

하부승모근 강화 운동이 엘리트 양궁선수들의 통증, 기능 및 경기력 향상에 미치는 효과

한국체육대학교 체육학과

김은국 · 김진호 · 유진영

Effects of Lower Trapezius Strengthening Exercise on Shoulder Pain, Function and Archery Performance in Elite Archers

Eunkuk Kim, Jinho Kim, Jinyoung You

Department of Physical Education, Korea National Sport University, Seoul, Korea

Purpose: The primary aim of this study was to examine the effects of 8-week lower trapezius strengthening exercise (LTSE) on shoulder pain, function and archery performance. The secondary aim was to identify main factors that have something to do with injury prevention and performance enhancement for elite archers.

Methods: Thirty-one elite archers were recruited and evenly assigned into the LTSE group (n=16) and into the control group (n=15) based on gender and athletes' career. Shoulder pain was evaluated using Numeric pain rating scale (NPRS). Shoulder function was assessed using the Western Ontario Shoulder Instability Index (WOSI), upper quarter Y balance test (UQYBT), Trapezius and Deltoid muscle activity ratios by surface electromyography and the angle of scapula elevation/abduction by 3-dimensional motion analyses. Archery performance was estimated using draw force line (DFL) angle at full bowstring draw position and the scores acquired from real archery shooting. After the baseline measurements, the 8-week LTSEs were implemented and the post-exercise measurements were conducted.

Results: In the LTSE group, NPRS score and WOSI score significantly decreased after exercise program. The activity ratio of upper to lower trapezius muscle, scapula elevation angle and the DFL angle were also significantly reduced. The UQYBT scores significantly increased on both shoulders.

Conclusion: Eight weeks of LTSE has reduced shoulder pain in archers and improved shoulder function and performance factors.

Keywords: Archery, Athletic Performance, Lower trapezius, Shoulder pain, Strengthening exercise

Received: June 9, 2020 Revised: August 7, 2020 Accepted: August 20, 2020

Correspondence: Jinyoung You

Department of Physical Education, Korea National Sport University, 1239 Yangjae-daero, Songpa-gu, Seoul 05541, Korea

Tel: +82-2-410-6830, Fax: +82-2-410-6719, E-mail: you@knsu.ac.kr

*This article was modified from the thesis of Jinyoung You's doctoral degree in 2020.

Copyright ©2020 The Korean Society of Sports Medicine

© 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.

서론

일정 수준 이상의 경기력을 갖추기 위해 운동선수들은 많은 양의 훈련을 반복하며 각 종목의 특성에 따라 신체 여러 부위에 다양한 스포츠 손상이 발생한다¹. 국제 수준의 남자 양궁선수는 한 번에 약 45 lb (20.4 kg)의 힘으로 활시위를 당기며, 이는 4일의 양궁대회 기간 동안 매일 75번 활시위를 당긴다고 할 때 총 13,600 lb (6,184 kg)의 힘을 사용한다고 할 수 있다². 양궁선수가 활시위를 당기기 위한 동작은 팔을 전방으로 굽힘하고 안쪽 돌림과 모음(adduction)이 동시에 나타나며 위팔뼈 작은 결절이 부리돌기에 접촉해 통증이 발생하기 쉬우며, 활시위를 당겼을 때 나타나는 극단적인 수평뿔(horizontal extension)의 반복은 어깨 주위 근육에 많은 부하를 주게 된다. 이처럼, 양궁선수는 장시간 활을 들고 일정한 자세를 유지해야 하는 동시에 반복적인 동작으로 어깨와 경부에 많은 피로가 누적되어 만성적인 통증을 호소하는 경우가 많다³.

양궁선수들의 스포츠 손상 발생에 대한 선행연구들 중, 2012 런던올림픽 대회에 참가한 128명의 양궁선수에서는 총 2건의 의료적 관심이 필요한 스포츠 손상이 있었고⁴, 2016 리우올림픽 기간 동안에는 100명당 3건 이하의 스포츠 손상이 발생한 것으로 보고되었다⁵. 이처럼 양궁에서는 급성 스포츠손상의 발생률이 비교적 낮은 것으로 알려져 있으나, 양궁동작의 지속적인 반복은 회전근개 힘줄에 충돌증후군 및 건증을 발생시킬 수 있다^{6,7}. 또한, Grover와 Sinha⁷의 양궁선수 156명에 대한 스포츠 손상 발생에 대한 역학조사 결과 약 54% (85명)의 선수들이 설문 당시 어깨 통증을 겪고 있었고, 약 83% (129명)의 선수들은 과거 어깨 통증의 경험이 있었으며, 그 중 약 65% (101명)의 선수들은 반복적인 어깨 통증을 경험해 양궁 선수들에서 어깨 통증은 그 빈도와 재발률이 높다고 하였다.

양궁의 스탠스(stance)부터 릴리즈(release)까지 연결 동작에는 어깨 주변 근육의 근력과 근지구력, 협응성이 매우 중요하며, 양궁 동작 수행에서 중추적인 역할을 한다². 아래등세모근은 어깨 뼈를 척추에 고정시킴으로써 활당기기(drawing) 동작에서 일차 수평뿔근인 뒤톡세모근을 위한 고정된 기시부를 제공해주기 때문에 뒤톡세모근이 활성화되기 위해서는 아래등세모근의 활성화가 필요하다⁸. 또한, 아래등세모근의 활성화가 지연되어 나타나면 중간어깨세모근이 쉽게 피로해져 경기력에 영향을 미치게 된다⁸. 위등세모근의 높은 근활성도를 통한 어깨뼈의 올림 높이는 어깨 충돌 증후군과 연관성이 높으며⁹, 어깨의 80°-120° 사이의 벌림에서 반복적인 움직임은 봉우리 아래 점액낭염(subacromial bursitis)과 가시위근(supraspinatus)의 건염 및 혈류

감소를 유발할 수 있다¹⁰.

어깨 충돌 증후군 환자는 아래등세모근 및 중간등세모근에서 근활성도와 근력이 감소되고, 위등세모근에서 근활성도와 근력이 증가해 근육 움직임의 패턴이 변화된다¹¹. Cools 등¹²은 어깨 손상이 있는 오버헤드 운동선수들의 위등세모근과 아래등세모근의 근활성도 비율이 1.56-2.19로 손상이 없는 선수들의 근활성도 비율인 1.23-1.36에 비해 위등세모근의 근활성도가 아래등세모근 보다 상대적으로 높다고 하였다. Shinohara 등¹³도 어깨 손상이 있는 양궁선수들의 경우 위등세모근과 아래등세모근의 근활성도 비율이 2.15로 높았고, 손상이 없는 선수들의 경우 위등세모근과 아래등세모근 근활성도 비율이 1.32로 상대적으로 낮다고 하였다.

상대적으로 근활성도가 감소된 아래등세모근의 강화 운동을 포함하는 어깨뼈 주변 근육 안정화 운동은 양궁선수들의 만성 어깨 통증 감소에 도움을 줄 수 있다¹⁴. 현재까지 양궁선수들을 대상으로 어깨뼈 안정화 운동을 실시해 과사용 어깨 손상에 대한 재활과 경기력 향상 효과에 대해 조사한 선행 연구에서는, 구체적인 운동프로그램이 제시되지 않았고 어깨 통증 발생 이전에 근거한 목표 근육(target muscle)이 명확히 설정되어 있지 않았다¹⁵. 따라서, 본 연구에서는 엘리트 양궁선수들을 대상으로 아래등세모근의 근력을 향상시키는 운동 프로그램 적용 후에 어깨 통증, 양궁 동작 수행관련 기능 및 실제 경기력의 변화에 대해 알아보고자 하였다.

연구 방법

1. 연구 참여자

본 연구는 2019년 7월 18일부터 10월 03일까지 K대학교와 S고등학교에 재학하며 훈련하는 엘리트 양궁 선수들을 대상으로 하였다. 성별과 운동경력 (3-7년: 14명, 8-12년: 18명)을 기준으로 층별 무작위배정(stratified randomization) 방법을 사용해 아래등세모근 강화 운동 집단(lower trapezius strengthening exercise [LTSE], n=16명)과 대조군 집단(n=16명)에 성별과 운동경력이 일정한 비율의 참여자가 포함되도록 나누어 진행하였다. 대조군 참여자 1명은 연구 진행 중 참여 중지 의사(국가대표팀 선발)를 밝혀 제외하였다. 모든 참여자에게 연구 참여 동의서에 서명을 받아 진행하였으며, 미성년자의 경우 보호자(법정 대리인)에게 사전에 충분히 설명하고 동의를 받아 진행하였다. 본 연구는 K대학교 생명윤리위원회의 승인을 받아 진행하였다(No. 1263-201906-HR-028-02). 연구 참여자의 인구통계학적 특성은 Table 1과 같다.

2. 연구 방법

본 연구에서는 8주간 아래등세모근 근력 운동 프로그램의 적용이 엘리트 양궁선수들의 어깨 통증, 기능 및 경기력 향상에 미치는 효과를 알아보기 위해 다음과 같은 절차로 진행하였다 (Fig. 1).

1) 통증

(1) **Numeric pain rating scale:** Numeric pain rating scale (NPRS)은 1분 안에 완료할 수 있는 자가보고 측정도로 본 연구에서는 면대면 조사 방법으로 시행하였다. 수평선에 0-10으로 점수 범위가 설정되며 왼쪽에 표시되는 0점에는 통증 없음, 오른쪽에 표시되는 10점에는 극심한 고통의 문구로 설정되며, 검사-재검사 신뢰도(test-retest reliability)는 0.95-0.96이다¹⁶.

2) 기능

(1) **Western Ontario Shoulder Instability Index:** 어깨의 불안정성과 특이적인 질병을 평가할 수 있는 Western Ontario Shoulder Instability Index (WOSI)를 면대면 조사 방법으로 시행하였다. 총 4개의 범위에 21개 문항으로 이루어져 있으며, 점수가 0점에 가까울수록 좋음이며, 2,100점에 가까울수록 나쁨이다¹⁷. 내부 신뢰도(internal reliability)는 Cronbach's $\alpha=0.88-0.96$ 이고, 검사-재검사 신뢰도는 다양한 상지 근골격계 질환자에서 급내상관계수(intraclass correlation coefficient, ICC)가 0.87-0.98이다¹⁷. 사전에 설문지 작성법에 대해 교육받은 조사원이 연구 참여자에게 설문작성 방법을 상세히 교육하고 설문작성에 대한 이해를 돕도록 보조하였다.

(2) **Upper quarter Y-balance test:** 참가자들은 FMS사의 Y-Balance kit (Professional YBT; FMS, Cleveland, Ohio, USA)를

Table 1. Participants' demographic characteristics

Variable	Exercise group	Control group
Age (yr)	18.88±2.53	18.87±2.20
Height (cm)	170.17±6.20	171.65±6.87
Weight (kg)	70.12±13.77	72.11±11.69
BMI (kg/m ²)	24.11±3.46	24.43±2.76
SMS (kg)	30.07±5.63	31.49±6.11
%BF (%)	16.65±8.46	16.25±5.00
Career (yr)	8.56±3.39	8.47±2.83

Values are presented as mean±standard deviation. Exercise group: male (n=9), female (n=7), total (n=16); Control group: male (n=9), female (n=6), total (n=15). BMI: body mass index, SMS: skeletal muscle mass, %BF: percent body fat.

사용하여 푸시-업(push-up) 자세에서 몸의 중심을 잃지 않고 바닥을 짚지 않은 손으로 내측, 아래 내측, 위 외측 3방향으로 가능한 멀리 손을 뻗는 방법으로 측정하였다. 활을 드는 팔(bow arm)과 활 시위를 당기는 팔(draw arm) 모두 수행되며, 2번의 연습 후에 각 방향에 대해 3번 수행한 기록을 측정하였다. 세방향으로 가장 길게 뻗은 길이의 합을 상지 길이(경추 7번 극돌기에서 가운데 손가락까지의 길이)의 3배로 나누고 100을 곱해 점수를 표준화하였다¹⁸.

(3) 등세모근과 어깨세모근의 근활성도 비율

① 근전도 검사

피부의 임피던스(impedance)를 낮춰 검사의 오류를 줄이기 위해 전극 부착할 위치 피부 표면의 체모를 제거하고 표피의 이물질이나 로션 등을 알코올로 닦은 후 마르면 표면 전극을 부착하였다. 6채널의 근전도를 부착하고 각 근육의 표준화를 위해 최대 자발적 등척성 수축(maximum voluntary isometric contraction [MVIC])을 측정하였다. MVIC 측정은 최대 힘을 발휘할 수 있도록 하고 보조자를 동반해 보상작용을 방지하였다⁸. 수집된 신호는 개인용 컴퓨터에서 MyoResearch XP 1.06.44

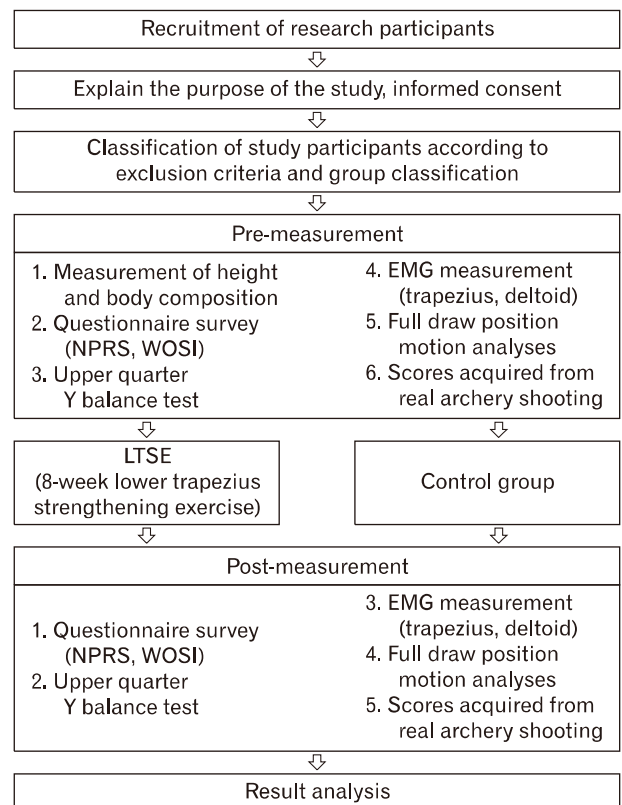


Fig. 1. Research procedure. EMG: electromyography, NPRS: numeric pain rating scale, WOSI: Western Ontario Shoulder Instability Index, LTSE: lower trapezius strengthening exercise.

(Noraxon, USA) 소프트웨어를 이용해 필터링과 기타 신호를 처리하였다. 신호 획득률(sampling rate)은 1,000 Hz로 수집하였으며, 수집된 데이터는 20-500 Hz 대역 필터 처리를 하고, 실효치 값(root mean square [RMS])으로 변환해 자료 처리에 이용하였다. 필터링 된 MVIC 근활성도 자료는 5초의 등척성 수축 시간 동안 수집된 신호를 처음과 끝의 1초를 제외한 3초 동안의 데이터를 평균으로 사용하였다.

② 표면전극 부착 부위

근전도의 부착 근육은 surface electromyography for the non-invasive assessment of muscles (SENIAM)을 참고해 등세모근의 위, 중간, 아래의 위치와 어깨세모근의 앞, 중간, 뒤 부위 총 6개의 근육 표면에 무선 electromyography (EMG) 전극을 1 cm 정도의 전극 간 거리를 두고 부착하였다(Table 2)^{8,19}.

③ 근활성도 측정

각 근육의 동작 중에 측정된 근활성도 값은 사전에 측정된 MVIC 근활성도 값으로 나누어 표준화하였다.

$$\text{Muscle activation} = \frac{EMG_{motion}}{EMG_{MVIC}} \times 100 (\%)$$

EMG_{motion}: 만작(full draw position)에서 클릭커(clicker)가 떨어

Table 2. Locations of surface EMG electrodes attachment (SENIAM, 2019)

Name of muscle	Attachment location of electrodes
Upper trapezius	The electrodes need to be placed at 50% on the line from the acromion to the spine on vertebra C7.
Middle trapezius	The electrodes need to be placed at 50% between the medial border of the scapula and the spine, at the level of T3.
Lower trapezius	The electrodes need to be placed at 2/3 on the line from the trigonum spinae to the 8th thoracic vertebra.
Anterior deltoid	The electrodes need to be placed at one finger width distal and anterior to the acromion.
Medius deltoid	Electrodes need to be placed from the acromion to the lateral epicondyle of the elbow. This should correspond to the greatest bulge of the muscle.
Posterior deltoid	Center the electrodes in the area about two fingerbreaths behind the angle of the acromion.

EMG: electromyography, SENIAM: surface electromyography for the non-invasive assessment of muscles.

지기 전까지 동작의 근활성도 실효치 값

EMG_{MVIC}: 최대 등척성 수축의 RMS 값

④ 근활성도 비율

아래등세모근 근활성도에 대한 위등세모근의 근활성도와 중간등세모근 근활성도에 대한 위등세모근의 근활성도, 아래등세모근 근활성도에 대한 중간등세모근 근활성도를 표준화된 근활성도 값을 이용해 계산하여 아래등세모근 강화운동 전, 후의 등세모근의 근활성도 비율을 비교하였다. 또한, 뒤어깨세모근 근활성도에 대한 앞어깨세모근 근활성도와 중간어깨세모근 근활성도에 대한 앞어깨세모근 근활성도, 뒤어깨세모근 근활성도에 대한 중간어깨세모근의 근활성도를 표준화된 근활성도 값을 이용해 계산하여 어깨세모근의 근활성도 비율을 비교하였다(Table 3)^{12,13}.

(4) 어깨뼈 올림과 어깨 벌림 각도 측정

① 동작분석

고속카메라(Exilim EX-F1; Casio, Tokyo, Japan)를 1초당 300 프레임으로 설정 후 발사 동작의 자료를 수집하였다. 1 m 높이의 삼각대를 사용해 피사체의 앞뒤 3 m 20 cm의 거리에 고속카메라를 설치하여 피사체의 발사 동작 이마면(frontal plane) 전체를 촬영하고 만작에서 클릭커가 떨어지기 전의 순간을 분석하였다. 개인용 컴퓨터의 동작분석 프로그램(Kinovea 0.8.27 beta version, Boston, Massachusetts, USA)을 이용하여 분석하였다.

② 반사마커 부착부위

지름 10 mm 반사마커를 활시위를 당기는 팔의 요골의 경상돌기(radial styloid process), 외측상과(lateral epicondyle), 활을 들어

Table 3. Calculate of trapezius muscle activity ratios and deltoid muscle activity ratios

Item	Calculate of muscle activity ratio
UT/LT	Normalized EMG of UT divided by normalized EMG of LT
UT/MT	Normalized EMG of UT divided by normalized EMG of MT
MT/LT	Normalized EMG of MT divided by normalized EMG of LT
AD/PD	Normalized EMG of AD divided by normalized EMG of PD
AD/MD	Normalized EMG of AD divided by normalized EMG of MD
MD/PD	Normalized EMG of MD divided by normalized EMG of PD

UT: upper trapezius, LT: lower trapezius, MT: middle trapezius, AD: anterior deltoid, PD: posterior deltoid, MD: medial deltoid, EMG: electromyography.

주는 팔의 요골의 경상돌기, 경추 7번의 가시돌기(spinous processes of the 7th cervical vertebra)와 오른쪽의 봉우리(acromion) 총 5곳에 부착하였다.

③ 어깨뼈 올림과 어깨 벌림

활시위를 당기는 팔의 어깨뼈 올림(scapular elevation)과 어깨 벌림(shoulder abduction)의 각도를 측정하였다. 어깨뼈 올림의 각도는 경추 7번과 오른쪽 봉우리 사이에 직선과 이마면으로 수직선 사이의 각도를 측정하였다. 어깨 벌림의 각도는 봉우리와 외측상과 사이에 직선과 이마면으로 수직선 사이의 각도를 측정하였다²⁰. 이와 같은 방법의 어깨뼈 올림과 어깨 벌림 동작분석의 ICC는 >0.97 로 높다(Fig. 2)¹³.

3) 양궁 경기력

(1) 만작에서 draw force line 각도: Draw force line (DFL)은 활을 잡은 손과 활시위를 당기는 요골의 경상돌기와 외측상과 사이의 직선과 화살과의 각도를 분석하였다(Fig. 3)²¹.

(2) 양궁 점수: 국제 양궁연맹(Fédération Internationale de Tir à l'Arc)의 경기 규칙에 따라 70 m 거리에 실외 양궁장에서 지름이 122 cm인 표준 표적을 사용하였다. 3발씩 5세트를 실시해 총 15발을 쏘아 점수를 합산하였다²².

4) 아래등세모근 강화 운동(LTSE)

아래등세모근 강화 운동은 복와위 자세에서 Y모양으로 어깨 굽힘(Y-Raise) (Fig. 4A), 복와위 자세에서 어깨 가쪽돌림과 수평 벌림(T-Rise) (Fig. 4B), 변형된 코브라 자세(Modified Prone Cobra) (Fig. 4C), 복와위 자세에서 어깨를 90° 벌림하고 팔꿈치관절을 90° 굽힘에서 어깨 가쪽돌림(L-ER) (Fig. 4D)을 실시하였다.

아래등세모근 강화운동 프로그램은 주 3회 빈도로 8주간 실시하였다. 근력강화 운동 초보자의 경우 2세트도 유의하게 근력을 향상시킬 수 있기 때문에 트레이닝 초기에는 2세트와 1 repetition maximum (RM)의 50%~60%로 반복횟수는 15회로 진행하였으며, 점증부하(progressive load)의 원리에 따라 선수들의 발달 정도와 운동프로그램 단계에 따라서 운동부하와 세트 수를 증가시켰으며, 운동부하의 증가에 따라 반복횟수는 감소시켜 진행하였다²³. 2주 간격으로 1-2주는 1 RM의 50%~60%로 2세트씩 15-20회 반복하였고, 3-4주는 1 RM의 60%~70%로 2세트씩 8-12

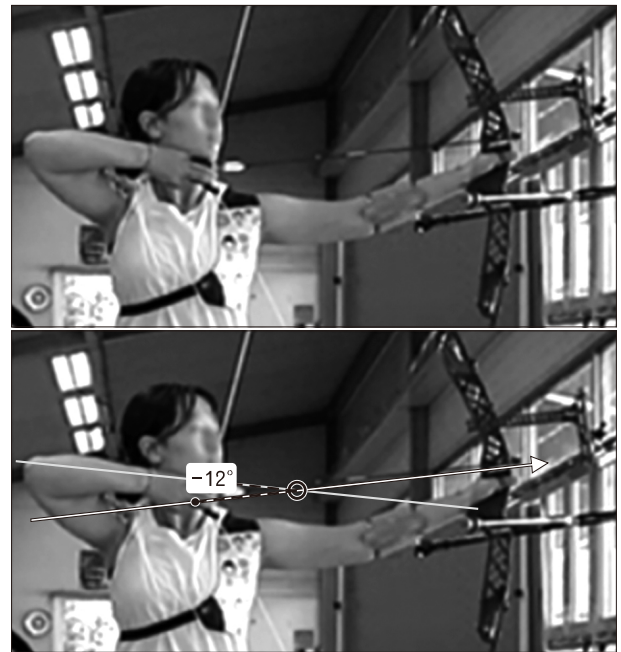


Fig. 3. Draw force line angle.



Fig. 2. Measure of scapular elevation angle and shoulder abduction angle.

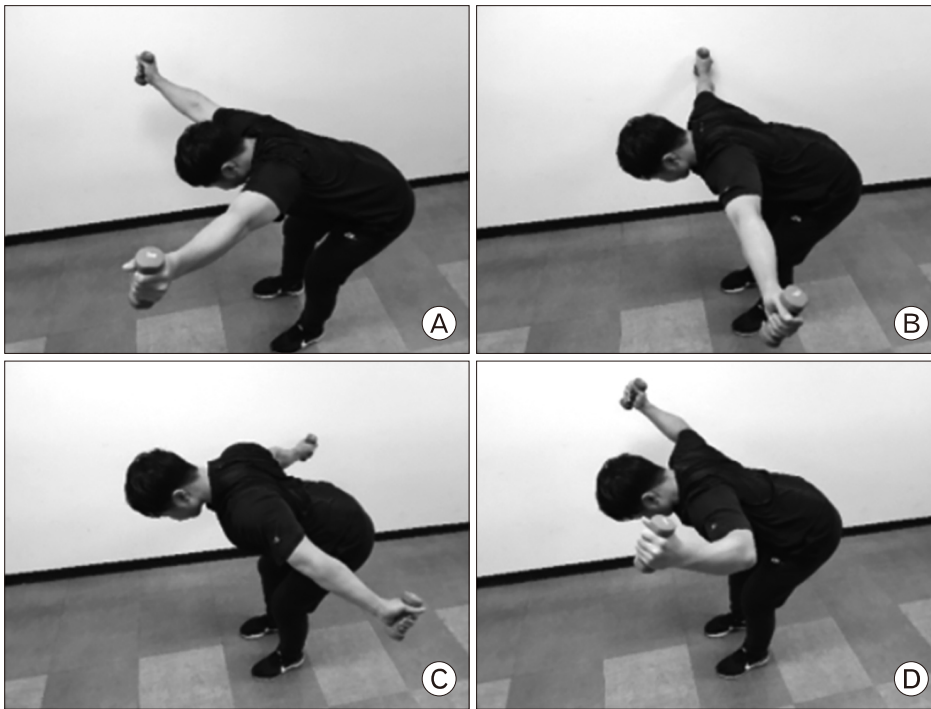


Fig. 4. Lower trapezius strengthening exercise. (A) Y-raise. (B) T-raise. (C) Modified Prone Cobra. (D) L-External Rotation (ER).

Table 4. The difference of NPRS score between exercise group and control group

Item	Exercise		Control		F-value (p-value)		
	Pre	Post	Pre	Post	Group	Time	Group×time
NPRS	4.56±2.45	2.88±1.78	3.20±1.47	3.67±1.68	0.226 (0.638)	3.670 (0.650)	11.427 (0.002)*

Values are presented as mean±standard deviation.

NPRS: numeric pain rating scale.

*p<0.05.

회 반복하였다. 5-6주는 1 RM의 60%-70%로 3세트씩 8-12회 반복하였으며, 7-8주는 1 RM의 60%-70%로 4세트씩 8-12회 반복하였다²³.

3. 자료 분석

8주간의 운동 프로그램을 적용한 LTSE 집단과 대조군의 각 시기와 집단 간 모든 자료들의 특성을 파악하기 위해 IBM SPSS ver. 21.0 (IBM Corp., Armonk, NY, USA) 통계프로그램을 이용해 기술 통계치(mean, standard deviation)를 얻었고, 집단 간 측정시기(pre-exercise·post-exercise)에 따른 종속변인의 변화를 확인하기 위해 반복측정에 의한 이원변량분석(two-way analysis of variance with repeated measures)을 사용하였다. 시기에 따른 집단 간의 상호작용 효과는 운동프로그램 적용 전후에 대조군의 종속변인과 비교해 LTSE 집단의 종속변인이 상승하거나 감소함을 나타내며, 모든 검증의 유의수준은 $\alpha=0.05$ 로 설정하였다.

결 과

1. 통증

1) Numeric pain rating scale

LTSE 집단과 대조군의 NPRS 점수는 운동 전 각각 4.56±2.45와 3.20±1.47였고 운동 후 2.88±1.78와 3.67±1.68였으며 시기에 따른 집단 간의 상호작용 효과가 나타났다(F=11.427, p=0.002) (Table 4).

2. 기능

1) Western Ontario Shoulder Instability Index

LTSE 집단과 대조군의 WOSI 점수는 운동 전 각각 90.13±42.04와 74.53±26.87였고 운동 후 62.00±32.73와 71.93±32.50였으며

시기에 따른 주 효과($F=10.216$, $p=0.003$)와 시기에 따른 집단 간의 상호작용 효과가 나타났다($F=7.050$, $p=0.013$) (Table 5).

2) Upper quarter Y balance test 점수

LTSE 집단과 대조군의 활을 드는 팔의 upper quarter Y balance test (UQYBT) 점수는 운동 전 각각 71.25 ± 9.04 와 75.47 ± 9.63 였고 운동 후 78.95 ± 12.41 와 71.06 ± 7.09 였으며 집단에 따른 주 효과($F=0.299$, $p=0.011$)와 시기에 따른 집단 간의 상호작용 효과가 나타났다($F=22.965$, $p=0.001$). LTSE 집단과 대조군의 활시위를 당기는 팔의 UQYBT 점수는 운동 전 각각 71.19 ± 10.86 와 74.34 ± 8.59 였고 운동 후 79.59 ± 12.70 와 74.04 ± 6.67 였으며 시기에

따른 주 효과($F=12.288$, $p=0.002$)와 시기에 따른 집단 간의 상호작용 효과가 나타났다 ($F=14.172$, $p=0.001$) (Table 6).

3) 등세모근과 어깨세모근의 근활성도

LTSE 집단과 대조군의 아래등세모근 근활성도에 대한 위등세모근 근활성도 비율은 운동 전 각각 3.47 ± 3.50 와 1.57 ± 1.00 였고 운동 후 1.43 ± 0.93 와 1.39 ± 0.89 였으며 시기에 따른 주 효과($F=6.740$, $p=0.015$)와 시기에 따른 집단 간의 상호작용 효과가 나타났다($F=4.739$, $p=0.038$). LTSE 집단과 대조군의 중간등세모근 근활성도에 대한 위등세모근 근활성도 비율과 아래등세모근 근활성도에 대한 중간등세모근 근활성도 비율은 운동 전과 비교

Table 5. The difference of WOSI score between exercise group and control group

Item	Exercise		Control		F-value (p-value)		
	Pre	Post	Pre	Post	Group	Time	Group×time
WOSI	90.13 ± 42.04	62.00 ± 32.73	74.53 ± 26.87	71.93 ± 32.50	0.063 (0.804)	10.216 (0.003)**	7.050 (0.013)*

Values are presented as mean±standard deviation.

WOSI: Western Ontario Shoulder Instability Index.

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$.

Table 6. The difference of UQYBT score between exercise group and control group

Item	Exercise		Control		F-value (p-value)		
	Pre	Post	Pre	Post	Group	Time	Group×time
Bow arm-YBT	71.25 ± 9.04	78.95 ± 12.41	75.47 ± 9.63	71.06 ± 7.09	0.299 (0.011)*	1.706 (0.202)	22.965 (0.001)***
Draw arm-YBT	71.19 ± 10.86	79.59 ± 12.70	74.34 ± 8.59	74.04 ± 6.67	0.122 (0.730)	12.288 (0.002)**	14.172 (0.001)**

Values are presented as mean±standard deviation.

UQYBT: upper quarter Y balance test, Bow arm-YBT: bow arm push hand Y balance test, Draw arm-YBT: draw arm push hand Y balance test.

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$.

Table 7. The difference of EMG activation between exercise group and control group

Item	Exercise		Control		F-value (p-value)		
	Pre	Post	Pre	Post	Group	Time	Group×time
UT/LT	3.47 ± 3.50	1.43 ± 0.93	1.57 ± 1.00	1.39 ± 0.89	2.995 (0.094)	6.740 (0.015)**	4.739 (0.038)*
UT/MT	1.74 ± 1.26	1.16 ± 0.69	1.13 ± 0.85	1.03 ± 0.95	1.573 (0.220)	3.354 (0.077)	1.583 (0.220)
MT/LT	2.03 ± 1.09	1.28 ± 0.54	1.82 ± 1.13	1.85 ± 1.13	0.399 (0.533)	2.599 (0.118)	3.067 (0.090)
AD/PD	1.20 ± 0.91	0.86 ± 0.78	0.85 ± 0.56	0.75 ± 0.70	1.147 (0.293)	1.887 (0.180)	0.599 (0.445)
AD/MD	0.85 ± 0.60	0.63 ± 0.43	0.69 ± 0.59	0.51 ± 0.50	0.947 (0.339)	2.502 (0.125)	0.018 (0.894)
MD/PD	1.69 ± 1.51	1.56 ± 1.06	1.41 ± 0.68	2.10 ± 1.69	0.112 (0.741)	1.068 (0.310)	2.344 (0.137)

Values are presented as mean±standard deviation.

EMG: electromyography, UT: upper trapezius, LT: lower trapezius, MT: middle trapezius, AD: anterior deltoid, PD: posterior deltoid, MD: medial deltoid.

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$.

하여 운동 후에 모두 집단 간 및 시기별 유의한 변화와 상호작용 효과가 없었다. LTSE 집단과 대조군의 뒤통어깨세모근 근활성도에 대한 앞어깨세모근 근활성도 비율과 중간어깨세모근 근활성도에 대한 앞어깨세모근 근활성도 비율 및 뒤통어깨세모근 근활성도에 대한 중간어깨세모근 근활성도 비율은 운동 전과 비교하여 운동 후에 모두 집단 간 및 시기별 유의한 변화와 상호작용 효과가 없었다(Table 7).

4) 어깨뼈 올림과 벌림 각도

LTSE와 대조군의 어깨뼈 올림 각도는 운동 전 각각 81.50 ± 2.00 와 80.00 ± 2.67 였고 운동 후 78.94 ± 2.79 와 80.60 ± 3.50 였으며 시기에 따른 집단 간의 상호작용 효과가 나타났다($F=9.956$, $p=0.004$). LTSE와 대조군의 어깨 벌림 각도는 운동 전과 비교하여 운동 후에 모두 집단 간 및 시기별 유의한 변화와 상호작용 효과가 없었다(Table 8).

3. 경기력

1) 만작에서 DFL 각도

LTSE와 대조군의 DFL 각도는 운동 전 각각 10.06 ± 1.18 와 9.20 ± 1.26 였고 운동 후 7.94 ± 0.44 와 9.67 ± 1.18 였으며 시기에 따른 주 효과 ($F=17.401$, $p=0.001$)와 시기에 따른 집단 간의 상호작용 효과가 나타났다 ($F=42.499$, $p=0.001$) (Table 9).

2) 양궁점수

LTSE와 대조군 간 양궁점수는 운동 전과 비교하여 운동 후에 모두 집단 간 및 시기별 유의한 변화와 상호작용 효과가 없었다 (Table 10).

고 찰

본 연구에서는 엘리트 양궁선수들을 대상으로 8주간의 아래등 세모근의 근활성도를 증가시키는 운동프로그램 적용 후 어깨의 통증과 양궁동작 수행관련 기능, 어깨뼈의 동작분석 및 양궁

Table 8. The difference of SEA and SADA between exercise group and control group

Item	Exercise		Control		F-value (p-value)		
	Pre	Post	Pre	Post	Group	Time	Group×time
SEA	81.50 ± 2.00	78.94 ± 2.79	80.00 ± 2.67	80.60 ± 3.50	0.009 (0.926)	3.834 (0.060)	9.956 (0.004)**
SADA	101.00 ± 5.39	102.19 ± 5.02	101.87 ± 6.66	102.53 ± 6.88	0.083 (0.776)	3.864 (0.059)	0.305 (0.585)

Values are presented as mean±standard deviation.

SEA: scapular elevation angle, SADA: scapular abduction angle.

** $p < 0.01$

Table 9. The difference of DFL angle between exercise group and control group

Item	Exercise		Control		F-value (p-value)		
	Pre	Post	Pre	Post	Group	Time	Group×time
DFL	10.06 ± 1.18	7.94 ± 0.44	9.20 ± 1.26	9.67 ± 1.18	1.762 (0.195)	17.401 (0.001)***	42.499 (0.001)***

Values are presented as mean±standard deviation.

DFL: draw force line.

*** $p < 0.001$.

Table 10. The difference of archers score between exercise group and control group

Item	Exercise		Control		F-value (p-value)		
	Pre	Post	Pre	Post	Group	Time	Group×time
Total score	132.13 ± 5.76	132.06 ± 8.81	132.87 ± 5.99	129.80 ± 5.53	0.139 (0.712)	1.516 (0.228)	1.398 (0.247)

Values are presented as mean±standard deviation.

경기력의 변화를 확인한 결과, LTSE는 대조군에 비해 NPRS, WOSI, 아래등세모근에 대한 위등세모근의 근활성도 비율, 어깨 뼈 올림 각도, DFL 각도가 감소하였고 UQYBT 점수는 증가하였다.

어깨 충돌 증후군 환자의 위등세모근의 높은 근활성도로 인한 어깨 올림의 지속적인 동작은 어깨 충돌증후군 등 어깨 손상과 연관성이 높다²⁴. Ellenbecker와 Cools²⁵는 어깨뼈 주변 근육의 근력 부족과 불균형이 있는 환자들에게 아래등세모근을 활성화시켜 어깨뼈 주변 근육의 짝힘(force-couple)을 복원할 수 있다고 하였다. 본 연구에서는 아래등세모근 강화운동을 통해 근활성도가 증가된 결과 양궁선수들 어깨에 가해진 반복적인 과부하에 따른 어깨뼈 주변 근육 불균형을 줄이고 어깨 충돌을 완화하여 통증과 불안정성이 감소해 NPRS와 WOSI의 점수가 낮아진 것으로 생각된다.

양궁과 같이 어깨 움직임의 비중이 높은 스포츠에서 아래등세모근의 활성화가 증가되면 중간어깨세모근의 근활성화가 감소되어 어깨의 피로를 낮춰 경기 수행력에 긍정적인 영향을 미친다⁸. 또한, 등세모근의 효율적인 사용은 양궁선수들에서 어깨의 불필요한 진동 및 움직임을 막아 동작의 안정성을 높여 일관된 발사 동작을 만든다²⁶. Ludwig과 Cook²⁷은 어깨뼈 주변 근육 활성화의 불균형은 근육의 선택적인 강화를 통해 감소될 수 있다고 하였다. 결과적으로 활성도가 낮은 근육을 활성화하여 등세모근간 근활성도 균형을 맞추는 것은 정상적인 견갑상완리듬을 회복해 양궁선수들에게 일관된 발사 동작과 어깨 손상 예방에 도움이 된다. 본 연구 결과 LTSE 집단에서 아래등세모근의 근활성도가 증가해 아래등세모근에 대한 위등세모근의 근활성도 비율이 개선되어 지속적인 아래등세모근 강화운동은 양궁선수들의 어깨 손상을 예방하고 발사 동작에 도움을 줄 수 있을 것이다.

Lin 등⁹은 어깨 충돌 증후군을 가진 야구선수가 건강한 어깨를 가진 야구선수에게 비해 어깨뼈의 올림 높이와 위등세모근의 근활성도가 높고, 아래등세모근의 근활성도는 낮은 모습을 보여, 어깨 충돌 증후군과 어깨뼈 올림은 연관성이 높기 때문에 아래등세모근의 근육 강화는 어깨뼈의 내림을 도와 어깨 충돌증후군을 완화할 수 있다고 하였다. 본 연구에서도 아래등세모근의 강화운동이 어깨뼈의 내림을 도와 LTSE 집단의 어깨뼈 높이가 감소한 것으로 생각되며, 지속적인 아래등세모근 강화운동은 양궁선수들의 손상예방에 도움을 줄 수 있을 것이라 생각된다. 본 연구에서는 LTSE 집단과 대조군 모두 운동 전(101.00±5.39, 101.87±6.66)과 운동 후(102.19±5.02, 102.53±6.88) 만작에서 어깨 벌림 각도가 비슷한 모습을 보였다. 이는 손목보다 팔꿈치를 낮게 위치시켜 활을 당기는 동작은 수근관절의 과도한 내전(extreme adductor of the wrist)을 초래해 손목의 부자연스러운 움직임과 통증이

발생하기 때문에 양궁선수들은 양궁동작 시 자연스러운 손목의 움직임을 위해 어깨를 약 101°-102° 정도 벌림 되어 아래등세모근 강화운동 후에도 벌림 각도의 차이가 없는 것으로 생각된다.

Hazar 등²⁸은 어깨 충돌증후군 환자 집단보다 건강한 어깨를 가진 집단이 UQYBT의 점수가 높다고 하였다. 본 연구에서도 LTSE 집단의 UQYBT 점수가 향상됨과 동시에 NPRS 점수가 낮아져 Hazar 등²⁸의 연구를 참고할 때 아래등세모근 강화운동이 양궁선수들의 어깨 재활 및 양궁동작 수행관련 기능 향상에 효과적일 것으로 생각된다. 또한, UQYBT는 코어 안정성과 균형 능력, 고유 수용성 감각, 흉추와 어깨뼈의 가동성 등 여러 요소에서 운동선수의 능력을 평가할 수 있다고 하였다¹⁵. 따라서, 상지의 높은 기능과 안정성을 요구하는 양궁 종목은 양궁선수들의 수행력과 손상을 예측하기 위해 UQYBT를 신체 수행력 테스트로 활용할 수 있을 것이다.

활 시위를 당기는 팔과 팔꿈치의 과도한 상승은 무명지(ring finger)가 현에서 풀리게 해 선수를 심리적으로 불안하게 한다²⁹. 반면 현을 손가락으로 강하게 누른 후 릴리즈 때 손가락을 떼면 현이 움직이는 범위가 커져 활이 활시위를 당기는 팔의 수평방향으로 벗어나 릴리즈의 일정성이 낮아지게 된다. 따라서, 팔꿈치의 높이는 3°-6°를 유지해 활과 활시위를 당기는 팔의 팔꿈치를 일직선상에 위치시키는 것이 좋다²⁹. 본 연구에서도 LTSE 집단의 DFL 각도가 운동 전 10.06±1.18에서 운동 후 7.94±0.44로 나타났다. 이는 대한양궁협회의 지도서를 고려해 볼 때 아래등세모근 강화 운동은 팔꿈치 각도를 낮추는 역할을 해 무명지를 현에 고정하는데 도움이 된다고 생각된다. 따라서, 양궁선수들의 심리적 안정성을 유지하고 현의 움직임을 조정해 화살의 이탈을 방지시켜 릴리즈의 일관성을 유지하는데도 도움을 줄 수 있을 것이다.

본 연구에서는 LTSE 집단과 대조군 간에 양궁점수의 변화의 차이가 나타나지 않았다. Kim과 Kim³⁰은 양궁경기는 외부에서 실시해 끊임없이 변하는 바람과 기온, 습도 등의 자연환경에 대응해야 하며, 변함없는 자세와 집중력, 호흡조절, 리듬감각 등의 동작의 일관성이 경기력에 영향을 주는 스포츠 종목이라고 하였다. 본 연구에서는 실외에서 연구가 진행되어 실험 전후의 바람과 기온, 습도 등의 외부 자연환경이 동일하지 못하였다. 또한, 양궁은 심리적 요인의 영향을 받는 종목이지만 선수 개인의 심리적 요인을 통제하지 못해 동일하지 못한 환경에서 경기력을 평가해 점수 변화의 차이가 없었다고 생각된다. 향후 연구에서 외부환경 및 양궁선수의 심리적인 요인을 통제한다면 실제 경기력 향상의 변화를 확인하여 유의미한 정보를 제공할 수 있을 것이다.

본 연구는 8주간의 아래등세모근 강화 운동이 엘리트 양궁선수

어깨의 통증과 양궁동작 수행관련 기능, 실제 경기력에 미치는 효과를 알아보고, 대조군 연구를 통해 효과를 확인함으로써 양궁 선수들의 손상 예방과 경기력 향상을 위한 주요한 요인을 확인해 보고자 하였다. 그 결과 아래등세모근 강화 운동은 아래등세모근의 근활성도를 증가시켜 위등세모근과 아래등세모근의 근활성도 비율을 개선하였으며 양궁선수 어깨의 통증을 감소하고 어깨 동적 기능과 어깨뼈 안정화, 경기력 향상 요인에 효과가 나타났다. 본 연구에서는 이마면에서 어깨의 움직임 연구가 진행되었지만 향후 연구에서는 수평면과 시상면 등 다각도에서 어깨의 움직임을 연구한다면 양궁선수들에게 유용한 정보를 제공할 수 있을 것이다.

Conflict of Interest

No potential conflict of interest relevant to this article was reported.

ORCID

Eunkuk Kim <https://orcid.org/0000-0002-5111-0838>
Jinho Kim <https://orcid.org/0000-0001-5351-4310>
Jinyoung You <https://orcid.org/0000-0002-2459-3299>

Author Contributions

Conceptualization: EK. Data curation: JY. Formal analysis: JY. Methodology: EK. Project administration: JY. Visualization: JK. Writing-original draft: JY. Writing-review & editing: EK, JK.

References

1. Kim EK. Common sports injuries among national players in Korea. *J Korean Med Assoc* 2005;48:977-84.
2. Mann DL, Littke N. Shoulder injuries in archery. *Can J Sport Sci* 1989;14:85-92.
3. Cha SC, Kim CG, Jo SW, Lee IS. A study on the sports injuries of athletes who had visited oriental medical clinic in athletes' village at the 14th Busan Asian Games and oriental medical treatment. *J Oriental Rehab Med* 2003;13:131-45.
4. Engebretsen L, Soligard T, Steffen K, et al. Sports injuries and illnesses during the London Summer Olympic Games 2012. *Br J Sports Med* 2013;47:407-14.
5. Soligard T, Steffen K, Palmer D, et al. Sports injury and illness incidence in the Rio de Janeiro 2016 Olympic Summer Games: a prospective study of 11274 athletes from 207 countries. *Br J Sports Med* 2017;51:1265-71.
6. Park JY, Lee SJ. Treatment of painful rotator interval widening after subcoracoid decompression in elite archer: case report. *Clin Should Elbow* 2010;13:280-5.
7. Grover JK, Sinha AG. Prevalence of shoulder pain in competitive archery. *Asian J Sports Med* 2017;8:e40971.
8. Cools AM, Witvrouw EE, De Clercq GA, et al. Scapular muscle recruitment pattern: electromyographic response of the trapezius muscle to sudden shoulder movement before and after a fatiguing exercise. *J Orthop Sports Phys Ther* 2002;32:221-9.
9. Lin JJ, Hsieh SC, Cheng WC, Chen WC, Lai Y. Adaptive patterns of movement during arm elevation test in patients with shoulder impingement syndrome. *J Orthop Res* 2011;29:653-7.
10. Peterson L, Renstrom P. Sports injuries: prevention and treatment. 4th ed. Boca Raton (FL): CRC Press; 2016.
11. Cools AM, Witvrouw EE, Declercq GA, Danneels LA, Cambier DC. Scapular muscle recruitment patterns: trapezius muscle latency with and without impingement symptoms. *Am J Sports Med* 2003;31:542-9.
12. Cools AM, Declercq GA, Cambier DC, Mahieu NN, Witvrouw EE. Trapezius activity and intramuscular balance during isokinetic exercise in overhead athletes with impingement symptoms. *Scand J Med Sci Sports* 2007;17:25-33.
13. Shinohara H, Urabe Y, Maeda N, Xie D, Sasadai J, Fujii E. Does shoulder impingement syndrome affect the shoulder kinematics and associated muscle activity in archers? *J Sports Med Phys Fitness* 2014;54:772-9.
14. Niestroj CK, Schoffl V, Kupper T. Acute and overuse injuries in elite archers. *J Sports Med Phys Fitness* 2018;58:1063-70.
15. Kim SH, Jung HS, Choi HT, Ham JH. A study on the effects of shoulder stability exercise during 12 weeks on static balance in female archers. *J Complementary and Alternative Med* 2014;5:5-16.
16. Ferraz MB, Quaresma MR, Aquino LR, Atra E, Tugwell P, Goldsmith CH. Reliability of pain scales in the assessment of literate and illiterate patients with rheumatoid arthritis. *J Rheumatol* 1990;17:1022-4.
17. Angst F, Schwyzer HK, Aeschlimann A, Simmen BR, Goldhahn J. Measures of adult shoulder function: Disabilities of the Arm, Shoulder, and Hand Questionnaire (DASH) and its short version (QuickDASH), Shoulder Pain and Disability Index (SPADI), American Shoulder and Elbow Surgeons

- (ASES) Society standardized shoulder assessment form, Constant (Murley) Score (CS), Simple Shoulder Test (SST), Oxford Shoulder Score (OSS), Shoulder Disability Questionnaire (SDQ), and Western Ontario Shoulder Instability Index (WOSI). *Arthritis Care Res (Hoboken)* 2011;63 Suppl 11:S174-88.
18. Gorman PP, Butler RJ, Plisky PJ, Kiesel KB. Upper Quarter Y Balance Test: reliability and performance comparison between genders in active adults. *J Strength Cond Res* 2012;26:3043-8.
19. SENIAM. Sensor location [Internet]. Nijmegen: SENIAM; 2019 [cited 2020 Aug 1]. Available from: <http://www.seniam.org/>.
20. Green RA, Taylor NF, Watson L, Ardern C. Altered scapula position in elite young cricketers with shoulder problems. *J Sci Med Sport* 2013;16:22-7.
21. Ahmad Z, Taha Z, Hassan HA, Hisham MA, Johari NH, Kadirgama K. Biomechanics measurements in archery. *Int Conf Mech Eng Res* 2013;1:3.
22. World Archery. Target-archery [internet] Lausanne: World Archery; 2019 [cited 2020 Aug 1]. Available from: <https://worldarchery.org/Target-Archery>.
23. American College of Sports Medicine. ACSM's guidelines for exercise testing and prescription. 9th ed. Alphen aan den Rijn: Wolters Kluwer; 2014.
24. Ekstrom RA, Donatelli RA, Soderberg GL. Surface electromyographic analysis of exercises for the trapezius and serratus anterior muscles. *J Orthop Sports Phys Ther* 2003;33:247-58.
25. Ellenbecker TS, Cools A. Rehabilitation of shoulder impingement syndrome and rotator cuff injuries: an evidence-based review. *Br J Sports Med* 2010;44:319-27.
26. Lin JJ, Hung CJ, Yang CC, Chen HY, Chou FC, Lu TW. Activation and tremor of the shoulder muscles to the demands of an archery task. *J Sports Sci* 2010;28:415-21.
27. Ludewig PM, Cook TM. Alterations in shoulder kinematics and associated muscle activity in people with symptoms of shoulder impingement. *Phys Ther* 2000;80:276-91.
28. Hazar Z, Ulug N, Yuksel I. Upper Quarter Y-Balance Test score of patients with shoulder impingement syndrome. *Orthop J Sports Med* 2014;2(11_Suppl 3):2325967114S00275.
29. Korea Archery Association. Archery. 1st ed. Seoul: Sewon; 2011.
30. Kim JH, Kim HY. Kinematic analysis on the release movement for expert archers. *Korean J Phys Educ* 2005;44:415-24.