

Original Article

Open Access

한쪽 상지의 D2 패턴 운동동안 반대측 상지, 하지 및 체간 근육의 활성화도에 미치는 영향

이승민 · 이상열†

부산의료원 재활센터, ¹경성대학교 물리치료학과

The Effects of Contralateral Upper and Lower Limb and Trunk Muscle Activation During Ipsilateral Upper Limb D2 Pattern Exercise

Seung-Min Lee · Sang-Yeol Lee[†]

Department of Rehabilitation Center, Busan Medical Center

¹Department of Physical Therapy, Kyungsung University

Received: February 2, 2018 / Revised: February 22, 2018 / Accepted: February 22, 2018

© 2018 Journal of Korea Proprioceptive Neuromuscular Facilitation Association

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.

| Abstract |

Purpose: The aim of this study was to examine the activation of the contralateral upper and lower extremities and trunk muscle during ipsilateral upper extremity diagonal isokinetic exercise.

Methods: Twenty-one healthy male subjects with no history of shoulder injury undertook ipsilateral diagonal isokinetic exercise at 60, 120, and 180°/sec, utilizing a standard Biodex protocol. Muscle activation amplitudes were measured in the upper trapezius, pectoralis major, biceps brachii, rectus abdominis, external oblique, rectus femoris, adductor longus, and biceps femoris muscles using electromyography. A one-way analysis of variance and paired t-tests were conducted, and the data were analyzed using SPSS, version 21.0.

Results: The results revealed no statistically significant interaction between motion and angular velocity and no statistically significant contralateral muscle activation according to angular velocity ($p > 0.05$). However, they revealed statistically significant contralateral muscle activation according to motion ($p < 0.05$).

Conclusion: These results suggest that the movements involved in contralateral upper extremity diagonal isokinetic exercise can enhance muscle strength in patients affected by stroke, fracture, burns, or arthritis.

Key Words: Contralateral effects, Muscle activation, Irradiation

†Corresponding Author : Sang-Yeol Lee (sjslh486@daum.net)

I. 서론

일상생활 중 다양한 원인에 의한 손상으로 통증, 근력 약화 및 기능제한을 받는 경우가 많다. 특히 뇌졸중으로 인한 환측 마비, 화상, 관절염, 절단 등으로 인한 장시간 고정은 조직의 유착, 근력 약화, 관절의 구축 등 2차적인 문제를 야기할 수 있다. 이러한 손상 부위에 직접적인 근력 강화나 중재를 실시하기 힘든 환자들에게는 간접적인 중재가 필요하다. 임상에서 환자들에게 적용하는 많은 치료 기법 중 고유수용성 신경근축진법(proprioceptive neuromuscular facilitation, PNF)이 간접적인 근력강화를 적용할 수 있는 대표적인 기법이다(Kofotolis & Kellis, 2007).

고유수용성신경근축진법은 근육과 관절 수용기 자극을 통하여 신경근 시스템의 기능 증진을 위해 재활에서 널리 적용되는 기법 중에 하나이다(Gontijo et al., 2012). PNF 기법은 신장을 동반한 역동적 수축이나 등척성 수축을 대각선 또는 사선 방향으로 적용하는 것이 특징으로서(Kofotolis et al., 2007; Sato et al., 2009), 이러한 두 가지 수축이 발생하는 동안 최대의 저항강도가 일반적으로 적용되나, 중간정도의 저항강도도 재활에서 적용하고 있다(Voss et al., 1985). PNF 기법은 환부에 직접적 중재를 적용하는 직접적 치료법과 다른 부위에 중재를 적용하여 환부의 기능개선이나 근력 강화를 유도하는 간접적 치료법으로 구성되어 있는데, 방사기법(irradiation)은 PNF의 대표적인 간접적 치료 방법이다. 이는 신체 한 부분에 대한 강한 자극이 연결된 근육들을 따라 반대편 신체부위에 근수축을 유발하여 기능, 근력 강화, 운동학습 향상을 위해 재활에서 적용하고 있는 기법이다(Adler, 2014; Voss et al., 1985).

방사효과는 수축하는 근육에 대한 중심운동경로로부터의 많은 자극과 수축하는 근육으로부터 원심성 되먹임들이 반대편 운동뉴런으로 전달되는 것에 영향을 받는다. 수축하지 않는 반대편 사지로 전달된 정보들은 내림운동경로의 양측 배분에 의해 전달된다(Roe et al., 2000; Zhou et al., 2002). 훈련을 통한 반대편 효과에 대한 근본적인 기전들이 확실히 규명되지는

않았지만, 대뇌, 대뇌 아래 영역, 척수 등에 의해 발생될 수 있다(Kofotolis et al., 2007). 이러한 방사효과에 대한 이론은 교차교육(cross education)과 연관성이 있다(Carroll et al., 2006).

교차교육은 1894년 Scripture 등에 의해 처음 보고된 현상으로, 한쪽 사지의 근육 활동이 반대편과 연관이 있다는 것을 말한다. 교차교육은 교차운동(cross exercise), 교차훈련(cross training), 교차전이(cross transfer)등을 포함하는 현상이다(Enoka, 1988). 교차교육의 효과는 큰 근육들이나 손에 있는 작은 근육 등 다양한 근육들에서 관찰되고 등척성, 구심성, 원심성 수축 등 다양한 수축 방법을 통해 반응들이 나타난다(Zhou et al., 2002). Zhou (2000)는 교차교육을 통한 근력 획득 연구에서 훈련하지 않은 쪽의 근력이 훈련한 쪽 근력의 약 60% 까지 획득 된다고 보고하였고, 또한 등속성 운동시 원심성 단계가 구심성 단계보다 더 많은 근력이 획득 된다고 보고하고 있다(Hortobágyi et al., 1997).

이러한 교차교육 개념을 적용한 반대편 근육의 근력 증가에 대한 많은 선행 연구들이 발표 되고 있지만 일정하지 않은 저항량과 힘의 방향으로 결과 값을 객관화 하기는 어렵다. 따라서 본 연구는 한쪽 상지 대각선 움직임 동안 일정한 각속도를 적용하여 동일한 저항량과 방향 제공시 반대편 상지, 하지 및 체간에 걸친 다양한 근육의 활성화도에 대한 정량화된 자료를 제시하고자 한다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상자

본 연구는 신체 건강한 성인 남자 21명을 대상으로 실험을 진행하였다. 본 연구의 대상자들은 일상생활 시 상지와 하지 및 허리에 신경학적, 정형외과적 질환이 없고 팔을 들고 내릴 때 어깨나 허리에 통증이 없으며 본 연구의 참여를 동의한 사람들을 대상으로 실시하였다.

2. 연구 도구 및 측정 방법

본 연구는 PNF 상지의 D2 패턴 운동 동안 반대측 상지, 하지 및 체간 근육의 활성도를 알아보기 위하여 속도와 방향이 일정한 Biodex system 4 pro® (Biodex medical system, Shirley, USA)와 무선 표면 근전도(Noraxon DTS, Noraxon Inc., USA)를 이용하였다.

선행 연구에 따라 일상생활에서 글씨를 적는 손에 대하여 우세손으로 선정하였고, Biodex동력계의 손잡이 높이는 대상자가 동력계와 나란히 선 자세에서 골반 넓이만큼 다리를 벌리고 팔꿈치가 펴진 상태에서 어깨 굽힘, 벌림, 바깥회전을 유지하도록 한 자세를 시작자세로 설정하였다. 등속성 운동은 어깨의 펴, 모음, 안쪽회전이 동반된 움직임을 실시하였고, 다시 시작자세로 돌아가는 방법으로 진행하였다. 등속성 운동 범위는 동작 전 체간의 굽힘과 회전, 목의 굽힘이 발생되지 않는 범위 까지 설정하여 실시하였다. 운동 수행 시 각속도는 60deg/sec, 120deg/sec, 180deg/sec로 각각 설정 하였고, 각속도 마다 총 3회씩 대각선 운동을 실시하였다. 대상 근육의 근피로를 예방하기 위해 각 운동 사이에 30초씩 휴식시간을 제공하였다(Susanne et al., 2010). 전극은 반대쪽 상지의 위팔두갈래근, 체간의 상부등세모근, 큰가슴근, 배바깥빗근, 배곧은근, 하지의 넙다리곧은근과 넙다리두갈래근, 긴모음근의 활성도를 측정하였고, 측정 전 피부 저항을 최소화하기 위해 전극 부착 부위를 알코올로 닦아내고 근육 주행방향과 평행하게 접지 전극(ground electrode)을 부착하였다. 전극 부착은 선행연구들에 따라 상부등세모근은 목뼈7번과 봉우리뼈 사이 중간지점에, 위팔두갈래근은 봉우리뼈 내측과 팔꿈치목 사이 선상에서 팔꿈치로부터 1/3지점에 (SENIAM, 2011), 큰가슴근은 빗장뼈 중간에서 손가락 4개 아래 부위에 부착하였다(Lehman et al., 2006). 배바깥빗근은 위앞엉덩뼈가시와 12번째 갈비뼈 사이 1/2 지점에(SENIAM, 2011), 배곧은근은 배꼽에서 상방 2cm, 외측 3cm 지점에, 넙다리곧은근은 위앞엉

덩뼈가시에서 무릎뼈 사이 50% 지점에(Schinkel-Ivy et al., 2013), 넙다리두갈래근은 둔부 주름에서 근위 부 방향으로 1/5 지점에, 긴모음근은 두덩정강이근의 앞쪽 가장자리와 넙다리빗근의 내측가장자리가 교차되는 부분에서 약 2cm 위에 각각 부착하였다 (SENIAM, 2011)

3. 통계처리

본 연구의 자료 분석은 SPSS 21.0 Version (IBM SPSS Inc., USA)을 이용하여 통계처리 하였고, 각각의 움직임 방향에서 각속도에 따른 근활성도를 비교하기 위하여 일원분산분석(One-way ANOVA)을 실시하였고, 각각의 각속도에서 움직임에 따른 근활성도를 비교하기 위해 대응표본 t-검정(paired t-test)을 실시하였다. 통계학적 유의수준 α 는 0.05로 설정하였다.

III. 연구 결과

1. 연구 대상자의 일반적인 특성

본 연구의 참여자는 신체 건강한 성인 남자 21명을 대상으로 진행하였다. 평균 연령은 30.23±3.16세, 평균 신장은 176.29±5.01cm, 평균 체중은 76.48±8.59kg 이었으며 대상자 모두 우측손이 우세손이었다 (Table 1).

Table 1. General characteristics of subjects (n=21)

Variables	Subjects
Age (year)	30.23±3.16
Height (cm)	176.29±5.01
Weight (kg)	76.48±8.59

Mean±SD

Table 2. Result of One-way ANOVA for muscle activation in accordance with angular velocity at flexion motion (unit: %MVIC)

Motion	Muscle	Angular velocity			F	p
		60deg/sec	120deg/sec	180deg/sec		
FLEX	UT	33.45±6.51 α	32.61±6.33	40.54±6.28	0.47	0.63
	PM	10.29±1.49	11.22±1.52	12.19±1.95	0.32	0.72
	BB	1.01±0.12	1.13±0.16	2.25±1.00	1.34	0.27
	RA	9.67±1.46	9.97±1.46	11.01±1.78	0.193	0.83
	Ex. obl	32.69±5.94	33.12±7.15	33.85±6.38	0.01	0.99
	RF	7.04±1.35	9.23±2.08	9.91±1.73	0.73	0.48
	AL	9.54±2.07	10.78±2.17	14.64±2.68	1.30	0.28
	BF	39.68±10.3	43.06±11.82	39.78±7.55	0.04	0.96

α mean±SE, *p<0.05

UT: upper trapezius, PM: pectoralis major, BB: biceps brachii, RA: rectus abdominis, Ex. obl: external oblique, RF: rectus femoris, AL: adductor longus, BF: biceps femoris

Table 3. Result of One-way ANOVA for muscle activation in accordance with angular velocity at extension motion (unit: %MVIC)

Motion	Muscle	Angular velocity			F	p
		60deg/sec	120deg/sec	180deg/sec		
EXT	UT	9.97±1.81 α	9.33±2.03	10.77±1.77	0.15	0.86
	PM	8.29±0.91	9.10±1.05	10.56±1.22	1.15	0.32
	BB	1.07±0.16	1.21±0.21	1.81±0.57	1.17	0.32
	RA	30.01±7.31	29.43±8.12	26.17±5.88	0.09	0.92
	Ex. obl	26.78±4.02	28.51±5.84	27.76±3.60	0.04	0.97
	RF	27.16±7.09	23.84±4.83	29.51±7.46	0.19	0.83
	AL	16.75±2.28	18.43±3.22	21.77±3.19	0.76	0.47
	BF	18.69±6.01	18.91±4.85	22.22±6.50	0.12	0.89

Refer to the abbreviations in Table 2

2. 각각의 움직임 방향에서 각속도에 따른 근활성도 비교

각각의 각속도에서 유의성을 알아보기 위해 One-way ANOVA를 실시하였다. 그 결과 굽힘, 펴 동작 시 각각의 각속도에 따른 반대편 근활성도에는 유의한 차이를 보이지 않았다(p>0.05) (Table 2, 3).

3. 각각의 각속도에서 움직임 방향에 따른 근활성도 비교

움직임과 각속도 사이의 교호작용을 알아본 결과 유의한 차이를 보이지 않아 굽힘과 펴 사이의 근활성도를 비교하기 위해 대응표본 t검정(paired t-test)을 실시하였다. 검정 결과 60deg/sec, 120deg/sec에서 굽힘, 내림 동작 시 상부등세모근, 큰가슴근, 배곧은근, 넙다리곧은근, 긴모음근, 넙다리두갈래근에서 각각 유의한 차이를 보였고(p<0.05), 유의한 차이를 나타

낸 근육 중 상부등세모근, 큰가슴근, 넙다리두갈래근은 굽힘 동작 시, 배곧은근, 넙다리곧은근, 긴모음근은 내림 동작 시에 각각 더 큰 활성도를 보였다(Table 4, 5). 180deg/sec에서는 굽힘, 내림동작시 상부등세모근, 배곧은근, 넙다리곧은근, 긴모음

근, 넙다리두갈래근에서 각각 유의한 차이를 보였고(p<0.05), 유의한 차이를 나타낸 근육 중 상부등세모근, 넙다리두갈래근은 굽힘 동작시, 배곧은근, 넙다리곧은근, 긴모음근은 내림동작시에 더 큰 활성도를 보였다(Table 6).

Table 4. Result of muscle activation in accordance with motion on 60deg/sec

AV	Muscle	Flexion	Extension	t	p
60deg/sec	UT	33.45±6.51 ^a	9.97±1.81	4.13	0.00*
	PM	10.29±1.49	8.29±0.91	2.21	0.03*
	BB	1.01±0.12	1.07±0.16	-0.93	0.36
	RA	9.67±1.56	30.01±7.31	-2.83	0.01*
	Ex.obl	32.69±5.94	26.78±4.02	1.83	0.08
	RF	7.04±1.35	27.16±7.09	-3.38	0.00*
	AL	9.54±2.07	16.75±2.28	-4.06	0.00*
	BF	39.68±10.3	18.69±6.01	3.67	0.00*

^amean±SE, *p<0.05

Refer to the abbreviations in Table 2

Table 5. Result of muscle activation in accordance with motion on 120deg/sec

AV	Muscle	Flexion	Extension	t	p
120deg/sec	UT	32.61±6.3 ^a	9.33±2.03	4.33	0.00*
	PM	11.22±1.52	9.10±1.05	2.50	0.02*
	BB	1.13±0.16	1.21±0.21	-0.81	0.43
	RA	9.97±1.46	29.43±8.12	-2.42	0.03*
	Ex.obl	33.12±7.15	28.51±5.84	1.29	0.21
	RF	9.23±2.08	23.84±4.83	-3.97	0.00*
	AL	10.78±2.17	18.43±3.22	-2.28	0.01*
	BF	43.06±11.82	18.91±4.85	2.90	0.01*

^amean±SE, *p<0.05

Refer to the abbreviations in Table 2

Table 6. Result of muscle activation in accordance with motion on 180deg/sec

AV	Muscle	Flexion	Extension	t	p
180deg/sec	UT	40.54±6.2 ^a	10.77±1.77	5.23	0.00*
	PM	12.19±1.95	10.56±1.22	1.04	0.30
	BB	2.25±1.00	1.81±0.57	0.40	0.69
	RA	11.01±1.78	26.17±5.88	-2.76	0.01*
	Ex.obl	33.85±6.38	27.76±3.60	1.32	0.20
	RF	9.91±1.73	29.51±7.46	-3.16	0.01*
	AL	14.64±2.68	21.77±3.19	-3.54	0.00*
	BF	39.78±7.55	22.22±6.50	3.01	0.01*

^amean±SE, *p<0.05

Refer to the abbreviations in Table 2

IV. 고 찰

화상, 절단, 골절로 인한 부목 고정, 뇌졸중으로 인한 한쪽 사지의 가동성 저하는 근육의 위축, 관절 가동범위 및 유연성 감소 등을 동반하게 된다. 이러한 환자들에게 적절한 재활 프로그램은 고정으로 인한 부정적인 요소들을 제거하고 기능 회복에 중요한 역할을 한다. 이와 같은 환자들의 기능 개선을 위한 재활 프로그램으로 반대측 효과 개념을 임상에서 많이 적용하고 있는데, 이는 손상받지 않은 사지에 대해 근력강화를 적용하여 손상된 사지의 근력증가를 유도하는 방법이다. Shinohara 등(2003)은 한쪽 손 근육에 대한 등척성 운동을 적용하였을 때 반대편 동일 근육의 활성도를 비교한 연구 결과를 발표하였고, Abreu 등(2015)은 한쪽 상지 대각선 등척성 운동 동안 반대편 상지에 대한 근활성도에 대한 연구 결과를 발표하였다. 또한 Manca 등(2017)은 다발성경화증 환자의 발등굽힘근 근력증가에 대한 연구에서 직접 근력증가를 적용한 집단과 반대편에 중재를 적용한 집단 모두에서 배측굴곡근에 근력이 증가되었음을 보고하였다. 이처럼 한쪽 근력강화에 따른 반대편 근활성도에 미치는 선행연구들이 많이 발표되고 있지만 대부분의 연구들에서 저항량이 일정하지 않고 저항을 가하는 방향 역시 일정하지 않은 경우가 많다. 따라서 본 연구에서는 등속성 장비를 통한 동일한 저항량과 방향을 적용함으로써 한쪽 상지의 대각선 등속성 운동을 적용시 반대편 상지, 하지 및 체간 근육의 활성도에 대한 정량화된 자료를 제시하고자 한다.

Pink (1978)는 바로 누운 자세에서 PNF의 상지 대각선 운동 동안 반대편 상지 근육의 활성도에 대한 연구에서 상지 대각선 움직임 동안 반대편 큰가슴근의 활성도가 움직임에 따른 유의한 차이는 없다고 하였고, Sullivan 등(1980)의 연구에서는 바로 누운 자세에서 PNF의 상지 대각선 운동 동안 폼 동작에서 굽힘 동작 보다 반대편 큰가슴근의 활성도에 유의한 차이를 보인다고 하였다. Abreu 등(2015)의 연구에서

는 상지 대각선 등속성 운동 동안 반대편 큰가슴근의 활성도가 상지 굽힘 동작에서 폼 동작보다 더 큰 활성도를 보인다는 결과를 발표하였다. 특히 최대 수의적 등척성 수축의 25%의 힘에서는 굽힘과 폼에 유의한 차이가 없었지만, 최대 수의적 등척성 수축에서는 굽힘에서 폼 동작보다 더 큰 활성도를 보인 결과를 발표하였다. 본 연구에서도 60deg/sec와 120deg/sec와 같은 비교적 저항량이 많은 운동에서 큰가슴근의 활성도가 굽힘 동작에서 더 많이 발생하는 결과를 보였다. Pink (1978)와 Sullivan 등(1980)의 연구에서는 바로 누운 자세에서 정량화 되지 않은 저항강도와 방향이 적용되었고, Abreu 연구와 본 연구에서는 큰가슴근이 중력에 대항하여 수축할 수 있는 앉은 자세와 바로 선 자세에서 등속성 장비를 사용하여 정량화 된 저항강도를 일정하게 적용한 것이 차이가 있었다. 큰가슴근은 상지 대각선 폼 운동 동안 상지의 모음, 안쪽 회전에 대한 중요한 역할을 담당하고, 반대편 대각선 굽힘 동작시에는 안정화 역할을 담당한다. 60deg/sec, 120deg/sec와 같이 저항량이 많은 대각선 굽힘 움직임일 경우 안정화 근육으로서 역할을 수행하기 위해 수축량이 많지만 180deg/sec와 같이 저항량이 적을 경우 수축량이 상대적으로 적어 유의한 차이가 나지 않은 것으로 생각된다. 따라서 중재를 적용할 때의 자세와 일정한 저항강도 및 방향이 실험 결과에 큰 영향을 미치는 것으로 생각된다.

Maquirriain 등(2007)은 프로 테니스 선수들을 대상으로 배곧은근의 손상에 대한 연구에서 서브를 넣는 순간, 즉 배곧은근이 최대로 길이가 늘어난 원심성 수축에서 팔이 순간적으로 빠른 대각선 내림을 하는 구심성 수축 동작에서 반대편 배곧은근에 근수축을 유발하고 이러한 반복적인 원심성 수축과 빠른 구심성 수축은 반대편 배곧은근에 손상을 유발시킨다고 하였다. 공을 던지는 동작에서 반대편 배곧은근은 체간이 최대로 늘어난 후 빠른 속도로 공을 던지는 가속단계에서 체간의 안정성을 위하여 강력한 수축을 동반 한다. 이는 배곧은근이 체간 굽힘과 회

전을 동반한 움직임 시에 가장 활성화 되는 해부학적 특성과 관련 있다고 생각한다. 하지만 본 연구에서는 체간의 굽힘과 회전을 동반한 움직임은 없었지만, 대각선 내림 동작 시 최대로 길어진 모멘트 팔(moment arm)이 반대편 배곧은근의 활성을 유발한 것으로 생각된다.

Kofotolis와 Kellis (2007)의 연구에서 8주간 1주일에 3회씩 한쪽 하지에 PNF 하지 패턴을 적용시 반대편 무릎관절 굽힘 힘 발생과 펴 힘 발생에 대한 연구에서 반대편 무릎관절 펴 힘 발생에는 유의한 차이가 있었지만 굽힘 힘 발생에는 유의한 차이가 없다는 결과를 발표하였다. 엉덩 관절 굽힘과 무릎관절 펴에 관여하는 넙다리곧은근은 보행의 초기 유각기부터 중기 유각기까지 엉덩관절 굽힘을 위해 활성화 되고 입각기 초기 중력에 대항하여 체간을 바로 세우는 역할을 담당한다(Prilutsky et al., 1998). 특히 초기 유각기부터 중기 유각기 사이 신체 균형 유지를 위해 반대편 넙다리곧은근의 활성화도가 증가되고 어깨관절은 펴 동작을 동반하는데 이러한 보행패턴에서의 엉덩관절과 어깨관절의 반대 움직임은 본 연구에서 펴 동작시 반대편 넙다리곧은근의 활성화도가 증가된 연구결과와 관련이 있다고 생각한다. 이러한 결과를 바탕으로 임상에서 고정된 넙다리곧은근에 대한 근력강화를 위하여 보행 패턴의 한쪽 유각기 동작에서 넙다리관절 굽힘과 상지 펴 동작 시 저항을 적용한다면 반대편 넙다리곧은근의 효과적인 근력강화를 유발할 수 있을 것으로 생각된다.

Thomas (2010)는 그의 저서 *Anatomy Trains*에서 인체의 머리에서 발끝까지 인체를 세분화하기 보다는 인체의 모든 부분을 하나로 일관되게 보는 관점을 제시하였다. 그는 인체의 결합조직과 근막들이 크게 6개의 선(line)으로 전신이 연결되어 있다고 주장하였다. 그가 제안한 6개의 선 중 본 연구에 적용된 선은 전방 기능선(the front functional line)으로 위팔뼈 축에서 시작하여 큰가슴근의 아래 가장자리, 5번과 6번 갈비뼈, 배곧은근을 지나 반대편 긴모음근으로 이어지는 경로를 설명하였다. 테니스 서브를 넣는 동작이나 공을

던지는 동작 등 체간을 최대한 신장시키고 순간적인 어깨 반대편 내림 동작을 할 때 이러한 기능선들에 영향을 미치게 된다. 이는 본 연구에서 어깨 굽힘보다 내림에서 긴모음근에 더 많은 활성화가 일어난다는 연구결과에 대해 뒷받침 해주는 근거가 될 수 있다. 이러한 결과들을 바탕으로 교차교육을 이용한 긴모음근 근력강화 훈련시 반대편 상지가 최대한 늘어날 수 있는 탄력밴드 등을 이용한 저항을 적용한다면 긴모음근에 대한 더 많은 근력강화를 할 수 있을 것으로 생각된다.

Munn 등(2005)은 한쪽 위팔두갈래근의 저항 운동 시 운동 속도와 운동 횟수에 따른 반대편 위팔두갈래근의 활성화도에 대한 연구에서 횟수가 증가할수록 반대편 위팔두갈래근의 유의한 차이가 보인다고 하였다. 본 연구에서 상지 대각선 운동 동안 위팔두갈래근에서 유의한 차이가 나지 않은 것은 Munn 등(2005)의 연구와 같이 동일 근육에 대한 운동이 실시되지 않아 유의한 차이가 나지 않은 것으로 생각된다. 또한 배바깥근은 체간의 회전과 굽힘 동작을 통해 가장 큰 활성화가 되는데 본 연구에서는 체간의 회전과 굽힘을 제한한 상태에서 실험을 진행하였기 때문에 움직임에 따른 배바깥근에 대한 유의성은 나타나지 않은 것으로 생각된다.

본 연구의 제한점으로는 어깨 관절 굽힘, 벌림, 바깥 회전에서 내림, 모음, 안쪽회전 방향으로만 대각선 운동을 실시하였고, 60deg/sec, 120deg/sec, 180deg/sec 3가지의 각속도로만 실시하였다. 또한 대상자 수가 적고 정상 남자만을 대상으로 하였기 때문에 모든 사람들에게 일반화하기 어려운 제한점이 있었고, 8개의 근육만으로 상지, 하지 및 체간근활성도를 대변하기에는 제한이 있다고 생각한다. 따라서, 본 연구에서 적용하지 않은 다른 대각선 방향과 다양한 각속도, 그리고 본 연구에서 측정하지 못한 다른 근육들에 대한 근활성도 측정에 대한 차후 연구가 필요할 것으로 생각된다.

V. 결론

정상 성인 남성 21명을 대상으로 PNF 상지 D2 패턴 움직임 동안 반대편 상지, 하지 및 체간근의 활성화에 미치는 영향을 분석하기 위해 본 연구를 진행하였다. 움직임 방향에 따른 상지, 하지 및 체간 근육의 활성화가 다른 결과를 나타냈다. 본 연구 결과를 바탕으로 임상에서 한쪽에 대한 중재가 어려울 경우 반대측 움직임을 통해 근활성도를 유발하는 기법으로 활용할 수 있을 것으로 생각된다.

Acknowledgement

This research is supported by KyungSung University Research Grants in 2017.

References

- Abreu R, Lopes AA, Sousa AS, et al. Force irradiation effects during upper limb diagonal exercises on contralateral muscle activation. *Journal of Electromyography and Kinesiology*. 2015;25(2):292-297.
- Adler S, Beckers D, Buck M. PNF in practice, 3rd ed. Heidelberg: Springer-Verlag. 2014.
- Carroll TJ, Herbert RD, Munn J, et al. Contralateral effects of unilateral strength training: evidence and possible mechanisms. *Journal of Applied Physiology*. 2006;101(5):1514-1522.
- Enoka RM. Muscle strength and its development. *Sports Medicine*. 1988;6(3):146-168.
- Gontijo LB, Pereira PD, Neves CDC, et al. Evaluation of strength and irradiated movement pattern resulting from trunk motions of the proprioceptive neuromuscular facilitation. *Rehabilitation Research and Practice*. 2012.
- Hortobágyi T, Lambert NJ, Hill JP. Greater cross education following training with muscle lengthening than shortening. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 1997;29(1):107-112.
- Kofotolis ND, Kellis E. Cross-training effects of a proprioceptive neuromuscular facilitation exercise programme on knee musculature. *Physical Therapy in Sport*. 2007;8(3):109-116.
- Lehman GJ, MacMillan B, Macintyre I, et al. Shoulder muscle EMG activity during push up variations on and off a Swiss ball. *Dynamic Medicine*. 2006;5(1):7.
- Manca A, Cabboi MP, Dragone D, et al. Resistance training for muscle weakness in multiple sclerosis: direct versus contralateral approach in individuals with ankle dorsiflexors' disparity in strength. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2017;98(7):1348-1356.
- Maquirriain J, Ghisi JP, Kokalj AM. Rectus abdominis muscle strains in tennis players. *British Journal of Sports Medicine*. 2007;41(11):842-848.
- Munn J, Herbert RD, Hancock MI, et al. Training with unilateral resistance exercise increases contralateral strength. *Journal of Applied Physiology*. 2005;99(5):1880-1884.
- Pink MM. Contralateral effects of upper extremity proprioceptive neuromuscular facilitation patterns. Boston University. Dissertation of Master's Degree. 1978.
- Prilutsky BI, Gregor RJ, Ryan MM. Coordination of two-joint rectus femoris and hamstrings during the swing phase of human walking and running. *Experimental Brain Research*. 1998;120(4):479-486.
- Røe C, Brox JI, Saugen E, et al. Muscle activation in the contralateral passive shoulder during isometric shoulder abduction in patients with unilateral shoulder pain. *Journal of Electromyography and Kinesiology*. 2000;10(2):69-77.
- Sullivan PE, Portney LG. Electromyographic activity of

- shoulder muscles during unilateral upper extremity proprioceptive neuromuscular facilitation patterns. *Physical Therapy*. 1980;60(3):283-288.
- Susanne RD, Thomas F, Lukas N, et al. Testing unilateral leg-strength: test-retest reliability and agreement of methods: 1494. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2010;42(5):294.
- Sato H, Maruyama H. The effects of indirect treatment of proprioceptive neuromuscular facilitation. *Journal of Physical Therapy Science*. 2009;21(2):189-193.
- SENIAM. Surface electromyography for the non-invasive assessment of muscles. Retrieved at 23rd of November. 2011.
- Schinkel-Ivy A, Naim BC, Drake JD. Investigation of trunk muscle co-contraction and its association with low back pain development during prolonged sitting. *Journal of Electromyography and Kinesiology*. 2013;23(4):778-786.
- Shinohara M, Keenan KG, Enoka RM. Contralateral activity in a homologous hand muscle during voluntary contractions is greater in old adults. *Journal of Applied Physiology*. 2003;94(3):966-974.
- Thomas WM. *Anatomy train*, 2nd ed. New York. Churchill Livingstone, Elsevier Science Limited. 2010.
- Voss DE, Ionta MK, Myers BJ. Proprioceptive neuromuscular facilitation: patterns and techniques, 3rd ed. Berlin Heidelberg. Lippincott Williams & Wilkins. 1985.
- Zhou S, Oakman A, Davie AJ. Effects of unilateral voluntary and electromyostimulation training on muscular strength on the contralateral limb. *School of Health and Human Sciences*. 2002:455-471.
- Zhou S. Chronic neural adaptations to unilateral exercise: mechanisms of cross education. *Exercise and Sport Sciences Reviews*. 2000;28(4):177-184.