

스텝업 운동이 무릎넓다리 통증증후군을 가진 축구선수의 근활성도에 미치는 영향

황일균 · 이효택 · 허보섭 · 김용재[†]
(부경대학교)

The Effect of the Patellofemoral Pain Syndrome on EMG Activity During Step up Exercise

Il-Gyoon HWANG · Hyo-Taek LEE · Bo-Seob HEO · Yong-Jae KIM[†]
(Pukyong National University)

Abstract

The purpose of this study was to examine EMG activities and VMO/VL ratio of the vastus medialis oblique, and vastus lateralis during step up exercise according to ankle and knee positions in soccer players with patellofemoral pain syndrome. Methods: Subject(patellofemoral pain syndrome, PFPS: n=8 and without PFPS, non PFPS; NPFPS: n=8) performed step up exercise at each knee and ankle position(knee flexion 30°, 60°, and 90°, ankle internal rotation 30°, neutral, and external rotation 30°) while EMG activity was collected. The EMG signals were expressed by the % maximal voluntary isometric Contraction(%MVIC) values. Statistical analysis consisted of two way repeated measures analysis of variance with post hoc analysis. Results: Main results were as follows: 1) EMG of VMO, and VL was tend to be lower in PFPS compared to NPFPS. 2) EMG of VMO and VL with knee flexion 60° was significantly higher the results with knee flexion 30°, and 90°. VMO and VL with ankle external rotation 30° was significantly higher the results with internal rotation 30° and neutral position. Conclusion: Considering the EMG activity was reduced due to the to the PFPS and that performing step up with knee flexion 60° with ankle external rotation 30° position may provide the most effective condition for patients with patellofemoral pain syndrome.

Key words : Patellofemoral pain syndrome, EMG activity, Step up Exercise

I. 서론

축구선수들은 과도한 훈련, 반칙, 난폭 행위와 격렬한 경기 전개 등으로 인하여 잦은 부상을 초래하고 더 나아가서는 선수생명을 단축시키는 심각한 상황을 발생시키기도 한다.

Cerny(1995)에 의하면 축구선수들의 상해 발생 부위 중 가장 빈번히 발생하는 곳 중 하나로 무

릎관절 관련 상해라고 보고하였다. 무릎관절은 보행 시 지면과의 충격으로 인해 많은 압력을 받는 부위로 일상생활이나 운동 중에 상해의 위험에 크게 노출되어 있다. 무릎관절 손상 중 무릎넓다리 통증증후군(patellofemoral painsyndrome: PFPS) 또는 전방 무릎뼈 통증은 무릎관절 손상시 자주 발생하는 통증 중 하나이다. 특히 축구선수들에게서 많이 발생하지만(Chesworth et al., 1989)

[†] Corresponding author : 051-629-5640, nhk2146@pknu.ac.kr

다른 운동선수들에게도 10-19%가 무릎과 관련된 질환을 가지고 있는 실정이며(McConell, 1996), 재활의학이나 스포츠의학에서는 흔한 증상이라고 할 수 있다(Wilk et al., 1998).

운동선수에게 있어 가장 흔히 발생하는 상해관련 선행연구들을 살펴보면 가장 많은 손상 부위로는 무릎관절이 42.1%이며, 하지에서 발생하는 손상 가운데 약 1000명중 331명이 무릎넙다리 통증증후군을 질환이 있는 것으로 보고되었다(Taunton et al., 2002).

무릎넙다리 통증증후군의 치료와 재활을 위한 하지근력 강화 방법으로는 열린 사슬운동(open chain exercise) 닫힌 사슬운동(close chain exercise)이 주로 사용되고 있지만 일부 종목을 제외한 대부분의 운동종목에서 체중을 부하시키는 닫힌 사슬운동이 더 많이 실시되고 있으며, 또한 전방십자인대에 대한 재활에서도 넙다리네갈래근을 강화시켜 근의 불균형을 줄이는 운동방법으로도 사용되고 있다(Westfall & Worrell, 1992). 무릎넙다리 통증증후군 환자들에게 열린 사슬운동과 닫힌 사슬운동을 적용한 결과 열린 사슬운동보다는 닫힌 사슬운동 적용시 안쪽빗넓은근과 가쪽넓은근의 근활성비가 증가한 것으로 보고하였고(Tang et al., 2001), 닫힌 사슬운동 중 런지와 스텝업 운동은 대퇴사두근의 신장성 운동방법의 하나로서 다른 운동방법에 비하여 내측광근의 근활성도가 각각 77%와 85%로 높은 비율을 나타내고 있다는 연구가 보고되었다(Ekstrom et al., 2007).

또한, 열린 사슬운동은 넙다리네갈래근의 힘이 증가함에 따라 무릎과 넙다리뼈의 접촉면이 적어지기 때문에 전단력을 증가시키고, 이에 비해 닫힌 사슬운동은 무릎넙다리 관절에서의 압박력 증가와 넙다리네갈래근과 뒷다리넓은근의 협력수축으로 전단력이 감소되며 여러 관절의 움직임에 의한 기능적인 근동원패턴을 제공할 수 있다고 하였다(Grelsamer & Weinstein, 2001; Grabiner et al., 1994; Lutz et al., 1993).

선행연구들을 살펴보면 무릎넙다리 통증증후군

에 대한 근력과 근활성도에 관련된 연구가 보고되고 있다(Byun, Yong-Hyun · Lee, Hyun-Hee · Han, Sang-Hwa, 2007; Han, Sang-Wan · Yoo, Young-Dae · Cho, Hyun-Jeong 2006).

무릎넙다리 통증증후군은 여성이 남성에 비해 더 자주 발생하며 안쪽빗넓은근과 가쪽넓은근의 근활성도 패턴의 차이가 나타난다는 연구가 보고되었고(Souza & Gross, 1991), 하지의 외측 회전이 내측광근과 외측광근의 활동비를 줄여주는 것으로 보고하였으며 하지의 외측회전을 통해 슬개골의 잘못된 배열상태를 조절할 수 있다는 연구를 보고하였다(Miller et al., 1997).

Kim, Hyun-Hee · Song, Chang-Ho(2010)는 다양한 무릎관절의 각도와 발목 위치의 변화를 통해 안쪽빗넓은근과 가쪽넓은근의 근활성도를 분석한 결과 중립위치에서 실시한 것이 가장 효과적이라고 보고하였다. 무릎넙다리 통증증후군이 있는 운동선수와 일반선수의 열린 사슬운동시 대퇴사두근 근활성도를 비교한 연구에서 두 그룹 모두 스쿼드운동보다 스텝업 운동에서 근활성도가 증가하였다는 연구가 보고되었다(Park, Seo-Yi · Kim, Jung-Won · Nho, Ho-Sung, 2008).

이와 같이 웨이트트레이닝은 전반적으로 균형 잡힌 몸매를 소유하도록 해주며, 적절한 웨이트 트레이닝 프로그램은 상체와 하체의 균형을 향상시켜 주근육의 발달이 빈약했던 부위를 보완 또는 강화시켜 준다((Won, Hyo-Heon · Kim, Min-Wook · Bae, Yeong-hun · Kim, Yongg-Jae, 2013).

또한, 계단오르기와 같은 운동은 같은 시간에 평지를 걷는 것 보다 10%, 수영보다 25%, 테니스에 비해 15%, 달리기보다 25%나 더 많은 열량을 소비시킨다(Bruno, 1995). 이러한 이유로 스텝운동 기구를 통한 유산소 운동이 체지방을 감소시켜 다리와 하복부 근육의 탄력성을 증진시켜주며 발목, 무릎, 대퇴부 관절의 유연성을 키워주고 심혈관계를 강화시켜줄 수 있다. 또한 대부분의 스텝운동은 개인의 체력조건에 맞게 운동량과 강

도를 조절할 수 있어 트레이닝의 효과를 극대화시킬 수 있는 장점을 가지고 있다(Jang, Jae-Hoon · Hur, Sun, 2007).

위의 선행연구를 살펴본 결과 무릎다리 통증증후군에 대한 기능 능력을 높일 수 있는 재활운동프로그램은 다양하게 소개되었지만 운동종목마다 사용되는 근육패턴이 다르기 때문에 스텝업 운동시 무릎관절 각도를 다양하게 변화를 주는 연구가 이루어져야 할 것으로 사료된다.

따라서, 본 연구에서는 무릎다리 통증증후군이 있는 남자 축구 선수와 없는 남자 축구 선수를 대상으로 일상생활 동작 중 하나인 체중지지운동 방법인 스텝업 운동을 다양한 무릎관절 각도와 발목 위치의 변화를 통해 안쪽빗넓은근과 가쪽넓은근의 근활성도에 대해서 분석하고, 무릎다리 통증증후군의 효과적인 운동방법에 대한 기초자료를 제공하기 위해 수행되었다.

II. 연구 방법

1. 연구대상

본 연구는 B광역시에 소재하고 P대학교 축구부에 소속된 남자 축구선수 20명을 대상으로 하지와 체간에 관련된 관절가동범위에 큰 제한이 있는 자, 허리에 신경학적 문제가 있는 자, 최근 6개월 이내 하지 근력 강화 운동을 실시하지 않은 자는 실험대상자에서 배제하였고, 이학적 검사를 통하여 무릎다리 통증증후군을 가진 운동선수 집단 8명과 무릎관절에 이상이 없는 집단 8명으로 선정하였다<Table 1>.

<Table 1> Participants characteristic (N=16)

N	Age	Height	Weight
PFPS(8)	21.00 ±1.07	180.56 ±3.84	72.99 ±3.89
Non PFPS(8)	21.38 ±1.41	178.83 ±4.80	64.68 ±19.36

PFPS: 무릎다리 통증증후군

2. 측정항목

본 연구에서는 스텝업 동작시 무릎다리 통증증후군 유·무에 따른 안쪽빗넓은근과 가쪽넓은근의 근활성도의 변화와 스텝업 동작시 무릎 각도와 발목 위치에 따른 안쪽빗넓은근과 가쪽넓은근의 근활성도의 변화를 알아보기 위하여 다음과 같이 측정항목을 선정하였다.

- 1) 무릎다리 통증증후군의 유·무
- 2) 스텝업 동작시 무릎 각도와 발목 위치에 따른 안쪽빗넓은근과 가쪽넓은근의 근활성도

3. 측정방법

본 연구는 무릎다리 통증증후군을 이학적 검사를 통하여 판정하였고 대상자는 실험 전 연구의 목적과 실험 방법에 대하여 충분히 설명을 듣고 사전 동의를 얻어 실시하였다. 스텝업 동작시 무릎관절의 각도를 30°, 60°, 90°로 발목의 위치를 내전 30°, 중립, 외전 30°로 안쪽빗넓은근과 가쪽넓은근의 근활성도를 근전도로 측정하였다(Park, Sa-Ra · Lee, Man-Kyu · Choi, Soon-Mi 2010). 근전도 신호를 표준화하는 방법으로는 최대 등척성 수축(maximal voluntary isometric contraction, MVIC)을 사용하여 표준화하는 %MVIC 방법과 특정 동작의 근수축을 기준 수축으로 표준화하는 %RVC(reference voluntary contraction, RVC) 방법이 있다(Kim Hyun-Hee, Song Chang-Ho 2010). 본 연구에서는 %MVIC 방법을 사용하여 스텝업 동작시 무릎관절 각도와 발목 위치에 따른 근전도 신호를 표준화하였다.

1) 이학적 검사

안쪽빗넓은근, 넙다리네갈래근의 위축을 확인하고, 발의 위치를 뒤쪽에서 보아 뒤꿈치의 외반 정도를 확인한다. 목말밀관절의 외반은 정강뼈의 내회전을 유발시켜 넙다리네갈래근 각을 증가시키므로 무릎다리관절에 부담을 준다. 그리고 능동적 신전을 시켜 무릎뼈 마찰음 및 잠김, 비

정상적인 무릎뼈 주행을 조사한다. 정상적인 무릎뼈 주행은 무릎뼈가 대퇴구에 부드럽게 미끄러져 들어간다. 그리고 무릎관절 마지막 신전시 대퇴구에서 무릎뼈가 빠져 나올 때 약간 외측으로 전위된다. 마지막으로 피검사자 중 계단보행, 스퀴트, 무릎 꿇기 중에서 적어도 2개 이상 무릎 앞쪽에 통증이 있는 경우에 클라크검사와 원심성 스텝검사를 실시하였다. 두 검사에서 적어도 한 개 이상 양성인 경우 무릎넙다리 통증 증후군으로 규정하였고(Nijs, Van., et al., 2006), 본 연구에서는 우측 하지가 우성인 경우만을 포함하였다.

(1) 클라크 검사

피검사자는 바로 누운 자세에서, 검사자가 손을 슬개골 위에서 아래쪽으로 밀면서 고정하고 피검사에게 넙다리네갈래근을 수축하라고 시킨다. 이 동작을 실행할 때 통증을 느끼면 양성으로 판정한다(Lee, Je-Hoon · Lee, wan-Hee, 2010).

(2) 원심성 스텝 검사 (Eccentric step test)

피검사자는 맨발로 20cm높이의 계단에 서서 한쪽 다리를 아주 천천히 바닥에 내려놓도록 한다. 이 동작을 수행할 때 원심성 수축을 하는 다리에 통증을 느끼면 양성으로 판정한다(Nijs at al, 2006).

2) 근전도

근전도 측정장비(Telemto 2400, USA)를 이용하여 스텝업을 하는 동안 VMO와 VL의 근전도를 측정하였다. 실험 결과에 영향을 줄 수 있는 오류를 피하기 위해 전극을 부착하기 전에 전극을 부착할 부위에 제모를 한 후 알콜솜으로 깨끗이 닦아내었다. Ag/AgCl 전극을 사용했으며 전극은 VMO와 VL에 부착하였다. 전극은 Cowan et al.,(2002)이 제시한 위치에 부착하였는데, 각 근육에 등척성 수축을 유도하여 가장 볼록한 부분에 전극을 부착하였다. VMO는 무릎뼈의 내측상부 가장자리에서 약 상부 4 cm, 내측 3 cm, 무릎뼈 장축(long axis)에서 55° 위치에 부착하였다.

VL 전극은 무릎뼈의 상부 가장자리에서 약 상부 10~15 cm, 외측 6 cm, 무릎뼈의 장축에서 15° 위치에 부착하였다. 근전도의 잡음을 최소화시키기 위해 전극의 채널 연결선을 테이프로 동작을 실시하는 동안 움직이지 않도록 고정시켰다.

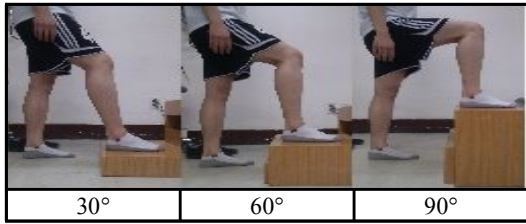
4. 실험방법

측정 자세는 일반적으로 실시되어지는 넙다리 근육의 보강운동인 스텝 업으로서, 측정에 앞서 모든 대상자는 스텝 업 자세에 관하여 설명을 듣고 피로가 유발되지 않는 범위 내에서 2~3회 자세 연습을 하였다.

스텝 업 동작 수행 시 대상자의 상체 흔들림을 방지하기 위하여 시선은 정면에 고정하고 양손은 허리에 고정시킨 뒤 무릎의 관절 각도를 굴곡 30도, 60도, 90도에 놓고 발목의 위치의 변화를 주어 내전 30도, 중립 그리고 외전 30도에서 각각 3회씩 실시하도록 하면서 근전도를 측정하였다. 이 때 발목의 위치를 정확하게 하고 각 대상자간의 오차를 줄이기 위하여 각도기로 각을 측정한 뒤 바닥 표면에 테이프를 부착하여 최대한 유지 할 수 있도록 지시하였다. 동작시 속도를 일정하게 유지하였으며, 스텝업 동작을 각 조건별로 3회 실시하였고, 각 측정마다 2분간의 휴식시간을 취하도록 하여 근피로를 최소화하였다. 각 조건별 3개의 자료는 그 평균값을 자료값으로 이용하였다.



[Fig.1] Ankle position mark



[Fig.2] Knee flexion posture measurement



[Fig.3] Ankle position posture measurement

5. 자료처리

수집된 자료는 SPSS 18.0을 이용하여 평균과 표준편차를 산출하였다. 무릎관절 굴곡에 따라 무릎넘다리 통증증후군 여부와 발목의 위치가 안쪽빗넓은근과 가쪽넓은근의 근활성도에 미치는 영향을 알아보기 위해 이원반복측정분산분석을 활용하였다.

집단과 시기간 상호작용이 유의할 때에는 사후검증으로 시기별 집단 간의 검증을 실시하였으며, 집단별로 시기간의 차이를 규명하기 위해 일원반복분산분석과 독립표본 t-검정을 실시하였다. 사후 검증은 Duncan 사후검정 하였으며, 유의확률은 $p < .05$ 로 설정하였다.

III. 결과 및 논의

1. 무릎넘다리 통증증후군에 따른 근활성도

<Table 2>에서와 같이 안쪽빗넓은근에서 통증 유무에 따른 근활성도의 차이를 보였다. 즉 안쪽빗넓은근(VMO)은 무릎넘다리관절에 통증이 없는 집단이 69.32로 통증이 있는 집단의 63.10 μV 보다 6.21 μV 근활성도가 높게 나타나 집단 간 유의한

차이를 보였다($t = -3.521, p < .01$).

<Table 2> Difference of muscle activity unit: μV

특성	PFPS	NPFPS	t (p)
VMO	63.10 \pm 3.11	69.32 \pm 3.90	-93.523**(.003)
VL	65.30 \pm 3.91	68.19 \pm 5.14	-1.268(.225)
t(p)	-1.240(.235)	.494(.629)	

** $p < .01$ VMO: 안쪽빗넓은근, VL: 가쪽넓은근

가쪽넓은근(VL)에서는 무릎넘다리관절에 통증이 없는 집단이 68.19 μV 로 통증이 있는 집단의 65.30 μV 보다 2.90 μV 근활성도가 높게 나타났으나 집단 간 유의한 차이는 없었다. 무릎넘다리관절에 통증이 있는 집단의 경우는 안쪽빗넓은근 보다 가쪽넓은근의 근활성도가 2.19 μV 더 높게 나타났으나 그 차이가 통계적으로 유의하지는 않았고, 무릎넘다리관절에 통증이 없는 집단은 가쪽넓은근 보다 안쪽빗넓은근의 근활성도가 1.13 μV 더 높게 나타났으나 그 차이가 통계적으로 유의하지는 않았다.

Park, Sa-Ra · Lee, Man-Kyu · Choi, Soon-Mi (2010)은 PFPS가 있는 씨름선수와 PFPS가 없는 씨름선수를 대상으로 런지 시 발목위치에 따른 근활성도를 비교한 결과 PFPS가 있는 씨름선수의 넙다리네갈래근의 근활성도가 PFPS가 없는 씨름선수 보다 낮게 나타났다.

Tang et al.(2001)도 PFPS 집단과 일반 집단의 무릎각도 변화에 따른 등속성 운동 시 대퇴사두근의 근활성도를 비교한 결과 일반 집단에서의 근활성도가 더 높게 나타났고, PFPS가 있는 운동선수 집단과 PFPS가 없는 일반 운동선수 집단의 내측광근의 근활성도를 비교하여 PFPS 집단에서 근활성도가 더 낮게 나타났다고 보고하였다(Park Seo-Yi et al., 2008). 본 연구에서도 PFPS 집단과 NPFPS 집단의 안쪽빗넓은근과 가쪽넓은근에서 PFPS 집단이 NPFPS 집단 보다 근활성도가 더 낮은 것으로 나타났으며, 안쪽빗넓은근의 근활성도 또한 PFPS 집단이 NPFPS 집단 보다 낮게 나타나 선행연구와 유사한 것으로 나타났다.

선행연구와 본 연구의 결과를 바탕으로 무릎뼈 다리 통증증후군은 무릎관절의 안쪽넓은근의 근활성도의 감소와 밀접한 관련이 있다는 것으로 사료된다.

2. 무릎각도와 발목위치에 따른 근활성도

VMO(안쪽넓은근)의 경우 무릎의 각도가 30°일 때 발목위치에 따른 주효과(p<.001)와 발목 위치와 통증유무 집단 단 상호작용(p<.05)에서 유의한 차이를 보였다. 각각의 집단에 따라 발목 위치에 따른 근활성도를 살펴보면 두 집단 모두 외전 30°에서 근활성도가 가장 높게 나타났고, 내전 30°에서도 근활성도가 가장 낮게 나타났음을 알 수 있다. 그러나 발목의 위치가 중립일 경우에는 통증을 경험하지 않은 집단이 외전 30°의 위치와 같은 근활성도를 보인 것으로 나타나 두 집단 간 차이를 보인 것을 알 수 있었다.

무릎각도 60°에서는 통증유무(p<.05), 발목위치(p<.001)에 따른 주효과 모두와 발목위치와 통증 유무의 상호작용(p<.05)에서 유의한 차이를 보였다. 따라서 각 발목의 위치 별 집단의 차이에서는 내전 30°와 중립에서 각각 유의수준 .01미만으로 나타나 통증여부에 따른 차를 보였다.

각각의 집단에 따라 발목 위치에 따른 근활성도를 살펴보면 통증이 있는 집단은 외전 30°가 가장 높은 근활성도를 보이고 중립, 내전 30°의 순으로 각각 서로 다른 근활성도를 보인 것으로 나타났으며, 통증이 없는 집단은 중립과 외전 30°에서 동일하게 근활성도가 높은 것으로 나타났고 내전 30°가 낮은 것으로 나타나 통증여부에 따라 차이를 보인 것을 알 수 있었다.

무릎각도 90°의 통증유무(p<.05), 발목위치(p<.001)에 따른 주효과와 발목위치와 통증유무의 상호작용(p<.01)에서는 모두 유의한 차이를 보였다.

<Table 3> Muscle activity by ankle position and PFPS

unit: μV

Musculus	Knee Flexion Angle	Group	Adduction	Neutrality	Abduction
VMO	30°	PFPS	59.84±5.61 ^b	64.12±7.25 ^b	73.97±1.99 ^a
		NPFPS	65.18±2.99 ^b	71.94±4.34 ^a	72.02±4.70 ^a
		p	.032 [*]	.020 [*]	.297
	60°	PFPS	57.97±5.35 ^c	67.29±3.64 ^b	79.06±6.59 ^a
		NPFPS	67.57±6.23 ^b	75.18±3.41 ^a	75.41±4.93 ^a
		p	.005 ^{**}	.001 ^{**}	.229
	90°	PFPS	49.51±4.16 ^b	53.68±4.98 ^b	62.50±7.37 ^a
		NPFPS	62.73±9.11	65.89±9.56	67.95±8.87
		p	.004 ^{**}	.006 ^{**}	.202
VL	30°	PFPS	61.42±3.69 ^b	68.09±4.91 ^a	71.57±4.15 ^a
		NPFPS	63.86±1.75 ^c	68.77±1.23 ^b	73.77±3.71 ^a
		p	.122	.712	.283
	60°	PFPS	60.59±5.30 ^c	67.74±3.95 ^b	79.33±7.66 ^a
		NPFPS	63.56±5.14 ^b	72.59±4.77 ^a	72.71±5.05 ^a
		p	.275	.044 [*]	.060
	90°	PFPS	54.80±7.25 ^b	57.36±7.49 ^b	66.75±9.97 ^a
		NPFPS	62.82±10.94	67.74±13.69	67.89±10.87
		p	.106	.081	.830

*p<.05, **p<.01

으며 각 발목의 위치 별 집단 차이는 무릎의 각도가 30°, 60°에서와 같이 내전 30°와 중립에서 각각 유의수준 .01미만으로 통증 여부에 따른 차이를 보였다.

각각의 집단에 따라 발목 위치에 따른 근활성도를 살펴보면 통증이 있는 집단은 외전 30°은 동일하게 가장 높은 근활성도를 보였으며 중립, 내전 30°은 낮은 근활성도를 보인 것으로 나타났다.

Hanten & Schulthies(1990)은 PFPS의 원인 중 하나인 안쪽빗넓은근의 선택적 강화를 위한 연구 중 엉덩관절 모음 시 안쪽 빗넓은근의 근활성도가 증가한다고 하였고, Lam & Ng(2001)는 효과적인 안쪽빗넓은근의 선택적 강화를 위해서는 엉덩관절 내회전과 무릎관절 굽힘 상태에서 근력운동을 실시하여야 한다고 보고하였다.

이와 관련하여 발목위치에 따른 넙다리네갈래근의 근활성도 비교연구를 살펴 보면 Park, Sa-Ra · Lee, Man-Kyu · Choi, Soon-Mi(2010)은 발목 위치를 외전으로 운동하였을 때 안쪽빗넓은근의 근활성도가 높다고 하였으며, Kim Hyun-Hee · Song, Chang-Ho(2010)는 스쿼트 운동을 이용하여 무릎관절 굽힘 각도와 넙다리뼈에 대한 정강뼈 돌림을 통한 안쪽빗넓은근, 가쪽넓은근, 넙다리곧은근의 근활성도에 대한 연구에서 관절각도가 60도일 때 정강뼈를 중립에서 근력운동을 실시하여야 한다고 보고하였다.

Sousa & Macedo(2010)는 무릎관절 90도 굽힘 상태에서 정강뼈 위치에 따라 정강뼈 안쪽돌림근에 저항을 주었을 때 안쪽빗넓은근의 근활성도는 유의한 영향이 없었다고 보고하였다. Chae, Woen-Sik(2005)은 스텝 운동시 하지신전일 경우 발목의 외측 회전시 넙다리네갈래근의 근활성도가 높았고 하지굴곡일 경우 발목이 중립 위치일 때 넙다리네갈래근의 근활성도가 가장 높으며, 무릎관절 굴곡 시 넙다리뼈와의 접촉 면적의 변화에 따라 관절에 미치는 압력이 변하게 되며, 발목 위치를 내전 또는 외전시켰을 때 정강뼈의

회전이 일어나 무릎관절의 안정성에 변화를 준다고 주장하였다. 본 연구에서는 각각의 집단에서 발목 위치에 따른 근활성도는 통증이 있는 집단은 외전 30°가 가장 높은 근활성도를 보이고 중립, 내전 30°는 동일하게 낮은 근활성도를 보인 것으로 나타났으며, 통증이 없는 집단은 모든 위치에서의 근활성도가 동일하게 나타나 집단 간 유의한 차이가 없는 것으로 나타나 선행연구와 일치하는 결과를 보였다고 할 수 있다. 무릎각도에 따른 근활성도는 무릎관절 굴곡 60도에서 가장 높은 근활성도를 보인 반면 굴곡 90도에서 가장 낮은 근활성도가 나타났다. 이와 같은 결과는 무릎뼈다리 통증증후군 환자의 운동시 무릎각도를 60도 이상 증가시켰을 때 넙다리뼈에 대한 무릎뼈의 압박이 급격히 증가하여 통증이 증가되어 오히려 근활성도를 떨어뜨린 것으로 생각된다.

3. 근활성도 비율

<Table 4>에서와 같이 무릎뼈다리의 통증이 없는 집단이 통증이 있는 집단 보다 안쪽빗넓은근의 근활성비가 가쪽넓은근 보다 높은 것으로 나타나 무릎각도 30°에서의 상호작용효과를 제외하고 안쪽빗넓은근/가쪽넓은근의 근활성비는 차이가 나타나지 않았다. 무릎각도 30°에서는 발목위치와 통증유무와의 상호작용에서 유의한효과(p < .01)를 보인 것으로 나타나 발목의 위치 중 중립에서 통증유무 집단에 따른 차이를 보였다.

즉, 근활성비가 통증이 없는 경우에 1.05로 통증이 있는 집단의 .94 보다 높게 나타나 무릎이 30°일 경우 무릎뼈다리의 통증이 없는 집단이 통증이 있는 집단 보다 안쪽빗넓은근의 근활성비가 가쪽넓은근에 비해 높은 것을 알 수 있다. 또한 각각의 통증유무에 따른 집단의 차이를 살펴보면 무릎뼈다리의 통증이 있는 경우에 외전 30°의 발목위치에서 1.04로 다른 위치보다 안쪽빗넓은근 근활성비가 높게 나타났다.

통증이 있는 집단은 발목 위치가 외전 30°에서

<Table 4> Muscle activity by ankle position and PFPS

unit: μV

Musculus	Knee Flexion Angle	Group	Adduction	Neutrality	Abduction	Main affect and Interaction(p)	
VMO/VL	30°	PFPS	.98±.09 ^{ab}	.94±.09 ^b	1.04±07 ^a	PFPS	.313
						Ankle Position	.790
		NPFPS	1.02±.06	1.05±.06	.98±.09	Ankle Position* PFPS	.002**
		p	.228	.016*	.156		
		PFPS	.96±.10	.99±.06	1.00±08	PFPS	.098
		NPFPS	1.07±.12	1.04±.06	1.04±.06	Ankle Position* PFPS	.170
	p	.074	.178	.305			
VMO/VL	60°	PFPS	.91±.12	.94±.08	.95±11	PFPS	.135
						Ankle Position	.556
		NPFPS	1.01±.07	.99±.08	1.01±.06	Ankle Position* PFPS	.300
		p	.080	.316	.198		
		PFPS	.91±.12	.94±.08	.95±11	PFPS	.135
		NPFPS	1.01±.07	.99±.08	1.01±.06	Ankle Position* PFPS	.300
	p	.080	.316	.198			

* $p < .05$, ** $p < .01$

안쪽빗넓은근의 근활성비가 높은 반면, 통증이 없는 집단은 내전 30°가 안쪽 빗넓은근의 근활성비가 약간 높은 것을 알 수 있다.

안쪽빗넓은근과 가쪽넓은근은 무릎뼈의 안정성에 기여하는 주요근육으로서, 넓다리 통증증후군 환자의 슬개골에 중요한 기능을 하는 내측광근의 약화에 의해 내측광근과 외측광근 이 두 근육의 불균형에 의한 것이라는 연구가 보고되었다(Kim, Hyun-Hee, Song, Chang-Ho, 2010; Tria et al., 1995). 안쪽빗넓은근의 근활성도 감소는 가쪽넓은근의 외측당김을 유발하고, 무릎뼈의 외측이동과 무릎넓다리관절의 압력 증가와 관계가 있는 것으로 알려져 있다(Blond & Hansen, 1998).

또한 PFPS의 재활운동으로 하지의 불균형적 정렬을 교정하고, 통증을 감소시키기 위해서는 안쪽빗넓은근의 근력강화 운동이 중점적으로 필요하다고 보고되었다(Han, Sang-Wan & Yoon, Jae-Ryang, 2008). 또 한 Byun, Yong-Hyun et al.,(2007)은 PFPS를 가진 운동선수를 대상으로 등속성 운동 시 각속도에 따른 넓다리네갈래근의

근활성도에 대한 연구를 통해 안쪽빗넓은근이 다른 근육보다 활동성이 떨어지게 되어 무릎뼈가 외측으로 편향된다고 보고하였다.

정상인에서 가쪽넓은근과 안쪽빗넓은근의 비율은 일반적으로 약 1:1로 보고되고 있지만(Souza & Gross, 1991), 무릎넓다리 통증증후군 환자군과 정상군의 가쪽넓은근에 대한 안쪽빗넓은근의 비율(VMO/VL)에 대한 연구에서 0.54와 0.85라고 보고하였다(Powers, 2000). 이와 같이 안쪽빗넓은근과 가쪽넓은근의 균형적 발달에 대한 중요성은 많은 연구를 통해 제기되어 왔으며, 본 연구에서도 전반적으로 무릎넓다리의 통증이 없는 집단이 통증이 있는 집단 보다 안쪽빗넓은근의 근활성비가 가쪽넓은근 보다 높은 것으로 나타나 선행연구와 같은 결과를 확인 할 수 있다.

본 연구에서 안쪽빗넓은근의 근활성도에서는 근활성비가 통증이 없는 경우에 통증이 있는 집단보다 높게 나타나 무릎이 30°일 경우 무릎넓다리의 통증이 없는 집단이 통증이 있는 집단 보다 안쪽빗넓은근의 근활성비가 가쪽넓은근에 비해

높은 것을 알 수 있다. 또한 각각의 통증유무에 따른 집단의 차이는 무릎다리의 통증이 있는 경우에 외전 30°의 발목위치에서 1.04로 다른 위치보다 안쪽빗넓은근의 근활성비가 높게 나타났다.

다음 내전 30°, 중립의 순으로 나타나 발목 위치에 따른 근활성비의 차이를 보였다. 수와 변인을 포함하여 PFPS의 예방 및 재활과 운동수행능력의 향상에 도움이 되는 운동프로그램 램을 개발하는데 필요한 연구수행이 요청된다.

이에 스텝업 운동시 무릎의 각도와 발목 위치를 무릎관절 굴곡 60도 발목 위치를 외전 30도로 하면 약화된 안쪽빗넓은근을 발달시키고 무릎다리관절의 정상적인 움직임과 무릎관절에 전해지는 부하를 줄여 통증을 감소시켜 운동수행능력에 크게 기여할 것으로 기대된다. 향후 다양한 대상의 선수와 변인을 포함하여 PFPS의 예방 및 재활과 운동수행능력의 향상에 도움이 되는 운동프로그램 개발 연구가 필요하다고 사료된다.

IV. 결론

1. 통계적으로는 유의하지는 않았지만, 안쪽빗넓은근과 가쪽넓은근의 근활성도 수치가 모든 무릎관절의 각도별 발목위치에서 PFPS 집단이 NPFPS 집단에 비하여 더 낮은 경향을 보였고, 특히 안쪽빗넓은근(VMO)은 무릎다리 통증증후군이 없는 집단이 69.32로 통증이 있는 집단의 63.10보다 6.21 근활성도가 높게 나타나 집단 간 유의한 차이를 보였다.

2. 안쪽빗넓은근은 무릎의 각도가 60°, 발목의 위치가 외전 30°일 경우 가장 높은 근활성도를 보였고, 외전 30°를 제외한 내전 30°와 중립의 발목위치에서는 무릎다리 통증이 있는 집단이 그렇지 않은 집단 보다 유의하게 낮은 근활성도를 보인 것을 알 수 있다. 가쪽넓은근은 무릎의 각도가 60°, 발목의 위치가 외전 30°일 경우 가장

높은 근활성도를 보였고, 무릎각도 60°, 발목위치 중립 일 경우에는 무릎다리 통증이 있는 집단이 그렇지 않은 집단 보다 유의하게 낮은 근활성도를 보인 것을 알 수 있다.

3. 안쪽빗넓은근/가쪽넓은근의 근활성비 비교 결과, 두 집단에서 각각의 통증유무에 따른 집단의 차이를 살펴보면 무릎다리의 통증이 있는 경우에 외전 30°의 발목위치에서 1.04로 다른 위치보다 안쪽빗넓은근의 근활성비가 높게 나타났고, 다음 내전 30°, 중립의 순으로 나타나 발목 위치에 따른 근활성비 차를 보였다.

이상에서 기술한 결과를 종합해 보면 스텝업 운동시 무릎관절은 굴곡 60도에서 발목 위치를 외전으로 운동하는 것이 안쪽빗넓은근 전반의 근활성도를 높이는데 가장 큰 도움이 된다고 결론지을 수 있다.

본 연구결과는 운동선수들의 무릎관절 부상의 위험을 줄이고, PFPS에 의하여 근활성도가 낮아지고 안쪽빗넓은근과 가쪽넓은근이 불균형적으로 발달된 선수들의 재활과정에서 안쪽빗넓은근의 선택적인 발달을 위한 효과적인 운동 프로그램을 구성하는데 큰 도움을 줄 수 있는 현장 적용 측면의 가치가 있다고 판단된다.

References

Byun, Yong-Hyun · Lee, Hyun-Hee · Han, Sang-Hwan (2007). Surface EMG analysis of quadriceps muscle during isokinetic exercise in patients with patellofemoral pain syndrome. *Journal of coaching development* , 9(1), 157~164.

Blond L. · Hansen L.(1998). Patellofemoral pain syndrome in athletes; A 5.7 year retrospective follow up study of 250 athletes. *Acta Orthop Belg.* 64(4), 393~400.

Bruno, B.(1995). *The Stairmaster: Fitness Handbook*. Champaign, IL: Sagamore Publishing, Inc.

Chae, Woen-Sik(2005). *Electromyographic Analyses of the effects of different foot positions during exercise on a stair-climbing machine*, Korean

- Journal of Sport Biomechanics. 15(1), 207~219.
- Cerny, Kay(1995). Vastus medialis oblique/ vastus lateralis muscle activity ratios for selected exercises in persons with and without patellofemoral pain syndrome. *Physical Therapy*, 75, 672~683.
- Ekstrom, Richard. A. · Donatelli, Robert. A. & Carp, Kenji C.(2007). Electromyographic analysis of core trunk, hip, and thigh muscles during 9 rehabilitation exercises. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 37(12): 754~762.
- Grabiner · Mark D. · Koh Timothy J. · Draganich Louis F.(1994). Neuromechanics of the patellofemoral joint. *Med Sci Sports Exerc*, 26(1), 10.
- Grelsamer Ronald P. MD; Weinstein Craig H. MPH. (2001). Applied biomechanics of the patella. *Clin Orthop Relat Res*, 389, 9~14.
- Hanten, William P. & Schulthies, S. Schulthies. (1990). Exercise effect on electromyographic activity of the vastus medialis oblique and vastus lateralis muscles. *Physical Therapy*, 70(9): 561~565.
- Han, Sang-Wan(2003). Effects of backward walking and neuromuscular electrical stimulation on muscle function, functional capacity and pain in patient with patellofemoral pain syndrome. Korea University. doctorate thesis.
- Han, Sang-Wan · Yoo, Young-Dae · Cho, Hyun-Jeong (2006). The effect of ankle position on the electromyographic activity during isometric quadriceps exercise for patellofemoral painsyndrome . *Journal of coaching development*, 8(3), 261~268.
- Jang, Jae-Hoon · Hur, Sun(2007). Effects of step exercise on metabolic syndrome markers, insulin resistance and plasma metabolism-related hormones in obese middle-aged women . *The Korean Journal of Physical Education*. 46(2), 337~346.
- Kim, Hyun-Hee · Song, Chang Ho(2010). Effects of Knee and Foot Position on EMG Activity and Ratio of the Vastus Medialis Oblique and Vastus Lateralis during Squat Exercise . *J Muscle Joint Health Vol.* 17(2), 142~150.
- Lam, Priscillia L, Ng, Gabriel Y.(2001). Activation of the quadriceps muscle during semisquatting with different hip and knee positions in patients with anterior knee pain. *AM J Phys Med Rehabil*. 80(11), 804~808.
- Lutz, Gregory E, Palmitier Randal A, An, Kai-Nan, Chao Edmond Y. S.(1993). Comparison of tibiofemoral joint forces during open-kinetic-chain and closed-kinetic-chain exercises. *J Bone Joint Surg Am*, 75(5), 732~739.
- Lee, Je-Hoon · Lee, Wan-Hee(2010). Comparing Lower Extremity Biomechanics in Elite Athletes with & without Patellofemoral Pain Syndrome , *Journal of coaching development*, 12(4), 119~126.
- Lee, Hyo-Taek & Kim, Yong-Jae(2012). A Computational Fluid Dynamic Study on the Sculling Motion for Water Safety, *THE Korean Society for Fisheries and Marine Science Education* 24(1), 19, 23.
- McConell, Jenny(1996). Management of patellofemoral problems. *Manual Therapy*, 1(2), 60~66.
- Nijs, JO. · Van Geel, Catherine. · Van der auwera, Cindy. · Van de Velde, Bart.(2006). Diagnostic value of five clinical tests in patellofemoral pain syndrome. *Physical Therapy*, 11(1), 69~77.
- Park, Sa-Ra · Lee, man kyu · Choi, Soon Mi(2010). Comparison of electromyographic activity during lunge according to ankle positions in ssierum players with patellofemoral pain syndrome . *Exercise Science*, 2010, Vol.19, No.3
- Park, Seo-Yi · Kim, Jung Won · Nho, Ho Sung (2008). Vastus Medialis Oblique and Vastus Lateralis Electromyographic Activities during Closed Kinetic Chain Exercises in Male Athletes with and without Patellofemoral Pain Syndrome . *The Korea Journal of Sports Science*, 17(1), 487~495
- Powers, C. M.(2000). Patellar kinematics. Part I: The influence of vastus muscle activity in subjects with and without patellofemoral pain. *Physical Therapy*, 80(10), 956~964.
- Han, Sang Wan · Yoon, Jae Ryang(2008). Effect of Rehabilitation Exercise and Backward Walking and Neuromuscular Electrical Stimulation on the Quadriceps Muscle Function in Patients with Patellofemoral Pain Syndrome. *Exercise science*, 17(4), 463~472
- Souza, D. R. & Gross, M. T.(1991). Comparison of Vastus Medialis Obliquus:Vastus laterdis Muscle Integrated Electromyographic Ratios Between Healthy Subjects and Patients with Patellofemoral

- Pain. Physical Therapy, 71(4), 310~316; discussion, 317~320.
- Sousa, Andreia · Macedo, Rui(2010). Effect of the contraction of medial rotators of the tibia on the electromyographic activity of vastus medialis and vastus lateralis. Journal of Electromyography and Kinesiology, 20, 967~972.
- Tang, S. F. · Chen, C. K. · Hsu, R. · Chou, S. · Hong, W. & Lew, H.(2001). Vastus Medialis Obliquus and Vastus Lateralis Activity in open and closed kinetic chain exercise in patients with patellofemoral pain syndrome: An electromyographic study. Arch Phys Med Rehabil, 82(10), 1441~1445.
- Taunton, J. E. · Ryan, M. B. · Clement, D. B. · McKenzie, D. C. · Lloyd-Smith, D. R. & Zumbo, B. D.(2002). A retrospective case-control analysis of 2002 running injuries. Br J Sports Med, 36(2), 95~101.
- WON, Hyo-Heon · KIM, Min-Wook · BAE, Yeong-Hun · KIM, Yong-Jae(2013). A Study on Impact of Squat Exercise on Foot Pressure with different loads. JFM SE, 25(4), 891~89
-
- 논문접수일 : 2014년 09월 26일
 - 심사완료일 : 1차 - 2014년 10월 22일
 - 게재확정일 : 2014년 10월 31일