

대한고유수용성신경근촉진법학회 : 제11권 제2호, 2013년 12월  
J. of the Korean Proprioceptive Neuromuscular Facilitation Association  
Vol.11, No.2, December 2013, pp.111~117

## 발목관절 자세 변화에 대한 무릎관절 굽힘근과 펴는근의 활성화도

권유정<sup>1</sup>·이현옥<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>부산가톨릭대학교 대학원 물리치료과 <sup>2</sup>부산가톨릭대학교 물리치료과

### Activity of Knee Flexors and Extensors on Change of Ankle Joint Position

Yu-Jeong Kwon, PT, MS<sup>1</sup>; Hyun-Ok Lee, PT, PhD<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Dept. of Physical Therapy, Catholic University of Pusan

<sup>2</sup>Dept. of Physical Therapy, Graduate School, Catholic University of Pusan

#### ABSTRACT

**Purpose** : The purpose of this study was to examine the activity of the knee flexor and extensor with ankle plantar flexion and dorsiflexion.

**Methods** : A total of 18 subjects(Male 6 , female 12) performed 4 lower extremity patterns of PNF and the activities of the vastus medialis oblique, rectus femoris, vastus lateralis, biceps femoris, semitendinosus ipsilateral sides were measured using electromyography.

**Results** : During 4 lower extremity patterns of PNF, knee flexor and extensor muscle activity were significantly difference. Knee extensors were shown to be higher knee extension and ankle dorsiflexion combined pattern. Knee flexors were shown to be higher knee flexion and ankle plantarflexion combined pattern.

**Conclusion** : We suggest that it is efficient to strengthening of knee extensors with ankle dorsiflexion and to strengthening of knee flexors with ankle plantar flexion. Also, for the functioning as toe standing, we have to choice appropriate movement pattern

**Key Words** : knee flexors, extensors, PNF,

## I. 서론

무릎관절은 과도한 체중지지로 인한 퇴행성 변화, 스포츠를 통한 무리한 신체 활동으로 인해 무릎관절의 손상 등 손상의 빈도가 대단히 높은 관절이다. 손상 후 재활과정에서 무릎관절 기능향상을 위한 가장 중요한 부분 중의 하나로 무릎관절 주위 근육 특히 넵다리네갈래근의 강화운동이 강조되고 있다.

넵다리네갈래근을 강화하는 방법으로는 다양한 방법이 있다. 이에 대한 연구로는 무릎의 손상 구조나 회복정도에 따라 등척성이나 등장성운동 또는 특정 제한된 범위에서의 운동(Mesfar와 Shirazi-Adl, 2006), 엉덩관절의 자세(Choi 등, 2011), 발목의 자세에 따른 넵다리네갈래근의 활성화도 변화(Hwang 등, 2000; Serrao 등, 2005; Stoutenberg 등, 2005; Signorile, 1995) 등이 있다. Signorile(1995) 등은 발의 안쪽돌림에서 안쪽 가쪽 넵다리네갈래근의 근활성이 가장 크다고 하였고, Stoutenberg 등(2005)은 발의 안쪽돌림에서 안쪽 가쪽 넵다리네갈래근의 근활성이 가장 크고 가쪽돌림에서는 넵다리끝은근이 근활성이 가장 크다고 하였다. 그러나 Serrao 등(2005)은 정강뼈의 회전이 선택적으로 근육을 활성화시키지는 않는다고 하여 서로 상이한 결과를 보였다. 또한 발의 발등, 발바닥굽힘에 대한 넵다리네갈래근의 활성화연구에서는 안쪽 넵다리네갈래근의 H반사는 발목자세와는 차이가 없고 발바닥굽힘 노력에서 유의하게 증가한다고 하였다(Hwang 등, 2000). Tepperman 등(1986)은 발목의 자세는 넵다리네갈래근에 영향을 주지않고 환자의 편안함에 근거하여 선택하는 것이 바람직하다고 하였다. 위에서 처럼 발목의 자세와 무릎 펴기, 엉덩관절의 자세와 무릎 펴기의 근력관계에 대한 연구가 있다. 하지만 다리는 점프동작 뒤꿈치들기 등에서처럼 열린운동사슬이든 닫힌운동사슬이든 엉덩관절, 무릎관절, 발목관절이 함께 작용하는 경우가 많다. 이런 운동사슬을 대표할 수 있는 것이 PNF 패턴이다.

PNF의 하지 패턴은 엉덩관절, 무릎관절 그리고 발목관절의 운동을 결합시키는 것이다. 일반적으로는 동

근의 수축시 길항근은 이완하는 것으로 알려져 있다. 하지만 PNF의 하지 패턴에서 무릎관절 굽힘근과 펴기근은 함께 작용하는 일이 많다. 즉 엉덩관절을 펴면서 무릎을 펴는 것과 같은 패턴에서는 넵다리뒤근은 엉덩관절 펴기근으로 넵다리네갈래근은 무릎 펴기근으로 동시에 작용한다. 따라서 발목관절에만 변화를 주었을 때와 PNF 하지패턴에서 발목에 변화를 줄 때의 차이는 아직 밝혀지지 않았다.

따라서 본 연구에서는 다리에 PNF 패턴을 사용하여 발목의 변화가 무릎의 펴기근과 굽힘근의 근활성도에 어떤 영향을 미치는지 확인하여 펴기근이나 굽힘근의 효과적인 운동방법에 기초자료를 제공하고자 한다.

## II. 연구방법

### 1. 연구 설계

본 연구는 집단에 대한 구분 없이 18명의 대상자에게 PNF의 하지 패턴 4개의 동작을 단일 반복측정으로 하였다.

### 2. 연구 대상

본 연구는 연구의 목적과 진행 방법에 대한 설명을 듣고 이에 자발적으로 참여를 동의한 20대의 성인 남녀 중 최근 6개월 이내에 근골격계 질환으로 인한 통증이나 병력이 없는 18명(여자 12, 남자 6)을 대상으로 하였다. 대상자의 일반적인 특성은 <표 1>과 같다.

표 1. 연구 대상자의 일반적인 특성

	남자 (n=6)	여자 (n=12)	전체 (n=15)
나이	21.50±0.837	20.83±1.03	21.06±.99
신장 (cm)	172.16±4.87	162.45±4.95	165.69±6.71
체중 (kg)	66.66±7.76	53.70±8.23	58.02±10.05

### 3. 측정 도구 및 절차

#### 1) 측정 도구

PNF 하지패턴 적용 시, 대상자들의 우세쪽 하지의 안쪽 넓은근(Vastus medialis oblique, VMO), 넓다리곧은근(Rectus femoris, RF), 가쪽넓은근(Vastus lateralis oblique, VLO), 넓다리두갈래근(Biceps femoris, BF), 반힘줄모양근(Semitendinosus, ST)의 활성도를 측정하기 위해 표면 근전도 시스템은 미국 (주) Noraxon의 TeleMyo DTS Telemetry를 사용하였다. 표면 근전도 시스템에 디지털 처리된 근전도 신호는 개인용 컴퓨터에서 (주) Noraxon의 MyoResearch XP 1.06 Master Edition을 이용해 처리하였다. 전극을 부착하기 전 피부로부터 생성되는 근전도 신호에 대한 저항을 최소화시키기 위해 필요한 경우 체모를 제거한 후 전극의 피부 부착 부위를 알콜 솜을 이용해 깨끗하게 닦아주었다. VMO은 ASIS와 무릎관절 내측을 연결한 선에 4/5지점에 부착하고 RF은 ASIS와 무릎뼈 상면의 중간지점, VLO은 ASIS와 무릎관절 외측면을 연결한 선의 2/3지점에 부착한다. BF은 엉치뼈 결절과 정강이뼈 가쪽 융기사이의 중간에 부착하고 ST는 엉치뼈 결절과 정강이 안쪽 융기사이의 중간지점에 부착한다.

#### 2) 측정 절차

측정하기 전에, 연구 대상자들에게 실험 방법과 과정을 충분히 설명하고 대상자 모두 실험의 내용을 이해하고 참여에 동의하였다. 실험은 각각의 패턴을 3회씩 실시하여 %MVIC를 측정하였고, 한 패턴의 끝 범위에서의 유지 적용 시간은 5초, 휴식시간은 1분으로 하였다. PNF 패턴 적용 순서는 대상자들에서 무작위로 시행하였다. 이때 획득된 5초간의 값을 전 후 1초씩 제외하고 3초의 값을 실효평균값(RMS, root mean square)으로 산출하여 각각의 근육에 대한 최대 수의적 등척성 근수축에 대한 비율(%MVIC)로 표준화하여 비교 분석

하였다.

#### 4. PNF 하지 패턴

본 연구에서는 무릎 굽힘근과 펴는근의 근활성도를 확인하기 위하여 다음과 같은 하지 패턴을 사용하였다. 각 패턴에서 운동 방향에 대한 반대 방향으로 최대 저항을 가하며 마지막 범위에서 5초간 유지한다.

- (1) 하지 굽힘-모음-가쪽돌림(무릎 굽힘); KF1(그림 1)
- (2) 하지 펴-벌림-안쪽돌림(무릎 굽힘); KF2(그림 2)
- (3) 하지 펴-벌림-안쪽돌림(무릎 펴); KE1(그림 3)
- (4) KE2 하지 굽힘-모음-가쪽돌림(무릎 펴); KE2(그림 4)



그림 1. KF1의 마지막 자세



그림 2. KF2의 마지막 자세



그림 3. KE1의 마지막 자세



그림 4. KE2의 마지막 자세

### 5. 자료 처리 및 분석

수집된 자료는 SPSS Win 20 통계프로그램을 이용하여 처리하였다. 하지의 4가지 패턴의 적용시 무릎관절 펌근과 굽힘근의 근육활성도를 비교하기 위해 일원배치 분산분석(one way ANOVA)이용하였고, Bonferroni 사후검정을 실시하였다. 통계적 유의수준은  $p < .05$ 로 하였다.

## Ⅲ. 연구결과

### 1. 하지 패턴에 따른 펌근의 활성화도

하지의 4가지 패턴에 따른 무릎관절 펌근의 활성도를 본 결과 VMO는 KE2에서 가장 높은 활성도를 보였으며 KF1, KE2패턴에서도 KF2보다는 유의하게 높은 활성도를 보였다. RF는 KF1과 KE2에서 유의하게 높은 활성도를 보였다. VLO는 높은 활성도를 보였으며 무릎관절 굴곡 패턴인 KE1과 KE2에서 유의하게 높은 활성도를 보였다(표 2).

### 2. 하지 패턴에 따른 굽힘근의 활성화도

하지의 4가지 패턴에 따른 무릎관절 굽힘근의 활성도를 본 결과 BF와 ST 모두 KF2에서 유의하게 높게 나타났다(표 2).

표 2. 4가지 패턴동안 근육의 활성화도(n=18)

	KF1	KF2	KE1	KE2	P
VMO	30,14± 29,10 <sup>a</sup>	13,44± 6,05 <sup>b</sup>	28,62± 21,08 <sup>a</sup>	47,62± 21,77 <sup>c</sup>	.000*
RF	43,42± 27,43	7,41± 3,08 <sup>a</sup>	18,06± 10,71 <sup>a</sup>	45,08± 16,77	.000*
VLO	22,57± 16,81	11,89± 6,53	36,19± 15,20 <sup>a</sup>	46,44± 21,45 <sup>a</sup>	.000*
BF	16,96± 9,00	63,52± 12,78 <sup>a</sup>	18,91± 11,3	14,58± 9,20	.000*
ST	10,05± 7,10	56,70± 17,82 <sup>a</sup>	15,54± 11,08	8,45± 8,35	.000*

VMO: Vastus medialis oblique, RF: Rectus femoris, VLO: Vastus lateralis oblique, BF: Biceps femoris, ST: Semitendinosus, NOTE. Each value represents the mean±SD.

\* : Statistically significant at the level of  $p < .05$

a,b,c, superscripts within the same columns indicate significant differences ( $p < .05$ ).

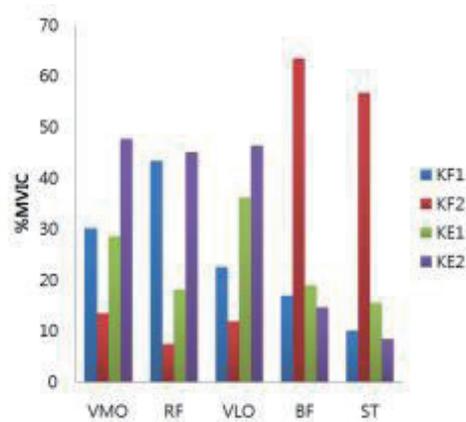


그림5. 각 패턴에 따른 근육 활성화도

## Ⅳ. 논의

근육의 작용은 운동 속도, 지렛팔의 위치, 작용근의 단면적 등 여러 가지 요소에 의해 달라질 뿐만 아니라

관절 각도에 따라서도 달라질 수 있다. 그리고 근위와 원위 관절의 위치와 움직임에 의해서도 근육의 작용은 변화가 있음을 여러 연구들에서 보고한 바 있다 (Strokes 등, 1989; Simoneau 등, 2007). 하나의 축과 하나의 면에서의 움직임 또한 다양한 변수들에 의해 근육활동이 변함으로 여러 면에서 복합적으로 이루어지는 움직임은 더 복잡한 변화를 가져올 것이다. 특히 PNF의 패턴처럼 세 개의 축과 세 개의 면에서 이루어지는 근육의 작용은 서로 밀접하게 연관성을 가지게 된다. 본 연구에서는 PNF의 하지 패턴 중 가장 일반적인 4가지 패턴을 적용하였다. KF1과 KF2 패턴은 무릎관절에서는 공통적으로 굽힘이 발생하지만 엉덩관절과 발목관절에서는 상반되는 움직임이 이루어진다. 반면 KE1과 KE2는 무릎관절에서는 공통적으로 펴기 이루어지지만 엉덩관절과 발목에서는 상반되는 움직임이 이루어진다. 그러므로 무릎관절에서 동일한 움직임이 이루어지지만 근위와 원위 관절의 움직임에 따라 무릎관절 굽힘근과 펴근의 활성도를 비교하고자 하였다.

하지의 4가지 패턴에 따른 무릎관절 펴근의 활성화도는 KE2에서 VMO, RF, VLO 모두 높게 나타났으며 VMO와 RF는 무릎관절 굽힘 패턴인 KF1에서도 유의하게 높게 나타났다. KF1에서 VMO와 RF의 작용은 무릎관절에서의 움직임보다는 엉덩관절과 발목관절의 움직임에 의해 활성화가 증가하였다고 생각된다. RF은 두관절 근육으로 엉덩관절 굽힘에 의해 근활성도가 증가되었으며 VMO는 넙다리과 엉덩관절 긴모음근과 큰모음근의 힘줄에 기시하고 넙다리 장축에 대하여 50~55도의 기울어져 부착하므로(Lieb와 Perry, 1968) 엉덩관절 모음과 가쪽돌림과 발목의 발등굽힘과 안쪽번짐으로 인한 방산으로 활동이 증가되는 것으로 생각된다. 정강뼈나 엉덩관절의 돌림은 VMO와 VL의 동원 패턴에 영향을 미칠 수 있다(Slocum과 Larson, 1968). Laprade 등(1998)은 정강뼈의 안쪽 돌림을 동반한 무릎관절 펴는 VMO를 선택적으로 강화시킬 수 있다고 제안하였으며 Fabio 등(2005)의 연구에서도 정강뼈의 안쪽 돌림이 VMO 동원에 영향을 미친다고 보고하였다. KE1 패턴에서 무릎관절 펴기 일어나는 패턴임에

도 불과하고 KE2에 비해 펴근은 작용은 낮게 나타났지만 굽힘근의 활동은 더 높게 나타나는 경향을 보였다. 이는 KE1 패턴은 무릎관절을 굽힘한 상태에서 닫힌 사슬운동이 일어나므로 인해 굽힘근과 펴근의 동시 수축이 더 많이 일어나는 것으로 생각된다.

하지의 4가지 패턴에 따른 무릎관절 굽힘근의 활성화도는 KF2 패턴에서 유의하게 높은 활성도를 보였다. 무릎관절 굽힘에서 발목관절의 발바닥 굽힘이 함께 동반될 때 굽힘근의 작용이 높아지고 KF1 패턴에서처럼 발등굽힘이 동반된 무릎관절 굽힘에서는 낮은 활성도를 보임을 알 수 있었다. Hwang과 Abraham(2001)의 연구에서 무릎관절을 45°로 고정된 상태에서 발목관절을 발바닥 굽힘하였을 때 넙다리 두갈래근의 작용이 높게 나타났으며 발목관절을 발등굽힘하였을 때는 넙다리 곧은근이 높게 나타났다. 이처럼 무릎관절의 굽힘과 펴근은 무릎관절의 움직임 뿐만 아니라 발목관절의 움직임에 의해서도 활성도가 달라짐을 알 수 있다. 본 연구에서도 PNF의 하지 패턴 중 무릎관절 굽힘과 펴기 따라 4가지 패턴을 적용하였을 때 발목관절과 엉덩관절의 움직임에 따라 무릎관절 굽힘과 펴기의 활성도가 영향을 받음을 알 수 있었다. 무릎관절 펴기는 무릎관절 펴기 발목관절의 발등굽힘이 동반된 패턴(KE2)에서 활성도가 높게 나타났으며 무릎관절 굽힘근은 무릎관절 굽힘과 발목관절의 발바닥굽힘이 동반된 패턴(KF2)에서 높은 활성도를 보임을 알 수 있었다. 하지만 무릎관절 굽힘과 발목관절의 발등굽힘이 동반된 패턴(KF1)과 무릎관절 펴기 발목관절 발바닥굽힘이 동반된 패턴(KE2)에서는 무릎관절 굽힘근과 펴근의 동시 수축이 더 많이 일어남을 알 수 있었다.

## V 결론

본 연구는 발목의 변화가 무릎의 펴근과 굽힘근의 근활성도에 어떤 영향을 미치는지 확인하여 펴근이나 굽힘근의 효과적인 운동방법에 기초자료를 제공하고자 PNF의 하지 패턴 4가지를 사용하였다. 그 결과는 다음과 같다.

1. 무릎관절 펌근은 발목관절 발등굽힘과 무릎관절 펌이 동반될 때 가장 높은 활성도를 보임을 알 수 있었다.
2. 무릎관절 굽힘근은 발목관절 발바닥굽힘과 무릎관절 굽힘이 동반될 때 가장 높은 활성을 보임을 알 수 있었다.
3. 무릎관절 펌과 발목관절의 발바닥굽힘이 동반된 패턴과 무릎관절 굽힘과 발목관절의 발등굽힘이 동반된 패턴에서는 무릎관절 펌과 굽힘근이 동시에 활성화됨을 알 수 있었다.

이러한 결과를 종합해 보면 무릎관절 펌근 혹은 굽힘근만을 강화할 것인지 아니면 발가락서기와 같은 기능을 강화할 것인지 운동의 목적에 맞게 적절한 운동패턴을 선택해야 한다고 사료된다.

### 참 고 문 헌

Choi B, Kim MH, Jeon HS. The effect of an isometric knee extension with hip adduction(KEWHA) exercise on selective VMO muscle strengthening. *J Electromyogr Kinesiol*, 21:1011-1016, 2011.

Fa'bio VS, Cristina MNC, Fausto B et al. Effect of tibia rotation on the electromyographical activity of the vastus medialis oblique and vastus lateralis longus muscles during isometric leg press. *Phys Ther in Sport*. (6);15-23, 2005.

Hwang IS, Abraham LD, Chou SW. The effect of ankle joint position and effort on quadriceps reflex sensitivity. *Clin Neurophysiol*, 111(7):1175-83, 2000.

Hwang IS, Abraham LD. Quantitative EMG analysis to investigate synergistic coactivation of ankle and knee muscles during isokinetic ankle movement. *J Electromyogr Kinesiol*, 11(5):319 - 325, 2001.

Laprade J, Culham E, Brouwer, B. Comparison of five isometric exercises in the recruitment of the vastus medialis oblique in persons with and without patellofemoral pain syndrome. *J Orthop Sports Phys Ther*, 27:197 - 204, 1998.

Mesfar W, Shirazi-Adl A. Knee joint mechanics under quadriceps-hamstrings muscle forces are influenced by tibial restraint. *Clin Biomech(Bristol Avon)*. 21:841-848, 2006.

Serrao FV, Cabral CMN, Berzin F et al. Effect of tibial rotation on the electromyographical activity of the vastus medialis oblique and vastus lateralis longus muscle during isometric leg press. *Phys Ther in Sport*. 6:15-23, 2005.

Signorile JF, Kacsik D, Perry A et al. The effect of knee and foot position on the electromyographical activity of the superficial quadriceps. *JOSPT*, 22(1):2-9, 1995.

Simoneau E, Martin A, Van Hoecke J. Effects of joint angle and age on ankle dorsi- and plantar-flexor strength. *J Electromyogr Kinesiol*, 17(3):307-316, 2007.

Slocum, DB, Larson, RL. Rotary instability of the knee. *J Bone and Joint Surgery (Am)*, 50, 211 - 225, 1968.

Stokes IA, Moffroid M, Rush S et al. Emg to torque relationship in rectus abdominis muscle. Results with repeated testing. *Spine*, 14(8):857-861, 1989.

Stoutenberg M, Pluchino AP, Ma F et al. The impact of foot position on electromyographical activity of the superficial quadriceps muscles during leg extension. *J Strength Cond Res*, 19(4):931-938, 2005.

Tepperman PS, Mazliah J, Naumann S et al.

Effect of ankle position on isometric quadriceps strengthening. *AM J Phys Med.* 65(2): 69-74, 1986.