

3D 시각적 피드백과 동작관찰을 이용한 운동이 전방머리자세의 자세 정렬과 대뇌겉질 활성화도에 미치는 영향

강효정¹ · 양희송^{1*} · 김민규²

¹청암대학교 물리치료과 교수, ²삼육대학교 물리치료학과 박사과정 학생

Effects of the 3D Visual Feedback Exercise with Action Observation on the Posture Alignment and Cerebral Cortex Activation in Forward Head Posture

Kang Hyojeong, PT, MS¹ · Yang Hoesong, PT, Ph.D^{*1} · Kim Minkyu, PT, MS²

¹Dept. of Physical Therapy, Cheongam College, Professor

²Dept. of Physical Therapy, Sahmyook University, Doctoral Course Student

Abstract

Purpose : The purpose of this study was to investigate the effects of exercise intervention combined with 3D visual feedback and motion observation on postural alignment and cerebral cortical activity in subjects with forward head posture (FHP).

Methods : The study included 28 participants with FHP, randomly divided into a 3D visual feedback plus motion observation group (n=14) or control group (n=14). The experimental group received corrective exercise combined with 3D visual feedback and motion observation for FHP, three times a week for four weeks. We examined cervical spine radiographs in the lateral standing position with both arms crossed to measure the craniovertebral angle (CVA) and cervical lordosis (CL). Relative alpha (RA) and beta waves (RB) were measured by wireless dry EEG.

Results : The CVA value was significantly different between the groups, and the CL value was significantly different only in the experimental group. RA and RB values were not significantly different before and after intervention in the control group. RB values were significantly decreased before and after intervention in the experimental group.

Conclusion : Based on the results of this study, we suggest that interventions combined with motion observation and 3D visual feedback may be effective as exercise methods to improve postural alignment and cerebral activity in subjects with FHP. Further research is required to generalize our results on technical supplementation complemented with 3D visual feedback devices.

Key Words : 3D visual feedback, cerebral cortical activity, forward head posture, postural alignment

*교신저자 : 양희송, ptyang@sejc.ac.kr

논문접수일 : 2020년 2월 18일 | 수정일 : 2020년 2월 29일 | 게재승인일 : 2020년 3월 13일

※ 이 논문은 2017년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(NRF-2017R1D1A1B03032005).

I. 서론

최근 정보통신 기술의 발달과 더불어 스마트폰과 같은 영상단말기 사용이 크게 늘어나고, 그것이 잠재적으로 목 굽힘의 자세를 오래 유지하게 하며 그에 따른 자세 부정렬의 문제가 호발하고 있다(Gustafsson 등, 2017; Kang 등, 2012). 전방머리자세(forward head posture)는 자세 부정렬에 의한 대표적인 질환이며, 청소년기에서 성인에 이르기까지 모든 연령에서 발생하는 문제이다(Hoftun 등, 2011). 전방머리자세는 목 근육의 기능변화, 고유수용성 감각의 결손, 뼈대계의 구조적 변화에 이르는 복합적인 문제를 갖는다. 또한 통증, 신경근 조절 능력의 감소, 자세 불균형과 같은 기능저하와 관련이 있다(Cagnie 등, 2007; Edmondston 등, 2007; Falla, 2004; Silva & Cruz, 2013; Silva 등, 2009). 이러한 문제를 해결하기 위해서 전방머리자세를 위한 자세교육, 근력강화운동, 안정화 운동 프로그램의 효과가 보고되었고(Choi & Hwang, 2011; Cho, 2014; Lee 등, 2015), 운동을 통한 중재의 필요성이 대두되고 있다.

운동학습은 감각 정보의 처리과정과 운동조절, 운동기술의 습득을 포함하는 개념으로 학습된 기술을 정확하게 수행할 수 있는 능력과 반복적인 경험을 통해 획득한 정보를 영구적으로 만들며 비기술적인 동작이 기술화되는 과정이다(Paik & Shin, 2010). 운동학습을 위해서는 운동을 통한 운동학습과 상상운동과 동작관찰훈련 같은 간접적인 운동학습으로 나눌 수 있다. 직접적인 신체적 운동학습이 자세교육에 미치는 효과는 다양한 선행연구를 통해 입증되었다. 운동학습의 효과를 높이기 위한 방법으로 상상운동, 동작관찰훈련, 청각적 정보제공, 시각적 정보제공, 고유수용성촉진법과 같은 다양한 감각 정보를 제공하는 연구가 진행되었다(Kim 등, 2009; Lee & Lee, 2019; Shon 등, 2012). 또한 운동학습의 단계에 따라 대뇌 활성화는 증가하거나 감소되며, 대뇌 피질의 활성화도 변화는 운동학습의 강력한 증거가 될 수 있다고 하였다(Mizuguchi & Kanosue, 2017).

동작관찰훈련은 동작을 관찰하고 관찰한 동작을 모방하여 반복적으로 훈련하는 방법이다. 이 방법은 거울신경세포 시스템에 이론적 기초를 두고 있다(Small 등,

2012). 동작을 관찰할 때 활성화 되는 곳은 같은 동작을 실제로 실행하는 동안 활성화되는 곳과 동일한 운동 투사영역이며, 동작관찰과 상상훈련은 실제 행동 없이도 운동관련 영역인 운동앞겉질과 아래두정겉질의 활성화를 보인다(Fabbri-Destro & Rizzolatti, 2008; Iacoboni & Dapretto, 2006). 보통의 경우 동작관찰훈련 동안 실제 움직임이 동반되는 경우가 움직임을 하지 않고 훈련할 때보다 대뇌 활성화도가 더 큰 결과를 보인다(Mizuguchi & Kanosue, 2017). 특히 동작관찰과 운동이 결합되면 운동 기억을 강하게 촉진하며, 특정 동작을 관찰하는 동안 그 동작에 사용되는 근육들의 활동전위가 증폭되는 결과를 보였다(Stefan 등, 2005). 이는 직접적인 운동 중재와 동작관찰훈련을 병행했을 때 운동학습에 효과적이라는 근거라 할 수 있다.

비정상 자세에 의한 근육뼈대계의 변화는 근육 수용체의 효율성을 감소시켜 관절 위치감각에 영향을 미친다(Yaggie & McGregor, 2002). 특히 전방머리자세를 가진 대상자에게서 고유수용성감각이 감소되는 특징을 보인다(Dover & Power, 2003; Lee 등, 2014). 이러한 고유수용성 정보를 보상하기 위해 제공된 시각적 피드백은 자세 정렬을 바르게 유도하며, 자세 조절 능력을 향상시킨다. 시각적 피드백을 통해 제공된 시각정보는 공간에서 자신의 움직임을 확인하여 문제를 인식하고 움직임을 교정하여 운동의 정확성을 높이는데 기여한다(Cheng 등, 2001). Mizuguchi와 Kanosue(2017)는 연구에서는 사지의 움직임을 사실적으로 시각화하여 제공한 결과 운동피질이 활성화되었으며, Sollfrank 등(2015)의 연구에서는 감각운동영역의 알파파는 감소되었고, 2D 환경에서 보다 3D 환경에서 큰 변화가 있었다. 또한 Kim과 Han(2014)은 3D 시각정보를 활용한 동작관찰훈련이 각성과 거울신경세포의 활성화에 효과적일 수 있다고 하였다. 최근 선행연구에서 동작관찰훈련을 통한 자세교육이 전방머리자세의 개선에 효과가 있었고(Shon 등, 2012), 동작관찰과 시각적 되먹임을 병행했을 때 전방머리자세와 통증의 개선에 효과적이었다(Kang & Yang, 2018). 하지만 선행연구에서 제공한 시각적 피드백은 동작관찰에 적용된 경우이며 운동 과정에서 피험자의 모습을 3D 영상으로 실시간 제공한 연구는 시행된 바가 없다. 또한 동작관찰훈련과 3D 시각적 피드백을 병행해서 운동 중재

를 시행했을 때 대뇌 피질의 활성화도에 영향을 주는지에 대한 연구가 미흡한 실정이다.

따라서 본 연구는 3D 시각적 피드백과 동작관찰을 병행한 운동 중재가 전방머리자세의 자세 정렬, 대뇌겉질 활성화도에 미치는 영향을 알아보려고 한다.

II. 연구방법

1. 연구대상자

본 연구는 순천시 C대학교 재학생 중 28명의 전방머리자세 대상자에 대해 실시하였다. 연구 대상자의 수는 G power 3.1을 이용하여 산정하였으며, Choi와 Hwang(2011)의 선행연구에 근거하여 효과크기 1.40, 유의수준 0.05, 검정력 0.90 조건에서 총 24명이 요구되었고, 탈락율을 고려하여 총 28명을 대상으로 실시하였다.

실험군 14명과 대조군 14명으로 무작위 배정하였다. 실험군은 동작관찰과 3D 시각적 피드백을 병행한 운동프로그램을 실시하였으며, 대조군은 일반 운동프로그램을 실시하였다. 대상자의 선정기준은 만 18세 이상 65세 미만인 자이며, 각도계(goniometer)를 이용하여 선 자세에서 귀이주(tragus)와 7번째 목뼈를 연결한 선과 지면과 수평으로 C7를 지나는 선의 각도인 머리척추각이 48° 미만인 대상자를 전방머리자세인 자로 하였다(Haughie 등, 1995). 제외기준은 1) 근육뼈대계와 신경학적 손상 및 병변이 있는 자, 2) 시각 및 청각의 손상 및 병변이 있는 자, 3) 심한 인지, 의사소통, 지각에 문제로 인해 구두 지시를 이해하고 수행하는데 어려움이 있는 자로 하였다. 모든 대상자는 측정과 방법에 대해 설명을 듣고 동의서에 서명을 하였으며, 대상자의 일반적 특성에 대한 실험군과 대조군의 동질성을 검정한 결과 유의한 차이가 없어 동질한 것으로 나타났다(Table 1).

Table 1. General characteristics of the subjects

(n=28)

	CG (n=14)	EG (n=14)
Age (years)	20.21±0.58	21.29±1.93
Height (cm)	166.64±9.39	167.43±8.91
Weight (kg)	66.50±20.32	66.93±16.31
BMI (kg/m ²)	23.47±4.89	23.55±4.15
CVA (°)	46.66±1.03	46.16±2.70

Mean±SD, CG; control group (general exercise), EG; experimental group (action observation +3D visual feedback), CVA; craniovertebral angle

2. 연구 방법

본 연구는 전방머리자세를 대상으로 두 그룹으로 무작위로 나누어 두 그룹에 각각 동일한 운동프로그램을 제시하되 실시하는 방법을 실험군은 동작관찰과 3D 시각적 피드백을 병행하여 실시하게 하였고, 대조군은 일반적인 방법으로 실시하게 하였다. 운동프로그램은 운동에 대한 순서 및 방법을 교육하는 동작교육 5분, 준비운동 5분, 본운동 20분, 마무리운동 5분으로 총 35분을 4주간 주 3회 실시하였다. 대조군에게 치료사가 팸플릿

(pamphlet)을 이용하여 구두로 동작교육을 실시하였고, 실험군은 제작한 동작관찰 영상 시청을 통하여 동작교육을 실시하였다. 본운동은 대조군과 실험군에게 같은 프로그램을 실시하였다. 가슴근, 넓은등근, 뒤통수밑근 신장운동을 12초 유지, 10회 반복, 총 3세트 실시하였고, 모래주머니와 탄성밴드를 이용하여 깊은목굽힘근, 어깨가쪽돌림근, 마름근, 중간-아래등세모근 강화운동을 각 동작 7초 유지하여 10회 반복, 총 3세트 실시하였다. 운동 강도는 개인의 운동 능력에 맞춰 제공하기 위하여 각 동작을 10회 반복 실시하여 운동자각도(Rating of

Perceived Exertion, RPE)가 13~15(60 %MVC) 수준으로 하였으며, 2주차에 운동 강도를 재확인하여 저항을 점진적으로 제공하였다. 각 세트 사이에는 30초 휴식을 실시하였다(Cho, 2014; Lee 등, 2015)(Table 2). 단, 본운동의 실시방법은 대조군에서는 치료사에 의하여 구두로 동작에 대한 수정을 실시하였고, 실험군은 3D 시각적 피드백을 이용하여 실시간으로 본인이 실시한 동작을 관찰하며 동작 수정을 할 수 있도록 하였다. 3D 시각적 피드백을 제공하기 위하여 앞쪽, 가쪽, 위쪽에 웹 카메라

(SPC-A30M, Samsung, Korea) 3대를 설치하여 대상자를 촬영하였다. 촬영된 3개의 영상은 컴퓨터 모니터에 재생되며, 이는 대상자가 운동을 하면서 실시간으로 볼 수 있도록 동일한 영상을 스마트폰(Galaxy 8, Samsung, Korea)으로 미러링(mirroring)하여 무선으로 제공하였다. 머리에 착용하는 스마트폰 거치대를 이용하여 대상자와 영상장치가 15 cm 거리를 유지하게 하여 운동 시 동작이 바뀌더라도 영상에 집중할 수 있도록 하였다(Fig 1).

Table 2. Exercise programs

Exercise program			Time (min)
Education	Experimental group	Action observation	5
	Control group	Oral & pamphlet	
Warm-up	National gymnastics		5
Main exercise	Stretching	Suboccipitalis	20
		Pectoralis	
		Latissimus dorsi	
	Strengthening	Deep neck flexor	
		Shoulder external rotators	
Trapezius (middle, lower)			
Rhomboids			
Cool-down	National gymnastics		5

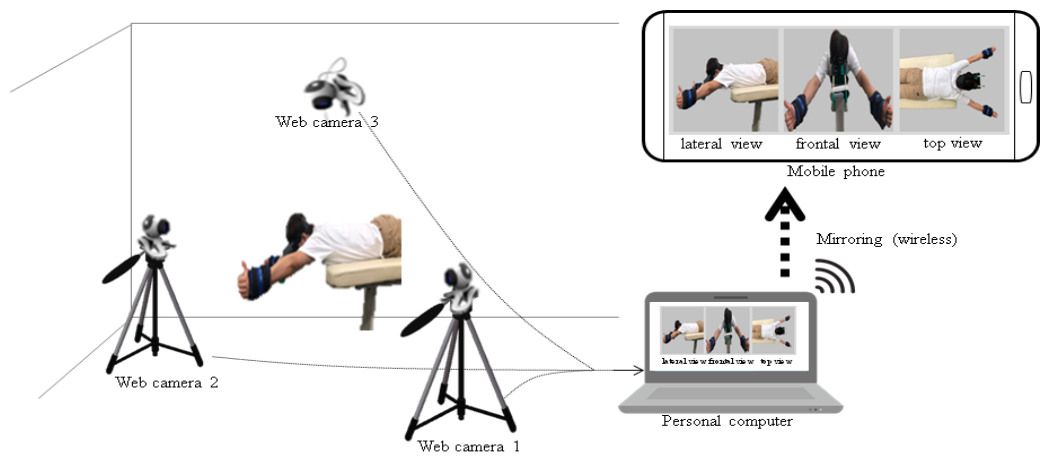
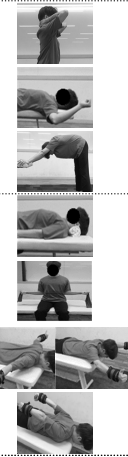


Fig 1. 3D visual feedback

3. 측정 도구

1) 방사선 촬영을 이용한 자세 정렬 검사

머리와 목뼈 정렬을 측정하기 위하여 선 자세에서 양 팔을 가슴 앞쪽으로 교차하여 놓은 자세(cross-arm position)로 가쪽 목뼈 방사선 촬영(X-ray)을 실시하였다. 이 자세는 기능적 시상면 정렬을 검사하기 위한 방법으로 최대한 평소 선 자세를 유지하도록 하다(Kim 등, 2005). 촬영된 영상은 Sante DICOM Viewer free(SantesoftLtd, Nicosia, 키프로스)를 이용하여 머리척추각(craniovertebral angle, CVA)과 목뼈앞굽음(cervical lordosis, CL)을 분석하였다. CVA는 목뼈 7번의 가시돌기 끝부분과 바깥귀길(external auditory meatus) 전연에 두 점을 찍어 이은 선과 목뼈 7번을 지나는 지면과 평행한 선이 이후는 각도로 측정하였다. CL은 목뼈 1번과 7번이 이루는 Cobb's angle로 측정하였으며, 고리뼈(atlas)의 앞결절과 뒤결절 각각의 중간점을 찍어 이은 선과 목뼈 7번의 척추뼈몸통의 아래연에 평행하게 그은 선에 각각 수직선을 그어 교차하는 각도를 측정하였다(Jung 등, 2013).

2) 대뇌결질 활성화

대뇌결질 활성화(electroencephalography, EEG)를 측정하기 위하여 21채널 무선 건식 뇌파측정기(DSI-24, Wearable Sensing Inc., USA)를 사용하였으며, 10-20 국제

표준전극 부착법을 이용하여 측정하였다. 본 연구에서는 이마엽앞결질(prefrontal cortex)의 Fp1, Fp2와 감각운동결질(sensorimotor cortex)의 C3, C4 위치의 뇌파를 분석하였다.

레퍼런스(reference) 전극은 왼쪽 귓볼(A1)과 오른쪽 귓볼(A2)에 부착하였다(Klem 등, 1999)(Fig 2). 샘플링 주파수 300 Hz, 통과필터 0.5-50 Hz, 16-bit AD 변환을 통해 대뇌결질 활성도가 컴퓨터에 저장되었다. 총 120초 간 눈감은 상태, 눈뜬 상태, 어깨 가쪽돌림 운동 시의 상황에서 각각 120초에서 실시하였으며, 측정 후 뇌파구간 분석은 측정 직후 10초와 마지막 10초를 제외하고, 총 100초를 분석하였다. 수집된 데이터는 분석 프로그램 DSI Streamer Ver 1.08.09(Wearable Sensing Inc., USA)과 TeleScan Ver 3.06(Laxtha Inc. Daejeon, Korea)을 이용하여 몸 움직임의 영향을 많이 받는 0~4 Hz 영역대인 델타파(delta)를 제거한 후 fast fourier transform(FFT)의 알고리즘을 이용하여 4~50 Hz의 파워 스펙트럼(power spectrum)을 분석하였다. 이완 및 휴식상태에서 나타나는 알파파(alpha)와 인지적 정보처리활동 및 일반적 신체활동을 실시할 때 나타나는 베타파(beta)를 확인하였으며, 개인의 편차를 줄이고 보정하기 위해 전체 주파수 대역의 상대알파파(relative alpha power, RA, 8-13 Hz/4-50 Hz), 상대베타파(relative beta power, RB, 13-30 Hz/4-50 Hz)를 분석하였다.

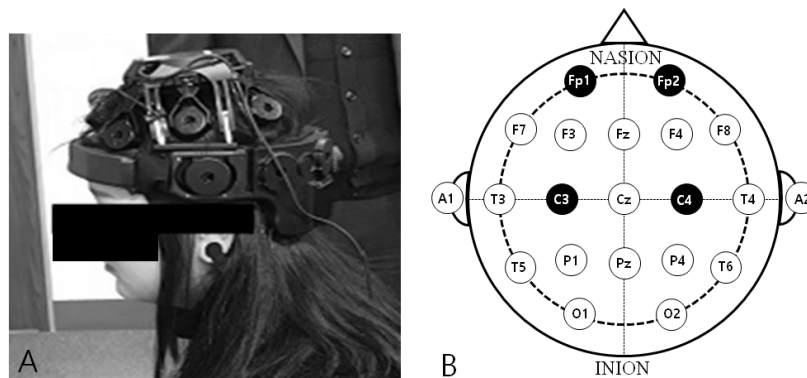


Fig 2. Electro-encephalography
A; Dry Electrode EEG Headset(DSI-24), B; EEG electrode location

4. 분석 방법

본 연구에서 수집된 데이터는 SPSS ver. 22.0 프로그램을 사용하여 통계처리 하였다. 기술통계를 이용하여 대상자의 일반적인 특성의 평균과 표준편차를 확인하였으며, 일-표본 Kolmogorov-Smirnov 검정을 이용하여 정규성 검정을 실시하였다. 대상자의 일반적 특성에 대한 동질성 검정을 위하여 독립표본 t-검정을 실시하였다. 그룹 내 목뼈 정렬과 대뇌결질 활성도를 비교하기 위하여 대응표본 t-검정을 사용하였고, 그룹 간 차이를 확인하기 위하여 독립표본 t-검정을 사용하였다. 모든 통계적 유의수준은 $\alpha = .05$ 로 설정하였다.

III. 결과

1. 머리와 목뼈의 자세 정렬 변수의 변화

운동 중재에 따른 그룹 내 CVA의 변화를 비교한 결과, 실험군은 운동 전 53.44 ± 8.53 , 운동 후 63.26 ± 6.08 로 유의하게 증가하였으며($p < .05$), 대조군은 운동 전 55.69 ± 7.94 , 운동 후 62.55 ± 4.46 로 유의하게 증가하였다($p < .05$). 그룹 내 CL의 변화는 실험군은 운동 전 28.60 ± 4.09 , 운동 후 23.15 ± 8.37 로 유의하게 감소하였으나($p < .05$), 대조군은 운동 전 29.60 ± 7.48 , 운동 후 25.95 ± 8.74 로 유의한 차이는 없었다(Table 3). CVA의 운동 전·후 차는 실험군 9.82 ± 9.00 , 대조군 6.85 ± 9.24 로 그룹 간 유의한 차이는 없었고, CL의 운동 전·후 차는 실험군 -5.44 ± 7.24 , 대조군 -3.65 ± 11.05 로 그룹 간 유의한 차이는 없었다.

Table 3. Comparison of CVA, CL between pre and post exercise (n=28)

	CG (n=14)			EG (n=14)		
	Pre	Post	p	Pre	Post	p
CVA (°)	55.69±7.94	62.55±4.46	.031	53.44±8.53	63.26±6.08	.000
CL (°)	29.60±7.48	25.95±8.74	.294	28.60±4.09	23.15±8.37	.023

Mean±SD, CG; control group(general exercise), EG; experimental group(action observation + 3D visual feedback), CVA; craniovertebral angle, CL; cervical lordosis

2. 대뇌결질 활성도의 변화

운동 중재에 따른 그룹 내 RA는 실험군에서 EC 시 C3에서 운동 전 0.47 ± 0.18 , 운동 후 0.56 ± 0.16 로 유의하게 증가하였으나($p < .05$), 그 외의 변수에서는 그룹 내 유의한 차이가 없었다. 대조군에서는 운동 전·후 유의한 차이는 없었다. 운동 중재에 따른 그룹 내 RB는 실험군에서 EO 시 Fp1에서 운동 전 0.20 ± 0.10 , 운동 후 0.14 ± 0.05 로 유의하게 감소하였으며($p < .05$), Fp2에서 운동 전 0.20 ± 0.10 , 운동 후 0.14 ± 0.06 로 유의하게 감소하였다

($p < .05$). EX 시 Fp1에서 운동 전 0.18 ± 0.07 , 운동 후 0.13 ± 0.05 로 유의하게 감소하였으며($p < .05$), Fp2에서 운동 전 0.19 ± 0.08 , 운동 후 0.14 ± 0.04 로 유의하게 감소하였다($p < .05$). 대조군에서는 운동 전·후 유의한 차이는 없었다(Table 4). RA의 운동 전·후의 차의 그룹 간 차이는 없었다. RB의 운동 전·후의 차의 그룹 간 차이는 EX 시 Fp1에서 대조군 0.01 ± 0.03 , 실험군 -0.05 ± 0.07 로 유의한 차이가 있었으며, Fp2 대조군 0.01 ± 0.05 , 실험군 -0.05 ± 0.07 로 유의한 차이가 있었다($p < .05$)(Table 5).

Table 4. Comparison of RA, RB between pre and post exercise (n=28)

		RA			RB			
		Pre	Post	<i>p</i>	Pre	Post	<i>p</i>	
	EC	Fp1	0.51±0.18	0.51±0.14	.536	0.19±0.10	0.19±0.07	.953
		Fp2	0.52±0.18	0.55±0.13	.487	0.20±0.10	0.19±0.07	.620
		C3	0.50±0.17	0.53±0.15	.563	0.21±0.10	0.20±0.08	.825
		C4	0.48±0.16	0.53±0.14	.291	0.23±0.11	0.20±0.07	.371
CG (n=14)	EO	Fp1	0.28±0.15	0.24±0.11	.285	0.19±0.09	0.18±0.04	.847
		Fp2	0.29±0.14	0.24±0.12	.146	0.19±0.05	0.19±0.06	.986
		C3	0.38±0.14	0.32±0.10	.210	0.26±0.08	0.28±0.06	.645
		C4	0.35±0.13	0.32±0.12	.355	0.27±0.07	0.27±0.06	.832
	EX	Fp1	0.25±0.18	0.20±0.18	.421	0.14±0.03	0.15±0.03	.167
		Fp2	0.25±0.16	0.19±0.12	.347	0.14±0.04	0.15±0.04	.536
		C3	0.31±0.15	0.26±0.08	.267	0.23±0.09	0.27±0.06	.269
		C4	0.33±0.14	0.25±0.11	.111	0.25±0.09	0.26±0.05	.739
	EC	Fp1	0.51±0.20	0.52±0.17	.768	0.22±0.12	0.20±0.09	.292
		Fp2	0.52±0.20	0.54±0.17	.657	0.22±0.11	0.19±0.09	.100
		C3	0.47±0.18	0.56±0.16	.047*	0.23±0.11	0.20±0.10	.081
		C4	0.48±0.20	0.55±0.18	.160	0.23±0.11	0.20±0.08	.190
EG (n=14)	EO	Fp1	0.28±0.18	0.23±0.16	.340	0.20±0.10	0.14±0.05	.029
		Fp2	0.28±0.18	0.23±0.16	.386	0.20±0.10	0.14±0.06	.038
		C3	0.38±0.20	0.36±0.18	.728	0.24±0.11	0.26±0.09	.298
		C4	0.39±0.21	0.36±0.17	.575	0.26±0.12	0.26±0.09	.952
	EX	Fp1	0.17±0.09	0.18±0.10	.968	0.18±0.07	0.13±0.05	.027
		Fp2	0.18±0.09	0.18±0.10	.997	0.19±0.08	0.14±0.04	.013
		C3	0.27±0.14	0.28±0.11	.982	0.26±0.10	0.26±0.09	.895
		C4	0.29±0.15	0.28±0.14	.843	0.26±0.10	0.27±0.08	.682

Mean±SD, RA; relative alpha wave, RB; relative beta wave, CG; control group(general exercise), EG; experimental group(action observation + 3D visual feedback), EC; eye close, EO; eye open, EX; exercise

Table 5. Comparison of RA, RB changes between two groups

(n=28)

	RA			RB			
	CG (n=14)	EG (n=14)	p	CG (n=14)	EG (n=14)	p	
EC	Fp1	0.03±0.14	0.01±0.19	.858	0.00±0.07	-0.02±0.07	.466
	Fp2	0.04±0.16	0.02±0.18	.820	-0.02±0.12	-0.03±0.06	.654
	C3	0.03±0.17	0.10±0.17	.372	-0.01±0.12	-0.03±0.06	.575
	C4	0.05±0.14	0.07±0.17	.805	-0.03±0.10	-0.03±0.07	.904
EO	Fp1	-0.04±0.11	-0.05±0.20	.871	-0.01±0.08	-0.06±0.10	.154
	Fp2	-0.05±0.11	-0.04±0.19	.895	0.00±0.08	-0.06±0.10	.135
	C3	-0.06±0.13	-0.02±0.21	.614	0.01±0.10	0.02±0.07	.908
	C4	-0.04±0.12	-0.03±0.20	.902	-0.01±0.09	0.00±0.07	.823
EX	Fp1	-0.05±0.18	0.00±0.11	.413	0.01±0.03	-0.05±0.07	.022
	Fp2	-0.05±0.16	0.00±0.11	.353	0.01±0.05	-0.05±0.07	.024
	C3	-0.06±0.15	0.00±0.17	.391	0.04±0.10	0.00±0.11	.459
	C4	-0.07±0.13	-0.01±0.19	.378	0.01±0.09	0.01±0.09	.998

Mean±SD, RA; relative alpha wave, RB; relative beta wave, CG; control group(general exercise), EG; experimental group(action observation + 3D visual feedback), EC; eye close, EO; eye open, EX; exercise

IV. 고찰

본 연구의 목적은 3D 시각적 피드백과 동작관찰을 병행한 운동 중재가 전방머리자세의 자세 정렬, 대뇌결절 활성화도에 미치는 영향을 알아보는데 있다. 자세 불균형의 개선 효과를 알아보기 위해 CVA, CL 값을 평가하였고, 운동학습의 효과를 알아보기 위한 변수로 대뇌피질 활성화도 변화를 평가하였다.

본 연구에서는 실험군과 대조군의 CVA, CL, RA, RB의 중재 후 변화를 비교한 결과, CVA 값은 실험군과 대조군 모두 유의한 차이를 보였고, CL 값에서는 실험군에서만 유의한 차이를 보였다. RB 값은 실험군에서 중재 전후 유의한 차이를 보였다.

Yip 등(2006)의 연구에 따르면 전방머리자세를 가진 사람은 CVA 값이 상대적으로 작고, 값이 작을 수록 목 통증이 높은 유의한 상관관계를 보였으며, 정상 성인

144명의 CVA 값은 66.05±3.59로 측정되었다. 전방머리자세를 가진 대상자의 선행연구의 결과를 살펴보면, Shon 등(2012)은 전방머리자세를 가진 일반인 8명을 대상으로 3주간 주 3회 동작관찰훈련을 통한 자세교육을 시행하여 CVA 값이 중재 전·후 58.30±3.72에서 61.26±2.63으로 유의하게 증가하여 자세가 개선되었다. Lee와 Lee(2019)는 전방머리자세를 가진 21명의 대상자에게 시각적 피드백을 병행한 근력운동 중재를 4주간 주 3회 시행하여 CVA 값이 47.53±0.83에서 51.20±2.37 유의하게 증가되었다. Choi와 Hwang(2011)은 스트레칭과 근력강화 운동 중재를 16명에게 10주간 주 4회 시행하여 CVA 값이 59.19±3.53에서 63.97±4.48로 유의하게 증가되었다. Kang과 Yang(2019)은 4주 간의 근력강화 운동프로그램을 시행하여 CVA 값은 운동 전·후 62.08±4.81에서 63.40±4.46으로 유의하게 증가된 반면, CL 값은 유의한 차이가 없었다. Kim 등(2017)은 시각적 피드백이 전방머

리자세를 가진 대상자의 자세 조절에 긍정적인 영향을 준다고 하였다.

본 연구의 실험군 CVA 값이 중재 전·후 53.44±8.53에서 63.26±6.08로 유의하게 증가한 것은 선행연구와 유사한 결과이며, 자세개선의 효과가 있었다($p<.05$). 하지만 군간 CVA 값의 차이가 유의하지 않은 것은 대조군에게 적용한 일반 운동 중재방법이 근력운동에 해당하기 때문에 근력운동을 중재로 한 선행연구의 결과에서처럼 유의한 개선 효과를 보인 것으로 생각된다. 반면 실험군에서 CL 값이 중재 후 유의한 차이를 보이는 것은 시각적 피드백의 제공이 중재 과정에서 자세 조절에 긍정적 영향을 준 결과라고 생각된다. 시각 피드백은 자신의 움직임에서 오류를 확인하고 이를 교정할 수 있게 도와주며, 움직임의 정확성을 높이는데 기여한다(Cheng 등, 2001). 또한 운동 과정에 제공된 시각정보는 운동피질을 활성화시키며, 운동학습에 중요한 변수이다(Sollfrank 등, 2015).

운동학습은 진행 과정에 따라 세 단계로 나뉜다. 초기의 빠른 학습단계는 감각 정보가 가장 많이 필요하고, 수행이 느리며, 불규칙적으로 일어나는 단계로 높은 인지 수준의 대뇌활동을 필요로 한다. 느린 후기단계에는 반복되는 훈련을 통해 감각과 운동의 오류를 수정하여 이를 학습하게 되고, 강화 단계를 거쳐 자동화 단계에 이르면 낮은 인지 수준으로 숙련된 행위가 가능해지게 된다(Doyon & Benali, 2005). 이러한 운동학습의 단계에 따른 대뇌 결질 활성도의 변화는 증가하거나 감소하는 경향을 보이는데, 초기의 빠른 학습단계에서는 강한 활성도를 보이다가 자동화 단계에 이르면 대뇌 활성도가 감소하게 된다(Dayan & Cohen, 2011).

동작관찰훈련은 상대적으로 더 높은 수준의 인지적 활동을 요구한다. 베타파는 고강도의 인지적 정보처리활동을 하거나 일반적인 신체활동 수행 시 증가하는 것으로 알려져 있다. 보통 안정상태보다 주의력이 필요한 과제를 수행하는 동안 알파파는 억제되고 베타파는 증가하게 된다(Fairclough 등, 2005). 또한 운동과정에서 제공되는 시각적 피드백이 대뇌피질 활성도를 증가시킨다는 증거는 몇몇 선행연구를 통해 밝혀진 바 있다. Sollfrank 등(2015)은 팔 다리의 움직임을 3D 영상으로 제공하여 감각 운동피질의 활성도가 증가하였다는 결과를 보고하

였고, Chang 등(2019)은 거울을 통해 제공된 목적 있는 움직임이 감각운동피질의 베타파를 활성화한다고 하였다. 베타파의 활성화는 인지기능 향상을 반영하며(Ray와 Cole, 1985), 동작관찰 훈련군에서의 베타파 증가는 동작관찰이라는 외적 자극과 시각 피드백에 의한 운동 수정 과정이 일반적 운동 방법에 비해서 강한 인지적 활동을 유발할 수 있고, 운동과정에서 제공되는 시각적 피드백은 대뇌 운동피질의 베타파 활성도를 높이는 결과를 가져올 수 있다. 반면 중재가 반복되어 진행된다면 운동학습의 단계에 따라 의식적인 노력이 감소하면서 베타파의 활성도는 감소하게 된다(Dayan & Cohen, 2011).

Mizuguchi와 Kanosue(2017)는 운동을 직접 시행한 대상자들의 운동학습 단계에 따른 대뇌 활성도를 비교했을 때 초기 단계에 활성도가 증가하였고 후기 단계에는 오히려 활성도가 감소했다고 보고하였다. 이 결과는 운동학습이 자동화 단계에 이르면 운동에 필요한 인지적 노력이 낮아지면서 대뇌 활성도가 감소한다는 증거라 할 수 있다. 반면에 동작관찰과 상상훈련만 시행한 경우에 대뇌 활성도는 초기에 증가한 활성도가 후기 단계에 이를 때까지 높게 유지되는 결과를 보였다. 따라서 동작관찰훈련과 직접적인 훈련이 병행되었을 때 운동학습에 보다 효과적이라는 뜻으로 해석할 수 있다.

선행연구의 결과에서 처럼 본 연구에서 실험군의 RB 값이 중재 전·후 유의하게 감소한 것은 중재 후 운동학습의 단계가 자동화 단계에 이르러, 낮은 수준의 인지과정으로도 운동이 가능해졌음을 뜻한다. 또한 이러한 결과는 동작관찰과 운동프로그램이 병행하여 시행된 중재의 결과라 사료된다.

본 연구에서 제공된 3D 시각적 피드백 영상이 세 개의 화면으로 분할되어 제공되면서 대상자의 불편함이 있어 추후 연구에서는 영상제작에 기술적 보완이 필요하다. 또한 동작관찰훈련과 3D 시각적 피드백이 병행해서 제공되었기 때문에 중재의 효과가 어떤 변수에 의한 것인지 명확히 구분하기 어려운 점이 있다. 따라서 추후 연구에서는 3D 시각적 피드백과 동작관찰의 개별적 효과를 검증할 수 있는 추가적 연구가 필요하다.

V. 결론

본 연구는 3D 시각적 피드백과 동작관찰을 병행한 운동 중재가 전방머리자세의 자세 정렬과 대뇌겉질 활성화도에 미치는 효과를 알아보고자 하였다. 본연구의 결과 CVA 값은 실험군과 대조군 모두 유의하게 증가하였고, CL 값에서는 실험군에서만 유의한 차이를 보였다. 상대 베타파의 활성화도는 실험군에서 중재 전·후 유의하게 감소하였다. 이상의 결과를 종합하여 볼 때 전방머리 자세를 가진 대상자에게 동작관찰훈련과 3D 시각적 피드백을 병행한 중재는 자세정렬을 개선하는 효과가 있으며, 상대 베타파의 활성화도에 영향을 미친다. 상대 베타파의 활성화도 감소가 운동학습의 직접적인 증거라고 하기에는 보다 많은 연구적 논의가 필요하지만 동작관찰훈련과 3D 시각적 피드백을 병행한 운동중재가 운동학습에 효과적일 수 있음을 제안한다. 추후 연구에서는 3D 시각적 피드백에 대한 기술적 보완과 대상자의 다양화를 통해 일반화할 수 있는 연구가 필요한 것으로 사료된다.

참고문헌

Cagnie B, Cools A, De Loose V, et al(2007). 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*, 88(11), 1441-1445.

Chang CS, Lo YY, Chen CL, et al(2019). Alternative motor task-based pattern training with a digital mirror therapy system enhances sensorimotor signal rhythms post-stroke. *Front Neuro*, 10, Printed Online. <https://doi.org/10.3389/fneur.2019.01227>.

Cheng PT, Wu SH, Liaw MY, et al(2001). Symmetrical body-weight distribution training in stroke patients and its effect on fall prevention. *Arch Phys Med Rehabil*, 82(12), 1650-1654.

Cho SH(2014). The effect of myofascial release technique and forward head posture correction exercise on chronic

tension-type headache. Graduate school of Catholic University of Pusan, Republic of Korea, Doctoral dissertation.

Choi YJ, Hwang R(2011). Effect of cervical and thoracic stretching and strengthening exercise program on forward head posture. *The Journal of the Korea Contents Association*, 11(10), 293-300.

Dayan E, Cohen LG(2011). Neuroplasticity subserving motor skill learning. *Neuron*, 72(3), 443-454.

Dover G, Powers ME(2003). Reliability of joint position sense and force-reproduction measures during internal and external rotation of the shoulder. *J Athl Train*, 38(4), 304-310.

Doyon J, Benali H(2005). Reorganization and plasticity in the adult brain during learning of motor skills. *Curr Opin Neurobiol*, 15(2), 161-167.

Edmondston SJ, Chan HY, Ngai GC, et al(2007). Postural neck pain: an investigation of habitual sitting posture, perception of 'good' posture and cervicothoracic kinaesthesia. *Man Ther*, 12(4), 363-371.

Fabbri-Destro M, Rizzolatti G(2008). Mirror neurons and mirror systems in monkeys and humans. *Physiology (Bethesda)*, 23, 171-179.

Falla D(2004). Unravelling the complexity of muscle impairment in chronic neck pain. *Man Ther*, 9(3), 125-133.

Fairclough SH, Venables L, Tattersall A(2005). The influence of task demand and learning on the psychophysiological response. *Int J Psychophysiol*, 56(2), 171-184.

Gustafsson E, Thomee S, Grimby-Ekman A, et al(2017). Texting on mobile phones and musculoskeletal disorders in young adults: A five-year cohort study. *Appl Ergon*, 58, 208-214.

Haughie LJ, Fiebert IM, Roach KE(1995). Relationship of forward head posture and cervical backward bending to neck pain. *Journal of Manual & Manipulative Therapy*, 3(3), 91-97.

Hoftun GB, Romundstad PR, Zwart JA, et al(2011).

- Chronic idiopathic pain in adolescence-high prevalence and disability: the young HUNT Study 2008. *Pain*, 152(10), 2259-2266.
- Jacoboni M, Dapretto M(2006). The mirror neuron system and the consequences of its dysfunction. *Nat Rev Neurosci*, 7(12), 942-951.
- Jung HW, Shin WS, Kim DH, et al(2013). The study on correlation between the forward head posture and spinal alignment. *J Korean Med Rehabil*, 23(4), 195-202.
- Kang HJ, Yang HS(2018). The effects of the action observation and visual feedback convergence exercise on the alignments, pain and function of forward head posture and round shoulder posture. *Journal of the Korea Convergence Society*, 9(12), 123-128.
- Kang HJ, Yang HS(2019). Effects of neck and shoulder exercise program on spino-pelvic alignment in subject with forward head posture. *J Korean Soc Integrative Med*, 7(4), 265-272.
- Kang JH, Park RY, Lee SJ, et al(2012). The effects of the forward head posture on postural balance in long time computer based worker. *Ann Rehabil Med*, 36(1), 98-104.
- Kim JS, Choi JH, Lee MY(2017). Effect of self postural control with visual feedback in the foot pressures in the subject with forward head posture. *J Kor Phys Ther*, 29(4), 153-157.
- Kim JY, Han KJ(2014). Comparison of the effect of 2D and 3D action observation on arousal and mirror neuron activity. *JKEIA*, 8(4), 109-116.
- Kim MS, Chung SW, Hwang CJ, et al(2005). A radiographic analysis of sagittal spinal alignment for the standardization of standing lateral position. *J Korean Orthop Assoc*, 40(7), 861-867.
- Kim TH, Park SB, Ha JH(2009). Differences in the brain activation patterns during motor imagery and action observation of golf putting. *Korean J Phys Edu*, 48(3), 157-165.
- Klem GH, Lüders HO, Jasper HH, et al(1999). The ten-twenty electrode system of the international federation. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol*, 52(3), 3-6.
- Lee ES, Lee SW(2019). Impact of cervical sensory feedback for forward head posture on headache severity and physiological factors in patients with tension-type headache: a randomized, single-blind, controlled Trial. *Med Sci Monit*, 25, 9572-9584.
- Lee MY, Lee HY, Yong MS(2014). Characteristics of cervical position sense in subjects with forward head posture. *J Phys Ther Sci*, 26(11), 1741-1743.
- Lee HS, Lee GH, Kang SH, et al(2015). Effects of the home exercise program and exercise program of round shoulder adjusting on the shoulder height, the level of trapezius muscle activity and attention capacity for middle school students. *J Korean Soc Integrative Med*, 3(1), 91-103.
- Mizuguchi N, Kanosue K(2017). Changes in brain activity during action observation and motor imagery: Their relationship with motor learning. *Prog Brain Res*, 234, 189-204.
- Paik NJ, Shin JH(2010). Motor learning: Basic concept and theories. *Brain Neurorehabil*, 3(2), 57-63.
- Ray WJ, Cole HW(1985). EEG alpha activity reflects attentional demands, and beta activity reflects emotional and cognitive processes. *Science*, 228(4700), 750-752.
- Shon MJ, Roh JS, Choi HS, et al(2012). The effect of postural training through action observation on craniovertebral angle and cranial rotation angle of forward head posture. *J Korean Phys Ther Sci*, 19(2), 17-24.
- Silva AG, Cruz AL(2013). Standing balance in patients with whiplash-associated neck pain and idiopathic neck pain when compared with asymptomatic participants: a systematic review. *Physiother Theory Pract*, 29(1), 1-18.
- Silva AG, Punt TD, Sharples P, et al(2009). Head posture and neck pain of chronic nontraumatic origin: a comparison between patients and pain-free persons. *Arch Phys Med Rehabil*, 90(4), 669-674.
- Small SL, Buccino G, Solodkin A(2012). The mirror

- neuron system and treatment of stroke. *Dev Psychobiol*, 54(3), 293-310.
- Sollfrank T, Hart D, Goodsell R, et al(2015). 3D visualization of movements can amplify motor cortex activation during subsequent motor imagery. *Front Hum Neurosci*, 9, Printed Online. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2015.00463>.
- Stefan K, Cohen LG, Duque J, et al(2005). Formation of motor memory by action observation. *J Neurosci*, 25(41), 9339-9346.
- Yaggie JA, McGregor SJ(2002). Effects of isokinetic ankle fatigue on the maintenance of balance and postural limits. *Arch Phys Med Rehabil*, 83(2), 224-228.
- Yip CH, Chiu TT, Poon AT(2006). The relation between head posture and severity and disability of patients with neck pain. *Man Ther*, 13(2), 148-154.