

Effects of Cervical Stabilization Exercise Using Pressure Biofeedback on Muscle Tone, Muscle Endurance and Craniovertebral Angle in College Students with Forward Head Posture

Jin-Wook Lee*, Yong-Hyun Byun**

*Professor, Dept. of Exercise Prescription and Rehabilitation, Dankook University, Cheon-An, Korea

**Professor, Dept. of Sports Medicine, Dankook University, Cheon-An, Korea

[Abstract]

The purpose of this study was to the effects of a cervical stabilization exercise using pressure biofeedback intervention on suboccipital muscle tone, deep neck flexor muscle endurance, and craniovertebral angle in college students with forward head posture. The subjects of the study were selected as BCSEG(n=12) and CG(n=12), and the intervention was performed for 50 minutes, 3 times a week for 8 weeks. The results of the study showed that after biofeedback neck stabilization exercises, the suboccipital muscle significantly decreased in stiffness and muscle tone in the BCSEG($p<.01$), and the deep neck flexors significantly increased in muscle endurance($p<.01$) and craniovertebral angle($p<.01$). The results of the cervical stabilization exercises with biofeedback are thought to improve cranio- vertebral angle by improving muscle function of the suboccipital muscles and deep neck flexors, which cervical stabilization exercises with biofeedback may be suggested as an intervention to improve FHP.

▶ **Key words:** Forward head posture, Cervical stabilization exercise using pressure biofeedback, Suboccipital, Deep neck flexors muscles, Craniovertebral angle

[요 약]

이 연구는 앞쪽머리자세를 가진 대학생을 대상으로 바이오피드백을 적용한 목뼈 안정화 운동중재가 뒤통수근육의 긴장도, 깊은목굽힘근 지구력 및 머리뼈 척추각에 어떠한 영향을 미치는지 알아보고자 실시되었다. 연구 대상자는 바이오피드백 목뼈 안정화 운동군(BCSEG) 12명과 대조군(CG) 12명을 선정하였으며, 8주간 주 3회, 50분간 실시하였다. 이 연구 결과 바이오피드백을 적용한 목뼈 안정화 운동 후 뒤통수근육은 BCSEG에서 경직도와 근 긴장도가 유의하게 감소하였고($p<.01$), 깊은목굽힘근은 BCSEG에서 근지구력($p<.01$)과 머리 척추각($p<.01$) 유의하게 증가하였다. 이상의 결과를 종합해 보면 바이오피드백을 적용한 목뼈 안정화 운동은 뒤통수근육과 깊은목굽힘근의 근기능 향상시킴으로써 머리 척추각도 개선을 한 것으로 생각된다. 압력 바이오피드백을 적용한 목뼈 안정화 운동은 FHP를 개선을 위한 중재방법으로 제안될 수 있다.

▶ **주제어:** 앞쪽머리자세, 바이오피드백 안정화운동, 뒤통수근육, 깊은목굽힘근, 머리척추각

• First Author: Jin-Wook Lee, Corresponding Author: Yong-Hyun Byun

*Jin-Wook Lee (12180386@dankook.ac.kr), Dept. of Exercise Prescription and Rehabilitation, Dankook University

**Yong-Hyun Byun (byunyh@dankook.ac.kr), Dept. of Sports Medicine, Dankook University

• Received: 2024. 06. 05, Revised: 2024. 07. 15, Accepted: 2024. 07. 24.

I. Introduction

현대사회에서 스마트폰과 같은 디지털 기기는 일상에서 떼어놓을 수 없는 필수품으로 대부분 사람들은 하루 중 상당부분을 디지털 기기로 시간을 보내고 있다[1]. 2,061명의 학생을 대상으로 실시한 최신 연구에 의하면 74.8%가 스마트폰 중독(nomophobic)이며 이중 18.9%는 심각한 노모포비아(nomophobic)로 보고하고 있다[2].

인간은 환경의 변화에 뛰어난 적응력을 만들어 내는데 장시간 스마트폰과 컴퓨터를 잘못된 자세로 사용하면 목관절의 운동범위의 제한과 움직임 감소로 목과 어깨의 통증 등 다양한 신체적 문제가 발생할 수 있으며, 특히 젊은 층에서 흔히 볼 수 있다. 이러한 기기를 사용하려면 오랜 시간 동안 굽힘한 정적인 자세를 취해야 하는데 이는 머리와 목 근육의 지속적인 수축을 유발하게 되어 목과 어깨관절의 자세 정렬에 문제를 야기한다[3].

Fishman 등[4] 연구에 의하면 주당 20시간 이상 디지털 기기를 사용하면 목관절의 근골격계질환 발병률이 높아진다고 보고하고 있으며 대표적인 질환이 앞쪽머리자세(Forward Head Posture, FHP)이다. FHP는 목과 어깨 통증을 잠재적 위험 요인이며[5] 만성화되는 경향이 있으므로 조기예방과 진단을 위해서는 위험인자를 파악하는 것이 중요하다.

목관절은 머리의 무게와 굽힘 움직임을 전달하며[6] 그 기능을 효과적으로 수행하기 위해서는 머리의 위치가 신체의 무게 중심과 수직으로 정렬되어 척추에 압박력과 근육의 긴장을 최소화해야 한다[7].

하지만 FHP와 같은 비정상적인 자세는 머리가 무게 중심을 따라 수직선의 앞쪽에 위치하며 목의 앞굽은각이 점차 감소하고[8] 머리의 상대적 위치 변화로 인해 위쪽 목뼈(C1-C3)의 과도한 펴고 아래쪽 목뼈(C4-C7)의 굽힘의 변형을 유발한다[9-10]. 이러한 변형은 머리의 무게중심이 1cm 앞으로 이동 시 2~3kg의 힘의 목뼈에 가중되며 이러한 상태가 지속될수록 주변 근육, 힘줄, 인대 등의 동원이 증가되어 목뼈 자세정렬의 변화를 만든다[11].

따라서 머리의 위치에 대한 자세한 분석을 위해 머리척추각도(cranio-vertebral angle, CVA)의 측정이 필요하다. 이러한 자세변화는 목관절의 고유수용감각 감소, 호흡 패턴의 변화 및 비정상적인 근육활동으로 이어지기 때문에[12] 이러한 경우 척추의 균형을 맞추기 위해 더 많은 근육 노력이 필요하게 된다.

근육 불균형은 FHP로 인해 목뼈 앞쪽 근육이 길어지거나 약해지고 목뼈 뒤쪽 근육이 짧아지고 활성화되는 형태

로 발생할 수 있다. 대표적으로 표면근육인 위등세모근, 목빗근의 단축되고 어깨올림근과 머리-목 널판근이 신장된 대[13]. 특히 목의 펴고 굽힘근의 장애를 유발하는데 목뼈를 지지하고 안정화를 담당하는 심부근육인 뒤통수밀근은 단축되고, 깊은목굽힘근의 활성화를 감소시켜 약화되는 비정상적인 근활성도를 초래한다[14].

목관절은 균형의 역학적 이득을 가진 제 1형 지레를 이용하는 관절로 뒤통수밀근과 깊은목굽힘근은 근육의 수축을 유지함으로써 목관절을 안정화시키는 중요한 역할을 한다. 또한 Janda는 안정화 근육군들이 극단적으로 긴장되거나 약화되기가 쉽다고 보고하였고[15.] FHP를 개선하기 위해서는 목뼈관절의 안정화근육인 뒤통수밀근과 깊은목굽힘근의 근육의 활성도를 유지시키는 것이 필요하다.

목뼈 안정화근육을 효과적으로 개선시키기 위해서는 근 지구력과 근력운동보다 압력 바이오피드백 적용한 신경근 운동이 통증 및 안정성에 긍정적인 역할을 하며 깊은 목 근육들을 개선시키는 가장 일반적인 방법 중 하나로 제안되었다[16-17].

선행연구에 의하면 비정상적인 근 활성도는 근육의 피로도를 증가시킬 뿐만 아니라 근육의 반응 속도를 지연시키고 고유수용성 감각이 감소되어 근육 활성화 패턴의 변화를 유발시킨다고 하였다[18]. 이를 개선하기 위한 바이오피드백 적용은 잘못된 움직임 패턴을 감지하고 타겟 근육의 활성화를 증가시킴으로써 보상작용을 제안할 수 있으며[19], 특정 근육의 교정을 목표로 근육활동을 스스로 제어하는 훈련방법을 통한 신경근 재교육 과정에서 사용자의 동기부여와 근육의 변화에 대한 인지를 높일 수 있음을 보고하였다[20]. 또한 시각적 피드백이 대뇌 피질의 자극을 향상시켜 운동 단위의 수를 증가시킬 수 있을 것이라 하였다[21].

따라서 8주간의 시각적 압력 바이오피드백을 적용한 목뼈 안정화 운동 중재가 앞쪽머리자세를 가진 대학생의 뒤통수근육의 긴장도, 깊은목굽힘근 지구력 및 머리뼈 척추각에 어떠한 영향을 미치는지 알아보려고 한다.

II. Methods

1. Subjects

이 연구의 대상자는 충청남도 D대학 학생을 대상으로 통증 정도 평가하는 목장애지수(Neck Disability Index, NDI)검사 결과에서 경도 장애(5-14점) 점수를 받은 24명을 선정하였다. 모든 대상자에게 실험 목적을 충분히 설명

한 후 자발적으로 참여 의사와 동의서를 작성하였으며, 블록 무작위 방법으로 바이오피드백 목뼈 안정화 운동군(BCSEG) 12명과 대조군(CG) 12명을 선정하였다. 이 연구 대상자의 신체적 특성은 Table 1.과 같다

Table 1. Subject Characteristic and Neck Disability Index

Variable	BCSEG(n=12)	CG(n=12)	P
Sex(M/F)	5/7	5/7	
Age(yr)	21.78±2.34	21.52±2.34	.721
Hight(cm)	169.53±9.29	168.68±8.93	.421
Wight(kg)	63.62±13.52	64.24±10.27	.214
NDI(point)	8.72±2.42	9.11±1.42	.512

Mean±S.D. BCSEG: Biofeedback Cervical Stabilization Exercise Group, CG: Control Group, NDI : Neck Disability Index

2. Measurement

목장애지수 검사 후 신체조성, 뒤통수밀근 근 긴장도, 깊은목굽힘근 근지구력과 머리 척추각을 측정하고 8주간 바이오피드백을 적용한 목뼈안정화 운동 후 동일한 방법으로 측정하였다.

2.1 Neck Disability Index

목장애지수는 불안정성을 자가 판단할 수 있는 설문지로 50점이 만점인 설문지 검사 결과, 5~14 점인 경도의 장애(mild disability)를 가진 대학생으로 선정하였으며, 측정 도구의 신뢰도는 ICC = .90이다[22].

2.2 Body composition

신장과 체중 측정은 자동 신장체중계(DS-103, DONGSAHN JENIX, Korea)를 이용해 측정하였다.

2.3 Suboccipital Muscle Tone

뒤통수밀근 근긴장도 검사는 마이오톤(MyotonPRO, Myoton AS, Estonia) 장비로 측정하였다<Fig. 1>. 옆드린 자세로 편안하게 이완된 상태에서 목뼈 2번의 가시돌기와 뒤통수부위 사이 중간 지점에 마이오톤을 수직으로 세우고 근 긴장도(muscle tone, Hz)와 경직도(stiffness, N/m)를 측정하였다[23].

2.4 Deep Neck Flexor Muscle Endurance Test

깊은목굽힘근 지구력 테스트(Deep neck flexor muscle test, DNFT)는 침대 위에 무릎을 굽힌 상태로 편안하게 바로 눕히고, 대상자는 턱 당긴(Chin-in) 상태로

지면에서 머리를 2.5cm 들어 올리도록 지시하고 측정자는 겹쳐진 피부를 일직선으로 표시한다. 측정 중 표시한 피부 사이가 벌어지거나 유지하는 머리의 위치가 바뀌면 측정을 종료하고 그 수행 시간을 측정하여 기록하였다[24].

2.5 Craniovertebral Angle(CVA)

앞쪽머리자세 평가는 머리 척추각으로 사용하였다. 서있는 기립자세에서 머리는 자연스럽게 정면을 주시하고 양팔은 해부학적 자세를 한 뒤, 머리뼈 측면(lateral view) 촬영을 한 후 목뼈 위치각 변화를 분석하였다. CVA는 목뼈 제 7번과 귀 이주까지 그은 선과 목뼈 제 7번에서 수평선을 그은 각도를 측정하였다[25].

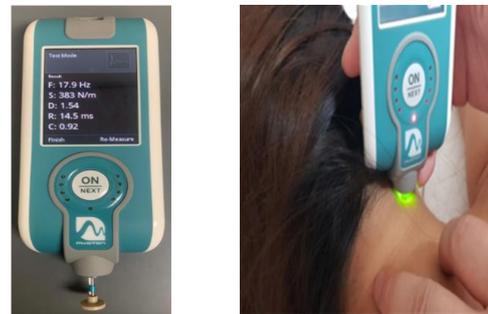


Fig. 1. Myoton PRO

2.6 Cervical Stabilization Exercise Using Pressure Biofeedback

바이오피드백을 적용한 목뼈 안정화 운동은 Jull 등[26]의 연구에서 적용된 운동프로그램을 수정·보완하여 실시하였으며 압력 바이오피드백 기구(stabilizer biofeedback unit, chattanooga, USA)을 사용하였다.

대상자는 턱을 당기는 동안 목 아래의 에어백을 누르라고 하고 20mmHg에서부터 2mmHg씩 게이지를 점차 증가하여 30mmHg까지 실시하였다. 대상자는 10초 동안 누르고 각 단계마다 30초씩 휴식을 취하며 10회 반복, 총 3세트씩 적용하였다[27]. 8주간 주 3회, 준비운동 10분, 본운동 30분, 마무리운동 10분으로 총 50분이며, 강도는 각 세트 당 1~4주까지는 10초 유지, 4~8주 사이는 5초씩 유지 시간을 증가시켰다[28].

3. Statistical analysis

통계분석은 IBM SPSS(version 27.0)프로그램을 이용하였으며, 사전 값의 동질성 검증을 위해 독립 t-검증(Independent t-test)을 실시하였다. 집단과 시기에 대한 이원반복측정분산분석(two-way repeated measures ANOVA)을 실시하였다. 분석 결과 상호작용의 효과가 있

는 경우 사후 검증으로 대응 표본(paired sample) t-test 를 실시하였으며, 모든 통계적 유의 수준(α)은 .05로 설정 하였다.

III. Results

1. Suboccipital Muscle Tone

뒤통수밀근 근 긴장도 검사를 분석한 결과는 Table 2. 와 같다. 뒤통수밀근 근 긴장도 검사는 목뼈 안정화 운동 후 경직도(stiffness)와 근 긴장도(muscle tone)는 그룹과 시기간에 상호작용 효과가 나타났으며($p < .01$), 측정시기 ($p < .01$)에서 유의한 차이가 나타났으나 그룹간에서는 유의한 차이가 나타나지 않았다. BCSEG에서 경직도와 근 긴장도가 유의하게 감소하였다($p < .01$).

2. Deep Neck Flexor Muscle Endurance Test

깊은목굽힘근 지구력 테스트(DNFET)를 분석한 결과는 Table 3.와 같다. 깊은목굽힘근 지구력 테스트(DNFET)은 목뼈 안정화 운동 후 그룹과 시기간에 따른 상호작용 효과가 나타났으며($p < .001$), 그룹($p < .01$)과 시기간($p < .05$)에는 유의한 차이가 나타났다. 또한 BCSEG에서 근지구력이 유의하게 증가하였다($p < .01$).

3. Craniovertebral Angle(CVA)

머리 척추각(CVA) 분석한 결과는 Table 4.와 같다. 머리 척추각(CVA)은 목뼈 안정화 운동 후 그룹과 시기간에 상호작용 효과가 나타났으며($p < .01$), 그룹($p < .01$)과 시기간($p < .05$)에는 유의한 차이가 나타났다. 또한 BCSEG에서 유의하게 증가하였다($p < .01$).

Table 2. Suboccipital Muscle Tone

Variables	Group	Pre	Post	Effect	F	P
Tone (Hz)	BCSEG(n=12)	17.42±1.60	15.66±1.30 ^{##}	Group	0.841	.193
	CG(n=12)	16.86±2.17	16.53±5.44	Time	11.761	.004 ^{**}
				Group × Time	12.887	.001 ^{**}
Stiffness (N/m)	BCSEG(n=12)	365.54±24.72	331.21±31.16 ^{##}	Group	1.344	.284
	CG(n=12)	362.74±37.49	365.52±28.25	Time	36.479	.002 ^{**}
				Group × Time	18.658	.001 ^{**}

Mean±S.D. BCSEG: Biofeedback Cervical Stabilization Exercise Group, CG: Control Group, pre and post t-test :
^{##} $p < .01$. Two-way ANOVA ; ^{**} $p < .01$, ^{***} $p < .001$

Table 3. Deep Neck Flexor Muscle Endurance Test

Variables	Group	Pre	Post	Effect	F	P
DNF endurance (sec)	BCSEG(n=12)	21.58±7.24	27.94±1.24 ^{###}	Group	7.942	.002 ^{**}
	CG(n=12)	21.22±6.31	21.34±9.78	Time	6.519	.031 [*]
				Time × Group	25.219	.000 ^{***}

Mean±S.D. BCSEG: Biofeedback Cervical Stabilization Exercise Group, CG: Control Group, pre and post t-test :
^{###} $p < .001$. Two-way ANOVA ; ^{*} $p < .05$, ^{**} $p < .01$, ^{***} $p < .001$

Table 4. Craniovertebral Angle

Variables	Group	Pre	Post	Effect	F	P
CVA (°)	BCSEG(n=12)	43.7±4.2	47.7±5.5 ^{##}	Group	4.671	.004 ^{**}
	CG(n=12)	42.9±6.3	43.1±5.4	Time	34.438	.012 [*]
				Time × Group	12.643	.001 ^{**}

Mean±S.D. BCSEG: Biofeedback Cervical Stabilization Exercise Group, CG: Control Group, pre and post t-test :
^{##} $p < .01$. Two-way ANOVA ; ^{**} $p < .01$, ^{***} $p < .001$

IV. Discussion

이 연구는 앞쪽머리자세(FHP)를 가진 대학생을 대상으로 바이오피드백을 적용한 목뼈 안정화 운동중재가 뒤통수 근 긴장도, 깊은목굽힘근 지구력 및 머리 척추각에 어떠한 영향을 미치는지 알아보려고 실시되었다.

자세는 특정시간의 신체 부위에 대한 위치로 건강 상태를 나타낼 수 있으며[29], 이상적인 자세는 신체에 가해지는 부담을 최소화하여 근골격계의 균형과 효율적인 움직임 만들어 손상으로부터 예방하는 효과가 있다[30].

FHP는 청소년기부터 노년기에 이르기까지 모든 연령대의 사람들에게서 흔히 나타나는 자세의 변형으로[31] 장기간 유지되면 근골격계에 통증과 움직임 감소의 악순환이 발생하여 조직의 과부하 및 기능 이상이 유발되기 때문에 지속적인 관리가 필요하다[32]. 따라서 자세 교정 및 재교육은 목 통증을 예방 및 관리에 필수적이다[33].

자세 변화로 인한 근육 길이의 변화는 액틴과 마이오신 근섬유 사이의 결합에 영향을 미쳐 힘 생성과 피로 저항 능력의 변화와[34] 균형조절 변화를 초래한다[35]. 따라서 뒤통수근과 깊은목굽힘근 사이의 균형능력이 손상되면 올바른 정렬을 위한 자세변화를 유발한다.

뒤통수근은 FHP에서 과긴장성 근육으로 통증, 움직임 감소 및 비정상적인 관절의 경직을 유발하며[36], 통증 유발점(trigger point)이 활성화되어 있는 근육이다[37]. 뒤통수근은 다른 근육보다 고밀도의 근방추가 있으며[38] 머리의 위치와 움직임을 제어하고 눈과 머리의 움직임을 조정하기 위한 적절한 고유수용성 정보를 제공하여 움직임과 자세를 조절한다[39-40]. 머리와 목관절의 자세 변화와 근육 길이의 변화가 있는 FHP는 목 고유수용성 기능에 부정적인 영향을 미치기 때문에[41], 뒤통수근의 고유수용성 기능 회복은 FHP에서 정상적인 목 자세의 적절한 조절과 유지에 매우 중요한 역할을 한다. 짧아진 근육의 대부분은 근 긴장도가 높다[42]. 선행연구에 의하면 안정화 운동 후 뒤통수근의 근육 경직도가 감소하였고 5일 동안 유지되어 FHP의 경직을 줄이는 효과적인 중재방법으로 제안하였다[43].

이 연구결과 바이오피드백을 적용한 목뼈 안정화 운동 후 뒤통수근 근육의 경직도와 근 긴장도가 유의하게 감소하였다. 이러한 결과는 턱을 당기며 에어백을 누르는 등 척성 운동이 목 뒤근육들의 신장을 유도하여 뒤통수근의 고유수용성 자극과 구심성 경로에 대한 효과로 인해 국소 산소 공급이 개선되고 혈액순환이 향상되어 정적자세에 긍정적인 역할을 한 것으로 생각되며[44], 느린 속도로

뒤통수근을 지속적으로 스트레칭하면 근막이 신장되고 이완되어 관절가동범위와 유연성을 증가시키고 통증을 감소시킨다는 연구결과[45]와 목뼈 안정화 운동에 의한 뒤통수근의 자극이 경직을 줄이는데 효과적인 방법임을 시사한 Park 등의 연구를 지지한다[43]. 또한 Contractor 등은 골지힘줄반사(Golgi Tendon Reflex)를 활성화시키고, 알파 운동 뉴런을 억제하여 뒤통수근을 억제하는 신경생리학적 기전일 수 있다고 보고하였다[44].

목뼈 근육은 목의 움직임과 구조를 안정화하는데 매우 중요하며[46], 이 중 깊은목굽힘근(목긴근, Longus colli)과 긴머리근(Longus capitis)은 목뼈를 지지하고 안정화하는데 중요한 역할을 한다. 이 근육들의 기능이 저하되면 자세의 변형을 유발하기 때문에[47] 근육의 평가 시 목 기능 장애를 예상할 수 있다[48].

근육이 짧아지거나 길어지면 근육의 장력 생성능력이 감소하며[49], FHP를 개선하기 위해 깊은목굽힘근을 재교육하는 것이 필요하다. 목긴근은 머리와 목을 균형을 조절하고 목뼈를 안정시키고 앞굽음을 유지하는데 매우 중요한 근육으로[50] FHP 환자는 건강한 성인에 비해 목긴근의 근육 활성화가 감소하였으며, 근지구력도 감소한다고 보고하고 있다[51].

선행연구에 의하면 목뼈 안정화운동은 깊은 목근육의 활성도를 증가시킬 수 있는 운동으로[52], 지구력과 협응력을 향상시킨다[53]. 턱 당기는 운동은 약한 근육의 활성도 촉진하고 목뼈관절가동범위를 향상시키며[54], 특히 목긴근과 긴머리근 강화운동은 FHP와 앞굽음을 개선하고 목통증을 감소시킨다[55]. 또한 압력바이오피드백을 적용한 깊은목굽힘근 운동은 목뼈 가동성과 근지구력을 유지하기 좋은 중재방법으로 제시하고 있으며[56], 압력 바이오피드백 적용이 기존의 운동방법보다 깊은목굽힘근 강화에 효과적인 방법으로 추천되고 있다[26,57].

이 연구 결과에서도 바이오피드백을 적용한 목뼈 안정화 운동 후 깊은목굽힘근의 근지구력이 유의하게 증가하였다. 이러한 결과는 바이오피드백으로 근육의 수축과 이완 상태를 실시간 시각적으로 확인하면서 깊은목굽힘근 가장 활성도가 잘 되는 26 ~ 28mmHg 강도로 근 수축을 인지한 것이 목긴근과 긴머리근이 활성화에 도움을 준 것으로 생각된다[58]. 종합해 보면 이 연구는 깊은목굽힘근 지구력이 낮을수록 뒤통수근의 근육 긴장도가 높다는 선행연구를 뒷받침하고 있다[59].

한편, 머리 척추각(CVA)은 일반적으로 목뼈의 통증, 피로 및 제한된 움직임과 관련된 근육 불균형으로 인한 FHP의 지표로[60] Salahzadeh 등은 FHP 정상상태의 각도를

53.2~56.8°, 경미한 상태를 46.9~49.1°, 중간은 40.7~43.2°이며, 40° 미만은 심각한 FHP 상태라고 하였다[61].

선행연구에 의하면 FHP는 감소된 CVA와 약화된 깊은 목굽힘근과 상관관계가 있다고 보고하였으며, 깊은목굽힘근 강화[62-63]와 뒤통수밑근의 이완[64] CVA를 개선시킨다고 보고하고 있다.

이 연구에서도 바이오피드백을 적용한 목뼈 안정화 운동 후 CVA는 중간에서 경미한 상태로 유의한 증가가 나타났다. 이러한 결과는 앞쪽머리자세 운동치료 효과의 메타 분석에서 치료 운동을 처방하면 CVA가 개선될 수 있음을 보고해 이 연구 결과를 증명하고 있다[65]. 따라서 깊은목굽힘근 지구력이 높을수록 뒤통수밑근의 근육 긴장도가 낮아지고 CVA가 각도가 향상되어 FHP가 개선될 수 있으며, 바이오피드백을 적용한 목뼈 안정화 운동은 FHP 문제를 개선할 수 있는 효과적인 중재방법이라 생각한다.

V. Conclusions

8주간의 바이오피드백을 적용한 목뼈 안정화 운동이 앞쪽머리자세를 가진 대학생의 뒤통수근육의 긴장도, 깊은목굽힘근 지구력 및 머리뼈 척추각에 어떠한 영향을 미치는지 분석하였으며 다음과 같은 결론을 얻었다.

이 연구 결과 바이오피드백을 적용한 목뼈 안정화 운동 후 뒤통수밑근의 경직도와 근 긴장도는 BCSEG에서 유의하게 감소하였고, 깊은목굽힘근 근지구력은 BCSEG에서 유의하게 증가하였으며, 머리 척추각도 BCSEG에서 유의하게 증가하였다.

뒤통수근과 깊은목굽힘근 사이의 균형능력이 손상되면 FHP와 같은 자세 변화가 유발하기 때문에 예방과 관리가 필요하다. 이 결과들을 종합해보면 바이오피드백을 적용한 목뼈 안정화 운동은 뒤통수밑근 이완과 깊은목굽힘근 강화에 필요한 운동으로 제안되며, 뒤통수밑근과 깊은목굽힘근의 근기능 향상으로 머리 척추각이 개선된 것으로 생각된다. 따라서, 바이오피드백을 적용한 목뼈 안정화 운동은 FHP를 개선을 위한 효과적인 중재방법으로 제안될 수 있다.

ACKNOWLEDGEMENT

This work was supported by Dan Kook Univ. Research Grant.

REFERENCES

- [1] A. Perrin, and J. Jiang, "About a quarter of US adults say they are 'almost constantly' online", Pew Research Center: Internet and Technology. Pew Internet weblog, 14. 2018.
- [2] R. Kumar, S. Kumari, P. Bharti, and D. Sharma, "Nomophobia: A rising concern among Indian students", *Industrial psychiatry journal*, Vol 30, No. 2, pp 230-233. Jul-Dec 2021. DOI: 10.4103/ipj.ipj_134_21.
- [3] L. Vakili, F. Halabchi, M. A. Mansournia, M. R. Khami, S. Irandoost, and Z. Alizadeh, "Prevalence of common postural disorders among academic dental staff", *Asian journal of sports medicine*, Vol 7, No. 2, e29631. 2016. DOI : 10.5812/asjms.29631.
- [4] E. Fishman, S. Washington, and N. Haworth, "Bike share: a synthesis of the literature", *Transport reviews*, Vol 33, No. 2, pp 148-165. Feb. 2013. DOI : 10.1080/01441647.2013.775612.
- [5] E. R. Hickey, M. J. Rondeau, J. R. Corrente, J. Ahsal, and C. J. Seymour, "Reliability of the cervical range of motion (CROM) device and plumb-line techniques in measuring resting head posture (RHP)", *Journal of Manual and Manipulative Therapy*, Vol 8, No. 1, pp 10-17. Jul, 2000. DOI : 10.1179/106698100790811346.
- [6] M. Nordin, and V. H. Frankel, "Basic biomechanics of the musculoskeletal system", Lippincott Williams and Wilkins. 2001.
- [7] B. Shaghayeghfard, A. Ahmadi, N. Maroufi, and J. Sarrafzadeh, "Evaluation of forward head posture in sitting and standing positions", *European spine journal*, Vol 25, pp 3577-3582. November. 2016. DOI : 0.1007/s00586-015-4254-x.
- [8] J. P. Caneiro, P. O'Sullivan, A. Burnett, A. Barach, D. O'Neil, O. Tveit, and K. (Olafsdottir, "The influence of different sitting postures on head/neck posture and muscle activity", *Manual therapy*, Vol 15, No. 1, pp 54-60. February 2010. DOI : 10.1016/j.math.2009.06.002.
- [9] H. K. Park, "The exception case about the diagnose forward head posture using the Cranio Vertebra angle, Cranio Rotation angle and Cobb angle: a case report", *Journal of Korean Society of Physical Medicine*, Vol. 10, pp. 29-34, May 2015.
- [10] G. H. E. onzalez, and A. Manns, "Forward head posture: its structural and functional influence on the stomatognathic system", a conceptual study. *Cranio®*, Vol 14, No. 1, pp 71-80. 1996. DOI : 10.1080/08869634.1996.11745952.
- [11] K. K. Hansraj, "Assessment of stresses in the cervical spine caused by posture and position of the head", *Surg Technol Int*, Vol. 25, pp 277-279, 2014.
- [12] E. Szczygiel, N. Fudacz, J. Golec, and E. Golec, "The impact of the position of the head on the functioning of the human body: A systematic review", *International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health*, Vol 33, No. 5, pp 559-568. 2020. DOI: 10.13075/ijomeh.1896.01585.

- [13] M. A. Finley, and R. Y. Lee, "Effect of sitting posture on 3-dimensional scapular kinematics measured by skin-mounted electromagnetic tracking sensors", *Archives of physical medicine and rehabilitation*, Vol. 84, pp. 563-568. April 2003. DOI : 10.1053/apmr.2003.50087.
- [14] E. Kristjansson, "Reliability of ultrasonography for the cervical multifidus muscle in asymptomatic and symptomatic subjects", *Manual therapy*, Vol. 9, pp. 83-88, May, 2004. DOI : 10.1016/S1356-689X(03)00059-6.
- [15] V. Janda, "Muscle function testing", Elsevier. 2013
- [16] G. Tsiringakis, Z. Dimitriadis, E. Triantafylloy, and S. McLean, "Motor control training of deep neck flexors with pressure biofeedback improves pain and disability in patients with neck pain: a systematic review and meta-analysis", *Musculoskeletal Science and Practice*, Vol 50, 102220. December 2020. DOI : 10.1016/j.msksp.2020.102220.
- [17] G. Jull, M. Sterling, D. Falla, J. Treleaven, and S. O'Leary, "Whiplash, headache, and neck pain: research-based directions for physical therapies", Elsevier Health Sciences. 2008.
- [18] J. W. Lee, I. J. Joon, W. N. Cho, and M.J. Ko, "The Test-retest Measurement Reliability of Muscle Strength and Endurance of Deep Neck Flexor Using Pressure Biofeedback Unit According to Visual Feedback", *J Phys Perform & Mov Sci*, Vol 2, No. 1, pp 1-7. 2022. DOI : 10.52901/PPMS.2022.2.1.1.
- [19] A. J. Gorman, A. P. Willmott, and D. R. Mullineaux, "The effects of concurrent biomechanical biofeedback on novel skill acquisition". *Sports biomechanics*, Vol 21, No. 3, pp 5297-311. 2022. DOI : 10.1080/14763141.2019.1650101.
- [20] S. Schreiber, E. C. Parent, E. K. E. K. Moez, D. M. Hedden, D. Hill, M. J. Moreau, and S. C. Southon, "The effect of Schroth exercises added to the standard of care on the quality of life and muscle endurance in adolescents with idiopathic scoliosis—an assessor and statistician blinded randomized controlled trial: 'SOSORT 2015 award winner,'" *Scoliosis*, Vol 10, No. 1, pp 1–12, 2015. DOI : 10.1186/s13013-015-0048-5.
- [21] Y. Noda "EMG Biofeedback for the treatment of central nervous system disorders". *Phys Ther*. Vol 9, No. 4, pp 237-245. 1992.
- [22] K. J. Song, B. W. Choi, S. J. Kim, and S. J. Yoon, "Cross-cultural adaptation and validation of the Korean version of the neck disability index", *Journal of the Korean Orthopaedic Association*, Vol 44, No. 3, pp 350-359. Jun 2009. DOI : 10.4055/jkoa.2009.44.3.350.
- [23] S. Schneider, A. Peipsi, M. Stokes, A. Knicker, and V. Abeln, "Feasibility of monitoring muscle health in microgravity environments using myotone technology," *Med & bio engineering & computing*, Vol. 53, pp. 57-66, 2015.
- [24] G. A. Jull, S. P. O'leary, and D. L. Falla, "Clinical assessment of the deep cervical flexor muscles: the craniocervical flexion test. *Journal of manipulative and physiological therapeutics*", Vol. 31, pp. 525-533. September 2008. DOI : 10.1016/j.jmpt.2008.08.003.
- [25] G. Jull, P. Trott, H. Potter, G. Zito, K. Niere, D. Shirley, and C. Richardson, "A randomised control trial of exercise and manipulative therapy for cervicogenic headache". *Spine*, Vol. 27, pp. 1835-1843. September 2002.
- [26] G. A. Jull, D. Falla, B. Vicenzino, and P. W. Hodges, "The effect of therapeutic exercise on activation of the deep cervical flexor muscles in people with chronic neck pain", *Manual therapy*, Vol. 14, pp. 696-701. December 2009. DOI : 10.1016/j.math.2009.05.004.
- [27] G. A. Jull, "Deep cervical flexor muscle dysfunction in whiplash. *Journal of musculoskeletal pain*", Vol. 8, pp. 143-154. Jan 2000. DOI : 10.1300/J094v08n01_12.
- [28] H. J. Lee, Y. S. Lee, J. Y. Jeong, and D. K. Seo, "Correlation between tone of suboccipital muscle and endurance of deep neck flexor muscle according to angle changes in college students", *Korean Society of Physical Medicine*, Vol. 14, pp. 137-144. 2019. DOI :10.13066/kspm.2019.14.2.137.
- [29] R. M, Ruivo, P. Pezarat-Correia, and A. I. Carita, "Intrarater and interrater reliability of photographic measurement of upper-body standing posture of adolescents", *J Manipulative Physiol Ther*. Vol 38, No. 1, pp 74–80. January 2015. DOI : 10.1016/j.jmpt.2014.10.009.
- [30] K. Grimmer-Somers, S. Milanese, and Q. Louw, "Measurement of cervical posture in the sagittal plane", *Journal of manipulative and physiological therapeutics*, Vol 31, No. 7, pp 509-517. 2008. DOI : 10.1016/j.jmpt.2008.08.005.
- [31] Y. L. Kuo, E. A. Tully, and M. P. Galea, "Video analysis of sagittal spinal posture in healthy young and older adults", *Journal of manipulative and physiological therapeutics*, Vol 32, No. 3, pp 210-215. March–April 2009. DOI : 10.1016/j.jmpt.2009.02.002.
- [32] S. Neupane, U. Ali, and A. Mathew, "Text neck syndrome-systematic review", *Imperial journal of interdisciplinary research*, Vol 3, No. 7, pp 141-148. 2017.
- [33] C. H. T. Yip, T. T. W. Chiu, and A. T. K. Poon, "The relationship between head posture and severity and disability of patients with neck pain", *Manual therapy*, Vol 13, No. 2, pp 148-154. April 2008. DOI : 10.1016/j.math.2006.11.002.
- [34] J. M. Wilson, J. P. Loenneke, E. Jo, G. J. Wilson, M. C. Zourdos, and J. S. Kim, "The effects of endurance, strength, and power training on muscle fiber type shifting", *The Journal of Strength & Conditioning Research*, Vol 26, No. 6, pp 1724-1729. June 2012. DOI : 10.1519/JSC.0b013e318234eb6f.
- [35] S. Uthakhp, J. Assapun, S. Kothan, K. Watcharasaksilp, and J. M. Elliott, "Structural changes of the cervical muscles in elder women with cervicogenic headache", *Musculoskeletal Science and Practice*, Vol 29, pp 1-6. June 2017. DOI : 10.1016/j.msksp.

- 2017.02.002.
- [36] C. Maher, and R. Adams, "Reliability of pain and stiffness assessments in clinical manual lumbar spine examination", *Physical Therapy*, Vol 74, No. 9, pp 801-809. September 1994. DOI : 10.1093/ptj/74.9.801.
- [37] Y. H. Sung, "Suboccipital muscles, forward head posture, and cervicogenic dizziness", *Medicina*, Vol 58, No. 12, pp 1791. December 2022. DOI : 10.3390/medicina58121791.
- [38] V. Kulkarni, M. J. Chandy, and K. S. Babu, "Quantitative study of muscle spindles in suboccipital muscles of human foetuses", *Neurology India*, Vol 49, No. 4, pp 355-359. Oct-Dec 2001.
- [39] J. X. Liu, L. E. Thornell, and F. Pedrosa-Domellöf, "Muscle spindles in the deep muscles of the human neck: a morphological and immunocytochemical study", *Journal of Histochemistry & Cytochemistry*, Vol 51, No. 2, pp 175-186. 2003. DOI : 10.1177/002215540305100206.
- [40] D. A. Bakker, F. J. R. Richmond, and V. C. Abrahams, "Central projections from cat suboccipital muscles: a study using transganglionic transport of horseradish peroxidase", *Journal of Comparative Neurology*, Vol 228, No. 3, pp 409-421. September 1984. DOI : 10.1002/cne.902280308.
- [41] B. Shaghayegh-Fard, A. Ahmadi, N. Maroufi, and J. Sarrafzadeh, "The evaluation of cervical position sense in forward head posture subjects and its comparison with normal subjects", *Rehabilitation*, Vol 16, No. 1, pp 48-57. 2015.
- [42] V. Gurfinkel, T. W. Cacciatore, P. Cordo, F. Horak, J. Nutt, and R. Skoss, "Postural muscle tone in the body axis of healthy humans", *Journal of neurophysiology*, Vol 96, No. 5, pp 2678-2687. NOV 2006. DOI : 10.1152/jn.00406.2006.
- [43] S. E. Park, J. C. Lee, and Choi, W. S. "Effects of Occipital Bone Stimulation by Cervical Stabilizing Exercise on Muscle Tone, Stiffness, ROM and Cervical Lordosis in Patient with Forward Head Posture: Single System Design", *Journal of international academy of physical therapy research*, Vol 7, No. 2, pp 989-993. September 2016. DOI : 10.20540/JIAPTR.2016.7.2.989.
- [44] E. S. Contractor, S. Shah, and P. Dave, "To study the immediate effect of suboccipital muscle energy technique on craniovertebral angle and cranio-horizontal angle on subjects with forward head posture", *Int J Health Sci Res*, Vol 9, No. 3, pp 83. March 2019.
- [45] A. Aggarwal, A. Nair, T. J. Palekar, and D. Bhamare, "Effect of suboccipital release technique in forward head posture: A comparative study", *Medical Journal of Dr. DY Patil University*, Vol 15, No. 4, pp 534-537. Jul-Aug 2022. DOI : 10.4103/mjdrdypu.mjdrdypu_665_20.
- [46] W. Gong, C. Kim, and Y. Lee, "Correlations between cervical lordosis, forward head posture, cervical ROM and the strength and endurance of the deep neck flexor muscles in college students", *Journal of Physical Therapy Science*, Vol 24, No. 3, pp 275-277. 2012. DOI : 10.1589/jpts.24.275.
- [47] M. D. Nezamuddin, S. Anwer, S. A. Khan, and A. Equebal, "Efficacy of pressure-biofeedback guided deep cervical flexor training on neck pain and muscle performance in visual display terminal operators", *Journal of musculoskeletal research*, Vol 16, No. 3, pp 1350011. 2013. DOI : 10.1142/S0218957713500115.
- [48] N. Strimpakos, "The assessment of the cervical spine. Part 2: strength and endurance/fatigue", *Journal of bodywork and movement therapies*, Vol 15, No. 4, pp 417-430. 2011. DOI : 110.1016/j.jbmt.2010.10.001.
- [49] E. Moghadam, L. Rahnama, N. Karimi, M. Amiri, and M. Rahnama, "An ultrasonographic investigation of deep neck flexor muscles cross-sectional area in forward and normal head posture", *Journal of bodywork and movement therapies*, Vol 22, No. 3, pp 643-647. July 2018. DOI : 10.1016/j.jbmt.2017.11.002.
- [50] H. Ishida, T. Suehiro, C. Kurozumi, K. Ono, S. Ando, and S. Watanabe, "Correlation between neck slope angle and deep cervical flexor muscle thickness in healthy participants", *Journal of bodywork and movement therapies*, Vol 19, No. 4, pp 717-721. 2015 DOI : 10.1016/j.jbmt.2015.04.001.
- [51] J. D. Childs, J. A. Cleland, J. M. Elliott, D. S. Teyhen, R. S. Wainner, J. M. Whitman, ... and L. Torburn, "Neck pain: clinical practice guidelines linked to the International Classification of Functioning, Disability, and Health from the Orthopaedic Section of the American Physical Therapy Association", *The Journal of Women's & Pelvic Health Physical Therapy*, Vol 35, No. 2, pp 57-90. August 2011. DOI : 10.1097/JWH.0b013e3182267762.
- [52] D. Falla, G. Jull, P. Hodges, and B. Vicenzino, "An endurance-strength training regime is effective in reducing myoelectric manifestations of cervical flexor muscle fatigue in females with chronic neck pain", *Clinical Neurophysiology*, Vol 117, No. 4, pp 828-837. April 2006. DOI : 10.1016/j.clinph.2005.12.025.
- [53] Y. Dusunceli, C. Ozturk, F. Atamaz, S. Hepguler, and B. Durmaz, "Efficacy of neck stabilization exercises for neck pain: a randomized controlled study", *Journal of rehabilitation medicine*, Vol 41, No. 8, pp 626-631. June 2009. DOI : 10.2340/16501977-0392,
- [54] R. M. Ruivo, P. Pezarat-Correia, and A. I. Carita, "Effects of a resistance and stretching training program on forward head and protracted shoulder posture in adolescents", *Journal of manipulative and physiological therapeutics*, Vol 40, No. 1, pp 1-10. January 2017. DOI : 10.1016/j.jmpt.2016.10.005.
- [55] J. H. Park, H. S. Jeon, J. H. Kim, Y. J. Kim, G. A. Moon, and O. B. Lim, "Effects of biofeedback based deep neck flexion exercise on neck pain: meta-analysis", *Physical Therapy Korea*, Vol 28, No. 1, pp 18-26. January 2021. DOI : 10.12674/ptk.2021.28.1.18.
- [56] D. Y. Kang, "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”, *Journal of physical therapy science*, Vol 27, No. 10, pp 3207-3210. 2015. DOI : 10.1589/jpts.27.3207.
- [57] O. M. Giggins, U. M. Persson, and B. Caulfield, “Biofeedback in rehabilitation. *Journal of neuroengineering and rehabilitation*, Vol 10, pp 1-11. June 2013. DOI : 10.1186/1743-0003-10-60.
- [58] H. Ishida, T. Suehiro, K. Ono, C. Kurozumi, and S. Watanabe, “Correlation between deep cervical flexor muscle thickness at rest and sternocleidomastoid activity during the craniocervical flexion test”, *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, Vol 20, No. 1, pp 208-213. January 2016. DOI : 10.1016/j.jbmt.2015.06.005.
- [59] J. H. Hong, D. H. Lee, S. E. Kim, and D. K. Seo, “Correlation between contraction ratio, endurance, and muscle tone of cervical muscles”, *Physical Therapy Rehabilitation Science*, Vol 9, No. 4, pp 302-308. December 2020. DOI : 10.14474/ptrs.2020.9.4.302.
- [60] S. M. Lee, C. H. Lee, D. O’Sullivan, J. H. Jung, and J. J. Park, “Clinical effectiveness of a Pilates treatment for forward head posture”, *Journal of physical therapy science*, Vol 28, No. 7, pp 2009-2013. 2016. DOI : 10.1589/jpts.28.2009.
- [61] Z. Salahzadeh, N. Maroufi, A. Ahmadi, H. Behtash, A. Razmjoo, M. Gohari, and M. Parnianpour, “Assessment of forward head posture in females: observational and photogrammetry methods. *Journal of back and musculoskeletal rehabilitation*, Vol 27, No. 2, pp 131-139. April 2014. DOI : 10.3233/BMR-130426.
- [62] G. Jull, D. Falla, J. Treleaven, P. Hodges, and B. Vicenzino, “Retraining cervical joint position sense: the effect of two exercise regimes,” *Journal of Orthopaedic Research*, Vol 25, No. 3, pp 404-412, 2007. DOI : 10.1002/jor.20220.
- [63] B. D. Gupta, S. Aggarwal, B. Gupta, M. Gupta, and N. Gupta, “Effect of deep cervical flexor training vs. conventional isometric training on forward head posture, pain, neck disability index in dentists suffering from chronic neck pain”, *Journal of clinical and diagnostic research: JCDR*, Vol 7, No. 10, pp 2261-2264. Oct 2013. DOI : 10.7860/JCDR/2013/6072.3487.
- [64] A. M. H. Rizo, Á. O. Pascual-Vaca, M. A. Cabello, C. R. Blanco, F. P. Pozo, and A. L. Carrasco, “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”, *Journal of manipulative and physiological therapeutics*, Vol 35, No. 6, pp 446-453. July-August 2012. DOI : 10.1016/j.jmpt.2012.06.006.
- [65] R. Sheikhhoseini, S. Shahrbanian, P. Sayyadi, and K. O’Sullivan, “Effectiveness of therapeutic exercise on forward head posture: a systematic review and meta-analysis”, *Journal of manipulative and physiological therapeutics*, Vol 41, No. 6, pp 530-539. July-August 2018. DOI : 10.1016/j.jmpt.2018.02.002.

Authors



Jin-Wook Lee received B.S. degree in Korea University in 1999. He received his M.S. degree in sports medicine Ph.D. degree in physical education from the University of Dankook in 2010 and 2017, respectively.

Dr. Lee is an Assistant Professor at the Department of Exercise Prescription & Rehabilitation, Dankook University, Korea. His research interests are in sports medicine, exercise prescription, sports Rehabilitation, exercise physiology.



Yong-Hyun Byun received the B.S., M.S. and Ph.D. degrees in Physical Education and Sports Science from Korea University, Korea, in 1994, 1996 and 2003, respectively. Dr. Byun is an Associate Professor at the

Department of Sports Medicine, Dankook University, Korea. He is interested in sports medicine, exercise physiology, exercise prescription and health science.