

무릎넓다리통증증후군 환자에서 무릎관절 각도별 스쿼트 융합운동이 넓다리네갈래근의 근력에 미치는 효과

조상희¹, 이수영^{2*}

¹효정재활요양병원 뇌졸중 클리닉, ²백석대학교 보건학부 물리치료학과

A Effect of the Squat Convergence Exercise Among Knee Joint Angle on Quadriceps Strength in the Patients With Patellofemoral Pain Syndrome

Sang-Hee Cho¹, Su-Young Lee^{2*}

¹Stroke Clinic, Hyojung Rehabilitation Hospital

²Dept. of Physical Therapy, Division of Health Science, Baekseok University

요약 본 연구의 목적은 넓다리네갈래근 중 안쪽빗넓은근과 가쪽넓은근의 강화를 위해 효과적인 스쿼트 운동 자세를 제시하는 데 있다. 연구대상자는 무릎넓다리통증증후군이 있는 20명의 환자로 본 연구에 자발적으로 참여하였다. 대상자들은 무릎관절 굽힘 각도 45°, 60°, 90° 자세에서 정적인 스쿼트 융합운동을 30초 동안 총 5회 실시하였다. 측정변수는 넓다리네갈래근의 최대 수의적 등척성 수축력(MVIC), 넓다리네갈래근 각(Q 각)과 넓다리 둘레이며, 무릎관절 자세에 따라 스쿼트 운동 전후로 측정되었으며 그 변화율을 통계분석에 사용하였다. 연구결과 넓다리네갈래근의 무릎관절 각도별 MVIC 변화율은 90° 무릎관절 굽힘에서 유의하게 증가하였으나($p < .05$), Q 각과 넓다리 둘레의 변화율엔 유의한 차이가 없었다($p > .05$). 따라서 무릎통증증후군 환자의 넓다리네갈래근의 강화를 위해서 무릎관절 90° 굽힘된 스쿼트 자세가 효과적임을 제시한다.

• **Key Words** : 가쪽넓은근, 무릎관절 각도, 무릎넓다리통증증후군, 스쿼트 융합운동, 안쪽빗넓은근, MVIC

Abstract The purpose of this study was to suggest the effective squat exercise position to strengthening vastus medialis oblique, and vastus lateralis in quadriceps. Subjects were twenty patients with patellofemoral pain syndrome (PFPS) volunteered to participate in this study. All subjects were applied to static squat convergence exercise with knee flexed 45°, 60°, and 90° for 30 seconds total 5 times. Measurement variables were maximal voluntary isometric contraction (MVIC) of the quadriceps, Q angle and length of thigh. Those were measured before and after the squat exercise on knee joint angle, change rate of which were used for statistical analysis. As a result, squat exercise with knee flexed 90° increase significantly among knee joint angle in the MVIC change rates of quadriceps ($p < .05$), however the rates of Q-angle and length change of thigh showed no significant difference. Therefore, this findings suggest that squat exercise with knee flexed 90° strengthen quadriceps effectively in patients with PFPS.

• **Key Words** : Vastus lateralis, Knee joint angle, Patellofemoral pain syndrome, Squat convergence exercise, Vastus medialis oblique, Maximal voluntary isometric contraction

*Corresponding Author : 이수영(rosei118@bu.ac.kr)

Received January 26, 2016

Revised March 21, 2016

Accepted March 31, 2016

Published April 30, 2016

1. 서론

무릎넙다리통증증후군(patellofemoral pain syndrome, PFPS)은 스포츠의학에서 만나게 되는 가장 흔한 형태의 과적 질환 중 하나이며[1], 무릎관절의 과도한 굽힘과 펴시 무릎뼈(patella) 주변에서 발생하는 통증으로 통증과 무릎관절 기능부전이 대표적인 증상이 되는 증후군이다[2]. 이 증후군은 전인구의 1/4 정도가 가지고 있으며 10세에서 35세 사이의 젊고 활동적인 성인에게 나타나는 흔한 질환으로 여성에게는 30%, 남성에게는 20%에서 빈발한다. 무릎넙다리통증증후군의 원인은 아직 명확하게 밝혀져 있지 않으나, 넙다리네갈래근 각(Q-angle)의 증가, 고위 무릎뼈(patella alta), 과도한 정강뼈의 외측 비틀림, 넙다리네갈래근(quadriceps femoris) 불균형에 따른 무릎뼈의 외측 치우침(lateral tracking)이 그 원인으로 보고되고 있다[3]. 증상은 계단 오르기과 내리기, 쪼그려 앉기, 무릎서기, 또는 장시간 굽힘된 무릎으로 앉기에 의해 악화되며[4], 그러한 활동들은 무릎넙다리관절에 부하를 증가시켜 무릎뼈와 무릎지지띠(patellar retinaculum)를 포함한 무릎 전방에 통증을 일으킨다[5]. 무릎넙다리통증증후군의 전조 증상으로 주목을 받고 있는 Q 각은 과도할 경우 무릎넙다리 활주를 변화시켜 무릎넙다리통증증후군을 일으키고[6], 무릎뼈 안정성과 무릎 펴고 능동적이고 직접적으로 무릎뼈의 외측 움직임에 관여하는[7] 안쪽빗넓은근(vastus medialis)의 약화와 함께 무릎넙다리관절의 기능 부전을 일으킬 수 있다.

최근 연구들은 안쪽빗넓은근이 가쪽넓은근(vastus lateralis)에 비해 현저하게 약화되거나 근활성 시간이 지연되는 것은 넙다리네갈래근 중 안쪽빗넓은근과 가쪽넓은근의 불균형에 의한 것으로 보고하였으며[8,9,10], Brunet와 Stewart[11]는 무릎넙다리통증증후군의 예방 및 치료를 위해 안쪽빗넓은근과 가쪽넓은근의 균형을 제시하였다. 넙다리네갈래근의 효과적인 근력강화 운동방법을 신체 정렬에 따라 열린사슬운동(open chain exercise)과 닫힌사슬운동(closed chain exercise)으로 나눌 수 있는데 열린사슬운동은 넙다리네갈래근 전체를 강화시켜 무릎넙다리통증증후군 환자에게 통증을 증가시키는 반면[12,13], 닫힌사슬운동은 무릎넙다리관절에 압박력을 증가시키고 넙다리네갈래근과 넓적다리뒤근(hamstrings)이 협력수축하여 전단력 발생이 적기 때문에 다관절에서의 움직임 시 기능적인 근육동원 패턴(functional recruitment patterns)을 제공할 수 있다고 하

였다[14].

스쿼트 운동(squat exercise)은 닫힌사슬운동의 형태이며 다양한 스포츠 활동처럼 다관절을 사용한 저항운동으로[15], 발목관절 굽힘과 함께 무릎관절 굽힘, 엉덩관절 굽힘을 동시에 일으킨다. 즉, 스쿼트 운동 시 다관절의 압박력과 다관절 수축을 통하여 정강넙다리관절(tibiofemoral joint)의 전단력이 감소하게 되는데 이는 앞십자인대(anterior cruciate ligament)의 스트레스를 최소화하며[16], 기능적인 근육동원 패턴을 촉진시키고, 고유수용성감각(proprioceptive sense)을 자극한다[17].

현재 임상 분야 뿐만 아니라 스포츠 분야의 융합적 측면에서 무릎넙다리통증증후군 환자에게 시행되고 있는 스쿼트 운동은 무릎관절 각도에 따라 무릎관절 30° 굽힘은 미니 스쿼트(mini-squat), 40~60° 굽힘은 세미 스쿼트(semi-squat), 70~100° 굽힘은 하프 스쿼트(half-squat), 100° 이상 굽힘은 딥 스쿼트(deep squat)로 분류되어 다양하게 시행되고 있다[18]. 그러나, 무릎관절 각도별 스쿼트 운동 효과에 대한 연구들의 결과에서는 아직 논란의 여지가 있다. 즉, 김정원 등[19]은 Cybex를 이용한 무릎관절 굽힘 90° 등척성 운동(isometric exercise)에서 안쪽넓은근과 가쪽넓은근의 높은 근활성도를 보였다고 하였으나, Tang 등[20]은 안쪽넓은근의 선택적인 강화를 위해서는 무릎굽힘 각도 45°에서 60° 사이에서의 스쿼트 운동이 가장 효과적이라고 하였다. 이렇듯 무릎넙다리통증증후군의 예방과 재활을 위해 스쿼트 자세가 다양하게 사용되고 있음에도 선행 연구결과에서 스쿼트 운동 시 무릎관절 각도에 대한 안쪽빗넓은근과 가쪽넓은근의 균형적 근력강화 효과는 아직 명확하지 않은 실정이다. 그래서 본 연구는 무릎넙다리통증증후군 환자처럼 무릎관절 병리가 있는 환자들에게 균형적인 안쪽빗넓은근과 가쪽넓은근의 강화 운동을 설계할 때 유용한 스쿼트 자세를 제시하고자 한다.

현재까지 무릎넙다리통증증후군 환자를 대상으로 한 선행연구에서 임상적 평가는 넙다리네갈래근의 근력 검사, 하지의 정적 균형검사, 근전도를 통한 안쪽빗넓은근과 가쪽넓은근의 근 수축 개시 및 최대 수의적 등척성 수축력 검사 등의 방법으로 무릎넙다리통증증후군의 진단에서 임상적 의의를 제시하였다. 이에 따라 본 연구의 목적은 무릎넙다리통증증후군 환자를 대상으로 무릎관절 굽힘 각도에 따라 스쿼트 운동을 실시하였을 때 안쪽빗넓은근, 가쪽넓은근, 넙다리곧은근(rectus femoris)의 최

대 수의적 등척성 수축력(maximal voluntary isometric contraction, MVIC), Q 각과 넙다리 둘째 운동 전후 변화율을 비교하여 효과적인 안쪽빗넓은근과 가쪽넓은근의 균형적 강화를 위한 스쿼트 무릎관절 각도를 제시하고자 한다. 이를 통해 무릎넙다리통증증후군 환자의 움직임 시 무릎통증과 무릎관절 기능부전을 효과적으로 경감시키는데 도움이 될 것이다.

2. 연구 방법

2.1 연구대상

본 연구의 대상자는 천안시에 소재한 B 대학교에 재학 중인 무릎통증증후군이 있는 남녀 환자 20명(남자 11명, 여자 9명)을 대상으로 하였다. 무릎통증증후군 환자의 선정조건은 다음과 같다. 즉, 비정상적인 Q 각의 크기, 무릎 굽힘-뻗기 시 “딸깍” 소리, 기능적인 활동(계단 오르기, 쪼그려 앉기, 무릎 꿇기, 장시간 앉기, 등척성수축 등) 중 두 개 이상의 활동에서 통증이 느껴질 때, 그리고 clark 검사 시 양성반응이 있을 때가 포함되었다. 그리고 최근 6개월 동안 하지 근력운동을 실시하였거나 무릎수술 병력이 있을 경우 선정대상에서 배제하였다. 무릎통증증후군 환자인 모든 연구대상자는 실험에 참여하기 전 연구 목적 및 과정에 대해 전체적인 정보를 받았으며, 이에 동의한 자를 실험에 참여하게 하였다.

연구대상자의 일반적 특성은 평균 나이 22.4세, 평균 키 169.5 cm, 그리고 평균 몸무게 61.8 kg이었다(table 1).

(Table 1) Subjects characteristics (N=20)

Age(yrs)	Height(cm)	Weight(kg)
22.4±2.2*	169.5±10.2	61.8±18.1

*Mean±SD

2.2 연구방법

2.2.1 실험설계

본 연구는 무릎넙다리통증증후군 환자의 안쪽빗넓은근과 가쪽넓은근의 효과적인 균형적 강화를 제시하기 위해 무릎관절 각도 즉, 세 가지 45°, 60°, 90° 굽힘 자세에서 스쿼트 운동을 실시하였다. 스쿼트 운동을 실시하기 전 Q 각과 넙다리 둘째를 측정하고 넙다리네갈래근인 안쪽빗넓은근, 가쪽넓은근, 넙다리곧은근의 MVIC를 측정

하였다. 무릎관절 45° 굽힘 스쿼트 운동, 무릎관절 60° 굽힘 스쿼트 운동, 그리고 무릎관절 90° 굽힘 스쿼트 운동은 무작위로 배정되었으며 이전 운동에 대한 영향을 최소화하기 위해 하루에 하나의 무릎관절 각도 자세를 실시하였으며 운동을 시행한 다음날엔 대상자가 충분한 휴식을 취하기 위해 격일로 시행하였다. 무릎관절 각도마다 스쿼트 운동은 1회당 30초간 등척성으로 유지되었으며 총 5회 실시되었다. 회당 휴식시간은 30초로 설정하여 근 피로를 최소화하였다. 운동이 실시된 후 Q 각과 넙다리 둘째를 측정하고 안쪽빗넓은근, 가쪽넓은근, 넙다리곧은근의 MVIC를 측정하였다. 스쿼트 운동 전후 Q 각과 넙다리 둘째, 넙다리네갈래근의 MVIC의 변화율을 통해 각 스쿼트 운동 시 무릎굽힘 각도의 효과를 비교하고자 하였다.

2.2.2 실험기기

1) 표면근전도기(Surface electromyography, sEMG)
넙다리네갈래근 인 안쪽빗넓은근, 가쪽넓은근, 넙다리곧은근의 MVIC를 측정하기 위해 Trigno 무선 센서 시스템 표면근전도기(Delsys Inc, USA)를 사용하였다. Trigno 무선 센서에 있는 2개의 stabilizing references는 피부표면에 감지된 이상(disturbance)을 센서에 바로 반응하게 하여 EMG 신호에 감지된 잡음의 원천(noise sources)을 극적으로 감소시킨다. Trigno 센서에서 측정된 후 Trigno 베이스 스테이션(Base station)으로 무선 전송된 근전도 신호를 EMGworks 3.7 (Delsys Inc, USA) 소프트웨어로 분석하였다. 근전도 신호의 표본수 집률(sampling rate)은 2000 Hz이며 20~450 Hz영역으로 bandpass 필터링 하였으며 자체적으로 잡음을 제거하는 Trigno 센서 시스템에 의해 notch 필터링은 적용하지 않았다[21,22].

가쪽넓은근, 안쪽빗넓은근, 넙다리곧은근의 표면근전도 전극부착부위는 다음과 같다. 즉, 가쪽넓은근은 무릎뼈 윗면 수직선상의 15° 위치에서 상부 10 cm, 외측 6~8 cm에 부착하였고, 안쪽빗넓은근은 위 안쪽 무릎뼈 면의 수직선상의 55° 위치에서 상부 4 cm, 내측 3 cm에 부착하였다. 넙다리곧은근은 앞위엉덩뼈가시(anterior superior iliac spine, ASIS)와 무릎뼈 중앙을 이은 선의 중앙에 부착하였다[23].

2.2.3 측정방법

1) 최대 수의적 등척성 수축(Maximal voluntary isometric contraction, MVIC)

본 연구에서 근력으로 사용된 EMG 신호는 개별적 근육의 운동단위(motor unit) 활성을 기록한 것으로 근 기능을 연구하기 위해 자주 사용되며 많은 연구에서 EMG 값이 증가하면 근 긴장도 같이 증가함을 입증하였다[24]

무릎각도별 스쿼트 운동 전후에 안쪽빗넓은근, 가쪽넓은근, 넙다리곧은근의 MVIC를 측정하기 위해 연구대상자는 N-K테이블에 앉아 고정된 엉덩관절 90° 굽힘 자세를 취하였다. 이때 몸통과 가슴을 곧게 펴게 하고, 팔은 몸통 옆에 자연스럽게 내리게 하였다. 대상자가 무릎관절의 최대 펴(extension) 근력을 유발하기 위해 N-K 테이블에 앉은 상태에서 무릎관절 80° 펴를 유지하면 실험자의 한손으로 대상자의 발목에 최대 저항을 바닥을 향해 아래쪽으로 가했다[25]. 최대 저항에 대해 5초 동안 무릎 80° 펴를 유지하게 함으로써 안쪽빗넓은근, 가쪽넓은근, 넙다리곧은근의 최대 수의적 등척성 수축력을 측정하였다. MVIC는 5초 간 수축에 1분 휴식을 1회기로 총 3회기로 측정되었다. 5초간 수축에서 처음과 마지막 1초를 제외한 3초 동안의 RMS(root mean square) 처리된 평균값을 수집하였으며, 3회 반복 측정된 근활성도의 평균값을 MVIC 자료값으로 사용하였다[23].

무릎관절 각도별 스쿼트 운동에 대한 MVIC 변화율은 운동 전후 측정된 MVIC 차이에 백분율을 적용하여 산출하였으며 무릎관절 각도별 스쿼트 운동의 효과를 비교하는 측정값으로 사용하였다.

2) 넙다리네갈래근 각(Q-angle)

관절각도계를 이용하여 무릎관절 각도별 스쿼트 운동 전후 연구대상자의 넙다리네갈래근 각을 측정하였다. Q 각을 측정하기 위해 대상자는 엉덩관절과 발목관절을 중립에 위치하고 테이블 위에 편히 누웠다. 실험자는 대상자의 앞위엉덩뼈가시에서 무릎뼈 중심을 연결한 선을 체크하고 그 다음 정강뼈 결절부터 무릎뼈 중심을 연결한 선을 체크하여 이 두 개의 선이 만나 이루는 각을 측정하여 Q 각의 자료값으로 사용하였다[26]. 이때 측정된 Q 각은 관절각도계(goniometer)를 이용하여 측정되었다.

3) 넙다리 둘레

줄자를 이용하여 무릎관절 각도별 스쿼트 운동 전후

연구대상자의 넙다리 둘레를 측정하였다. 넙다리 둘레를 측정하기 위해 대상자의 엉덩관절과 발목관절을 중립 자세로 위치하게 하고 바로 서게 한 후, 넙다리네갈래근의 최대 등척성 펴 수축을 하게 하였다. 이때 가장 발달된 근육(muscle belly)을 수성펜으로 표시하여 기준점으로 정하고 줄자로 넙다리 둘레를 측정하였다[27].

2.2.4 스쿼트 운동방법

대상자는 무작위로 배정된 각 무릎관절 45°, 60°, 90° 굽힘 자세에서의 스쿼트 운동을 하루에 한 자세씩 실시하였다. 실험자는 우선 대상자를 대상자의 발목을 중립으로 유지하게 한 채 대상자의 어깨 넓이만큼 발을 벌리게 하였다. 무릎관절 각도별로 스쿼트 운동을 하는 동안 대상자가 팔짱을 낀 채 무릎관절이 발보다 앞으로 나오지 못하도록 실험자는 구두로 통제하였다. 실험자는 대상자의 시선은 정면을 응시하게 하였으며 몸통은 일직선으로 세워 90°를 유지하도록 계속하여 구두 지시하였다. 스쿼트 운동 동안 무릎관절 굽힘 45°, 60°, 90° 자세를 측정하고 유지하기 위해 관절각도계(goniometer)를 사용하였다. 관절각도계 배열은 다음과 같다. 즉, 무릎관절을 굽히기 전 관절각도계의 축을 대상자 넙다리(femur)의 가쪽위관절용기(lateral epicondyle)에 맞추고 관절각도계의 몸쪽 팔(proximal arm)은 넙다리의 가쪽 중앙선에 정렬되도록 하였다. 그리고 관절각도계의 먼쪽 팔(distal arm)을 종아리(fibula)의 가쪽 중앙선에 배열하였다. 이처럼 0점으로 조정된 관절각도계 배열 이후 각 무릎 굽힘 각도 자세가 될 때까지 굽힘 하여 정적인 스쿼트 자세를 30초 간 유지하였다. 무릎관절각도마다 이 스쿼트 자세를 총 5회 실시하였으며 운동 간 휴식자세는 의자에 30초 앉는 것으로 하였다[23].

2.3 분석방법

무릎관절 굽힘 각도 90°, 60° 그리고 45° 간 안쪽빗넓은근, 가쪽넓은근, 넙다리곧은근 각각에서의 MVIC 변화율을 분석하기 위하여 일원분산분석(one-way ANOVA)을 사용하였다. 그리고 무릎관절 굽힘 각도 간 Q 각과 넙다리 둘레의 변화율을 분석하기 위하여 일원분산분석을 사용하였다. 안쪽빗넓은근, 가쪽넓은근, 넙다리곧은근 각각에서의 MVIC 변화율에 대한 무릎관절 굽힘 각도 간 유의성을 검증하기 위하여 Tukey 사후검정을 실시하였다. 본 연구의 자료의 통계처리를 위해 통계프로그램인

<Table 2> The MVIC values of quadriceps on the squat exercises (Unit : mA)

	the flexed knee at 90°		the flexed knee at 60°		the flexed knee at 45°	
	before	after	before	after	before	after
Vastus medialis	145.8±75.0*	185.8±89.6	162.1±77.5	156.6±98.2	183.6±84.1	183.0±82.4
Vastus lateralis	113.7±51.5	151.0±67.2	106.0±50.9	115.1±55.0	140.1±61.2	138.9±67.8
Rectus femoris	61.4±21.1	73.3±22.6	74.7±30.9	66.3±18.4	70.3±22.2	68.7±18.9

*Mean±SD

<Table 3> The rates of MVIC change of quadriceps on the squat exercises (Unit : %)

	the flexed knee at 90°	the flexed knee at 60°	the flexed knee at 45°	F	p
Vastus medialis	33.8±37.5*	0.4±28.5	0.9±7.2	8.730	.000
Vastus lateralis	43.7±53.5	12.0±22.3	1.5±21.7	7.764	.001
Rectus femoris	23.4±25.0	-4.6±23.3	0.4±22.2	8.060	.001

*Mean±SD

<Table 4> Q-angle and thigh circumference on the squat exercises

	the flexed knee at 90°		the flexed knee at 60°		the flexed knee at 45°	
	before	after	before	after	before	after
Q-angle(°)	10.8±4.5*	12.7±2.5	9.1±2.9	12.1±2.4	9.2±2.3	11.7±2.6
Thigh circumference(cm)	48.8±4.7	49.6±5.0	48.6±5.3	50.0±5.1	47.6±8.2	48.4±8.2

*Mean±SD

<Table 5> The rates of Q-angle and thigh circumference change on the squat exercises (Unit : %)

	the flexed knee at 90°	the flexed knee at 60°	the flexed knee at 45°	F	p
Q-angle	3.2±4.5*	4.1±3.8	3.6±4.7	.218	.805
Thigh circumference	1.9±6.1	3.3±6.7	1.7±2.7	.520	.598

*Mean±SD

SPSS(ver.12.0)를 사용하였으며, 통계학적 유의성을 검증하기 위해 유의수준(α)은 .05로 설정하였다.

3. 연구결과

안쪽넓은근의 MVIC 운동 전후 변화율은 무릎관절 굽힘각도 90°, 60° 그리고 45° 간에 유의한 차이가 있었으며($p<.05$), 무릎관절 굽힘각도 60°와 45°에 비해 90°에서 33.8±37.5로 유의하게 증가하였다($p<.05$).

가쪽넓은근의 MVIC 운동 전후 변화율은 무릎관절 굽

힘각도 90°, 60° 그리고 45° 간에 유의한 차이가 있었으며($p<.05$), 무릎관절 굽힘각도 60°와 45°에 비해 90°에서 43.7±53.5로 유의하게 증가하였다($p<.05$).

넓다리곧은근의 MVIC 운동 전후 변화율은 무릎관절 굽힘각도 90°, 60° 그리고 45° 간에 유의한 차이가 있었으며($p<.05$), 무릎관절 굽힘각도 60°와 45°에 비해 90°에서 23.4±25.0으로 유의하게 증가하였다($p<.05$) (Table 2)(Table 3).

Q각과 넓다리 둘레의 스쿼트 운동 전후 변화율은 무릎관절 굽힘각도 90°, 60° 그리고 45° 간에 유의한 차이가 없었다($p>.05$)(Table 4)(Table 5).

4. 고찰

임상가들은 비정상적인 무릎뼈의 이동이 무릎뼈 관절면에 과도한 압박력을 주어 결과적으로 무릎넙다리통증 증후군을 유발하며, 넙다리네갈래근의 약화 및 불균형, 연부조직의 과도한 단축, Q 각의 증가, 엉덩이근의 약화 및 발의 운동형상학적 이상 등의 원인이 된다고 하였다[28].

무릎뼈는 가쪽넓은근과 엉덩정강근막띠(Iliotibial band)에 의해 외측으로 아탈구 되려는 경향이 있는데[29,30], 안쪽넓은근은 이러한 현상을 방지해주는 역할을 한다. 그렇지만 안쪽넓은근은 생리학적으로 가장 약한 근력을 가지고 있으며 근 약화가 가장 빠르게 나타날 뿐만 아니라 약화 이후 회복 속도 또한 느리기 때문에 일단 약화되면 무릎뼈의 해부학적 정렬을 무너뜨리고 역학적 기능의 저하와 무릎관절 전방의 통증으로 나타나게 된다[31]. 특히 안쪽넓은근과 가쪽넓은근의 근력의 균형이 깨지면 무릎뼈가 외측으로 이동되어 무릎넙다리관절 손상의 원인을 제공하기 때문에 이 두 근육의 선택적인 강화가 필요하게 된다. 단한사슬운동의 경우 무릎넙다리관절의 압박력 증가와 넙다리네갈래근과 뒤넙다리근의 협력 수축으로 인해 전단력 발생이 적으며[32], 다관절 움직임에 의한 기능적인 근동원 패턴(functional recruitment patterns)을 제공할 수 있다[14]. 또한 단한사슬운동은 최근 재활 또는 컨디셔닝의 복합적 방법으로 전통적인 열린사슬운동 보다 많이 사용되고 있다[33]. 일상생활에서도 체중부하 형태의 움직임으로 생활하기 때문에 닫힌사슬형태의 운동들이 좀 더 기능적인 운동이라 할 수 있으며 길항근의 수축을 일으켜 안전하다[34].

본 연구는 무릎넙다리통증증후군 환자 20명을 대상으로 무릎관절 굽힘 45°, 60°, 90° 스쿼트 운동을 각각 30초간 총 5세트를 격일로 실시한 후, 넙다리네갈래근인 안쪽넓은근, 가쪽넓은근, 넙다리곧은근의 최대 수의적 등척성 수축력, 무릎넙다리 각, 그리고 넙다리 둘레를 비교하여, 넙다리네갈래근의 강화를 위한 가장 효과적인 스쿼트 운동 자세를 제시하고자 실시하였다. 연구결과 안쪽넓은근, 가쪽넓은근, 그리고 넙다리곧은근의 MVIC 변화율은 무릎관절 60°, 45° 굽힘 자세에 비해 90° 굽힘 자세에서 유의하게 증가하였다($p < .05$). 이러한 결과는 김정원 등[19]이 무릎관절 등척성 운동시 각도에 따른 근활성도 양상에서 안쪽넓은근이 관절각도 90°에서 가장 큰 근활성도를 보였고, 가쪽넓은근은 관절각도 60°에서 가장 큰 근활

성도를 보였다고 보고한 내용과 유사하다. 또한 한상완[35]의 연구결과에도 무릎관절 굽힘 각도가 증가할수록 안쪽넓은근의 활동이 증가함을 나타냈고, Signorile 등[36]의 연구에서도 무릎관절 각도가 증가함에 따라 넙다리네갈래근의 근활성도가 증가함을 보고하였다.

무릎뼈와 넙다리뼈의 운동형상학을 살펴보면 무릎관절이 90°로 펴짐에 따라, 무릎뼈의 접촉영역은 아랫방향으로 이동하며 90°와 60°의 굽힘 사이에서, 넙다리무릎관절은 넙다리관절염기사이의 가장 큰 접촉영역을 나타나게 되고, 이러한 최대의 접촉이 나타날 때, 무릎뼈의 접촉면은 단지 무릎뼈의 전체 접촉면의 약 30%밖에 되지 않는다. 따라서, 무릎관절 굽힘 90°와 60°에서의 관절압력은 넙다리무릎관절에서 상당한 수치로 상승하게 된다. 그리고 넙다리네갈래근의 근력강화운동은 신체에 적용하는 중력에 의해 발생된 외적인 토크(저항)에 의존하며 외적인 토크의 크기는 무릎관절이 어떻게 펴 되는가에 달려있다. 즉, 무릎관절의 닫힌사슬운동 동안 상체 무게의 외적 모멘트 팔은 무릎관절 굽힘 90°에서 0°로 갈수록 감소된다[1,37]. 이와 같이 무릎관절에 상승된 관절압력과 외적 토크는 본 연구결과 무릎관절 굽힘 45°와 60°에 비해 90°에서 넙다리네갈래근의 최대 수의적 등척성 수축력이 유의하게 증가된 근거가 될 수 있다고 사료된다.

넙다리네갈래근 각은 넙다리네갈래근과 관련된 골반, 넙다리뼈, 정강뼈에 대한 정렬을 평가하는 가장 유용한 임상적 평가도구으로써 무릎뼈 힘줄의 힘선과 무릎관절 폼시 넙다리네갈래 힘줄의 힘선 사이의 각을 일컫는다[38]. 넙다리네갈래근 각의 증가는 무릎관절 폼기전의 부정렬, 무릎넙다리통증증후군, 무릎관절 과운동성, 그리고 무릎뼈 불안정성과 관련이 있다[39]. 본 연구결과, Q 각의 변화율은 무릎관절 굽힘 45°, 60°, 그리고 90° 각도 사이에서 유의한 차이를 볼 수 없었다($p > .05$). 권오정(2008)[40]은 대학생들의 잠재적인 무릎넙다리 통증과 하지의 생체역학적 측면에 관한 상관관계에 대한 연구에서 정적 넙다리네갈래근 각과 동적 넙다리네갈래근 각을 비교한 결과 잠재적 무릎넙다리통증증후군이 있는 정적, 동적 넙다리네갈래근 각은 정상군에 비해 유의한 차이를 보이지 않았다고 하였다. Cabral 등[41]은 22명의 무릎넙다리통증증후군 환자를 열린사슬운동군과 닫힌사슬운동군으로 배정하여 운동을 실시한 후 각 군에서 Q 각은 감소하였지만 군 간 유의한 차이는 없었다고 하였다. 이처럼, 위의 연구결과와는 본 연구결과와 유사한 결과를 나타낸다.

일반적으로 Q 각은 여성이 남성보다 골반이 더 넓기 때문에 남성보다 더 증가되며[42], 넙다리네갈래근 각이 정상보다 커져있는 경우 무릎뼈가 외측으로 위치하게 되고 무릎넙다리관절 부위에 통증이 발생하게 된다. 그러나 본 연구의 경우 대상자가 무릎넙다리통증 환자이지만 Q 각에 대한 연구대상자의 선정 조건에 있어 변별력 부족으로 인하여 무릎관절 각도 간 스쿼트 운동 전후 Q 각의 변화율에 유의성을 입증하지 못하였다. 이는 본 연구의 제한점이기도 하다.

본 연구의 제한점은 첫째, 무릎관절 각도에 따른 스쿼트 운동 간 충분하지 못한 휴식시간으로 연구대상자의 근피로 및 이월효과를 완전히 배제할 수 없었다. 둘째, 안쪽넓은근, 가쪽넓은근, 넙다리곧은근의 MVIC 측정 시 대상자의 최대 근력을 일으킬 실험자의 도수저항 크기를 적절하게 조절하지 못했다는 것이다. 셋째, 각 무릎관절 각도에 따른 스쿼트 운동 동안 대상자가 무릎관절 각도를 유지하는 데 있어 통제의 한계가 있었다.

앞으로의 연구에서는 본 연구의 제한점을 수정 보완하는 실험설계와 함께 무릎넙다리통증증후군의 역학적 원인이 되는 하지 정렬자세가 적용된 장기간 운동프로그램을 실시하는 것이 필요하다고 사료된다.

5. 결론

본 연구는 무릎통증증후군 환자에게 안쪽넓은근과 가쪽넓은근의 균형적인 근력 강화를 위해 무릎관절 각도별로 스쿼트 운동을 실시하였을 때 운동 전후 MVIC 변화율과 Q 각 변화율을 통해 가장 효과적인 무릎관절 각도를 제시하고자 실시하였다. 본 연구결과는 임상에서나 스포츠 분야에서 자주 볼 수 있는 무릎통증증후군 환자에게 안쪽넓은근, 가쪽넓은근, 넙다리곧은근의 근력 강화를 위해서 무릎관절 90° 굽힘된 스쿼트 자세가 효과적임을 제시한다.

REFERENCES

- [1] D. A. Neumann, *Kinesiology of the Musculoskeletal System: Foundation for Rehabilitation*. 2nd ed, London: Mosby, 2010.
- [2] R. V. Linschoten, M. V. Middelkoop, M. Y. Berger, E. M. Heintjes, J. A. N. Verhaar, S. P. Willemsen, B. W. Koes, S. M. Bierma-Zeinstra, "Supervised Exercise Therapy Versus Usual Care for Patellofemoral Pain Syndrome: A open label randomized controll trial", *BMJ*, Vol. 339, pp. b4074, 2009.
- [3] J. E. Earl, R. J. Schmitz, B. L. Arnold, "Activation of the VMO and VL During Dynamic Mini-Squat Exercise With and Without Isometric Hip Adduction", *J Electromyogr Kinesiol*, Vol. 11, No. 6, pp. 381-386, 2001.
- [4] S. Doucette, E. Goble, E. "The Effect of Exercise on Patellar Tracking in Lateral Patellar Compression Syndrome", *Am J Sports Med*, Vol. 20, No. 4, pp. 434-440, 1992
- [5] M. Whittingham, S. Palmer, F. Macmillan, "Effects of Taping on Pain and Function in Patellofemoral Pain Syndrome: A randomized controlled trail", *J Ortho Sports Phys Ther*, Vol. 34, No. 9, pp. 504-510, 2004.
- [6] B. C. Heiderscheit, J. Hamill, R. E. van Emmerik, "Q-Angle Influences on the Variability of Lower Extremity Coordination During Running", *Med Sci Sports Exerc*, Vol. 31, No. 9, pp. 1313-1319, 1999.
- [7] R. Nagamine, T. Otani, S. E. White, D. S. McCarthy, L. A. Whiteside, "Patellar Tracking Measurement in the Normal Knee", *J Orthop Res*, Vol. 13, No. 1, pp. 115-122, 1995.
- [8] J. P. Boucher, M. A. King, R. Lefebvre, A. Pepin, "Quadriceps Femoris Muscle Activity in Patellofemoral Pain Syndrome", *Am J Sports Med*, Vol. 20, No. 5, pp. 527-532, 1992.
- [9] L. Reynolds, T. A. Levin, J. M. Medeiros, N. S. Adler, A. Hallum, "EMG Activity of the Vastus Medialis Oblique and the Vasts Lateralis in Their Role in Patellar Alignment", *Am J Phys Med*, Vol. 62, No. 2, pp. 61-70, 1983.
- [10] D. R. Souza, M. T. Gross, "Comparison of Vastus Medialis Obliquus: Vastus Lateralis Muscle Integrated Electromyographic Ratios Between Healthy Subjects and Patients With Patellofemoral

- Pain”, *Phys Ther*, Vol. 71, No. 4, pp. 317-320, 1991.
- [11] M. E. Brunet, G. W. Stewart, “Patellofemoral Rehabilitation”, *Clin Sports Med*, Vol. 8, No. 2, pp. 319-329, 1989.
- [12] L. A. Steinkamp, M. F. Dillingham, M. D. Markel, J. A. Hill, K. R. Kaufman, “Biomechanical Considerations in Patellofemoral Joint Rehabilitation”, *Am J Sports Med*, Vol. 21, No. 3, pp. 438-444, 1993.
- [13] K. E. Wilk, R. F. Escamilla, G. S. Fleisig, S. W. Barrentine, J. R. Andrews, M. L. Boyd, “A Comparison of Tibiofemoral Joint Forces and Electromyographic Activity During Open and Closed Kinetic Chain Exercises”, *Am J Sports Med*, Vol. 24, No. 4, pp. 518-527, 1996.
- [14] M. P. de Looze, H. M. Toussaint, J. H. van Dieën, H. C. Kemper, “Joint Moments and Muscle Activity in the Lower Extremities and Lower Back in Lifting and Lowering Tasks”, *J Biomech*, Vol. 26, No. 9, pp. 1067-1076, 1993.
- [15] G. J. Salem, C. M. Powers, “Patellofemoral Joint Kinetics During Squatting in Collegiate Women Athletes”, *Clin Biomech*, Vol. 16, No. 5, pp. 424-430, 2001.
- [16] R. A. Palmitier, K. N. An, S. G. Scott, E. Y. Chao, “Kinetic Chain Exercise in Knee Rehabilitation”, *Sports Med*, Vol. 11, No. 6, pp. 402-413, 1991.
- [17] J. Iwasa, M. Och, N. Adachi, M. Tobita, K. Katsube, Y. Uchio, “Proprioceptive Improvement in Knees With Anterior Cruciate Ligament Reconstruction”, *Clin Orthop Relat Res*, No. 381, pp. 168-176, 2000.
- [18] R. F. Escamilla, N. Zheng, T. D. Macleod, W. B. Edwards, R. Imamura, A. Hreljac, G. S. Fleisig, K. E. Wilk, C. T. Moorman, J. R. Andrews, “Patellofemoral Joint Force and Stress During the Wall Squat and One-leg Squat”, *Med Sci Sports Exerc*, Vol. 41, No. 4, pp. 878-888, 2009.
- [19] J. W. Kim, S. H. Yoo, W. S. Chang, K. S. Sung, H. J. Nam, H. H. Choi. “Dynamic Electromyography Analysis and Comparison of the Knee Isometric Exercise According to Angles”, *The Korean Journal of Walking Science*, Vol. 4, No. 4, pp 99-112, 2005.
- [20] S. F. Tang, C. K. Chen, R. Hsu, S. W. Chou, W. H. Hong, H. L. Lew., “Vastus Medialis Obliquus and Vastus Lateralis Activity in Open and Closed Kinetic Chain Exercises in Patients With Patellofemoral Pain Syndrome: An Electromyographic Study”, *Arch Phys Med Rehabil*, Vol. 82, No. 10, pp. 1441-1445, 2001.
- [21] S. Y. Jang, S. Y. Lee. “A Comparison of Vital Capacity Values and Respiratory Muscles Activities on Pelvic Tilt Position”, *Phys Ther Rehabil Sci*, Vol. 4, No. 2, pp. 108-114, 2015.
- [22] Sang-Yong Park, Jae-Hun Shim, “Effect of 8 Weeks of Schroth Exercise (Three-dimensional Convergence Exercise) on Pulmonary Function, Cobb’s Angle, and Erector Spinae Muscle Activity in Idiopathic Scoliosis”, *Journal of the Korea Convergence Society*, Vol. 5, No. 4, pp. 61-68, 2014.
- [23] W. G. Yoo, C. H. Yi, H. J. Lee. “Effects of a Combined Posture of the Lower Extremity on Activity of the Vastus Medialis Oblique Muscle and Vastus Lateralis Muscle During Static Squat Exercise”, *Physical Therapy Korea*, Vol. 11, No. 3, pp. 1-9, 2004.
- [24] S. Y. Lee, J. Y. Kim, “The Comparison of Low Intensity Eccentric Exercise and Dynamic Stretching on Delayed Onset Muscle Soreness”, *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, Vol. 13, No. 10, pp. 4676-4685, 2012.
- [25] H. J. Hislop, D. Avers, M. Brown, “Daniels and Worthingham’s Muscle Testing”, 9th ed, St. Louis: SAUNDERS, 2014.
- [26] N. W. Park, W. H. Lee. “A Study of the Effects of a Quadriceps Strengthening on the Q-Angle and Patellofemoral Joint Functional Level Among Patellofemoral Pain Syndrome Patients”, *Journal of KSSPT*, Vol. 1, No. 1, pp. 87-100, 2005.
- [27] H. M. Jin, H. Jung. “A Study on the Effects of Initial Rehabilitation Exercise Program on Knee Joint’s Myofunction After the Reconstruction of Anterior Cruciate Ligament”, *Journal of Korean*

- Physical Education Association for Girls and Women, Vol. 20, No. 2, pp. 55-66, 2006.
- [28] L. A. Bolgla, M. C. Boling, "An Update for the Conservative of Patellofemoral Pain Syndrome: A systemic review of the literature from 2000 to 2010", Phys Ther, Vol. 6, No. 2, pp. 112-125, 2011.
- [29] R. S. Francis, D. E. Scott, "Hypotrophy of the Vastus Medialis in Knee Extension", Phys Ther, Vol. 54, No. 10, pp. 1066-1070, 1974.
- [30] H. G. Speakman, J. Weisburg, "The Vastus Medialis Controversy", Physiotherapy, Vol. 63, No. 8, pp. 249-254, 1977.
- [31] M. Cesarelli, P. Bifulco, M. Baracale, "Study of Control Strategy of the Quadriceps Muscles in Anterior Knee Pain", IEEE Trans Rehabil Eng, Vol. 8, No. 3, pp. 330-341, 2000.
- [32] R. P. Grelsamer, J. R. Klein, "The Biomechanics of the Patellofemoral Joint", J Orthop Sports Phys Ther, Vol. 28, No. 5, pp. 286-298, 1998.
- [33] E. Witvrouw, S. Werner, C. Mikkelsen, D. van Tiggelen, L. Vanden Berghe, G. Cerulli, "Clinical Classification of Patellofemoral Pain Syndrome: Guidelines for Non-Operative Treatment", Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, Vol. 13, No. 2, pp. 122-130, 2005.
- [34] S. Y. Park, J. W. Kim, H. S. Nho. "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, Vol. 17, No. 1, pp. 487-495, 2008.
- [35] S. W. Han. "A SEMG Analysis of Knee Joint Angle During Close Kinetic Chain Exercise and Open Kinetic Chain Exercises in Quadriceps Muscle", The Journal of Korean Society of Physical Therapy, Vol. 8, No. 3, pp. 261-268, 2006.
- [36] J. F. Signorile, D. Kacsik, A. Perry, B. Robertson, R. Williams, L. Lowensteyn, S. Digel, J. Caruso, W. G. LeBlanc, "The Effect of Knee and Foot Position on the Electromyographical Activity of the Superficial Quadriceps", J Orthop Sports Phys Ther, Vol. 22, No. 1, pp. 2-9, 1995.
- [37] Sung-Ok Hong, Young-Teak Kim, Youn-Hee Choi, Jong-Ho Park, Sung-Hong Kang, "Development of severity-adjusted length of stay in knee replacement surgery", Journal of digital Convergence, Vol. 13, No. 2, pp. 215-225, 2015.
- [38] Gi-Chul Kim, "The Effect of Visual Feedback Squat on Lower Extremity Alignment and Muscular Function of Young Adults with Patellofemoral Pain Syndrome", Ph.D. dissertation, Daegu University, 2013.
- [39] V. Raveendranath, S. Nachiket, N. Sujatha, R. Priya, D. Rema, "The Quadriceps Angle (Q angle) in Indian men and women", Eur J Anat, Vol. 13, No. 3, pp. 105-109, 2009.
- [40] Oh-Jeoung Kwon, "Correlation Between Cross-Sectional Areas of Intrinsic Patellofemoral Pain Syndrome in Young Adult and Lower Extremity Biomechanics" M.S. Dissertation, Sahmyook University, 2008.
- [41] C. M. N. Cabral, A. M. De Oliveira Melim, I. De Camargo Nerves Sacco, A. P. Marques, "Physical Therapy in Patellofemoral Syndrome Patients: Comparison of open and closed kinetic chain exercises", ACTA ORTOP BRAS, Vol. 16, No. 3, pp. 180-185, 2008.
- [42] S. R. Christian, B. Anderson, R. Workman, W. F. Conway, T. L. Pope, "Imaging of Anterior Knee Pain", Clin Sports Med, Vol. 25, pp. 681-702, 2006.

저자소개

조 상 희(Sang-Hee Cho) [정회원]



- 2012년 2월: 백석대학교 물리치료학과 (이학사)
- 2014년 3월 ~ 현재 : 효정요양병원 물리치료실

<관심분야> : 물리치료

이 수 영(Su-Young Lee)

[정회원]



- 2002년 8월 : 연세대학교 대학원
재활학과 (이학석사)
- 2006년 8월 : 연세대학교 대학원
재활학과 (이학박사)
- 2009년 3월 ~ 현재 : 백석대학교
보건학부 물리치료학과 교수

<관심분야> : 물리치료, 근골격계 진단 및 평가