

중간볼기근 강화 운동프로그램이 한 다리 스쿼트 동안 동적하지정렬과 보행 시 근활성도에 미치는 영향

Effects of Gluteus Medius Strengthening Programs on Dynamic Leg Alignment during Single Leg Squat and Muscle Activity during Gait

임나단(한국스포츠정책과학원 분석연구원) · 김태규(부경대학교 교수) · 말리*(부경대학교 박사과정)

NaDan Lim Korea Institute of Sport Science · Taegyu Kim Pukyong National University · Ma Rui Pukyong National University

요약

본 연구의 목적은 건강한 20대 성인을 대상으로 3가지 각자 다른 중간볼기근 운동인 Clamshell exercise(CL), Side lying bridging(SB), Side lying hip abduction(HA)이 각각 포함된 운동프로그램을 적용하여, 한 다리 스쿼트 시 동적하지정렬과 보행 중 중간볼기근의 근활성도 변화를 확인함으로써 3가지 운동의 효과를 비교하고자 하였다. 건강한 20대 성인 32명(남자 21명, 여자 11명)을 대상으로, CL집단(n=10)과 SB집단(n=11) 및 HA집단(n=11)으로 무작위로 나누었다. 각 운동프로그램을 6주 동안 적용한 후, 프로그램 적용 전후 디딤발의 동적하지정렬과 보행 시 디딤발의 중간볼기근의 근활성도 변화를 확인하였다. 동적하지정렬은 2차원 동작분석을 통해 Dynamic Q-angle을 확인하였고, 보행 중 중간볼기근의 근활성도는 EMG를 사용하여 디딤기 시 Heel strike부터 Mid-stance시점까지(HM구간)와 Mid-stance부터 Toe-off시점까지(MT구간)의 근활성도를 확인하였다. 3가지 운동프로그램 모두 한 다리 스쿼트 동안 Dynamic Q-angle에 영향을 미치는 것은 확인하지 못하였으나, 보행 중 디딤발의 중간볼기근 근활성도는 운동프로그램 적용에 따른 차이를 보였는데, CL집단의 경우, 오른쪽 HM구간과 양쪽 MT구간에서 운동프로그램 적용 전보다 적용 후의 중간볼기근 근활성도가 감소하였고, SB집단과 HA집단도 각각 양쪽 HM구간 및 MT구간과 왼쪽 MT구간에서 프로그램 적용 전보다 적용 후의 근활성도가 유의하게 감소하였다. 이러한 연구결과는 재활이나 운동현장에서 중간볼기근 강화를 위한 트레이닝프로그램에 유용한 정보를 제공할 수 있을 것으로 생각된다.

Abstract

The purpose of this study was to identify and compare the effect of 3 types of 6-week Gluteus Medius(GM) Strengthening Program (Clamshell exercise(CL), Side lying bridging(SB), and Side lying hip abduction(HA)) on dynamic leg alignment and GM activation during gait among healthy twenties. A total of 32 healthy adults(21 males and 11 females) participated in this study and they were randomly divided into three groups; CL(n=10), SB(n=11), and HA(n=11). Before and after applying each GM strengthening program, the dynamic leg alignment during single leg squat and GM activation during gait were measured. 2D motion analysis was used to identify the Dynamic Q-angle in ipsilateral leg during single leg squat. GM muscle activity in from heel strike to mid-stance (HM period) and from mid-stance to toe-off (MT period) during gait by using the electromyography(EMG). The difference in the ipsilateral gluteus medius muscle activity of the stepping leg during gait after the application of the exercise program showed that the CL group had decreased GM muscle activities in the HM and MT periods during the stance phase on right leg and the MT period on left leg. The SB group showed decreased GM muscle activities in HM and MT periods during the stance phase regardless of legs, and the muscle activity of HA group decreased in only MT period during the stance phase on left leg. These results will provide useful information on the design of GM strengthening exercise programs for rehabilitation and injury prevention of lower extremity.

Key words : Gluteus medius, Single leg squat, Gait, Muscle activity, Lower extremity alignment

I. 서론

중간볼기근(gluteus medius)은 대표적인 엉덩관절 별림근으로써 골반의 엉덩뼈 바깥면에서 넓다리뼈의 큰돌기(greater trochanter)까지 부착된 부채꼴 모양의 근육으로 엉덩관절 별림, 펌, 가쪽돌림 작용을 한다(Gottschalk, Kourosh & Leveau., 1989) 그러나 보행 시 중간볼기근은 디딤기 구간에서 골반 및 체간 조절과 자세의 안정성 유지를 하기 위해 체중의 2배에 가까운 토크를 형성하는데 (Neumann & Cook., 1985) 중간볼기근의 동원순서와 근육 활동이 비이상적으로 발생하게 될 경우에 하지의 부상이 발생하게 된다. 이렇듯 중간볼기근의 기능부전은 하지 및 허리 손상의 원인이 되기도 하지만, 역으로 하지 및 허리 손상에 의해 발생한 통증과 부상으로 중간볼기근의 기능부전이 발생하기도 한다(신승환, 2020). 중간볼기근의 약화 및 기능부전에 영향을 미치는 요인으로 엉덩관절 돌림근디파열, 하지 손상, 골반 손상 및 엉덩관절의 선천성 탈구 등 의학적 요인(Presswood, Cronin, Keogh & Whatman., 2008)과 짝다리를 짚는 것과 같이 한쪽 다리에 체중을 지지하여 서 있거나 옆으로 누워 엉덩관절을 모으한 상태로 자는 등 일상 자세적 요인이 있다. 특히 이러한 자세적 요인은 엉덩관절 모음자세를 오랫동안 유지하게 하여 중간볼기근이 가진 적정 길이를 넘어서 근육을 신장시킴으로써 중간볼기근을 약화시킨다(Bewyer & Bewyer., 2003). 중간볼기근의 약화는 장골경골근막띠증후군(Fredericson, White, MacMahon & Andriacchi., 2002), 무릎넓다리통증증후군(Cichanowski, Schmitt, Johnson & Neimuth., 2007), 엉덩관절 통증, 앞십자인대의 손상(Ford, Myer, Toms & Hewett., 2005), 무릎뼈관절염, 만성발목불안정성(Friel, McLean, Myers & Caceres., 2006) 등과 같은 하지의 손상 및 기능 저하를 유발하는데, 특히 중간볼기근의 기능부전이 Q-각(Q-angle)에 영향을 미쳐 밖굽이무릎을 야기하며, 무릎뼈를 바깥쪽으로 향하게 하는 활시위 힘도 증가하게 되어 무릎뼈 바깥쪽 당김을 만든다(Baffa, Felicio, Saad, Nogueira-Barbosa & Santos., 2013). 중간볼기근과 같은 엉덩관절 주변 근육은 보행의 안정성과 속도에 가장 큰 영향을 미치는 것으로 알려져 있는데(Nadeau & Gravel., 1999), 엉덩관절 주변 근육이 정상적인 토크가 발생하지 못하게 되면 보행을 하는 동안 몸통의 가쪽 굽힘과 엉덩관절 휘돌림 보행이 나타나며, 디딤기(stance phase) 중 흔들기(swing phase)의 하지 무게를 버틸 수 있는 힘을 발생하지 못하게 됨으로써 골반이 반대측으로 기울게 되는 트랜델렌버그보행 징후가 나타나게 된다(Granat, Maxwell, Ferguson, Lees & Barbenet., 1996). 이러한 징후들은 균형 능력에도 영향을 미쳐 낙상의 위험이 증가시킬 수도 있다고 하였다(Lee, Kim & Koo., 2015).

한 다리 스쿼트 검사(Single leg squat test)를 사용한 하지정렬 평가는 엉덩관절 근육 기능이 손상되었는지, 하지의 부정렬이 나타나는지 평가하기 위해 환자에게 종종 사용되는 임상 평가 방법으로(Livengood, DiMattia & Uhl., 2014), 한 다리 스쿼트 동안의 역학은 엉덩관절 근육의 강도를 평가할 수 있는 닫힌 사슬 운동(close kinetic chain)의 한 형태이며 하지의 근력 수준 및 하지의 동적 정

렬 상태를 측정하기 위해 효과적인 방법이다(Butler, Plisky, Southerns, Scoma & Kiesel., 2004). 또한, 보행 중 근활성도 검사는 비정상적인 유동형상학의 요소를 확인하며, 어떠한 이유로 관절의 가동성과 근육의 활동에 이상이 생겨 발생하게 되는 병적 보행을 분석하여 치료에 응용하기 위한 효과적인 평가 도구라고 하였고(임길병, 이홍재, 주성주, 채지원, 2004), 중간볼기근의 활성을 평가하기 위해 보행을 평가하는 것은 중요하다고 하였다(Ganderton, Pizzari, Harle, Cook & Semciw, 2017).

중간볼기근 강화는 부상을 방지하고 일상생활 및 재활 단계에서 중요한 요소라고 보고되었고(Fukuda et al., 2010), 최근 중간볼기근을 강화시키기 위한 많은 연구들이 진행되고 있다. Distefano, Blackburn, Marshall, & Padua(2009)은 표면 근전도 검사를 사용하여 12가지의 엉덩관절 별림근 운동에 대해 중간볼기근 활성도를 확인하였는데, side lying hip abduction이 중간볼기근을 가장 활성화시키는 것으로 보고하였고, Selkowitz, Beneck, & Powers(2013)이 건강한 집단을 대상으로 side lying hip abduction 운동과 clamshell exercise 동안 중간볼기근 근활성도를 확인한 연구에서도 clamshell exercise이 중간볼기근 활성에 가장 효과적인 운동이라고 보고하였다. 또한, 박성진, 박지원 및 권용현(2019)도 표면 근전도를 사용하여 side lying hip abduction, clamshell exercise, side lying bridging을 비교하였고, 이 중에 side lying bridging이 중간볼기근 강화에 가장 효과적이라고 하였다. 이렇듯 중간볼기근 강화운동의 효과에 대한 다양한 연구들이 이루어지고 있으나, 연구의 결과가 일치하지 않고 있는데, 이는 단발성 운동에 대해 근활성도만을 확인하였을 뿐 운동프로그램을 구성하여 대상자에게 장기간 적용하지 않은 것과 관련이 있을 것으로 생각되며, 중간볼기근 강화에 효과적인 운동을 검증하기 위해 운동프로그램 적용 전과 후를 한 다리 스쿼트나 보행 평가를 통해 검증한 연구는 이루어지지 않았다. 따라서 본 연구는 중간볼기근 운동인 side lying hip abduction, clamshell exercise, side lying bridging 운동을 3집단으로 나누어 6주간 코어 운동과 함께 적용하여 한 다리 스쿼트 검사를 사용한 하지 정렬과 보행 중 근활성도 평가를 통해 중간볼기근을 효과적으로 강화시킬 수 있는 운동을 알아보고 이를 통하여 보다 정확한 운동 지도에 도움을 주고자 함에 있다.

II. 연구방법

1. 연구 대상

본 연구에서는 B 광역시에 거주하는 건강한 20대 32명을 연구 대상으로 실시하였다(박성진 등, 2019). 대상자 선정은 허리통증 또는 하지의 통증을 가지고 있는 자, 중추 또는 말초신경에 병변이 있는 자, 하지 병변이 있는 자는 제외시켰으며(박성진 등, 2019), 대상자들을 clamshell exercise (CL, n=10)과 side lying bridging(SB, n=11) 및 side lying hip abduction(HA, n=11)으로 무작위로 나누어 실시하였다. 측정 전 연구 윤리 위원회의 승인을 받았으며(IRB

No.: 1041386-202105-hr-20-020), 대상자에게 본 연구의 목적과 방법, 절차 등에 대해 상세히 설명하고 참여 동의서에 서명을 받았다. 집단 간 인구통계학적 특성의 동질성을 확보하였고, 연구 과정에서 중도 탈락자는 발생하지 않았으며, 연구대상자의 일반적인 특성은 (표 1)과 같다.

표.1 연구대상자의 신체적 특성

집단	성별(n, %)		연령 (세)	신장 (cm)	몸무게 (kg)
	남	여			
CL (n=10)	7 (70)	3 (30)	23.00 ±1.82	171.74 ±5.35	71.90 ±13.20
SB (n=11)	7 (63.6)	4 (36.3)	24.45 ±2.54	170.09 ±5.97	69.04 ±13.57
HA (n=11)	7 (63.6)	4 (36.3)	23.63 ±2.15	171.90 ±5.46	71.63 ±15.12
*2(p) /Z(p)	0.123 (.940)		3.057 (.217)	0.608 (.738)	0.257 (.880)

CL:Clamshell exercise, SB:Side lying bridging,
HA:Side lying hip abduction

2. 측정방법

1) 동적하지정렬 평가

각 집단의 동적하지정렬을 평가하기 위해 2차원 동작분석을 통해 한 다리 스쿼트 시 Dynamic Q-angle을 확인하였다. 한 다리 스쿼트 검사를 위해 가로, 세로 30cm 측정 지점을 표시하였고, 측정 지점에 선을 만들어 선에 2번째 발가락과 뒤꿈치가 일치하도록 하였다. 한 다리 스쿼트는 표시된 시작 위치에서 한 발로 체중을 지지하고, 반대쪽 다리는 엉덩관절 45도, 무릎관절은 약 90도 굽힘 자세로 시작하여(Livengood & DiMattia, 2014), 6초 이내에 무릎관절의 넙다리뼈와 정강뼈 사잇각 120도 이상 한 다리 스쿼트를 하고 다시 시작 자세로 돌아오도록 교육하였다(Herrington, 2014). Dynamic Q-angle은 무릎관절 굽힘 동안 넙다리뼈와 정강뼈 사잇각 120도에서 분석하였고, 동작에 대한 적응을 위해 3회 연습을 시행한 후 3회 측정값을 기록하였으며, 무릎관절 굽힘 시 넙다리뼈와 정강뼈 사잇각 120도 미만이거나 균형을 유지하지 못하였을 경우 재측정하였다(Herrington, 2014). 측정값은 3회 측정값의 평균을 자료로 사용하였고, 영상의 이마면 시상면 각도는 싱크를 맞추기 위해서 동조기를 사용하였다.

(1) 동작분석

동작분석은 고속카메라(Axis P1365 Network Camera, Axis Inc., Sweden)를 사용하여 이마면(frontal plane)과 시상면(sagittal plane)에서 이루어졌다. 한 다리 스쿼트 동안 영상 촬영을 위해 2m 앞과 4m 양옆에 각각 고속카메라 3대를 위치시켰으며, 카메라의 높이를 60cm로 고정하였다(Dingenen, Malfait, Vanrenterghem, Verschueren & Staes, 2014). 수집된 자료는 Dartfish TM Team Pro Software 6.0(Dartfish USA Inc.; Alpharetta, Georgia, USA)를 사용하여 분석하였다.

(2) 분석 부위 및 분석 구간

한 다리 스쿼트 동안 동작분석을 위해 위앞엉덩뼈가시, 무릎뼈 중앙, 정강뼈거친면, 봉우리빛장관절, 가쪽복사뼈, 넙다리뼈가쪽관절용기, 넙다리뼈큰돌기에 반사마커를 부착하였다(Donohue et al., 2015). 한 다리 스쿼트 무릎 관절 굽힘 시 넙다리뼈와 정강뼈 사이 각 120도 동안 하지정렬을 분석하기 위하여 아래앞엉덩뼈가시와 무릎뼈중앙을 연결한 선과 정강뼈거친면부터 무릎뼈중앙을 연결한 선이 교차하여 이루는 각도를 Dynamic Q-angle(Biedert & Warnke, 2001), 시상면에서 무릎 관절 굽힘 시 넙다리뼈와 정강뼈 사잇각을 넙다리뼈가쪽관절용기와 넙다리뼈큰돌기, 가쪽복사뼈를 연결한 선으로 정의하였다(Donohue et al., 2015).

2) 중간불기근 근활성도 측정

중간불기근 근활성도는 보행 중 디딤기 동안 측정하였다. 세 집단의 중간불기근을 근활성도로 비교분석 하기 위해 보행 검사를 수행하였다. 보행 검사를 위해 8m 보행 구간을 설정하였고, 보행 구간 중앙에 가로 세로 30cm의 디딤기 지점을 표시하였다. 보행 검사는 8m 보행 구간을 대상자의 편안한 걸음 속도와 보폭으로 걸을 수 있도록 하고(Ganderton et al., 2017), 보행 동안 디딤기 지점을 오른발로 먼저 밟고, 뒤돌아서 왼발로 같은 위치에 밟고 지나갈 수 있도록 교육하였다(김태진, 강현주, 2017). 측정 전 동작을 자연스럽게 수행하기 위해 충분히 연습을 시행한 후 3회 보행 중 자료를 수집하였으며, 디딤기 지점을 제대로 밟지 않거나 보행 속도와 보폭이 일정하지 않을 경우 재측정 하였다(Ganderton et al., 2017).

(1) 분석 구간 및 분석 장비

보행 중 근활성도 분석구간을 설정하기 위해 디딤기 지점에서 2m 떨어진 위치에 고속카메라를 설치하였으며, 카메라를 60cm의 높이로 고정하였다. 분석 구간은 발꿈치닿기, 발바닥닿기, 중간디딤기, 발꿈치떼기, 발가락떼기 시점을 설정하여(Neumann & Cook, 1985) 발꿈치닿기(heel strike)부터 중간디딤기(midstance)시점까지를 HM구간으로 정의하였고, 중간디딤기(midstance)부터 발가락떼기(toe off)시점까지를 MT구간으로 정의하였다(Semciw, Green, Murley & Pizzari, 2014). 수집된 자료는 Dartfish TM Team Pro Software 6.0(Dartfish USA Inc.; Alpharetta, Georgia, USA)를 사용하여 분석하였다.

(2) 근전도 장비 및 부착 부위

보행 시 중간불기근(gluteus medius, GM)의 근활성도를 근전도 장비(mini DTS, Noraxon Inc., USA)를 사용하여 수집하였고, 수집된 자료는 Noraxon MR3 3.14 소프트웨어를 이용하여 자료 처리하였다. 표면 근전도 부착부위는 보행하는 동안 주요 엉덩관절 근육 중 엉덩관절을 벌림, 가쪽돌림 하는 중간불기근의 양쪽을 선정하였고, 부착 위치는 엉덩뼈 능선의 중간지점을 중간불기근 부착 위치로 선정하였다(김태완, 공세진, 김세기, 2013).

(3) 최대 수의적 등척성 근수축(Maximum Voluntary Isometric Contraction, MVIC)

중간불기근을 측정하기 위해 대상자를 옆으로 눕게 한 후 아래 다리는 중심을 잡기 위해 무릎과 엉덩관절을 90도 굽힘시킨 자세를 유지시키고, 측정 다리 무릎과 엉덩관절을 펴한 상태에서 30도 벌림 하도록 교육하였으며, 검사자는 반대 방향으로 저항을 주었다(McBeth, Earl-Boehm, Cobb & Huddleston., 2012; 그림 1). 각 수축마다 최대 수의적 등척성 근수축(MVIC)을 5초간 3회씩 수행하였으며, 측정 간에는 15초의 휴식을 주었다. 측정된 값은 처음과 마지막 1초를 제외하고 3초간의 평균값을 사용하였고, 3회 측정된 값은 평균값을 산출하여 자료 분석에 사용하였다.

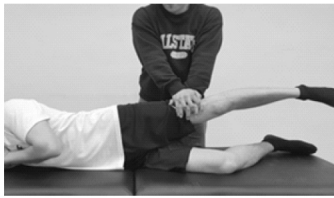


그림 1. 최대수의적등척성근수축

(4) 근활성도 자료수집 및 자료처리

보행 중 디딤기 동안 측정된 근활성도는 근전도 장비(mini DTS, Noraxon Inc., USA)를 사용하여 수집되었고, 수집된 근활성도는 대역 통과 필터(band pass filter) 20-100Hz를 사용하여 노이즈를 필터링(filtering)하였으며, 제곱평균제곱근(Root Mean Square, RMS)을 사용하여 정량화하였다. 수집된 데이터는 표준화하기 위해 최대 수의적 등척성 근수축(MVIC)에 대한 백분율(%MVIC)을 산출하였다(Mickelborough, Van Der Linden, Tallis & Ennos., 2004).

3. 중간불기근 강화 운동프로그램

본 연구에서 진행한 6주간의 연구에서 Gill(2010)이 제시한 기초 코어 운동인 Big 3운동 중 Curl-up, Bird dog, Pelvic bridging을 세 집단 모두 적용하고 집단당 3가지 다른 방법의 엉덩관절 벌림 운

동인 CL, SB, HA를 적용하였다. 6주간 주 3회 30분을 2회는 대면으로 1회는 집에서 비대면으로 실시하였고(표 2), 운동 난이도는 운동 난이도에 따라 설정하였으며, 2주를 기점으로 운동 수행 정도를 판단 후 세트 또는 횟수를 증가시켰다.

4. 자료처리방법

본 연구의 수집된 모든 자료는 SPSS 23.0 for Window통계 프로그램을 이용하여 분석하였다. 모든 자료에 대해 Shapiro-Wilk의 정규성 검정결과에 따라 모수검정 또는 비모수검정 방법을 사용하였다. 집단 간 인구통계학적 특성 및 운동프로그램 적용 전후의 차이를 확인하기 위해 변인의 특성에 따라 카이제곱검정(chi-squared test)과 일원분산분석(one-way ANOVA) 또는 크루스칼-왈리스검정(Kruskal-Wallis test)을 실시하였으며, LSD 검정 또는 맨-휘트니 U 검정(Mann-Whitney U test)을 통해 사후검정(post hoc)을 실시하였다. 집단내 운동프로그램 적용 전후 차이를 확인하기 위해 대응표본 t-검정(paired t-test) 또는 윌콕슨 순위합 검정(Wilcoxon rank sum test)을 사용하였고, 정규분포를 만족하는 변인에 대해 운동프로그램 적용에 따른 집단간 상호작용 효과를 확인하기 위해 반복 측정분산분석(repeated measure ANOVA, RMANOVA)을 실시하였다. 모든 통계적 유의 수준은 $\alpha=.05$ 로 설정하였다.

III. 연구결과

1. 한 다리 스쿼트 동안 하지정렬(Dynamic Q-angle) 차이

6주간 중간불기근 강화 운동프로그램 적용에 따른 집단간 왼쪽 한 다리 스쿼트 동안 동측 Dynamic Q-angle 차이를 확인한 결과(표 3), 운동프로그램 적용 전후 모두 집단간 통계적으로 유의한 차이는 보이지 않았고(각각 $Z=1.910$, $p=.385$ 과 $F=0.308$, $p=.737$), 운동프로그램 적용 전후 집단 내 왼쪽 한 다리 스쿼트 동안 동측 Dynamic Q-angle 차이를 확인한 결과, 세 집단 모두 운동프로그램 적용 전과 후의 유의한 차이를 나타내지 않았다(각각 $t=2.583$, $p=.052$, $Z=-0.459$, $p=.646$, $t=-1.558$, $p=.150$; 표 3).

표 2. 중간불기근 강화 운동프로그램 구성

운동	첫째 주 Reps / set	둘째 주 Reps / set	셋째 주 Reps / set	넷째 주 Reps / set	다섯째 주 Reps / set	여섯째 주 Reps / set
Clamshell exercise	12/2	12/2	15/2	15/2	12/3	12/3
1)옆으로 누워 엉덩관절과 무릎관절 45° 굽힘 2)양발을 붙인 상태에서 엉덩관절 벌림 3)시작 자세로 복귀						
Side lying bridging	12/2	12/2	15/2	15/2	10/3	10/3
1)옆으로 누워 어깨로 상체를 지지 2)슬링의 축은 발목위치 3)슬링을 발목에 걸고, 슬링 높이를 위쪽 오목위팔관절 높이로 고정 4)위쪽 다리를 든다 5)바닥 쪽 엉덩이를 들어 신체를 정렬 6)시작 자세로 복귀.						
Side lying hip abduction	10/2	10/2	12/2	12/2	12/3	12/3
1)옆으로 누워 어깨로 상체를 지지 2)슬링의 축은 발목위치 3)옆으로 누운 자세에서 아래 덩관절과 무릎관절은 30° 굽힘 4)위쪽 정렬은 일자로하여 벌림 5)시작 자세로 복귀						

표 3. 한 다리 스쿼트 동안 디딤측 Dynamic Q-angle 차이

디딤측	집단	운동프로그램		집단내	시간 *집단
		적용 전	적용 후		
왼쪽	CLa (n=10)	12.91 ±9.28	16.99 ±10.95	t=2.583 p=.052	-
	SBb (n=11)	13.69 ±6.63	14.45 ±5.22	Z=0.459 p=.646	
	HAc (n=11)	19.27 ±10.53	16.33 ±6.25	t=1.558 p=.150	
	집단간	Z=1.910 p=.385	F=0.308 p=.737		
	Post-hoc	-	-		
오른쪽	CLa (n=10)	17.32 ±8.97	17.56 ±9.20	t=0.230 p=.823	F=0.343 p=.712
	SBb (n=11)	17.89 ±4.24	16.65 ±5.07	t=0.719 p=.489	
	HAc (n=11)	17.15 ±9.20	17.00 ±8.46	t=0.158 p=.878	
	집단간	F=0.027 p=.973	F=0.073 p=.964		
	Post-hoc	-	-		

CL:Clamshell exercise, SB:Side lying bridging,
HA:Side lying hip abduction

6주간 중간볼기근 강화 운동프로그램 적용에 따른 오른쪽 한 다리 스쿼트 동안 동측 Dynamic Q-angle 차이를 확인한 결과, 운동프로그램 적용 전후 집단간 통계적으로 유의한 차이는 보이지 않았고(각각 $F=0.027$, $p=.973$ 과 $Z=0.073$, $p=.964$), 운동프로그램 적용 전후 집단 내 오른쪽 한 다리 스쿼트 동안 동측 Dynamic Q-angle 차이를 확인한 결과, 세 집단 모두 운동프로그램 적용 전과 후의 유의한 차이를 나타내지 않았으며(각각 $t=0.230$, $p=.823$, $t=0.719$, $p=.489$, $t=0.158$, $p=.878$), 운동프로그램 적용에 따른 집단간 상호작용 효과도 확인되지 않았다($F=0.343$, $p=.712$).

2. 보행 시 중간볼기근 근활성도 차이

6주간 중간볼기근 강화 운동프로그램 적용에 따른 보행 중 왼쪽 디딤발 시점에서 동측 중간볼기근 근활성도 차이를 확인한 결과 운동프로그램 적용 전후에 대해 유의한 차이는 보이지 않았고(각각 $Z=0.446$, $p=.800$ 와 $Z=0.147$, $p=.929$ 와 $Z=3.882$, $p=.144$ 와 $Z=0.192$, $p=.826$; 표 4), 운동프로그램 적용 전후 집단내 근활성도 차이는 운동프로그램 적용 전보다 후에 CL 집단의 왼쪽 MT 구간($Z=2.347$, $p=.043$), SB 집단의 왼쪽 HM과 MT 구간(각각 $Z=1.778$, $p=.045$ 와 $Z=2.934$, $p=.003$), HA 집단의 왼쪽 HM 구간($Z=2.134$, $p=.033$)에서 유의하게 감소하였으나, 운동프로그램 적용에 따른 집단간 상호작용 효과는 나타나지 않았다.

6주간 중간볼기근 강화 운동프로그램 적용에 따른 보행 중 오른쪽 디딤발 시점에서 동측 중간볼기근 근활성도 차이를 확인한 결과 운동프로그램 적용 전후에 대해 유의한 차이는 보이지 않았고 보행 중 집단간 오른쪽 디딤발 시점에서 동측 중간볼기근 근활성도 차이는 운동프로그램 적용 후에는 집단간 통계적으로 유의한 차이는 보이지 않았으나(각각 $F=3.593$, $p=.166$ 와 $F=8.820$, $p=.012$, $F=1.858$, $p=.174$ 와 $F=1.645$, $p=.210$), 운동프로그램 적용 전 중간볼기근 근활성도가 오른쪽 HM 구간에서 CL 집단($15.73 \pm 5.04\%$ MVIC)과 SB 집단($15.35 \pm 8.90\%$ MVIC)이 HA 집단($8.50 \pm 4.34\%$ MVIC)보다 큰 것으로 확인되었고($Z=8.820$, $p=.012$), 운동프로그램 적용 전후 집단 내 근활성도 차이는 운동프로그램 적용 전 보다 후에 CL 집단의 오른쪽 HM 구간 ($t=3.288$, $p=.009$)과 오른쪽 MT 구간 ($t=5.974$, $p=.001$), SB 집단의 오른쪽 HM과 MT 구간(각각 $Z=2.490$, $p=.013$, $t=2.829$, $p=.018$)에서 유의하게 감소하였고, 운동프로그램 적용에 따른 집단간 상호작용 효과는 오른쪽 MT 구간에서 확인되었다($F=5.096$, $p=.013$).

표 4. 보행 중인 왼쪽 디딤발 중간볼기근 근활성도 차이

구간	집단	운동프로그램		집단내	시간 *집단
		적용 전	적용 후		
HM	CLa (n=10)	25.67 ±9.15	19.98 ±19.46	t=1.091 p=.304	-
	SBb (n=11)	30.77 ±9.34	20.70 ±13.41	Z=1.778 p=.045	
	HAc (n=11)	24.33 ±15.62	18.91 ±9.37	Z=2.134 p=.033	
	집단간	Z=0.446 p=.800	Z=0.147 p=.929		
	Post-hoc	-	-		
MT	CLa (n=10)	14.84 ±6.18	8.74 ±6.52	Z=2.347 p=.043	-
	SBb (n=11)	15.24 ±7.18	7.65 ±5.57	Z=2.934 p=.003	
	HAc (n=11)	10.10 ±6.49	7.32 ±4.00	t=1.788 p=.104	
	집단간	Z=3.882 p=.144	F=0.192 p=.826		
	Post-hoc	-	-		

CL:Clamshell exercise, SB:Side lying bridging,
HA:Side lying hip abduction
HM:heel strike ~ midstance, MT:midstance ~ toe off

표 5. 보행 동안 오른쪽 디딤발 중간볼기근 근활성도 차이

		운동프로그램		집단내	시간 *집단
구간	집단	적용 전	적용 후		
HM	CLa (n=10)	32.17 ±15.94	12.91 ±9.28	$t=3.288$ $p=.009$	-
	SBb (n=11)	32.06 ±19.37	18.19 ±11.13	$Z=2.490$ $p=.013$	
	HAc (n=11)	21.46 ±12.31	20.98 ±8.42	$t=0.115$ $p=.910$	
	집단간	$Z=3.593$ $p=.166$	$F=1.858$ $p=.174$		
	Post-hoc	-	-		
MT	CLa (n=10)	15.73 ±5.04	6.41 ±4.68	$t=5.974$ $p=.001$	$F=5.096$ $p=.013$
	SBb (n=11)	15.35 ±8.90	7.51 ±4.57	$t=2.829$ $p=.018$	
	HAc (n=11)	8.50 ±4.34	8.39 ±4.53	$t=0.057$ $p=.956$	
	집단간	$F=8.820$ $p=.012$	$F=1.645$ $p=.210$		
	Post-hoc	c(a,b)	-		

CL:Clamshell exercise, SB:Side lying bridging,
HA:Side lying hip abduction
HM:heel strike ~ midstance, MT:midstance ~ toe off

IV. 논의

한 다리 스쿼트 동안 동측 Dynamic-Q angle은 세 집단 모두 운동프로그램 적용 전후에 유의한 차이를 나타내지 않았고, 중간볼기근 운동프로그램 적용에 따른 보행 중 디딤발 발의 동측 중간볼기근 근활성도 차이는 중간볼기근 운동프로그램 적용 후에 중간볼기근 근활성도가 CL 집단의 오른쪽 HM 구간과 양쪽 MT 구간, SB 집단의 양쪽 HM과 MT 구간, HA 집단의 왼쪽 MT 구간에서 유의하게 감소하였다. Q-각의 증가는 하지의 과도한 움직임에 기여할 수 있다고 언급하며, 엉덩관절 모음과 정강뼈 안쪽 돌림을 증가시켜 무릎뼈의 활주를 변경시키고 무릎 통증을 유발할 수 있다고 하였고(Heiderscheit, Hamill & Emmerik., 1999), 중간볼기근 강화는 Dynamic Q-angle에 긍정적 영향을 미친다고 하였다(Huberti & Hayes., 1984). 반대로 일반 대학생들을 대상으로 중간볼기근 약화를 가진 내재적 PFPs 집단과 건강한 대조집단을 나누어 Dynamic Q-angle을 평가한 선행연구에서는 두 집단 간 Dynamic Q-angle의 유의한 차이를 나타내지 않았다고 보고하였고(Kwon, Yun & Lee., 2014) 본 연구 결과 또한 3가지 중간볼기근 운동프로그램 모두 적용 전과 후에 Dynamic Q-angle에 유의한 차이를 보이지 않았는데, 이러한 결과는 한 다리 스쿼트 동안 Dynamic Q-angle 측정 시 영향을 미치는 골반의 움직임과 넙다리뼈 그리고 정강뼈의 회전 정렬 등 다른 하지 변인들의 영향으로 인해 유의한 차이가 나타나지 않은 것으로 생각된다(Shultz, Carcia, Gansneder & Perrin., 2006).

인간의 엉덩관절은 정상적인 보행 시 체중의 최대 4~5 배의 힘을 견디며(Bergmann, Graichen & Rohlmann., 1993), 그중 중간볼기근은 주요 엉덩관절 벌림근으로 근육의 상당 부분은 보행 중에 골반과 다리를 안정시키기 위해 작용한다. 건강한 대상자와 넙다리뼈큰돌기통증증후군을 가진 대상자의 중간볼기근 근력과 보행 동안 중간볼기근 표면 근활성도를 비교한 결과 건강한 대상자에서 중간볼기근 근력이 높게 나타났고, 중간볼기근 근활성도는 낮게 나타났다고 보고하였다(Ganderton et al., 2017). 본 연구에서는 운동프로그램 적용 전보다 후에 중간볼기근 근활성도가 CL 집단의 오른쪽 HM 구간과 양쪽 MT 구간, SB 집단의 양쪽 HM과 MT 구간, HA 집단의 왼쪽 MT 구간에서 유의하게 감소하였고, CL 집단의 왼쪽 HM 구간과, HA 집단의 오른쪽 HM 구간, 양쪽 MT 구간에서는 감소하는 경향을 보였다. 이러한 결과는 중간볼기근 강화가 근육의 근전도 진폭이 낮은 보행에서 더 작은 운동단위 모집으로 더 큰 기능작업이 가능하게 하고, 이로 인해 보행 중 신경근이 과도한 활동을 할 필요성이 줄어들어 중간볼기근의 근활성도가 낮게 나타난다는 Ganderton et al.(2017)의 연구와 관련 있을 것으로 생각된다. 또한 3가지 운동 중 SB 집단은 운동프로그램 적용 후 모든 구간의 보행동안 중간볼기근 근활성도가 유의하게 감소하였고, 반면에 CL 집단과 HA 집단은 유의하게 감소하거나 감소하는 경향을 나타내어 3가지 운동 모두 중간볼기근 강화에 효과가 있으나, SB 운동이 중간볼기근 강화에 보다 효과적이라는 박성진 등(2019)의 연구 결과와 일치함을 보였다.

중간볼기근의 강화는 일상생활이나 운동 중 부상 방지 및 부상 후 재활에서도 중요한 요소이다. 중간볼기근의 중요성이 강조되면서 중간볼기근 강화에 대한 많은 연구들이 진행되었지만 연구 결과가 일치하지 않고 단발성으로만 진행되었다. 따라서 본 연구에서 주로 사용되는 중간볼기근 운동인 CL, SB, HA 운동을 6주간 적용하여 3가지 운동의 효과를 비교하였다. 하지만 본 연구에서 건강한 대상자에게 적용하여 중간볼기근 약증이 있는 환자에게 적용하는 데는 어려움이 있다. 추후 연구에서 중간볼기근 약증을 가진 대상자를 선별하여 연구가 진행된다면 하지 부상 예방 및 재활 현장에서 중간볼기근 강화에 유용한 정보를 제공할 수 있을 것으로 생각된다.

V. 결론 및 제언

본 연구에서는 각자 다른 중간볼기근 운동인 CL, SB, HA 운동 중 어떤 운동이 중간볼기근 강화에 가장 긍정적인 영향을 미치는지 확인하였고 다음과 같은 결론을 얻었다. 첫째, CL, SB, HA운동 모두 동적하지정렬인 한 다리 스쿼트 동안 Dynamic Q-angle에 영향을 미치는 것은 확인하지 못하였다. 둘째, SB 운동은 건강한 사람들의 보행과 관련된 중간볼기근 강화에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 나타났다. 이 연구에서 SB 운동이 CL, HA 운동보다 중간볼기근 강화에 효과적인 운동으로 보여진다. 이러한 결과는 재활이나 운동 현장에서 중간볼기근 강화를 위한 운동프로그램 개발에

유용한 정보를 제공할 수 있을 것으로 생각되며, 추후 연구에서는 중간볼기근 약증이 있는 대상으로 중간볼기근 운동의 효과를 검증할 필요가 있을 것으로 생각된다.

참고문헌

- 김대건, 강현주. (2017). 여대생과 노인여성의 족저압중심과 보행각도 및 보행시간의 차이 분석. *운동학 학술지*, 19(2), 61-67.
- 김태완, 공세진, 길세기. (2013). 근전도 분석: 이론 및 적용. 서울: 한미의학.
- 박성진, 박지원, 권용현. (2019). 동적 근전도를 통한 퇴행성 슬관절염 환자의 보행 분석. *대한물리치료학회지*, 31(1), 62-66.
- 신승환 (2020). 중둔근 강화 운동 시 하지 분절의 수평 정렬 유무가 고관절 외전근의 근 활성화도 및 근 동원 순서에 미치는 영향: 미간행 석사학위논문. 고려대학교 대학원, 서울.
- 임길병, 이홍재, 주성주, 채지원. (2004). 동적 근전도를 통한 퇴행성 슬관절염 환자의 보행 분석. *대한근전도전기진단의학회지*, 1(1), 45-51.
- Baffa, A., Felicio, L., Saad, M., Nogueira-Barbosa, M., Santos, A., & Bevilacqua-Grossi, D. (2012). Quantitative MRI of vastus medialis, vastus lateralis and gluteus medius muscle workload after squat exercise: comparison between squatting with hip adduction and hip abduction. *Journal of human kinetics*, 33(2012), 5-14.
- Bergmann, G., Graichen, F., & Rohlmann, A. (1993). Hip joint loading during walking and running, measured in two patients. *Journal of biomechanics*, 26(8), 969-990.
- Bewyer, D. C., & Bewyer, K. J. (2003). Rationale for treatment of hip abductor pain syndrome. *The Iowa orthopaedic journal*, 23, 57.
- Biedert, R. M., & Warnke, K. (2001). Correlation between the Q angle and the patella position: a clinical and axial computed tomography evaluation. *Archives of orthopaedic and trauma surgery*, 121(6), 346-349.
- Butler, R. J., Plisky, P. J., Southers, C., Scoma, C., & Kiesel, K. B. (2010). Biomechanical analysis of the different classifications of the Functional Movement Screen deep squat test. *Sports Biomechanics*, 9(4), 270-279.
- Cichanowski, H. R., Schmitt, J. S., Johnson, R. J., & Neimuth, P. E. (2007). Hip strength in collegiate female athletes with patellofemoral pain. *Medicine and science in sports and exercise*, 39(8), 1227.
- Dingenen, B., Malfait, B., Vanrenterghem, J., Verschueren, S. M., & Staes, F. F. (2014). The reliability and validity of the measurement of lateral trunk motion in two-dimensional video analysis during unipodal functional screening tests in elite female athletes. *Physical Therapy in Sport*, 15(2), 117-123.
- Distefano, L. J., Blackburn, J. T., Marshall, S. W., & Padua, D. A. (2009). Gluteal muscle activation during common therapeutic exercises. *Journal of orthopaedic & sports physical therapy*, 39(7), 532-540.
- Donohue, M. R., Ellis, S. M., Heinbaugh, E. M., Stephenson, M. L., Zhu, Q., & Dai, B. (2015). Differences and correlations in knee and hip mechanics during single-leg landing, single-leg squat, double-leg landing, and double-leg squat tasks. *Research in Sports Medicine*, 23(4), 394-411.
- Ford, K. R., Myer, G. D., Toms, H. E., & Hewett, T. E. (2005). Gender differences in the kinematics of unanticipated cutting in young athletes. *Med Sci Sports Exerc*, 37(1), 124-129.
- Fredericson, M., White, J. J., MacMahon, J. M., & Andriacchi, T. P. (2002). Quantitative analysis of the relative effectiveness of 3 iliotibial band stretches. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 83(5), 589-592.
- Friel, K., McLean, N., Myers, C., & Caceres, M. (2006). Ipsilateral hip abductor weakness after inversion ankle sprain. *Journal of athletic training*, 41(1), 74.
- Fukuda, T. Y., Rossetto, F. M., Magalhães, E., Bryk, F. F., Garcia Lucareli, P. R., & de Almeida Carvalho, N. A. (2010). Short-term effects of hip abductors and lateral rotators strengthening in females with patellofemoral pain syndrome: a randomized controlled clinical trial. *Journal of orthopaedic & sports physical therapy*, 40(11), 736-742.
- Ganderton, C., Pizzari, T., Harle, T., Cook, J., & Semciw, A. (2017). A comparison of gluteus medius, gluteus minimus and tensor fascia latae muscle activation during gait in post-menopausal women with and without greater trochanteric pain syndrome. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 33, 39-47.
- Gottschalk, F., Kourosh, S., & Leveau, B. (1989). The functional anatomy of tensor fasciae latae and gluteus medius and minimus. *Journal of anatomy*, 166, 179.
- Granat, M. H., Maxwell, D. J., Ferguson, A. C., Lees, K. R., & Barbenet, J. C. (1996). Peroneal stimulator: evaluation for the correction of spastic drop foot in hemiplegia. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 77(1), 19-24.
- Heiderscheit, B. C., Hamill, J., & Van Emmerik, R. E. (1999). Q-angle influences on the variability of lower extremity

- coordination during running. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 31(9), 1313-1319.
- Herrington, L. (2014). Knee valgus angle during single leg squat and landing in patellofemoral pain patients and controls. *The Knee*, 21(2), 514-517.
- Huberti, H. H., & Hayes, W. C. (1984). Patellofemoral contact pressures. The influence of q-angle and tendofemoral contact. The Journal of bone and joint surgery. *American volume*, 66(5), 715-724.
- JClark, J. M., & Haynor, D. R. (1987). Anatomy of the abductor muscles of the hip as studied by computed tomography. *The Journal of bone and joint surgery. American volume*, 69(7), 1021-1031.
- Kwon, O., Yun, M., & Lee, W. (2014). Correlation between intrinsic patellofemoral pain syndrome in young adults and lower extremity biomechanics. *Journal of physical therapy science*, 27(7), 961-964.
- Lee, J. W., Kim, Y. J., & Koo, H. M. (2015). Activation of the gluteus medius according to load during horizontal hip abduction in a one-leg stance. *Journal of physical therapy science*, 27(8), 2601-2603.
- Livengood, A. L., DiMattia, M. A., & Uhl, T. L. (2004). "Dynamic Trendelenburg": single-leg-squat test for gluteus medius strength. *International journal of athletic therapy and training*, 9(1), 24-25.
- McBeth, J. M., Earl-Boehm, J. E., Cobb, S. C., & Huddleston, W. E. (2012). Hip muscle activity during 3 side-lying hip-strengthening exercises in distance runners. *Journal of athletic training*, 47(1), 15-23.
- McGill, S. (2010). Core training: Evidence translating to better performance and injury prevention. *Strength & Conditioning Journal*, 32(3), 33-46.
- Mickelborough, J., Van Der Linden, M. L., Tallis, R. C., & Ennos, A. R. (2004). Muscle activity during gait initiation in normal elderly people. *Gait & posture*, 19(1), 50-57.
- Nadeau, S., Gravel, D., Arsenault, A. B., & Bourbonnais, D. (1999). Plantarflexor weakness as a limiting factor of gait speed in stroke subjects and the compensating role of hip flexors. *Clinical biomechanics*, 14(2), 125-135.
- Neumann, D. A., & Cook, T. M. (1985). Effect of load and carrying position on the electromyographic activity of the gluteus medius muscle during walking. *Physical therapy*, 65(3), 305-311.
- Presswood, L., Cronin, J., Keogh, J. W., & Whatman, C. (2008). Gluteus medius: applied anatomy, dysfunction, assessment, and progressive strengthening. *Strength & Conditioning Journal*, 30(5), 41-53.
- Selkowitz, D. M., Beneck, G. J., & Powers, C. M. (2013). Which exercises target the gluteal muscles while minimizing activation of the tensor fascia lata? Electromyographic assessment using fine-wire electrodes. *Journal of orthopaedic & sports physical therapy*, 43(2), 54-64.
- Semciw, A. I., Green, R. A., Murley, G. S., & Pizzari, T. (2014). Gluteus minimus: an intramuscular EMG investigation of anterior and posterior segments during gait. *Gait & posture*, 39(2), 822-826.
- Shultz, S. J., Carcia, C. R., Gansneder, B. M., & Perrin, D. H. (2006). The independent and interactive effects of navicular drop and quadriceps angle on neuromuscular responses to a weight-bearing perturbation. *Journal of athletic training*, 41(3), 251.