

대한물리치료과학회지

Journal of Korean Physical Therapy Science
2023. 09. Vol. 30, No 3, pp. 59-71

탄력밴드를 이용한 협응이동훈련이 무릎넙다리통증 증후군을 가진 여자 대학생의 통증과 근력, 동적 균형, 근활성도에 미치는 영향

이한결

상무병원 물리치료실

The effect of Coordinative Locomotor Training using Elastic Band on Pain, Muscle Strength, Dynamic Balance and Muscle Activity of Female College Students with Patellofemoral Pain Syndrome

Han Gyeol Lee, Ph.D., P.T.

Dept. of Physical therapy, Sangmoo Hospital

Abstract

Background: This study was to investigate effects of coordinative locomotor training (CLT) using elastic band on pain, dynamic balance, muscle strength and muscle activity of female college students with patellofemoral pain syndrome (PFPS).

Design: Randomized Controlled Trial

Methods: Twenty-six female college students with PFPS assigned randomly to an experimental ($n=13$) or control ($n=13$) group. The experimental group performed CLT using elastic band. The control group performed squat exercise to strengthen muscle strength. The 30-minute intervention was applied total twelve times, three times a week for four weeks. All subjects were measured the pain, the muscle strength, the dynamic balance and the muscle activity (VL/VM ratio) before and after intervention. Paired t-test was used for determination of differences before and after treatment, and independent t-test was used for determination of differences between treatment groups.

Results: As a result of comparison within groups, the experimental group showed significant difference for

pain, muscle strength, dynamic balance and VL/VM ratio after the experiment ($p<0.05$), and the control group showed significant difference for pain, muscle strength and dynamic balance after the experiment ($p<0.05$). In comparison between two groups, the experimental group showed more significant difference in pain, dynamic balance and VL/VM ratio than the control group ($p<0.05$), and the control group showed more significant difference in muscle strength than the experimental group ($p<0.05$).

Conclusion: Based on these results, CLT using elastic band effectively improved the pain, muscle strength, dynamic balance and VL/VM ratio of female college students with PFPS.

Key words: PFPS, CLT, pain, muscle strength, dynamic balances, VL/VM ratio.

교신저자

이한결

광주광역시 광산구 선운로 65

T: 062-600-7274, E: marchelino2@naver.com

I. 서론

무릎넙다리통증증후군(Patellofemoral Pain Syndrome; PFPS)은 무릎에서 가장 흔한 통증질환으로 남성에 비해 여성에서 2배 정도 많은 유병률이 보고되었는데, 특히 10~35세의 젊은 여성들에게 빈번하게 발병하고 증상이 장기간 지속될 시 퇴행성관절염까지 진행될 수 있다(Taunton 등, 2002; Myer 등, 2010; Lichota, 2003). PFPS의 원인으로 과사용, 넙다리네갈래근(quadriceps) 각(Q-angle)의 증가, 다리의 동적 안정성 감소 등이 보고되고 있으며, 넙다리네갈래근 약화가 대표적인 PFPS의 발생 인자로 여겨진다(Prins와 van der Wurff, 2009; Tang 등, 2001). 특히 안쪽넓은근(vastus medialis)의 위축이나 약화로 인한 가쪽넓은근(vastus lateralis)의 상대적인 우세는 무릎의 펴(extension) 동작에서 무릎뼈(patella)를 가쪽으로 당기고, 무릎넙다리관절에 과도한 부하를 생성해 통증을 일으키기 때문에(McConnell, 1996; Neptune 등, 2000; Pal 등, 2011), 안쪽넓은근과 가쪽넓은근의 사용 비율을 적절하게 유지하는 불균형 해소에 중점을 두어야 한다(Callaghan과 Oldham, 1996).

지금까지 PFPS의 중재방법으로 여러 관점에서 연구가 이루어 졌으나, 열린 사슬을 이용한 무릎관절의 펴 운동은 넙다리네갈래근 각각의 근육들을 선택적으로 강화시키는데 장점이 있지만 관절의 반작용력을 증가시켜 염증과 통증을 증가시킬 수 있기 때문에(Wilk 등, 1996; Hungerford와 Barry, 1979), 다관절의 움직임에서 기능적인 근육 동원 패턴을 촉진시키고, 여러 근육들의 동시수축을 통해 정강넙다리관절의 전단력을 감소시키며, 고유수용성 감각 자극에 유용한 스쿼트 등의 닫힌 사슬 운동이 PFPS의 중재로 추천되고 있다(De Looze 등, 1993; Iwasa 등, 2000). 또한 엉덩관절의 관절가동술 적용이나 엉덩관절의 근력강화운동을 함께 진행한 경우, PFPS의 증상을 더 효과적으로 개선시킬 수 있어, 최근에는 닫힌사슬에서 무릎관절과 엉덩관절 주변 근육을 함께 강화하는 중재가 추천되고 있다(Fukuda 등, 2012; 정의용과 박시현, 2021; 박재홍 등, 2021).

탄력밴드는 고무가 늘어나면서 발생하는 장력을 이용해 다관절의 근력, 고유수용성감각, 동적균형능력 등을 증진시키기 위해 임상에서 많이 사용되고 있고, 저렴하면서도 가볍고 휴대가 편해 장소에 상관없이 어디서든 운동이 가능하다는 장점이 있다(Kwak 등, 2016). 협응이동훈련(coordination locomotor training)은 보행에 PNF패턴을 통합한 스프린터(sprinter)와 스케이터(skater)동작을 이용해 쉽게 따라할 수 있는 단순하고 통합된 패턴으로 이루어져 있고, 열린 사슬과 닫힌 사슬 모두에서 중재가 가능하며 여러 자세에서 기능적인 움직임을 가져갈 수 있기 때문에 고유수용성감각 증진과 안정성 향상을 위한 운동 방법으로 임상에서 많이 사용되고 있다(Dietz 등, 2001; Kim과 Lim, 2018; Ann과 Park, 2013; 최보람, 2022). 따라서 PFPS의 증상개선을 위해 탄력밴드를 이용한 협응이동훈련을 적용하여, 다관절의 고유수용기를 자극하면서 열린 사슬과 닫힌 사슬 내에서의 운동을 모두 적용할 수 있을 것이다.

현재까지 PFPS의 치료에 대한 여러 관점에서의 연구가 진행되었지만, 엉덩관절과 무릎관절의 통합적인 운동 방법에 대한 연구는 많이 부족한 상태이다. 이에 본 연구에서는 PFPS 발병률이 높은 젊은 여자 대학생들을 대상으로 탄력밴드의 저항을 이용한 협응이동훈련이 통증, 동적균형, 근력, 안쪽넓은근과 가쪽넓은근의 불균형에 효과적인 치료방법인지 알아보고자 한다.

II. 연구방법

1. 연구대상

본 연구는 G시에 위치한 G대학교에서 PFPS 증상이 있는 여자대학생 중 연구에 참여하기로 희망한 30명에서 선정기준에서 벗어나거나 제외기준에 해당하는 자 4명을 제외한 26명을 연구 대상으로 선정하였다. 대상자들에게 헬싱키 선언에 따라 연구의 목적과 내용을 충분히 설명하였고, 자발적으로 연구 참여에 동의한 대상자만 연구에 참여하였다. 본 연구의 선정 기준은 무릎 통증을 가지고 있는자, 클라크 검사(Clark's test)에서 양성 반응이 나타난 자, PFPS 증상 이외에 근골격계 및 신경학적 질환과 증상이 없는 자, 본 연구를 수행하는데 기능적 제한이 없는 자로 하였고, 제외 기준은 치료적 목적으로 약물을 복용하고 있거나 최근 3개월 이내에 무릎에 관련된 치료를 받은 자, 무릎 이외의 다른 부위에 근골격계 및 신경학적 질환과 증상이 있는 자, 연구자의 지시를 충분히 수행할 수 없거나 본 연구의 중재를 수행하기 어려운 자로 하였다.

2. 연구방법

본 연구는 PFPS 증상이 있는 여자대학생 26명을 대상으로 선정하였고, 최종 선정된 대상자들은 Random Allocation Software를 사용하여 무작위로 실험군과 대조군에 각각 13명씩 배정하였다. 실험군은 CLT를 적용하였고 대조군은 근력훈련을 위한 스쿼트 운동을 진행하였고, 두 그룹 모두 4주간, 주3회, 총 12회 실시하였다.

(1) 협응이동훈련

탄력밴드를 이용한 협응이동훈련은 Ann과 Park(2013)과 Kim과 Lim(2018)의 연구를 참고 수정하여 본 운동 전·후로 준비 운동과 마무리 운동을 포함하여 총 30분간 실시하였다. 탄력밴드는 신장률 100%에서 2.1 kg의 저항이 발생하는 초록색을 이용하였다.

스프린터 동작으로 한쪽에서는 상지의 굽힘-모음-가쪽돌림 패턴과 하지의 폼-벌림-안쪽돌림 패턴을 실시하였고, 반대쪽에서는 상지의 폼-벌림-안쪽돌림 패턴과 하지의 굽힘-모음-가쪽돌림 패턴을 실시하였다. 스케이터 동작으로 한쪽에서는 상지의 폼-모음-안쪽돌림 패턴과 하지의 굽힘-벌림-안쪽돌림 패턴을 실시하였고, 반대쪽에서는 상지의 굽힘-벌림-가쪽돌림 패턴과 하지의 폼-모음-가쪽돌림 패턴을 시행하였다.

준비 운동은 스프린터와 스케이터 패턴을 숙지하기 위해 선 자세에서 두 가지 동작을 5분 동안 능동적으로 시행하였다. 본 운동으로 실시한 협응이동훈련은 탄력밴드를 팔과 다리에 걸고 교각 자세, 앉은 자세, 선 자세에서 스프린터와 스케이터 패턴을 각 패턴에서 1세트 당 10회로 총 3세트를 약 20여분 동안 시행하였다. 마무리 운동은 스프린터와 스케이트 패턴을 이용한 보행훈련을 5분 동안 시행하였다<Table 1>.

Table 1. CLT exercise program

	Program	Repetitions / Sets	Time	
Warm-up	Sprinter-Skater pattern		5 minutes	
Main exercise	Head - Slight flexion, side bending and rotation toward leg of stance phase			
	Stance phase - Scapular : anterior-elevation - Arm : flexion-adduction-external rotation			
	Sprinter - Bridge - Long sitting - Standing	Swing phase - Scapular : posterior-depression - Arm : extension-abduction-internal rotation	10 reps / 3 sets	10 minutes
		Stance phase - Pelvic : posterior-depression - Leg : extension-abduction-internal rotation		
		Swing phase - Pelvic : anterior-elevation - Leg : flexion-adduction-external rotation		
		Head - Slight extension, side bending and rotation toward leg of swing phase		
		Stance phase - Scapular : posterior-elevation - Arm : flexion-abduction-external rotation		
	Skater - Bridge - Long sitting - Standing	Swing phase - Scapular : anterior-depression - Arm : extension-adduction-internal rotation	10 reps / 3 sets	10 minutes
		Stance phase - Pelvic : anterior-depression - Leg : extension-adduction-external rotation		
		Swing phase - Pelvic : posterior-elevation - Leg : flexion-abduction-internal rotation		
Cool-down	Sprinter-Skater pattern walking		5 minutes	

(2) 근력 훈련

근력 훈련으로 실시한 스쿼트 운동은 Walsh 등(2007), Hassan 등(2015), Futamura 등(2016)의 연구를 참고 수정하여 1세트 당 20회로 총 5세트를 약 30여분 동안 시행하였다. 평평한 지지면에서 어깨너비보다 발을 약간 크게

별린 상태로 팔을 앞으로 뻗고 허리를 곧게 편 후 시선은 정면으로 향하게 하였으며, 무릎이 발의 앞쪽으로 나가 지 않도록 주의하게 한 후 무릎을 굽히면서 앉아 허벅지가 바닥과 평행을 이루게 하고 평행 상태에서 1초 정도 머물게 하였다. 이후 숨을 뱉으면서 무릎과 등을 펴하면서 체간을 들어 올리는 방법으로 운동을 수행하였다.

2) 측정방법 및 도구

(1) 통증 측정

주관적 통증 수준을 평가하기 위해 시각적 상사 척도(visual analog scale; VAS)를 사용하였다. 측정자 내 신뢰도는 .99로(Wagner et al., 2007), 통증 평가에 가장 일반적으로 사용되며 타당성과 신뢰도가 높은 평가 도구이다(진우제 등, 2003). 자신이 인식하는 통증 정도를 통증이 전혀 없는 상태인 0cm에서 참을 수 없을 정도로 매우 극심한 통증인 10cm까지 표현하였다. 통증 수준 평가는 10cm의 눈금 선을 표기한 평가지에 대상자가 느끼는 통증 강도나 불편감에 해당한다고 생각하는 위치에 표시하도록 하였다.

(2) 근력 측정

무릎 펴기 근력을 측정하기 위해 도수근력측정기(Commander Muscle Tester, J-Tech, U.S.A)를 사용하였다. 도수 근력측정기는 0.1kg에서 136.1kg까지 정량적으로 근력 측정이 가능하며, 높은 측정자 간 신뢰도(ICC=.89 ~ .92)와 측정자 내 신뢰도(ICC=.97)를 보인다(Dunn과 Iversen, 2003; Fenter 등, 2003). 본 연구에서는 무릎관절의 펴기 근육의 등척성 근력을 측정하였다. 측정하기 위해 대상자는 발이 바닥에서 20cm 정도 떨어진 의자에 똑바로 앉게 하였다. 검사자는 한 손으로 넓다리를 고정시키고 아래다리의 앞쪽 중심 부위에 측정기를 부착시키고 무릎을 펴게 한 후 근력을 측정하였다(Li 등, 2006). 무릎 펴기 동작의 대상작용이 일어나지 않도록 대상자들에게 각각의 동작을 숙지하게 한 후 측정하였다. 신뢰도를 높이기 위해 한 명의 검사자가 측정하였으며, 3회 반복 측정 후 평균값을 사용하였다. 근피로로 인한 측정값의 오류를 최소화하기 위해 1회 측정 후 1분간 휴식시간을 두었다.

(3) 동적 균형 측정

동적 균형을 측정하기 위해 Balance System SD(Biocex Medical Systems, Inc, USA)를 사용하였다. 대상자는 지름 55cm의 원형 지지면 위에 맨발로 올라서서 모니터 화면을 주시하여 지지면의 중심에 자신의 무게중심이 위치하도록 맞춰 서게 하고, 그 상태로 지지면 상에서 양발의 발뒤꿈치 중앙점의 위치를 표시하는 좌표의 값을 장비에 입력하였다. 동적 균형은 지지면의 흔들림 정도를 나타내는 1부터 12단계 중 8단계에서 측정된 점수로 평가하였다. 1set당 10초의 휴식을 가졌으며, 총 3회 측정 후 평균값을 산출하였다. 측정 중 대상자가 평형을 잃었을 경우 다시 평형을 잡을 수 있도록 핸들을 잡는 것을 허용하였고, 대상자가 짧은 시간 안에 평형을 회복하지 못한 경우 측정을 무효처리하고 다시 측정하였다(Shin 등, 2019).

(4) 근활성도 측정

가쪽넓은근과 안쪽넓은근의 근활성도의 변화를 측정하기 위해 표면 무선 근전도 측정 시스템(BTS FREEMG 300, BTS Bioengineering, Italy)를 사용하였다. 근활성도 측정 시 일회용 Ag-AgCl(3M, Korea) 유착성 표면 전극을 사용하였다. 전극 부착 전 실험 결과에 영향을 줄 수 있는 기술적 오류를 피하기 위해 제모 후 알코올을 이용하여 이물질을 제거하였다. 안쪽넓은근은 무릎뼈의 안쪽 위 모서리에서 위 4cm, 안쪽으로 3cm 지점을 표시하고, 가쪽넓은근은 무릎뼈 가쪽 위 모서리로부터 위 10cm, 가쪽으로 6~8cm 지점에 표시하여 근육의 최대 정적 수축 자세

에서 뚜렷이 근수축이 보이는 근육 중심부에 전극을 부착하였다(Cowan 등, 2001). 측정된 신호는 FREEEMG의 증폭기를 통해 10배로 증폭하여 잡음과 간섭을 막고, 무선 랜 통신에 따라 환자 키트(patient unit)로 이동된 뒤 바로 원래의 데이터로 전환하였다. 환자 키트에 데이터 수집이 종료되면 WIFI를 통해 컴퓨터와 LAN 케이블로 연결된 무선 공유기로 수신되고, EMG의 신호분석은 Mylob(software, BTS co, Italy)에서 자동으로 표시된 원 데이터를 사용하였다. 주파수 대역폭은 20~50Hz로 설정하여 필터과정을 거쳤으며 각 근육의 근전도 신호의 원 데이터에서 전환(rectification)하고 적분(integration) 한 뒤 RMS(root mean square)과정을 거쳐 %MVIC로 정규화 하였다(Hong과 Lee, 2016). 측정된 안쪽넓은근과 가쪽넓은근의 %MVIC를 가쪽넓은근과 안쪽넓은근의 비율(VL/VM)로 나타냈다.

3. 자료분석

본 연구의 모든 자료는 SPSS 21.0(SPSS Inc., Chicago, USA) 프로그램을 이용해 분석하였다. Shapiro-Wilk 검정 방법을 통해 정규성 검정을 시행하였고 정규분포하여 모수 검정을 실시하였다. 실험군과 대조군의 군 내 비교를 위하여 대응표본 *t*-검정(paired *t*-test)을 시행하였고, 군 간 차이를 비교하기 위하여 독립표본 *t*-검정(independent *t*-test)을 시행하였다. 모든 통계 분석에서 유의성 검정을 위한 유의수준은 $\alpha=0.05$ 로 설정하였다.

III. 결 과

1. 연구 대상자의 일반적 특성

본 연구에 참여한 대상자는 여자 대학생 30명에서 선정기준에서 벗어나거나 제외기준에 해당하는 자 4명을 제외한 26명이었고, 실험군과 대조군 각각 13명씩 무작위로 배정되었다. 실험군의 평균 연령은 161.23±5.92cm, 평균 연령은 23.31±1.84세, 평균 체중은 53.23±5.69kg이었고, 대조군의 평균 연령은 158.15±4.71cm, 평균 연령은 24.54±4.12세, 평균 체중은 54.23±8.43kg이었다<Table 2>.

Table 2. General characteristics of subjects (N=26)

	EG (n=13)	CG (n=13)	<i>t</i>	<i>p</i>
Age (years)	23.31±1.84a	24.54±4.12	-0.984	0.335
Height (cm)	161.23±5.92	158.15±4.71	1.467	0.155
Weight (kg)	53.23±5.69	54.23±8.43	-0.355	0.363

^aMean±SD, EG=experimental group; CG=control group.

2. 통증의 변화

중재 방법에 따른 통증의 전·후의 변화는 다음과 같다<Table 3>. 실험군은 중재 전 5.10±1.32cm에서 중재 후 2.04±1.08cm로 감소하였고, 군 내에 유의한 차이가 나타났다($p<.05$). 대조군은 중재 전 5.32±1.86cm에서 중재 후 3.17±1.61cm로 감소하였고, 군 내에 유의한 차이가 나타났다($p<.05$). 실험군과 대조군의 군 간 통증의 차이는 실험

군은 -3.06 ± 1.03 cm이었고 대조군은 -2.15 ± 1.11 cm로 실험군에서 더 큰 감소가 나타났으며, 군 간에 유의한 차이가 나타났다($p < .05$).

3. 무릎관절 펌근 근력의 변화

중재 방법에 따른 무릎관절 펌근 근력의 전·후의 변화는 다음과 같다<Table 3>. 실험군은 중재 전 152.44 ± 44.40 kg에서 중재 후 168.69 ± 49.82 kg으로 증가하였으며, 군 내에 유의한 차이가 나타났다($p < .05$). 대조군은 중재 전 190.97 ± 67.27 kg에서 중재 후 247.28 ± 95.76 kg으로 증가하였으며, 군 내에 유의한 차이가 나타났다($p < .05$). 중재 전·후 무릎관절 펌근 근력의 차이는 실험군은 16.25 ± 20.23 kg이었고 대조군은 56.31 ± 64.10 kg으로 대조군에서 더 큰 증가가 나타났으며, 군 간에 유의한 차이가 나타났다($p < .05$).

4. 동적 균형의 변화

중재 방법에 따른 동적 균형의 전·후의 변화는 다음과 같다<Table 3>. 실험군의 동적 균형은 중재 전 37.92 ± 7.15 점에서 중재 후 46.69 ± 11.02 점으로 증가하였으며, 군 내에 유의한 차이가 나타났다($p < .05$). 대조군은 중재 전 34.69 ± 8.20 점에서 중재 후 36.92 ± 7.99 점으로 증가하였으며, 군 내에 유의한 차이가 나타났다($p < .05$). 중재 전·후 동적 균형의 차이는 실험군은 8.77 ± 10.11 점이었고 대조군은 2.23 ± 2.89 점으로 실험군에서 더 큰 증가가 나타났으며, 군 간에 유의한 차이가 나타났다($p < .05$).

5. 가쪽넓은근과 안쪽넓은근의 근활성도 비율의 변화

중재 방법에 따른 VL/VM의 근활성도 비율의 전·후의 변화는 다음과 같다<Table 3>. 실험군은 중재 전 1.58 ± 0.33 에서 중재 후 1.13 ± 0.37 로 감소하였고, 군 내에 유의한 차이가 나타났다($p < .05$). 대조군은 중재 전 1.58 ± 0.44 에서 중재 후 1.53 ± 0.51 로 감소하였지만, 군 내에 유의한 차이가 나타나지 않았다($p > .05$). 실험군과 대조군의 군 간 VL/VM의 근활성도 비율의 차이는 실험군은 -0.45 ± 0.37 이었고 대조군은 -0.05 ± 0.59 로 실험군에서 더 큰 감소가 나타났으며, 군 간에 유의한 차이가 나타났다($p < .05$).

Table 3. Comparison of changes in pre-post results (N=26)

		EG (n=13)	CG (n=13)	<i>t</i>	<i>p</i>
Visual analogue scale (cm)	Pre	5.10±1.32 ^a	5.32±1.86	-0.340	0.737
	Post	2.04±1.08	3.17±1.61		
	Difference1)	-3.06±1.03	-2.15±1.11	-2.175	0.040*
	<i>t</i>	10.684	6.965		
	<i>p</i>	0.000*	0.000*		
Knee extension muscle strength (kg)	Pre	152.44±44.40	190.97±67.27	-1.724	0.098
	Post	168.69±49.82	247.28±95.76		
	Difference1)	16.25±20.23	56.31±64.10	-2.148	0.046*
	<i>t</i>	-2.896	-3.167		
	<i>p</i>	0.013*	0.008*		
Dynamic balance (score)	Pre	37.92±7.15	34.69±8.20	1.071	0.295
	Post	46.69±11.02	36.92±7.99		
	Difference1)	8.77±10.11	2.23±2.89	2.242	0.042*
	<i>t</i>	-3.128	-2.782		
	<i>p</i>	0.009*	0.017*		
Muscle activity (VL/VM ratio)	Pre	1.58±0.33	1.58±0.44	0.055	0.957
	Post	1.13±0.37	1.53±0.51		
	Difference1)	-0.45±0.37	-0.05±0.59	-2.096	0.047*
	<i>t</i>	4.395	0.279		
	<i>p</i>	0.001*	0.785		

^aMean±SD, **p*<0.05, 1)Difference: post-pre

EG=experimental group; CG=control group; VL=vastus lateralis; VM=vastus medialis

IV. 논의

무릎에서 넙다리네갈래근의 약화와 안쪽넓은근에 대한 가쪽넓은근의 상대적인 우세로 인한 불균형, 연부조직의 과도한 단축 등은 무릎뼈를 가쪽으로 당김시키는 비정상적인 정렬을 만들고 관절면에 과도한 압박력을 주어 PFPS를 유발한다(Bolgia와 Boling, 2011; Pal 등, 2011). 최근 PFPS 환자들에게 계단을 올라가거나 내려가는 등의 기능적 활동을 하는 동안 근전도(Electromyography; EMG)를 통한 근육의 활성화 타이밍을 측정한 결과 안쪽넓은근에 비해 가쪽넓은근이 선행적으로 활성화되었고, 안쪽넓은근의 위축이나 약화가 함께 나타나는 것으로 보고되었다(Cowan 등, 2001; Pattyn 등, 2011). 따라서 많은 임상가들은 넙다리네갈래근의 안쪽과 가쪽의 사용 비율을 적절하게 유지하여 불균형을 해소하기 위해 중재를 진행하고 있으나(Callaghan과 Oldham, 1996), 주로 안쪽넓은근의 선택적 강화에만 초점이 맞추어져 있다(Earl 등, 2001).

고유수용성감각은 근력과 균형능력을 포함한 신체의 움직임 및 위치를 인지하는 감각이며, 움직이는 근육과

관절에서 감각 수용체 신호, 운동 수행능력과 관련된 중요한 신호를 발생시킨다(Riemann과 Lephart, 2002). 고유수용성감각이 저하되면 골격근의 조절이나 활성이 감소되고, 이를 보상할 수 있는 충분한 근력이 있어야만 기능적 능력을 유지할 수 있기 때문에 고유수용성감각과 근력은 높은 상관관계를 보인다(Van der Esch 등, 2007). 또한 균형능력은 모든 일상동작의 수행에 영향을 미치고, 주의적인 움직임을 위해 신체를 안정화시키고 외부적인 환경 변화에 반응하여 관절의 올바른 위치를 유지해준다, 특히 동적 균형은 보행이나 점프 등과 같은 움직임에서 안정성을 제공해주기 때문에 매우 중요하다(Cohen 등, 1993; Hrysonallis 등, 2007; McGuine 등, 2000). 따라서 고유수용성감각이 증진을 통해 근력, 균형, 협응능력이 향상되므로, 탄력밴드의 저항을 이용한 협응이동훈련을 통해 이를 충족시킬 수 있다. 이에 본 연구는 PFPS 증상이 있는 여자대학생 26명을 대상으로 실험군과 대조군에 무작위로 13명씩 배정하여 실험군은 탄력밴드를 이용한 협응이동훈련을 대조군은 스쿼트 운동을 4주간, 주3회, 총 12회 실시하였다. 중재 전·후에 통증, 동적 균형, 근력, 근활성도를 비교하여 PFPS 환자의 증상과 안쪽넓은근과 가쪽넓은근의 불균형 해소에 어떠한 효과를 미치는지 알아보고자 하였다.

본 연구의 결과, 통증은 실험군과 대조군 모두 중재 전에 비해 중재 후에 유의하게 감소하였고, 중재 전·후 통증 차이에서는 실험군이 대조군보다 더 유의하게 감소하였다. 정의용과 박시현(2021)은 정형외과에서 PFPS로 진단받은 환자들을 대상으로 실험군과 대조군 모두 무릎과 엉덩관절 주변 근력강화 운동을 실시하였고, 실험군에만 엉덩관절 관절가동술을 추가로 적용한 결과 실험군과 대조군 모두에서 통증의 감소와 근력의 증가가 나타났다 하였고, 김성환 등(2019)은 협응이동훈련과 슬링운동 결합 프로그램을 통해 PFPS 환자의 통증이 효과적으로 감소하였다고 하였으며 본 연구의 결과와 유사하였다. 이는 다리 근육의 강화운동을 통해 무릎관절에서의 부하가 감소되며, 압박이 감소된 무릎관절의 움직임이 실험군과 대조군 모두에서 통증을 감소시켰을 것으로 생각된다.

본 연구에서 무릎 펌 근력은 실험군과 대조군 모두 중재 전에 비해 중재 후에 유의하게 증가하였고, 중재 전·후 무릎 펌 근력의 차이에서는 실험군보다 대조군에서 더 유의한 증가가 나타났다. 동적 균형 능력은 실험군과 대조군 모두 중재 전에 비해 중재 후에 유의하게 증가하였고, 중재 전·후 동적 균형 능력의 차이에서는 실험군이 대조군보다 더 유의하게 증가하였다. 조상희와 이수영(2016)은 PFPS환자에게 무릎관절 45°, 60°, 90°에서 스쿼트 운동을 실시한 결과 무릎관절 90° 굽힘된 스쿼트 자세 안쪽넓은근과 가쪽넓은근, 넓다리곧은근의 MVIC가 가장 많이 증가하여 근력 증가에 가장 효과적이라고 하였고, Balci 등(2009)은 PFPS환자에게 4주간 주 5회로 총 20회의 스쿼트 운동을 실시한 결과 무릎의 통증감소와 더불어 동심성 수축과 편심성 수축 모두에서 최대근력이 증가했지만 고유수용성 감각의 증진은 동심성 수축에서만 나타났고 편심성 수축에서는 나타나지 않았다고 하였다. 또한, 박미희 등(2020)은 경도인지장애노인에게 1회 60분씩 주 2회, 총 4주간 협응이동훈련을 시행한 결과 무릎관절의 근력과 동적 균형 능력이 증가하였다고 하여 본 연구의 결과와 일치하였다. 이는 스쿼트 운동과 탄력밴드를 이용한 협응이동훈련 모두 무릎 펌 근력의 증진에 효과적이지만, 스쿼트 운동이 하지의 근력강화에 초점이 맞추어졌기 때문에 대조군에서 근력 자체의 증가는 높았지만 고유수용성 감각의 증진에는 효과가 부족했을 수도 있었을 것으로 판단된다(Balci 등, 2009). 따라서 실험군에서는 탄력밴드의 사용을 통한 고유수용성 감각 입력이 근력, 협응력을 증진시키고(배성수 등, 2003), 협응이동훈련의 특정한 협응구조 패턴을 통해 몸통의 근육들을 동시에 동원하여 사지의 균형 잡힌 움직임 촉진과 몸통의 안정성을 증가시켜(hwang 등, 2016; Choi 등, 2008), 무릎 펌 근력과 전반적인 동적균형 능력이 향상되었을 것으로 판단된다.

본 연구에서 안쪽넓은근과 가쪽넓은근의 근활성도 비율은 실험군에서만 중재 전에 비해 중재 후에 유의하게 감소하였고, 중재 전·후 안쪽넓은근과 가쪽넓은근의 근활성도 차이에서는 실험군이 대조군보다 더 유의하게 감소하였다. Powers(2000)는 PFPS 환자들의 안쪽넓은근과 가쪽넓은근의 최대 근활성도 비율은 1:1.85로 가쪽넓은근

의 근활성도가 높았다고 보고하였다. 또한 건강한 상태의 무릎관절을 가진 사람의 안쪽넓은근과 가쪽넓은근의 최대 근활성도 비율은 이상적으로 1:1에 가까운데(Souza와 Gross, 1991), 본 연구의 결과 중재 이후 안쪽넓은근과 가쪽넓은근의 최대 근활성도 비율에서 대조군은 1.53 ± 0.51 이었으나 실험군은 1.13 ± 0.37 의 비율을 나타낸 것으로 보아 탄력밴드를 이용한 협응이동훈련이 효과적으로 안쪽넓은근의 활성도를 증가시키고 안쪽넓은근과 가쪽넓은근의 불균형 해소에도 효과적이라고 판단된다.

본 연구의 제한점으로는 PFPS 증상이 있는 20대 여자 대학생을 대상으로만 하여 모든 연령과 성별에 따라 일반화하기 어렵다는 점이 있었고, Q각이나 무릎뼈의 정렬상태 등을 확인하지는 않았다는 점이다. 추후 연구에서는 본 연구의 제한점을 수정 보완하여 다양한 연령과 성별을 대상으로 다른 변인들의 확인을 통해 협응이동훈련의 효과를 입증할 수 있는 연구가 필요하다고 사료된다.

V. 결론

본 연구는 4주간 PFPS 증상을 호소하는 여자대학생 26명을 대상으로 탄력밴드를 이용한 협응이동훈련과 스쿼트 운동이 통증, 동적 균형, 근력, 안쪽넓은근과 가쪽넓은근 근활성도 비율에 미치는 영향에 대해 알아보고자 하였다. 연구 결과, 스쿼트 운동은 근력의 증진에 더 효과적이었으나 탄력밴드를 이용한 협응이동훈련이 통증, 동적 균형, 안쪽넓은근과 가쪽넓은근 근활성도 비율을 개선에 더욱 효과적이었음을 확인하였다. 위 결과를 종합해 보면 PFPS 환자들에게 통증, 근력, 동적 균형, 안쪽넓은근과 가쪽넓은근 근활성도 비율을 증진시키기 위해서는 탄력밴드를 이용한 협응이동훈련이 도움이 될 수 있으며, 상태에 따라서 스쿼트를 병행하여 사용하면 더 좋은 결과를 나타낼 수 있을 것이라고 생각된다.

참고문헌

- 김성환, 유성훈, 박세진. 협응이동훈련과 슬링운동 결합 프로그램이 무릎넙다리통증 환자의 무릎통증 및 기능적 움직임에 미치는 영향: 단일사례 연구. 대한정형도수치료학회지 2019;25(2): 73-81.
- 박미희, 이동우, 정모범. 협응이동훈련이 경도인지장애노인의 낙상물리요인에 미치는 영향. 대한물리의학회지 2020;15(2):65-73.
- 박재홍, 이승희, 김소정, 등. 스쿼트 운동 시 발목 관절에 키네시오 테이프의 적용이 넙다리 네갈래근과 뒤넙다리근의 활성화에 미치는 영향. 대한물리치료과학회지. 2021;(28):57-64.
- 배성수, 구봉오, 최재원 등. 고유수용성신경근 촉진법의 저항에 관한 연구. 대한물리치료학회지 2003;15(2):329-333.
- 정의용, 박시현. 고관절 가동술이 슬개대퇴통증증후군 환자의 통증, 균형 및 보행에 미치는 영향. 대한정형도수치료학회지 2021;27(1):31-39.
- 조상희, 이수영. 무릎넙다리통증증후군 환자에서 무릎관절 각도별 스쿼트 융합운동이 넙다리네갈래근의 근력에 미치는 효과. 한국융합학회논문지 2016;7(2):43-52.
- 진우제, 유태영, 진영호, 이재백. 급성 통증의 평가를 위한 Visual Analogue Scale(VAS)의 신뢰성 검토. 대한응급의학회지 2003;14(1):61-65.

- 최보람. 런지 운동 시 뒤넙다리근의 단축이 넙다리 근육 활성도에 미치는 영향. 대한물리치료과학회지. 2022;29(3):21-28.
- Ann YD, Park JH. The effects of PNF combined patterns training on balance ability and functional ability of hockey players. *J Digit Converg* 2013;11:521-528.
- Balci P, TUNAY V, BALTACI G, Ahmet AT. The effects of two different closed kinetic chain exercises on muscle strength and proprioception in patients with patellofemoral pain syndrome. *Acta orthopaedica et traumatologica turcica* 2009;43(5):419-425.
- Bolglia LA, Boling MC. An update for the conservative management of patellofemoral pain syndrome: a systematic review of the literature from 2000 to 2010. *International journal of sports physical therapy* 2011;6(2):112.
- Callaghan MJ, Oldham JA. The role of quadriceps exercise in the treatment of patellofemoral pain syndrome. *Sports Med* 1996;21(5):384-391.
- Choi WJ, Kim CK, Jung DI, Lee HS, Chae YW, Kim YH. Change of the combined patterns of proprioceptive neuromuscular facilitation on static balance. *The Journal of the Korea Contents Association* 2008;8(10):251-258.
- Cohen H, Blatchly CA, Gombash LL. A study of the clinical test of sensory interaction and balance. *Phys Ther* 1993;73(6):346-51.
- Cowan SM, Bennell KL, Hodges PW, et al. Delayed onset of electromyographic activity of vastus medialis obliquus relative to vastus lateralis in subjects with patellofemoral pain syndrome. *Arch Phys Med Rehabil* 2001;82(2):183-189.
- De Looze MP, Toussaint HM, Van Dieen JH, et al. Joint moments and muscle activity in the lower extremities and lower back in lifting and lowering tasks. *Journal of biomechanics* 1993;26(9):1067-1076.
- Dietz V, Fouad K, Bastiaanse CM. Neuronal coordination of arm and leg movements during human locomotion. *Eur J Neurosci* 2001;14:1906-1914.
- Dunn, JC, Iversen, MD. Interrater reliability of knee muscle forces obtained by hand-held dynamometer from elderly subjects with degenerative back pain. *Journal of Geriatric Physical Therapy* 2003;26(3):23-29.
- Earl JE, Schmitz RJ, Arnold BL. Activation of the VMO and VL during dynamic mini-squat exercises with and without isometric hip adduction. *J Elec tromyogr Kinesiol* 2001;11(6):381-386.
- Fenter PC, Bellew J, Pitts T, et al. Reliability of stabilised commercial dynamometers for measuring hip abduction strength: a pilot study. *British journal of sports medicine* 2003;37(4):331-334.
- Fukuda TY, Melo WP, Zaffalon BM, et al. Hip posterolateral musculature strengthening in sedentary women with patellofemoral pain syndrome: A randomized controlled clinical trial with 1-year follow-up. *J Orthop Sports Phys Ther* 2012;42(10):823-830.
- Futamura S, Bonnet V, Dumas R, et al. Dynamically consistent inverse kinematics framework using optimizations for human motion analysis. In 2016 IEEE-RAS 16th International Conference on Humanoid Robots (Humanoids) 2016;November:436-441.
- Hassan MF, Zulkifley MA, Hussain A. Squat exercise abnormality detection by analyzing joint angle for knee osteoarthritis rehabilitation *Jurnal Teknologi* 2015;77(7).
- Hong DS, Lee JH. The Comparative Analysis of EMG Activities on The Upper and Lower Limb Muscles during Nordic Walking. *Exercise Science* 2016;25(3):204-209.

- Hrysomallis C, McLaughlin P, Goodman C. Balance and injury in elite Australian footballers. *Int J Sports Med* 2007;28(10):844-7.
- Hungerford D, Barry M. Biomechanics of the patellofemoral joint. *Clin Orthop* 1979;144:9-15.
- Hwang SS, Maeng GC, Kim JI, Jung CW. The effects of coordinative locomotion training using the PNF pattern on walking in patients with spinal cord injury. *PNF and Movement* 2016;14(2):67-74.
- Iwasa J, Ochi M, Adachi N, et al. Proprioceptive improvement in knees with anterior cruciate ligament reconstruction. *Clin Orthop Relat Res* 2000;381:168-176.
- Kim JC, Lim JH. The effects of coordinative locomotor training on coordination and gait in chronic stroke patients: a randomized controlled pilot trial. *J Exerc Rehabil* 2018;14:1010-1016.
- Kwak CJ, Kim YL, Lee SM. Effects of elastic-band resistance exercise on balance, mobility and gait function, flexibility and fall efficacy in elderly people. *Journal of physical therapy science* 2016;28:3189-3196.
- Li RC, Jasiewicz JM, Middleton J, et al. The development, validity, and reliability of a manual muscle testing device with integrated limb position sensors. *Arch Phys Med Rehabil* 2006;87(3):411-417.
- Lichota DK. Anterior knee pain: symptom or synd rome. *Current Women's Health Reports* 2003;3(1):81-86.
- McConnell J. Management of patellofemoral problems. *Manual Therapy* 1996;1(2):60-66.
- McGuine TA, Greene JJ, Best T, Levenson G. Balance as a predictor of ankle injuries in high school basketball players. *Clin J Sport Med* 2000;10(4):239-44.
- Myer GD, Ford KR, Foss KD, et al. The incidence and potential pathomechanics of patellofe moral pain in female athletes. *Clin Biomech* 2010;25(7):700-707.
- Neptune RR, Wright IC, van den Bogert A.J. The influence of orthotic devices and vastus medialis strength and timing on patellofemoral loads during running. *Clinical Biomechanics* 2000;15(8):611-618.
- Pal S, Draper CE, Frederison M, et al. Patellar maltracking correlates with vastus medialis activation delay in patellofeoral pain patients. *The American journal of Sports Medicine* 2011;39(3):590-598.
- Pattyn E, Verdonk P, Steyaert A, et al. Vastus medialis obliquus atrophy: does it exist in patellofemoral pain syndrome?. *The American Journal of Sports Medicine* 2011;39(7):1450-1455.
- Powers CM. Patellar kinematics, part II: the influence of the depth of the trochlear groove in subjects with and without patellofemoral pain. *Physical Therapy* 2000;80(10):965-973.
- Prins MR, van der Wurff P. Females with patellofemoral pain syndrome have weak hip muscles: a systematic review. *Aust J Physiother* 2009;55(1):9-15.
- Riemann BL, Lephart SM. The sensor imotor system, Part I : the physiologic basis of functional joint stability. *Journal of athletic training* 2002;37(1):71.
- Shin, YI, Kim JY, Lee HJ. The effect of pelvic compression belt on gait velocity, cadence, step length, stride length of gait and dynamic balance in stroke patients. *The Journal of Korean Academy of Orthopedic Manual Physical Therapy* 2019;25(1): 63-70.
- Souza DR, Gross MT. Comparison of vastus medialis obliquus: vastus lateralis muscle integrated electromyographic ratios between healthy subjects and patients with patellofemoral pain. *Physical Therapy* 1991;71(4):310-316.
- Tang SF, Chen CK, Hsu R, et al. Vastusmedialis obliquus and vastus lateralis activity in open and closed kinetic chain exercises in patients with patellofemoral pain syndrome. *Arch Phys Med Rehabil* 2001;82(10):1441-1445.
-

- Taunton JE, Ryan MB, Clement DB, et al. A retrospective case-control analysis of 2002 running injuries. *Br J Sports Med* 2002;36(2):95-101.
- Van der Esch M, Steultjens M, Harlaar J, et al. Joint proprioception, muscle strength, and functional ability in patients with osteoarthritis of the knee. *Arthritis Care & Reserach: Official Journal of the American College of Rheumatology* 2007;57(5):787-793.
- Wagner DR, Tatsugawa K, Parker D, Young TA. Reliability and utility of a visual analog scale for the assessment of acute mountain sickness. *High altitude medicine & biology* 2007;8(1):27-31.
- Walsh JC, Quinlan JF, Stapleton R, et al. Three-dimensional motion analysis of the lumbar spine during “free squat” weight lift training. *The American journal of sports medicine* 2007;35(6):927-932.
- Wilk K, Escamilla R, Fleisig G, et al. A comparison of tibiofemoral joint forces and electromyographic activity during open and closed kinetic chain exercises. *Am J Sports Med* 1996;24:518-527.
-