

편측 상지에 적용된 고유수용성 신경근 촉진법이 반대측 하지의 근 활성화도에 미치는 영향

김경환* · 박지원** · 배성수***

을지대학병원 물리치료실* · 대구카톨릭대학교 보건과학대학 물리치료과** · 대구대학교 재활과학대학 물리치료과***

Effect of Proprioceptive Neuromuscular Facilitation Applied to the Unilateral Upper Extremity on the Muscle Activation of Contralateral Lower Extremity

Kyung-Hwan Kim, P.T., MS*, Ji-Won Park, P.T., Ph.D**, Sung-Soo Bae, P.T., Ph.D***

*Deptment of Physical therapy, Eulji University Hospital**

*Deptment of Physical therapy, College of Health and Medical Science, Catholic University of Daegu***

*Deptment of Physical therapy, College of Rehabilitation Science, Daegu University****

1)

<Abstract>

Purpose : The purpose of this study was to investigate the effect of Proprioceptive Neuromuscular Facilitation (PNF) applied to the unilateral upper extremity on the muscle activation of contralateral lower extremity. Twenty-two healthy subjects (mean age of 23.7 years) participated in this study.

Method : PNF patterns applied on the unilateral upper extremity in all subjects were the flexion/abduction/external rotation and lifting pattern. The hold and appoximation techniques for the irradiation were applied to end range of both patterns. Muscle activations in four patterns were measured in vastus medialis, tibialis anterior, rectus femoris, and gastrocnemius medial muscles of contralateral lower extremity using surface EMG system. Each EMG value in individual muscle was normalized for maximal voluntary contraction. The data were analyzed by one factor analysis of variance with repeated measure test.

Result : There were significant differences in the between-subject effect (muscles) and within-subject effect (patterns) in comparison of muscle activation by application of PNF patterns ($p < .05$).

The irradiation led to higher activation in the flexion/abduction/external rotation pattern than that of lifting pattern in all muscles ($p < .05$). The approximation techniques revealed more activations than these of hold technique in all muscles ($p < .05$).

Conclusion : These results suggest that the application of PNF patterns to the unilateral upper extremity affect on the muscle activation of contralateral lower extremity and increase according to the intensity of resistance. This mechanism of contralateral effect might provide a help to the development of treatment method for the affected side and functional improvement for the patients who have damages of central nervous system or musculoskeletal problems by orthopedic injury.

Key Words : PNF, Resistance, Irradiation, Muscle activation

I. 서 론

일반적으로 신경학적 형태의 운동치료방법은 주로 환측(affected side)의 기능개선을 위한 여러 가지 직접적인 치료적 접근법들이 사용되어오고 있으나, 최근의 많은 연구들은 건측(unaffected side)의 신체 부위를 이용하여 환측에서의 회복을 얻고자하는 간접적인 치료적 접근법이 효과가 있음을 보여주고 있다(김종만과 이충희, 2001). 간접치료에 관하여 이미 Hellebrandt 등(Angel과 Eppler, 1967)은 한 체지에서의 최대 운동이 운동을 하지 않은 신체 부위에서 근 긴장을 발달시킴을 보고하였으며, 또한 상지의 굴곡 패턴이 복부 근육의 수축을 동반하여 체간의 근육도 간접적으로 활성화 시킬 수 있음을 보여 왔는데(Hellenbrandt 등, 1947), 이 활동은 정상인과 마찬가지로 중추 신경계 손상 환자에서도 일어나는 것으로 알려져 있다.

최근 임상에서 간접치료의 적용은 교차 훈련(cross education)의 개념으로 설명되고 있으며, 손상 받지 않은 측에서의 훈련이 손상 받은 측의 기능에 영향을 미친다는 연구 결과들이 발표되면서 지지받기 시작하였다(Hortobagyi 등, 1999; Moritani와 Devries, 1979; Stromberg, 1986). Shima 등(2002)은 근전도를 이용하여 편측에서 저항훈련을 하는 경우 반대측에서의 근력에 변화를 가져온다고 하였으며, Bemben과 Murphy(2001)는 단기간의

편측 저항 훈련이 훈련을 받지 않은 사지에서도 근력 증가를 가져왔음을 보고하였다. 따라서 교차 훈련을 이용한 간접 치료는 뇌졸중으로 인한 편 마비 환자, 고관절 또는 슬관절의 대체술을 시행한 환자, 한쪽 사지에 석고 고정(cast)을 시행한 환자 등에서 환측에서의 근력의 회복과 기능의 회복에 도움을 줄 수 있는 방법으로 제안되어 오고 있다. 간접 치료로 최대의 효과를 얻기 위해서는 저항을 주어 강한 운동 패턴을 실시하고, 최대의 강화는 환자의 강한 사지와 함께 결합되어 작용할 때 일어난다(Adler 등, 2000).

Knott와 Voss(1968)는 저항이 치료적 목적으로 적용될 때 저항은 강한 쪽에 작용되어 약한 쪽을 강화 할 수 있는데 이것을 방산(irradiation)이라 정의 하였으며, 이러한 방산의 효과를 얻기 위한 방법으로 최대 저항(maximum resistance)이라는 용어를 사용하였다. 방산의 개념은 신경지배에 결함이 있는 환자를 치료할 때 강한 쪽에 최대 저항을 주고 약한 쪽의 움직임을 강화시키고자 할 때 적용되며, 이때의 최대 저항은 강한 쪽의 운동 패턴을 차단하고 약한 쪽을 강화하기 위한 것이다.

방산에 대한 개념적 활용은 고유수용성 신경근 축진법(proprioceptive neuromuscular facilitation, PNF)에서 가장 잘 활용되고 있는데, 주로 신체 양측의 상호 작용을 이끌어내고 대각선과 나선상형의 운동 패턴을 증진시키거나, 건측에 대한 저항운동을

통하여 마비나 약화된 환측의 근 수축력을 촉진시키는 방법으로 사용되어 오고 있다(Adler 등, 2000). 특히 선택적으로 근 수축을 못하는 편마비 환자나 장기간의 고정으로 나타나는 근 위축을 지닌 환자에서 반대측 효과(contralateral effect)를 이용하여 약화된 수축력을 촉진시키는데, 이러한 효과를 고유수용성 신경근 촉진법에서는 방산 기법이라 한다. 방산에 대한 신경 생리학적 개념은 저항(자극)에 대한 반응의 확산으로 정의하고 있으며(Sherrington, 1947), 자극의 강도와 시간을 증가시키면 반응도 증가하는 것으로 설명되어 왔다(Adler 등, 2000).

고유수용성 신경근 촉진법은 대부분 저항을 이용한 등척성 수축, 등장성 수축, 원심성 수축을 유발시켜 근력의 강화, 운동 조절력의 증가, 안정성의 증가를 목표로 한다. 또한 패턴의 적용 시 저항의 양은 환자의 상태와 활동의 목적에 맞는 적절한 최상의 저항을 제공해야 하며, 방산의 현상을 촉진(facilitation) 기법에 포함시켜 설명하고 있다(Adler 등, 2000).

Pink(1981)는 고유수용성 신경근 촉진법의 패턴에서 굴곡, 외전, 외회전 및 주관절 신전의 패턴이 적용되는 동안 반대편 상지의 극하근의 근 긴장도의 증가와 신전, 내전, 내회전 및 주관절 신전의 패턴에서는 광배근에서의 근 긴장도의 증가가 나타난다고 보고 하였다. Aari 등(2001)은 치료적인 고정으로 인한 편측 하지의 손상이 있는 정형외과 환자에게 고유수용성 신경근 촉진법 운동으로 구성된 다양한 저항운동과 여러 가지 혼합된 일반적인 운동을 건측의 하지에 적용하는 실험에서, 일반적인 운동에서 보다 고유수용성 신경근 촉진법을 적용한 운동에서 환측 대퇴사두근의 근 수축력이 증가되었음을 보고하였다.

이러한 결과들에 미루어 고유수용성 신경근 촉진법의 방산 효과는 환측의 치료를 위한 적극적 기능

향상의 방법으로 그 사용 가능성이 검증되어 왔으며, 다만 지금까지 편측 상지와 반대편 하지와의 기능적 연계성을 연구한 실험은 진행되지 않았다. 따라서 본 연구에서는 방산 효과를 이용하여 고유수용성 신경근 촉진법 중의 굴곡/외전/외회전(flexion/abduction/ext. rotation) 패턴과 체간의 들어 올리기(lifting)패턴을 편측 상지에 적용하고, 방산의 효과를 촉진하기 위한 방법으로 각 패턴의 끝 범위(end-range)에서 유지(hold)와 압박(approximation)을 가하여, 패턴과 저항의 정도에 따른 방산 효과에 의한 반대편 하지에서의 근 활성도의 차이를 표면 근전도(surface EMG)장비를 이용하여 규명하고자 하였다.

본 연구의 가설은 다음과 같다.

- 첫째, 적용되는 패턴에 따라 반대측 하지의 근육에서 근 활성도의 차이가 나타날 것이다.
- 둘째, 상지의 굴곡/외전/외회전 패턴보다 체간의 들어 올리기 패턴에서 반대측 하지 근육의 근 활성도가 더 높게 나타날 것이다.
- 셋째, 방산의 효과를 최대한으로 얻기 위한 저항의 적용에서 각 패턴의 끝 범위에서의 유지보다 압박에서 더 큰 방산의 효과를 얻을 수 있을 것이다.

II. 연구대상 및 방법

1. 연구대상 및 연구기간

연구대상은 현재 정신적, 신체적 질병이나, 과거 근 골격계 수술이나 질병의 경험, 대사성 질환이 없으며, 고유수용성 신경근 촉진법의 치료적 경험이 없는 20대 성인 22명(남자 11명, 여자 11명)이었으며, 대상자 모두 실험의 내용을 이해하고 참여에 동의하였다. 대상자의 평균 연령은 23.7세, 평균 신장은 167.6cm, 평균 체중은 62.12kg, 평균 신체질량

Table 1. Characteristics of the subjects

Age (yr)	Height (cm)	Body Mass (kg)	BMI (kg/m ²)
23.73±1.72	167.65±6.82	62.12±11.83	22.00±3.17
(21~27)	(156.0~180.0)	(47.5~93.4)	(17.60~29.37)

BMI, Body Mass Index. Values are means±S.D of N=22. Values in parenthesis represent the range between maximal and minimum of all subjects.

지수(body mass index, BMI)는 22.0(kg/m²)으로 측정되었다(Table 1). 연구기간은 2005년 1월 19일부터 3월 2일까지였으며 실험은 을지대학병원 재활센터 내에 있는 근전도 검사실에서 수행하였다.

2. 측정도구 및 실험방법

2.1 측정도구 및 방법

근전도 신호 측정을 위한 장비는 EMG/EP System (OXFORD Medelec, UK)을 사용하였다. 근전도의 전극도자는 TECA사의 은 전극 표면도자(silver surface electrode)를 사용하였으며 직경(diameter)은 1cm, 기준전극(reference electrode)과 활성전극(activity electrode)의 접지거리는 3cm로 설정하였으며, 피부 저항을 최소화하기 위해 면도를 한 후, 전용 젤을 사용하여 피부표면의 각질을 제거한 다음 실시하였다. EMG의 전극 배치는 국제 근전도 해부학적 표준화 위치(international standardization anatomical landmarks EMG position)(Rainold 등, 2004)에 기준하여 내측광근(vastus medialis), 전경골근(tibialis anterior), 대퇴이두근(biceps femoris), 비복근(gastrocnemius medialis)에 부착하였다(Table 2). 피험자의 실험자세는 바로 누운 자세(supine position)에서 실시하였으며, 측정을 위한 하지는 슬와부에 직경 10cm의 베개(pillow)를 삽입한 후 한쪽 벽면에 발바닥을 밀착 시킨 상태에서 실시하였다.

EMG 데이터 측정 시간은 5초, 노이즈 제거를 위한 대역 여과 필터는 50~60Hz (notch filter), 대역 통과 필터는 20~10kHz였다. EMG에서 측정된 근 활성도의 변화량을 표준화(normalization)

(Burden과 Bartlett, 1999)하기 위한 최대 수의적 근 수축(maximum voluntary contraction, MVC)의 측정은 가죽 벨트(strap)를 이용한 저항성 등척성 운동을 각 근육별로 5초간, 3회씩 실시하여 가장 높은 수치를 채택하였다(Bandy 등, 1997; Feland 등, 2001; Ferber 등, 2002); Gajdosik, 1991; Rainold 등, 2000; Svendsen와 Matyas, 1983). 자료의 수집과 처리를 위하여 각 근육에서 얻어진 값들은 총 면적량(Area_{Vms} ÷ RMS)의 값으로 처리한 다음(손민균, 2003; 손민균, 1995), 각 개인에서 얻어진 근육별 최대 수의적 근 수축값을 기준으로 %EMG 신호량을 구하였다.

2.2 실험방법

실험에서 적용된 고유수용성 신경근 촉진법의 접근 방법은 상지의 굴곡/외전/외회전 패턴과 체간의 들어올리기 패턴을 편측(왼쪽) 상지에 적용하고, 방산의 효과를 촉진하기 위한 방법으로 각 패턴의 끝 범위에서 유지와 압박을 가하여 반대편(오른쪽) 하지에서 나타나는 근 활성도의 증가를 측정하였다. 실험은 각각의 패턴을 5회씩 실시하여 가장 높고, 낮은 수치를 제외한 중간 3개의 수치들의 평균을 채택하였고(신은성과 최소영, 1997), 한 패턴의 끝 범위에서의 유지와 압박의 적용 시간은 5초, 휴식 시간은 1분으로 하였으며, 상지 패턴에서 체간 패턴으로의 변화는 30분간의 휴식 후 다시 적용하였다.

2.2.1 상지의 굴곡/외전/외회전 패턴

이 패턴의 시작 자세는 상지의 신전/내전/내회전(extension/adduction/int. rotation)상태로 견갑골은 전방 하강(anterior depression), 견관절은 신전

Table 2. Anatomical Landmarks for EMG

Muscle	Anatomical landmarks and reference line	Innervation zone
Vastus medialis	The distance(mm) from the superior medial side of the patellar along a line medially oriented at an angle of 50° with respect to the ASIS	51.7±13.0 (mm)
Tibialis anterior	The percentage distance from the tuberosity of tibia to the intermalleoli line, starting the tuberosity of tibia	15.5±4.2 (%)
Biceps femoris	The percentage distance from the ischial tuberosity to the lateral side of the popliteus cavity, starting from the ischial tuberosity	35.3±6.8 (%)
GCM medialis	The percentage distance from the medial side of the popliteus cavity to the medial side of the Achilles tendon insertion, starting from the Achilles tendon	50.3±5.7 (%)

/내전/내회전, 주관절은 신전과 회내(pronation), 손목은 굴곡/회내/척골측 편위(ulnar deviation)의 상태이다. 이 자세에서 굴곡/외전/외회전 방향으로 저항을 주면서 운동을 일으켜 운동의 끝 범위에서는 견갑골은 후방 거상(posterior elevation), 견관절은 굴곡/외전/외회전 되며, 주관절은 신전과 회외(supination), 손목은 굴곡/회외/요골측 편위(radial deviation)의 상태로 끝난다. 이때 유지의 적용은 패턴의 끝 범위에서 운동의 방향을 지속적으로 유지 시키면서 저항의 양을 증가 시키고, 압박은 패턴의 끝 범위에서 저항의 방향을 체간을 향하여 증가 시켰다(배성수 외, 2000).

2.2.2 체간의 들어 올리기 패턴

이 패턴은 리드하는 상지(왼쪽)의 굴곡/외전/외회전 패턴과 같으며 따라가는 상지(오른쪽)는 굴곡/내전/외회전 되어 리드하는 상지(왼쪽)의 손목을 잡고 위의 패턴과 같은 방법으로 운동을 실시하였으며, 이때 따라가는 상지(오른쪽)의 견갑골이 지면에서 떨어지는 순간까지만 적용하였다. 이때 유지의 적용은 패턴의 끝 범위에서 운동의 방향을 지속적으로 유지 시키면서 저항의 양을 증가시키고, 압박은 패턴의 끝 범위에서 저항의 방향을 체간을 향하여 증가시켰다[25].

3. 자료처리 및 분석

얻어진 데이터에서 적용되는 패턴에 따라 반대측 하지의 근육에서 근 활성화 차이를 비교하기 위하여 반복 측정 분산분석(repeated measured ANOVA) 검사를 실시하였다. 또한 반복 측정 분산분석 검사는 각 패턴에 따른 근 활성화도의 차이를 비교하고,

유지 및 압박에 의한 근 활성화도의 차이를 비교하기 위해서도 사용되었다. 통계처리는 SPSS 11.5 software를 사용하였으며, 통계학적 유의수준은 $p < .05$ 로 하였다.

III. 연구결과

1. 패턴의 적용에 따른 근육별 근 활성화도의 변화

근 활성화도 변화의 기술통계량에서 상지의 굴곡/외전/외회전 패턴에서 유지는 패턴 1, 압박은 패턴 2, 체간의 들어올리기 패턴에서 유지는 패턴 3, 압박은 패턴 4로 설정하였고, 패턴 전반에 걸친 네 근육의 근 활성화도에서 차이가 있었으며 그 중 내측광근의 활성화도가 가장 높은 것으로 나타났고(Table 3), 그 변화량을 도식화하였다(Fig. 1).

패턴의 적용에 따른 근육별 근 활성화도 변화에 대한 반복 측정 자료 분석 결과, 집단(근육)과 적용패턴에서 상호작용 효과가 없는 것으로 나타났다

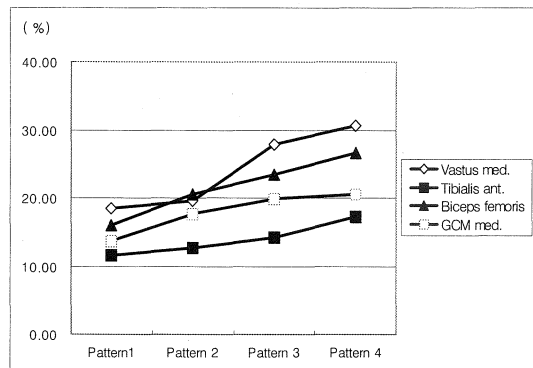


Fig 1. Change of the muscle activations according to the application of the four patterns.

Table 3. Changes of the muscle activations according to the application of the patterns

Muscle	Pattern* 1	Pattern 2	Pattern 3	Pattern 4
Vastus med.	018.55±10.25	019.54±11.83	027.83±13.61	030.57±11.97
Biceps femoris	015.99±10.18	020.57±10.68	23.46±8.97	26.59±7.26
GCM**. med.	13.70±9.14	17.64±8.48	19.83±8.46	20.51±9.93
Tibialis anterior	11.62±6.29	12.70±6.16	14.21±5.77	17.18±4.99

* Pattern 1, application of the hold in the flexion/abduction/external rotation; Pattern 2, application of the approximation in the flexion/abduction/external rotation; Pattern 3, application of the hold in the lifting; Pattern 4, application of the approximation in the lifting

** GCM; Gastrocnemius muscle, Values are means±S.D

Table 4. The changes of the muscle activations according to the application of the patterns

Factors	SS	df	MS	F	p
Between-subject (muscle)	5,236.837	3	1,745.612	20.270	0.000
Within-subject (pattern)	3,976.159	3	1,325.386	15.278	0.000
Interaction	730.186	9	81.132	0.935	0.495
Error	21,861.574	252	86.752		

SS, Sum of squares; MS, Mean of squares

($F[9,252]=0.935$, $p>.05$). 따라서 각각의 근육에 대한 반복 측정 자료 분석 결과 패턴의 변화에 의한 집단 내(within subjects) 효과에 대한 검사에서 내측광근($F[3,63]=5.168$, $p<.01$), 대퇴이두근($F[3,6]=5.284$, $p<.01$), 전경골근($F[3,63]=4.523$, $p<.01$) 등에서 주 효과(main effect)가 유의미하게 나타나 저항의 증가가 근 활성도의 증가로 반영되었으며 비복근에서는 유의미한 차이를 보이지 않았다($F[3,63]=2.528$, $p=.065$). 집단 간(between subjects) 효과

에 대한 검사에서도 주 효과가 유의미하여($F[3,252]=20.27$, $p<.01$), 패턴 전반에 걸친 네 근육의 근 활성도에는 차이가 있으며 그 중 내측광근의 활성도가 가장 높은 것으로 나타났다(Table 4).

2. 저항의 강도에 의한 방산 효과의 차이

저항의 강도에 의한 방산 효과의 차이를 비교하기 위하여 적용된 두 가지 패턴을 비교하였으며 (Fig. 2), 끝 범위에서의 유지와 압박에 의한 차이

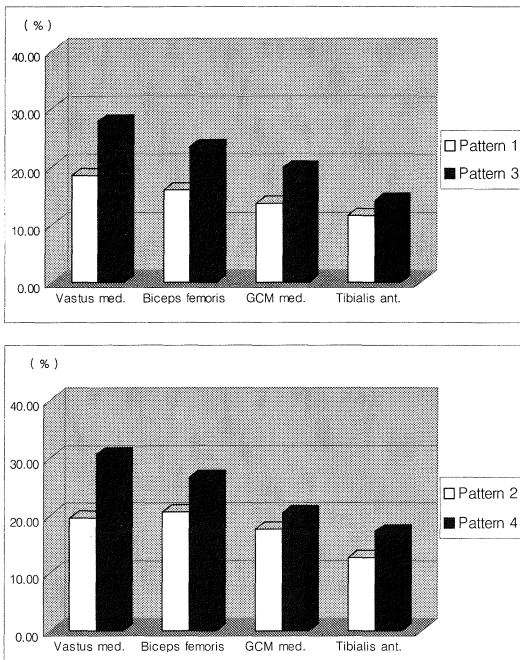


Fig 2. Differences of the muscle activations between the flexion/ abduction/external rotation and the lifting patterns.

Pattern 1, application of the hold in the flexion/abduction/external rotation; Pattern 2, application of the approximation in the flexion/abduction/external rotation; Pattern 3, application of the hold in the lifting; Pattern 4, application of the approximation in the lifting

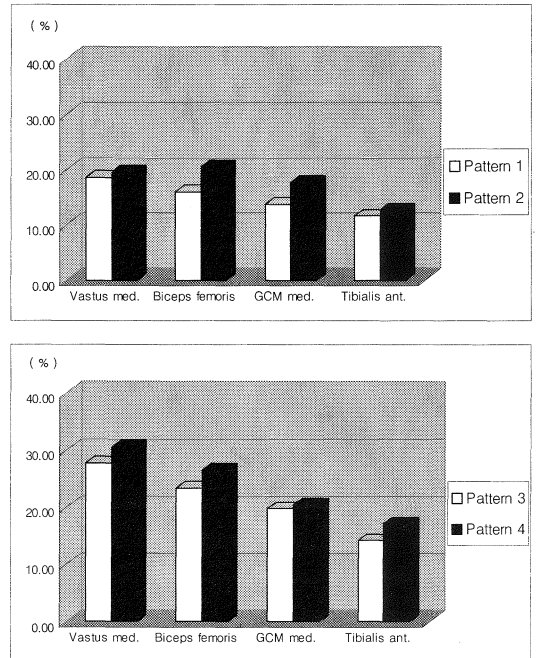


Fig 3. Differences of the muscle activations between the hold and approximation techniques.

Pattern 1, application of the hold in the flexion/abduction/external rotation; Pattern 2, application of the approximation in the flexion/abduction/external rotation; Pattern 3, application of the hold in the lifting; Pattern 4, application of the approximation in the lifting

도 비교하여 보았다(Fig. 3).

패턴에 따른 저항 강도의 비교에서 패턴 1과 3($F[1,42]=28.884$, $p<.01$), 패턴 2와 4($F[1,42]=24.839$, $p<.01$)의 반복 측정 자료 분석 결과에서 상호작용은 나타나지 않았으나, 집단 간 효과에 유의미한 결과를 보여 체간의 들어올리기 패턴이 더 높은 근 활성도의 유발을 보였다(Fig. 2). 유지와 압박에 의한 저항 강도의 비교에서 패턴 1과 2($F[1,42]=4.547$, $p<.05$), 패턴 3과 4($F[1,42]=4.167$, $p<.05$)의 반복 측정 자료 분석 결과에서도 상호작용은 나타나지 않았으나, 집단 간 효과에서 유의미한 결과를 보여 압박이 유지 보다 더 높은 근 활성도를 유발함을 알 수 있었다(Fig. 3).

IV. 고 찰

본 연구에서는 방산 효과를 이용하기 위하여 편측 상지에 고유수용성 신경근 촉진법 중의 상지의 굴곡/외전/외회전 패턴과 체간의 들어올리기 패턴을 적용하고, 저항의 정도에 따른 방산 효과의 차이를 규명하고자, 각 패턴의 끝 범위에서 유지와 압박을 가하여 반대측 하지의 근 활성도에 미치는 영향을 검증하고자 하였다. 연구의 결과에서 상지의 굴곡/외전/외회전 패턴보다 체간의 들어올리기 패턴에서 반대측 하지 근육의 근 활성도가 더 높게 나타났으며, 방산의 효과를 최대한으로 얻기 위한 저항의 적용에서는 각 패턴의 끝 범위에서의 유지보다 압박에서 더 큰 방산의 효과가 있었음을 알 수 있었다.

방산의 신경생리학적(neurophysiology) 근거에는 가중(summation)이 필요하며 가중은 자극 효과의 합성 현상을 말한다(sung-soo Hwang, 2004). 특히, 하나하나의 자극이 역치 이하인데도 이것을 여러 번 합치면 유효해져서 반응을 일으키는 경우를 잠복 가중(latent summation)이라 하는데, 가중은 신경근 접합부 또는 시냅스에서의 흥분 전도 때에 일반적으로 일어나며, 이 현상은 접합부에서의 국소 흥분인 중판전위나 시냅스 후 전위가 겹쳐져서 활동 전위를 일으키기 때문이라고 해석된다(Sherrington, 1947). 이러한 가중에는 적당한 시간 간격으로 같은 자극을 연속적으로 가했을 때, 또는 어떤 짧은 시간 내에 일어나는 역치 이하의 약한 자극의 연속으로 누적되어 일어나는 시간적

가중(temporal summation)과 다른 부위의 자극에 의한 반응의 확산, 즉 신체의 각각 다른 부위에 동시에 적용된 약한 자극이 서로서로 흥분을 야기 시키고 반응을 증가시키는 현상으로 나타나는 공간적 가중(spatial summation)이 있다(sung-soo Hwang, 2004).

뇌 신경원의 경우는 신경원에 대해 연접전달이 한 번 있었다고 해서 그 신경원의 축삭에 활동 전위가 일어나지 않으며, 여러 신경 연접이 함께 활성화되어야 활동전위가 일어나며 그로인해 축삭의 최초 분절에 동시에 그 영향을 발휘하게 되는 것이 공간적 가중이다. 즉, 신경원의 여러 곳에 분포한 연접들의 효과가 합산된다는 것이다. 그리고 그 수가 적으면 활동 전위를 유발시키지 못 할 수도 있으나, 빠른 비율로 반복 활동 하면 그 효과가 시간적으로 합산되어 전위를 발생 시키는 것을 시간적 가중 이라 한다(김종만, 2000). 시간적 가중과 공간적 가중은 같이 혼합하여 사용이 가능하며 더 큰 반응을 유도 할 수 있다(Sherrington, 1947). 이처럼 방산은 자극 빈도와 자극 강도가 증가 되었을 때 일어나며, 결과적으로, 이러한 자극은 더 많은 수의 운동단위(motor units)를 촉진(facilitation), 또는 억제(inhibition)시킬 수 있다(Adler 등, 2000).

고유수용성 신경근 촉진법에서 방산의 효과를 촉진시키기 위한 기법으로는 도수적축 즉 치료사 손의 위치와 잡는 방법(manual contact), 구두 명령과 의사소통, 신장(stretch), 견인(traction)과 압축(approximation), 율동적 개시(rhythmic initiation), 역동적 반전(dynamic reversal), 길항근 반전(reversal of antagonist), 느린 반전(slow reversal)이 혼합되며, 복제(replication), 반복 수축(repeated contraction)과 반복 신장(repeated stretch), 강조의 타이밍(timing for emphasis), 등장성 수축의 결합(combination of isotonic), 수축-이완(contract-relax), 유지-이완(hold-relax), 안정화 반전(stabilizing reversal) 등이 포함된다(배성수 등, 2000).

본 연구에서 사용된 유지와 압박의 기법은 각 패턴의 끝 범위에서 적용되었으며, 피험자의 치료적인 실험 자세를 유지할 수 있는 범위 내에서 견딜 수 있는 강한 저항을 사용하였다. 이때 피험자는 저항을 이겨내기 위해 사용될 수 있는 상지와 체간의 근육 동원능력(muscle recruitment)을 증가시킴으

로써, 결과적으로 반대측 하지의 근 활성도를 증가시키는 반대측 효과, 즉 방산의 효과를 증가시키는 방법으로 사용되었다.

Dietz(2003)는 고유수용성 신경근 촉진법의 패턴을 달리는 사람의 자세(sprinter)와 스케이팅 자세(skate)를 모델로 하여 편측 상지와 견갑대의 움직임은 반대측 골반과 하지의 움직임과 동일한 방향으로 나타나며, 동측에서는 상지와 견갑대의 움직임과 골반과 하지의 움직임이 서로 반대의 방향으로 나타남을 증명하였다.

또한, 달리는 사람의 자세를 예로 들어 환자를 옆으로 눕게(sidelying) 한 후, 입각기의 발은 벽에 밀착 시키게 하고 동측의 상지와 견갑대의 전방상 방향(anterior elevation)에서 저항을 가함으로써 반대측 다리는 유각기의 반응을 일어나게 하였는데, 이러한 현상을 방산이라고 정의하였다(배성수 등, 2003).

Myers(2002)는 이러한 상지에서부터 두부와 체간 그리고 하지까지의 해부학적인 기능적 움직임의 연결성을 설명하기 위하여, 그의 저서 'Anatomy Train'에서 인체는 몸의 한 부분을 움직일 때 우리 몸은 전체적으로 반응을 하며 그 반응을 기능적으로 중재할 수 있는 유일한 조직은 결합조직(connective tissue)이라고 하였다. 또한 이러한 결합조직과 근막(fascia)들이 기타 여러 신체 체계들 사이에 대한 상호 작용과 전반적인 기능을 선(line)의 개념으로 접근하고 있으며, 전면과 후면 그리고 측면과 사선 및 상지와 기능성 등으로 구성된 선으로 표현하였다.

본 연구에서 적용된 편측 상지와 반대측 하지의 기능적 연결성은 Myers가 제안한 선 중에서 상지의 연결선(arm line)과 나선상의 연결선(spiral line) 그리고 천층의 후면 연결선(superficial back line)과 천층의 전면 연결선(superficial front line)으로 이어지는 해부학적 연결성을 의미한다고 할 수 있을 것이다.

이러한 이론적 배경을 근거로 실시한 본 연구는 편측 상지에 적용된 상지의 굴곡/외전/외회전 패턴보다 체간의 들어올리기 패턴에서, 그리고 패턴의 끝 범위에서 적용된 유지 보다 압박에서 더 큰 방산의 효과를 얻을 수 있었던 것은, 가해진 저항(자극)이 증가함에 따라 반응하는, 또는 자세의 안정성을 유지하기 위해 동원되는 근육의 운동단위수의

증가가 방산의 효과에 영향을 주게 되기 때문임을 알 수 있었다.

본 연구의 결과를 기반으로 방산의 효과를 이용하여 뇌졸중으로 인한 신경학적 결함으로 발생 할 수 있는 다양한 임상적 증상 즉, 근 위축, 비정상적 근 긴장도, 편마비로 인한 불균형한 움직임을 보이는 환자나 장기간의 고정 등으로 인한 정형외과적인 환자에서의 치료적 기능 향상에 큰 효과가 있을 것으로 기대된다.

고유수용성 신경근 촉진법이 가지고 있는 치료적 잠재력은 운동 조절 단계의 모든 개념을 충족시킬 수 있으며, WHO(2001)에서 제정한 건강, 기능, 장애의 국제적 분류(international classification of functioning disability and health, ICF)를 충족시킬 수 있는 최상의 치료법이라 할 수 있겠다(배성수 등, 2003).

그러나 본 연구에서의 제한점은 피험자의 자세가 바로 누운 자세에서 실시하였기 때문에 이로 인한 하지의 후면부에 위치하고 있는 대퇴이두근과 비복근이 지면과 닿게 되어 표면 근전도 측정 시 어려움이 있었다. 하지만 효과적인 근육과 관절의 활성성을 유도하기 위한 약 10~15° 정도 경미한 굴곡 상태를 만들어 주기 위하여(Sahrmann, 2002), 슬관절 후면에 직경 10cm의 베개(pillow)를 삽입한 후, 발바닥을 벽면에 밀착시킨 상태에서 패턴을 적용 하였다. 이때 방산의 효과로 인한 근 활성도의 증가로 하지의 후면부가 지면에서 들리는 현상이 유도되어 측정이 가능하였다.

또한, 본 연구는 정상인을 대상으로 하였기 때문에 그 결과를 일반화하기에는 부족한 점이 있으며, 추후 실제 환자를 대상으로 치료적 과정에 의한 근 활성도의 변화를 규명하는 연구가 진행될 필요가 있을 것으로 사료된다.

V. 결 론

본 연구는 편측 상지에 적용된 고유수용성 신경근 촉진법이 반대측 하지의 근 활성도에 미치는 영향을 표면 근전도(surface EMG)장비를 이용하여 내측광근, 전경골근, 대퇴이두근, 비복근에서의 변화를 알아보고자 한 실험으로, 패턴의 적용에 따른 근 활성도 차이의 비교에서 집단 간(근육)에서와 집단

내(패턴)에서는 통계적으로 유의미한 근 활성도의 변화를 보였다.

저항의 강도에 의한 방산 효과의 차이는 상지의 굴곡/외전/외회전 패턴보다 체간의 들어올리기 패턴에서 더 높은 근 활성도의 유발을 보였으며, 패턴의 끝 범위에서 적용된 압박이 유지 보다 더 높은 근 활성도를 유발함을 알 수 있었다.

본 연구의 결과를 통해 편측 상지에 적용된 고유 수용성 신경근 촉진법이 반대측 하지의 근 활성도에 미치는 영향은 저항의 양이 증가함에 따라 근 활성도의 변화도 증가함을 알 수 있었다.

이러한 결과를 바탕으로 수의적인 근 수축 조절 능력이 상실된 중추신경계 손상 환자나, 정형외과적인 근 골격계 손상 환자의 치료에 있어, 이러한 반대측 효과를 이용한 접근법이 환측의 치료와 기능 향상에 기여할 수 있을 것으로 생각한다.

참 고 문 헌

- 김종만, 이충휘. 신경계물리치료학. 서울, 정담, 197, 2001.
- 김종만. 물리·작업치료를 위한 신경해부생리학. 서울, 정담, 37-3, 2000.
- 배성수, 이현욱, 구봉오, 김상수, 김태운, 황성수. 고유수용성 신경근 촉진법의 변화와 발전. 대한고유수용성신경근촉진법학회지, 1(1);27-32, 2003.
- 배성수의 20명. 신경물리치료학. 서울, 대학서림, 53, 2000.
- 손민균. 근 수축력이 운동단위활동전위에 미치는 영향. ADEMG 분석. 대한재활의학회지, 19;897-904, 1995.
- 손민균. 운동단위활동전위 분석. 대한근전도전기진단의학회 워크샵 및 연수 강좌 1, 14-22, 2003.
- 신은성, 최소영. 고유수용성 신경근 촉진기술에 따른 대퇴사두근의 활동전위. 한국전문물리치료학회지, 4(2);66-76, 1997.
- Adler SS, Becker D, Buck M. PNF in practice 2nd ed., Berlin, Springer Verlag, 2000.
- Angel RW, Eppler WG. Synergy of contralateral muscles in normal subjects and patients with neurologic disease. Arch Phys Med, 48;233-239, 1967.
- Arai M, Shimizu H, Shimizu ME, Tanaka Y, Yanagisawa K. Effects of the use of cross-education to the affected side through various resistive exercises of the sound side and settings of the length of the affected muscles. Hiroshima J Med Sci, 50(3);65-73, 2001.
- Bandy WD, Irion JM, Briggler M. The effect of time and frequency of static stretching on flexibility of the hamstring muscle. Phys Ther, 77(10);1090-1096, 1997.
- Bemben MG, Murphy RE. Age related neural adaptation following short term resistance training in women. J Sport Med Phys Fitness, 41(3);291-299, 2001.
- Burden A, Bartlett R. Normalisation of EMG amplitude: an evaluation and comparison of old and new methods. Medical Engineering & Physics 21, 247-257, 1999.
- Dietz B, Proprioceptive neuromuscular facilitation, International course level I and II. Gwang-joo, 2003.
- Feland JB, Myrer JW, Schulthies SS, Fellingham GW, Measom GW. The effect of duration of stretching of the hamstring muscle group for increasing range of motion in people aged 65 years or older. Phys Ther, 81(5); 1110-1117, 2001.
- Ferber R, Osternig L, Gravelle D. Effect of PNF stretch techniques on knee flexor muscle EMG activity in older adults. J Electromyogr Kinesiol, 12(5);391-397, 2002.
- Gajdosik RL. Effect of static stretching on the maximal length and resistance to passive stretch of short hamstring muscle. J Orthop Sports Ther, 14;250-255, 1991.
- Hellenbrandt FA, Parrish AM, Houtz SJ. Cross education, the influence of unilateral exercise on the contralateral limb. Arch Phys Med, 28;76-85, 1947.
- Hortobagyi T, Scott K, Lambert J. Cross-education of muscle strength is greater with stimulated than voluntary contractions.

- Motor Contro., 3(2):205-211, 1999.
- Knott M, Voss DE. Proprioceptive neuromuscular facilitation: pattern and technique, 2nd ed. New York, Harper and Row, 1968.
- Moritani T, deVries HA. Neural factors versus hypertrophy in the time course of muscle strength gain. *Am J Phys Med*, 58(3):115-130, 1979.
- Pink M. Contralateral effects of upper extremity proprioceptive neuromuscular facilitation patterns. *Phys Ther*, 61(8):1158-1162, 1981.
- Rainold A, Melchiorri G, Caruso I. A method for positioning electrodes during surface EMG recordings in lower limb muscles. *J Neuroscience Methods*, 134:37-43, 2004.
- Rainold A, Nazzaro M, Merletti R, Farina D, Caruso I, Gaudenti S. Geometrical factors in surface EMG of the vastus medialis and lateralis muscle. *J Electromyogr Kinesiol*, 10(5):327-336, 2000.
- Sahrmann SA. *Diagnosis and Treatment of Movement Impairment Syndromes*. Missouri, Mosby, 25-26, 2002.
- Sherrington C. *The integrative action of the nervous system*. Yale University Press. New Haven, 1947.
- Shima N. Cross education of muscular strength during unilateral resistance training and detraining. *Eur J Appl Physiol*, 86(4):287-294, 2002.
- Stromberg BV. Contralateral therapy in upper extremity rehabilitation. *Am J Phys Med*, 65(3):135-143, 1986.
- sung-soo Hwang. Which position make best irradiation in same pattern, Korea-Japan PNF Symposium, 2004.
- Svendsen DA, Matyas TA. Facilitation of the isometric maximum voluntary contraction with traction. A test of PNF predictions. *Am J Phys Med*, 62(1):27-37, 1983.
- Thomas WM. *Anatomy Train*. Churchill Livingstone, Elsevier Science Limited, 93-102, 2002.