

# PNF의 CI기법이 편마비 환자의 근활성도, 근피로도 및 균형에 미치는 효과



The Journal Korean Society of Physical Therapy

■ 지상구, 이문환<sup>1</sup>, 김명권, 전해진, 이창렬<sup>2</sup>

■ 을지대학병원 물리치료실, <sup>1</sup>한국국제대학교 물리치료학과, <sup>2</sup>영동대학교 물리치료학과

The Effects of CI Technique in PNF on the Muscle Activity, Fatigue, and Balance in Hemiplegic Patients.

Sang-Ku Ji, PT, MS; Moon-Hwan Lee, PT, PhD<sup>1</sup>; Myung-Kyun Kim, PT, MS; Hye-Jin Jun, PT, MS; Chang-Ryeol Lee, PT, MS<sup>2</sup>

Department of Physical Therapy, Eulji Medical Center; <sup>1</sup>Department of Physical Therapy, International University of Korea;

<sup>2</sup>Department of Physical Therapy, Youngdong University

**Purpose:** The purpose of this study was to investigate the effects of a combination of isotonic (CI) technique on the balance, muscle fatigue and muscle activities of the quadriceps muscle in the paretic leg of hemiplegic patients.

**Method:** All the subjects received a combined isotonic technique of proprioceptive neuromuscular facilitation (PNF) for about 30 minutes 3 times per week for 6 weeks. The root mean square (RMS) and mid frequency (MF) were recorded by surface electromyography (EMG)(EMG/EP system, OXFORD Medelec, UK) during maximal voluntary isometric contractions (MVIC). The balance ability was measured by a balance system (BIODEX, USA).

**Result:** The RMS of the quadriceps muscle at post-treatment was significantly increased compared to that at pre-treatment ( $p < 0.05$ ). Yet there was no significant difference among the three muscles. There were no significant difference in the MF of the vastus lateralis and rectus femoris between pre- and post-treatment, but the MF of the vastus medialis was significantly decreased ( $p < 0.05$ ). There was a significant difference in the vastus medialis and lateralis between pre- and post-treatment ( $p < 0.05$ ). Moreover, the overall stability index at post-treatment was significantly decreased compared to that at pre-treatment ( $p < 0.05$ ). But there was no significant difference between the anterior/posterior and medial/lateral stability indexes.

**Conclusion:** The results of this study indicated that a CI technique of PNF had an effect to improve the balance and muscle activity in hemiplegic patients.

**Keywords:** Balance activity, Combination of isotonic, Muscle activation, Proprioceptive neuromuscular facilitation

논문접수일: 2009년 3월 27일

수정접수일: 2009년 6월 11일

게재승인일: 2009년 7월 4일

교신저자: 이문환, serhan0520@daum.net

## 1. 서론

뇌졸중(stroke)은 뇌의 정상적인 혈액 공급이 차단되어 뇌 조직에 지속적인 산소의 공급 부족으로 인해 국소적인 뇌조직의 이상을 초래하고 여러 가지 기능장애를 유발하는 신경학적 질환이며 주로 뇌허혈(ischemia)과 뇌출혈(hemorrhage)에 의해 발생한다.<sup>1</sup>

뇌졸중 후에 생존한 사람들은 대부분 감각, 운동, 인지 능력

및 감정 장애등의 문제가 결합되어 나타나 기본적인 일상생활을 수행할 수 있는 능력이 제한되는데, 특히 시상면(sagittal plane)을 기준으로 신체의 한쪽이 마비되는 편마비가 특징적으로 나타나며, 이로 인하여 신경학적인 신체조절 능력이 상실되어 과제를 수행할 때 비정상적인 자세조절 전략을 사용하게 된다.<sup>2,3</sup> 그리고 자세 안정성과 체중이동 능력, 그리고 비대칭적인 체중 분배 등으로 인한 균형 및 보행 장애가 발생한다.<sup>4,5</sup>

균형이란 최소한의 동요(perturbation)로 지지면내에서 신

체의 중력 중심을 유지하는 능력일 뿐만 아니라, 수의적인 동작 시 자세를 조절하면서 외부 동요에 적절하게 반응하여 자세를 유지하려는 복합적인 과정이다.<sup>6</sup> 신체가 균형을 유지하기 위해서는 신체의 지지면내에서 중력 중심이 지속적으로 유지되어야 하는데, 이를 위해서는 정상적인 감각입력과 고위중추에서의 적절한 통합조절 및 역동적인 근긴장도가 필요하다.<sup>7</sup>

편마비 환자의 균형 능력을 향상시키는 방법으로 Chen 등<sup>8</sup>은 체중 부하와 자세 조절에 대한 시각적인 되먹임(feedback)을 이용한 훈련이 정적 균형 능력에 효과적이라고 보고하였고, Ustinova 등<sup>9</sup>은 자발적인 체중 변위 훈련이 기립 자세에서 대칭적인 자세 안정성이 향상된다고 하였다.

편마비 환자들은 근약화, 비정상적 근긴장도, 그리고 감각 결여 및 자세 조절 장애로 인하여 보행 능력이 감소하게 되는데, 이와 관련하여 Cramp 등<sup>10</sup>은 뇌졸중 환자의 대퇴사두근은 비마비 측에 비해 마비측의 근력이 1/2~1/3 정도로 약하다는 것을 확인했으며, Kim 등<sup>11</sup>은 편마비 환자에게 등속성 장비를 이용하여 6주 동안 하지 근력 훈련을 시킨 결과, 근력뿐만 아니라 보행 속도 또한 증가하였다는 것을 확인하였다. 그리고 Brown 등<sup>12</sup>도 편마비 환자에게 부하를 적용한 하지 등속성 운동을 3주 동안 15%의 체중 부하로 실시한 결과 하지의 근력 및 체중 부하 능력이 동시에 향상되었다고 하였다.

과거에는 근력 훈련 자체가 경직이 있는 편마비 환자에게 경직과 비정상적 자세를 증가시킬 것이라고 믿었으나, 최근 연구를 통해 알 수 있는 것은 근력 훈련이 경직을 증가시키지 않으며, 오히려 편마비 환자의 근 기능 수행 능력을 더욱 향상시킬 수 있다는 것이다.<sup>13</sup>

편마비 환자의 근력 및 균형 능력, 그리고 보행 능력을 향상시키기 위하여 적용되는 기법 중 고유수용성 신경근 촉진법(Proprioceptive Neuromuscular Facilitation)이 있다. 고유수용성 신경근 촉진법은 특유의 나선형 및 대각선 패턴을 사용하여 고유수용기를 자극함으로써 신경근 반응을 촉진하여 기능적인 움직임 촉진하는 치료 기법으로서 근력, 유연성, 그리고 균형 능력을 증가시키며, 신경근계 자극에 반응하는 협응력을 증가시켜 운동단위가 최대로 반응하도록 할 뿐만 아니라 비마비측에도 기법을 적용함으로써 마비측까지 힘이 전달되도록 하여 근육 활동을 촉진시킬 수 있는 효과적인 기법으로 알려져 있다.<sup>14</sup> 그 예로 Kofotolisa와 Kellis<sup>15</sup>는 정상인에게 고유수용성 신경근 촉진법으로 편측 슬관절 신전근과 굴곡근의 근력 강화 운동을 8주 동안 적용한 후 반대편 슬관절 신전근과 굴곡근의 최대 토크 값을 측정한 결과 반대측 신전근의 토크 값이 유의하게 증가하였다고 보고하였다.

또한 고유수용성 신경근 촉진법 중 등장성 수축 결합(combination of isotonic)은 치료사의 손에 의한 저항과 중력

의 결합으로 주동근에 대한 구심성 수축(concentric contraction)과 원심성 수축(eccentric contraction)을 교대로 일으키며, 이러한 등장성 수축의 결합 기법은 근력 증가, 운동의 능동적인 조절 증가, 협응력 증가, 능동가동범위의 증가, 그리고 운동의 원심성 조절로 인한 기능적인 훈련을 위해 적용된다.<sup>16</sup>

이와 같은 편마비 환자의 근력 및 균형 능력 향상 방법에 관한 선행 연구는 대부분 등속성 장비 또는 시각적 되먹임을 이용한 치료를 적용하거나 자발적인 체중 변위 훈련에 비중을 두었으며, 치료사에 의해 실시되는 직접적인 도수 치료 기법에 대한 연구가 아직 미흡하다고 생각된다. 따라서 편마비 환자를 대상으로 6주 동안 고유수용성 신경근 촉진법의 등장성 수축 결합 기법을 적용하여 치료 전과 후의 균형 및 대퇴사두근의 근 활성화 및 근 피로도의 변화를 알아보려고 본 연구를 실시하였다.

## II. 연구방법

### 1. 연구기간 및 연구대상

#### 1) 연구기간

실험은 2007년 12월 3일부터 2008년 2월 29일까지 실시하였으며, 을지대학병원 재활센터에서 수행하였다.

#### 2) 연구대상

연구대상은 현재 대전광역시 서구 건강 체력관에서 자가 운동을 실시하고 있는 뇌졸중으로 인한 편마비 환자 14명(남자 8명, 여자 6명)으로 하였으며, 대상자 모두 실험의 내용을 이해하고 동의서에 서명을 하였다. 본 연구에 참가한 환자의 선정조건은 다음과 같다.

- (1) CT나 MRI 소견 상 뇌졸중으로 진단 받은 자
- (2) 하지에 정형외과적 문제가 없는 자
- (3) 독립적 기립 자세 유지 가능하나 마비측 하지의 약화로 인한 대칭적 기립 자세 유지가 어려운 자
- (4) 치료사의 구두적 지시에 정확하게 반응할 수 있는 자
- (5) 마비측 하지에 통증이 없는 자
- (6) 실험에 자발적으로 동의한 자

### 2. 측정도구 및 실험방법

#### 1) 균형능력 측정

대상자의 균형능력은 생체역학에 기준하여 중심으로부터 벗어난 평균 각도를 측정하여 이를 안정지수로 보여줌으로써 환자의 상태를 파악하는 균형장비(Balance system, Biodex, US)인를 이용하여 측정하였다. 이 장비는 체중의 이동에 따라 발판이

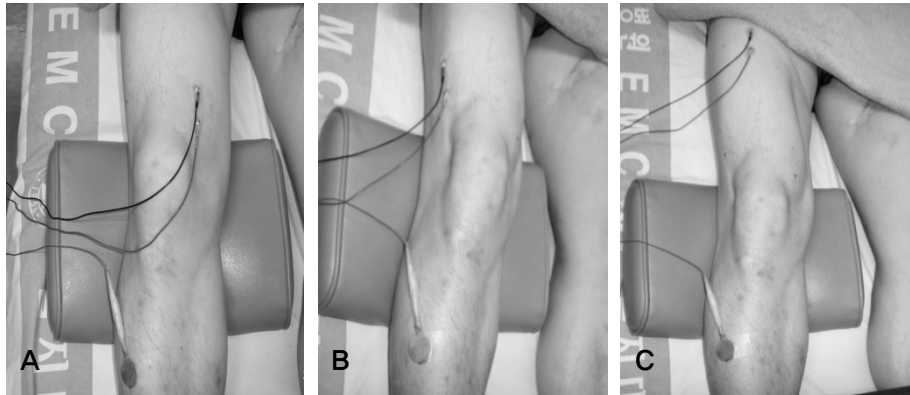


Figure 1. Electrode on the vastus medialis (A) and vastus lateralis (B) and rectus femoris (C)

최고 20도까지 모든 방향으로 움직일 수 있도록 되어있으며, 전체 안정지수(overall stability index)는 전체적인 움직임의 변화를 알 수 있고, 전·후 안정지수(anterior·posterior stability index)는 시상면에서의 변화를 알 수 있으며, 마지막으로 내·외 안정지수(medial·lateral stability index)는 관상면에서의 변화를 알 수 있다. 즉, 안정지수는 발판의 이동 변화를 의미하며, 수치가 높을수록 테스트 중에 많은 움직임이 있었다는 것을 말한다. 테스트를 하기 전에 환자로 하여금 고정된 발판에 올라가 양 발로 서도록 한 다음 장비에 적응할 수 있도록 3번의 준비연습을 한 후 테스트를 시작하였다. 테스트는 30초 동안 진행되며, 발판의 테스트 적용 레벨은 1부터 8까지 있는데, 1은 가장 많이 움직인 것을 말하며, 8은 가장 적게 움직인 것을 말한다. 본 연구에서는 중추신경계 손상 환자를 대상으로 했기 때문에 움직임과 위험 요소가 가장 적은 레벨인 8에서 테스트를 실시하였다. 모든 연구대상자는 치료전과 치료가 끝난 6주 후에 균형능력을 측정하였다.

## 2) 근활성도와 근피로도 측정

근활성도와 근피로도를 측정하기 위해 표면 근전도 장비(EMG/EP system, OXFORD Medelec, 영국)를 사용하였으며, 환자를 바로 눕힌 상태에서 환측의 슬와 아래에 베개를 받히고 족관절은 벨트로 측정 테이블에 고정시킨 다음 환자의 피부 저항을 최소화하기 위해 알코올로 피부를 소독한 후 TECA사의 은전극 표면 활성 도자에 겔을 바른 후 각 근육의 표면에 부착하여 측정하였다.

내측광근의 부착 부위는 대퇴 전·내측, 슬개골에서 약 6cm 위에(Figure 1-A), 외측광근의 부착 부위는 대퇴 전·외측, 슬개골에서 약 8~10cm 위에 부착하였으며(Figure 1-B), 대퇴직근의 부착 부위는 전상장골극에서 슬개골의 상극점까지 거리의 1/2지점에 부착하였다(Figure 1-C),<sup>17</sup> 그리고 참고전극(reference electrode)은 활성 전극에서 약 4cm 정도의 간격을

두고 부착하였다. 그리고 잡음을 최소화하기 위하여 접지전극(ground electrode)을 하퇴 전·외측부에 부착하였다.

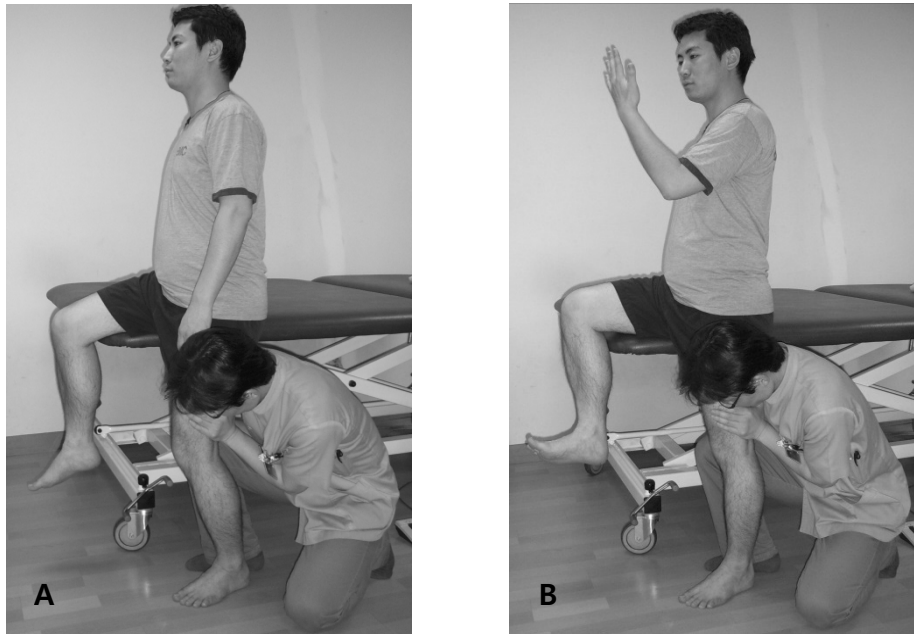
측정에 사용된 근전도 장비의 대역 여과 필터는 50~60Hz(notch filter), 대역 통과 필터는 20Hz~10kHz였고, 환자로 하여금 대퇴사두근의 최대 수의적 등척성 근 수축(maximum voluntary isometric contraction, MVIC)을 각 근육별로 7초간, 3회씩 유도하여 RMS와 중간 주파수의 평균값과 변화율을 산출하였으며, 변화율(%)은 (치료 후의 평균값/치료 전의 평균값)/치료 전의 평균값×100으로 계산하였다. 모든 연구대상자는 치료전과 치료가 끝난 6주 후에 균형능력을 측정하였다.

## 3. 치료방법

환자의 체간을 곧게 편 상태로 비마비측 둔부를 상하 높이 조절이 가능한 테이블에 걸치게 하여 앉힌다. 이때 환자의 비마비측 고관절과 슬관절은 90도 굴곡, 그리고 동측 손바닥 아래에는 수건을 말아서 놓은 후 누르도록 한다. 마비측 고관절과 슬관절은 약 20도 굴곡 상태에서 발바닥 전체가 지면에 닿을 수 있도록 테이블의 높이를 조절하였다.

마비측 하지와 비마비측 둔부에 체중을 50%씩 지지 하도록 조정하여 체간을 똑바로 유지하면서 서도록 한 다음 치료사의 양 손바닥을 포개어 환자의 대퇴위부 후면에 동시 접촉한다. 그리고 나서 환자로 하여금 “제 손의 힘에 대항하여 무릎을 펴면서, 동시에 반대쪽 무릎을 살짝 들어주세요!”라고 지시한 후, 마비측 하지의 초기 굴곡 상태에서 고관절 신전, 외전, 내회전 그리고 슬관절 신전과 함께 반대측 고관절의 굴곡, 내전, 외회전 그리고 슬관절의 굴곡을 동시에 유도한다. 이것은 비마비측 하지에 마비측 하지의 움직임에 대한 반대 패턴을 유도하여 마비측 하지에 최대의 부하를 가하기 위해서이다.

마비측 하지에 대한 환자의 이러한 노력에 대하여 치료사는 환자의 힘보다 약한 저항을 반대 방향으로 가함으로써 대퇴사두근의 구심성 수축을 유도하고(Figure 2-A), 고관절의 신전,



**Figure 2.** Application Method of Combination of Isotonic in PNF technique. Concentric contraction (A) and Co-contraction (B) and Eccentric contraction (A) of quadriceps femoris muscle.

외전, 내회전 그리고 슬관절의 완전한 신전이 일어나면 “저의 저항에 대응하여 계속 자세를 유지하면서 반대쪽 다리도 계속 들고 계세요!”라는 구두 명령을 하고 치료사는 환자의 최대 힘과 동일한 힘을 유지하면서 10초 동안 동시 수축을 유도한다 (Figure 2-B).

그리고 나서 환자가 마비측 하지의 최대 수의적 근수축 상태를 유지하는 동안 치료사는 “제가 무릎 뒤에서 손으로 밀면 지금 주었던 힘에서 약간만 뺀 상태로 계속 힘을 주고 버티면서 반대쪽 다리도 천천히 내리세요!”라고 지시한 후 대퇴원위부 후면에 접촉한 손의 저항을 환자의 고관절 신전, 외전, 내회전 그리고 슬관절 신전의 힘보다 더 강하게 주어 운동시작 위치까지 천천히 밀어주면서 대퇴사두근의 원심성 수축을 유도한다 (Figure 2-A).

치료 도중 환자의 체간 정렬 상태가 똑바른지 지속적으로 확인하고, 정렬이 바르지 않으면 마비측 어깨 위에 도수접촉을 하여 “제가 어깨를 아래 방향으로 누르면 움직이지 않도록 원래 자세를 유지하면서 계속 버티세요!”라고 지시한 후 하방으로 압축(approximation)을 시도하면서 운동을 계속 반복하여 실시한다.

이러한 운동을 1주일에 3일 총 6주 동안 실시하였으며, 운동 시간은 하루 30분이었고, 환자의 호흡 상태와 근육의 피로 정도에 따라 운동 중간에 1분씩 평균 7회 정도의 휴식기간을 주었다.

#### 4. 자료처리 및 분석

통계학적 분석은 SPSS for windows 12.0을 사용하여 균형능력과 대퇴사두근의 근활성도 및 근피로도에 대하여 분석하였다. 치료 전과 치료 후의 유의성을 검정하기 위하여 대응 표본 t검정을 실시하였고, 내측광근, 외측광근, 그리고 대퇴직근의 전·후 차이 값에 대한 세 근육간의 근활성도 및 근피로도를 분석하기 위하여 일원배치 분산분석을 실시하였으며, Scheffe 사후검정을 실시하였다. 그리고 내·외측 안정성과 전·후 안정성의 전·후 차이 값에 대한 유의성 검정은 독립표본 t검정을 실시하였다. 통계학적인 유의수준은 0.05로 하였다.

### III. 결과

#### 1. 대상자들의 일반적인 특성

연구에 참여한 전체 대상자는 14명이었으며 대상자 중 남자가 8명, 여자는 6명이었고, 나이는 37세에서 60세까지 평균  $48.29 \pm 7.52$ 세였으며, 키는 154cm에서 175cm까지 평균  $164.43 \pm 6.45$ cm였고, 몸무게는 51kg에서 77kg까지 평균  $62.50 \pm 7.62$ kg이었다. 그리고 손상 양상으로는 뇌출혈 5명, 뇌경색 9명이었고, 왼쪽 편마비는 6명, 오른쪽 편마비는 8명이었으며, 뇌졸중 발병이후 경과 기간은 평균  $21.57 \pm 4.27$ 개월이었다 (Table 1).

**Table 1.** General characteristics of the subjects

Sub	Sex	Age (years)	Height (cm)	Weight (kg)	Type of stroke	Affected side	Time since stroke (mon)
1	M	48	175	77	Hem.	Rt.	23
2	M	55	168	60	Isch.	Lt.	28
3	M	60	159	53	Isch.	Rt.	16
4	F	48	162	56	Isch.	Lt.	19
5	F	51	160	62	Hem.	Lt.	27
6	M	57	167	68	Isch.	Rt.	21
7	M	57	170	65	Isch.	Lt.	25
8	F	42	154	51	Isch.	Lt.	18
9	M	45	174	72	Hem.	Rt.	15
10	F	54	163	61	Isch.	Lt.	17
11	F	39	161	63	Hem.	Rt.	27
12	M	43	165	62	Hem.	Rt.	24
13	M	40	169	71	Hem.	Rt.	20
14	F	37	155	54	Isch.	Rt.	22
Mean (SD)		48.29 (7.52)	164.43 (6.45)	62.50 (7.62)			21.57 (4.27)

Hem: hemorrhage, Isch: ischemia

**2. 치료 전과 후의 유의성 검증**

**1) 근활성도의 변화**

내측광근의 RMS는 치료 전 132.21±37.98μV였고, 치료 후 148.79±52.00μV로 치료 전에 비해 치료 후에 유의하게 증가하였으며(p<0.05), 외측광근 역시 치료 전 111.86±12.87μV에서 치료 후 118.14±13.78μV로 유의하게 증가하였다(p<0.01). 그리고 대퇴직근 또한 치료 전 90.93±27.89μV에서 치료 후 105.21±29.76μV로 유의하게 증가하였다(p<0.05)(Table 2).

**2) 근피로도의 변화**

내측광근의 중간 주파수는 치료 전 78.87±9.07Hz였고, 치료 후 74.65±8.03Hz로 치료 전에 비해 치료 후에 유의하게 감소하였다(p<0.05). 하지만 외측광근은 치료 전 84.31±10.69Hz에서 치료 후 87.02±9.64Hz로 증가하였으며, 대퇴직근은 치료 전 94.95±15.53Hz에서 치료 후 91.19±17.66Hz로 감소하였지만, 통계적인 유의성은 없었다(Table 2).

**3) 균형능력의 변화**

전체 안정지수는 치료 전 5.34±1.91도였고, 치료 후 4.23±1.65

**Table 2.** The effect of PNF technique on the muscle activities between pre and post application

		Pre	Post	t	df	p
		Mean±SD	Mean±SD			
Muscle activities (μV)	VMO	132.21±37.98	148.79±52.00	-3.00	13	0.01*
	VL	111.86±12.87	118.14±13.78	-4.17	13	0.00**
	RF	90.93±27.89	105.21±29.76	-2.19	13	0.04*
Muscle fatigue (Hz)	VMO	78.87±9.07	74.65±8.03	2.93	13	0.01*
	VL	84.31±10.69	87.02±9.64	-1.21	13	0.24
	RF	94.95±15.53	91.19±17.66	1.58	13	0.13
Balance (degree)	OVERALL	5.34±1.91	4.23±1.65	7.44	13	0.00**
	A/P	3.58±0.79	2.99±1.07	2.88	13	0.01*
	M/L	3.67±2.04	3.09±1.61	3.24	13	0.00**

\*p<0.05, \*\*p<0.01

VMO: vastus medialis oblique, VL: vastus lateralis, RF: rectus femoris, OVERALL: overall stability index, A/P: anteroposterior stability index, M/L: mediolateral stability index

도로 치료 전에 비해 치료 후에 유의하게 감소하였고( $p<0.01$ ), 전·후 안정지수 또한 치료 전  $3.58\pm 0.79$ 도에서 치료 후  $2.99\pm 1.07$ 도로 유의하게 감소하였다( $p<0.05$ ). 그리고 내·외 안정지수는 치료 전  $3.67\pm 2.04$ 도에서 치료 후  $3.09\pm 1.61$ 도로 감소하였으며 통계적으로 유의하였다( $p<0.01$ )(Table 2).

### 3. 전·후 차이 값에 대한 유의성 검정

#### 1) 근활성도의 전·후 차이 값에 대한 유의성 검정

내측광근의 전·후 차이 값은  $11.62\pm 16.14\%$ 였고, 외측광근의 전·후 차이 값은  $5.71\pm 5.08\%$ 였으며, 대퇴직근의 전·후 차이 값은  $20.68\pm 36.52\%$ 였다. 이들 값에 대한 일원배치 분산분석 결과 세 근육간의 근활성도는 통계적으로 유의한 차이가 없었다(Table 3).

**Table 3.** Changes in pre and post difference of muscle activity, muscle fatigue, and balance after the application of PNF (Unit: %)

		Pre post difference	F	P
		Mean±SD		
Muscle activity	VMO	11.62±16.14	1.47	0.24
	VL	5.71±5.08		
	RF	20.68±36.52		
Muscle fatigue	VMO	-5.06±7.10	3.97	0.02*
	VL	4.09±11.47		
	RF	-4.05±9.19		
Balance	A/P	-16.67±25.47	0.16	-0.48
	M/L	-12.65±18.31		

\* $p<0.05$   
VMO: vastus medialis oblique, VL: vastus lateralis, RF: rectus femoris, A/P: anteroposterior stability index, M/L: mediolateral stability index

#### 2) 근피로도의 전·후 차이 값에 대한 유의성 검정

내측광근의 전·후 차이 값은  $-5.06\pm 7.10\%$ 이었고, 외측광근의 전·후 차이 값은  $4.09\pm 11.47\%$ 였으며, 대퇴직근의 전·후 차이 값은  $-4.05\pm 9.19\%$ 였다. 이들 값에 대한 일원배치 분산분석 결과 세 근육간에는 유의한 차이가 있었다( $p<0.05$ ). 이들 값에 대한 사후검정 결과 내측광근과 외측광근은 유의한 차이가 있었지만( $p<0.05$ ), 내측광근과 대퇴직근, 그리고 외측광근과 대퇴직근은 유의한 차이가 없었다(Table 3).

#### 3) 균형의 전·후 차이 값에 대한 유의성 검정

전체 안정지수는  $-21.64\pm 8.62\%$ 였고, 전·후 안정지수는  $-16.67\pm 25.47\%$ 였으며, 내·외 안정지수는  $-12.65\pm 18.31\%$ 였다. 전·후 안정지수와 내·외 안정지수의 차이 값에 대한 독립표본 t-검정 결과 통계학적으로 유의한 차이가 없었다(Table 3).

## IV. 고찰

편마비 환자들은 대개 비정상적인 운동 조절과 경직, 그리고 정형화된 반응이 혼합되어 나타나고 이것은 뇌손상이 있는 정도와 위치에 따라 다르게 나타난다.<sup>18</sup> 이들은 사지를 움직이고 조절하는 것에 대한 문제와 마비된 쪽을 무시하는 신체상(body image)의 결핍 때문에 균형을 유지하는데 어려움을 겪게 될 뿐만 아니라, 가장 일반적으로 정의되는 이동 결함인 비대칭성은 마비측과 비마비측 하지의 동시 입각기(double stance phase) 때 시간적인 비대칭을 나타내며, 보행 중 비마비측 입각기가 마비측의 입각기보다 더 길어지게 된다.<sup>18</sup> 이러한 이유로 Perry 등<sup>5</sup>은 뇌졸중으로 인한 편마비는 보행에 심각한 영향을 미치며 비정상적인 보행의 원인이 되는 가장 흔한 신경학적 원인이 된다고 하였다. Bohannon<sup>19</sup>은 뇌졸중 환자를 대상으로 균형과 보행 능력과의 관계를 연구한 결과 높은 상관관계를 보인다는 것을 확인했다. 그러므로 최상의 기능적 보행 전략을 이루기 위해서는 먼저 기립 자세에서 마비측 하지에 안정성을 제공함으로써 효율적으로 수행되는 균형패턴과 자세 조절이 필요하다.

이에 대해 Kim 등<sup>20</sup>은 25명의 편마비 환자를 대상으로 1주일에 5회, 총 3주 동안 고유수용성 신경근 촉진법을 이용하여 마비측 골반의 전방 거상과 후방 하강 운동을 20분, 슬관절의 굴곡, 내전, 외회전 운동을 20분간 총 40분 실시하고 10m 직선 거리를 걷게 한 결과 보행 속도는 운동 전  $27.75\text{m}/\text{min}$ 에서 운동 후  $29.69\text{m}/\text{min}$ 으로, 보행율은 운동 전  $62.59\text{step}/\text{min}$ 에서 운동 후  $71.11\text{step}/\text{min}$ 으로 각각 증가하였다고 보고하였다. 그리고 Bae<sup>21</sup>는 등장성 수축 결함과 관절가동범위 내에서의 저항 운동과의 비교에서 관절가동범위 내에서의 단순 저항 운동은 한 관절 한 근육군의 운동이며, 주동근의 구심성 수축만을 유발시키는 데 반해 등장성 수축 결함은 다관절, 다근육군의 운동이며 구심성 수축과 원심성 수축을 반복하게 됨으로써 수축성 구조뿐만 아니라, 인대나 근막과 같은 비수축성 결합 조직에도 장력이 작용하게 되어 탄성을 강화시킨다고 하였다.

본 연구는 기립 자세에서 실시하였으며, 이는 한쪽 발이 지면에 고정된 닫힌 사슬 운동이며, 고정된 원위부에 대한 근위부의 움직임으로 표현된다. 이러한 운동은 근육의 협응, 관절의 적합성을 증가시켜 관절의 동적 안정성과 자세 유지를 제공하며, 기능적 위치에서 점진적인 기계적 압력을 통해 더 많은 고유수용성 감각을 자극할 수 있다. 이와 관련하여 Erik 등<sup>22</sup>은 하지 근 약화 환자에게 5주 동안 닫힌 사슬 운동과 열린 사슬 운동을 무작위로 실시한 결과 닫힌 사슬 운동에서 더 좋은 효과를 얻었다고 보고하였다.

Chen 등<sup>8</sup>은 23명의 편마비 환자에게 6개월 동안 SMART Balance Master를 이용하여 움직이는 판 위에서 모니터의 움직

임을 보면서 스스로 체중이동과 자세조절을 할 수 있는 시각적 피드백을 이용한 훈련을 실시한 결과 균형 능력이 유의하게 증가하였다고 보고하였으며, Ustinova 등<sup>9</sup>은 43명의 편마비 환자에게 자발적인 체중 변위 훈련을 10일 동안 실시한 결과 기립 자세에서의 능동적인 대칭 자세 안정성이 향상되었다는 것을 확인했다.

본 연구에서 고유수용성 신경근 촉진법을 적용한 후 균형능력을 측정된 결과 전체 안정지수와 전·후 안정지수, 그리고 내·외 안정지수 모두 치료 전에 비해 치료 후에 유의하게 감소하였다. 그리고 변화율은 전체 안정지수가 가장 컸고, 전·후 안정지수와 내·외 안정지수는 작은 변화율을 보였다. 결과적으로 균형능력은 치료 전보다 치료 후에 좋아졌다는 것을 알 수 있었다.

또한 기립, 이동, 보행 등의 기능적인 동작들은 하지 근력과도 밀접한 연관이 있으며, 하지 근력 약화로 인해 이러한 기능적인 동작 수행이 저하되거나 장애가 초래될 수 있는데, 이와 관련하여 Cramp 등<sup>10</sup>은 뇌졸중 환자들에게 하지 근육 중 대퇴사두근의 최대 수의적 근수축운동을 실시한 후 1개월 후와 6개월 후에 마비 측과 비마비 측을 모두 측정하여 평균값을 산출한 결과 비마비 측의 근력은 6개월 후에 거의 변화가 없었지만, 마비 측의 근력은 6개월 후 유의하게 증가하였다고 보고하였다. 그리고 Engardt 등<sup>23</sup>은 뇌졸중 환자를 대상으로 슬관절의 등속성 훈련을 시행한 결과 대퇴사두근의 근력이 유의하게 증가하였다고 하였으며, 이러한 변화는 주동근의 운동단위의 동원 능력이 증가함으로써 근력이 증진된다고 하였다.

최근의 연구 결과 뇌졸중 환자에게 근력 증진을 위한 저항운동을 적용하면 근력 향상뿐만 아니라 기능적인 동작 수행에도 도움이 되며, 또한 저항 운동을 통한 근력 훈련 자체가 경직을 악화시키지 않는 것으로 알려지면서, 저항 운동을 이용한 근력 훈련이 뇌졸중 환자의 재활에 중요한 부분으로 인식되고 있다.<sup>11,24</sup> Kim 등<sup>11</sup>은 20명의 편마비 환자에게 등속성 장비를 이용하여 총 6주에 걸쳐 1회에 45분씩 일주일에 3회 하지 근력 훈련을 시킨 결과 근력뿐만 아니라 보행 속도 또한 증가하였다는 것을 확인하였고, Brown 등<sup>12</sup>은 2명의 편마비 환자에게 부하를 적용한 하지 등속성 운동을 3주 동안 매일 실시한 결과 하지 근력 및 체중 부하 능력이 동시에 향상되었다고 하였다.

본 연구에서 고유수용성 신경근 촉진법을 적용한 후 근활성도를 측정된 결과 내측광근이 가장 많은 증가를 보였으며, 그 다음으로 대퇴직근과 외측광근 순으로 변화를 보였다. 이는 치료 전보다 치료 후에 근 활성도가 세 근육 모두에서 증가하였다는 것을 보여준다. 그리고 RMS의 변화율은 대퇴직근이 가장 컸고, 외측광근이 가장 작았다.

또한 근 피로도를 알아보기 위하여 중간 주파수를 측정한

결과 내측광근과 대퇴직근은 치료 전 에 비해 치료 후에 유의하게 감소하였으나, 외측광근은 오히려 증가하였다. 내측광근과 대퇴직근의 중간 주파수 변화율은 치료 전보다 치료 후에 감소하였으며, 외측광근의 변화율은 치료 전보다 치료 후에 증가하였다. 이상의 결과를 통해 알 수 있는 것은 근활성도와 근피로도의 변화는 서로 연관성이 없다는 것을 알 수 있었다.

본 연구를 통해 마비측 하지에 적용된 고유수용성 신경근 촉진법의 등장성 수축 결합 기법이 뇌졸중으로 인한 편마비 환자의 균형 능력 및 대퇴사두근의 근활성도 증가에 긍정적인 효과를 주었다고 보여지며, 향후 기립 자세가 독립적으로 가능한 편마비 환자뿐만 아니라, 정형외과적인 문제가 없이 하지의 근 약화가 있는 환자들에게도 효과적인 치료법이 될 것으로 생각된다.

## V. 결론

본 연구는 고유수용성 신경근 촉진법 중에서 등장성 수축 결합 기법이 뇌졸중 환자의 근활성도 및 근피로도 그리고 기립 자세에서 균형능력의 차이를 알아보았는데, 그 결과 마비측 하지에 적용된 고유수용성 신경근 촉진법의 등장성 수축 결합기법이 뇌졸중으로 인한 편마비 환자의 균형능력 및 대퇴사두근의 근활성도 및 근피로도에 긍정적인 효과가 있다는 것을 알 수 있으며, 향후 기립 자세가 독립적으로 가능한 편마비 환자뿐만 아니라, 정형외과적인 문제가 없는 하지 근약화 환자들에게도 효과적인 치료법이 될 것으로 생각된다.

## Author Contributions

Research design: Ji SK

Acquisition of data: Ji SK, Lee

Analysis and interpretation of data: Kim MK, Jun

Drafting of the manuscript: Ji, SK, Kim MK

Research supervision: Lee MH

## Acknowledgements

본 논문은 지상구의 석사학위 논문으로 수행되었음

## 참고문헌

1. Kim JM. Clinical neurology. Korea, Kunja publish, 2003.
2. Campbell FM, Ashburn AM, Pickering RM et al. Head and pelvic movements during a dynamic reaching task in sitting: Implications for physical therapists. Arch Phys Med

- Rehabil. 2001;82(12):1655-60.
3. Kwon HC, Jeong DH. A study of influence of asymmetrical weight - bearing on the LOS of independent ambulatory hemiparetic patients on standing. *Journal of the Korean Academy of University Trained Physical Therapists*. 2000;7(2):1-18.
  4. Goldie PA, Matyas TA, Evans OM et al. Maximum voluntary weight bearing by the affected and unaffected legs in standing following stroke. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*. 1996;11(6):333-42.
  5. Perry J. The mechanics of walking in hemiplegia. *Clin Orthop Relat Res*. 1969;63:23-31.
  6. Berg KO, Maki BE, Williams JI et al. Clinical and laboratory measures of postural balance in an elderly population. *Arch Phys Med Rehabil*. 1992;73(11):1073-80.
  7. Hwang SS. The effects of vestibular stimulation on balance and fundamental psychologicprocess of children with central nervous system dysfunction. Dankook University. Dissertation of Doctorate Degree. 1997.
  8. Chen IC, Cheng PT, Chen CL et al. Effects of balance training on hemiplegic stroke patients. *Chang Gung Med J*. 2002;25(9):583-90.
  9. Ustinova KI, Chernikova LA, Ioffe ME et al. Impairment of learning the voluntary control of posture in patients with cortical lesions of different locations: the cortical mechanisms of pose regulation. *Neurosci Behav Physiol*. 2001;31(3):259-67.
  10. Cramp MC, Scott OM, Gill M et al. Maximum voluntary strength and fatiguability of the quadriceps femoris muscle following stroke. *Physiotherapy*. 1998;84(8):401.
  11. Kim CM, Eng JJ, MacIntyre DL et al. Effects of isokinetic strength training on walking in persons with stroke: a double-blind controlled pilot study. *J Stroke Cerebrovasc Dis*. 2001;10(6):265-73.
  12. Brown DA, Nagpal S, Chi S. Limb-loaded cycling program for locomotor intervention following stroke. *Phys Ther*. 2005;85(2):159-68.
  13. Dean CM, Richards CL, Malouin F. Task-related circuit training improves performance of locomotor tasks in chronic stroke: A randomized, controlled pilot trial. *Arch Phys Med Rehabil*. 2000;81(4):409-17.
  14. Klein DA, William JS, Wayne TP et al. PNF training and physical function in assisted-living older adults. *J Aging Phys Act*. 2002;10(4):476-88.
  15. Kofotolisa ND, Kellis E. Cross-training effects of a proprioceptive neuromuscular facilitation exercise programme on knee musculature. *Phys Ther in Sport*. 2007;8(3):109-16.
  16. Bae SS, Lee HS, Kim G et al. Biomechanics and neurophysiology of polyometrics. *J Kor Soc Phys Ther*. 2000;12(2):219-28.
  17. William SP, Henry LL, Ernest WJ. *Practical electromyography*. 4th ed. Philadelphia, Lippincott Williams & Wilkins, 2007.
  18. Rode G, Tiliket C, Boisson D. Predominance of postural imbalance in left hemiparetic patients. *Scand J Rehabil Med*. 1997;29(1):11-6.
  19. Bohannon RW. Selected determinants of ambulatory capacity in patients with hemiplegia. *Clin Rehabil*. 1989;3(1):47-53.
  20. Kim JS, Kwon YS, Jung BO et al. Effects of proprioceptive neuromuscular facilitation techniques on the Gait for Hemiplegic Patients. *J Kor Soc Phys Ther*. 1999;11(1):121-7.
  21. Bae SS. Biomechanical analysis of combination of isotonic in proprioceptive neuromuscular facilitation. *J Kor Soc Phys Ther* 1998;10(2):260-5.
  22. Erik W, Roeland L, Johan B. Open versus closed kinetic chain exercise for patellofemoral pain. *Am Orthop Sports Med*. 2000;28(5):687-94.
  23. Engardt M, Knutsson E, Jonsson M et al. Dynamic muscle strength training in stroke patients: Effects on knee extension torque, electromyographic activity, and motor function. *Arch Phys Med Rehabil*. 1995;76(5):419-25.
  24. Weiss A, Suzuki T, Bean J et al. High intensity strength training improves strength and functional performance after stroke. *Am J Phys Med Rehabil*. 2000;79(4):369-76.