

만성 뇌졸중 환자의 열린사슬운동과 닫힌사슬운동이 하지의 근활성도에 미치는 영향

김지환 · 정성화 · 이건철[‡]
경남정보대학교 물리치료학과

Effects of Closed and Open Kinetic Chain Exercises on Lower Limb Muscle Activity in Chronic Stroke Patients

Kim Jihwan, PT·Jeong Seonghwa, PT·Lee Geoncheol, PT, Ph.D[‡]
Dept. of Physical Therapy, Kyungnam College of Information & Technology

Abstract

Purpose : The purpose of this study was to research the effects on resistance CKC & OCK exercise method on lower limb muscle activity, in chronic stroke patients.

Method : In this study, 18 patients with stroke caused by hemorrhage or infarction were participated. resistance exercise method was conducted in tow different group : one is a close kinetic chain exercise(CKC) group and the other is an open kinetic chain exercise(OKC) group. CKC with physical therapy was applied to 9 patients, and OKC with physical therapy was applied to 9 patients. Under the researcher's guidance, exercise for CKC and OKC group carried out 3 times a week for 30 minutes during 4weeks.

Result : There was significantly different for the vastus lateralis, tibialis anterior and gastrocnemius muscle activity within the intervention period both group. The vastus lateralis, tibialis anterior and gastrocnemius muscle activity was significantly increased within the CKC group. The vastus lateralis and tibialis anterior muscle activity was significantly increased within the OKC group.

Conclusion : It was confirmed in this study that the CKC exercise was more effective than OKC exercise in improving lower limb muscle activity of chronic stroke patients. This study seggested that CKC may be suitable for individuals with a chronic stroke. furthermore study should be made a lot of researches regarding in other method and varying conditions for many hemiplegic patients.

Key Words : choric stroke, close kinetic chain, open kinetic chain, muscle activity

[‡]교신저자 :

이건철 rptgeon@lycos.co.kr 051-320-2911

논문접수일 : 2014년 11월 29일 | 수정일 : 2014년 12월 15일 | 게재승인일 : 2014년 12월 22일

I. 서론

1. 연구의 배경 및 필요성

뇌졸중은 성인에게 있어 장애를 유발하는 주요 원인 중 하나이며 뇌졸중 발병 후 환자의 15~30 %에서는 심각한 정도의 장애가 지속되며 40 %에서 기능적 손상이 남게 된다(Dennis 등, 1993; Duncan 등, 2002; Whittall, 2004). 특히 뇌졸중 후 하지의 근력 약화는 가장 흔한 후유증의 하나로, 중증 뇌졸중 후 많은 환자들이 장기간의 집중적인 재활치료를 받음에도 불구하고 기능적 장애는 문제가 되고 있다(Bohannon & Walsh, 1992; Davies 등, 1996; Newham & Hsiao, 2001).

뇌졸중은 음성징후(negative sign)와 양성징후(positive sign)로 나눌 수 있는 상위운동신경원 증후군이다(Canning 등, 2004). 양성징후는 신경계, 근육, 연부조직이 일차적 손상에 대한 적응의 결과로서 비정상적 패턴의 움직임과 과 긴장을 유발하는 현상이며, 신경계의 일차적 손상으로 나타나는 음성징후는 근 동원순서의 변화, 근 활성을 및 운동단위 활성화의 저하로 인해 발생하는 근 약화이다(Shepherd, 2001).

약화는 일차적으로 중추신경계의 시스템과 경로의 기능이 약해져서 나타나는 것으로 신경 활동의 감소나 변화에 기인하고, 이차적으로는 비 활동과 근 활동 및 수축 감소로 인한 근 위축과 근 섬유 구성비의 변화로 인해 나타난다(Patten 등, 2004; Ryan 등, 2002).

근력 증가를 위한 이전의 연구에서는 뇌졸중 환자의 재활에서 저항운동이 근력향상의 효과뿐만 아니라 기능적인 동작수행에서도 도움이 되고, 저항운동을 포함한 근력 훈련이 경직을 악화시키지 않는 것으로 알려지면서 저항운동을 포함한 고강도 훈련이 뇌졸중 환자 재활 치료의 중요한 부분으로 인식되고 있다(Sharp & Brouwer 1997; Weiss 등, 2000; Kim & Eng, 2003).

닫힌 사슬 운동은 사지의 원위부가 고정되어 있는 상태에서 근위부와 원위부에서 저항을 동시에 적용할 때 일어나는 운동으로 동적인 근육의 안정성을 위한 동시 수축으로 원심성 수축이 우세하며, 관절 압박력으로 전단력을 감소시켜 관절의 안정성을 주고, 기계적 수용

기는 관절낭의 압력의 변화에 민감하게 반응하여 고유 수용성 감각을 촉진한다(Prentice, 2012). 한편, 열린 사슬 운동은 사지의 원위부에서 자유롭게 움직이고 근위부에서는 고정된 상태에서 운동을 시행하는 방법으로 관절가동범위가 제한된 환자의 근력강화를 위해 중요한 역할을 한다(김연주, 2007; 장재원, 2004). 관절의 움직임이 독립적인 열린 사슬 운동은 구심성 근 수축이 우세할 뿐만 아니라 더 많은 견인력과 회전력을 발생시키고, 안정성이 외부 수단에 의해 제공된다(권순복, 2005).

근력을 검사하는데 있어서 객관성이 떨어지는 도수근력검사 방법보다는 근육의 전기적 활성도 정도를 객관적으로 나타내기 때문에 연구에 많이 사용하는 근전도 검사를 통해 근력을 검사하였다(Basmaliamss & De Luca, 1985; Mathiassen 등, 1995; Signoril 등, 1995; Turker, 1993).

2. 연구의 목적

본 연구의 목적은 저항운동의 방법을 운동학적으로 닫힌 사슬 운동과 열린 사슬 운동으로 구분하여 각각의 운동방법이 만성 뇌졸중환자의 하지 근 활성도에 어떠한 영향을 미치는지 확인하고 만성 뇌졸중 환자의 임상 치료에 있어 더욱 효과적인 방법을 제시하고자 한다.

3. 연구의 가설

본 연구의 가설은 다음과 같다.

첫째, OKC 방법의 하지 저항운동이 운동 전/후 근 활성도에 유의한 차이가 있을 것이다.

둘째, CKC 방법의 하지 저항운동이 운동 전/후 근 활성도에 유의한 차이가 있을 것이다.

셋째, OKC 방법과 CKC 방법에서 하지 저항운동이 근 활성도에 유의한 차이가 있을 것이다.

II. 연구방법

1. 연구의 대상

본 연구는 뇌졸중으로 편마비 진단을 받고 6개월 이상 경과한 환자로 부산 K재활병원에서 입원중인 환자 18명을 대상으로 실시하였다. 연구대상자들은 독립적 기립자세를 유지할 수 있고, 언어 및 인지장애, 시야결손, 전정기관에 이상이 없는 자로 한국판 간이 정신 상태 검사(MMSE-K)에서 24점 이상 획득한 자를 대상으로 대상자에게 연구의 목적과 방법에 대한 설명을 충분히 해준 다음 자발적인 동의서를 얻어 실험하였다.

2. 실험도구

실험에 사용된 실험 도구는 다음과 같다(그림 1)(표 1).

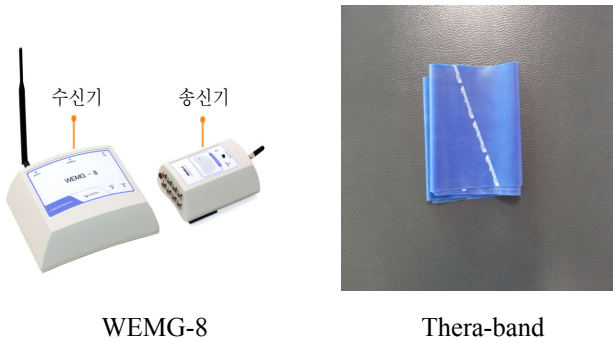


그림 1. 실험도구

표 1. 실험도구

측정항목	사용도구	제조사
표면근전도	WEMG-8 (LXM5308)	Laxtha (Korea)
OKC 저항기구	Thera band(Blue)	The Hygenic Corp (U.S.A)

3. 실험방법

1) 운동방법

실험 전에 모든 대상자들에게 실험 조건을 충분히 설명하고, OKC 운동군 9명과, CKC 운동군 9명으로 설

정하였다. 실험은 4주간 실시하였고, 운동은 주 3회 30분씩 실시하였다.

가. 열린 사슬 운동

침대 가장자리에 바른 자세로 앉아, 침대와 환자의 족관절 부위에 thera-band를 묶어, 무릎관절을 신전 시킨다. 운동은 15회 1세트로 하여 5세트 실시하였다. 그리고 set 마다 1분간 휴식을 하여 근 피로를 최소화 하였다.

나. 닫힌 사슬 운동

운동은 편심성 수축 2초, 동심성 수축 2초, 등척성 수축 2초, 총 6초를 실시 할 것이며 10회를 1세트로 하여 5세트 실시하였다. 그리고 set 마다 1분간 휴식을 하여 근 피로를 최소화 하였다. squat는 앉기 동작 시 일반 각도계를 이용하여 실험자의 무릎관절이 45° 굴곡하도록 설정하였고, 슬개골의 중심점이 발의 두 번째 발가락을 향하도록 하였다. 운동이 수행되는 동안 참가자는 벽에 기대고 실시하였으며 대퇴골과 경골의 중립 자세를 유지할 수 있도록 통제 하였다.

2) 측정방법

가. 전극 부착부위

하지 근육의 근 활성도를 측정하기 위해 모든 연구 대상자에게 일극표면전극(disposable unipolar surface electrode)을 비 우세측(non-dominent) 하지 근육에 2cm 간격으로 두 개 부착하였다. 표면 부착 부위에서 피부 저항을 최소화 하기 위해 털을 면도 한 후, 전용 젤을 사용하여 피부 표면의 각질을 제거하였다. 또한 각 MVIC 측정시에 전극이 고정되지 않으면 잡음이 발생할 수 있기 때문에 전극을 피부에 단단히 고정시켰다. 접지전극은 비 우세측 비골두에 부착하였다. 일극 표면 전극 부착 부위는 다음과 같았다(그림 2)(표 2).

나. 최대 수의적 등척성 수축(Maximal voluntary isometric contraction; MVIC)

측정 근육의 활성도를 측정하기 전에 먼저 각 근육의 최대 수의적 등척성 수축을 도수근력검사 자세를 기



A. vastus lateralis



B. tibialis anterior



C. medial head of gastrocnemius



D. semitendinosus

그림 2. Electrode position

표 2. 전극 부착부위

Muscle	Electrode position
Vastus lateralis	10-15cm upper part and 6cm lateral part from the upper edge of the patella and another lateral part at an angle of 15 based on major axis.
Tibialis anterior	The upper 75% part linking lateral condyle to lateral malleolus in knee joint.
Medial head of gastrocnemius	The upper 35% linking medial condyle to lateral calcaneus in knee joint.
Semitendinosus	Halfway point between ischial tuberosity and medial condyle of tibia.

본으로 하여 측정하였다.

각 근육의 최대 수의적 등척성 수축 값을 구하기 위해 외측광근은 앉은자세에서 슬관절 60도 굴곡 상태에서 MVIC를 구하였다. 반건양근은 엎드려 누운 자세, 전경골근, 내측 비복근은 바로 누운 자세에서 MVIC를 구하였다. Danaels와 WorthIng-ham의 도수근력검사 방법을 참고하였다(Hislop & Montgomery, 1995)(그림 3).



A. vastus lateralis



B. tibialis anterior



C. medial head of gastrocnemius



D. semitendinosus

그림 3. MVIC 측정

다. 근전도 신호량 기록 및 분석

최대 수의적 등척성 수축(MVIC)의 측정은 각 근육별로 5초간 3회씩 실시하여 얻어진 근전도 신호량을 처음 1초를 제외한 4초 측정치 중 평균값을 채택하고 처음부터 끝까지의 근전도 신호량의 평균값을 채택하였다. MVIC 측정 시 근 피로를 예방하기 위해 5초간 수축을 유지하고 각 회 2분간 휴식하였고(Ng 등, 2002), 모든 측정근육의 MVIC 측정 후 충분한 휴식을 취하였다.

4. 분석방법

자료의 통계처리를 위해 윈도우용 SPSS. 21.0 프로그램을 사용하였다. 각 그룹간 전후 비교를 위해 대응표본 t-검정을 사용하였고, 그룹간 근 활성화도 차이를 비교하기 위하여 독립표본 t-검정을 사용하였으며, 사전 검사에서 동질성 검정을 하였다.

Ⅲ. 결 과

1. 연구 대상자의 일반적 특성

본 연구의 참여 대상자는 총 18명으로 닫힌 사슬 운동군은 남자 8명, 여자1명으로 총 9명이었고, 평균 연령은 51.33 ± 4.36 세, 평균 신장은 168.22 ± 6.32 cm, 평균 체중은 67.67 ± 6.36 kg, 평균 유병기간은 12.22 ± 5.19 개월 이었다. 열린사슬 운동군은 남자7명, 여자 2명으로 총 9명이었고, 평균 연령은 49 ± 5.17 세, 평균 신장은 169.11 ± 7.47 cm, 평균 체중은 68.67 ± 9.67 kg, 평균 유병기간은 10.33 ± 9.01 개월이었다. 대상자의 연령, 성별, 키, 몸무게는 그룹 간 동질성 검정에서 유의한 차이가 없었다(표 3)($p > .05$).

2. 운동 방법에 따른 마비 측 하지의 근활성도 전후 비교

1) 닫힌 사슬운동에서의 마비 측 하지의 근 활성화도 전후 비교

닫힌 사슬 운동군의 마비 측 대퇴사두근의 근 활성화도 평균은 훈련 전 74.88 ± 30.61 에서 훈련 후 81.26 ± 30.42 이었고, 최대 수의적 등척성 수축(MVIC)은 훈련 전 260.6 ± 107.81 에서 훈련 후 278.93 ± 112.13 이었다. 전경골근의 근 활성화도 평균은 훈련 전 60.13 ± 38.2 에서 훈련 후 65.94 ± 38 이었고, 최대 수의적 등척성 수축(MVIC)은 훈련 전 175.652 ± 100.73 에서 훈련 후 186.54 ± 99.65 이었다. 비복근의 근활성도 평균은 훈련 전 64.62 ± 28.51 에서 훈련 후 69.33 ± 29.18 이었고, 최대 수의적 등척성 수축(MVIC)은 훈련 전 171.87 ± 87.82 에서 훈련 후 180.06 ± 88.13 이었다(표 4)($p < .05$).

표 3. 대상자의 일반적 특성

(N=18)

구분	CKC (n=9)	OKC (n=9)	p
성별	남:8 여:1	남:7 여:2	.527
나이	51.33±4.36	49±5.17	.316
키(cm)	168.22±6.32	169.11±7.47	.789
몸무게(kg)	67.67±6.36	68.67±9.67	.799
발병기간(mon)	12.22±5.19	10.33±9.01	.59

CKC = Close Kinetic chain

OKC = Open Kinetic chain

표 4. 닫힌 사슬운동에서의 마비 측 근 활성화도 전후비교

		운동전	운동후	p
대퇴사두근	Average	74.88±30.61	81.26±30.42	.001*
	MVIC	260.6±107.81	278.93±112.13	.006*
슬괵근	Average	96.23±33.08	97.79±33.50	.265
	MVIC	269.56±93.51	266.09±91	.102
전경골근	Average	60.13±38.20	65.94±38	.000*
	MVIC	175.65±100.73	186.54±99.65	.000*
비복근	Average	64.62±28.51	69.33±29.18	.001*
	MVIC	171.87±87.82	180.06±88.13	.000*

*p<.05

2) 열린 사슬운동에서의 마비 측 하지의 근 활성화도 전후 비교

열린 사슬 운동군의 마비 측 대퇴사두근의 근 활성화도 평균은 훈련 전 62.07±32.15에서 훈련 후 64.96±32.29이었고, 최대 수의적 등척성 수축(MVIC)은 훈련 전

202.79±83.8에서 훈련 후 209.12±21.95이었다. 전경골근의 근 활성화도 평균은 훈련 전 53.09±37.29에서 훈련 후 55.56±36.64이었고, 최대 수의적 등척성 수축(MVIC)은 훈련 전 157.66±105.33에서 훈련 후 161.49±104.35이었다(표 5)(p<.05).

표 5. 열린 사슬운동에서의 마비 측 근 활성화도 전후비교

		운동전	운동후	p
대퇴사두근	Average	62.07±32.15	64.96±32.29	.002*
	MVIC	202.79±83.80	209.12±21.95	.007*
슬괵근	Average	76.46±67.96	74.50±66.16	.371
	MVIC	200.62±157.47	199.64±142.40	.897
전경골근	Average	53.09±37.29	55.56±36.64	.000*
	MVIC	157.66±105.33	161.49±104.35	.005*
비복근	Average	47.01±18.30	47.88±17.46	.099
	MVIC	147.32±85.19	150.16±79.72	.220

*p<.05

3) 운동방법에 따른 마비 측 하지의 근 활성화도 비교

닫힌 사슬 운동군과 열린 사슬 운동군의 전후 차이 값을 비교한 결과, 4주 운동 후 그룹 간 마비 측 대퇴

사두근, 전경골근, 비복근에서 근 활성화도 평균과, 최대 수의적 근수축(MVIC)에서 유의한 차이를 보였고, 슬괵 근에서는 유의한 차이가 나타나지 않았다(표 6)($p<.05$).

표 6. 운동방법에 따른 마비측 근 활성화도 비교

		운동전	운동후	차이값	P	
대퇴사두근	Average	OKC	62.07±32.15	64.96±32.29	2.89±1.9	.02*
		CKC	74.88±30.61	81.26±30.42	6.38±3.57	
	MVIC	OKC	202.79±83.80	209.12±21.95	6.33±5.34	.046*
		CKC	260.6±107.81	278.93±112.13	18.34±18.80	
슬괵근	Average	OKC	76.46±67.96	74.5±66.16	-1.96±6.19	.169
		CKC	96.23±33.08	97.79±33.5	1.56±3.89	
	MVIC	OKC	200.62±157.47	199.64±142.4	-.97±21.78	.746
		CKC	269.56±93.51	266.09±91	-3.47±5.66	
전경골근	Average	OKC	53.09±37.29	55.56±36.64	2.47±1.08	.000*
		CKC	60.13±38.20	65.94±38	5.81±1.71	
	MVIC	OKC	157.66±105.33	161.49±104.35	3.82±2.96	.001*
		CKC	175.65±100.73	186.54±99.65	10.89±4.56	
비복근	Average	OKC	47.01±18.30	47.88±17.46	.87±1.39	.003*
		CKC	64.62±28.51	69.33±29.18	4.71±2.78	
	MVIC	OKC	147.32±85.19	150.16±79.72	2.83±6.38	.044*
		CKC	171.87±87.82	180.06±88.13	8.19±3.18	

* $p<.05$

IV. 고 찰

최근 많은 연구에서 만성 뇌졸중 환자에게도 근 약화는 변화될 수 있다는 근거가 제시되고 있고, 근력 증진을 위한 저항운동이 근력 향상의 효과뿐만 아니라, 기능적인 동작 수행에도 도움이 되며(Badics 등, 2002; Bourbonnais 등, 2002; Kim & Eng, 2003; Patten 등, 2004; van de Port 등, 2007; Weiss 등, 2000), 저항운동을 포함한 여러 가지 강도의 근력운동이 뇌졸중 환자의 재활 치료의 중요한 부분으로 인식되고 있다(Cramp 등, 2006; Lee 등, 2008; Moreland 등, 2003). 이에 본 연구는 저항운동의 방법을 운동학적으로 닫힌 사슬운동과 열린 사슬 운동으로 구분하여 각각의 운동 방법이 뇌졸중 환자의 하지 근활성도에 어떠한 영향을 미치는지 확

인하고, 뇌졸중 환자의 임상 치료에 있어 더욱 효과적인 방법을 제시 하고자 한다.

Ouellette 등(2004)은 만성 뇌졸중 환자를 대상으로 하여 12주 동안 주 3회 고강도 저항운동을 실시한 결과 비마비측 배측굴곡근을 제외한 마비측, 비마비측, 슬관절 신근과 족저굴곡근, 마비측 족저굴곡근의 근력이 증가함을 보였으며, Sharp와 Brouwer(1997)는 뇌졸중 환자를 대상으로 슬관절에 등속성 훈련을 시행하여 무릎관절 신근의 근력증가를 관찰하였다.

Nyland 등(2004)은 등척성 고관절 내전을 동반한 squat 운동을 실시한 결과 골반의 안정에 관여하며 내전을 통제하는 비복근의 활성화도가 높아졌다고 보고하였다. 본 연구에서도 squat 운동 시 비복근에서 근력증가를 나타낸 것과 다소 일치하였다.

Yang 등(2006)과 Krebs 등(2007)의 연구에서도 만성 뇌졸중 환자들에게 과제 지향적 점진적 저항운동을 실시한 결과 전반적인 하지 근력의 증가를 나타내어 본 연구에서의 마비측 하지의 대퇴사두근, 전경골근, 비복근의 근활성도가 닫힌 사슬 운동 그룹과 열린 사슬 운동 그룹과 비교하여 근활성도가 높게 나타난 것과 유사한 경향을 보였다.

조정희(2001)는 정상 성인 남자 17명을 대상으로 등장성 운동을 통한 열린 사슬 운동과 닫힌 사슬 운동의 근 활성화 변화를 분석한 연구에서 슬괩근이 열린 사슬 운동그룹에서 근 활성화가 현저히 증가하는 것으로 나타났다으나 본 연구에서는 두 그룹 모두 운동기간에 따른 슬괩근의 근 활성화 변화에 영향을 주지 않았다.

권유정(2009)은 열린 사슬 운동과 닫힌 사슬 운동을 건강한 성인에게 6주간 주 3회 실시한 결과, 내측/외측 광근과 슬괩근이 운동 전과 비교하여 두 군 모두 유의하게 증가하여 본 연구의 결과와 유사함을 보였다.

만성 뇌졸중 환자를 대상으로 실험한 본 연구 결과 닫힌 사슬과 열린 사슬 운동은 뇌졸중 환자의 대퇴사두근, 전경골근의 근 활성도를 증진시키며 두 그룹간에서 닫힌 사슬 운동이 하지 근 활성화도에서 더 많이 증가함을 보였다.

하지만 본 연구는 많은 수의 대상자를 포함시키지 못하였기 때문에 연구 결과를 일반화하기에는 제한이 따르며, 표면근전도의 저항을 최소화하기 위하여 털 제거와 각질층을 제거 하였으나, 운동을 하는 동안에 근육의 움직임이 근전도 신호에 미치는 영향을 완전히 배제 할 수 없었다. 그리고 연구에 참여하는 동안의 다른 치료 종류와 횟수를 고려하지 않았고, 각 개인의 병변의 부위도 고려하지 못하였다. 또한 4주간의 단기간으로 실험이 시행되었기 때문에 장기적인 효과를 평가 할 수 없었고, 실험에 참가한 환자의 치료시간 이외의 환경을 통제할 수 없었다. 향후 이러한 제한점을 보완하여 만성 뇌졸중 환자의 치료에 유용한 중재 프로그램을 개발, 보급하여야 할 것으로 생각되며, 장기적이며 지속성을 증명하는 연구 또한 필요할 것으로 사료된다.

V. 결 론

본 연구는 부산 K병원에서 2014년 6월 7일부터 8월 2일까지 발병 6개월 이상의 만성 뇌졸중 환자 18명을 대상으로 닫힌 사슬 운동을 실시한 실험군과 열린 사슬 운동을 실시한 실험군으로 나누어 4주 동안 실험 후 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 닫힌 사슬 운동을 실시한 실험군에서는 외측광근, 전경골근, 비복근에서 근 활성화도의 유의한 향상을 보였다.
2. 열린 사슬 운동을 실시한 실험군에서는 외측광근, 전경골근에서 근 활성화도의 유의한 향상을 보였다.
3. 두 그룹간의 근 활성화도의 운동 전후의 차이값을 비교한 결과 유의한 차이를 보였다.

본 연구 결과 닫힌 사슬 운동이 열린 사슬 운동 보다 만성 뇌졸중 환자의 하지 근 활성화도 향상에 더 효과적이라는 결론을 얻었다. 이러한 연구 결과를 통해 닫힌 사슬 운동이 만성 뇌졸중 환자의 재활치료에 적극적으로 활용될 수 있을 것이라 생각되어진다.

참고문헌

김연주(2007). 닫힌 사슬 운동이 전십자인대 재건술 환자의 슬관절 안정성에 미치는 영향. 대구대학교 재활과학대학원, 석사학위 논문.

권순복(2005). 십자인대 재건술 후 닫힌 사슬운동과 열린 사슬운동의 효과. 부산가톨릭대학교 보건과학대학원, 석사학위 논문.

권유정(2009). 열린 사슬과 닫힌 사슬 운동이 정상 성인의 동적 균형 능력과 근활성도 변화에 미치는 영향. 대구대학교 재활과학대학원, 석사학위 논문.

장재원(2004). 개방역학운동과 폐쇄역학운동 시 대퇴사두근의 근활성도 변화 : 축구선수를 중심으로. 고려대학교 의용과학대학원, 석사학위 논문.

조정희(2001). 등장성 운동을 통한 폐쇄역학운동과 개방역학운동의 근활성도 분석. 경희대학교 체육대학원, 석사학위 논문.

- Badics E, Wittmann A, Rupp M et al(2002). Systematic muscle building exercises in the rehabilitation of stroke patients. *Neurorehabil*, 17(3), 211-214.
- Basmalians JV, De Luca CJ(1985). *Muscle alive*. 4th ed, Baltimore, Williams & Wilkins.
- Bohannon RW, Walsh S(1992). Nature, reliability, and predictive value of muscle performance measures in patients with hemiparesis following stroke. *Arch Phys Med Rehabil*, 73(8), 721-725.
- Bourbonnais D, Bilodeau S, Lepage Y et al(2002). Effect of force-feedback treatments in patients with chronic motor deficits after a stroke. *Am J Phys Med Rehabil*, 81(12), 890-897.
- Canning CG, Ada L, Adams R et al(2004). Loss of strength contributes more to physical disability after stroke than loss of dexterity. *Clin Rehabil*, 18(3), 300-308.
- Cramp MC, Greenwood RJ, Gill M et al(2006). Low intensity strength training for ambulatory stroke patients. *Disabil Rehabil*, 28(13-14), 883-889.
- Davies JM, Mayston MJ, Newham DJ(1996). Electrical and mechanical output of the knee muscles during isometric and iso kinetic activity in stroke and healthy adults. *Disabil Rehabil*, 18(2), 83-90.
- Dennis MS, Burn JP, Sandercock PA et al(1993). Long-term survival after first-ever stroke: the Oxfordshire Community Stroke Project. *Stroke*, 24(6), 796-800.
- Duncan PW, Horner RD, Reker DM et al(2002). Adherence to postacute rehabilitation guidelines is associated with functional recovery in stroke. *Stroke*, 33(1), 167-177.
- Hislop HJ, Montgomery J, Connelly B et al(1995). *Daniels and Worthingham's Muscle Testing*. 6th ed, Philadelphia, WB. Saunders.
- Kim CM, Eng JJ(2003). The relationship of lower-extremity muscle torque to locomotor performance in people with stroke. *Phys Ther*, 83(1), 49-57.
- Krebs DE, Scarborough DM, McGibbon CA(2007). Functional vs. strength training in disabled elderly outpatients. *Am J Phys Med Rehabil*, 86(2), 93-103.
- Lee MJ, Kilbreath SL, Singh MF et al(2008). Comparison of effect of aerobic cycle training and progressive resistance training on walking ability after stroke: a randomized sham exercise-controlled study. *J Am Geriatr Soc*, 56(6), 976-985.
- Mathiassen SE, Winkel J, Hagg GM(1995). Normalization of surface EMG amplitude from the Upper Trapezius Muscle in ergonomic studies- a review. *J Electromyogr kinesiol*, 5(4), 197-226.
- Moreland JD, Goldsmith CH, Huijbregts MP et al(2003). Progressive resistance strengthening exercises after stroke: a single-blind randomized controlled trial. *Arch Phys Med Rehabil*, 84(10), 1433-1440.
- Newham DJ, Hsiao SF(2001). Knee muscle isometric strength, voluntary activation and antagonist co-contraction in the first six months after stroke. *Disabil Rehabil*, 23(9), 379-386.
- Ng JK, Richardson CA, Parnianpour M et al(2002). EMG activity of trunk muscles and torque output during isometric axial rotation exertion; a comparison between back pain patients and matched controls. *J Orthop Res*, 20(1), 112-121.
- Nyland J, Kuzemchek S, Parks M et al(2004). Femoral anteversion influences vastus medialis and gluteus medius EMG amplitude; composite hip abductor EMG amplitude ratios during isometric combined hip abduction-external rotation. *J Electromyogr Kinesiol*, 14(2), 255-261.
- Ouellette MM, LeBrasseur NK, Bean JF et al(2004). High-intensity resistance training improves muscle strength, self-reported function, and disability in long-term stroke survivors. *Stroke*, 35(6), 1404-1409.
- Patten C, Lexell J, Brown HE(2004). Weakness and strength training in persons with poststroke hemiplegia: rationale, method, and efficacy. *J Rehabil Res Dev*, 41(3A), 293-312.
- Prentice WE(2012). *Rehabilitation technique in sports*

- medicine. 5rd ed, New York, McGraw-Hill.
- Ryan AS, Dobrovoly CL, Smith GV et al(2002). Hemiparetic muscle atrophy and increased intramuscular fat in stroke patients. Arch Phys Med Rehabil, 83(12), 1703-1707.
- Sharp SA, Brouwer BJ(1997). Isokinetic strength training of the hemiparetic knee: Effects on function and spasticity. Arch Phys Med Rehabil, 78(11), 1231-1236.
- Shepherd RB(2001). Exercise and training to optimize functional motor performance in stroke: driving neural reorganization? Neural Plast, 8(1-2), 121-129.
- Signoril JF, Kascik D, Perry A et al(1995). The Lower-Extremity weight-bearing activities. J Orthp Sports Phys Ther, 29(2), 93-104.
- Turker KS(1993). Electromyography: Some methodological problems and issues. Phys Ther, 73(10), 698-710.
- Van de Port IG, Wood-Dauphinee S, Lindeman E et al(2007). Effects of exercise training programs on walking competency after stroke: a systematic review. Am J Phys Med Rehabil, 86(11), 935-951.
- Weiss A, Suzuki T, Bean J et al(2000). High intensity strength training improves strength and functional performance after stroke. Am J Phys Med Rehabil, 79(4), 369-376.
- Whitall J(2004). Stroke rehabilitation research: time to answer more specific questions? Neurorehabil Neural Repair, 18(1), 3-8.
- Yang YR, Wang RY, Lin KH et al(2006). Task-oriented progressive resistance strength training improves muscle strength and functional performance in individuals with stroke. Clin Rehabil, 20(10), 860-870.