

Effects of Postural Corrective Exercise Combined with Extracorporeal Shockwave Therapy on Muscle Activity, Neck Function and Pain in Adults with Forward Head Posture

Soyeon Kim^a, Jinghyung Choi^a, Jihye Jung^b, Seungwon Lee^{b,c*}

^aDepartment of Physical Therapy, Graduated school of Sahmyook University, 815, Hwarang-ro, Seoul, Republic of Korea

^bInstitute of SMART Rehabilitation, Sahmyook University, 815, Hwarang-ro, Seoul, Republic of Korea

^cDepartment of Physical Therapy, Sahmyook University, 815, Hwarang-ro, Seoul, Republic of Korea

Objective: Long-term imbalances in the muscles around the neck could the functional resting length of the muscles, resulting in a chronic forward head posture. This study aimed to assess the effects of combining posture correction exercises with extracorporeal shockwave therapy on muscle activity, neck function and pain in adults with forward head posture.

Design: Pretest-posttest two groups design.

Methods: A total of 22 adults, diagnosed with forward head posture, participated in the study. Random assignment allocated 11 participants to the posture correction exercise (PCE) group, while the other 11 were assigned to the posture correction exercise group combined with extracorporeal shockwave therapy (ESWT). In the combined group, ESWT was administered twice a week for four weeks, delivering 1,000 impulses in a radial pattern to the levator scapulae and upper trapezius muscles. The PCE group performed a exercise program for approximately 30 minutes, three times a week, over the same four-week period. The PCE focused on strengthening weakened muscles and stretching of shortened muscles.

Results: Both the PCE group and the combined group with ESWT exhibited a significant increase in lower trapezius muscle activity within groups ($p < 0.05$). Moreover, the craniovertebral angle and neck disability index showed significant improvements in both groups ($p < 0.05$). While the pressure pain thresholds tended to increase only in the combined group, the difference was not statistically significant ($p > 0.05$).

Conclusions: This suggests that both the PCE program and the combination with ESWT can be effective in enhancing posture and reducing pain in individuals with forward head posture.

Key Words: Neck Pain, Extracorporeal shockwave therapy, Exercise, Forward head neck

서론

스마트폰의 과사용(over-use)은 목과 몸통의 더 구부러진 자세를 유도하고 전방 머리 자세(forward head posture, FHP)를 유발한다[1]. 전방머리자세는 제 1-3번 목뼈의 과도한 펴고 제 4-7번 목뼈의 굽힘으로 인해 머리가 몸통을 기준으로 앞으로 변위 되어[2] 목 주변 근육의 불균형, 통증유발점, 두통과 같은 문제를 야기한다 [3, 4]. 장기화된 목 주변 근육의 불균형은 근육의 기능적 안정길이를 변화시켜 전방머리자세가 만성화되는 문

제점을 초래한다[5]. 비정상적인 자세로 인해 증가한 근육의 스트레스는 어깨올림근과 뒤통수 밑 근육에서 국소적인 통증, 근연축, 통증유발점(trigger point)을 발생시킨다[6]. 위등세모근과 뒤통수밑근 등 목 주변 근육의 활성화 통증유발 점의 수가 많을수록 목뼈의 앞굽음(lordotic curve) 감소와 펴이 관찰되며, 이는 휴식을 취하거나 활동 시 통증의 유발을 보고하였다[7]. 따라서 목의 기능적인 회복과 통증 완화를 위해 통증유발점의 치료와 발생 요인의 제거가 필요하다.

전방 머리 자세를 교정하기 위한 방안으로 운동-재학

Received: Aug 13, 2024 Revised: Sep 24, 2024 Accepted: Sep 26, 2024

Corresponding author: Seungwon Lee (ORCID <https://orcid.org/0000-0002-0413-0510>)

Department of Physical Therapy, Sahmyook University, 815, Hwarang-ro, Seoul, Republic of Korea

Tel: +82-2-3399-1630 Fax: +82-2-3399-1639 E-mail: swlee@syu.ac.kr

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://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.

Copyright © 2024 Korean Academy of Physical Therapy Rehabilitation Science

습[8], 슬링을 기반으로 한 도수치료 기법[9], 인체 공학적인 작업환경 개선[10] 등 다양한 방법들이 알려져 있다[11]. 그 중 선택적 근육훈련이 효과적인 방법 중 하나로 보고되었으며[12] 근전도를 활용한 선택적 근육 훈련의 방법은 약한 근육은 강화 운동을 시행하고 단축된 근육은 스트레칭을 적용하여 근활성비 개선효과를 확인할 수 있었다[13]. 하지만 근육 불균형이 있으면 선택적으로 근육을 수축하는데 어려움을 느껴 잘못된 방법으로 운동하게 될 경우, 동작 초기에 약화된 근육보다 과긴장된 근육에서 더 높은 활성화가 일어나[13] 지속적으로 반복적인 과긴장에 의해 통증유발점을 활성화하게 된다[14]. 전방머리자세를 가진 경우 주로 위등세모근의 우세로 어깨뼈 주변의 근육 불균형을 초래하고 궁극적으로는 어깨위팔리듬의 변화를 발생시킨다[15]. 따라서 약화된 근육은 강화하고 단축된 근육은 이완하는 스트레칭을 적용하여 자세 교정 운동을 진행하되, 우세 근육으로 인한 활성 통증유발점 생성 및 통증을 방지하기 위해 물리적인 치료의 병합이 필요하다.

만성통증 완화와 통증유발점 치료에 체외충격파치료(extracorporeal shockwave therapy, ESWT), 초음파(Ultrasound, US), 통증유발점 주사(trigger point Injection, TPI)가 효과적이다[16, 17]. 만성 목 통증 환자에게 체외충격파와 초음파를 적용한 연구에서 체외충격파를 진행하였을 때 통증유발점, 통증, 삶의 질 개선 효과가 초음파보다 더 크게 나타났다[17]. 또한 근막동통증후군 환자에게 체외충격파와 통증유발점 주사를 적용한 연구에서 통증은 감소하였지만, 기능 향상은 체외충격파를 적용한 그룹에서 더 효과적으로 나타났다[18]. Albomahmood 등 [19]은 위등세모근의 통증유발점에 체외충격파를 적용하여 통증 완화와 운동범위 증가로 목의 기능 개선을 확인하였다. 체외충격파는 물리적인 에너지를 근섬유 방향에 수직으로 투입하여 고착된 액틴-마이오신 결합을 분리시켜 통증유발점으로부터 발생하는 악순환을 해결하게 한다[20, 21]. 또한 주사치료와 달리 체외충격파는 비침습적으로 진행되므로 잠재적인 감염성이 없고, 조직에 깊이 침투할 수 있는 이점을 가지고 있다[22]. 그 중 방사형 체외충격파는 주로 면적이 넓은 근육에 사용하며 집중형 체외충격파에 비해 연관통이 적고[23] 반응성 혈류량의 증가와 신생혈관 생성을 통해 혈액순환을 개선하는 이점이 있다[24].

이에 본 연구는 전방머리자세로 인해 발생하는 어깨 올림근의 통증유발점과 자세교정운동 시 과긴장으로 인해 발생하는 위등세모근의 통증유발점을 체외충격파를 통해 해결한다면 통증과 기능적인 측면 그리고 자세 개선에 있어 유의미한 효과를 나타낼 수 있을 것이라 가정했다. 따라서 본 연구는 체외충격파와 결합한 자세 교

정운동이 전방머리자세를 가진 성인의 근활성도, 목의 기능 및 통증에 어떻게 영향을 미치는지 분석하여 전방머리자세 치료에 좋은 방향성을 제공하는데 목적이 있다.

연구방법

연구 대상

본 연구는 사전-사후검사 두 집단 설계로 전방머리자세를 가진 18세 이상 30세 이하인 성인들을 대상자로 모집하였다. 모집 후 연구의 목적과 과정을 충분히 설명하였고, 실험에 자발적 참가를 원하는 대상자 중 선정기준에 적합한 자는 연구참여동의서에 서명을 받았다. 연구의 선정기준은 사진측량법을 통해 머리-척추각(craniovertebral angle, CVA)을 측정했을 때 $CVA \leq 53^\circ$ 이하인 자, 하루 평균 4시간 이상 스마트폰이나 컴퓨터를 사용한 자, 최근 6개월간 주 3회 20분 이상의 규칙적으로 운동을 하지 않은 자로 하였다[25, 26]. 연구의 제외기준은 체외충격파 금기증에 해당하는 자[27], 골절이나 수술 이력이 있는 자[28], 의학적 상태로 운동을 수행할 수 없는 자[29]로 하였다.

연구대상자 수는 G*power 소프트웨어(ver. 3.1.9.6, Franz Faul, University Kiel, Germany)을 이용하여 산출하였으며, 선행연구의 대조군과 실험군과의 위등세모근/아래등 세모근 근활성비의 평균(표준편차) 변화를 통해 효과크기(Cohen's d) 1.35를 산출하였다[30]. 대상자가 자세 교정운동프로그램 수행에 따른 종속변수의 변화량 차이를 비교하기 위해 독립표본 t-검정을 수행할 때 유의수준 0.05, 검정력 0.80로 산출된 최소 20명을 목표 표본 수로 설정하였고, 중도 탈락률 20%를 고려하여 총 24명의 대상자가 연구에 참여하였다.

연구 절차

본 연구는 진행하기 이전에 삼육대학교 생명윤리심의위원회의 승인을 받아 시행되었다(SYU 2023-02-007-001). 연구대상자는 연구책임자가 S 대학 게시판 및 소셜미디어를 통해 직접 정상 성인 24명을 모집하였다. 실험 진행에 앞서 숙련된 물리치료사에 의해 표면 근전도 검사, 머리-척추각 측정, 목장애지수 설문 작성, 압력통증역치 측정하였다. 평가를 진행하는 물리치료사는 각 평가항목에 대해 충분한 교육 후 사전검사를 진행하였다. 이후 선정기준에 부합하지 않은 인원 2명($CVA > 53^\circ$)이 제외되어 총 22명이 Excel 프로그램 (Microsoft 365, Redmond, WA, USA)을 통해 체외충격파와 결합한 자세교정운동(posture corrective exercise, PCE)군과 자세

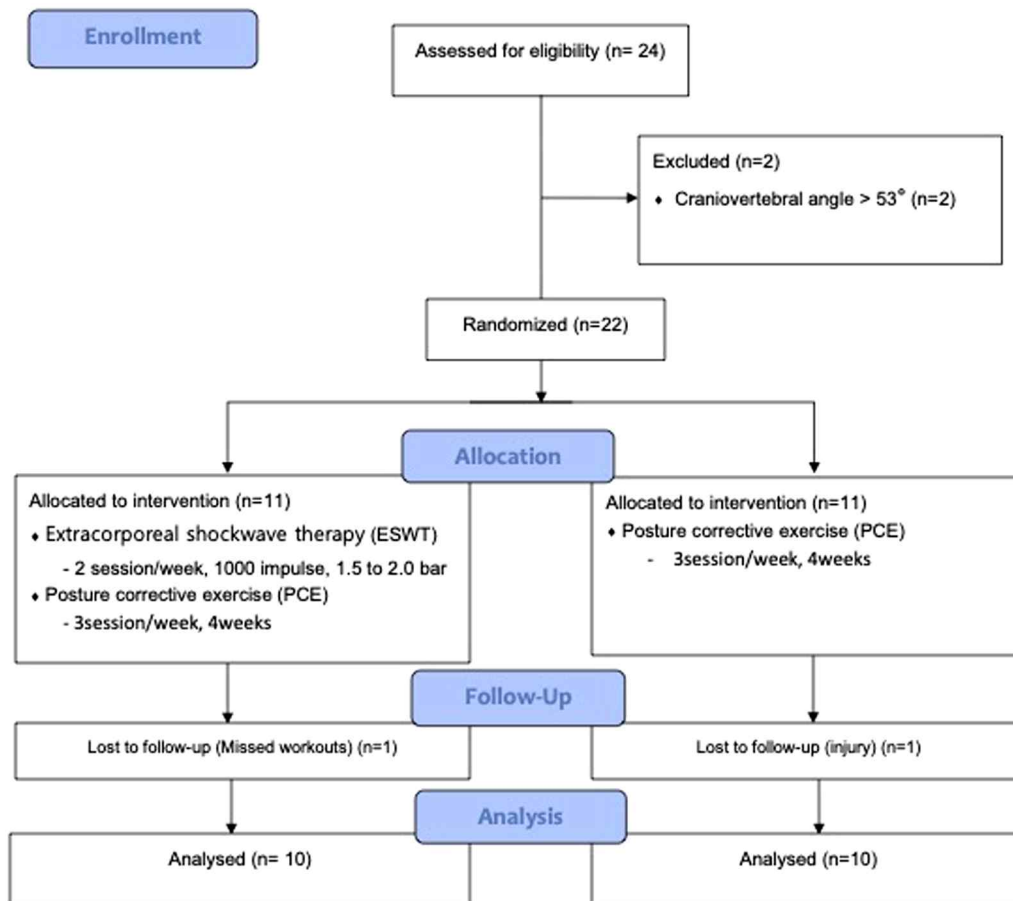


Figure 1. Experimental flow chart

교정운동군으로 11명씩 무작위 배정되었다. 자세교정운동은 리플릿 안내를 통해 각자 집에서 진행하였다. 모든 실험 중재가 끝난 2주 뒤에 사진검사를 진행한 숙련된 물리치료사에 의해 동일하게 측정하였다. 2주간 외재적인 요인을 배제하기 위하여 바른 자세 유지 및 과도한 운동을 자제할 것을 권고하였다. 실험 진행 중 운동 불이행과 외상으로 인해 체외충격파와 결합한 자세 교정운동군에서 1명, 자세 교정운동군의 1명이 탈락이 발생하였다(figure 1).

중재 방법

체외충격파와 결합한 자세교정운동군은 대상자들의 일정을 조율하여 체외충격파를 독립된 공간에서 진행하였다. 체외충격파 (Hi-Plus HP50, W Medical, Republic of Korea)는 통증을발점이 있는 주요 근육인 위등세모근과 어깨올림근에 방사형 충격파를 주 2회, 1000타, 1.5-2.0 bar, 5 Hz로 총 4주간 적용하였다[31].

자세교정운동은 주로 중간·아래등세모근과 앞뿔니

근, 깊은목굽힘근의 근력강화 운동과 위등세모근, 어깨 올림근, 가슴근 등과 같이 단축 및 과활성화된 근육들을 이완하는 스트레칭 운동으로 구성되었으며, 30분씩, 주 3회, 총 4주간 자가 운동으로 진행하였다(figure 2). 스트레칭 운동은 정적 스트레칭으로 과도한 이완으로 스트레스가 증가되지 않도록 불쾌감이 적은 느낌에서 진행할 것을 권고하였다. 또한 골지힘줄기관의 자극을 일으키기 위하여 약 10초 가량의 스트레칭 자세를 유지하도록 하였다. 근력강화 운동은 바로 누운 자세와 네발기기 자세, 옆으로 누운 자세, 옆드려 누운 자세에서 수행하고 운동의 강도는 반복 횟수 그리고 움직임 범위 증가에 기초하여 설정하였다.

측정방법 및 도구

표면 근전도 (surface Electromyography, sEMG)

위팔뼈의 가장 자유롭고 안정적인 움직임을 나타낼 수 있는 어깨면 방향으로 팔을 올렸을 때 위등세모근 (upper trapezius, UT), 중간등세모근(middle trapezius,

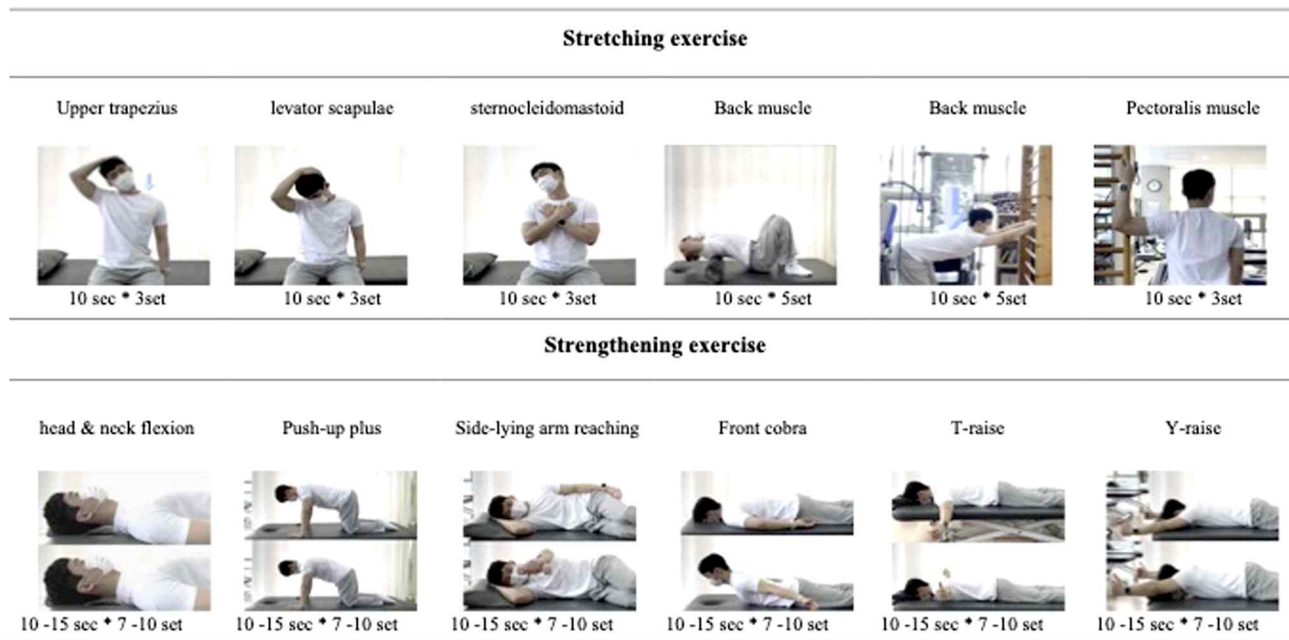


Figure 2. Posture corrective exercise program

MT), 아래등세모근(lower trapezius, LT), 앞톱니근(serratus anterior, SA) 근활성도를 측정하기 위해 무선 표면 근전도(Wave Wireless EMG, Cometa System, Italy)를 사용하였다. 근활성도 측정을 위해 전극 부착 전 면도를 진행하고 피부를 알코올 솜으로 소독하여 피부 임피던스를 감소시켰다. 각각 전극의 위치는 Noraxon 지침서에 따라 부착되었으며 table 1에 제시되었다.

최대 수의적 등척성 수축(maximum voluntary isometric contraction, MVIC) 측정을 위해 도수 근력 검사자세를 기준으로 메트로놈을 이용하여 5초씩 3 번의 동작을 일률적으로 측정하였으며 UT, MT, LT, SA의 최대 수의적 등척성 수축 동안에 대상 자에게는 동일한 구두 격려를 적용하였다. 이후 대상자가 원하는 만큼의 휴식 후 어깨면 방향으로의 팔을 들어올리는 자세의 각 근육의 근활성도를 측정하였다. 속도는 동심성 구간에서 3초, 끝 범위에서 2초, 원심성 구간에서 3초로 표준화 하였

다. 측정에 있어서 근육의 활동 시작을 결정하기 위해 동심성 구간만 사용되었고, 이는 앞삼각근 수축의 시작을 기준으로 하였다[13].

근전도 신호의 표본 추출률(sampling rate)은 1,000 Hz로 설정하였으며 수집된 데이터는 Lancosh FIR(Finite Impulse Response)를 사용하여 주파수대역은 50-450 Hz로 필터링(filtering) 후 [30] 전파 정류화(Full wave Rectification) 하였다. 그리고 평균 제곱 근법(root mean square) 150 ms로 평활화(smoothing) 처리하였으며 데이터 정규화 위해 최대 수의적 등척성 수축을 사용하는 %MVIC 방법이 적용되었다[32].

사진측량법(Photogrammetry)

머리-척추각을 확인하기 위해 265 cm 거리에 삼각대를 위치시켜 동일하게 피실험자의 옆모습을 촬영하였다. 각도계 어플리케이션(angle meter 360, AK, Russia)을

Table 1. Surface electromyography attachment sites

| Muscles | Attachment |
|-------------------|--|
| Upper trapezius | Located 1/2 way between the 7th cervical spinous process and the acromion |
| Middle trapezius | Positioned horizontally on the inner corner of the shoulder blade spines |
| Lower trapezius | Positioned at an angle to the inner border, 5 cm below the shoulder blade spine. |
| Serratus anterior | Positioned vertically under the armpit |

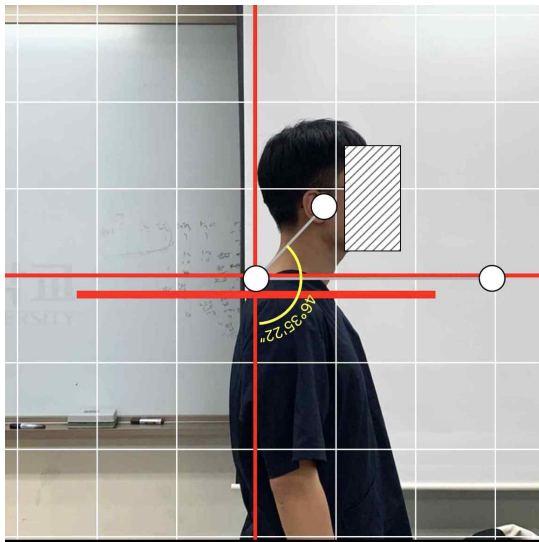


Figure 3. CVA Photogrammetry

통해 사진상에서 랜드마크 지점을 배치하여 각도를 측정하였다(figure 3). 머리-척추각도는 이주(tragus)와 목뼈 7번을 수직선으로 연결하는 선의 각도를 의미한다. 각도 측정의 정확도를 높이기 위하여 랜드마크 지점에 스티커를 이용 하여 표기하였으며, 그리드가 있는 어플리케이션(body type grid, onload, Republic of Korea)을 통해 수평/수직을 맞춰 촬영하였다. 이 방법은 높은 신뢰도(ICC ≥ 0.85)를 가진다[33].

목 장애지수(neck disability index, NDI)

목장애지수는 총 10가지 항목을 평가하며 통증 정도와 자기관리, 물건 들기, 독서, 두통, 집중, 작업, 운전, 수면과 여가활동이 해당된다. 각 항의 점수는 0 점(통증 없음 또는 기능 장애 없음)에서 5점(참을 수 없는 통증 또는 완전한 기능 장애)까지 6개의 응답으로 개시되어 있다. 목장애지수 점수는 각 항 점수의 합으로 구하며 0~4점은 “장애 없음”, 5~14점은 “경미한 장애”, 15~24점은 “중등도의 장애”, 25~34점은 “중증 장애”, 35점 이상은 “완전한 장애”로 분류하였다[34]. 동일한 연구자가 대상자에게 한국어판 목장애지수 검사지를 배부하여 검사를 진행하였다. 한국어판 목장애지수에 대한 검사-재검사 급내상관계수는 0.93으로 높은 신뢰성을 보였다[35].

압력 통증 역치(Pressure pain threshold, PPT)

압력 통증 역치를 평가하기 위하여 압력 통각계(digital algometer SF 50, aliyyiqi, China)을 사용하였다. 이는 깊은 구조 통증에 대한 기계적 민감성과 관련된

정량적 값을 제공한다[36]. 통각계의 금속 막대가 피부 표면 통증유발점 영역에 수직으로 적용되며, 압박은 통증이 느껴질 때 피험자가 반응할 시간을 허용할 만큼 천천히 수행하였다. 대상자의 통증 강도 또는 불편함이 증가하는 즉시 통증을 표현하도록 요청하였다[37]. 압력 통증 역치는 트라벨·사이몬 스의 통증유발점의 기전과 치료를 참고하여 위등세모근의 앞쪽 모서리의 중간위치에 측정하였다[38].

자료 분석

통계분석은 SPSS 소프트웨어(ver. 25.0 Inc., Chicago, IL, USA)를 사용하였으며 Shapiro-Wilk 정규성 검정을 통해 정규분포를 확인하였다. 연구대상자의 일반적인 특성은 기술통계를 사용하여 평균과 표준편차로 기술하였으며 동질성 검정으로 카이제곱 검정과 독립표본 t-검정을 실시하였다. 각 집단의 치료 전·후 변화를 알아보기 위해 대응표본 t-검정을 실시하였으며, 두 집단 간의 4주 후 근활성도, 근활성비, 머리-척추각, 목장애지수, 압력통증역치 평균들의 변화량 차이를 검증하기 위해 독립표본 t-검정을 실시하였다. 모든 통계학적 유의수준은 0.05로 설정하였다.

연구결과

연구 대상자의 일반적 특성은 table 2에 제시되었다.

어깨면 방향으로 팔을 들어올릴 때의 평균 근활성도 비교

체외충격파와 결합한 자세 교정 운동군의 위등세모근과 중간등세모근의 평균 근활성도의 차이는 중재 후 각각 7.18%, 4.16%가 증가하였으나 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다($p > 0.05$). 하지만 아래등세모근의 평균 근활성도는 중재 후 10.64%가 증가하여 통계적으로 유의한 차이를 보였다($p = 0.011$). 앞뿔니근의 평균 근활성도는 중재 후 4.12%가 증가하였지만 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다($p = 0.366$)(table 3).

자세 교정운동군의 중재 전·후 위등세모근과 중간등세모근의 평균 근활성도는 중재 후 4.15%, 5.21%가 각각 증가하였지만 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다($p > 0.05$). 아래등세모근의 평균 근활성도는 중재 후 7.89%가 증가하였으며, 앞뿔니근의 평균 근활성도는 중재 후 22.59%가 증가하여 통계적으로 유의한 차이를 보였다($p < 0.05$)(table 3).

체외충격파와 결합한 자세 교정운동군과 자세 교정운동군 간에 있어 각 근육의 평균 근활성도 차이는 앞뿔니근에서 유의한 차이를 보였다($p = 0.012$)(table 3).

Table 2. General characteristic

| | ESWT combined PCE (n=10) | PCE (n=10) | X ² / t(p) |
|--------------------------|-----------------------------|---------------|-----------------------|
| Sex (male/female) | 6/4 | 8/2 | 0.952(0.329) |
| Age (years) | 24.40(1.95) ^a | 24.60(3.44) | -0.959(0.353) |
| Height (cm) | 168.30(9.67) | 176.30(7.18) | -2.100(0.050) |
| Weight (kg) | 71.60(13.42) | 77.10(13.29) | -0.921(0.369) |
| BMI (kg/m ²) | 25.65(4.67) | 25.02(2.51) | 0.376(0.711) |

ESWT: extracorporeal shockwave therapy, PCE: posture corrective exercise, BMI: body mass index.

Values are presented mean (SD).

^a*p*<0.05

Table 3. Muscle activation change between groups

| | ESWT combined PCE (n=10) | | PCE (n=10) | | t(p) |
|------------|-----------------------------|--------------------------|---------------|--------------------------|--------------------------|
| UT (%MVIC) | 43.02(11.26) | 50.20(9.87) | 43.88(14.25) | 48.03(12.25) | -0.41(0.686) |
| MT (%MVIC) | 38.64(10.18) | 42.80(14.12) | 35.30(11.58) | 40.51(12.76) | 0.111(0.913) |
| LT (%MVIC) | 28.33(10.72) | 38.97(6.62) [*] | 34.02(9.37) | 41.91(9.48) [*] | -0.622(0.542) |
| SA (%MVIC) | 33.41(11.59) | 37.53(7.28) | 25.77(12.45) | 48.36(9.39) [*] | 2.47(0.012) [*] |

ESWT: extracorporeal shockwave therapy, PCE: posture corrective exercise, UT: upper trapezius, MT: middle trapezius, LT: lower trapezius, SA: serratus anterior, MVIC: maximum voluntary isometric contraction.

Values are presented mean (SD).

^{*}*p*<0.05.

어깨면 방향으로 팔을 들어올릴 때의 근활성비 비교

체의충격파와 결합한 자세교정운동군의 UT/MT, UT/LT 평균 근활성비 차이는 유의한 차이를 보이지 않았고 UT/SA 평균 근활성비는 감소하는 경향을 보였지만 유의한 차이를 보이지 않았다(table 4).

자세 교정 운동군의 UT/MT, UT/LT 평균 근활성비

차이는 중재 후 감소하였으나 통계적으로 유의한 차이가 없었으며 UT/SA 의 평균 근활성비도 감소하는 경향을 보였으나 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다(table 4).

두 군 간의 평균 근활성비 차이는 UT/MT, UT/LT, UT/SA 모두 유의한 차이를 나타내지 않았다(table 4).

Table 4. Changes of muscle activation ratio between groups

| | ESWT combined PCE (n=10) | | PCE (n=10) | | t(p) |
|-------|-----------------------------|------------|---------------|------------|---------------|
| UT/MT | 1.17(0.39) | 1.27(0.39) | 1.42(0.79) | 1.25(0.42) | -0.946(0.357) |
| UT/LT | 1.78(0.90) | 1.33(0.35) | 1.41(0.63) | 1.24(0.47) | 0.546(0.592) |
| UT/SA | 1.48(0.74) | 1.39(0.42) | 2.75(3.30) | 1.05(0.26) | -1.373(0.186) |

ESWT: extracorporeal shockwave therapy, PCE: posture corrective exercise, UT: upper trapezius, MT: middle trapezius, LT: lower trapezius, SA: serratus anterior.

Values are presented mean (SD).

^{*}*p*<0.05.

Table 5. Changes of CVA, NDI, and PPTs the between groups

| | ESWT combined PCE (n=10) | | PCE (n=10) | | t(p) |
|--------------|-----------------------------|--------------|---------------|--------------|----------------|
| | | | | | |
| CVA (degree) | 44.59(7.78) | 56.49(6.85)* | 47.24(5.57) | 55.95(4.89)* | -1.771(0.094) |
| NDI (score) | 6.70(3.92) | 3.10(2.89)* | 8.20(4.32) | 4.50(3.14)* | -0.096(0.925) |
| PPT (kg) | 4.73(1.19) | 4.89(1.47) | 5.41(1.50) | 4.18(1.08)* | -3.064(0.007)* |

ESWT: extracorporeal shockwave therapy, PCE: posture corrective exercise, CVA: craniovertebral angle, NDI: neck disability index, PPT: pressure pain threshold.

Values are presented mean (SD).

* $p < 0.05$.

그룹 간 머리-척추각 비교

체외충격파와 결합한 자세 교정 운동군의 머리-척추각 평균은 11.90° 가 감소하여 통계적으로 유의한 차이가 있었다($p < 0.001$). 자세 교정 운동군의 머리-척추각 평균은 8.71° 가 감소하여 통계적으로 유의한 차이가 있었다($p < 0.001$). 하지만, 두 군 간의 차이는 유의한 차이를 나타내지 않았다(table 5).

그룹 간 목장애지수 비교

체외충격파와 결합한 자세 교정 운동군의 목장애지수 평균은 3.60점 이 감소하여 통계적으로 유의한 차이가 있었다($p < 0.001$). 자세 교정운동군의 목장애 지수 평균은 3.70점이 감소하여 통계적으로 유의한 차이가 있었다($p < 0.001$). 하지만, 두 군 간의 유의한 차이를 나타내지 않았다(table 5).

그룹 간 압력통증역치 비교

체외충격파와 결합한 자세 교정 운동군의 압력통증역치는 평균 0.16 kg 증가하였지만 통계적으로 유의한 차이를 나타내지 않았다. 하지만 자세 교정운동군의 압력통증역치 평균은 1.23 kg가 감소하여 통계적으로 유의한 차이가 있었다($p = 0.002$). 또한, 체외충격파와 결합한 자세 교정 운동군보다 자세교정운동군이 통계적으로 유의한 차이를 확인할 수 있었다($p = 0.007$)(table 5).

고찰

본 연구는 체외충격파와 결합한 자세 교정 운동이 전방머리자세를 가진 성인의 근 활성화, 목 기능 및 통증에 미치는 영향에 대해 알아보기 위해 실시한 사전·사후검사 두 집단 설계 연구이다. 본 연구 결과, 체외충격

파와 결합한 자세 교정 운동군에서 아래등세모근의 활성화도와 머리척추각의 증가와, 감소된 목장애지수의 유의한 차이를 확인 할 수 있었다.

본 연구에서 체외충격파와 결합한 자세 교정 운동군에서 아래등세모근의 근활성도가 28.33%에서 38.97%로 유의하게 증가하였으며, 자세 교정 운동군 또한 34.02%에서 41.91%로 유의하게 증가하였다. 상부교차증후군 환자에게 포괄적인 교정운동프로그램을 진행한 선행연구에서도 팔을 어깨면 방향으로 들어올릴 때 아래등세모근의 활성화도가 증가함을 확인 할 수 있었다 [13]. 선행연구에 적용한 교정운동프로그램은 본 연구와 유사한 가슴근육 스트레칭과 아래등세모근 강화운동이 포함되어 있다. 가슴근육의 스트레칭은 작은가슴근의 점탄성을 변화시켜 수동적인 장력을 줄여, 아래등세모근이 정상적인 수축과 이완을 할 수 있는 환경을 제공하며[39] 스트레칭으로 가슴근육의 비정상적인 근길이가 회복되면서 아래등세모근 활성화 증가에 영향을 끼친 것으로 생각된다.

두 군 사이의 유의한 차이는 나타나지 않았지만 아래등세모근의 근활성비는 체외충격파와 결합한 자세 교정운동군이 10.64% 증가, 자세 교정운동군은 7.89% 증가하였다. 통증유발점으로 인해 발생한 통증은 주변 근육에 반사적인 긴장을 유도한다[40]. 이는 주변 근육이 방어적으로 긴장하게 만들어 근육의 움직임을 제한하게 된다[41]. 체외충격파와 결합한 자세 교정운동군에서는 체외충격파를 통해 통증유발점을 감소시켰기에 주변 근육의 기능적 제한이 자세 교정운동 군보다 더 줄어든 것으로 예상된다. Arshadi 등 [30]은 선택적 교정운동을 8주간 진행하였을 때 위등세모근/아래등세모근, 위등세모근/앞톱니근의 근활성비 측면에서 유의한 차이를 나타냈다. 하지만, 본 연구에서 세 가지 근활성비(위/중간등세모근, 위/아래등세모근, 위등세모근/앞톱니근)가 유의한 차이를 보이지 않았지만($p > 0.05$) 중재 전보다 중재 후에 모든 근활성비가 '1'에 가까워지는 경향을 보이

며 긍정적인 방향성을 확인할 수 있었다. 팔을 올릴 시에 위등세모근, 아래등세모근 그리고 앞뿔니근의 아래 섬유들은 어깨가슴관절에서 어깨뼈 위쪽돌림을 위한 짝힘(force couple)을 형성 하고, 이 짝힘은 세 개의 근육들이 협력근으로 동시에 작용할 때 나타난다[11]. 본 연구의 대상자들은 위등세모근에서 과활성이 나타났기에 사전검사에서 상대적으로 아래등세모근과 앞뿔니근이 낮은 활성도를 나타냈다. 따라서 본 연구에서 자세 교정 운동은 아래등세모근과 앞뿔니근의 근육의 사용을 표적으로 하여 위등세모근의 과긴장 및 과활성을 낮추려고 하였으며, 아래등세모근과 앞뿔니근의 수축을 유도해 균형을 회복하고 근활성비를 '1'에 가깝게 변화시킬 수 있었던 것으로 생각된다.

특히 본 연구에서 자세 교정운동군의 앞뿔니근 활성도가 유의하게 증가한 이유는 다음과 같이 추측할 수 있다. 체외충격파와 결합한 자세 교정운동군의 사전 앞뿔니근 활성도는 33.41%인 반면 자세 교정운동군은 22.59%으로 측정된 전체 근활성도 중 가장 낮은 활성도를 가지고 있었다. 이를 통해 자세 교정 운동군은 체외충격파를 결합한 자세 교정 운동군보다 앞뿔니근의 운동 인지(motor cognition)가 많이 낮아진 상태라고 유추할 수 있었다. 이에 본 연구의 교정운동을 통해 앞뿔니근의 사용을 인지하면서 팔을 올릴 시에 등세모근보다 더 많은 활성 증가를 나타낸 것으로 생각된다. 또한, 선행연구에서는 8주간 주 3회, 50분씩 진행되었으며, 개별적으로 강도를 맞추어 진행하기 위해 각각의 10 RM(repetition maximum)을 측정하여 강도를 설정하였다[30]. 그에 반해 본 연구는 4주간 주 3회, 30분씩 진행된 점이 운동 총량을 변화시켜 사전 연구와 다른 결과를 초래한 것으로 생각된다.

머리-척추각(CVA)의 변화는 체외충격파와 결합한 자세 교정 운동군에서 44.59°에서 56.49°로 유의하게 증가하였으며($p < 0.001$), 자세 교정 운동군 또한 47.24°에서 55.95°로 유의하게 증가하였다($p < 0.001$). 전방머리자세의 경우 깊은목굽힘근을 비롯한 중립을 유지하는 근육의 약화가 일어나고, 목빗근의 우세가 나타나게 된다[42]. Heydari 등 [43]의 연구에서는 전방머리자세를 가진 학생에게 8주간 선택적 교정운동프로그램을 진행했을 때 머리-척추각 향상에 상당한 영향을 미쳤다($p = 0.005$). 또한, Contractor 등 [44]의 연구에서 전방머리자세를 가진 환자의 뒤통수밀근에 근육 에너지 기법과 깊은목굽힘근 강화운동을 적용한 결과 머리-척추 각의 향상에 유의한 차이가 나타났다($p < 0.05$). 선행연구들과 본 연구는 공통적으로 과사용된 근육을 억제하고, 약화된 근육을 강화할 수 있는 운동으로 구성되었으며, 그 중 머리·목 굽힘 운동을 통해 중립 자세를 유지하는 깊은목굽힘근의 수축이 활성 화되어 목 척추 각도의 개선

을 나타낸 것으로 사료된다. 군 간의 비교에서는 유의미한 차이를 나타내지 못했지만($p > 0.05$), 머리-척추각이 18.44% 증가한 자세 교정운동 군에 비해 체외충격파와 결합한 자세 교정운동군은 26.69% 증가로 더 높은 각도 변화를 나타냈다. 전방머리자세는 어깨올림근의 장력이 증가하여 어깨뼈가 올라가게 된다[45]. 또한 잘못된 방법으로 운동 시 발생하는 위등세모근의 과활성은 어깨뼈 주변의 근육 불균형을 초래하게 된다[15]. 본 연구에서는 체외충격파를 위등세모근과 어깨올림근의 통증유발점에 진행하였다. 체외 충격파는 근조직 내 섬유조직을 자극하여 긴장을 완화하고 유연성을 향상하게 한다[46]. 따라서 체외충격파와 결합한 자세 교정운동군은 체외충격파의 적용으로 인해 근육 조직의 재구성을 촉진하여 어깨올림근과 위등세모근의 단축을 해결하고, 비정상적인 머리-척추각을 더 증가시킨 것으로 생각된다.

목장애지수는 체외충격파와 결합한 자세교정운동군은 53.73%($p < 0.001$), 자세교정운동군은 45.12% 유의하게 감소하였다($p < 0.001$). Gur 등 [17]는 전방머리자세를 가진 치과의사에게 깊은목굽힘근 강화운동을 통해 목장애지수와 시각 아날로그 척도에서 유의미한 감소를 나타냈으며, Kim과 Lee [47]는 전방머리자세 환자에게 플렉시바(flexi-bar)를 통한 운동으로 목 통증 및 장애지수, 등세모근의 근육 활동 개선을 관찰했다. 본 연구에서도 선행연구와 같이 깊은목굽힘근과 등세모근의 강화운동을 통해 근육의 균형이 회복되면서 목의 정렬과 통증을 개선시키고, 목의 기능이 향상될 수 있었던 것으로 생각된다. 하지만 두 군 간의 비교에서 유의미한 차이를 보이지 않은 이유는 연구의 대상자 다수가 5-14점 사이의 점수로 “경미한 수준”의 장애였기에 큰 차이 값을 나타내지 못한 것으로 사료된다.

압력통증역치는 체외충격파와 결합한 자세 교정운동군에서 유의한 결과는 나타나지 않았지만 통증역치의 3.38% 증가하고 자세 교정운동군은 통증역치가 22.73% 유의하게 감소하는 결과가 나타났다. 기존에 통증유발점에 체외충격파를 적용한 논문을 보면, 혈류량 증가와 신생 혈관 생성을 통해 허혈 조직에서의 관류를 증가시켜 통증을 완화하는 효과로 압력 통증 역치 값의 증가를 나타낸 바 있다[48]. 본 연구에서도 마찬가지로 체외충격파를 통해 국소적 허혈을 해결하여 체외충격파와 결합한 교정운동군에서 통증역치가 증가한 것으로 생각된다. 통증역치의 증가는 곧 통증에 대한 민감도가 감소하여 통증의 자극이 줄어든 것을 의미하며, 이는 일반적으로 통증 경험을 줄일 수 있는 긍정적인 변화로 해석될 수 있다. Cho 등 [49]은 근막동통증후군 환자에게 체외충격파와 어깨안정화 운동을 진행하여 압력통증역치, 통증이 감소하였다. 선행연구와 본 연구는 대상자의 차

이가 존재한다. 본 연구에서는 전방머리자세를 가진 성인들을 대상으로 위등세모근의 높은 긴장도를 나타내는 자들이 모집되었다. 이는 운동 동작 초기에 약화된 근육보다 위등세모근에서 더 높은 활성화를 일으키게 되며[13], 등세모근의 수축을 나타내는 동 작들로 구성된 본 연구 운동프로그램을 진행하며 위등세모근의 수축 및 긴장의 지속으로 통증유발점 회복에 지연을 불러 일으킨 것으로 예측된다.

본 연구의 제한점은 다음과 같다. 최소한의 표본크기 ($N=20$)로 인해 결과값의 표준편차가 크게 나타났다. 이로 인해 결과 값을 일반화하여 신뢰하기에 한계가 존재한다. 또한 본 연구의 대상자는 연령대가 20-30세로 국한되어 있어 대부분 “경미한 장애” 수준의 불편함이 있는 인원이 모집되었다. 이로 인해 변화에 유의한 차이를 나타내기 어려운 점이 존재하였으며, 자세 교정운동이 자가로 진행되기 때문에 개인별 운동 수행 능력 측정에 어려움이 있었다. 추후에는 다양한 연령대의 더 큰 표본크기를 설정하고, 개인별 운동 수행 능력을 고려하여 충분한 연습 시간을 부여한다면 더 좋은 근활성도의 차이를 가져올 것으로 예측된다.

결론

본 연구는 18-30세 사이의 전방머리자세를 가진 성인 24명을 체외충격파와 결합한 자세 교정운동군과 자세 교정운동군으로 무작위 배정하여 근활성도, 목 기능 및 통증의 변화를 알아보고자 실시하였다.

근활성도는 체외충격파를 적용한 자세교정운동군 내에서 아래등세모근이 유의가 증가하였고 자세 교정운동군은 아래등세모근과 앞뿔니근이 유의하게 증가하였다. 두 군의 전·후 차이에서는 앞뿔니근 활성도가 유의한 차이를 나타냈다($p<0.05$). 또한, 두 그룹 간 머리-척추 각과 목장애지수는 각 그룹 내 유의미한 차이가 있었으며 압력통증역치는 각 그룹 간의 전·후차 비교에서 유의미한 차이가 있었다($p<0.05$). 체외충격파와 결합한 자세 교정운동군에서 유의한 차이를 나타내지 못했지만 증가하는 경향을 보였으며, 자세 교정운동군에서 역치가 감소하는 경향을 보였다($p<0.05$).

본 연구 결과를 통하여 체외충격파를 적용하였을 때 더 유의미한 개선은 나타나지 않았지만, 체외충격파와 결합한 자세 교정운동군과 자세 교정운동군 모두 자세 및 통증을 개선 측면에서 효과적인 프로그램이 될 수 있을 것이다.

이해 충돌

본 연구의 저자들은 연구, 저작권, 및 출판과 관련하여 잠재적인 이해충돌이 없음을 선언합니다.

참고문헌

1. Park J-H, Kang S-Y, Lee S-G, Jeon H-S. The effects of smart phone gaming duration on muscle activation and spinal posture: Pilot study. *Physiother Theory Pract.* 2017;33:661-9.
2. Shaghayegh Fard B, Ahmadi A, Maroufi N, Sarrafzadeh J. Evaluation of forward head posture in sitting and standing positions. *Eur Spine J.* 2016;25:3577-82.
3. Fernández-de-las-Peñas C, Alonso-Blanco C, Cuadrado ML, Gerwin RD, Pareja JA. Trigger points in the suboccipital muscles and forward head posture in tension-type headache. *Headache.* 2006;46:454-60.
4. Lee K-J, Han H-Y, Cheon S-H, Park S-H, Yong M-S. The effect of forward head posture on muscle activity during neck protraction and retraction. *J Phys Ther Sci.* 2015;27:977-9.
5. Lee E, Lee S. 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.* 2019;25:9572.
6. McLean L. The effect of postural correction on muscle activation amplitudes recorded from the cervicobrachial region. *J Electromyogr Kinesiol.* 2005;15:527-35.
7. Ferracini GN, Chaves TC, Dach F, Bevilacqua-Grossi D, Fernández-de-Las-Peñas C, Speciali JG. Relationship between active trigger points and head/neck posture in patients with migraine. *American journal of physical medicine & rehabilitation.* 2016;95:831-9.
8. Harman K, Hubley-Kozey CL, Butler H. Effectiveness of an exercise program to improve forward head posture in normal adults: a randomized, controlled 10-week trial. *J Man Manip Ther.* 2005;13:163-76.
9. Kim D-H, Kim S-Y. Comparison of immediate effects of sling-based manual therapy on specific spine levels in subjects with neck pain and forward head posture: a randomized clinical trial. *Disabil Rehabil.* 2020;42:2735-42.
10. Yoo W-g. Effect of the neck retraction taping (NRT)

- on forward head posture and the upper trapezius muscle during computer work. *J Phys Ther Sci.* 2013;25:581-2.
11. Neumann DA. *Kinesiology of the Musculoskeletal System-E-Book*: Elsevier Health Sciences; 2016.
 12. Idan Almasoodi MC, Mahdavejad R, Ghasmi G. The Effect of 8 Weeks National Academy of Sports Medicine Exercises Training on Posture, Shoulder Pain, and Functional Disability in Male with Upper Cross Syndrome. *Syst Rev Pharm.* 2020;11.
 13. Seidi F, Bayattork M, Minoonejad H, Andersen LL, Page P. Comprehensive corrective exercise program improves alignment, muscle activation and movement pattern of men with upper crossed syndrome: randomized controlled trial. *Sci Rep.* 2020;10 :20688.
 14. Gleitz M, Hornig K. Trigger Points—Diagnosis and treatment concepts with special reference to extracorporeal shockwaves. *Der Orthopäde.* 2012;41 :113-25.
 15. Ludewig PM, Reynolds JF. The association of scapular kinematics and glenohumeral joint pathologies. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2009;39:90-104.
 16. Esenyel M, Aldemir T, Gürsoy E, Esenyel CZ, Demir S, Durmuşoğlu G. Myofascial pain syndrome: efficacy of different therapies. *J Back Musculoskelet Rehabil.* 2007;20:43-7.
 17. Gur A, Koca I, Karagullu H, Altindag O, Madenci E. Comparison of the efficacy of ultrasound and extracorporeal shock wave therapies in patients with myofascial pain syndrome: a randomized controlled study. *J Musculoskelet Pain.* 2013;21 :210-6.
 18. Lee J-H, Han E-Y. A comparison of the effects of PNF, ESWT, and TPI on pain and function of patients with myofascial pain syndrome. *J Phys Ther Sci.* 2013;25:341-4.
 19. Albomahmood KH, Shadmehr A, Hadian MR, Jalaie S, Tahseen J, Fereydounnia S. Efficacy of Extracorporeal Shock Wave Therapy on Active Trigger Point in the Upper Trapezius Muscle. *J Mod Rehabil.* 2022.
 20. Shah JP, Danoff JV, Desai MJ, Parikh S, Nakamura LY, Phillips TM, et al. Biochemicals associated with pain and inflammation are elevated in sites near to and remote from active myofascial trigger points. *Arch Phys Med Rehabil.* 2008;89:16-23.
 21. Suputtitada A. Update of extracorporeal shockwave therapy in myofascial pain syndrome. *Int Phys Med Rehab J.* 2017;1:00019.
 22. Ito K, Fukumoto Y, Shimokawa H. Extracorporeal shock wave therapy as a new and non-invasive angiogenic strategy. *Tohoku J Exp Med.* 2009;219:1-9.
 23. Furia JP. High-energy extracorporeal shock wave therapy as a treatment for chronic noninsertional Achilles tendinopathy. *Am J Sports Med.* 2008;36:502-8.
 24. Wang C-J. An overview of shock wave therapy in musculoskeletal disorders. *Chang Gung med J.* 2003;26:220-32.
 25. Kim J, Kim S, Shim J, Kim H, Moon S, Lee N, et al. Effects of McKenzie exercise, Kinesio taping, and myofascial release on the forward head posture. *J Phys Ther Sci.* 2018;30:1103-7.
 26. Bayles MP. *ACSM's exercise testing and prescription*: Lippincott Williams & Wilkins; 2023.
 27. Park KD, Lee WY, Park M-h, Ahn JK, Park Y. High-versus low-energy extracorporeal shock-wave therapy for myofascial pain syndrome of upper trapezius: A prospective randomized single blinded pilot study. *Medicine.* 2018;97:e11432.
 28. Karimian R, Rahnama N, Ghasemi G, Lenjannejadian S. Photogrammetric analysis of upper cross syndrome among teachers and the effects of national academy of sports medicine exercises with ergonomic intervention on the syndrome. *J Res Health Sci.* 2019; 19:e00450.
 29. Yaghoubitajani Z, Gheitasi M, Bayattork M, Andersen LL. Online supervised versus workplace corrective exercises for upper crossed syndrome: a protocol for a randomized controlled trial. *Trials.* 2021;22:907.
 30. Arshadi R, Ghasemi GA, Samadi H. Effects of an 8-week selective corrective exercises program on electromyography activity of scapular and neck muscles in persons with upper crossed syndrome: Randomized controlled trial. *Phys Ther Sport.* 2019;37:113-9.
 31. Heide M, Mørk M, Røe C, Brox JI, Fenne Hoksrud A. The effectiveness of radial extracorporeal shock wave therapy (rESWT), sham-rESWT, standardised exercise programme or usual care for patients with plantar fasciopathy: study protocol for a double-blind, randomised, sham-controlled trial. *Trials.* 2020;21:589.
 32. Castelein B, Cools A, Parlevliet T, Cagnie B. Are

- chronic neck pain, scapular dyskinesis and altered scapulothoracic muscle activity interrelated?: A case-control study with surface and fine-wire EMG. *J Electromyogr Kinesiol* 2016;31:136-43.
33. Youssef AR. Photogrammetric quantification of forward head posture is side dependent in healthy participants and patients with mechanical neck pain. *Int J Physiother*. 2016;3:326.
34. Vernon H, Mior S. The Neck Disability Index: a study of reliability and validity. *J Manipulative Physiol Ther*. 1991;14 :409-15.
35. Song KJ, Choi BW, Choi BR, Seo GB. Cross-cultural adaptation and validation of the Korean version of the neck disability index. *Spine*. 2010; 35:E1045-9.
36. Balaguier R, Madeleine P, Vuillerme N. Is one trial sufficient to obtain excellent pressure pain threshold reliability in the low back of asymptomatic individuals? A test-retest study. *PloS one*. 2016; 11:e0160866.
37. Ziaefar M, Arab AM, Karimi N, Nourbakhsh MR. The effect of dry needling on pain, pressure pain threshold and disability in patients with a myofascial trigger point in the upper trapezius muscle. *J Bodyw Mov Ther*. 2014;18:298-305.
38. Travell JG, Simons DG. *Myofascial pain and dysfunction: the trigger point manual*: Lippincott Williams & Wilkins; 1992.
39. Umehara J, Nakamura M, Saeki J, Tanaka H, Yanase K, Fujita K, et al. Acute and prolonged effects of stretching on shear modulus of the pectoralis minor muscle. *J Sports Sci Med*. 2021;20:17.
40. Shah JP, Thaker N, Heimur J, Aredo JV, Sikdar S, Gerber L. *Myofascial Trigger Points Then and Now: A Historical and Scientific Perspective*. *PM R*. 2015;7:746-61.
41. Cummings M, Baldry P. Regional myofascial pain: diagnosis and management. *Best Pract Res Clin Rheumatol*. 2007;21:367-87.
42. Kisner C, Colby LA, Borstad J. *Therapeutic exercise: foundations and techniques*: Fa Davis; 2017.
43. Heydari Z, Sheikhhoseini R, Shahrbanian S, Piri H. Establishing minimal clinically important difference for effectiveness of corrective exercises on craniovertebral and shoulder angles among students with forward head posture: a clinical trial study. *BMC pediatrics*. 2022;22:230.
44. Contractor ES, Shah S, Dave P. 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*. 2019;9:83.
45. Johnston V, Jull G, Souvlis T, Jimmieson NL. Neck movement and muscle activity characteristics in female office workers with neck pain. *Spine*. 2008;33:555-63.
46. Kim HR. Effects of extracorporeal shock wave therapy and stretching technique on flexibility, muscle tone and pressure pain threshold of a shortened hamstring. *J Int Acad Phys Ther Res*. 2017;8 :1261-5.
47. Kim YN, Lee DK. Effects of active vibration exercise on neck pain, disability index, and muscle activity of patients with forward head posture. *J Korean Phys Ther*. 2018;30 :218-23.
48. Ji HM, Kim HJ, Han SJ. Extracorporeal shock wave therapy in myofascial pain syndrome of upper trapezius. *Ann Rehabil Med*. 2012; 36:675-80.
49. Cho Y-S, Park S-J, Jang S-H, Choi Y-C, Lee J-H, Kim J-S. Effects of the combined treatment of extracorporeal shock wave therapy (ESWT) and stabilization exercises on pain and functions of patients with myofascial pain syndrome. *J Phys Ther Sci*. 2012;24:1319-23.