

운동프로그램 중재가 돌림근띠 복원술 환자의 근 활성화도에 미치는 영향

강정일¹, 문영준², 박승규¹, 이준희¹, 양대중¹, 최 현², 정대근², 김용남³, 권혜민⁴

¹세한대학교 물리치료학과, ²세한대학교 대학원 물리치료학과, ³남부대학교 물리치료학과, ⁴서남대학교 물리치료학과

Effects of Exercise Program Intervention on Muscle Activity in Rotator Cuff Repair Patient

Jeong-Il Kang¹, Young-Jun Moon², Seung-Kyu Park¹, Joon-Hee Lee¹, Dae-Jung Yang¹, Hyun Choi², Dae-Keun Jeong², Yong-Nam Kim³, Hye-Min Kwon⁴

¹Department of Physical Therapy, Sehan University, ²Department of Physical Therapy, Graduate School, Sehan University, ³Department of Physical Therapy, Nambu University, ⁴Department of Physical Therapy, Seonam University

Purpose: This study was conducted in order to examine how an effective rehabilitation exercise program influences the activity of shoulder muscles, and to help the clinical application of a rehabilitation program, for prevention and relief of pain, adhesion, and joint stiffness of patients who undergo rotator cuff repair.

Methods: Nine test subjects were placed randomly into each group for a total of 27 subjects and exercise program interventions according to the group were conducted for six weeks, after which maximum voluntary isometric contraction (%MVIC) value was re-measured for supraspinatus muscle, infraspinatus muscle, serratus anterior muscle, and middle deltoid muscle in all groups in order to compare changes in muscle activity before and after the experiment in order to perform comparative analysis of changes in muscle activity between groups, based on which four experimental hypotheses were confirmed.

Results: Changes in muscle activity according to %MVIC showed a statistically significant difference ($p < 0.01$) ($p < 0.001$) in all muscles, except the middle deltoid muscle, and post-verification results showed that changes in muscle activity according to %MVIC were greater in test groups I and II, compared with the control group, for the supraspinatus muscle, infraspinatus muscle, and serratus anterior muscle.

Conclusion: Therefore, rehabilitation through use of the methods described above should be applied efficiently in clinical settings and more research in development of much more efficient rehabilitation program interventions must be conducted.

Keywords: Rotator cuff, Supraspinatus, Infraspinatus

I. 서론

노령인구와 스포츠인구의 증가로 인해 돌림근띠 파열이 임상적으로 증가하고 있으며, 돌림근띠 파열 중 가시위근 힘줄의 파열이 가장 많은 빈도로 보고되어 있다.¹ 특히 돌림근띠 파열 근육 중에서 가시위근과 가시아래근은 어깨의 안정성과 움직임을 수행하는 측면에서 아주 중요한 근육들로 인식되고 있고, 이 두 근육은 일과 작업을 수행하거나 다양한 스포츠 활동을 하는 동안 잠재적인 스트레스에 노출되어 있다.² 돌림근띠

Received March 12, 2013 Revised April 11, 2013

Accepted April 15, 2013

Corresponding author Young-Jun Moon, tkfkldgo0328@naver.com

Copyright © 2013 by The Korean Society of Physical Therapy

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

파열의 가장 주된 증상은 통증이며, 이러한 증상으로 어깨의 중압감과 미동으로 인해 임상적으로 능동 및 수동운동 범위가 둘 다 감소하는 것을 볼 수 있으며, 수술 후 예후에도 영향을 미친다.³ 예후로는 파열 크기에 따라 작은 크기의 파열에서는 어깨의 약간의 움츠림이나 통증 정도가 있으나, 큰 크기의 파열은 어깨의 통증이나 장애에서 크기가 작은 파열에 비해 더 심각하다.⁴ 돌림근띠 파열로 인한 관절경 수술은 찢어진 힘줄을 해부학적 구조에 초점을 맞춰 관련 조직들을 본래의 자리로 복원 시키면서 힘줄의 긴장성을 낮추는 데 초점을 맞추고 있다.⁵ 관절경 수술의 장점으로는 절개부위가 작아 연부조직 손상이 적으며, 어깨세모근을 분리하지 않고 어깨관절의 점검, 내부관절의 병변을 해결할 수 있고, 적은 통증과 빠른 재활을 할 수 있다는 이점을 가지고 있다.⁶

돌림근띠 복원술을 받은 환자는 수술부위의 고정으로 체중 부하가 되지 않은 사지에서 근전도(electromyographic, EMG)의 활성도가 떨어지고, 최대 수의적 수축(maximal voluntary contraction)의 수치도 떨어져 근육의 수축력에 변화가 생긴다.⁷ 이를 지지해주는 선행연구에서도 Koo와 Burkhart⁸은 돌림근띠 복원술 후 4주에서 6주 동안은 완전한 운동범위를 완성하고, 재파열을 방지하기 위해 해당 근육의 능동적 움직임을 자제해야 하며 고정을 해야 한다고 권고하였으며, 고정 후 근력은 고정한 타입과 근육 그룹의 사용여부에 따라 다르긴 하지만 최소 3%에서 4%까지, 최대 47% 정도로 소실을 보인다고 하였다.⁹

이렇듯 돌림근띠 복원술 후 관리에 있어서 유착 및 강직을 최소화하기 위한 재활로는 수동적 운동범위와 물리치료적 중재가 중요한 구성 중에 하나이다.¹⁰ 이런 물리치료적 운동방법 중에는 많은 중재방법들이 있는데 그 중 교차훈련 효과(cross training effect)는 한쪽 사지에 근력훈련을 했을 때 훈련하지 않은 그에 상응하는 반대쪽 사지에서 근 활성도 증가가 일어나는 현상을 말하며,¹¹ 교차훈련의 중재방법은 한쪽에서의 운동 활동이 반대쪽 사지(contralateral limb)의 동종근육(homologous muscle)의 수행력에 영향을 미친다는 것을 말하는데 이것은 방산(irradiation) 또는 생리적 과흐름(overflow)을 이용한 것이다.

또 다른 중재방법은 손가락의 쥐기 강화훈련을 시킨 연구에서도 어깨 안정성의 근 활성도는 손가락 쥐기 훈련에 의해서 증가될 수 있으며, 손가락의 쥐기 강화훈련 집단에서는 앞뿔니근, 마름모근, 위등세모근, 중간 어깨세모근 섬유에서 근 활성도가 증가되었다고 보고하였는데,¹² 이러한 손가락 쥐기 운동방법들을 강화하는 방법으로는 점진적 저항운동으로 강

화를 시키며, 이 중재방법은 대상자들의 운동능력 부재로 인한 근력의 결손을 해결할 수 있는 안전하고 효과적인 물리치료적 중재로 여겨지고 있다.¹³

선행연구에서 근 활성도의 주된 측정이 근전도에 따른 연구들이 이루어지며, Inman 등¹⁴에 의해서 시도된 연구 이후에도 근전도는 어깨관절의 움직임과 관련된 근육의 활동을 분석하는 데 강력한 도구로 사용되어 왔고, 실효치 진폭(root mean square)은 운동단위 활동전위의 동원을 의미한다고 보고되었다.¹⁵

돌림근띠 복원술 환자들이 늘어나고, 수술 후 주된 재활운동에 지속적 어깨관절 수동운동(continues passive motion)프로그램 중재를 임상에서 활용하고 있지만, 수술 후 고정하는 기간 동안에 환자를 상대로 적용되는 여러 중재 방법의 운동 프로그램이 근육들의 기능과 구조에 미치는 영향에 대한 중재 프로그램 연구는 아직 부족한 실정이다.

따라서 본 연구는 돌림근띠 근 활성도의 변화에 대한 선행 연구들을 통해 돌림근띠 복원술 후 통증, 유착 그리고 빠른 석회화의 진행으로 관절강직에 따른 근육 손실에 주된 근육의 약화를 보였던 가시위근, 가시아래근, 앞뿔니근, 중간 어깨세모근을 토대로, 복원술 후 고정하는 기간 동안에 지속적 어깨관절 수동운동프로그램을 중재한 집단과, 지속적 어깨관절 수동운동프로그램 중재와 점진적 저항 운동을 통한 환측 손가락 쥐기 운동프로그램을 중재한 집단 및 지속적 어깨관절 수동운동프로그램 중재와 건측 어깨 교차훈련 운동프로그램 중재한 집단들의 근 활성도에 대하여 연구하고자 한다.

II. 연구방법

1. 연구대상

연구대상자는 2011년 7월부터 2012년 9월까지 전라남도 소재한 M병원에서 오른쪽이 우성인 왼쪽 돌림근띠 가시위근 힘줄 2도 파열 손상 병변으로 돌림근띠 복원술을 받은 환자 중에서 40세 이상 60세 미만의 남성 환자 106명을 대상으로 돌림근띠 복원술 전의 어깨둘레와 가시위근, 가시아래근, 앞뿔니근, 중간 어깨세모근 등의 %MVIC값에 따른 근 활성도 검사기록의 평준을 지표로 표본 추출하여 본 연구의 대상자를 선별하였다. 선별된 대상자들을 수동운동프로그램(대조군), 환측 손가락 쥐기운동프로그램(실험군 I), 건측 교차훈련 운동프로그램(실험군 II) 각 9명씩 무작위로 배치하였다(Table 1). 대상자들은 신경학적 증상이 없으며, 병변부위를 제외한 근골격계 장애 및 기형이 없고, 상지와 손에 통증 및 운동제한이 없

Table 1. General characteristics and muscle activity of test subjects

Item	Control group (n=9)	Experimental group I (n=9)	Experimental group II (n=9)	p-value*
Age (yr)	54.89±9.03	53.67±10.44	50.44±7.4	0.421
Hight (cm)	166.7±7.65	168.22±6.36	169.08±4.93	0.731
Weight (kg)	70.36±11.33	72.17±8.57	74.91±8.97	0.611
Shoulder circumference (cm)	34.72±6.35	33.83±2.21	32.5±2.91	0.542
Supraspinatus (%MVIC)	21.55±1.99	21.36±2.05	21.58±1.68	0.964
Infraspinatus (%MVIC)	37.42±2.9	37.2±3.05	37.33±3.02	0.988
Serratus anterior (%MVIC)	25.45±2.49	25.33±2.11	25.88±2.1	0.860
Middle deltoid (%MVIC)	35.09±3.43	34.86±3.05	35.2±3.13	0.973

Values are presented as mean±standard deviation.

MVIC: maximal voluntary isometric contraction.

*One-way ANOVA.

는 자, 퇴원 후에도 정기적으로 통원이 가능하며, 본 연구의 목적을 이해하고 연구에 참여하기로 동의한 자를 대상으로 선정하였다.

2. 측정도구 및 방법

1) 연구방법

대조군과 실험군 I 그리고 실험군 II는 가시위근, 가시아래근, 중간 어깨세모근, 앞톱니근의 EMG로 %MVIC값을 측정하여 사전검사를 한 후, 돌림근띠 복원술 3일 후부터 대조군은 총 6주간, 주 4회, 1일 1회, 30분 시행하였고, 실험군 I과 실험군 II는 총 6주간 주 4회, 1일 1회, 1일 3세트, 1세트당 10회 시행하였으며, 매 2주마다 1 repetition maximum (RM)을 재측정하여 점진적으로 저항을 높여 시행하였다. 사후검사는 사전검사와 동일하게 측정하였다.

2) 어깨세모근 둘레측정

어깨세모근 둘레측정은 복원술 전 어깨를 약간 벌린 상태에서 어깨뼈봉우리와 세모근거치면 중간지점에서 줄자를 이용하여 어깨세모근 둘레를 측정하였다.

3) 1RM의 측정

환측 손가락 쥐기 운동프로그램 집단의 1RM 측정은 복원술 전 특별히 고안된 의자에서 상체를 반듯이 세우고 환측 어깨관절 90°굽힘, 팔꿈관절 완전 편, 아래팔 중립 자세에서 받침대로 받쳐주면서 악력기를 이용하여 5초 동안 질 수 있는 최대한의 힘을 측정하였으며, 이를 3회 반복 실시하여 그 평균값을 1RM으로 설정하였다. 건측 어깨 교차훈련 운동프로그램 집단의 1RM 측정은 준비된 운동기구를 이용하여 건측 어

깨관절 0°, 팔꿈관절 90°굽힘, 아래팔 옆침 자세에서 어깨관절 90°벌림까지 최대한의 무게를 들어 5초간 유지할 수 있는 중량을 측정하였으며, 이를 3회 실시하여 평균값을 1RM으로 설정하였다. 이 두 집단의 근수축이 일정하게 유지될 수 있도록 검사자는 큰 소리로 독려하고, 근 피로를 방지하기 위해 측정이 끝날 때마다 1분간 휴식시간을 주었다.

4) 표면근전도(surface electromyography) 전극부착

근전도 신호의 피부저항을 최소화하기 위해 대상자들의 피부에서 털을 제거하고 가는 사포를 이용하여 각질을 제거한 뒤 알코올 솜으로 문질러 피부를 청결히 한 후 Ag/AgCl 표면 전극을 사용하여 중간 어깨세모근, 앞톱니근, 가시위근, 가시아래근에 부착하였다.¹⁶ 각 집단은 최대한의 수축으로 25초 동안 유지한 상태에서 근전도 신호를 채취하였고, 처음과 끝의 5초를 뺀 중간 15초 구간을 3회 반복하여 평균값을 측정하였다.

5) 중재운동프로그램

지속적 어깨관절 수동운동은 기구에 앉아 상체는 반듯이 세우고 어깨관절 0°, 팔꿈관절 완전 편, 아래팔은 옆침 자세에서 어깨관절 30°~40°굽힘 범위까지 들어 올리고, 통증이 유발되지 않는 한 매일 5°~10°씩 그 범위를 늘려나갔으며, 물리치료사의 엄격한 관리 하에 최대한 느린 속도로 실시하였다.

환측 쥐기운동은 지속적 어깨관절 수동운동을 한 후에 10분간 휴식을 취하여 특별히 고안된 의자에 앉아 체간을 고정하고 환측 팔에 팔걸이를 착용한 상태에서 환측 손에 악력기를 쥐어 수술 전날에 측정한 1RM의 60%로 운동을 시행하였고, 1 set가 끝날 때마다 2~3분간 휴식을 취하였으며, 저항을 점진적으로 늘리기 위해 2주 간격으로 1RM을 재측정하여

늘어난 무게 양만큼의 60%로 저항을 증가시켜 실시하였다.

건축 교차운동은 지속적 어깨관절 수동운동을 한 후에 10분간 휴식을 취하여 특별히 고안된 의자에 앉아 준비된 운동 기구를 이용하여 수술 전 날에 측정된 1RM의 60%으로, 어깨 관절 굽힘, 펴, 벌림, 수평 벌림, 수평 모음, 가쪽돌림, 안쪽돌림 등으로 팔꿈치관절 운동범위에 제한을 두지 않은 자세에서 운동을 실시하였고, 1 set가 끝날 때마다 2~3분간 휴식을 취하였으며, 저항을 점진적으로 늘리기 위해 2주 간격으로 1RM을 재측정하여 늘어난 무게 양만큼의 60%로 저항을 증가시켜 실시하였다.

3. 자료분석

본 연구를 위한 자료처리 방법은 Window용 SPSS ver. 17.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하여 연구대상자의 특성 및 근 활성도의 동질성을 알아보기 위해 일원배치분산분석(one-way ANOVA)을 사용하였다. 그리고 각 집단 내 근 활성도 변화를 알아보기 위해 대응표본 t-검정(paired t-test)을 사용하였고, 실험 후 각 집단 간의 근 활성도 변화를 비교하기 위해 일원배치분산분석(one-way ANOVA)을 사용하였으며, 사후검정으로는 Tukey를 사용하였다. 유의수준은 $\alpha=0.05$ 로 설정하였다.

III. 결과

1. 대조군에서 근 활성도 변화 비교

대조군에서 각 근육들의 %MVIC값에 따른 가시위근, 가시아래근, 앞뿔니근, 중간 어깨세모근들의 실험 전·후 근 활성도를 분석한 결과, 가시위근과 가시아래근의 근 활성도 변화에서 유의한 차이가 있었다($p<0.05$, $p<0.01$) (Table 2).

2. 실험군 I에서 근 활성도 변화 비교

실험군 I에서 각 근육들의 %MVIC값에 따른 가시위근, 가시아래근, 앞뿔니근, 중간 어깨세모근들의 실험 전·후 근 활성도를 분석한 결과, 가시위근과 앞뿔니근의 근 활성도 변화에서 유의한 차이가 있었다($p<0.01$, $p<0.001$) (Table 3).

3. 실험군 II에서 근 활성도 변화 비교

실험군 II에서 각 근육들의 %MVIC값에 따른 가시위근, 가시아래근, 앞뿔니근, 중간 어깨세모근들의 실험 전·후 근 활성도를 분석한 결과, 가시위근과 앞뿔니근의 근 활성도 변화에서 유의한 차이가 있었다($p<0.01$, $p<0.001$) (Table 4).

4. 집단 간 근 활성도 변화 비교

대조군과 실험군 I 및 실험군 II에 따른 각 근육들의 %MVIC값

Table 2. Comparisons of changes in muscle activity for control group (unit: %)

Item	Control group (n=9)		t-value	p-value*
	Pre-test	Post-test		
Supraspinatus	21.55±1.99	24.56±1.7	-2.85	0.022 [†]
Infraspinatus	37.42±2.9	33.6±1.51	5.38	0.001 [†]
Serratus anterior	25.45±2.49	27.09±1.12	-1.81	0.108
Middle deltoid	35.09±3.43	36.02±2.74	-1.81	0.108

Values are presented as mean±standard deviation.

*Paired t-test, [†] $p<0.05$, [‡] $p<0.01$.

Table 3. Comparisons of changes in muscle activity for experimental group I (unit: %)

Item	Experimental group I (n=9)		t-value	p-value*
	Pre-test	Post-test		
Supraspinatus	21.36±2.05	28.51±1.45	-9.01	0.000 [†]
Infraspinatus	37.2±3.05	35.8±1.3	1.11	0.299
Serratus anterior	25.33±2.11	30.56±1.83	-4.51	0.002 [†]
Middle deltoid	34.86±3.05	37.32±3.36	-1.86	0.100

Values are presented as mean±standard deviation.

*Paired t-test, [†] $p<0.01$, [‡] $p<0.001$.

Table 4. Comparisons of changes in muscle activity for experimental group II (unit: %)

Item	Experimental group II (n=9)		t-value	p-value*
	Pre-test	Post-test		
Supraspinatus	21.58±1.68	27.91±1.34	-6.62	0.000 [†]
Infraspinatus	37.33±3.02	35.63±1.66	1.40	0.198
Serratus anterior	25.88±2.1	30.41±1.75	-4.18	0.003 [†]
Middle deltoid	35.2±3.13	37.28±2.55	-1.89	0.096

Values are presented as mean±standard deviation.

*Paired t-test, [†]p<0.01, [‡]p<0.001.

Table 5. Comparisons of changes in muscle activity for between groups (unit: %)

Item	Control group (n=9)	Experimental group I (n=9)	Experimental group II (n=9)	p-value*	Post-hoc [†]
Supraspinatus	24.56±1.7	28.51±1.45	27.91±1.34	0.000 [§]	C<E _I , E _I
Infraspinatus	33.6±1.51	35.8±1.3	35.63±1.66	0.008 [†]	C<E _I , E _I
Serratus anterior	27.09±1.12	30.56±1.83	30.41±1.75	0.000 [§]	C<E _I , E _I
Middle deltoid	36.02±2.75	37.32±3.36	37.28±2.55	0.557	C= E _I = E _{II}

Values are presented as mean±standard deviation.

C: control group, E: experimental group.

*One-way ANOVA, [†]Tukey, [‡]p<0.01, [§]p<0.001.

에 따른 근 활성도를 분석한 결과, 중간 어깨세모근을 제외한 집단 간 가시위근, 가시아래근, 앞톱니근의 근 활성도 변화에 있어서 유의한 차이가 있었다(p<0.01, p<0.001)(Table 5).

집단 간 근 활성도 변화에 따른 사후검정 결과 가시위근, 가시아래근, 앞톱니근에서 모두 대조군 보다 실험군 II와 실험군 I이 %MVIC값에 따른 근 활성도 변화가 더욱 크게 나타났다(Table 5).

IV. 고찰

본 연구는 오른쪽이 우성인 왼쪽 돌림근띠 가시위근 힘줄 2도 파열 손상 병변을 진단받고, 돌림근띠 복원술 후 일반적 물리 치료를 받는 남성 환자를 대상으로, 세 가지 유형의 운동프로그램 중재에 따라 가시위근, 가시아래근, 앞톱니근, 중간 어깨세모근 등의 %MVIC값에 따른 근 활성도의 변인을 알아보았다. 이러한 변인들에 따라 분석한 결과를 토대로 다음과 같은 내용들을 논의하고자 한다.

돌림근띠 복원술 후 많은 재활 치료 방법이 사용되고 있다. 이에 따른 초기의 재활 목표로는 복원술 후 관절의 유착 방지와 돌림근띠 힘줄을 보호, 어깨의 통증 감소 및 기능을 복구하기 위해 수동적 관절 가동운동범위를 증가시키는 것이다.^{17,18}

이러한 운동의 결과로는 통증으로부터 상대적으로 자유롭게 할 수 있고, 재활 기간을 줄일 수 있으며, 상처 치유를 향상시킬 수 있는 장점이 있고,¹⁹ 복원술을 한 환자들의 연구들을 분석한 결과 지속적 어깨관절 수동운동의 중요성이 강조되었다.^{20,21} Arndt 등²²은 돌림근띠 복원술 후 수동적 움직임의 근 활성도는 6주 동안 고정된 상태에서 진자운동을 시행한 집단과 지속적 수동운동을 한 집단에서 큰 차이가 있었으며, 수동적 움직임이 기능과 통증 면에서 더 나은 결과가 있었기에 조기 수동적 운동을 허용해야 한다고 하였다. 본 연구에서도 6주 동안 대조군 내 결과에서도 가시위근에서 %MVIC값이 실험 전 21.6%에서 실험 후 24.6%로 근 활성도가 증가하여 위 연구를 지지하고 있으나, 가시아래근은 %MVIC값이 실험 전 37.4%에서 실험 후 33.6%로 감소를 보였다. 가시아래근에서 %MVIC값에 따른 근 활성도가 감소한 이유는 가시위근 힘줄의 복원술에 의한 근 활성도의 증가가 가시아래근에 영향을 미칠 수 있다고 사료된다. 이는 실험 전 가시아래근의 %MVIC값이 37.4%로 일반인의 근 활성도보다 높게 나타나고 있고, 가시위근의 손상에 대한 보상작용을 가시아래근이 해주고 있음을 보여주고 있다.

손의 파악력은 팔의 몸 쪽 부위와 먼 쪽 부위의 협력수축을 일으켜 가시위근과 가시아래근 같은 위팔뼈머리를 관절오목

에 밀착시켜 주는 안정성 근육의 작용이 증가되는 것이라고 여겨진다. 다시 말해 쥐기 힘이 증가함에 따라 손가락 쥐는 작용을 하는 아래팔근과 위팔근의 근 활성도가 증가될 것이고, 이는 연결부위의 어깨근육에 영향을 미치며, 이러한 어깨근육의 근 활성도 증가는 신체 다른 부위의 움직임이 없는 상태에서 파악력을 적용시켜 근육의 긴장만을 증가시키는 정적수축 시에 더욱 두드러지게 나타난다.²³ 손가락 쥐기 운동을 하는 동안에 돌림근띠 근 부하의 재분배가 일어나는 것은 선행 연구결과에서도 보여주고 있으며,^{24,25} 쥐기 운동은 현재 비슷한 연구들에서도 가시아래근의 활동이 크게 증가한 결과를 얻었다.^{24,26} 어깨손상 후 약화되기 쉬운 가시아래근과 같은 어깨의 안정성에 관련된 근육은 재활치료 시 최대 70% 이상 파악력이 아닌 30~50%로 중간 정도 파악력의 적용을 통하여 보다 효과적인 근력훈련을 시킬 수 있을 것이라 하였다.²³ 이를 근거로 본 연구의 실험방법에서도 선행연구에 근거하여 파악력을 60%로 적용하였다.

Sharkey와 Marder²⁷의 연구에 의하면 손에 부하가 가해질 경우 어깨세모근과 같은 어깨 올림근육에 비해 어깨관절 안정성에 관여하는 돌림근띠 중, 가시아래근에서 근 활성도의 변화가 더욱 두드러지게 변화한다고 보고하였고, 어깨관절의 모음에서 166° 벌림 동작 시 손의 쥐기 운동을 한 집단과 하지 않는 집단에서의 어깨의 안정성을 연구한 선행논문에서는 두 집단 간의 근 활성도 차이가 손의 쥐기 운동을 한 집단에서 위등세모근, 중간 어깨세모근, 앞톱니근, 마름모근에서 의미 있는 변화가 있으며 특히 앞톱니근과 마름모근이 큰 차이를 보였다.¹² 본 연구에서도 실험군 I에서 가시위근은 실험 전 21.4%에서 실험 후 28.5%로 차이가 있었으나, 가시아래근에서는 실험 전 37.2%에서 실험 후 35.8%로 차이가 없었다. 그리고 앞톱니근은 실험 전 25.3%에서 실험 후 30.6%로 차이가 있어 선행연구를 지지해 주는 결과를 보여주고 있으나, 가시아래근에서는 선행연구를 기각했다. 이러한 가시아래근은 근 활성도 변화에 따른 결과, 실험 후 35.8%의 %MVIC값에 따른 근 활성도에서 정상인과 같은 근 활성도를 보여주고 있는데, 이는 실험 전 가시위근의 파열에 따른 가시아래근이 보상작용을 한 것으로 이는 실험 전 37.2%의 아주 높은 %MVIC값에서 알 수 있다. Reed 등²⁸의 연구에서도 어깨의 가쪽돌림 등척성 저항운동 시 최대 등척성수축이 10~40% 사이의 낮은 저항에서 중간·뒤 어깨세모근의 작용이 최소화되고 가시아래근은 작용을 최대화할 수 있다고 하였다. 이에 따른 본 연구의 결과에서도 중간 어깨세모근 근 활성도는 대조군에서 실험 전 35.1%에서 실험 후 36%로, 실험군 I에서는 실험 전 34.9%에서 실험 후

37.3%로, 실험군 II은 실험 전 35.2%에서 실험 후 37.3%로 증가된 %MVIC값에 따른 근 활성도를 볼 수 있었으나, 통계학적으로는 차이가 없었다. 또한 실험군 I에서 %MVIC값에 따른 근 활성도의 평균값의 차이가 가장 크게 나타나는 것을 볼 수 있었으나, 이 또한 통계학적으로 차이가 없었다. Roman-Liu 등²⁹의 연구에서 손의 쥐기 동작 20%의 최대 수의적 수축 시 중간범위 이하는 등세모근의 활동에 영향을 미치지 않지만 중간 어깨세모근의 활동에는 영향을 미치지 않는다는 연구결과를 본 연구에서도 지지해 주고 있다. 따라서 일반적으로 쥐기 운동은 어깨의 인접근육의 활성도 증가를 유도시킬 수 있다고 보여진다.³⁰

교차훈련 효과는 고정에 의한 부정적인 영향을 방지하기 위한 적절한 물리치료적 운동응용프로그램 중 하나로 한쪽 사지의 근력과 기능을 향상시켜 관련된 반대쪽 사지에 근력과 기능이 증가하는 운동방법인데,³¹ 이것은 방산 또는 생리적 과흐름을 이용한 것이다. 방산은 어떤 자극에 대한 반응이 확대되는 것으로, 신경 지배에 결합이 있는 환자를 치료할 때 강한 쪽에 최대저항을 주고 약한 쪽의 움직임을 강화시키고자 할 때 적용한 것으로,³² Sherrington³³은 방산이 저항에 대항하는 노력이 척수앞뿌리세포의 흥분성 역치 수준을 변경시킴에 따라 축진의 반응이 퍼지는 것이라 하여 자극의 강도와 시간을 증가시키면 반응도 증가한다고 하였으며, 전통적인 견해에서 교차훈련의 기전은 대뇌결절과 뇌사이에서 이루어지는 적응(adaptation)에 의해 증대되는 것으로 여겨지고 있다.³⁴ 최근에는 근전도를 이용한 연구결과 척수수준에서의 적응기전이라는 주장이 보고되어,⁷ 이를 근거로 교차훈련 중재기법을 통한 여러 연구결과들이 발표되면서 지지받기 시작하였다.³²

Shima 등⁷은 건강한 성인을 대상으로 한쪽 발에 6주간 발등굽힘에 관련된 근육을 운동을 시킨 결과 운동을 하지 않은 반대쪽 다리에서 발등 굽힘에 관련된 근육들의 근 활성도가 증가되었다고 보고하였고, Munn 등³¹은 한쪽의 저항훈련이 양측에 미치는 효과에 대한 연구결과들을 메타분석한 결과, 저항훈련을 시행한 부위의 근력은 처음 근력에 비해 35% 증가되었고, 훈련을 하지 않은 동종근육의 근력은 7.8%가 증가되어 교차훈련이 효과적임을 보고하였다. Magnus 등³⁵은 건강한 성인을 대상으로 한 연구에서 일주일에 세 번, 4주 동안 한쪽 팔은 슬링과 붕대를 하고 그 반대쪽 팔에 팔꿈관절 굽힘 운동을 한 집단과 반대쪽 팔꿈관절에 운동을 하지 않은 집단을 비교했을 때 운동을 한 집단에서 슬링과 붕대를 한 팔의 위팔두갈래근의 근육두께가 두꺼워졌다고 하였다. 또 다른 교차훈련 연구에서는 오른손이 우성인 정상인 21명을 대상으로 실

제 훈련군, 정신 훈련군, 대조군들로 나누어 운동을 시킨 결과 실제 훈련군 집단의 오른손에서 왼손에 유의한 결과가 나타나 우성 측에서 비우성 측으로 교차훈련 효과가 있다고 보고하였으나,³⁶ Choi와 Lee³⁷는 비우성 손에서 우성 손으로 전이되는 교차훈련의 효과를 관찰하였는데, 운동을 시킨 집단, 정신 훈련을 시킨 집단, 운동을 하지 않는 집단 모두에서 오른손의 반응 시간 단축에 통계학적 유의성은 관찰되지 않아 교차훈련의 효과는 발견되지 않았다는 반대적인 연구도 있었지만, 많은 연구에서 교차훈련의 효과를 검증한 연구들이 훨씬 우세적이었다.

스프린터 패턴을 이용한 선행연구에서도 방산을 이용하여 마비측 근 활성 및 균형능력 향상을 유도하는 것으로 6주간 비마비측에 스프린터 패턴을 하지 않는 집단과 비교했을 때 비마비측에 스프린터 패턴을 한 집단에서 안쪽넓은근, 가쪽넓은근, 넓다리뒤근, 가쪽장딴지근이 유의한 차이가 있었고, 측정 시기별 각 집단 간 차이는 안쪽넓은근이 3주($p<0.05$)와 6주($p<0.001$), 넓다리뒤근은 6주($p<0.05$) 유의한 차이를 나타내어 스프린터 패턴을 이용한 다리근육에 활성화에 매우 효과적임을 알 수 있었다.³⁸ 또한 대퇴사두근 등척성 훈련 후 교차훈련 효과를 알아보는 연구 결과에서도 운동을 하지 않는 집단과 운동을 한 집단 간 비교하였을 때 운동을 한 집단에서 유의한 차이가 있었다고 보고하였다.³⁹ 본 연구 또한 선행연구와 같이 실험군 II의 집단 내 변화 비교에서 %MVIC값에 따른 근 활성도에서 평균값의 차이가 가시위근은 실험 전 21.6%에서 실험 후 27.9%로 통계학적으로 차이가 있었으나, 가시아래근에서는 실험 전 37.3%에서 실험 후 35.6%로 통계학적으로 차이가 없었다. 그리고 앞뿔니근은 실험 전 25.9%에서 실험 후 30.4%로 통계학적으로 차이가 있어 선행연구를 지지해 주는 결과를 보여주고 있으나, 가시아래근에서 선행연구를 기각했다. 이러한 가시아래근의 근 활성도 변화에 따른 결과는 실험군 I과 같이 실험 후 35.6%의 %MVIC값이 정상인과 같은 근 활성도를 보여주고 있다. 이는 실험 전 가시위근의 파열에 따른 가시아래근이 보상작용으로 실험 전 37.3%의 아주 높은 %MVIC값에서 알 수 있다. 그리고 대조군과 실험군 I 및 실험군 II에 따른 각 근육들의 %MVIC값에 따른 근 활성도를 집단 간 변화 분석한 결과 중간 어깨세모근을 제외한 집단 간 가시위근, 가시아래근, 앞뿔니근의 근 활성도 변화에 있어서 통계학적으로 유의한 차이가 있었다. 또한 집단 간 근 활성도 변화에 따른 사후검정 결과 가시위근, 가시아래근, 앞뿔니근에서 모두 대조군보다 실험군 II와 실험군 I이 %MVIC값에 따른 근 활성도 변화가 더욱 크게 나타났다. 이러한 본 연구의 결과는 위

에서 기술했던 선행연구들을 지지 하듯이, 점진적 저항운동을 통한 환측 손가락 쥐기 운동프로그램과 건측 어깨 교차훈련 운동프로그램을 접목하여 돌림근띠 복원술 후 재활운동을 시행한다면 보다 나은 효율적인 효과를 볼 수 있을 것이라 사료된다.

참고문헌

- Williams GR Jr, Rockwood CA Jr, Bigliani LU et al. Rotator cuff tears: why do we repair them? J Bone Joint Surg Am. 2004;86-A(12):2764-76.
- Escamilla RF, Andrews JR. Shoulder muscle recruitment patterns and related biomechanics during upper extremity sports. Sports Med. 2009;39(7):569-90.
- Parsons BO, Gruson KI, Chen DD et al. Does slower rehabilitation after arthroscopic rotator cuff repair lead to long-term stiffness? J Shoulder Elbow Surg. 2010;19(7):1034-9.
- Yamaguchi K, Ditsios K, Middleton WD et al. The demographic and morphological features of rotator cuff disease. A comparison of asymptomatic and symptomatic shoulders. J Bone Joint Surg Am. 2006;88(8):1699-704.
- Waltrip RL, Zheng N, Dugas JR et al. Rotator cuff repair. A biomechanical comparison of three techniques. Am J Sports Med. 2003;31(4):493-7.
- Gartsman GM. All arthroscopic rotator cuff repairs. Orthop Clin North Am. 2001;32(3):501-10.
- Shima N, Ishida K, Katayama K et al. Cross education of muscular strength during unilateral resistance training and detraining. Eur J Appl Physiol. 2002;86(4):287-94.
- Koo SS, Burkhart SS. Rehabilitation following arthroscopic rotator cuff repair. Clin Sports Med. 2010;29(2):203-11.
- Farthing JP, Krentz JR, Magnus CR. Strength training the free limb attenuates strength loss during unilateral immobilization. J Appl Physiol. 2009;106(3):830-6.
- Neer CS. Shoulder rehabilitation. In: shoulder reconstruction. Philadelphia, Saunders, 1990:487-533.
- Carroll TJ, Herbert RD, Munn J et al. Contralateral effects of unilateral strength training: evidence and possible mechanisms. J Appl Physiol. 2006;101(5):1514-22.
- Lee SY, Gong WT, Park MC et al. A study of shoulder stabilizer muscle exercise using the contraction of the finger flexor muscle. J Phys Ther Sci. 2011;23(1):41-3.
- Taylor NF, Dodd KJ, Damiano DL. Progressive resistance exercise in physical therapy: a summary of systematic reviews. Phys Ther. 2005;85(11):1208-23.
- Inman VT, Saunders JB, Abbott LC. Observations of the function of the shoulder joint 1944. Clin Orthop Relat Res. 1996;(330):3-12.
- Jeong JG, Kim TY, Kim YN et al. Analysis of sEMG median frequency and ultrasound image echodensity of normal skeletal muscle. J Korean Soc Phys Ther. 2006;18(1):83-94.
- Cram JR, Kasman GS, Holtz J. Introduction to surface electromyography. Gaithersburg Maryland, Aspen Publishers, 1998:273-

- 89.
17. Murphy CA, McDermott WJ, Petersen RK et al. Electromyographic analysis of the rotator cuff in postoperative shoulder patients during passive rehabilitation exercises. *J Shoulder Elbow Surg.* 2013;22(1):102-7.
 18. Koo CH, Lee IH, Park KL et al. The effect of passive joint mobilization and massage on subacute lateral ankle ligament injuries. *J Korean Soc Phys Ther.* 2005;17(4):457-67.
 19. Salter RB. The physiologic basis of continuous passive motion for articular cartilage healing and regeneration. *Hand Clin.* 1994;10(2):211-9.
 20. Bennett WF. Addressing glenohumeral stiffness while treating the painful and stiff shoulder arthroscopically. *Arthroscopy.* 2000;16(2):142-50.
 21. Bae SS, Kim CY, Hwangbo G et al. The effects of motor control with active movement and passive movement. *J Korean Soc Phys Ther.* 1999;11(3):13-21.
 22. Arndt J, Clavert P, Mielcarek P et al. Immediate passive motion versus immobilization after endoscopic supraspinatus tendon repair: a prospective randomized study. *Orthop Traumatol Surg Res.* 2012;98(6 Suppl):S131-8.
 23. Jang HJ, Kim JS, Choi JD et al. The effects of hand grip force on shoulder muscle activity in two arm posture. *JKIS.* 2012;13(3):1229-37.
 24. Antony NT, Keir PJ. Effects of posture, movement and hand load on shoulder muscle activity. *J Electromyogr Kinesiol.* 2010;20(2):191-8.
 25. Chu M, Hwang BD. Changes of the hand grip strength according to shoulder joint angle. *J Korean Soc Phys Ther.* 1998;10(2):77-86.
 26. MacDonell CW, Keir PJ. Interfering effects of the task demands of grip force and mental processing on isometric shoulder strength and muscle activity. *Ergonomics.* 2005;48(15):1749-69.
 27. Sharkey NA, Marder RA. The rotator cuff opposes superior translation of the humeral head. *Am J Sports Med.* 1995;23(3):270-5.
 28. Reed D, Halaki M, Ginn K. The rotator cuff muscles are activated at low levels during shoulder adduction: an experimental study. *J Physiother.* 2010;56(4):259-64.
 29. Roman-Liu D, Tokarski T, Kamińska J. Assessment of the musculo-skeletal load of the trapezius and deltoid muscles during hand activity. *Int J Occup Saf Ergon.* 2001;7(2):179-93.
 30. Hodder JN, Keir PJ. Targeted gripping reduces shoulder muscle activity and variability. *J Electromyogr Kinesiol.* 2012;22(2):186-90.
 31. Munn J, Herbert RD, Gandevia SC. Contralateral effects of unilateral resistance training: a meta-analysis. *J Appl Physiol.* 2004;96(5):1861-6.
 32. Adler SS, Beckers D, Buck M. PNF in practice: an illustrated guide. Heidelberg, Springer, 2008:6-7.
 33. Sherrington C. the integrative action of the nervous system. New Haven, Yale University Press, 1947.
 34. Carr LJ, Harrison LM, Stephens JA. Evidence for bilateral innervation of certain homologous motoneurone pools in man. *J Physiol.* 1994;475(2):217-27.
 35. Magnus CR, Barss TS, Lanovaz JL et al. Effects of cross-education on the muscle after a period of unilateral limb immobilization using a shoulder sling and swathe. *J Appl Physiol.* 2010;109(6):1887-94.
 36. Choi JH, Park SH. The effect of cross education using serial reaction time. *J Korean Soc Phys Ther.* 2008;20(4):15-20.
 37. Choi JH, Lee MY. The effect of cross-education in nondominant arm with normal adult. *J Korean Soc Phys Ther.* 2011;23(2):31-6.
 38. Jeong WS, Jeong JY, Kim CK et al. Effect of lower limb muscle activity on balancing through sprinter patterns of PNF. *J Korea Contents Assoc.* 2011;11(3):281-92.
 39. Choi JC. The evaluation of overflow and cross training effect after isometric quadriceps training. *J Korean Soc Phys Ther.* 2000;12(1):9-13.