

고유수용성 신경근 촉진기술에 따른 대퇴사두근의 활동전위

신은성
연세대학교 보건과학대학 재활학과
최소영
반도정형외과 물리치료실

Abstract

The Effects of Proprioceptive Neuromuscular Facilitation Techniques on the Quadriceps Femoris by Electromyographic Analysis

Sin Eun-sung, B.H.Sc., R.P.T.

Dept. of Rehabilitation Therapy, College of Health Science, Yonsei University

Choi So-young, B.H.Sc., R.P.T.

Dept. of Physical Therapy, Bando Orthopedics Clinic

The purpose of this study was to compare the integrated electromyographic activity ratios of vastus lateralis(VL); rectus femoris lateral portion (RFL); rectus femoris medial portion(RFM); and vastus medialis(VM) muscles of 30 healthy subjects under three proprioceptive neuromuscular facilitation(PNF) techniques. Each subject was randomly assigned to one of 3 PNF techniques groups : slow reversal(SR), slow reversal hold(SRH) and rhythmic stabilization (RS). Each person was positioned in supine with the right hip flexed to 45° and the knee fully extended and received a total of 6 sessions. Each technique was applied to the right lower extremity in two diagonal patterns while electrical activity was monitored from the ipsilateral muscles VL, RFL, RFM, and VM, respectively. Comparison of normalized mean EMG magnitudes from VL, VM showed that RS demonstrated significantly greater activity than that of SR or SRH and that RFL and RFM did not demonstrate any greater relative EMG activity with the three PNF techniques than did VL or VM.

Key Words: Electromyography; Proprioceptive neuromuscular facilitation;
Lower extremity; Isotonic contraction; Isometric contraction.

I. 서론

고유수용성 신경근 촉진(proprioceptive neuromuscular facilitation, PNF)의 이론은 운동기능학(kinesiology), 신경생리학, 치료사의 임상경험을 바탕으로 인간이 가진 미발견된 잠재력에 기초를 두고 있다. 이 이론의 신경생리학적 원리는 신경근 장애(neuromuscular dysfunction)의 평가와 치료를 위한 동적인 접근(dynamic approach)과 감각/운동 체계(sensory/motor system)에 기초를 두고 있다(Basmajian과 Nyberg, 1993). 이러한 기능적이고 신경근적인 접근의 기초는 동적인 근력, 유연성, 공동작용, 근육동원(muscle recruitment), 증상부위의 운동조절(motor control of symptomatic region)을 위한 자세와 움직임 패턴(posture and movement pattern)에서 볼 수 있다 (Basmajian과 Nyberg, 1993). 따라서 이 기법의 적용은 목표 근육을 지배하고 있는 알파운동뉴런풀(alpha motor neuron pool)을 흥분시키거나 억제하는 것으로 알려진 요소들을 신중하게 자극하여 최종적인 공통경로(final common pathway)에 영향을 주게 되는 것이다(권혁철과 이충휘, 1995).

근육의 힘은 개별적으로 이루어지는 것이 아니라 공동그룹(synergistic groups)내에서 이루어진다. 이러한 기전은 운동단위 동원의 종류와 활성빈도로서 길항근과 주동근의 관계를 제시한다. 따라서 골격근이 충분히 활성화할 수 있는 능력의 부족은 운동단위의 역치를 크게 활성화하고, 이 단위의 이행을 효과적으로 조절할 수 없는 능력과 관계된다(Grabiner, 1994).

인체는 길항근의 수축으로 골격근의 잠재된 힘을 만들어 내고 활성을 강화해 간다.

이러한 활동조절은 단계적인 분절흥분을 최대화시키고, 운동단위의 역치를 크게 활성화 시킴으로써 주동근으로의 자연스러운 추진력을 제공한다. 그 증거로 근력훈련을 위한 과정에는 조절된 길항근 수축을 포함시키는 것이 효과적이라는 연구가 있다(Grabiner, 1994).

길항근의 역전은 정상적인 신체적 활동에서 정상적인 반응, 잘 수행된 능력과 관계되어 매우 중요한 역할을 한다. 예를 들면 노를 젓거나, 물건을 잡았다가 놓기, 튼질하기, 목적있는 행동을 위해 목표로 향할 때 의지적으로 앞으로 가고 뒤로 가는 움직임 등을 사용한다. 활동의 요구에 따라 길항근이 역전하지 못할 때, 힘, 능숙함, 공동작용과 같은 기능수행에서 즉시 손상이 나타난다(Voss 등, 1985).

느린 역전(Slow Reversal), 느린 역전-정지(Slow Reversal Hold), 율동적 안정화(Rhythmic Stabilization)는 모두 길항근의 역전을 이용하여 주동근 패턴의 능동운동을 자극하는 고유수용성 신경근 촉진기술이다. 이것은 신경학적 혹은 정형학적 문제를 가진 환자들에게 주로 안정성과 가동성을 증가시키기 위해 사용한다(Voss 등, 1985). 주동근 패턴이 약하고 길항근 패턴에서 힘을 쓸 수 있는 환자에게 역전에 의한 자극으로 길항근 패턴을 사용하는데, 이것은 강한 패턴에 먼저 저항을 적용하는 것으로 약한 주동근의 근조직에 촉진 효과를 준다(Markos와 Sulivan, 1995). 저항에 대한 길항근의 수축으로 인해 주동근의 수축이 자극되는 것은 극복될 수 있는 저항의 양이 증가된 것으로 설명된다.

예를 들어, 주관절의 신전이 최대 저항에 대해 수행되었다면, 주관절의 굴곡은 처음 시도할 때보다 더 강하게 수행되고 더 큰 저항을 극복할 수 있게 된다(Voss 등, 1995). 이러한 기술들은 셰링턴의 법칙(Sherrington's law)에 기초한다. 이것은 길항근의 선행적인 수축에 의해서 움직임의 패턴이 촉진되어지는 것을 유지한다. 이 현상의 원리는 명백하지 않지만, 한 설명에 따르면 보다 강한 패턴이 능동적으로 단축역(shortened range)에 접근할 때, 그리고 패턴에서 근육들의 외적 신장이 감소될 때 근방추의 부하가 제거되는 것은 이러한 수용기로부터 고위중추로 가는 근방추의 구심성 입력을 감소시킨다(Markos와 Sullivan, 1995). 느린 역전은 주동근과 길항근 패턴에 교대적으로 등장성 수축을 수행한다. 느린 역전-정지는 주동근과 길항근의 등장성 수축과 등척성 수축을 교대적으로 수행하는데 길항근 패턴으로 저항을 준 등장성 수축을 한 후에 주동근의 등척성 수축을 수행한다. 율동적 안정화는 주동근과 길항근에 동시에 저항을 적용한 상태에서 등척성 수축을 수행한다(O'Sullivan과 Schmitz, 1988). 많은 근전도 연구들에서는 길항근이 신장되기 이전에 주동근의 활동이 시작됨을 보여 주었다. 이 증거는 주동근 패턴에의 축진이 말초 기전들로부터의 억제라기 보다 중추 프로그램의 결과라는 것을 강력하게 제시한다(Markos과 Sullivan, 1995).

본 연구의 목적은 연구대상의 하지에 고유 수용성 신경근 축진(SR, SRH, RS)적용시, 내광근(vastus medialis, VM), 대퇴직근의 내측부(rectus femoris medial portion, RFM), 대퇴직근의 외측부(rectus femoris lateral portion, RFL), 외광근(vastus lateralis, VL)의 활동전위 차이를 보려는 것이다. 그리하여 각 근육을 선택적으로 강화시키는데 어느 기술이 더 효과적인지를 알아보고자 한다.

II. 연구방법

1. 연구기간 및 연구대상

본 연구의 실험 장소는 1986년 7월3일부터 7월 11일까지 연세대학교 보건과학대학 재활학과 내에 있는 백운관 137호 강의실에서 수행하였다. 연구대상은 남자 19명, 여자 11명을 선정하였고, 현재 정신적, 신체적 질병, 과거 근골격계 수술이나 질병 경험, 대사성 질환이 없는 정상인으로 하였다.

2. 실험도구

재활학과 내에 있는 미국 neurodyne사의 Davicon이라는 근전도 기계를 사용하였다.

3. 연구방법

각각의 연구대상자에게는 움직임에 제한을 주는 요소들을 제거하기 위해 간편한 복장을 하게 하였다. 기술적용 순서는 각각의 조사단위를 같은 크기의 확률로 추출하기 위해 확률수표를 이용하여 대상자마다 임의의 순서로 할당하였다. 전극은 대상자가 바로 누운 자세에서 먼저 부착부위를 알코올로 소독한 뒤, 오른쪽 3개의 근육의 네 부위에 근섬유와 같은 방향으로 부착하였다. 각각의 전극의 부착 위치는 다음과 같다. 대퇴직근의 내측부는 전상장골가시(ASIS)에서 종자골(patella)의 상극점(superior pole)까지 거리의 1/2인 점에서 2.5 cm 내측인 지점에, 대퇴직근의 외측부는 전상장골 가시에서 종자골의 상극점까지 거리의 1/2인 점에서 2.5 cm 외측인 지점에, 외광근은 전자간선(intertrochanteric line)의 아래 부분에서 종자골의 상극점까지 거리의 2/3인 지점에, 내광근은 강한 등척성 수축시 보이는 근팽대부(muscle belly)위에 부착하였다(그림 1). 기술적용 횟수는 각각 3번씩 시도하였고, 표면 근전도(surface EMG)의 측정은 각각의 대각선 방향에서 24초간의 결과로 평균을 내었다. 조사단위간의 쉬는 시간은 1분으로 하였다.

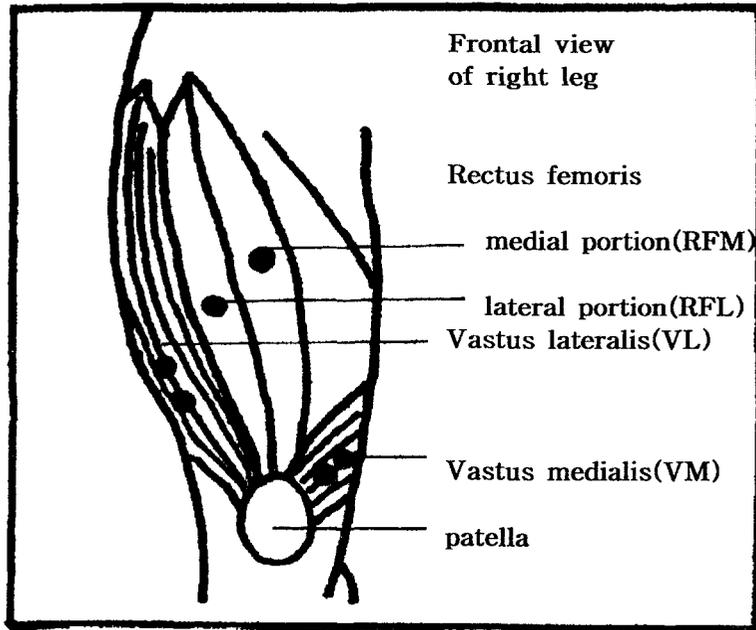


그림 1. 전극의 부착부위

4. 용어의 정의

가. 등장성 수축(isotonic contraction) : 근육 자체의 길이가 짧아지는 구심성 수축과 근육 길이가 길어지면서 수축하는 원심성 수축으로 나눌 수 있다.

나. 등척성 수축(isometric contraction) : 운동부하는 변하더라도 근육 자체의 길이는 변하지 않는 수축이다.

다. Diagonal 1 Flexion(D₁F) : 상지에서는 견갑골의 거상(elevation), 외전(abduction), 상방회전(upward rotation)과 하지에서는 골반의 신축(protraction)을 시키는 굴곡(flexion), 내전(adduction), 외회전(external rotation)의 운동의 합작을 말한다.

라. Diagonal 2 Flexion(D₂F) : 상지에서는 견갑골의 거상(elevation), 내전(adduction), 하방회전(downward rotation)과 하지에서는 골반의 거상(elevation)을 시키는 굴곡(flexion), 외전(abduction), 내회전(internal rotation)의 운동의 합작을 말한다.

5. 기술적용 방법

기술적용은 대상자의 오른쪽 고관절 45°

굴곡과 슬관절 신전자세에서 시작하였고, 맨손 접촉은 오른쪽의 대퇴부와 족관절 주위에 위치하였다.

느린 역전은 D₁F 적용시, 연구대상자는 오른쪽 고관절의 신전-외전-내회전으로 6초간 길항근의 등장성 수축을 하였고(지시어는 “당신의 발을 나를 향해 동시에 아래쪽과 바깥쪽으로 미시오.”를 사용하였다.), 이어서 굴곡-내전-외회전으로 6초간 주동근의 등장성 수축(지시어는 “당신의 발이 몸을 지나가도록 위로 당기시오.”를 사용하였다.)을 하였다. 위의 과정을 한 번 더 반복하였다. D₂F 적용시, 연구대상자는 오른쪽 고관절의 신전-내전-외회전으로 6초간 길항근의 등장성 수축을 하였고(지시어는 “당신의 발이 왼쪽 다리를 지나가도록, 발바닥을 위로하여 아래로 미시오.”), 굴곡-외전-내회전으로 6초간 주동근의 등장성 수축을 하였다(지시어는 “당신의 발을 아래쪽과 바깥쪽으로 밀면서 오른쪽 위로 들어올리시오.”). 위의 과정을 한 번 더 반복하였다.

느린 역전-정지는 D₁F 적용시, 오른쪽 고관절의 신전-외전-내회전으로 4초간 길항근의 등장성 수축을 하였고, 이어서 굴곡-내전-외회전으로 4초간 주동근의 등장성 수축을

하였다. 다시 위의 과정을 한 번 더 반복하고 굴곡 - 내전 - 외회전으로 4초간 주동근의 등척성 수축을 하였다(지시어는 “그대로 유지하십시오.”를 사용하였다.). 마지막으로 굴곡 - 내전 - 외회전으로 4초간 주동근의 등장성 수축을 하여 강조를 위한 계속적인 수축을 하도록 하였다(지시어는 “계속 당기시오, 당기시오, 당기시오.”). D₂F 적용시 방향은 느린 역전의 D₂F와 같고, 방법은 D₁F와 같게 하였다.

올동적 안정화는 D₁F, D₂F적용시, 검사자가 주는 저항에 반한 등척성 수축을 방향전환할 때 이완이 없도록 각각 6초간 4번을 수행하였다. 검사자는 등척성 수축을 위해 ‘유지하라’는 명령을 주었다.

6. 분석방법

본 연구의 자료는 동일한 근육에 대하여 여러가지 기술을 적용하여 얻은 반복측정된

값을 평균내어 사용하였다. 여섯 가지 기술 (SR D₁F, SRH D₁F, RS D₁F, SR D₂F, SRH D₂F, RS D₂F)의 평균값 차이검정은 SAS (statistical analysis system)를 통해 반복측정된 자료를 분산분석하였다. 통계학적인 유의성을 검증하기 위해서 유의수준은 $\alpha=0.05$ 로 정하였고, 각 그룹간의 효과와 상호작용 및 대비는 검정통계량 F비(p=0.05)로 해석하였다.

III. 결과

1. 측정결과와 평균값

대퇴사두근의 평균값은 각 근육마다 차이를 보였다. 외광근과 내광근은 올동적 안정화 D₁F, 대퇴직근의 외측부와 내측부는 느린 역전-정지 D₁F에서 평균값이 가장 크게 나왔다 (그림 2).

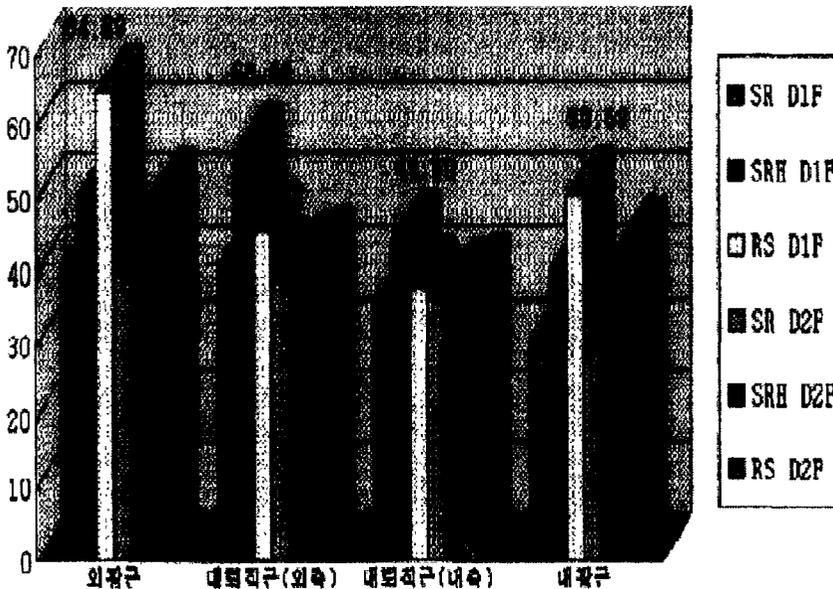


그림2. 고유수용성 신경근 촉진기술에 따른 각 근육의 평균값

2. 고유수용성 신경근 촉진기술에 따른 반복 측정된 자료의 분산분석 비교

각 기술에 따른 근육의 평균값의 유의한

차이를 검증하기 위해 SAS를 통해 반복측정된 1요인 분산분석을 하였다. 그 결과의 대비는 Bonferroni의 방법을 적용하였다.

본 연구의 결과, 외광근에서는 '운동적 안정화(RS D₂F, RS D₂F와 유의한 차이가 있었으나, 정화(SRH D₁F)'가 가장 효과적인 기술로 나타났고 SRH D₁F와는 유의한 차이를 보이지 않았다 나타났다. RS D₁F는 SR D₁F, SR D₂F, SRH (표 1).

표 1. 외광근에서의 반복측정된 자료의 1요인 분산분석

	유의확률				
	SR D ₁ F ^a	SRH D ₁ F ^b	RS D ₁ F ^c	SR D ₂ F ^a	SRH D ₂ F ^b
SRH D ₁ F	0.15				
RS D ₁ F	0.00	0.08			
SR D ₂ F	4.00	6.45	0.00		
SRH D ₂ F	1.01	1.18	0.00	1.55	
RS D ₂ F ^c	0.19	4.61	0.00	0.14	1.92

^aSR D₁F, SR D₂F : 느린 역전의 두 대각선 패턴

^bSRH D₁F, SRH D₂F : 느린 역전-정지의 두 대각선 패턴

^cRS D₁F, RS D₂F : 운동적 안정화의 두 대각선 패턴

내광근에서는 '운동적 안정화(RS D₁F)'가 가장 효과적인 기술로 나타났고 SRH D₁F, RS D₂F와는 유의한 차이가 없었다. 또, RS D₂F는 SR D₁F, SR SR D₁F, SR D₂F, SRH D₂F와 유의한 차이 D₂F와 유의한 차이를 보였다(표 2).

표 2. 대퇴직근 외측부에서의 반복측정된 자료의 1요인 분산분석

	유의확률				
	SR D ₁ F ^a	SRH D ₁ F ^b	RS D ₁ F ^c	SR D ₂ F ^a	SRH D ₂ F ^b
SRH D ₁ F	0.00				
RS D ₁ F	0.56	0.00			
SR D ₂ F	3.89	0.00	0.20		
SRH D ₂ F	4.45	0.00	1.06	3.14	
RS D ₂ F ^c	3.31	0.00	1.09	2.60	4.16

^aSR D₁F, SR D₂F : 느린 역전의 두 대각선 패턴

^bSRH D₁F, SRH D₂F : 느린 역전-정지의 두 대각선 패턴

^cRS D₁F, RS D₂F : 운동적 안정화의 두 대각선 패턴

대퇴직근의 외측부의 결과에서는 느린 역전-정지(SRH D₁F)가 가장 효과적인 기술로 나타났고 SRH D₁F는 나머지 모든 기술과 유의한 차이가 있었다(표 3).

표3. 대퇴직근 내측부에서의 반복측정된 자료의 1요인 분산분석

유의확률					
	SR D ₁ F ^a	SRH D ₁ F ^b	RS D ₁ F ^c	SR D ₂ F ^a	SRH D ₂ F ^b
SRH D ₁ F	0.04				
RS D ₁ F	2.04	0.28			
SR D ₂ F	4.44	0.06	1.83		
SRH D ₂ F	2.66	0.08	4.67	2.59	
RS D ₂ F ^c	1.98	0.29	4.57	1.93	4.15

^aSR D₁F, SR D₂F : 느린 역전의 두 대각선 패턴

^bSRH D₁F, SRH D₂F : 느린 역전-정지의 두 대각선 패턴

^cRS D₁F, RS D₂F : 율동적 안정화의 두 대각선 패턴

대퇴직근의 내측부에서도 느린 역전-정지 SRH D₁F는 SR D₁F와 유의한 차이가 있었으나, 나머지 기술과는 유의한 차이가 없었다 (표 4).

표4. 내광근에서의 반복측정된 자료의 1요인 분산분석

유의확률					
	SR D ₁ F ^a	SRH D ₁ F ^b	RS D ₁ F ^c	SR D ₂ F ^a	SRH D ₂ F ^b
SRH D ₁ F	0.12				
RS D ₁ F	0.00	0.46			
SR D ₂ F	2.75	0.42	0.01		
SRH D ₂ F	0.36	2.95	0.02	1.14	
RS D ₂ F ^c	0.02	1.93	0.85	0.04	0.37

^aSR D₁F, SR D₂F : 느린 역전의 두 대각선 패턴

^bSRH D₁F, SRH D₂F : 느린 역전-정지의 두 대각선 패턴

^cRS D₁F, RS D₂F : 율동적 안정화의 두 대각선 패턴

IV. 고찰

1. 연구방법에 대한 고찰

본 연구에서는 길항근의 역전을 이용한 3가지 기술, 느린 역전, 느린 역전-정지, 율동적 안정화를 적용하였다. 기술적용 부위를 대상자의 오른쪽 하지로 선정한 것은 첫째, 본 연구는 대상자간의 결과 비교가 아니라 한 대상자 내에서 기술간의 결과 비교이므로 우세다리를 가릴 필요가 없었고, 둘째, 기술적용자의 능숙 정도가 결과에 영향을 주게 되므로 기술적용 미숙으로 인한 오차를 배제하고 좀더 신뢰도가 높은 결과를 얻어내기 위해서였다. 3가지 기술은 모두 길항

근의 수축으로 시작되었다. 이때 더 많은 근력을 생산하기 위해 시작 자세를 길항근 즉 고관절의 신전근과 슬관절의 굴곡근의 연장역으로 정하여 대상자를 고관절 45° 굴곡, 슬관절의 완전 신전자세에 놓고 기술을 적용하였다. 이는 근수축시 연장역일때가 가장 큰 장력을 생산한다는 길이-장력의 관계(length-tension relationship)를 받아들인 것이다(Colby & Kisser, 1992). 또한, 각 기술은 모두 46회의 등장성 또는 등척성 수축으로 구성되어 있는데, 4회 수축으로 구성된 기술에서는 각각 6초간, 6회인 기술에서는 각각 4초간 수축을 하게 하여 총 기술적용 시간(duration)이 24초로 동일하게 배정하였다. 동일기술의 반복적용간과 각 기술간의 휴식시간은 60초로 정하였는데

이것은 임상에서 사용될 수 있는 최대한의 휴식시간이다. 본 연구는 동일한 대상에 대해서 기술을 달리하여 개인내 근전도 변화를 비교하는 것으로서, 비교성이 높고 적은 수의 연구대상자라도 분석이 가능한 장점이 있으나, 이월효과(carry-over effect), 학습효과(learning effect), 그리고 처음이 가장 긴장도가 크고 나중으로 갈수록 피로도가 쌓일 것을 예상할 수 있었다. 따라서 실험자는 확률수표를 통해 무작위로 추출하여 통제했다.

2. 연구결과에 대한 고찰

Kabat, Knott, Voss에 이어지는 고유수용성 신경근 촉진이론에 의하면, 근육의 반응은 저항, 신전반사, 견인, 맨손 접촉, 고유수용성 자극에 영향을 받고, 이에 따라 특정 근육의 동원패턴이 만들어지는 것으로 설명된다. 따라서 이 기술은 환자의 자세반응, 움직임의 패턴, 근력, 지구력을 평가하고 강화시키는데 적용되어 왔다(Basmajian과 Nyberg, 1993). Wang(1994)은 울동적 개시(rhythmic initiation), 느린 역전(slow reversal), 주동근 역전(agonistic reversal)을 사용하여 편마비환자의 보행패턴 조절에 효과를 보았고, Markos(1982)는 정상인에서의 SLR 시 수축 이완(contract relax)에서는 내광근이, 정지 이완(hold relax)에서는 반막양근(semimembranosus)이 근력증강을 보였다. 그러나 그 외 다른 연구논문에서 근력의 평가, 강화 및 훈련에 관한 언급은 찾을 수가 없었다. 가장 일반적인 근력의 평가 도구인 도수근력검사(MMT)는 기능수행 능력에 대해 완벽하고 정확한 예견을 해 주지 못한다. 즉 효율적인 기능수행이라는 것은 각각의 근육이 가지는 개별적인 근력이 아니라, 적당한 협동그룹 내에서의 반응에 의한 것이다. 이는 고유수용성 신경근 촉진의 패턴과 기술을 사용함으로써 효과적인 체계를 제공할 수 있다. 본 연구에서는 일상생활에서 중요한 역할을 하는 '길항근의 역전'을 이용한 세 가지 기술을 적용하여 근육이 가장 효과적으로 반응하는 것을 알아보았다.

본 연구의 결과, 외광근과 내광근에서는 '울동적 안정화 DiF'가 가장 효과적인 기술로 나타났다. 이는 등척성 수축과 등장성 수축을 대비해 봄으로써 설명할 수 있다. Kagamihara와 Nielsen(1991)은 양신경세포접합부의 상호교환경로(disynaptic reciprocal pathway)의 전달이 억제되면 두 길항근의 개재뉴런(interneuron)이 높은 활성수준을 이끌어 낸다고 하였고, 이를 위해서는 특수한 협력수축 운동 프로그램(cocontraction motor program)이 활성화 되어야 한다고 주장을 하였다. 그들은 족관절의 배측굴곡에서 등쪽굴곡으로 수행시, 등쪽굴곡은 협력수축의 효과로 억제가 점차 감소되어 신경활성이 증가하고 신경연접의 전위가 수정됨에 따라 움직임의 반응을 시작하는 능력의 향상으로 근력이 증가되었음을 증명하였다. 등척성 수축으로 이루어진 울동적 안정화는 좀더 지속적이고 피로도가 낮은 지속성 근섬유(tonic muscle fiber)와 느린 연속섬유(slow twitch fiber)가 관여했기 때문이고, 또한 이 수축은 분절에서 움직임이 안정되고 신경근적인 자세자각과 근장력에 민감한 골지건기(GTO)의 활성화로 근수축에 이은 근육동원이 성공적으로 협력수축(cocontraction)으로 가져갔기 때문이다. 그러므로 길항근의 역전을 통해 주동근의 수축을 효과적으로 이끌어 낸 것이다. 이에 반해 가장 낮은 평균값을 보인 등장성 수축으로 이루어진 '느린 역전'은 단축성 근섬유(phasic muscle fiber)와 빠른 연속섬유(fast twitch fiber)가 관여하고 분절에서의 움직임이 구심성 수축과 원심성 수축으로 진행되는 동안 바뀌어진 패턴으로 근육동원이 순조롭지 않았기 때문이다(Ionta 등, 1983; Sullivan, 1995). 대퇴직근의 외측부와 내측부에서는 '느린 역전 정지 DiF'가 가장 효과적인 기술로 나타났다. Sullivan(1995)은 점증적으로 적용된 등척성 수축은 등장성 수축보다 정적인 감마운동뉴런(static gamma motoneuron)을 더 회복시켜 운동단위의 촉진을 증가시킨다고 하였다. 따라서 '느린 역전 정지'안의 등척성 수축의 삽입은 근육군의 수축을 강화시키고, 이에 반하여 단순한 등장성 수축은 그 운동이 이루어지고 있는 기간동안 그 범위를

향하여 더 억제적인 효과를 조성할 것이라고 하였다. 또한 그는 근력 단계가 Fair 범위에 있고 반응 강화의 목적으로 범위의 여러 곳에서 수의적인 등장성 수축이 첨가될 수 있다고 하였다. 본 연구에서 '느린 역전-정지 D₁F'가 가장 높게 나온 것은 대퇴직근이 고관절의 굴곡기능까지 포함하기 때문에 기술 적용 전에 이미 고관절의 굴곡으로 운동단위의 동원이 이루어진 상태이므로 등장성 수축에 의해 반응이 더욱 강화된 것이다.

본 연구결과에서 나온 기술들이 모든 경우에 효과가 좋다고 결론을 내릴 수는 없을 것이다. 정상인을 대상으로 했기 때문에 패턴의 수행이 모든 범위에서 수월하게 진행되었지만, 가령 운동범위가 제한되거나 어느 한 지점에서 유지하기가 어려운 환자의 경우는 결과가 다를 것이다. 따라서 추후에는 질환에 따른 각 기술간의 효과를 비교하는 연구가 필요할 것이다. Wang(1994)은 2주간의 훈련기간을 두어 정지 이완(hold relax)과 수축 이완(contract relax)을 적용하였다. 고유 수용성 신경근 촉진은 운동학습(motor learning)을 강조한다. '학습되었다'라고 하는 것은 연습 또는 경험으로 성취도(performance)에 있어서 영구적인 변화가 생기는 것인데, 이것의 확인은 시간이 경과한 후에 평가해야 한다(권혁철과 이충휘, 1995). 이러한 설명에 따라 앞으로는 일정 기간동안 훈련을 하여 기술적용시 뿐만 아니라 훈련 전후의 근력의 변화를 비교하는 연구도 필요하다.

본 연구에서는 통제할 수 없었던 제한점이 있었다. 첫째, 실험에 사용했던 근전도 기계가 민감했다는 것이다. 이것은 정확하게 움직임의 양을 측정할 수는 있었지만 부착세기와 부착부위의 일관성의 차이에서 오차가 생길 가능성을 배제할 수 없었다. 둘째, 실험전 대상자의 심리적 요인을 고려하지 않았다는 것이다. 실험에 열심히 참여한 사람과 그렇지 않은 사람과의 차이를 가려낼 수가 없었으므로 이로 인한 작용이 영향을 미쳤을 것이다. 셋째, 기술적용 후에 오히려 운동범위의 감소를 보이는 경우가 있었다. 먼저 대상자가 혼자 대각선 패턴으로 움직여 보도록 한 후에 기술을 적용하였는데, 이때 저항에

반해 근수축을 할 때 근력이 감소하였다. 이것은 평소엔 운동량이 없었던 대상자가 갑자기 저항을 이겨내기 위해 힘을 주어 근육을 수축시킴으로써 긴장도가 증가되고, 피로가 생겼기 때문이라고 본다. 추후에는 대상자를 선정하는 조건에 운동량에 대한 언급도 필요하다고 본다. 넷째, 연구대상자가 근육을 사용하는 습성이 모두 다르다는 것이다. 예를 들어, 대퇴의 외측에 저항을 주었을 때 외측의 근육의 힘을 이용하여 움직이는 사람이 많이 있는가 하면, 외측부와 내측부의 근육을 모두 사용하는 사람이 있었다. 이 부분은 실험전의 충분한 설명에도 불구하고 통제되지 못했다. 다섯째, 실험자가 준 저항의 비밀관성이었다. 가장 효과적인 고유수용성 신경근 촉진기술에 주는 저항은 최대의 운동성 뉴론점중원(motorneuron recruitment)을 끌어내기에 충분해야 한다고 밝히고 있다(Sullivan, 1995). 그러나, 실험 과정 중 대상자의 힘과 실험자의 피로도를 통제하는 것과 기술적용시 각 패턴간의 연결을 부드럽고 빠르게 그리고, 이완이 없도록 저항을 주는 데에 미숙했다. 다섯째, 각 기술적용간에 쉬는 시간의 비밀관성이었다. 근전도 기계내 세팅한 시간에 맞게 진행해 나가는 과정에서 대상자가 구두 지시를 이해하는데 개인차가 있었고, 실험자의 오류로 인해 정확한 시간에 맞추지 못하는 경우도 있었다.

V. 결론

본 연구는 30명의 정상인을 대상으로 고유 수용성 신경근 촉진(PNF)기술에 따른 근전도를 비교하였다. 느린 역전, 느린 역전 정지, 울동적 안정화를 D₁F, D₂F으로 적용하여 얻은 결과는 다음과 같다.

1. 외광근(VL)에서는 '울동적 안정화 D₁F'가 가장 효과적인 기술이었다($p < 0.05$).
2. 대퇴직근의 외측부(RFL)에서는 '느린 역전 정지 D₁F'가 가장 효과적인 기술이었다($p < 0.05$).

3. 대퇴직근의 내측부(RFM)에서는 '느린 역전-정지 D₁F'가 가장 효과적인 기술이었다(p<0.05).

4. 내광근(VM)에서는 '올동적 안정화 D₁F'가 가장 효과적인 기술이었다(p<0.05).

이상의 결과로 볼 때, 주동근이 약하고 길항근이 강한 환자의 약한 근력을 강화시키기 위해서는 '길항근의 역전'을 이용한 고유수용성 신경근 촉진(PNF)의 세 가지 기술 중 각 근육에 효과적인 기술을 알아 적용하는 것이 필요하다.

인용문헌

- 이충휘, 권혁철. 고급물리치료I. 현문사. 1995: 20-21,72-77.
- Basmajian JV. Electromyographic study of two-joint muscles. *Am J Phys Med.* 1975;54:234-242.
- Colby LA, Kisner C. Therapeutic Exercise: Foundations and Techniques. 2nd ed. Philadelphia, Pa: FA Davis Co. 1992:11.
- Connolly BH, Montgomery PC. Framework for assessment and treatment. In: Connolly BH, Montgomery PC. Motor Control and Physical Therapy: Theoretical Frame work and Practical Applications. 1st ed. United States of America: Chattanooga Group Inc. 1991: 5.
- Day BL, Mazzocchio R, Rothwell JC, Thompson PD. Effect of tonic voluntary activity on the excitability of human motor cortex. *J Physiol.* 1994; 474:261-267.
- Fuglevand AJ, Howell JN, Walsh ML, et al. Motor unit activity during isometric and concentric contractions of the human first dorsal interosseus muscle. *J Neurophysiol.* 1995;74:901-904.
- Grabiner MD. Maximum rate of force development is increased by antagonist conditioning contraction. *J Appl Physiol.* 1994;77:807-811.
- Gross MT, Souza DR. Comparison of vastus electromyographic ratios between healthy subjects and patients with patellofemoral Pain. *Phys Ther.* 1991;71:310-316.
- Ionta MK, Myers BJ, Voss DE. Proprioceptive Neuromuscular Facilitation. 3rd ed. Philadelphia: Harper & Row Publishers. 1983:300-303.
- Jewett PD, Karst GM. Electromyographic analysis of exercise proposed for differential activation of medial and lateral quadriceps femoris muscle component. *Phys Ther.* 1993;73:286-297.
- Johnson GS, Saliba VL, Wardlaw C. Proprioceptive neuromuscular facilitation. In: Basmajian JV, Nyberg R. Rational Manual Therapies: Williams & Wilkins. 1993:243-245.
- Kagamihara Y, Nielsen J. The regulation of disynaptic reciprocal Ia inhibition during co-contraction of antagonistic muscles in man. *J Physiol.* 1992;456: 373-391.
- Karpovich PV. Effect of eccentric training of agonists on antagonistic muscles. *J Appl Physiol.* 1967;23:742-745.
- Knortz KA, Leeson MA. The use of electromyographic biofeedback in the treatment of patellofemoral syndrome. A NeuroDyne Application Guide. 1992: 1-4.
- Markos PD. Ipsilateral and contralateral effects of proprioceptive neuromuscular facilitation techniques on hip motion and electromyographic activity. *Phys Ther.* 1979;59:1366-1373.
- Markos PD, Minor MD, Sullivan PE. An Integrated Approach to Therapeutic Exercise Theory & Clinical Application. Reston, Virginia: Reston Publishing Company Inc. 1982:128-130,141-142.
- Markos PD, Sullivan PE. Clinical Decision Making in Therapeutic Exercise. Norwalk: Appleton & Lange. 1995: 67-68,77-78.
- Minor MAD. Proprioceptive neuromuscular

- facilitation and the approach of Rood.
In: Lister MJ. Contemporary
Management of Motor Control
Problems. 1st ed. Virginia: Foundation
for Physical Therapy Co. 1991:137-139.
- Nielsen J, Sinkjaer T, Toft E. Mechanical
and electromyographic analysis of
reciprocal inhibition at the human
ankle joint. J Neurophysiol. 1995;74:
849-855.
- O'sullivan SB, Strategies to improve motor
control. In: O'sullivan SB, Schmitz TJ.
Physical Rehabilitation: assessment and
treatment. 2nd ed. United States of
America: Library of Congress
Cataloging-in-Publication Data Co.
1988:280.
- Sogaard K. Motor unit recruitment pattern
during low-level static and dynamic
contractions. Muscle Nerve. 1995;18:
292-300.
- Wang RY. Effect of proprioceptive
neuromuscular facilitation on the gait
of patients with hemiplegia of long
and short duration. Phys Ther. 1994;
74:1108-1115.