time weakens the flexor muscles in the neck and shortens the extensor muscles in the neck. This study examined the correlation between the suboccipital muscle tension and deep neck flexor muscle physical endurance according to the craniovertebral angles. **METHODS:** The craniovertebral angle, tension of the suboccipital muscle and endurance of the deep neck flexor muscle were measured in 58 healthy 20-year-old male and female college students. The tension of suboccipital muscle and endurance of the deep neck flexor muscle were then

divided according to the body mass index (BMI). Their correlation with the craniovertebral angle was then examined. Each parameter was measured three times to determine the interrater reliability.

**RESULTS:** The craniovertebral angle and suboccipital muscle tension showed differed significantly. On the other hand, the craniovertebral angle and deep neck flexor muscle physical endurance showed no significant differences.

**CONCLUSION:** The results show that the craniovertebral angle and deep neck flexor muscle physical endurance were not correlated, but a smaller craniovertebral angle resulted in a higher suboccipital muscle tension.

**Key Words:** Craniovertebral Angle, Muscle Tonus, Neck Muscle, Physical Endurance

<sup>†</sup>Corresponding Author : Dong-kwon Seo  
dkseo77@konyang.ac.kr, <https://orcid.org/0000-0002-3328-4922>  
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.

### I. 서론

현대인들의 지속적인 스마트폰 사용이나 과도한 업무 및 학습으로 인해 비정상적인 신체 자세와 목의 정렬의 변화가 나타난다. 좋지 않은 앉은 자세는 움직임

수 있는 목의 각도 범위를 제한하고[1] 이런 자세를 장시간 유지할 경우 머리가 무게 중심을 따라 수직선의 앞쪽에 위치하며[2] 목의 각도는 점차 줄어든다. 이때, 목에 가해지는 힘은 6.8 kg에서 13.6 kg 정도인데[3] 이러한 이상 힘이 계속 가해지게 되면 목의 근육들에 변화를 초래하게 되며 목의 펌근인 뒤통수밑근, 반가시근, 머리널판근은 단축되어 긴장도가 높아지고 경추를 지지하고 교정하는 앞쪽목굽힘근은 신장되면서 약화된다[1,4,5].

이 중 뒤통수밑근과 깊은목굽힘근이 목의 심부에 위치하고 있고 이러한 심부 근육들은 일반적으로 일차적인 목의 안정성에 중요한 역할을 한다. 따라서 정상적인 목의 자세와 정렬을 위해서는 표면 근육보다 먼저 심부 근육의 안정화가 필요하다[6].

뒤통수밑근은 큰뒤통머리곧은근, 작은뒤통머리곧은근, 아래머리빗근, 위머리빗근으로 구성되어 있다. 이 근육은 머리의 회전 움직임뿐만 아니라 자세를 조절하는 것과도 관련이 있고[7] 머리자세 조절에 큰 기여하는 고유수용체 감시장치로써 인체에서 가장 많은 근방추를 가지고 있으므로[8] 머리척추에 안정성을 주는 역할을 한다. 더욱이 뒤통수밑근에 위축이 발생하면 균형 감각 상실과 관련된 고유 감각에 장애를 만들어 내는 것이 선행 연구에서 확인되었다[9]. 따라서 머리 움직임 동안의 뒤통수밑근이 중요한 기능을 한다[10].

깊은목굽힘근에는 긴머리근과 긴목근, 앞머리곧은근, 가쪽머리곧은근이 있다. 깊은목굽힘근은 머리척추가 움직일 때 머리척추에 안정성을 제공하고 머리의 가속 제어에 기여하는 역할을 한다[11,12]. 이 근육들이 올바른 제 기능을 하지 못하면 목에 통증과 두통 및 자동차 사고 시에 의한 장애에 영향을 미치기도 한다[13,14]. 깊은목굽힘근의 지구력은 머리척추의 기능에 직접적으로 영향을 미친다[15]. 목에 통증을 가지고 있는 사람의 경우 턱 당기기 자세를 유지하기 힘들고[11,12] 지구력을 나타내기가 어렵다.

비정상적인 자세로 인해 머리가 앞으로 나아갈수록 머리와 목척추 부분의 굽힘이 잘 안되고 깊은목굽힘근의 활성화를 감소시키며 뒤통수밑근의 단축을 발생시킨다[16]. 또한, 하부 목뼈에 비해 상부 목뼈의 펌 정도

가 증가해 있었고 뒤통수밑근의 단축과 머리가 앞으로 나아가 있는 사람의 긴목근의 근두께가 그렇지 않은 사람의 긴목근의 근두께와 비교했을 때 감소되어 있음이 입증되었다[17]. Kim 등[1]은 비정상적인 자세 정렬로 인해 발생하는 목의 불편함과 통증의 다양한 원인들 중 머리 척추 각도와 목의 외재근 활성화도만을 선택적으로 다루었다. 이에 본 연구에서는 더 다양한 요인들 간의 상관관계를 알아보고자 하였다. 따라서 본 연구는 목통증이 없는 사람들에게서 머리척추의 각도에 따른 뒤통수밑근 긴장도와 깊은목굽힘근 지구력 사이의 상관관계를 분석하여 현대인들에게 목통증의 원인이 되는 요인에 관한 객관적인 정보를 제공하고자 한다.

## II. 연구방법

### 1. 연구대상자

본 연구의 대상자는 K대 학교의 건강한 20대 남녀 58명을 대상으로 연구의 목적과 방법의 충분한 설명 후 동의한 자로 설정하였다. 연구 대상자의 선정 조건으로는 목에서 통증 없이 움직임이 가능한 건강한 자이며 제외 기준은 다음과 같은 경우이다. 일상생활에 지장이 있을 만큼의 목이나 어깨 통증이 있는 자, 최근 6개월 안에 일상생활에 지장이 있을 만큼의 목이나 어깨 통증이 있었던 자, 현재 등 척추에 통증이 있는 자, 목에 외상이나 수술 경력이 있는 자, 이전 또는 현재 목이나 어깨에 상해를 입은 자, 상지의 신경근 통증이 있는 자, 근골격계 또는 신경근 질환 병력이 있는 자, 정기적으로 스포츠 활동에 참여하는 자, 심폐기능에 문제가 있는 자, 턱관절 장애가 있는 자로 해당하는 자는 연구 대상자에서 제외하였다.

연구의 시작 전 표본의 크기를 산출하기 위해 G\*power (version 3.1.9.2) 프로그램을 이용하였으며. 선행 연구를 토대로 효과크기를 산정한 결과 .52로 산출되었다[18]. 이를 근거로 유의수준 .05, 검정력 .95로 계산하였을 때, 필요 대상자수는 40명으로 계산되었다. 이에 본 연구에서는 15% 이상의 탈락율을 고려하여 60명의 대상자를 모집하여 진행하였다. 모집된 대상자 중 제외 기준에 포함되는 대상자 2명을 제외하여 (정기적으로 스

Table 1. Characteristics of the Subjects (N=58)

Gender (Male/Female)	21/37
Age_(year)	19.758±1.525 <sup>a</sup>
Height_(cm)	165.22±7.474
Weight_(kg)	58.81±10.346

Note. <sup>a</sup>=M±SD

포츠 활동에 참여하는 자 2명) 본 연구에 참여하게 된 대상자는 총 58명이다. 연구 대상자에게 운동 진행 절차에 대해 충분히 설명 후 이해를 돕고 서면동의서를 작성하도록 하였다. 연구 대상자의 일반적 특성은 Table 1과 같다.

## 2. 연구방법/연구도구

### 1) 머리척추 각도 측정

대상자의 C7을 측정한 후 스티커로 표시한다. 대상자는 벽 앞에 있는 발이 그려진 플랫폼 위에 맨발로 서고 양손은 편안하게 옆에 둔다. 대상자가 자연스러운 목의 각도를 취하기 위해, 목을 최대 범위에서 최소 범위로 굽힘, 펴를 반복하여 평소의 목의 각도를 찾도록 교육 후 카메라는 대상자의 옆모습을 찍도록 1.5m 떨어진 곳에 고정시켜 두고 카메라를 대상자의 어깨 높이와 일직선이 되도록 조절한다. 대상자의 눈높이 설정을 위해, 대상자 앞쪽 벽면의 일직선에 위치한 한 점을 바라보게 하여 1번의 측정 후 같은 방법으로 자세를 취한 후 총 2번 측정하며 2번 측정한 평균값을 측정값으로 한다. 머리 척추 각도 측정도구로 Sante DICOM Viewer FREE를 사용하였으며 머리척추 각도는 측면 사진에서 C7의 가시돌기를 지나는 수평선과 귀구슬과 C7의 가시돌기를 잇는 선이 이루는 각도이다(Fig. 1).

### 2) 뒤통수밑근 긴장도 측정

본 연구에서는 긴장도를 측정하기 위해 MyotonPRO (MyotonPRO, Estonia, Tallinn)를 사용하였다. 대상자는 얼굴을 넣을 수 있는 베드에 엎드린 자세로 눕는다. 대상자의 얼굴이 있는 쪽의 높이를 조절하여 ‘ㄱ’ 모양으로 30도 기울어진 상태를 만든다. 이때 대상자는 몸

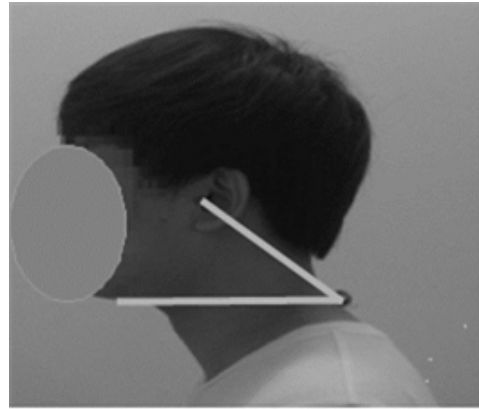


Fig. 1. craniocervical angle



Fig. 2. Measurement of the suboccipital muscles tone

에 힘을 빼고 편안한 상태로 자세를 취하여야 한다. 측정자는 대상자의 C2 가시돌기와 머리 뒷부분의 중앙 지점 사이를 측정한 후 잘 지워지는 마커로 일직선을 그어 표시하고 그 중앙지점에 접촉식 연부조직 측정기를 접촉시킨다. 접촉면과 기기의 각도는 90°를 유지한 채로 측정한다. 1번의 측정 후 10초의 휴식을 갖고 이때 측정은 같은 방법으로 총 5번을 측정하며 그 평균값을 측정값으로 한다(Fig. 2).

### 3) 깊은목굽힘근 지구력 테스트

대상자는 베드 위에 무릎을 굽힌 상태로 편안하게



Fig. 3. Deep neck flexor muscle test

바로 놓고 머리는 중앙에 위치시킨다. 이 때 대상자가 등척추 후만 때문에 베드 위에 평평하게 놓지 못할 경우 평평한 모래주머니를 대상자의 머리 아래에 두고 편안하게 누울 수 있도록 한다. 대상자는 턱을 최대 힘으로 등척성으로 당긴 상태 (chin-in)를 유지하며 약 2.5cm 정도 머리와 목을 들어 올린다. 이 자세에서 목의 앞, 가쪽에 가까워진 피부주름을 가로지르는 1cm 길이의 선을 잘 지워지는 마커로 표시한다. 깊은목굽힘근 지구력 테스트 (DNFET, deep neck flexor muscle test) 시간을 측정하기 전 5초씩 2번 테스트에 대한 교육 후 각각 5분씩 휴식을 취하도록 한다. 그 후 측정자의 검지와 중지를 겹쳐서 대상자의 뒤통수에서 가장 튀어나온 부분에 위치시킨다. 대상자가 턱을 최대로 당기고 측정자의 손가락과 접촉을 유지한 상태에서 측정자의 손가락에 무게를 신지 않고 머리를 들어 올릴 때 측정자는 스톱워치를 이용해 시간 측정을 시작한다. 측정은 총 2번 실시하며 1차 측정 후 대상자는 5분 동안 휴식한다. 결과 값은 총 2번의 측정시간의 평균값으로 한다.

턱을 당기지 않아 마커로 표시한 선이 만나지 않고 떨어졌을 때, 대상자의 머리가 겹쳐진 손 위에 무게를 실을 때, 손과 접촉을 유지하지 않은 채로 머리를 들어 올릴 때 다음과 같은 경우에서 한 가지라도 1초 이상 발생 시에 오류가 발생했다고 판단하여 측정을 종료한다.

오류 발생 시에 측정자는 대상자에게 말로 피드백을 주며 2번째 오류가 발생했을 때 측정자는 측정을 종료하고 시간을 기록한다(Fig. 3).

### 3. 연구절차

본 연구는 머리척추 각도에 따른 뒤통수밑근 긴장도, 깊은목굽힘근 지구력 사이에 상관관계가 있는지 보기 위해 값을 비교하였다.

연구 대상자에게 운동 진행 절차에 대해 충분히 설명 후 이해를 돕고 서면동의서를 작성하도록 하였다. 연구는 머리척추 각도 측정, 뒤통수밑근 긴장도 측정, 깊은목굽힘근 지구력 측정 순으로 진행되었으며 각 측정 전에 사전 교육을 실시하였다. 한 가지의 측정이 완료 되면 휴식시간을 제공하여 대상자의 신체 상태를 관리하였고 정확한 측정을 위해 측정자 외 연구자 한 명이 옆에서 피드백을 주었다.

### 4. 자료분석

머리척추의 각도, 뒤통수밑근 긴장도, 깊은목굽힘근 지구력 이 세 가지 요인들의 상관관계를 보기 위해서 상관분석의 이변량 상관계수 (Coefficient of Correlation)를 구하였다. 이때, 개인적 특성을 일반화하기 위해 뒤통수밑근의 긴장도와 깊은목굽힘근 지구력은 체질량지수 (BMI, body mass index)로 나눈 값을 사용하였다 [19]. 모든 통계분석은 SPSS version 18.0을 이용하였으며 통계학적 유의성 검증을 위한 유의 수준은 .05로 하였다.

## III. 결과

대상자 58명의 머리척추의 각도, 뒤통수밑근의 긴장도, 깊은목굽힘근의 지구력 각 요인의 평균값은 표와 같이 보였다(Table 2). 머리척추의 각도 변화에 따른 뒤통수밑근의 긴장도 및 깊은목굽힘근 지구력과의 상관관계를 분석한 결과, 머리척추의 각도와 뒤통수밑근의 긴장도는 양의 상관관계를 보였고 ( $r=.29$ ), 머리척추의 각도와 깊은목굽힘근 지구력은 유의한 상관관계를 보이지 않았다(Table 3).

## IV. 고찰

머리척추의 각도가 줄어들에 따라 목의 평근에는

Table 2. Data of CVA, Suboccipital Fone, DNF Endurance (N=58)

CVA	53.136±4.317 <sup>a</sup>
Tone	17.339±2.274
Endurance	18.059±8.087

Note. <sup>a</sup>=mean±SD, CVA=Craniovertebral Angle, DNF=Deep Neck Flexor

Table 3. Correlation Between the CVA and Suboccipital Tone, DNF Endurance

Group	r	p
CVA-tone	.29	.027*
CVA-endurance	-.09	.506

Note. r=Coefficient of Correlation, CVA=Craniovertebral Angle, DNF=Deep Neck Flexor, \*P<.05

부하가 많이 걸리고, 굽힘근은 신장되면서 약화된다 [20]. 머리척추 각도 감소에 대한 초기 연구인 Kang [5]은 목뼈를 지지하고 교정하는데 깊은목굽힘근이 중요한 역할을 한다고 제안했다. 기존의 연구들에서는 근골격계적으로 목의 불편함을 느끼는 사람들의 통증의 원인을 찾고 그 요인들 간의 관계를 알아보고자 하는 연구의 자료가 부족했다. 이를 바탕으로 본 연구에서는 목통증의 원인이 되는 요인인 머리 척추의 각도에 따른 뒤통수밑근의 긴장도와 깊은목굽힘근 지구력 사이의 상관관계를 알아보고자 하였다.

본 연구에서는 근육 긴장도 측정방법으로 접촉식 연부조직 측정기를 사용하였다. 일반적으로 근육의 긴장도를 측정하기 위해 사용하는 척도에는 Modified Ashworth Scale (MAS)가 있다[21,22]. 그러나 이 척도는 직접적으로 근조직의 역학적 성질을 검사할 수 없고, 이전 문헌에서 높은 신뢰도를 가지고 있지 않다는 문제가 제기되었다[23,24]. 본 연구에서 사용한 접촉식 연부조직 측정기는 모든 표층의 근육 및 연부조직을 이완 상태나 긴장-수축 상태에서 측정 가능하며 안전하고, 통증이 없으며 휴대하기 간편하고 저렴한 비용으로 빠르게 측정이 가능하다는 장점을 보였다. 또한, 이전 연구에서 Between-day reliability는 (Interclass Correlation Coefficient 3,2: .77-.82)로 매우 높게 설립되었으며[25]

본 연구에서 시행한 측정자간 신뢰도(ICC) 또한 .99로 높은 수준을 나타냈다. 뒤통수밑근의 측정은 Park 등 [26]의 선행연구의 측정법으로 하였다.

본 연구의 깊은목굽힘근의 지구력 측정방법으로는 깊은목굽힘근 지구력 테스트를 사용하였다. 이 측정방법은 목빗근이나 앞목갈비근 같은 표면근육이 아닌 깊은목근육을 독립적으로 검사할 수 있고 장비 없이 간단하게 사용이 가능하다는 장점을 보였다. 또한 이전 연구에서 깊은목굽힘근 지구력 측정 방법이 목통증 예방에 신뢰성이 높으며 비용에서 효율적이라고 보고했다 [15]. 본 연구에서 시행한 깊은목굽힘근 지구력 테스트의 측정자간 신뢰도 (ICC) 또한 .79로 높은 수준을 나타냈다.

본 연구에서 머리척추 각도 측정의 신뢰도는 .81, 뒤통수밑근 긴장도 측정의 신뢰도는 .99, 깊은목굽힘근 지구력 측정의 신뢰도는 .79로 나타났다. Subbarayalu [27]의 연구에서 머리척추 각도 측정의 측정자간 신뢰도는 .76이고 측정자내 신뢰도는 .87로 높은 수준의 신뢰도를 보였다. 뒤통수밑근 긴장도 측정방법과 동일한 Aird 등[25]의 연구에서는 넙다리곧은근 긴장도 측정의 측정자내 신뢰도는 .97으로 아주 높은 신뢰도를 보였다. Jarman 등[14] 연구의 깊은목굽힘근 지구력 측정에서는 .71의 높은 수준의 측정자간 신뢰도를 나타냈다.

체중과 체질량지수는 강도 값의 변동성을 감소시키기 위한 가장 일관된 표준화 방법이다[28]. 또한, Wren 와 Engsborg [18]의 연구에서도 개인의 특성을 일반화하기 위해 사용되는 전통적인 표준화 방법인, 관련 데이터를 체질량지수로 나누는 방법을 사용하였고, 이에 본 연구에서도 뒤통수밑근의 긴장도와 깊은목굽힘근의 지구력을 체질량지수로 나누었다.

본 연구의 결과에서 머리척추의 각도에 따른 뒤통수 밑근의 긴장도는 양의 상관관계(r=.29)를 갖는 것으로 나타났다. Subbarayalu [27]과 Kim 등[1]은 전방머리자세를 가진 사람에게 뒤통수밑근의 긴장도를 낮추는 중재를 적용하면 머리척추의 각도가 유의하게 증가한다고 보고하여 본 연구와 다른 결과를 보였다. 그러나 선행 연구들은 전방머리자세를 가진 사람들을 대상으로 실험하였고, 이완운동이나 스트레칭과 같은 중재를

적용해 각도의 변화를 연구하여 긴장도가 감소했을 것이라 예측했을 뿐 직접적으로 긴장도를 측정하는 연구는 아니다. 또한 본 연구는 환자가 아닌 정상 대학생들을 대상으로 하여 다른 결과를 보였으며, 상관계수 또한 낮게 나타난 것으로 판단된다. 그러므로 본 연구의 결과는 정상 대학생들의 객관적인 지표의 일부로 활용될 수 있을 것이라 생각된다.

본 연구의 결과, 머리척추의 각도와 깊은목굽힘근 지구력은 통계학적으로 차이가 없는 것으로 나타났다. Bokace 등[13]은 머리척추의 각도가 클수록 깊은목굽힘근인 긴목근의 두께가 두껍고 머리척추의 각도가 작을수록 긴목근의 두께가 얇지만 통계학적으로 유의한 차이는 없다고 보고했다. 하지만 Watson 와 Trott [29]에서는 머리척추 각도가 작을수록 낮은 지구력을 보였다는 통계학적으로 유의한 차이가 있었다. Watson 와 Trott [29]은 측정 시 목의 뒤쪽 편근의 활성화를 배제시키기 위해 검사자가 대상자의 수동적인 목의 굽힘을 유도했고, 굽힘에 대한 저항을 주어서 조금 더 확연한 차이를 보인 것이라고 사료된다.

본 연구의 제한점은 첫째, 대상자의 연령이 20대 초반에 국한되어 본 연구의 결과를 다른 연령층에 일반화하기에는 어려움이 있다. 둘째, 머리척추 각도가 현저히 낮은 대상자가 부족하여 비교적 머리척추 각도가 높은 대상자들로 국한되었다. 이에 머리척추 각도와 뒤통수밑근 긴장도의 분산이 좁아 충분히 의미 있는 상관관계를 산출하지 못하였다. 셋째, 많은 목통증의 원인이 될 수 있는 요인들 중에서 머리 척추의 각도, 뒤통수밑근의 긴장도, 깊은목굽힘근의 지구력 세 가지 요인들만을 선정하여 실험을 진행하였다. 넷째, 대상자를 목통증이 없는 건강한 성인으로 하여 본 연구의 결과가 실제로 대상자들의 추후 목통증 유무 여부와 일치할 것인지 알 수 없다.

따라서 추후 연구에서는 전방머리자세와 일반인의 비교 연구, 다양한 연령대의 대상자, 다양한 변수를 추가한 연구가 진행되길 바란다.

## V. 결론

본 연구는 건강한 20대 남녀 58명을 대상으로 머리척추의 각도에 따른 뒤통수밑근의 긴장도와 깊은목굽힘근 지구력의 상관관계를 비교하였다. 머리척추의 각도와 뒤통수밑근의 긴장도가 작지만 양의 상관관계를 보였으며, 머리척추의 각도와 깊은목굽힘근의 지구력은 서로 관련이 없었다. 본 연구는 정상인의 대상으로 머리척추의 각도, 뒤통수밑근의 긴장도, 깊은목굽힘근의 지구력의 상관관계에 관한 연구로 전방머리환자를 물리치료적 증재하는데 있어 객관적인 지표로 활용되길 바란다.

## References

- [1] Kim BB, Lee JH, Jeong HJ, et al. Effects of suboccipital release with craniocervical flexion exercise on craniocervical alignment and extrinsic cervical muscle activity in subjects with forward head posture. *J Electromyogr Kinesiol.* 2016;30:31-7.
- [2] Park HK, Lee SY, Kim TH, et al. The Exception Case about the Diagnose Forward Head Posture using the CranioVertebra Angle, CranioRotation Angle and Cobb angle : a Case Report. *J Korean Soc Phys Med.* 2015; 10(2):29-34.
- [3] Rizo H, Pascual-Vaca AO, Cabello MA, et al. Immediate effects of the suboccipital muscle inhibition technique in craniocervical posture and greater occipital nerve mechanosensitivity in subjects with a history of orthodontia use: a randomized trial. *J Manipulative Physiol Ther.* 2012;35(6):446-53.
- [4] Fernandez-de-las-Penas C, Alonso-Blanco C, Cuadrado ML, et al. Forward head posture and neck mobility in chronic tension-type headache: a blinded, controlled study. *Cephalalgia.* 2006a;26(3):314-9.
- [5] Kang DY. Deep cervical flexor training with a pressure biofeedback unit is an effective method for maintaining neck mobility and muscular endurance in college students

- with forward head posture. *J Phys Ther Sci.* 2015; 27(10):3207-10.
- [6] Kim JY, Kwag KI. Clinical effects of deep cervical flexor muscle activation in patients with chronic neck pain. *J Phys Ther Sci.* 2016;28(1):269-73.
- [7] Cho SH, Kim SH, Park DJ, et al. The comparison of the immediate effects of application of the suboccipital muscle inhibition and self-myofascial release techniques in the suboccipital region on short hamstring. *J Phys Ther Sci.* 2015b;27(1):195-7.
- [8] Cho SH, Kim SH, Park DJ, et al. The comparison of the immediate effects of application of the suboccipital muscle inhibition and self-myofascial release techniques in the suboccipital region on short hamstring. *J Phys Ther Sci.* 2015a;27(1):195-7.
- [9] McPartland JM, Brodeur RR, Hallgren RC, et al. Chronic neck pain, standing balance, and suboccipital muscle atrophy--a pilot study. *Journal of manipulative and physiological therapeutics.* 1997;20(1):24-29.
- [10] Dugailly P, Sobczak S, Moiseev F, et al. Musculoskeletal modeling of the suboccipital spine: kinematics analysis, muscle lengths, and muscle moment arms during axial rotation and flexion extension. *Spine (Phila Pa 1976).* 2011;36(6):E413-22.
- [11] Falla D, Jull G, Hodges PW, et al. Feedforward activity of the cervical flexor muscles during voluntary arm movements is delayed in chronic neck pain. *Exp Brain Res.* 2004;157(1):43-8.
- [12] Olson LE, Millar AL, Dunker J, et al. Reliability of a clinical test for deep cervical flexor endurance. *J Manipulative Physiol Ther.* 2006;29(2):134-8.
- [13] Bokae F, Rezasoltani A, Manshadi FD, et al. Comparison of cervical muscle thickness between asymptomatic women with and without forward head posture. *Braz J Phys Ther.* 2017;21(3):206-11.
- [14] Jarman NF, Brooks T, James CR, et al. Deep Neck Flexor Endurance in the Adolescent and Young Adult: Normative Data and Associated Attributes. *PM R.* 2017;9(10):969-75.
- [15] Domenech MA, Sizer PS, Dedrick GS, et al. The deep neck flexor endurance test: normative data scores in healthy adults. *PM R.* 2011;3(2):105-10.
- [16] 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):425-31.
- [17] Jung SH, Kwon OY, Choi KH, et al. Comparison of the Thickness of the Neck Flexor Muscles of Subjects With and Without a Forward Head Posture on the Two Initial Head Positions During Cranio-Cervical Flexion Exercise. *Physical Therapy Korea.* 2015;22(4):44-50.
- [18] Gábor O, Rita K. Neck posture measurement amongst schoolchildren. *Biomechanica Hungarica.* 2010;3(1): 183-8.
- [19] Wren TA, Engsborg JR. Normalizing lower-extremity strength data for children without disability using allometric scaling. *Arch Phys Med Rehabil.* 2007;88(11): 1446-51.
- [20] Fernandez-de-las-Penas C, Alonso-Blanco C, Cuadrado ML, et al. Forward head posture and neck mobility in chronic tension-type headache: a blinded, controlled study. *Cephalalgia.* 2006b;26(3):314-9.
- [21] Bohannon RW, Smith MB. Interrater reliability of a modified Ashworth scale of muscle spasticity. *Phys Ther.* 1987;67(2):206-7.
- [22] Ansari NN, Naghdi S, Hasson S, et al. The Modified Tardieu Scale for the measurement of elbow flexor spasticity in adult patients with hemiplegia. *Brain Inj.* 2008;22(13-14):1007-12.
- [23] Yam WKL, Leung MSM. Interrater reliability of Modified Ashworth Scale and Modified Tardieu Scale in children with spastic cerebral palsy. *J Child Neurol.* 2006; 21(12):1031-5.
- [24] Fleuren JFM, Voerman GE, Erren-Wolters CV, et al. Stop using the Ashworth Scale for the assessment of spasticity. *J Neurol Neurosurg Psychiatry.* 2010;81(1):

- 46-52.
- [25] Aird L, Samuel D, Stokes M, et al. Quadriceps muscle tone, elasticity and stiffness in older males: reliability and symmetry using the MyotonPRO. *Arch Gerontol Geriatr.* 2012;55(2):e31-9.
- [26] Park SK, Yang DJ, Kim JH, et al. Analysis of mechanical properties of cervical muscles in patients with cervicogenic headache. *J Phys Ther Sci.* 2017;29(2):332-5.
- [27] Subbarayalu AV. Measurement of craniovertebral angle by the Modified Head Posture Spinal Curvature Instrument: A reliability and validity study. *Physiother Theory Pract.* 2016;32(2):144-52.
- [28] Hurd WJ, Morrey BF, Kaufman KR, et al. The effects of anthropometric scaling parameters on normalized muscle strength in uninjured baseball pitchers. *J Sport Rehabil.* 2011;20(3):311-20.
- [29] Watson DH, Trott PH. Cervical headache: an investigation of natural head posture and upper cervical flexor muscle performance. *Cephalalgia.* 1993;13(4):272-84; discussion 32.