

## 컴퓨터 단층촬영을 통한 깊은목굽힘운동 수행 시 일자목 환자와 정상인에게 나타나는 목근육의 단면적 비교

박주희 · 임원빈<sup>†</sup>

연세대학교 소프트웨어디지털헬스케어융합대학 물리치료학과

Comparison of Cross-sectional Areas using Computerized Tomography of the Cervical Muscles between Straight Neck Patients and Normal Participants during Cranio-cervical Flexion Exercise

Joo-Hee Park, PT, PhD · One-Bin Lim, PT, PhD<sup>†</sup>

Department of Physical Therapy, College of Software and Digital Healthcare Convergence, Yonsei University

Received: May 7, 2021 / Revised: May 21, 2021 / Accepted: June 14, 2021

© 2021 J Korean Soc Phys Med

### | Abstract |

**PURPOSE:** This study compared the cross-sectional areas (CSA) of the cervical muscles of straight neck patients and normal participants during a craniocervical flexion exercise (CCFE) using computerized tomography (CT) to investigate the effects of CCFE on the cervical curve.

**METHODS:** Eighteen subjects were recruited for this study. Nine subjects were allocated to the straight neck group (subjects with pain and a cervical lordosis angle of less than 20°); the remainder formed the control group (subjects with a cervical lordosis angle greater than 20°). The CSA of the subjects' neck flexors (longus colli, longus capitis, and sternocleidomastoid) were measured by CT during rest and CCFE in the supine position, and the range of motion (ROM)

of neck flexion was measured using a C-ROM instrument in a sitting.

**RESULTS:** The straight neck group had a significantly smaller CSA of the longus colli, longus capitis, and sternocleidomastoid than the control group ( $p < .05$ ). Both the straight neck and control groups showed statistically significant increases in the CSA of the neck flexors during CCFE compared to that at rest ( $p < .05$ ). In addition, the straight neck group showed a significantly smaller ROM of neck flexion than the control group ( $p < .05$ ).

**CONCLUSION:** The results of this study provide more concrete evidence for therapists by demonstrating that CCFE improves the neck function by strengthening the neck flexors and increasing the neck stability for straight neck patients. Therefore, it is necessary to perform CCFE and neck extension exercises to rehabilitate straight neck patients.

**Key Words:** Exercise, Lordosis, Muscles, Neck, Tomography

<sup>†</sup>Corresponding Author : One-Bin Lim

onebin007@yonsei.ac.kr, <http://orcid.org/0000-0002-5281-3463>

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

경추의 정상적인 만곡은 C자 모양의 전만커브(lordotic curve)이며, 머리의 하중과 외부의 충격을 흡수하고 완화하는 역할을 한다[1,2]. 하지만, 잘못된 자세를 오랜기간 유지하게 되면 목 주위 근육의 불균형이 나타나게 되고, 경추가 일자로 또는 후만으로 변형된다. 이를 일자목(straight neck)이라 하며, 머리의 하중과 외부의 충격이 흡수되지 않고 그대로 목에 전달되어 심각한 통증과 디스크 등의 이차적 질병을 유발하는 원인이 된다[3].

목의 정상적인 전만을 유지하는데 목 주변 근육의 역할이 크다. 목 전만에 기여하는 주요 근육은 경추 앞에 위치한 깊은목굽힘근(deep cervical flexors)과 경추 뒤쪽에 위치한 목펴근(neck extensors)이며, 목펴근은 목의 전만을 증가시키고 깊은목굽힘근은 증가된 목의 전만을 완화시켜, 두 근육의 상호보완적 작용이 정상적인 경추 만곡 유지에 중요한 역할을 한다[4,5]. 특히 일자목 환자(straight neck patients)는 정상인에 비해 유의한 목펴근 단면적 감소와 근지구력 감소가 나므로 많은 연구들이 일자목 환자에게 약화된 목펴근 강화 운동이 효과적일 수 있다고 주장하였다[2,6,7,8]. Alpayci와 İler[8]의 연구에서 3달 이상의 목펴근 강화 운동이 목 주변 근육의 불균형을 해소하고 통증을 감소시켰으므로 목의 정상적인 정렬 유지에 긍정적인 영향을 준다고 보고하였다.

거북목 증후군(forward head posture)은 일자목과 같이 잘못된 자세가 원인인 대표적인 근골격계 증상이며 목을 앞으로 뺀 자세로, 일자목과 거북목 증후군은 서로 유의한 상관관계를 가진다[9]. 하지만, 일자목 환자와는 반대로 거북목 증후군에게는 목굽힘운동이 추천되는데, 대표적인 목굽힘운동은 머리-목 굽힘운동(cranio-cervical flexion exercise; CCFE)이다. 이 운동은 얇은목굽힘근(superficial cervical flexors)을 우세하게 사용하면서 상대적으로 깊은목굽힘근이 덜 사용하는 거북목 증후군의 목 근육 불균형 해결을 위한 운동 중재방법으로, 바이오피드백 유닛을 활용하여 환자들에게 시각적 피드백을 제공함으로써 목 굽힘 강도를 점진적

로 높이면서 얇은목굽힘근의 강화를 막고 깊은목굽힘근만을 선택적으로 강화시킬 수 있는 운동 프로그램이다[10]. 일자목과 거북목 증후군의 차이점을 정리하면, 기존 연구들에서는 일자목 환자는 일자로 경추가 변형되었고, 목펴근 단면적이 감소가 나타나며, 일자목 환자에게 목펴근 강화 운동을 권장하고 있다. 반면, 거북목 증후군은 전방으로 경추가 나와있는 상태이며, 목굽힘근 단면적 감소가 나타나며, 목굽힘근 강화 운동인 CCFE를 권장하고 있다.

앞서 제시한 선행연구결과에 따르면 거북목 증후군과 일자목 모두 잘못된 자세로 인한 목 근육 불균형이 원인이지만 거북목 증후군에게는 CCFE를 선택하고, 일자목 대상자들에게는 목펴근 운동을 하는 것이 효과적이라고 볼 수 있다. 하지만, 임상에서는 많은 재활전문가들이 CCFE를 일자목과 거북목 증후군의 대표적인 재활프로그램으로 인지하고 있으며 최근에는 CCFE가 목의 전만 증가에 효과적이라고 보는 연구가 보고되고 있다[11]. 정신호와 정연규[11]의 연구에서는 8주간의 CCFE가 목의 안정화에 기여하는 긴목근(longus colli)을 강화시켜, 경추 정렬을 향상시키고 이로 인해 통증 역시 완화시켰다고 주장하였다. 하지만 아직까지 어떤 메커니즘으로 CCFE가 일자목 환자의 경추 전만에 어떠한 영향을 미치는지 확인한 연구는 없으므로, CCFE가 일자목에 미치는 영향에 대해서는 논란의 여지가 있다.

본 연구는 일자목 환자를 대상으로 CCFE 수행 동안 나타나는 근육 수축 패턴을 확인한 최초의 연구로, 일자목 환자와 정상인에게 CCFE 수행 시 나타나는 근수축 패턴을 비교하여 CCFE가 일자목에 효과적인 치료 방법인지 확인하는 것을 목적으로 한다.

## II. 연구방법

### 1. 연구대상자

본 연구는 원주 정병원에서 수행하였으며, 목과 관련된 증상이 없는 정상인 15명, 평소 목통증이 있는 대상자 15명, 총 30명이 본 실험에 참여하였다. 대상자 모집 후 측면 단순 방사선 촬영(X-ray) 후 대상자를 일자

Table 1. Participants' Demographic Characteristics

(N = 18)

	Experimental group (n = 9)	Control group (n = 9)
Gender (Male/Female)	4/5	7/2
Age (years)	21.88 ± 1.53	23.00 ± 1.93
Height (cm)	172.77 ± 4.38	169.00 ± 8.90
Weight (kg)	66.88 ± 8.56	62.33 ± 9.77
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	21.70 ± 1.91	172.77 ± 4.38
Cervical lordosis angle (°)	10.78 ± 3.77	26.02 ± 5.16

Mean ± Standard Deviation, BMI: body mass index

목이 있는 그룹과 일자목이 없는 정상 그룹으로 다시 재 분류하였다. 일자목은 측면 방사선 촬영에서 경추 전만 각도가 20° 미만이며 통증이 있는 대상자로 정의하였으며, 정상은 측면 방사선 촬영에서 경추 전만 각도가 20° 이상이며 통증이 없는 대상자로 정의하였다[12]. 본 실험에 최종적으로 참여한 대상자는 일자목 환자 9명, 정상인 9명으로 총 18명이다. 두 그룹 모두 근 골격, 신경계 문제가 있는자, 목 수술의 이력 또는 골절이 있는자, 임신 등의 컴퓨터 단층촬영(computerized tomography; CT)이 금지인 경우는 제외하였으며, 대상자에게 연구 목적과 방법을 충분히 설명한 후 자발적으로 실험에 참여하는데 동의한 대상자만 실험에 참여하였다(Table 1).

## 2. 연구절차

본 연구는 일자목 환자와 정상인을 분류하기 위해 측면 방사선 촬영을 하였으며, 휴식 시(rest)와 CCFE 시 나타나는 목 주변 근육의 수축 변화를 확인하기 위해 컴퓨터 단층촬영을 수행하였다. 측면 단순 방사선 촬영은 편안하게 선 자세에서 수행하였다. 컴퓨터 단층 촬영은 총 2회 촬영하였으며, 휴식 상태에서 1회, 약간의 휴식 후 CCFE 동작을 유지한 상태에서 2번째 촬영을 하였다. 대상자들은 바로누운자세에서 머리는 중립을 유지하고, 엉덩이는 45도 굽힘 상태에서 다리를 폼 웨지(foam wedge)에 둔 상태에서 촬영하였다. 컴퓨터 단층 촬영 시 바이오피드백 유닛(Stabilizer Pressure Biofeedback, Chattanooga Group, USA)을 활용하여 CCFE를 수행할 수 없기 때문에, 대상자들은 CCFE와 동일한 강도로 운동을 수행하기 위해 CCFE 동작을 충분히 연습하였다.

## 3. CCFE 교육

대상자들은 영상 촬영일 최소 1주 전에 CCFE 동작을 교육받았다. 바로 누운자세에서 대상자는 전체 CCFE 동작 범위에 도달할 때까지 머리를 표면에서 들어 올리 지 않고 부드럽게 끄덕임 동작을 수행할 수 있도록 지시 받았다. 본 연구에서 사용한 CCFE 동작은 Jull 등[5]에 의해 설명된 CCFE 프로토콜을 기반으로 하였다. 바이오피드백 유닛의 에어백 부분을 목 뒤 중앙에 위치한 상태에서 공기를 주입하여 에어백의 압력이 20 mmHg에 도달할 때까지 높은 상태를 시작자세로 하고 CCFE 동작을 수행하였다. 운동의 1단계는 턱을 당기며 서서히 눌러 에어백의 압력이 22 mmHg에 도달하면 10초간 유지한 후, 5초 휴식을 취하는 운동을 10번 반복하였다. 이 운동을 일주일 동안 3회 시행하였고, 대상자가 익숙해 짐에 따라 1단계에 2 mmHg씩 누르는 힘을 점진적으로 높였고, 대상자의 능력에 따라 최대 5단계인 30 mmHg까지 단계를 높여서 연습하였다[13](Fig. 1).

## 4. 측정도구 및 방법

1) 일자목 대상자 선별을 위한 경추 전만 각도 측정  
본 연구는 일자목 대상자 선별을 위해 측면 방사선 촬영을 이용하여 경추 전만 각도를 측정하였다. 경추 전만 각도는 Harrison posterior tangent technique을 이용하여 측정하였으며, 경추 2번과 7번의 추골체 후하방의 평행한 두 선 사이의 각도이다[3](Fig. 2). 경추 전만 각도는 감소할 수록 경추의 전만이 감소, 즉 일자목이 된다.



Fig. 1. Craniocervical flexion exercise.

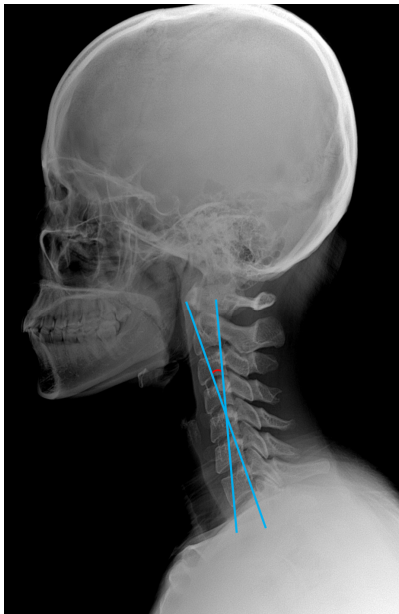


Fig. 2. Cervical lordosis angle using Harrison posterior tangent technique.

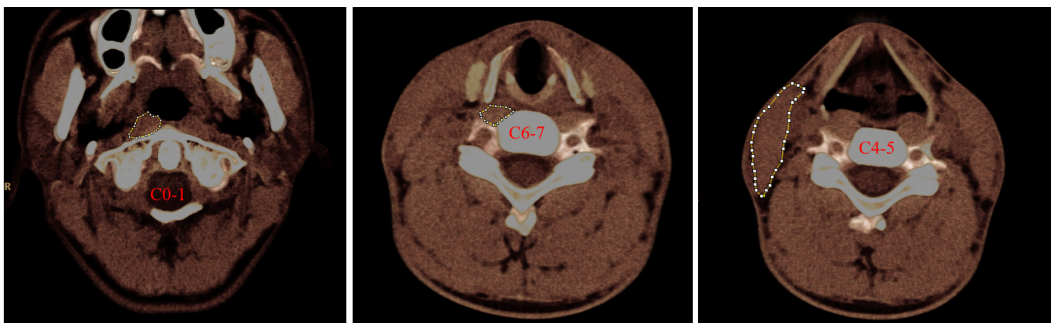
본 연구에서 사용한 경추 전만 각도 측정 방법은 일자목을 측정하기 위해 가장 많이 쓰이는 방법으로, 관찰자 내 및 관찰자 간 높은 신뢰도를 가진다[3,14]. 경추 전만 각도는 Image J 프로그램(Image J, National Institutes of Health, USA)을 이용하였고, 3번 측정하여 평균값을 결과로 사용하였다.

2) 목 주변 근육의 단면적 확인을 위한 컴퓨터 단층촬영 검사

본 연구는 컴퓨터 단층촬영(Philips MX 16 slice CT scanner, Philips, Netherlands)을 이용하여 긴목근, 긴머리근(longus capitis), 목빗근(sternocleidomastoid)의 단면적(Cross-sectional areas; CSA)을 확인하였다. 근육 단면적 스캔은 긴목근, 긴머리근, 목빗근의 기시와 정지점을 확인하기 위해 7개의 레벨(C0-C1, C1-C2, C2-C3, C3-C4, C4-C5, C5-C6, and C6-7)에서 이루어 졌으며, 긴목근은 C6-7, 긴머리근은 C0-1, 목빗근은 C4-5에서 단면적 측정이 이루어 졌다. 이는 C6-7, C0-1, C4-5가 각 근육의 중간(middle fiber)이며, 근육이 가장 잘 보이는 위치이기 때문이다. 촬영은 임상경력이 풍부한 방사선 전문의가 2번씩 하였으며, 단면적 측정은 Image J 프로그램을 이용하여 3번씩 측정되었고, 평균값을 사용하였다(Fig. 3).

3) 목굽힘 관절가동범위 검사

목의 굽힘 정도를 측정하기 위해 C-ROM(Performance Attainment Associates, Roseville, MN, USA)를 활용하여



(A) Longus capitis C0-1

(B) Longus colli C6-7

(C) Sternocleidomastoid C4-5

Fig. 3. Cross-sectional areas (CSA) of cervical muscles on CT (A: the longus capitis muscle, B: the longus colli muscle, C: the sternocleidomastoid muscle).

Table 2. Mean (SD) of CSA of Cervical Muscles in Straight Neck Group and Control Group

		Straight neck group	Control group	p value <sup>‡</sup>
Longus colli (mm <sup>2</sup> )	Rest	.63 ± .26	.67 ± .10	.270
	CCFE	.71 ± .23	.82 ± .10	.085
	Difference	.08 ± .05	.14 ± .08	.047*
	p value <sup>‡</sup>	.008*	.008*	
Longus capitis (mm <sup>2</sup> )	Rest	1.21 ± .31	1.28 ± .55	.965
	CCFE	1.34 ± .33	1.53 ± .57	.508
	Difference	.12 ± .15	.25 ± .20	.047*
	p value <sup>‡</sup>	.008*	.008*	
SCM (mm <sup>2</sup> )	Rest	3.63 ± .97	4.28 ± 1.57	.453
	CCFE	3.72 ± .97	4.94 ± 1.67	.085
	Difference	.09 ± .07	.66 ± .49	.000*
	p value <sup>‡</sup>	.008*	.008*	

\*p < .05, †Mann-Whitney U test, ‡Wilcoxon signed rank test, SCM: sternocleidomastoid

목굽힘 관절가동범위 검사를 수행하였다. C-ROM은 3개의 경사계로 구성되어 있으며, 목굽힘 각도 측정을 위해 정중면에 위치한 경사계를 활용하여 목굽힘 각도를 측정하였다. 대상자들은 자세와 측정의 방법을 교육 받았으며, 목굽힘 관절가동범위는 3번의 측정을 실시하여 평균값을 사용하였다.

### 5. 통계방법

모든 자료는 정규성 검정(Shapiro-Wilk test)을 진행하였다. 정규성 검정에 따라 Mann-Whitney의 U 검정을 수행하여 휴식 시와 CCFE 시 각각에 대한 근육 단면적 그룹 간(일자목 그룹과 정상 그룹) 차이를 확인하였으며, 휴식 시와 CCFE 시의 근육 단면적 변화값이 그룹간 어떤 차이를 보였는지도 확인하였다. 또한, 정규성 검정에 따라 Wilcoxon signed rank 검정을 수행하여 그룹 내 휴식 시와 CCFE 시의 근육 단면적 차이를 확인하였다. 유의수준은 α = .05로 하였으며, 통계처리는 SPSS version 25 (IBM, Chicago, IL, USA)을 이용하였다.

### III. 연구결과

본 연구의 휴식 시와 CCFE 시 일자목 그룹과 정상인

그룹 간 근육 단면적의 유의한 차이는 없었으며(p > .05), 단면적 변화값은 긴목근, 긴머리근, 목빗근에서 일자목 그룹이 정상 그룹에 비해 유의하게 작게 나타났다(p < .05) (Table 2). 그룹내 차이 분석 결과 일자목 그룹과 정상 그룹 모두 휴식시에 비해 CCFE 시 근육 단면적이 통계학적으로 유의하게 크게 나타났다(p < .05) (Table 2). 일자목 그룹이 정상 그룹에 비해 목 굽힘 관절 가동 범위 각도가 유의하게 작게 나타났다(p < .05) (Table 3).

### IV. 고찰

일자목은 구조적으로 목의 전만이 감소된 변화를 말하며, 심각한 목통증과 목디스크 등의 이차적인 목질환을 유발하므로 일자목을 완화시키기 위해 많은 연구들이 수행되고 있다[1,2,3,11]. 일자목의 주된 원인은 잘못된 자세로 인한 근육 불균형으로 일자목 환자는 정상인에 비해 현저한 목뿔근의 단면적 감소와 목뿔 동작에 대한 지구력 감소가 나타난다[2]. 따라서 이전 연구들에서 일자목 완화를 위해서는 목뿔 강화 운동을 수행해야 된다고 주장하였다[1,2]. 하지만 최근 대표적인 목굽힘근 운동인 CCFE 수행이 목 전만 증가에 기여

Table 3. Mean (SD) of Neck Flexion Range of Motion in Straight Neck Group and Control Group

	Straight neck group	Control group	p value <sup>†</sup>
Neck flexion range of motion	46.66 ± 11.18	58.88 ± 8.93	.018 <sup>*</sup>

\*p < .05, †Mann-Whitney U test

할 수 있다는 증거가 제시되었다[2,11]. 본 연구는 CCFE가 목 전만 증가에 긍정적인 효과가 있다고 보고 일자목 환자에게 CCFE 수행 시 목근육 단면적의 증가된 변화를 확인함으로써 CCFE가 일자목 환자에게 효과적인 증재방법인지 확인하는 것을 연구목적으로 하였다.

본 연구 결과 일자목 환자는 CCFE 수행 시와 휴식 시의 긴목근, 긴머리근, 목빗근 단면적 변화값이 정상인보다 유의하게 작았다. 이는 일자목 환자가 정상인에 비해 운동 수행 시 목굽힘근의 수축이 적게 된다는 것을 나타내며, 일자목 환자의 휴식 시 긴목근, 긴머리근, 목빗근의 단면적 역시 정상인보다 작았으므로 일자목 환자는 정상인과 비교해서 목굽힘근에 차이가 있다. 비록 일자목 환자와 정상인의 휴식 시 목굽힘근 단면적 차이는 유의하지 않았지만, 목 주변 근육의 경우 유의하지 않은 감소라도 임상적인 의미가 있다. 실제로 본 연구 결과 일자목 환자의 목 굽힘 관절가동범위가 정상인에 비해 유의하게 감소하여 일자목 환자의 목 굽힘 근육의 차이와 관절가동범위 감소가 나타남을 확인하였다. 따라서 낮은 강도로 진행되는 CCFE는 약화된 목굽힘근의 피로 없이 근육 강화가 가능하여 일자목의 목 주변 근육 불균형을 해소하는데 도움이 될 수 있을 것으로 본다.

하지만, 목굽힘 운동이 목전만 향상에 기여하지 못한다는 관점도 있다. Mayoux-Benhamou 등[4] 연구에서는 일자목과 깊은목굽힘근육인 긴목근이 유의한 양의 상관관계를 보여, 일자목 일수록 긴목근의 단면적이 증가한다고 주장하였다. Mayoux-Benhamou 등[4]에 따르면, 목뒤에 위치한 목뿔근이 경추를 구부러트리는 역할을 해 목 전만을 증가시키고, 반대로 경추의 앞쪽에 위치한 긴목근은 수축하면 목뿔근이 증가시킨 목전만을 완화시키는 조절 역할을 하므로 강화된 긴목근은 일자목의 주요 원인이 될 수 있다고 주장하였다. 하지만, 일자목 환자의 깊은목굽힘근의 약화는 본 연구뿐

아니라 Yoon 등[2]의 연구에서도 보고되었으므로, Mayoux-Benhamou 등[4]의 연구처럼 일자목 일수록 강화된 긴목근이 나타난다고 보기는 어렵다. 이는 경추의 구조적 변화로 인해 근육의 역할이 변화했기 때문으로 여겨지며, 경추 전만이 잘 유지된 사람이라면 Mayoux-Benhamou 등[4]의 주장대로 목뿔근이 경추를 구부러트리고 긴목근이 경추 전만을 완화시키는 역할을 할 수 있지만, 전만이 사라져 일자목이 되었을 경우는 목뿔근과 긴목근의 역할이 변화하므로 상관관계가 달라질 수 있을 것으로 판단된다. Mayoux-Benhamou 등[4]은 정상인을 대상으로 상관관계 연구를 수행했으므로, 일자목 환자에게도 같은 결과가 나타나는지는 확인할 수 없다.

본 연구는 일반적인 목굽힘운동이 아닌 깊은목근육을 선택적으로 강화시키는 CCFE를 수행했을 때 나타나는 일자목 환자의 근수축 패턴을 확인하였다. 긴머리근과 긴목근 같은 깊은목굽힘근의 경우 경추 가까이 위치함으로써 목의 안정화에 중요한 역할을 하므로 CCFE 수행이 일자목 환자의 경추 구조 변화에 긍정적인 영향을 줄 수 있을 것으로 판단된다. 그리고 올바른 목 정렬은 많은 근육들과 인대, 뼈가 서로 상호작용하여 나타나는 결과물이므로 목뿔근 뿐 아니라 목굽힘근의 강화 또는 기능향상은 목전만에 긍정적인 영향을 줄 수 있을 것으로 기대된다. 따라서 CCFE는 목뿔근 운동과 함께 수행하게 되면 목의 안정성을 높이고 무너진 목주변 근육의 상호작용을 회복시켜 목 전만을 유지하고 증가시키는데 효과적일 수 있을 것으로 생각된다.

본 연구는 일자목 환자를 대상으로 CCFE시 나타나는 근육 단면적의 즉각적인 변화만을 확인하였으므로 장기간 CCFE를 수행했을 경우 어떤 변화가 나타나는지 확인하기 어렵다. 추후 연구에는 8주 이상의 CCFE를 일자목 환자에게 적용하였을 때 경추 전만과 근육 단면적에 어떤 변화가 있는지 확인할 필요가 있다.

## V. 결론

본 연구는 컴퓨터 단층촬영을 활용하여 일자목 환자에게 CCFE 수행 시 근육 단면적을 측정할 최초의 논문이다. 일자목 환자에게 CCFE를 수행했을 때 근육 단면적 증가를 확인함으로써 CCFE가 일자목 환자에게도 효과적인 운동인지 확인하였다. 연구결과 일자목 환자가 정상인에 비해 전반적인 목굽힘근의 단면적이 감소한 상태이며 휴식 시와 CCFE 수행 시 나타나는 목굽힘근의 단면적 변화값이 작은 것으로 보아 일자목 환자는 정상인에 비해 목굽힘 근육이 약화된 상태임을 확인하였다. 또한, 일자목 환자에게 목굽힘 관절가동범위가 정상인에 비해 유의하게 작게 나타났고, 목굽힘 기능 역시 감소한 상태임을 확인하였다. CCFE는 목굽힘근을 강화시키고 목의 안정성을 증가시켜 목의 기능향상에 기여할 수 있으므로 일자목 환자의 재활을 위해서는 목펌근강화 운동뿐 아니라 CCFE도 함께 수행할 필요가 있을 것으로 사료된다.

## References

- [1] Wei W, Liao S, Shi S, et al. Straightened cervical lordosis causes stress concentration: a finite element model study. *Australas Phys Eng Sci Med.* 2013;33(1):27-33.
- [2] Yoon SY, Moon HI, Lee SC, et al. Association between cervical lordotic curvature and cervical muscle cross-sectional area in patients with loss of cervical lordosis. *Clin Anat.* 2018;31(5):710-5.
- [3] Harrison DE, Harrison DD, Cailliet R, et al. Cobb method or harrison posterior tangent method: Which to choose for lateral cervical radiographic analysis. *Spine.* 2000; 25(16):2072-8.
- [4] Mayoux-Benhamou MA, Revel M, Vallée C, et al. Longus colli has a postural function on cervical curvature. *Surg Radiol Anat.* 1994;16(4):367-71.
- [5] 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.
- [6] Gong WT, Kim CS, Lee YM. Correlations between cervical lordosis, forward head posture, cervical ROM and the strength and endurance of the deep neck flexor muscles in college students. *J Phys Ther Sci.* 2012; 24(3):275-7.
- [7] Xiaolong S, Xuhui Z, Jian C et al. Weakness of the neck extensors, possible causes and relation to adolescent idiopathic cervical kyphosis. *Med Hypotheses.* 2011; 77(3):456-9.
- [8] Alpayci M, Ilter S. Isometric exercise for the cervical extensors can help restore physiological lordosis and reduce neck pain: A randomized controlled trial. *Am J Phys Med Rehabil.* 2017;96(9):621-6.
- [9] Sun A, Yeo HG, Kim TU, et al. Radiologic assessment of forward head posture and its relation to myofascial pain syndrome. *Ann Rehabil Med.* 2014;38(6):821-6.
- [10] Jull GA, Falla D, Vicenzino B, Hodges PW. The effect of therapeutic exercise on activation of the deep cervical flexor muscles in people with chronic neck pain. *Man Ther.* 2009;14(6):696-701.
- [11] Chung SH, Jeong YG. Effects of the craniocervical flexion and isometric neck exercise compared in patients with chronic neck pain: A randomized controlled trial. *Physiother Theory Pract.* 2018;34(12):916-25.
- [12] McAviney J, Schulz D, Bock R, et al. Determining the relationship between cervical lordosis and neck complaints. *J Manipulative Physiol Ther.* 2005;28(3): 187-93.
- [13] Cagnie B, D'Hooge R, Achten E, et al. A magnetic resonance imaging investigation into the function of the deep cervical flexors during the performance of craniocervical flexion. *J Manipulative Physiol Ther.* 2010;33(4):286-91.
- [14] Harrison DE, Cailliet R, Harrison DD, et al. Reliability of centroid, Cobb, and Harrison posterior tangent methods: which to choose for analysis of thoracic kyphosis. *Spine.* 2001;26(11):E227-34.