

견봉하 충돌 증후군의 전거근과 하부승모근에 대한 재활 운동 프로그램이 견봉하 공간과 극상근 힘줄의 혈류량에 미치는 효과

한국체육대학교 체육학과

김 은 국 · 최 호 경

Effect of a Specific Rehabilitation Program of Serratus Anterior and Lower Trapezius Muscles for Subacromial Impingement Syndrome on Subacromial Space and the Vascularity of Supraspinatus Tendon

Eunkuk Kim, Hokyung Choi

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

Purpose: This study was designed to assess the effects of a rehabilitation program on clinical symptoms, subacromial space parameters and the supraspinatus vascularity in individuals with subacromial impingement syndrome (SIS).

Methods: Thirty-five participants (exercise group with SIS [EG]=11, non-exercise group with SIS [NEG]=10, control group [CG]=14) took part in this study. Only EG participated in 6-week rehabilitation program. Outcomes were evaluated at baseline, 6 weeks, and 10 weeks. Changes in symptoms and functional limitations were assessed using Shoulder Pain and Disability Index (SPADI) questionnaire. Changes in acromiohumeral distance (AHD) and supraspinatus tendon thickness (STT)/AHD were assessed using ultrasonographic measures. Quantitative analysis of tendon blood flow was performed by determining four regions of interest with power Doppler quantification and analysis software to normalize data for interpretation of the mean ratio of colored pixel to the region of interest (vascularization index [VI]) and the intensity per pixel (flow index [FI]).

Results: Following the rehabilitation program, the scores on SPADI were significantly improved ($p < 0.05$). However, AHD, STT/AHD, VI, and FI indicated no significant difference within groups or interactions of time and group in between groups.

Conclusion: The rehabilitation program yielded improvements in symptoms, but not in subacromial parameters and the vascularity of supraspinatus in participants with SIS.

Received: February 2, 2018 Revised: February 28, 2018 Accepted: February 28, 2018

Correspondence: Hokyung Choi

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

Tel: +82-2-410-6830, Fax: +82-2-418-1877, E-mail: ghruddl82@gmail.com

This work was supported by the Ministry of Education of the Republic of Korea and the National Research Foundation of Korea (NRF-2015S1A5A8014725).

Copyright ©2018 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.

Keywords: Acromiohumeral distance, Power Doppler, Subacromial impingement syndrome, Supraspinatus tendon thickness, Ultrasonography

서론

회전근 건병증(rotator cuff tendinopathy)의 발생은 기전에 따라 견봉하 충돌 증후군(subacromial impingement syndrome)과 같은 외적 요인, 회전근 건 자체의 변화와 관련된 내적 요인 혹은 이 두 가지 요인이 함께 작용하여 발생하는 것으로 알려져 있다¹. 견봉하 충돌 증후군은 회전근 건병증의 대표적인 외적 요인으로 해부학적 또는 생역학적 원인에 따라 좁아진 견봉하 공간(subacromial space)과 관련되어 그 아래의 구조물이 압박된다는 의미로 만들어진 용어이다¹. 그러나 견봉하 충돌 증후군만으로는 매우 다양한 회전근 건병증의 발생을 모두 설명하기 어려우므로, 건에 가해지는 부하에 반응하여 나타나는 적응 및 치유 과정의 문제와 관련된 내적 요인들 및 이 두 요인의 결합된 역할이 회전근 건병증의 병인론에 대한 근거로 지금까지 제시되고 있다^{2,3}. 이러한 내적 요인으로 유전적 소인, 나이 및 건 자체의 생물학적 특성이 회전근 건병증 발생과 관련 있는 것으로 알려져 있으며, 이중 건의 혈류량(vascularity)은 1934년 Codman에 의해 “critical zone”이란 개념이 기술된 이후 현재까지 여러 논란에도 불구하고 건병증 발생에 기여하는 것으로 여겨지고 있다^{2,4}.

견봉하 충돌 증후군에서는 어깨 관절이 움직이는 동안 견갑상완 및 견갑흉곽 근육들의 활성화 감소 및 지연과 관련되어 견봉하 공간이 동적으로 감소하는 것으로 알려져 있으며⁵, 특히 전거근(serratus anterior muscle)과 하부 승모근(lower trapezius muscle)의 활성화 감소와 근육 간 부조화는 팔을 들어 올리는 동작에서 견갑골의 후방 경사와 외회전 감소를 유발하는데 기여하는 것으로 나타났다⁶. 이러한 견갑골 주변 근육의 기능적 결함은 어깨 관절의 움직임 동안 견봉이 전하방 외측에 계속 위치하게 하여 견봉하 공간의 출구를 좁아지게 한다. 따라서 재활 운동을 통해 이러한 근육들의 움직임을 적절히 조절하여 회복시킨다면 견봉하 공간의 동적 협소는 호전될 것으로 기대할 수 있으며, 몇몇 선행 연구에서 소수의 실험군을 대상으로 통증 감소와 어깨관절 기능 호전의 긍정적인 결과를 얻었다^{7,8}. 특히 견갑골 주변 근육의 기능적 움직임 결함이 감소하게 되면 팔을 들어 올리는 동작에서 견봉하 공간 출구의 넓이를 나타내는 좋은 지표인 견봉상완 거리(acromiohumeral distance [AHD])가 정상화 되어 견봉하 구조물에 대한 외적 충돌이 감소할 수 있게 된다^{5,9}. 그러나 회전근

건병증의 발생이 견봉하 충돌 증후군 이외의 다양한 내적 및 외적 요인에 의해 발생하는 것을 고려하더라도, 견갑골 주변 근육의 기능 회복에 중점을 둔 재활 프로그램 적용 후 AHD의 변화를 직접 확인한 전향적 선행 연구는 매우 적다^{9,10}.

회전근 힘줄의 혈류 공급 부족은 회전근 건병증 발생의 주요 원인으로 알려져 왔으며, 특히 상완골 대결절의 극상건(supraspinatus tendon) 부착 부위에서 근위부로 약 1 cm 되는 곳은 혈류 공급이 가장 적은 곳이며 회전근 건병증 발생이 가장 많은 부위이기도 하다¹³. 여러 선행 연구들에서도 이러한 혈류 부족 부위가 건 조직의 회복 능력 감소와 관련되어 회전근 건병증이 발생하기 쉬운 조건임을 보고하고 있다^{11,12}. 그러나 이러한 개념은 조영제 등을 사용한 기존의 생체 외(in vitro) 연구들과 달리, 최근 도플러 초음파 등을 이용한 비침습적 생체(in vivo) 연구들 중 몇몇에서 건 내의 뚜렷한 혈류 감소 부위를 확인하지 못함으로써 논란이 되고 있다^{13,14}. 이와 같이 건 조직 내의 혈류량 증감 여부는 회전근 건병증 발생과 관련하여 현재까지 의미 있는 결론에 도달하고 있지 못하지만, 최근 초기의 견봉하 충돌 증후군에서 회전근 건의 혈류가 감소되며¹³ 감소된 혈류는 회전근 운동 후에 증가한다는 의미 있는 연구들이 있었다^{12,15}.

따라서, 본 연구의 첫 번째 목적은 견봉하 충돌 증후군이 있는 어깨에서 견갑골의 움직임과 주변 근육의 기능 회복에 중점을 둔 재활 프로그램 적용 전후 임상적 평가와 함께 견봉하 공간의 척도 변화를 객관적으로 측정하고 정상 어깨와 비교하는 것이다. 저자들은 견봉하 충돌 증후군에 대한 재활 프로그램 적용 결과 임상적인 통증 감소와 기능 향상을 얻을 것이며, 견봉하 충돌 증후군에서 상대적으로 적은 AHD가 재활 운동 후에 증가할 것으로 가정하였다. 두 번째로 본 연구에서는 견봉하 충돌 증후군이 있는 극상건의 혈류량을 관찰하여 정상과 비교하고 재활 프로그램 적용 후의 변화를 관찰하고자 하였다.

연구 방법

1. 연구 대상

최근 1년 이내에 상지 및 경추의 외상이나 수술 및 질병이 없었던 45명의 활동적인 20대 남녀 대학생들을 대상으로 painful arc, empty can 검사, Neer 검사 및 Hawkins-Kennedy

검사¹⁶ 중 한 개 이상의 검사에서 양성 소견을 보인 참가자를 견봉하 충돌 증후군 집단으로 분류하였고(n=30), 이들을 다시 무작위로 재활운동 그룹(exercise group with SIS [EG], n=15)과 비운동 그룹(non-exercise group with SIS [NEG], n=15)으로 분류하였다. 이러한 이학적 소견의 조합은 충돌 증후군 진단에서 0.74 이상의 민감도와 특이도를 가지는 것으로 알려져 있다¹⁷. 모든 이학적 검사에서 음성 소견을 보인 참가자들은 대조 집단(control group [CG], n=15)으로 분류하였다. 모든 참가자들은 서울시 K 대학에 재학 중인 학생들로 본 연구에 대한 사전 설명을 듣고 자발적으로 참여하였으며, 한국체육대학교의 생명윤리위원회는 본 연구를 승인하고 참가자들은 모두 서면 동의를 제출하였다.

총 45명의 참가자들 중, EG의 4명과 CG의 1명이 재활 프로그램에 대한 순응도가 낮아 제외되었고, NEG의 5명은 추적 검사에 참여하지 않아 제외되어, 최종적으로 35명이 연구에 참가하였다(Table 1).

2. 연구 설계

본 연구에서는 총 세 번의 평가를 시행하였고 EG에 대해서만 주 3회씩 6주간의 재활운동 프로그램이 진행되었다. 신체계측학적 자료 수집 후 모든 참가자들은 우선 어깨의 통증과 기능적 제한에 대한 평가 설문지(Shoulder Pain and Disability Index [SPADI])를 작성하였다. 견봉하 공간 측정과 극상건의 혈류량을 평가하기 위한 초음파 및 도플러 초음파 검사는 관련 분야에 10년 이상의 경험이 있는 의사에 의해 진행하였고, 초음파 검사의 신뢰도 측정을 위해 CG의 참가자 중 5명에 대해서 초음파 검사에 3년의 경험이 있는 다른 의사에 의해 반복 검사를 시행하였다. EG에 대한 6주간의 재활프로그램 종료 직후 및 4주 후에 모든 참가자들을 대상으로 재평가를 시행하였다. 모든 평가는 K 대학교에서 진행되었고 재활 운동 프로그램은 숙련된 치료사에 의해 정확한 동작을 숙지하도록 교육하였으며, 매주 1회씩 유선 연락을 통해 재활 프로그램

수행의 순응도를 확인하였다.

3. 측정 지표

SPADI는 어깨 통증과 기능적 활동 정도를 평가하는 두 가지 종류의 문항으로 크게 분류되며, 통증 문항은 개개인의 통증 정도를 묻는 5가지 문항으로 구성되어 있고, 기능적 활동을 묻는 문항은 일상생활에서 어깨를 사용하는 데 겪는 어려운 정도를 평가하는 8가지 문항으로 구성되어 있다(Cronbach α =0.95)¹⁸. 견봉하 공간에 대한 평가를 위한 초음파 검사는 3-12 MHz 실시간 선형 탐촉자(HD11XE; Philips Medical System, Bothell, WA, USA)를 이용하였다. CG에 대한 검사는 우세(dominant) 어깨에 대해서 시행하였고 모든 측정은 검사자가 참가자의 집단 분류를 알지 못한 상태로 진행하였다.

극상건의 두께(supraspinatus tendon thickness [STT])를 측정하기 위해 참가자가 바닥에 발을 대고 체간 중립위로 앉은 상태에서 정면을 보고 검사 측 팔을 신전 및 내회전시켜 손등을 동측 둔부에 대고 있는 자세에서 초음파 탐촉자를 극상건의 단축(short axis) 방향이 되도록 어깨의 전면에 대고, 극상건과 이두근 장두(long head of biceps tendon)가 횡단면으로 동시에 화면에 나오도록 한 상태에서 탐촉자의 기울기를 조정하며 극상건의 최대 두께가 측정 가능한 상태로 화면을 저장하고,

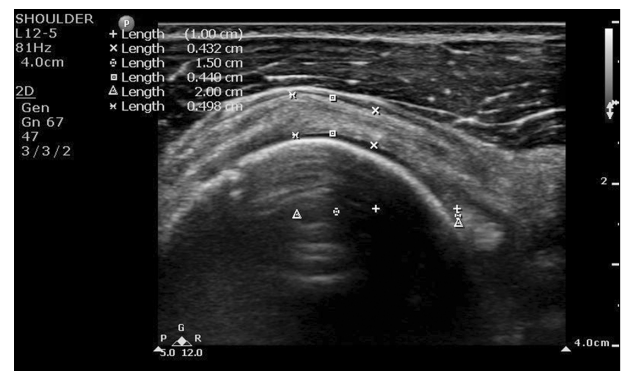


Fig. 1. Measurement of supraspinatus tendon.

Table 1. Characteristics of participants

Variable	EG (n=11)	NEG (n=10)	CG (n=14)
Sex (male : female)	11 : 0	6 : 4	10 : 4
Age (yr)	23.54±1.50	22.70±1.82	23.78±2.72
Height (cm)	177.81±4.02	168.50±7.91	170.07±9.35
Weight (kg)	74.72±8.45	63.10±6.27	66.85±10.36
Dominant (right : left)	9 : 2	9 : 1	13 : 1

Values are presented as mean±standard deviation.

EG: exercise group, NEG: non-exercise group, CG: control group.

같은 방법으로 한 번 더 반복 시도하여 저장하였다. 저장된 극상근 영상에서 건의 횡단면이 이두근 장두의 외측 경계로부터 각각 10 mm, 15 mm, 20 mm 수평으로 떨어진 지점에서 STT를 초음파 장비에 내장된 측정 도구를 이용하여 측정하였고, 위치에 따라 측정된 세 부위 STT의 평균값을 저장된 두 개의 극상근 초음파 영상에서 각각 구한 다음 이 두 값에 대한 평균을 본 연구의 STT로 하였다(Fig. 1). 측정 시 건의 경계 부위는 아래로 무에코(anechoic)인 상완원골 위의 고에코(hyperechoic) 부위였고, 위로는 무에코의 견봉하 활액낭 아래의 고에코 부위까지였다. 선행 연구에 의하면 이러한 방법으로 측정한 STT의 신뢰도(intraclass correlation coefficient [ICC])와 측정오차(minimal detectable change [MDC])는 각각 $ICC_{3,2}=0.96$ 과 $MDC_{90}=0.4$ mm였다¹⁷.

STT 측정과 같은 자세로 앉아 검사 측 팔을 중립위로 늘어뜨린 상태(0°) 및 견갑골 평면에서 팔을 각각 30° 와 45° 외전시켜 고정된 상태에서 견봉하 공간을 측정하였다(Fig. 2). 초음파 탐촉자는 견봉의 전외측 모서리를 촉지하여 표시한 후 극상건에 평행한 장축(long axis) 방향으로 탐촉자를 대고 견봉의 아래쪽 모서리가 화면에 선명하게 보이도록 하여 두 개의 영상을 각각 저장하였다. 이 부위는 견봉하 충돌이 발생하는 부위로 견봉의 전하방 모서리에서 상관골두까지의 최단거리를 측정하여 구한 다음 두 값의 평균을 AHD로 기록하였다. 또한, 견봉하 공간에서 극상근이 차지하는 정도를 평가하기 위해 측정된 STT를 AHD로 나누어 그 백분율을 구하였다. 선행 연구에 따르면 이러한 방법으로 측정한 AHD의 신뢰도와 측정오차는 각각 $ICC_{3,2}=0.98$ 과 $MDC_{90}=0.8$ mm였다¹⁷.

극상건의 혈류량을 측정하기 위해 STT 측정과 같은 어깨 자세에서 극상건에 평행한 장축 방향으로 탐촉자를 위치한 상태로 화면에 극상건이 장축으로 나타나도록 하고 참가자에게 최대한 움직임이 없도록 협조를 구한 다음 탐촉자의 위치를 피부에 표시하였다. 초음파 장비의 파워 도플러(power Doppler:

pulse repetition frequency, 800 Hz; wall filters, low; color gain, 73) 모드를 작동하여 영상에 나타난 극상건이 모두 포함되는 영역을 15초간 동영상으로 저장하였고, 같은 자세로 미리 표시해둔 부위에 탐촉자를 위치하여 같은 영역의 파워 도플러 검사를 1회 더 반복하고 영상을 저장하였다. 소프트웨어 프로그램(QLAB, Philips Medical Systems, Andover, MA, USA)을 이용하여 저장된 두 영상에 대해 건 초음파 영상의 관심 영역(region of Interest [ROI])을 4구역(bursal medial, articular medial, bursal lateral, articular lateral)으로 나누어 분석하였다. QLAB 소프트웨어는 건과 같은 조직의 느린 미세 혈류의 흐름을 분석하는 데 유용하게 사용되며, 본 연구에서는 각각 4구역의 ROI에서 vascularization index (VI, ROI 내에 나타난 컬러 화소의 양), flow index (FI, ROI 내에 나타난 컬러 화소의 강도) 및 vascularization flow index (VFI, ROI 내에 나타난 컬러 화소의 양과 강도)를 얻어 두 영상에 대한 평균값을 분석에 이용하였다(Fig. 3).

4. 재활 프로그램

견갑골 주변 근육의 기능적 움직임 결함을 감소시키는 데 중점을 둔 전거근 및 하부 승모근(lower trapezius muscle)의

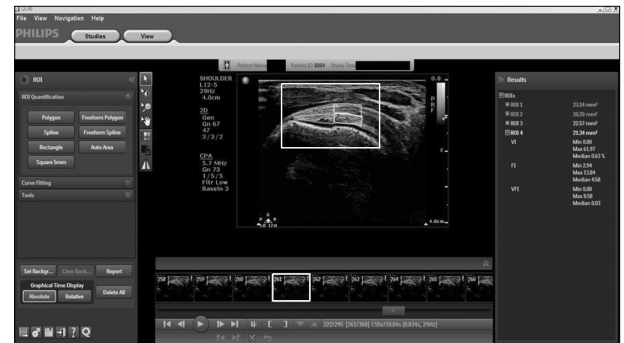


Fig. 3. QLAB analysis of power Doppler ultrasound of supraspinatus tendon.



Fig. 2. Measurement of acromiohumeral distance (A) and position (B).

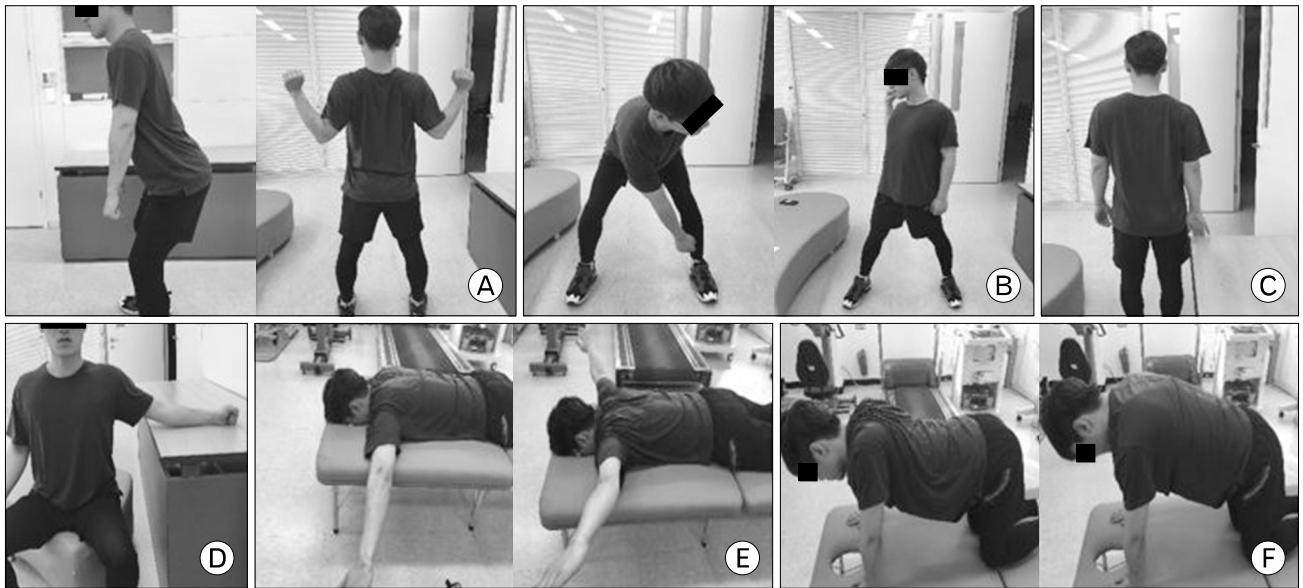


Fig. 4. Rehabilitation program. (A) Robbery exercise for lower trapezius. (B) Lawn mower exercise for lower trapezius. (C) Low exercise for lower trapezius. (D) Inferior glide exercise for lower trapezius. (E) Prone shoulder flexion at 135° abduction for lower trapezius. (F) Push-ups with a plus for serratus anterior.

Table 2. Comparison of Shoulder Pain and Disability Index score between groups at baseline and after rehabilitation program

Variable	Group	Baseline	6 Weeks	10 Weeks	Within group (F/p)	Group×time (F/p)
Total score	EG (n=11)	30.02±19.63	16.47±8.07*	8.33±8.07* [†]	12.231/0.014	3.261/0.060
	NEG (n=10)	27.82±23.85	40.51±36.26	53.00±19.80	0.895/0.528	
	CG (n=14)	18.57±16.17	22.57±16.83	14.75±19.27 [†]	1.210/0.311	
	F/p	1.207/0.312	2.052/0.104	6.352/0.012		
Pain index	EG (n=11)	35.64±17.73	20.00±10.54*	12.67±8.82* [†]	13.908/0.001	3.137/0.058
	NEG (n=10)	29.40±21.29	37.00±29.69	62.00±14.14	1.197/0.471	
	CG (n=14)	20.57±17.58	20.91±13.78	17.00±17.57 [†]	0.965/0.373	
	F/p	2.039/0.147	2.015/0.156	9.236/0.003		
Disability index	EG (n=11)	4.21±5.59	2.13±2.19	1.60±1.34 [†]	2.333/0.147	2.896/0.068
	NEG (n=10)	5.36±6.99	10.13±10.97	17.60±10.18	0.934/0.517	
	CG (n=14)	3.20±4.30	5.53±5.99	5.00±8.78 [†]	0.688/0.519	
	F/p	0.440/0.648	2.656/0.092	3.840/0.049		

Values are presented as mean±standard deviation.

EG: exercise group, NEG: non-exercise group, CG: control group.

*p<0.05, compared to baseline; [†]p<0.05, compared to NEG.

기능 회복을 위한 6가지 근력 운동으로 구성하였고, 각각의 근력 운동은 15회 반복을 한 세트로 구성하여 총 3세트를 수행하는 프로그램으로 주당 3회씩 6주간 진행하였다(Fig. 4).

5. 자료 처리

본 연구에서 측정된 변수들의 분포를 확인하기 위해 Kolmogorov-Smirnov 검정을 실시하였고, 모든 변수가 검정의 가설에 만족하여(p>0.05), IBM SPSS ver. 21.0 (IBM Corp., Armonk, NY, USA) 통계 프로그램을 이용해 기술통계치를

산출하였고, STT 및 AHD 측정의 신뢰도를 결정하기 위해 ICC_{2,1}을 계산하였다. 재활 프로그램 적용 전, 6주간 적용 후 및 프로그램 종료 4주 후의 STT와 AHD, STT/AHD 및 각 ROI에 따른 VI, FI, VFI의 변화에 대해 집단 간의 차이를 확인하기 위해 일원변량분석(one way analysis of variance [ANOVA])을 실시하였고, 시간에 따른 집단 내의 변화와 시간과 집단의 상호작용 효과를 확인하기 위해 일원 또는 이원 반복측정 변량분석(one- and two-way repeated measure ANOVA)을 실시하였으며, 이에 대한 사후 검정(post hoc)을 실시하였다. 모든

가설의 유의수준은 $\alpha=0.05$ 로 설정하였다.

결 과

1. 어깨의 통증과 기능적 제한에 대한 재활 프로그램의 효과

SPADI는 시간에 따른 집단 간의 상호작용 효과는 보이지

않았으나, EG에서 6주간의 재활 프로그램 적용에 따른 유의한 감소를 보여, 프로그램 적용 전보다 적용 직후 및 프로그램 종료 4주 후에 유의한 감소가 있었다. 프로그램 종료 4주 후에는 집단 간의 차이를 보였으며, 특히, EG와 CG는 NEG보다 SPADI가 낮게 나타났다. 세부 척도 중 통증만 EG에서 6주간의 재활프로그램 적용에 따른 유의한 감소를 보여, 프로그램 적용 전보다 적용 직후 및 프로그램 종료 4주 후에 유의한 감소가 나타났다. 세부 척도인 통증과 기능 제한 모두 프로그램 종료

Table 3. STT and AHD according to arm position

Variable	Group	Baseline	6 Weeks	10 Weeks	Within group (F/p)	Group×time (F/p)
STT (mm)	EG (n=11)	6.11±0.74	6.28±0.71	5.57±0.67	3.279/0.080	0.434/0.783
	NEG (n=10)	5.28±1.01	5.78±1.10	6.27±1.27	0.730/0.580	
	CG (n=14)	5.34±0.82	5.71±1.79	5.66±0.55	0.572/0.576	
	F/p	3.308/0.051	0.478/0.626	0.865/0.442		
AHD at 0° (mm)	EG (n=11)	12.53±2.16	12.12±2.80	12.63±2.56	0.418/.670	0.755/0.563
	NEG (n=10)	12.93±3.06	13.78±3.06	13.70±0.98	0.130/0.885	
	CG (n=14)	11.93±3.57	12.76±3.20	12.08±2.92	1.176/0.334	
	F/p	0.327/0.724	0.536/0.592	0.419/0.666		
AHD at 30° (mm)	EG (n=11)	9.82±2.22	9.67±2.27	9.73±0.84	0.027/0.973	0.912/0.471
	NEG (n=10)	10.49±4.43	11.12±4.42	8.76±0.26	2.540/0.282	
	CG (n=14)	8.40±3.41	9.22±3.01	9.24±2.59	0.161/0.852	
	F/p	1.175/0.322	0.713/0.501	0.205/0.817		
AHD at 45° (mm)	EG (n=11)	8.17±1.73	8.06±1.48	7.91±1.26	0.165/0.850	1.141/0.358
	NEG (n=10)	6.84±2.03	7.72±1.86	7.19±1.95	2.851/0.260	
	CG (n=14)	7.07±2.96	7.51±2.34	8.41±2.60	2.050/0.161	
	F/p	0.967/0.391	0.176/0.840	0.288/0.754		

Values are presented as mean±standard deviation.

STT: supraspinatus tendon thickness, AHD: acromiohumeral distance, EG: exercise group, NEG: non-exercise group, CG: control group.

Table 4. The ratio of STT/AHD according to arm position

Variable	Group	Baseline	6 Weeks	10 Weeks	Within group (F/p)	Group×time (F/p)
STT/AHD at 0° (%)	EG (n=11)	50.29±11.24	54.13±14.12	45.24±8.73	1.378/0.296	0.412/0.798
	NEG (n=10)	42.08±9.11	43.08±9.90	45.61±5.97	0.211/0.826	
	CG (n=14)	48.79±17.16	47.28±17.78	47.91±7.31	0.090/0.915	
	F/p	1.101/0.345	1.045/0.368	0.236/0.793		
STT/AHD at 30° (%)	EG (n=11)	65.20±15.10	70.24±27.79	57.38±7.03	0.726/0.508	0.461/0.764
	NEG (n=10)	58.45±24.54	57.01±17.79	71.44±12.36	1.789/0.359	
	CG (n=14)	70.94±24.33	67.83±28.94	63.94±11.14	0.288/.0.574	
	F/p	0.950/0.397	0.486/0.621	1.686/0.221		
STT/AHD at 45° (%)	EG (n=11)	77.25±14.46	78.93±14.35	71.21±9.70	0.222/0.805	1.125/0.365
	NEG (n=10)	80.90±17.57	76.94±15.89	88.12±6.33	3.420/0.226	
	CG (n=14)	85.01±29.06	82.55±33.23	71.19±15.98	2.031/0.164	
	F/p	0.378/0.688	0.109/0.897	1.384/0.283		

Values are presented as mean±standard deviation.

STT: supraspinatus tendon thickness, AHD: acromiohumeral distance, EG: exercise group, NEG: non-exercise group, CG: control group.

4주 후에 집단 간의 차이를 보였으며, 특히 EG와 CG는 NEG보다 통증과 기능 제한 모두 낮게 나타났다(Table 2).

2. 견봉하 공간에 대한 재활 프로그램의 효과

본 연구에서 검사자 간 STT 및 AHD 측정의 검사자 간 신뢰도(ICC₂₁)는 0.81–0.98였다. STT는 EG에서 6.11±0.74 mm 이었고 NEG에서는 5.28±1.01 mm이었으며 CG에서는 5.34±0.82 mm이었으나, 통계적으로 유의한 차이는 없었다($p=0.051$). 재활 프로그램 적용 전 EG의 AHD는 0°, 30°, 45°에서 각각 12.53±2.16 mm, 9.82±2.22 mm, 8.17±1.73 mm이었고, NEG는 12.93±3.06 mm, 10.49±4.43 mm, 6.84±2.03 mm이었으며, CG는 11.93±3.57 mm, 8.40±3.41 mm, 7.07±2.96 mm이었으나, 통계적

으로 유의하지 않았으며(0°, $p=0.724$; 30°, $p=0.322$; 45°, $p=0.391$), EG의 STT/AHD 비율도 0°, 30°, 45°에서 각각 50.29%±11.24%, 65.20%±15.10%, 77.25%±14.46%이었고, NEG는 42.08%±9.11%, 58.45%±24.54%, 85.01%±29.06%이었으며, CG는 48.79%±17.16%, 70.94%±24.33%, 85.01%±29.06%이었으나, 통계적으로 유의하지 않았다(0°, $p=0.345$; 30°, $p=0.397$; 45°, $p=0.688$). 재활 프로그램을 시행한 EG와 시행하지 않은 NEG 및 CG에서 재활 프로그램 직후와 4주 후에 측정한 AHD와 STT/AHD 비율은 프로그램 적용 전과 비교하여 0°, 30°, 45°에서 모두 집단 간 및 시기별 유의한 변화 및 상호작용 효과가 없었다(Tables 3, 4).

Table 5. The QLAB analysis of power Doppler ultrasound in bursal lateral region of supraspinatus tendon

Variable	Group	Baseline	6 Weeks	10 Weeks	Within group (F/p)	Group×time (F/p)
VI (%)	EG (n=11)	0.41±0.70	0.48±2.31	0.54±1.67	1.323/0.313	1.562/0.214
	NEG (n=10)	0.65±1.29	0.58±1.04	0.65±4.22	0.908/0.531	
	CG (n=14)	0.69±1.21	0.75±1.55	0.61±2.03	0.139/0.936	
	F/p	0.221/0.803	0.235/0.792	2.806/0.083		
FI	EG (n=11)	4.89±0.60	4.88±0.52	4.90±0.63	4.005/0.340	0.260/0.901
	NEG (n=10)	4.97±0.61	5.06±0.61	5.36±1.17	0.076/0.969	
	CG (n=14)	4.94±0.54	5.15±0.53	5.17±0.52	1.718/0.190	
	F/p	0.047/0.954	0.619/0.547	0.104/0.901		
VFI	EG (n=11)	0.02±0.03	0.07±0.12	0.08±0.08	1.399/0.291	1.584/0.235
	NEG (n=10)	0.03±0.07	0.04±0.05	0.23±0.23	0.911/0.530	
	CG (n=14)	0.03±0.06	0.04±0.08	0.05±0.11	0.193/0.900	
	F/p	0.204/0.817	0.250/0.781	2.953/0.074		

Values are presented as mean±standard deviation.

VI: vascularization index, EG: exercise group, NEG: non-exercise group, CG: control group, FI: flow index, VFI: vascularization flow index.

Table 6. The QLAB analysis of power Doppler ultrasound in articular lateral region of supraspinatus tendon

Variable	Group	Baseline	6 Weeks	10 Weeks	Within group (F/p)	Group×time (F/p)
VI (%)	EG (n=11)	0.44±0.78	0.64±1.11	0.88±1.20	0.322/0.809	0.285/0.885
	NEG (n=10)	0.42±0.53	0.58±1.00	0.79±1.66	1.000/0.500	
	CG (n=14)	0.43±0.72	0.38±0.67	0.55±0.79	0.190/0.902	
	F/p	0.418/0.662	0.205/0.816	2.784/0.085		
FI	EG (n=11)	4.70±0.45	4.64±0.60	4.89±0.64	4.039/0.134	1.156/0.353
	NEG (n=10)	4.78±0.47	4.31±0.75	4.91±0.99	0.669/0.625	
	CG (n=14)	4.58±0.44	4.77±0.45	4.86±0.52	1.072/0.380	
	F/p	0.544/0.586	1.400/0.265	0.080/0.923		
VFI	EG (n=11)	0.02±0.04	0.03±0.06	0.05±0.06	0.157/0.923	0.239/0.914
	NEG (n=10)	0.01±0.02	0.03±0.05	0.11±0.09	1.000/0.500	
	CG (n=14)	0.03±0.05	0.01±0.03	0.02±0.04	0.464/0.710	
	F/p	0.567/0.573	0.274/0.762	2.391/0.116		

Values are presented as mean±standard deviation.

VI: vascularization index, EG: exercise group, NEG: non-exercise group, CG: control group, FI: flow index, VFI: vascularization flow index.

Table 7. The QLAB analysis of power Doppler ultrasound in bursal medial region of supraspinatus tendon

Variable	Group	Baseline	6 Weeks	10 Weeks	Within group (<i>F/p</i>)	Group×time (<i>F/p</i>)
VI (%)	EG (n=11)	0.39±0.50	0.43±2.25	0.59±0.70	1.149/0.369	1.235/0.324
	NEG (n=10)	0.45±1.03	0.62±0.95	0.75±2.03	1.000/0.500	
	CG (n=14)	0.33±0.61	0.71±1.39	0.70±1.33	0.593/0.625	
	<i>F/p</i>	0.143/0.867	0.355/0.705	1.266/0.303		
FI	EG (n=11)	4.57±0.58	4.56±0.64	4.82±0.45	3.417/0.053	3.061/0.081
	NEG (n=10)	4.82±0.66	4.80±0.66	4.92±0.75	0.503/0.707	
	CG (n=14)	4.61±0.55	4.98±0.51	4.70±0.59	2.944/0.053	
	<i>F/p</i>	0.518/0.601	1.238/0.307	0.263/0.772		
VFI	EG (n=11)	0.01±0.02	0.06±0.12	0.02±0.03	1.064/0.401	1.315/0.301
	NEG (n=10)	0.02±0.05	0.03±0.04	0.09±0.10	1.000/0.500	
	CG (n=14)	0.01±0.03	0.03±0.06	0.03±0.70	0.564/0.644	
	<i>F/p</i>	0.168/0.846	0.408/0.669	1.282/0.298		

Values are presented as mean±standard deviation.

VI: vascularization index, EG: exercise group, NEG: non-exercise group, CG: control group, FI: flow index, VFI: vascularization flow index.

Table 8. The QLAB analysis of power Doppler ultrasound in articular medial region of supraspinatus tendon

Variable	Group	Baseline	6 Weeks	10 Weeks	Within group (<i>F/p</i>)	Group×time (<i>F/p</i>)
VI (%)	EG (n=11)	0.50±0.58	0.66±0.64	0.74±1.27	0.470/0.709	2.444/0.072
	NEG (n=10)	0.66±1.58	0.36±0.48	0.96±0.65	0.810/0.567	
	CG (n=14)	0.24±0.31	0.50±0.60	0.36±0.56	0.426/0.736	
	<i>F/p</i>	0.642/0.533	0.546/0.586	0.788/0.468		
FI	EG (n=11)	4.42±0.43	4.46±0.38	4.51±0.51	1.533/0.257	1.583/0.209
	NEG (n=10)	4.47±0.56	4.52±0.43	4.64±0.45	0.417/0.754	
	CG (n=14)	4.37±0.41	4.55±0.42	4.48±0.55	1.306/0.295	
	<i>F/p</i>	0.130/0.879	0.120/0.888	0.132/0.877		
VFI	EG (n=11)	0.02±0.02	0.03±0.03	0.03±0.07	0.474/0.706	3.209/0.074
	NEG (n=10)	0.03±0.08	0.01±0.01	0.04±0.02	0.857/0.549	
	CG (n=14)	0.01±0.01	0.02±0.02	0.01±0.02	0.296/0.828	
	<i>F/p</i>	0.726/0.492	0.724/0.495	0.582/0.568		

Values are presented as mean±standard deviation.

VI: vascularization index, EG: exercise group, NEG: non-exercise group, CG: control group, FI: flow index, VFI: vascularization flow index.

3. 극상건 혈류량에 대한 재활 프로그램의 효과

재활 프로그램 적용 전 EG, NEG 및 CG의 VI, FI, VFI는 유의한 차이를 보이지 않았다. 극상건의 4구역의 ROI에서 EG, NEG 및 CG 모두에서 재활 프로그램 직후와 4주 후에 측정된 VI, FI, VFI는 프로그램 적용 전과 비교하여 모두 집단 간 및 시기별 유의한 변화 및 상호작용 효과가 없었다(Tables 5-8).

고 찰

본 연구는 견갑골의 움직임과 주변 근육의 기능 회복에 중점을 둔 재활 프로그램 적용 후의 임상적 평가, 견봉하 공간의 척도 및 극상건의 혈류량에 대한 변화를 관찰하고자 하였다. 재활 프로그램 적용 후 견봉하 충돌 증후군의 임상적 통증 감소는 있었지만, 견봉하 공간 및 극상건 혈류량의 변화는 확인할 수 없었다. SPADI 점수는 견봉하 충돌 증후군의 재활운동 집단에서만 유의한 감소를 보였고 특히 통증 척도에서 많은 감소를 보였다.

견봉하 충돌 증후군 발생과 관련 있는 것으로 알려진 많은

해부학적 및 생역학적 요소들 중 팔을 들어 올리는 동작에서 어깨 관절의 AHD 감소는 충돌 증후군 발생에 중요한 역할을 하는 것으로 알려져 왔고, 이러한 동작의 정상화를 목적으로 하는 재활 운동 프로그램은 임상적으로 좋은 결과를 얻을 수 있을 것으로 제안되었다^{19,20}. 따라서 스트레칭, 자세 운동, 회전근 강화 등 다양한 재활 프로그램이 견봉하 충돌 증후군에 효과적일 것으로 추천되고 있으며, 본 연구에서는 견갑골 움직임에 대한 생역학적 접근을 중심으로 하는 운동 위주의 재활 프로그램 시행한 후 임상적 증상 호전을 확인하였다. 다양한 운동 프로그램들의 충돌 증후군에 대한 효과를 확인하는 많은 선행 연구들은 지금까지 다양한 결과를 보이고 있지만, 중요한 부분은 점점 많은 연구에서 재활 운동치료의 긍정적인 효과들이 증명되고 있다^{9,21}.

어깨의 굴곡 혹은 외전 동작에서 감소된 AHD가 견봉하 공간의 구조물을 침해하여 충돌 증후군이 발생한다는 가설은 본 연구에서는 확인되지 않았다. 초음파 검사를 이용한 여러 선행연구에서 본 연구와 같은 결과를 보였고^{9,22,23}, 극상건의 전층 파열이 동반된 경우에는 AHD의 감소가 보고되었다²⁴. 그러나 자기공명영상을 이용한 연구에서는 감소된 AHD가 확인되었으며^{25,26}, 이러한 차이는 초음파 검사에서 확인할 수 없는 부위를 모두 포함하는 자기공명영상과는 달리, 투시 가능 범위의 제한이 많은 2차원 초음파 영상의 한계 때문일 것이다. 또한, 전체 견봉하 충돌 증후군의 일부에서만 어깨 동작에서 AHD의 감소가 나타난다는 다양한 병인을 고려하면, 본 연구에 참여한 견봉하 충돌 증후군에서 뚜렷한 AHD의 동적 변화가 나타나지 않은 이유를 일부 설명할 수도 있을 것이다.

본 연구의 결과에서 재활 프로그램을 수행한 EG의 AHD 및 STT/AHD는 프로그램 수행 전과 비교해 특별한 변화를 확인할 수 없었다. 유사한 선행 연구에서 어깨의 내회전 제한이 있는 무증상 운동선수들을 대상으로 집중적인 스트레칭을 시킨 후 AHD의 증가를 확인하였고²⁷, 어깨 관절 외전 초기 각도에서 AHD가 특히 감소한 집단에서만 재활 프로그램 후 AHD의 선택적인 증가가 있었으며¹⁷, 재활 운동 후 AHD 감소가 확인된 집단에서 어깨의 기능적 호전과 상관관계를 확인하였다⁹. 이와 같이 견봉하 충돌 증후군에서 AHD 변화의 패턴은 아직까지 명확하게 결정하기 어렵다. 이는 AHD 감소와 관련 없이 극상건 자체의 내적 위험 요소와 무관하지 않을 것이며, 두꺼워진 극상건과 그 건이 견봉하 공간을 차지하고 있는 비율을 낮추기 위한 보상 기전들이 정상 어깨와는 다르게 나타날 수 있기 때문일 것이다¹⁷. 따라서 본 연구에서 적용한 프로그램과 같이 단일 요소의 기능적 회복에 중점을 둔 운동 프로그램만

으로 매우 다양한 요소들이 관련된 견봉하 충돌증후군에 대한 성공적인 재활 효과를 기대하기 어려울 것이다.

극상건의 혈류량과 그 변화는 오랜 기간 동안 많은 연구의 관심을 받아온 분야이다. 그러나 현재까지 극상건의 혈류량 변화와 회전근 건병증의 발생 기전과의 관계는 명확히 밝혀지고 있지 않다³. 그러나 최근 견봉에 의한 단순 압박은 회전근의 내부적인 소인 없이 단독으로 회전근 건병증을 유발하기 어렵다는 연구 결과들을 고려하면^{28,29}, 회전근에 가해지는 과부하와 함께 회전근의 혈류 공급 부족으로 인한 건 조직의 불완전 회복과 이어지는 퇴행성 변화가 회전근 건병증 발생의 복합 병인으로 주목받고 있다^{2,3}. 이러한 회전근의 혈류량에 대한 연구는 비침습적인 방법으로 조직의 미세한 혈류를 확인하는 기술의 도입으로 많은 발전을 이루었고, 특히 파워 도플러 검사는 미세한 인체 조직 내 혈류를 탐촉자의 각도 변화나 영상 신호의 왜곡 현상(aliasing)에 영향을 적게 받는 장점으로 최근 건조직의 혈류량 연구 분야에 사용되기 시작하였다^{12,15,30}. 본 연구에서는 견봉하 충돌 증후군과 정상 대조군의 극상건 혈류량을 비교하고 재활 프로그램 적용 후의 혈류량 변화를 확인하였으나 대상 집단 및 운동 프로그램 여부에 따른 혈류량의 차이는 확인되지 않았다. 이는 20대인 소수의 참가자만을 대상으로 본 연구가 진행되었기 때문에 극상건의 퇴행성 변화에서 대체로 증가되는 건내 혈류 변화를 민감하게 반영하지 못하였을 것으로 추정된다. 또한, 저자들은 6주간의 재활 운동과 총 10주의 짧은 추적 검사 기간은 건내 혈류 변화를 확인하기에 부족하였을 것으로 판단하였다. 더욱이 본 연구의 재활 프로그램은 견갑골 주변 근육을 중심으로 이루어져 회전근에 대한 직접적인 중재는 시도되지 않았다. 따라서 향후 연구에서는 비교적 고른 연령층과 검정력 분석(power analysis)을 통한 적정 표본을 대상으로 스트레칭과 회전근 강화 운동 등을 포함하는 복합적인 재활 프로그램을 적용하여 장기간 추적검사를 시도한다면 건의 혈류량 변화는 물론 견봉하 공간의 변화도 확인할 수 있을 것으로 예상할 수 있을 것이다.

결론적으로 본 연구에 참여한 견봉하 충돌 증후군에 대한 견갑골 주변 근육의 기능 회복에 중점을 둔 재활 프로그램 적용 후 어깨의 통증과 기능을 자가 평가한 설문 조사는 통계적으로도 임상적으로도 유의한 효과가 있었고, 특히 통증 감소에 효과적이었다. 그러나 재활 프로그램 적용 전후에 초음파와 파워 도플러 초음파를 이용한 견봉하 공간의 척도 및 극상건의 혈류량 변화는 확인할 수 없었다.

Conflict of Interest

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

References

- Seitz AL, McClure PW, Finucane S, Boardman ND 3rd, Michener LA. Mechanisms of rotator cuff tendinopathy: intrinsic, extrinsic, or both? *Clin Biomech (Bristol, Avon)* 2011;26:1-12.
- Hegedus EJ, Cook C, Brennan M, Wyland D, Garrison JC, Driesner D. Vascularity and tendon pathology in the rotator cuff: a review of literature and implications for rehabilitation and surgery. *Br J Sports Med* 2010;44:838-47.
- Lewis JS. Rotator cuff tendinopathy: a model for the continuum of pathology and related management. *Br J Sports Med* 2010;44:918-23.
- Codman EA. The shoulder: rupture of the supraspinatus tendon and other lesions in or about the subacromial bursa. Brevard County: Krieger; 1934.
- Roy JS, Moffet H, McFadyen BJ. Upper limb motor strategies in persons with and without shoulder impingement syndrome across different speeds of movement. *Clin Biomech (Bristol, Avon)* 2008;23:1227-36.
- Ludewig PM, Reynolds JF. The association of scapular kinematics and glenohumeral joint pathologies. *J Orthop Sports Phys Ther* 2009;39:90-104.
- Roy JS, Moffet H, Hebert LJ, Lirette R. Effect of motor control and strengthening exercises on shoulder function in persons with impingement syndrome: a single-subject study design. *Man Ther* 2009;14:180-8.
- Worsley P, Warner M, Mottram S, et al. Motor control retraining exercises for shoulder impingement: effects on function, muscle activation, and biomechanics in young adults. *J Shoulder Elbow Surg* 2013;22:e11-9.
- Desmeules F, Minville L, Riederer B, Cote CH, Fremont P. Acromio-humeral distance variation measured by ultrasonography and its association with the outcome of rehabilitation for shoulder impingement syndrome. *Clin J Sport Med* 2004;14:197-205.
- Savoie A, Mercier C, Desmeules F, Fremont P, Roy JS. Effects of a movement training oriented rehabilitation program on symptoms, functional limitations and acromiohumeral distance in individuals with subacromial pain syndrome. *Man Ther* 2015;20:703-8.
- Goodmurphy CW, Osborn J, Akesson EJ, Johnson S, Stanescu V, Regan WD. An immunocytochemical analysis of torn rotator cuff tendon taken at the time of repair. *J Shoulder Elbow Surg* 2003;12:368-74.
- Rudzki JR, Adler RS, Warren RF, et al. Contrast-enhanced ultrasound characterization of the vascularity of the rotator cuff tendon: age- and activity-related changes in the intact asymptomatic rotator cuff. *J Shoulder Elbow Surg* 2008;17(1 Suppl):96S-100S.
- Levy O, Relwani J, Zaman T, Even T, Venkateswaran B, Copeland S. Measurement of blood flow in the rotator cuff using laser Doppler flowmetry. *J Bone Joint Surg Br* 2008;90:893-8.
- Longo UG, Franceschi F, Ruzzini L, Rabitti C, Morini S, Maffulli N, et al. Histopathology of the supraspinatus tendon in rotator cuff tears. *Am J Sports Med* 2008;36:533-8.
- Adler RS, Fealy S, Rudzki JR, et al. Rotator cuff in asymptomatic volunteers: contrast-enhanced US depiction of intratendinous and peritendinous vascularity. *Radiology* 2008;248:954-61.
- Pappas GP, Blemker SS, Beaulieu CF, McAdams TR, Whalen ST, Gold GE. In vivo anatomy of the Neer and Hawkins sign positions for shoulder impingement. *J Shoulder Elbow Surg* 2006;15:40-9.
- Michener LA, Subasi Yesilyaprak SS, Seitz AL, Timmons MK, Walsworth MK. Supraspinatus tendon and subacromial space parameters measured on ultrasonographic imaging in subacromial impingement syndrome. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2015;23:363-9.
- McClure P, Michener L. Measures of adult shoulder function: the American shoulder and elbow surgeons standardized shoulder form patient self report section (ASES), disabilities of the arm, shoulder, and hand (DASH), shoulder disability questionnaire, shoulder pain and disability index (SPADI), and simple shoulder test. *Arthritis Care Res (Hoboken)* 2003;49:S50-8.
- Bigliani LU, Levine WN. Subacromial impingement syndrome. *J Bone Joint Surg Am* 1997;79:1854-68.
- Chen SK, Simonian PT, Wickiewicz TL, Otis JC, Warren RF. Radiographic evaluation of glenohumeral kinematics: a muscle fatigue model. *J Shoulder Elbow Surg* 1999;8:49-52.
- Green S, Buchbinder R, Hetrick S. Physiotherapy interventions for shoulder pain. *Cochrane Database Syst Rev* 2003;(2):CD004258.
- Girometti R, De Candia A, Sbuelz M, Toso F, Zuiani C, Bazzocchi M. Supraspinatus tendon US morphology in basketball players: correlation with main pathologic models of

- secondary impingement syndrome in young overhead athletes: preliminary report. *Radiol Med* 2006;111:42-52.
23. Cholewinski JJ, Kusz DJ, Wojciechowski P, Cielinski LS, Zoladz MP. Ultrasound measurement of rotator cuff thickness and acromio-humeral distance in the diagnosis of subacromial impingement syndrome of the shoulder. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2008;16:408-14.
24. Azzoni R, Cabitza P, Parrini M. Sonographic evaluation of subacromial space. *Ultrasonics* 2004;42:683-7.
25. Graichen H, Bonel H, Stammberger T, et al. Three-dimensional analysis of the width of the subacromial space in healthy subjects and patients with impingement syndrome. *AJR Am J Roentgenol* 1999;172:1081-6.
26. Hebert LJ, Moffet H, Dufour M, Moisan C. Acromiohumeral distance in a seated position in persons with impingement syndrome. *J Magn Reson Imaging* 2003;18:72-9.
27. Maenhout A, Van Eessel V, Van Dyck L, Vanraes A, Cools A. Quantifying acromiohumeral distance in overhead athletes with glenohumeral internal rotation loss and the influence of a stretching program. *Am J Sports Med* 2012;40:2105-12.
28. Soslowsky LJ, Thomopoulos S, Tun S, et al. Neer Award 1999: overuse activity injures the supraspinatus tendon in an animal model: a histologic and biomechanical study. *J Shoulder Elbow Surg* 2000;9:79-84.
29. Carpenter JE, Flanagan CL, Thomopoulos S, Yian EH, Soslowsky LJ. The effects of overuse combined with intrinsic or extrinsic alterations in an animal model of rotator cuff tendinosis. *Am J Sports Med* 1998;26:801-7.
30. McCreesh KM, Riley SJ, Crotty JM. Neovascularity in patellar tendinopathy and the response to eccentric training: a case report using Power Doppler ultrasound. *Man Ther* 2013;18: 602-5.