

닫힌사슬과 열린사슬 자세에서 편측상지에 적용된 PNF가 양측 하지의 근 활성화도에 미치는 영향

한향완 · 김상수

고려대학교 의용과학대학원 스포츠의학과 · 대구보건대학 물리치료과

Effect of Close kinetic chain and Open kinetic chain Position on Proprioceptive Neuromuscular Facilitation Applied to the Unilateral Upper Extremity on the Muscle Activation of Lower Extremity

Hyang-Wan Han, P.T., Sang-Soo Kim, P.T., Ph.D.

Korea University sports medicine

Department of Physical Therapy, Daegu Health College

<Abstract>

The purpose of this study was to investigate the effect of close kinetic chain(CKC) and open kinetic chain(OKC) position on proprioceptive neuromuscular facilitation applied to the unilateral upper extremity on the muscle activation of lower extremity. All subjects were randomly assigned to two groups: open kinetic chain group(n=5), closed kinetic chain group(n=5).

All participants were PNF patterns applied on the unilateral upper extremity in all subjects were the kinetic chain(CKC) and open kinetic chain(OKC) position on flexion/abduction/external rotation. The hold and approximation techniques for the irradiation were applied to end range.

All measurements for each subject took the following tests: pre-test, post-test in 4weeks, post-test in 8weeks.

EMG data was collected from the vastus medialis, tibialis anterior, biceps femoris, and gastrocnemius muscle of both lower extremity using surface EMG system, Each EMG value in individual muscle was normalized for maximal voluntary contraction.

The data were analyzed using Two-way analysis of variance(ANOVA) with repeated measures to determine the statistical significances.

The results of this study are summarized as follows.

First, during for close kinetic chain(CKC) and open kinetic chain(OKC) position on PNF pattern application, all of the %MVIC values of close kinetic chain and open kinetic chain position increased significantly compared($p<0.05$).

Second, The close kinetic chain(CKC) and open kinetic chain(OKC) position on PNF pattern application was significantly increased with in the intervention period($p<0.05$).

Third, there was a no significant open kinetic chain position on PNF pattern application of single muscle group with in the intervention period($p<0.05$) there was a significant close kinetic chain position on PNF pattern application of single muscle group with with in the intervention period($p<0.05$).

Forth, interaction of the exercise position and muscle was also significant. Post-hoc tests revealed that the activation levels of vastus medialis muscle and tibialis anterior muscle was higher in the closed kinetic chain position($p<0.05$). that the activation levels of vastus medialis and gastrocnemius muscle was higher in the open kinetic chain position($p<0.05$).

In conclusion, it was found that the application of PNF patterns to the unilateral upper extremity effect on the muscle activation of lower extremity and both open kinetic chain exercise and closed kinetic chain exercise was significantly increased muscle activity. Further studies are needed to analyzed long term effects and subjects resulting from these changed.

Key Words : Close kinetic chain, Open kinetic chain, Proprioceptive neuromuscular facilitation, Muscle activation

I. 서 론

고유수용성신경근촉진법(Proprioceptive neuromuscular facilitation: PNF)은 근육과 건 내의 고유수용기를 자극함으로써 기능을 향상시키고 근력, 유연성, 평형성을 증가시킨다고 하였고(배성수 등 1998; Klein 등, 2002) 고유수용성 신경근 촉진법은 신경 생리적 운동치료 접근법으로 저항 운동 치료는 근 수축을 유발시켜 근력을 강화할 뿐만 아니라 운동의 방향, 크기, 속도를 안내하고 운동의 협응성과 운동의 부드러움을 유발시키고, 체위를 안정시키게 되며, 촉진 기법으로 근육이 수축하며 운동을 일으키는 근육의 길항 근을 최대로 이완시키게 되어 다음 수축 시 최대의 기능을 발휘하게 한다(배성수 등, 1999).

Knott와 Voss(Adler ss, 2000)는 신경계는 상호 연결이 되어 있고, 격리, 고립된 부분이 없다고

정의하고 있으며, PNF의 기본 절차 중 저항은 근 수축 과 운동 조절을 돕고, 근육강도를 증가시키며 운동학습에 도움을 준다고 하였으며, 치료하는 동안 제공되는 저항의 양은 환자의 상태와 활동의 목적에 따라야만 하며 이것을 적절한 최상의 저항이라고 한다. 이때, 적절하게 적용된 저항은 방산과 강화를 일으킨다고 한다. 저항은 강한 쪽에 작용되어 약한 쪽을 강화 할 수 있는데 이것을 방산(Irradiation)이라 정의 하였으며 방산의 개념은 신경지배에 결합이 있는 환자를 치료할 때 강한 쪽에 최대 저항을 주고 약한 쪽의 움직임을 강화 시키고자 할 때 적용되며, 이때의 최대 저항은 강한 쪽의 운동 패턴을 판단하고 약한 쪽을 강화하기 위한 것이다.

PNF는 교차훈련의 한 방법으로 방산을 이용하여 치료의 한 기법으로 이용하고 있으며, 저항의 양을 증가시키는 것 또한 근육반응의 양과 범위를 증가시키는 것으로 저항을 준 동작의 변화나 환자의 자

세 또한 결과를 변화시킨다고 한다.(S.Adler 2000) 교차 훈련(cross education)은 손상 받지 않은 측에서의 훈련이 손상 받은 측의 기능에 영향을 미친다는 연구 결과들이 발표되면서 지지받기 시작하였다.(Hortobagyi, 1999; Moritani와 deVries, 1979; Stromberg, 1986) 교차훈련에 대한 이론적 바탕이 되는 것은 Sherrington(1947)의 운동과 흐름(overflow)개념이다.

Bemben과 Murphy(2001)는 단기간의 편측 저항훈련이 훈련을 받지 않은 사지에서도 근력 증가를 가져왔으며, 따라서 교차훈련을 뇌졸중으로 편측마비를 보이는 환자, 고관절 또는 슬관절의 대체술을 시행한 경우 그리고, 한쪽 사지에 석고 고정(cast)을 시행한 경우 근력의 회복과 기능의 회복에 도움을 줄 수 있는 방법으로 제안하였다. Shima (2002) 등은 전기 생리적 기법인 통합적 근전도(integrated electromyogram: iEMG)를 이용하여 편측에서 저항 훈련을 하는 경우 반대 측에서의 근력에 변화를 가져온다고 하였으며, 우영근 등(2002)은 편마비 환자에서 건 측에 적용한 고유수용성 신경근 촉진법이 환측에 미치는 영향을 실험한 결과 근 긴장도 감소와 능동외전 거리의 증가를 보여주었고, 치료 30분 후의 결과 같은 변화를 보여주었다 이는 비환측에 적용한 치료가 환측에 영향을 미쳤다고 볼 수 있다.

특별한 근육 군을 강화하려고 할 때에 환자의 자세는 그 근육의 장력-발생능력에 영향을 주는 자세여야 하고, 저항의 양은 환자가 조절할 수 있고, 운동의 수행은 환자의 기능적 활동에 부합하는 자세여야 한다. 궁극적으로 다양한 환자자세에서의 열린사슬 활동과 닫힌사슬 활동 양쪽 모두는 바람직한 기능적 활동의 강도와 속도 및 기간 등과 같은 조건들이 운동 프로그램 안에 포함된다.(Carolyn Kisner, Lynn Allen Colby 2002)

치료과정에서 운동학적 사슬의 개념이 제시된 이후 최근 몇 년 동안 하지의 효과적인 재활기법으로 닫힌사슬 운동이 주목받고 있으며, 특히, 하지의 손상일 경우에 유용하다(Voight M, 1990) 열린사슬 운동의 대부분은 구심성 수축으로 단일 근육이 활성화 되어 견인력과 회전력을 많이 발생하는 반면 닫힌사슬 운동은 근육의 동시 수축을 발생하여 관절 낭의 압력의 변화로 관절의 기계적 수용기의 활

성화에 영향을 미치며(Hall CM, 1998) 열린사슬 운동은 전형적인 재활근력강화 프로토콜이나 관절 가동범위의 증가를 위한 도수저항이나 기구를 이용한 운동방법으로 선택되어져왔으며 반면에 닫힌사슬 운동은 일상생활동작과 스포츠 활동등과 유사한 기능적 운동이 대표적이다.(Davies G, 1995)

앞서 선행 연구에서 보고한 바와 같이 고유수용성 촉진법의 방산 효과가 편측에 영향을 미친다는 것을 볼 수 있으며, 이 방법의 효과와 관련되어 많은 연구가 이루어 졌으며, 관련된 연구로는 고유수용성 신경근 촉진법과 전통적인 치료와 비교(Snyder & ward, 1972), 고유수용성 촉진법 하지패턴이 퇴행성 슬관절염 환자의 균형능력에 미치는 영향, (정현성 2006), PNF하지패턴이 편마비환자의 균형에 미치는 영향(2007) 편마비 환자의 비환측에 적용한 고유수용성 신경근 촉진법이 환측 근 긴장도에 미치는 영향(우영근 외 2002) 등과 같은 고유수용성 촉진법의 효과와 관련된 연구는 많으나 운동역학적 사슬과 같은 운동자세방법에 관한 연구는 미흡한 실정이다.

따라서, 본 연구는 고유수용성신경근촉진법의 방산 효과를 닫힌사슬 운동 자세에서 실시하였을 때와 열린사슬 운동 자세에서 실시하였을 때 대상자의 하지에 어떤 영향을 미치는 가를 알아봄으로써 정형외과 적 환자나 편마비 환자의 치료에 있어서 임상적 자료로 제공하고자 한다.

II. 연구 대상 및 연구 방법

본 연구의 대상은 대구소재의 D대학에 재학 중인 20대 학생 중 연구 목적과 방법의 설명을 듣고 자발적으로 참여한 성인 10명을 대상으로 닫힌 사슬 운동군 5명, 열린 사슬 운동군 5명으로 무작위 배치하였으며, 연구 대상자의 구체적인 선정 기준은 다음과 같으며, 이들의 신체적 특성은 <표 1>과 같다.

- 1) 고유수용성신경근촉진법의 치료적 경험이 없는 자.
- 2) 상, 하지에 선천적인 기형이 없는 자.
- 3) 상, 하지에 신경·근 골격계의 결함이 없는 자.
- 4) 최근 6개월 동안 외과적 질환으로 인한 통증과 수술의 경험이 없는 자.

표 1. 연구대상자의 일반적 특성 (Mean±S.D)

| | 성 별 | 연령(yrs.) | 체중(kg) | 신장(cm) |
|------|--------|----------|-----------|-------------|
| CKC* | Male | 3(60%) | 20.2±0.48 | 171.86±8.67 |
| | Female | 2(40%) | | |
| OKC† | Male | 2(40%) | 20.8±0.84 | 169.4±8.73 |
| | Female | 3(60%) | | |

* CKC : Close kinetic chain Exercise group

† OKC : Open kinetic chain Exercise group

1. 실험절차

본 연구는 2008년 1월에 연구 설계를 시작하여 2008년 11월에서 12월에 걸쳐 예비실험을 진행하여 2009년 2월부터 2009년 4월까지 8주간 실험을 진행하였으며, 모든 실험자 들은 실험 전 표면근전도 분석을 위하여 손 근력 검사를 이용한 각 근육의 최대 수의적 근 수축(MVC)측정을 통한 사전검사를 실시하고, 닫힌사슬 운동 자세와 열린사슬 운동 자세에서 각각 PNF 상지 굴곡/외전/외회전 패턴 방법 운동을 주 3회 30분씩 운동을 실시하였으며, 실험시작 전 측정, 실험 4주 후 와 8주 후 모든 검사는 동일하게 실시하였다. 본 실험의 절차는 <그림 1>, <그림 2>와 같다.

2. 실험 방법

본 연구에서 적용된 운동프로그램은 S. Adler 등(2000)과 김경환(2005)의 운동방법을 수정 보완하여 재구성 하였으며, 8주간 주 3회 30분씩 운동 하였다. 닫힌 사슬 운동 자세와 열린사슬 운동 자세에서 PNF의 상지 굴곡/외전/외회전 패턴을 각각 5회씩 실시하였으며, 패턴의 끝 범위에서 유지와 압박을 5초 적용하였고, 각 패턴 실시 후 1분의 휴식을 가졌으며, 닫힌사슬 운동자세 즉 바로 누운 자세에서 양쪽하지는 벽에 완전히 밀착된 자세와 열린사슬 운동자세 즉 바로 누운 자세에서 양쪽하지는 바닥에 밀착시키지 않은 자세로 각각 상지패턴을 시작하기 전에 두 개의 대각선을 가로지르는 선의 중간위치에 대상자의 팔을 두도록 하며 견관절과 전완은 중립회전 상태에서 시작하고, 상지를 충분한 회전과 함께 동자를 시킨 후 손목과 손가락의 운동을 먼저 유발시킨다. 패턴의 시작 자세는 오른쪽 상지의 신전/내전/내회전 상태로 견갑골은 전방하강,

견관 절은 신전/내전/내회전/, 주관절은 신전과 회내, 손목은 굴곡/회내/척골측 편위 의 상태이며, “자드세요”라는 구령과 함께 패턴을 실시하며 오른쪽 상지의 굴곡/외전/외회전 방향으로 저항을 주면서 운동을 일으켜 운동의 끝 범위에서는 견갑골은 후방거상, 견관 절은 굴곡/외전/ 외회전 되며, 주관절은 신전과 외회전, 손목은 굴곡/회외/ 요골측 편위의 상태로 끝난다. 이때 유지의 적용은 패턴의 끝 범위에서 운동의 방향을 지속적으로 유지 시키면서



그림 1. 닫힌 사슬 운동자세- 상지의 굴곡/외전/외회전 패턴 끝 자세



그림 2. 열린 사슬 운동자세- 상지의 굴곡/외전/외회전 패턴 끝 자세

저항의 양을 증가시키기 위하여 “좀 더” 또는 “더 세계”라고 구령을 하여 마지막 끝 범위에서 압박 5초간 적용 하며 끝 범위에서 저항의 방향을 체간을 향하여 증가 시킨다.

3. 근 활성화 측정 방법

실험 대상자에게 실험 목적과 취지에 대한 설명을 하였으며 실험에 대한 동의를 얻었다. 실험대상자는 반바지와 반팔 옷을 착용하였으며, 피부 저항을 최소화하기 위해 전극 부착 부위는 알코올로 깨끗이 닦고 면도를 한 후, 전용 젤을 사용하여 피부 표면의 각질을 제거한 다음 근육의 최대 근 수축을 유발하여 근육(muscle belly)부위를 결정하여 펜을 이용하여 표시한 후 근전도의 전극은 직경(diameter) 3.8inch 기준 전극(reference electrode)인 Circular single Electrode를 사용하였으며 이 전극은 전극의 중심에 직경이 1inch인 Ag/AgCL snap electrode가 고정되어있는 자가 접착식 전극이었다. 그리고 접지전극은 발목의 외측 복사뼈에 부착하였다. 근전도의 전극 배치는 양측 하지의 내측광근(vastus medialis) 전경골근(tibialis anterior), 대퇴이두근(biceps femoris), 비복근(gastrocnemius medialis)에 부착하였고(Glen Kasmann 2002) <그림 5,6,7, 8> 근전도 신호 측정을 위한 장비는 Noraxon사의 Myosystem 1200, USA를 사용하였으며, 근전도 데이터 측정 시간은 5초~15초, 잡음 제거를 위한 대역 여과 필터는 60Hz, 대역통과 필터는 10~350Hz로 하였고, 근전도에서 측정된 근 활성화도의 변화량을 표준화(normalization)하기 위한 최대 수의적 근수축(maximum voluntary contraction, MVC)의 측정은 바로 누운 자세에서 근육에 전극을 연결하고 도수저항에 대항하여 최대 등척성 수축이 유발되는 동안에 근 활성도를 측정하였다. 누운 자세에서 상. 하지를 견고하게 고정하고 5초 동안 최대 등척성 수축이 유발되도록 하였다. 자료의 수집과 처리를 위하여 각 근육에서 얻어진 값들을

총 면적량(Area_{μVms}≐RMS)의 값으로 처리한 다음, 각 개인에서 얻어진 근육별 최대 수의적 근수축 값으로 정량화한 %MVIC(percentage of maximal voluntary isometric contraction)으로 기록하였다. 전극을 통해 전달된 근전도 신호는 Myosystem 1200을 이용하여 수집하였으며 개인 PC로 전송하여 데이터 처리 하였다. 피험자 들이 PNF패턴 움직임에 익숙해 질수 있도록 실험 전 PNF에 숙달된 치료사가 패턴을 교육 하도록 하였다.

4. 자료처리방법

대상자의 일반적 특성에 관한 자료는 기술통계를 실시하였으며, 본 연구의결과는 도식화 또는 정량화한 후 SPSS/PC WIN 12.0 통계프로그램을 이용하여 각 항목별 평균 및 표준오차를 산출하고 닫힌 사슬 운동 군과 열린 사슬 운동 군 각각의 측정치를 이원 반복측정 분산분석(Two way repeated ANOVA)를 하여 근 활성화도와 기간에 따른 차이점을 분석하였고, 각 분석에 따른 측정치의 차이점을 다중비교 Bonferoni검증을 이용하여 사후 비교검증 하였으며 유의 수준은 p<.05로 하였다.

III. 연구 결과

1. 닫힌사슬 운동 자세와 열린사슬 운동 자세에서 적용된 고유수용성촉진법의 양측 하지 근 활성화도의 변인 차이

운동 자세에 따른 양측 하지 근 활성화도의 비교 결과 닫힌사슬 운동 자세에서 오른쪽 하지는 17.33±1.19, 왼쪽 하지는 25.93±0.08 로 왼쪽 하지가 오른쪽 하지보다 근 활성화도의 크기가 높았으며, 열린 사슬 운동 자세에서 오른쪽 하지는 18.90±0.99, 왼쪽 하지는 21.15±0.89로 열린사슬 운동 자세에서 왼쪽하지의 근 활성화도 크기가 오른쪽 하지보다 유의하게 증가하였다.(p<0.05)

표 2. CKC와 OKC의 근활성도 (%MVC)의 반복측정된 이요인 분산분석결과

| 부위간 | 그룹간 | 평방합 | 자유도 | 평방평균 | F | P |
|-----|-----|----------|-----|----------|----------|-------|
| | CKC | 2844.083 | 3 | 948.0276 | 153.9554 | 0.000 |
| | OKC | 1382.724 | 3 | 460.9081 | 169.9139 | 0.000 |

달린사슬 운동 자세에 따른 근 활성화도의 변화량에 차이가 있는가를 알아보기 위해 운동 적용 시의 %MVC를 구한 자료로 반복측정 이요인 분산분석 결과 달린 사슬 운동 자세와 열린사슬 운동자세 모두 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다.($p < .05$) <표 2>

2. 각 운동 자세에 따른 개별근육군의 근 활성화도 변화량의 변인 차이

달린사슬 운동 적용 군과 열린사슬 운동 작용군 모두 양측 하지에서 유의한 차이를 나타냈으며, ($p < .05$) 각각의 운동 자세에서 각 개별근육군의 근 활성화도의 크기의 차이가 있는가를 알아보기 위해 다중비교 Bonferoni검정을 실시한 결과 달린사슬 운동 자세에서 동 자세크기의 성도가 가장 크게 증가 하였으며, 근육군의 근과 연관성이 있었다. 예서 각 개별은 활성화도의 연관성이 있었으며, 활성화도의 활성화군의 근과 연관성이 있었다. 열린사슬 자세 운동에서크기왼쪽 하지 근 활성화도를 비교한 결과 달린 사슬 운동보다 근 활성화도의 크기가 감소하였으며 근육과 연관성의 활성화도는 비슷하였다.

달린사슬 운동 자세에서 오른쪽 하지의 근 활성화도 변인차이를 비교한 결과 내측광근의 근 활성화도가 가장 크게 증가하였으며, 내측광근과 전경골근의 연관성이 크게 나타난 반면, 대퇴이두근과 비복근 또한 전경골근과의 연관성이 나타났다.

열린사슬 운동 자세에서 오른쪽 하지의 근 활성화도 변인차이를 비교한 결과 내측광근은 비복근과 연관성이 높았으며, 대퇴이두근은 비복근과 연관성

이 높았고, 전경골은 또한 비복근과 연관성이 높았으며, 내측광근과 대퇴이두근, 대퇴이두근과 전경골근은 유의성이 낮았다. <그림 3>

IV. 고 찰

본 연구는 달린사슬 운동 자세와 열린사슬 운동 자세에서 편측 상지에 적용된 PNF방법이 하지의 근 활성화도에 어떤 영향을 미치는 가를 측정하기 위하여 근전도를 이용하여 각 근육별 최대 수의적 근 수축(MVC)값을 산출하고 운동 후 각 근육에서 측정된 근 활성화도 평균값(%MVC)을 측정하였다. 또한 본 연구는 달린사슬 운동 적용 군 5명과 열린사슬 운동 적용 군 5명에게 8주간 주 3회 30분씩 운동을 실시하여 근 활성화도 크기의 차이를 알아보고자 연구 한 결과를 바탕으로 다음과 같이 논의하고자 한다.

1. 달린사슬 운동 자세와 열린사슬 운동 자세에서 적용된 PNF 방법의 양측 하지 근 활성화도의 변인 비교

김경환(2005)은 정상인을 대상으로 PNF 방법의 상지 굴곡/외전/외회전 패턴과 양측상지의 들어올리기 패턴을 적용하여 반대 측 하지의 근 활성화도를 측정 한 연구에서는 편측 상지에서 적용한 PNF패턴들이 반대 측 하지 근육들의 근 활성화도가 유의하게 증가 시켰다고 보고하였으며, 이는 본 연구의 결과와 유사하였다. 이문규(2009)는 비 마비측에 하지패턴 적용 시, 마비측 과 비 마비측 위팔두갈래근의 근 활성화도는 안정 시보다 유의하게 증가했으며 위팔세갈래근 또한 마비측 과 비 마비측 모두에서 근 활성화도가 안정 시보다 유의하게 증가하였다. 신체의 한 부분에 적용한 PNF 패턴이 다른 신체 부위의 근 활성화도에 영향을 주었다는 점에서 앞의 연구 결과들과 일치하며, PNF의 기본 원리 중 하나인 방산으로 인해 마비 측 과 비 마비 측 위팔두갈래근 과 위팔세갈래근의 근 활성화도가 유의하게 증가했다고 할 수 있다.

우영근 등(2002)은 3명의 뇌졸중 환자를 대상으로 한 단일 사례 연구에서 비 마비측 상지와 하지에 PNF패턴을 적용하고 마비 측의 근 긴장도와 고

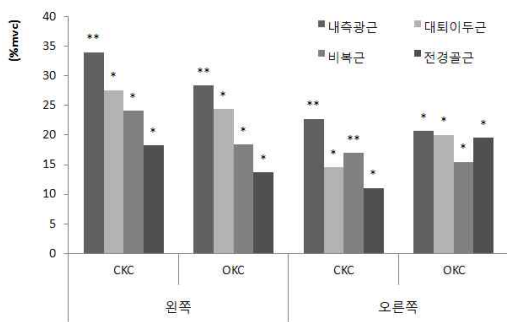


그림 3. CKC와 OKC에서의 양측 하지의 개별 근육 군간 변인 차이

관절 능동 가동범위의 변화를 알아본 결과, 근 긴장도가 유의하게 감소했으며, 능동 가동범위가 유의하게 증가하였고 그에 대한 결과로 저항으로 인해 발생한 반사 현상 때문이라고 하였다. 이문규 등(2008)의 연구에서는 여러 형태의 PNF양측 비대칭적 하지 굴곡 패턴을 적용하여 오른쪽과 왼쪽 목빗근의 근활성도가 어떻게 변화 하는지를 알아본 결과, PNF 양측 하지 패턴을 이용하면 경부 굴곡근에서 간접적 수축을 유발한다고 하였다.

박지원(2003)은 기능적 자기공명영상기법을 활용하여 빠른 손가락 운동으로 순서적 운동학습을 시킬 경우 나타나게 되는 운동신경망의 가소적인 변화를 규명하여 편측에서의 훈련 및 학습에 따른 내측 운동신경망에서의 변화 양상을 관찰하여 교차훈련의 효과와 기전을 밝힌다고 주장 하였으며, 박지원등(2000)은 외상성 뇌손상 환자들을 대상으로 건 측에 복자한 손가락 협응훈련을 단기간 실시 한 후, 자기공명영상 기법으로 대뇌피질 활성화를 관찰한 후 피질 손상 후 초기 단계부터 건 측에 적극적인 훈련을 적용하는 것이 환측의 운동능력을 증진 하는데 간접적인 도움을 줄 수 있을 것이라고 제안하였고, Lagerquist O.(2006)등의 최근 연구들은 근력훈련의 교차훈련 효과가 척수 기전이라기보다는 상위 척수 기전으로 인해 발생하는 것일 수도 있다고 제안하였다. Zhou S.(2000)는 훈련을 하는 팔에 수의적 수축이 일어나는 동안 대뇌피질의 관련된 부분이 흥분되는 것은 중추신경기전으로 인해 나타날 수도 있다는 것을 의미 한다. Houston ME 등은 운동 방산으로 인해 발생한 신체 다른 부위의 근력 증가는 근육의 조직학적 변화로 인한 것은 아니다 라고 기술하였다.

앞서 제시한 선행 연구들에서 이용한 PNF패턴과 측정 근육들은 본 연구와는 다르나 신체의 한 부분에 적용한 저항에 대하여 발생한 근육 활동이 다른 신체 부위의 근육 활성화에 영향을 주었다는 것은 본 연구의 결과 와 일치 한다.

동일한 패턴일지라도 그 자세와 지점의 위치에 따라 그 결과가 다르기 때문에 본 연구에서는 닫힌사슬 운동 자세와 열린 사슬운동 자세에서 의 근활성도 크기를 비교하여 방산의 효과에 대한 차이점을 비교하고자 하였다.

2. 각 운동 자세에 따른 개별근육군의 근 활성화도 변화량의 변인 차이

권유정(2008)은 열린사슬 운동과 닫힌사슬 운동을 실시하여 운동기간별 근 활성화도 변화를 살펴 본 결과 운동 기간에 따른 내측광근과 외측광근의 근활성도는 운동4주 후부터 두군 모두 유의하게 증가하였고 외측 슬괵근 과 내측슬괵근은 두군 모두 운동 2주 후부터 유의하게 증가 하였는데 닫힌사슬 운동 군에서 더 증가 하는 것으로 나타났으나 전경골근에서는 열린사슬 운동 군이 운동 2주 후부터 근활성도가 더 유의하게 증가 하는 것을 볼 수 있었다. 또한 외측 비복근은 닫힌사슬 운동 군에서 운동 2주 후부터 유의하게 증가 하는 것을 볼 수 있었다. 이는 본 연구의 결과와 유사했다. 우영근 등(2004)은 정상 성인의 정적 균형 조절 시 다양한 조건에 따라 우세 측 하퇴의 전경골근, 장비복근, 비복근 외측두, 비복근 내측두의 활성도를 비교한 결과 안정 시 균형 유지를 위해 비복근이 주로 활동하고 다양한 고유수용성 감각의 자극이 주어질 때 비복근 뿐만 아니라 전경골근의 근육 활성화도도 증가한다고 하였는데 본 연구에서도 운동기간에 따른 열린사슬 운동 군과 닫힌사슬 운동 군의 전경골근의 근활성도를 비교한 결과, 운동기간에 따른 전경골근의 근활성도가 유의하게 차이가 나는 것으로 나타났고($p < .05$), 열린사슬 운동 군과 닫힌사슬 운동 군 모두 운동전에 비해 운동 4주 후, 8주 후에 전경골근의 근활성도가 유의하게 증가하였다. ($p < .05$)

본 연구의 결과에서는 전경골근의 근활성도는 닫힌사슬 운동과 열린사슬 운동 군 모두에서 유의한 차이를 나타냈으나 열린사슬 운동에서 더 많은 차이를 보였다.

Tracy등(2003)은 65~80세 정상노인을 대상으로 등척성과 비등척성 근력강화를 16주 실시한 결과 비등척성 운동이 대퇴사두근의 힘의 변화를 작게 한다고 하였다. 본 연구에서는 비등척성 운동으로 열린사슬 운동과 닫힌사슬 운동을 8주간 실시하여 내측광근과 대퇴이두근, 전경골근, 비복근의 근활성도를 측정한 결과 두군 모두 유의하게 증가하는 것을 알 수 있었다.

김의룡(2006)은 닫힌사슬 운동과 열린사슬 운동

이 고관절 외전근의 활성화에 미치는 영향을 연구한 결과 고관절 외전근의 활성화가 운동 유형에 따라 차이가 나타남은 물론 근육유형에 따른 근 활성화도의 차이가 나타났다고 한다. 이것은 본 연구에서 운동 자세에 따른 근활성도가 근육 유형에 따른 근 활성화도 차이가 나타난 것과 유사하다.

Kan hazaki등(1996)은 PNF 4가지 기본 하지 패턴을 시행하는 동안 대퇴부 근육들의 활동수준을 기술하였다. 그 결과 대퇴이두근이 가장 높았고, 외측 광근, 내측 광근, 대퇴이두근 순으로 근 활성화도가 높았다. 이 연구에서 내측광근은 내전과 외회전의 요소를 포함하는 PNF패턴에서 관계되는 경향이 있었으며, 대퇴직근은 굴곡근 패턴들에서 가장 높은 근 활동을 보였다. 이 연구 결과에서 내측 광근은 신전과 외회전 요소가 포함된 패턴에서 높은 활성도를 보인 것은 본연구의 하지 근 활성화도에서 내측 광근이 높은 근활성도를 보인 것과 유사하다. 본 연구에서 하지의 자세가 신전, 내전의 요소를 포함하고 있는 것과 유사한 결과를 보인다. 닫힌사슬 운동 자세에서 내측광근의 근 활성화도는 열린사슬 운동 자세의 근 활성화도 보다 증가하였으며, 조정희(2001)는 닫힌사슬 운동에서 슬관절 각도에 따라 대퇴직근의 근활성도가 증가 하였고, 열린사슬 운동에서 슬관절 각도에 따라 대퇴이두근의 장두와 대퇴직근에서 통계적으로 유의한 차이가 있었으며, 슬관절 재활 운동을 목적으로 실시 할 때 개방 역학 운동에서 슬관절과 요부에 과도한 힘의 전달로 닫힌 사슬 운동이 더욱 효과적이라고 하였다. 남기석(2008)은 정상 성인을 대상으로 스쿼트 운동 시 무저항, 탄력밴드를 이용한 저항을 대상자의 전외측 45° 저항, 외측 90° 저항이 내측광근, 외측광근 그리고 내측광근/외측광근 비의 근활성도(%MVIC)에 미치는 영향을 알아보려고 실시되었다. 무저항과 외측 90° 저항에 비해 전외측 45° 저항을 동반한 스쿼트 운동이 내측광근/외측광근 비의 근활성도(%MVIC)를 증가시킨다고 하였다. 이러한 결과는 본 연구에서 내측광근의 근 활성화도 비가 전체적으로 증가한 것과 유사한 결과를 보였다.

앞서 제시한 선행 연구에서는 닫힌사슬 운동 적용 군과 열린사슬 운동 적용 군 모두 기간 경과에 따른 변화에 대한 결과는 유사 하였으나 운동적용 방법에 따라 차이를 보였으나 닫힌 사슬 운동 적용

군에서 열린 사슬 운동 작용군 보다 근 활성화도의 크기가 더 크게 증가하는 것은 본 연구와 유사한 결과를 보였다.

V. 결 론

첫째, 닫힌사슬 운동 자세와 열린사슬 운동 자세에서 각각 양측 하지의 근육군의 활성화도의 크기를 비교한 결과 닫힌사슬 운동 자세에서 왼쪽 하지의 근 활성화도 크기가 오른쪽 하지의 근 활성화도 크기보다 유의하게 증가하였으며, 열린사슬 운동 자세에서 왼쪽 하지의 근 활성화도 크기가 오른쪽 하지의 근 활성화도 크기보다 유의하게 증가 하였다. 또한, 닫힌사슬 운동자세의 왼쪽하지가 열린사슬 운동자세의 왼쪽 하지보다는 근 활성화도 크기가 유의하게 증가 하였다. ($p < 0.05$).

둘째, 닫힌 사슬 운동 작용군 열린 사슬 운동 작용군 각각 양측하지의 개별 근육군의 근 활성화도 크기에 차이를 보였으며, 닫힌 사슬 운동 작용군 왼쪽 하지 개별 근육의 근 활성화도 크기의 차이가 가장 유의하게 증가하였으며, 열린사슬 운동 작용군 왼쪽 하지는 모두 유의한 차이를 보였으며, 닫힌사슬 운동 자세에서 왼쪽 하지의 개별근육 군의 서로 상호 비교 했을 때 내측광근이 가장 크게 증가 하였고, 전경골근과 연관성이 있었으며 대퇴이두근은 비복근과 연관성이 있었고 비복근은 전경골근과 연관성이 있었다. 열린사슬 운동 자세에서의 왼쪽 하지 근 활성화도를 비교한 결과 닫힌사슬 운동보다 근 활성화도의 크기는 감소하였으나 각 근육별 연관성은 비슷하였다. 닫힌사슬 운동 자세에서 오른쪽 하지의 개별근육 군의 서로 상호 비교를 했을 때 내측광근은 크게 증가하였으며, 내측광근과 전경 골근의 연관성이 크게 나타난 반면, 대퇴이두근과 비복근 또한 전경골근과의 연관성이 나타났다. 열린사슬 운동 자세에서 오른쪽 하지의 근 활성화도의 변인차이를 비교한 결과 내측광근은 비복근과 연관성이 높았으며, 대퇴이두근은 비복근과 연관성이 높았고, 전경골은 또한 비복근과 연관성이 높았으며, 내측광근과 대퇴이두근, 대퇴이두근과 전경골근은 유의성이 낮았다. ($p < 0.05$).

결론적으로 편측 상지에 적용한 PNF방법은 모두 반대 측 하지 즉, 왼쪽하지의 근 활성화도 크기를

유의하게 증가 시킨 것으로 나타났으며, 특히 닫힌 사슬 운동 자세에서 적용한 운동 군이 열린사슬 운동 작용군 보다 왼쪽 하지의 근 활성도의 크기가 증가 한 것으로 나타났다. 따라서 본 연구 결과에서 PNF상지 패턴이 반대 측 하지의 근 활성도를 증가 시킨 것은 PNF의 방산 효과로 인한 것이며 이것은 상지에 가해진 저항을 이겨내기 위하여 하지 근육의 협력 근들이 동원되고 그 결과로 인하여 근 활성도의 크기가 증가 한 것으로 생각 할 수 있으며, 닫힌사슬 운동은 체절이 고정되어 있기 때문에 열린사슬 운동 보다 더 많은 근 활성도의 크기가 나타난 것이라고 할 수 있다. 따라서 운동 프로그램을 수행하기 위하여 운동 자세에 따른 개별 근육의 근 활성도 크기를 이용하여 선택적 치료를 적용 할 수 있을 것이라고 생각 된다.

참 고 문 헌

- 권경호(2007), 고유수용성촉진법의 하지패턴이 편마비 환자의 균형에 미치는 영향. 물리치료학과 스포츠·정형물리치료전공 석사학위논문. 대구대학교 재활과학대학원.
- 권유정(2008), 열린사슬과 닫힌사슬 운동이 정상 성인의 동적 균형 능력과 근 활성도 변화에 미치는 영향. 물리치료학과 물리치료 전공. 대구대학교 재활과학대학원.
- 김경환(2005), 편측상지에 적용된 고유수용성 신경근 촉진법이 반대 측 하지의 근 활성도에 미치는 영향. 물리치료학과 석사학위논문. 을지의과대학교 보건대학원.
- 김연주(2007), 닫힌 사슬운동이 전십자인대 재건술 환자의 슬관절 안정성에 미치는 영향. 미간행 석사학위 청구논문 대구대학교 대학원.
- 김리룡(2006), 닫힌 사슬 열린 사슬이 고관절 외전근의 활성도에 미치는 영향. 보건관리학과 석사학위논문. 인제대학교 보건대학원.
- 김태윤(1996), 고유수용성촉진법에 의한 sport장해 환자의 치료. 대한물리치료사학회지, (3):435-442.
- 박지원(2003), 편측 운동 학습에 따른 뇌 신경망의 가소성과 교차훈련의 효과. 의학박사 박사학위논문. 전북대학교 대학원.
- 박지원, 김종만, 서정환, 김연희(2002), 편측 협응훈련에 의한 운동신경망의 재조직 및 교차훈련의 효과. 한국전문물리치료학회지, 9(3), 2002.
- 배성수, 고유수용성신경근촉진법 원리에 관한 고찰, 대한물리치료학회지, 5(1), 1993.
- 배성수 외(2003), 고유수용성 신경근 촉진법의 저항에 관한 연구. 대한물리치료학회지, 15(2), 329-333.
- 우영근, 조규행, 유은영(2002), 편마비 환자의 건축에 적용한 고유수용성 신경근 촉진법이 환측 근 긴장도에 미치는 영향, 한국전문 물리치료학회지 2002, 9권2호.
- 우영근, 박지원, 최종덕, 황지혜, 김연희(2004), 정상 성인의 정적 균형 제어 시 다양한 조건에 따른 하퇴 근육 활성도의 특성. 한국전문물리치료학회지, 11(2):35-45.
- 이문규, 김종만, 박형기, 김원호(2008), 고유수용성 신경근 촉진법이 중 하지패턴이 경부 굴곡근 활성도에 미치는 영향. 한국전문물리치료학회지, (15)1, 46-53.
- 이문규, 김종만, 김원호(2009), PNF 하지패턴이 뇌졸중 환자의 상지 근 활성도에 미치는 영향. 대한물리치료학회지, 21(1), 1-7.
- 이성아, 박창일, 김유철 등, 편마비 아동의 건축 손기능과 정상아동의 양손기능비교, 대한작업치료학회지, 1996, (4), 11-19.
- 이호성(2007), 8주간 PNF와 탄성밴드 복합훈련이 테니스 선수의 등속성 근기능과 서브 속도에 미치는 영향. 체육학사논문. 창원대학교 일반대학원.
- 정현성(2006), 고유수용성 신경근 촉진법의 하지패턴이 퇴행성 슬관절염 환자의 균형능력에 미치는 영향. 물리치료학과 물리치료전공 이학석사논문. 대구대학교 대학원.
- 조정희, 등장성 운동을 통한 폐쇄역학운동과 개방역학운동의 근활성도 분석, 경희대학교체육대학원 스포츠의학 석사학위논문, 2001.
- Adler SS, Beckers D, Buck M, PNF in practice: An illustrated guide, Springer-Verlag Berlin Heidelberg: 2000:7-9.
- Bemben MG, Murphy RE. Age related neural adaptation following short term resistance training in women. J Sports Med Phys Fitness. 2001;41(3):291-299.

- Carolyn Kisner, Lynn Allen Colby, Therapeutic exercise foundation and techniques 4th, F.A Davis, 2002.
- Carroll TJ, Herbert RD, Munn J et al. Contralateral effects of unilateral strength training: Evidence and possible mechanisms. *J Appl Physiol.* 2006;101(5):1514-22.
- Donal A. Neumann, Kinegiology of the musculoskeletal system, Mosby, 2004.
- Fitzgerald GK, Open versus closed kinematic chain exercise: Issues in rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstructive surgery. *Phys Ther.* 1997;77(12): 1747-1754.
- Hakkinen, K. Pakarinen, A. & Kraemer, W.J. (2001). Selective muscle hypertrophy, change in EMG and force, and serum hormones during strength training in old women. *J Appl Physiol*, 91, 569-58.
- Hazaki K, Ichihashi N, Morinaga T. Electromyographic analysis of thigh muscles in PNF patterns of the lower extremity: Muscle activities in the lengthened range. *J Phys Ther Sci.* 1996;8(1):29-32.
- Hodges PW, Richardson CA. The influence of isometric hip adduction on quadriceps femoris activity. *Scand J Rehabil Med.* 1993;25(2):57-62.
- Hortobagyi T, Scott K, Lambert J, et al. Cross-education of muscle strength is greater with stimulated than voluntary contractions. *Motor Control.* 1999;3(2):205-219.
- Houston ME, Froese EA, Valeriote SP et al. Muscle Performance, morphology and metabolic capacity during strength training and detraining: A one leg model. *Eur J Apply Physiol Occup Physiol.* 1983;51(1): 25-35.
- Jette DU, Latham NK, Smout RJ et al. Physical therapy interventions for patients with stroke in inpatient rehabilitation facilities. *Phys Ther.* 2005;85(3):238-248.
- Kanazaki, Noriaki Ichihashi, Toshihiro Morinaga, Electromyographic analysis of thigh muscles in PNF of the lower extremity: Muscle activities in the lengthened range, *J Phys, Ther, Sci*, 1996(8)29-32.
- Kawahira K, Shimodono M, Ogata A et al. Addition of intensive repetition of facilitation to multidisciplinary rehabilitation promotes motor functional habives of the hemiplegic lower limb. *J Rehabil Med.* 2004;36(4):159-164.
- Kofotolis N, Kellis E. Crosstraining effects of a proprioceptive neuromuscular facilitation exercise programme on knee musculature. *Physical Therapy in Sport.* 2007;8(3):109-116.
- Kuniyoshi Shimura, Tatsuya Kasai. (2002). Effects of proprioceptive neuromuscular facilitation on the initiation of voluntary movement and motor evoked potentials in upper limb muscles. *Human Movement Science* 21(2002), 101-113.
- Lagerquist O, Zehr EP, Docherty D. Increased spinal reflex excitability is not associated with neural plasticity underlying the cross-education effect. *J Appl Physiol.* 2006;100(1):83-90.
- Markos PD. Ipsilateral and contralateral effects of proprioceptive neuromuscular facilitation techniques on hip motion and electromyographic activity. *Phys Ther.* 1979;59(11): 136-673.
- Moritani T, deVries HA. Neural factors versus hypertrophy in the time course of muscle strength gain. *Am J Phys Med.* 1979;58(3):115-130
- Munn J, Herbert RD, Gandevia SC. Contralateral effects of unilateral resistance training: A meta analysis. *J Appl Physiol.* 2004;96(5): 186-216.
- Shanker K, Exercise prescription. Philadelphia Hanley & Belfus. 1999:188.
- Shima N, Ishida K, Katayama K, et al. Cross

- education of muscular strength during unilateral resistance training and detraining. *Eur J Appl Physiol.* 2002;86(4):287-294.
- Steindler A. *Kinesiology of the human body under normal and pathological conditions.* Springfield. 1997.
- Stromberg BV. Contralateral therapy in upper extremity rehabilitation. *Am J Phys Med* 1986;65(3):135-143.
- Tracy LB., Byrnes CW., Roger ME., (2003). Strength training reduces force fluctuations during an isometric contraction of the quadriceps femoris muscles in old adults. *J Appl Physiol*, 96, 1530-1540.
- Voight M, Tippett S. Closed kinetic chain. Presented at 41st annual clinical symposium of the National Athletic Trainers Association 1990 June; Indianapolis, America. Hall CM, Brody LT. *Therapeutic exercise.* Washington Lippincott Williams & Wilkins; 1998. 449-455.
- Voss DE, Ionta MK, Myers BJ. *Proprioceptive neuromuscular facilitation: Patterns and techniques.* 3rd ed. Lippincott Williams & Wilkins, 1985.
- W. Mesfar, A. Shirazi-Adl.(2008). Knee joint biomechanics in open-kinetic-chain flexion exercises. *Clinical Biomechanics.* 2008;23: 477-482
- Zhou S. Chronic neural adaptations to unilateral exercise: Mechanisms of cross education. *Exerc Sport Sci Rev.* 2000;28(4):177-84.