

대한물리치료과학회지

Journal of Korean Physical Therapy Science
2022. 09. Vol. 29, No.3, pp. 21-28

런지 운동 시 뒤넙다리근의 단축이 넙다리 근육 활성화에 미치는 영향

최보람

신라대학교 보건복지대학 물리치료학과

The influence of hamstring shortness on thigh-muscles during lunge exercises

Bo ram Choi, Ph.D., P.T.

Dept. of Physical Therapy, College of health and welfare, Silla University

Abstract

Background: Hamstring shortness results in the inappropriate activation of the quadriceps femoris because of the loss of the reciprocal inhibition mechanism. The purpose of this study was to investigate the effects of that activation during lunge exercises on the vastus medialis, vastus lateralis, medial, and lateral hamstrings in participants with hamstring shortness and normal length.

Design: Quasi-experimental design

Methods: Participants were divided into a hamstring shortness group(n=20) and a hamstring normal length group(n=23), based on a hamstring length test. During lunge exercises, muscle activation of the vastus lateralis, vastus medialis, medial, and lateral hamstrings were measured by electromyography.

Results: Each muscle tested was less activated in the hamstring shortness group than in the hamstring normal length group. However, there was no statistically significant difference between the groups ($p>.05$).

Conclusion: Although there was no significant difference between the shortness and normal hamstring groups during short lunge exercise time, longer exercising periods will result in the inappropriate activation of the quadriceps femoris. During lunge exercise, hamstring shortness causes an imbalance activation of

quadriceps femoris and hamstring, and continuous hamstring shortness can cause damage on joints of lower limb.

Key words: hamstring length test, hamstring shortness, hamstring stretching, lunge exercise.

교신저자

최보람 교수
부산광역시 사상구 백양대로 700번길 140(괘법동)
신라대학교 의생명관 315호
T: 051-999-5438, E: boram@silla.ac.kr

I. 서론

뒤넙다리근(hamstring)은 무릎 관절의 굽힘 및 펴기뿐만 아니라 넙다리뼈에 대한 정강뼈의 돌림(rotation)을 통해 잠금 기전(screw-home mechanism) 유발하여, 엉덩 관절과 발목 관절의 안정성에 모두 관여한다(Neumann, 2013). 앉아 있는 시간이 많은 현대인들에게 뒤넙다리근의 장시간 활성화는 뒤넙다리근의 과활성(hyperactivation)이나 단축(shortness)을 발생시키고, 이로 인해 엉덩 관절의 구조적 변형뿐만 아니라 골반과 허리뼈의 구조적 변형을 일으킨다(Park, 2012). 게다가 무릎 관절의 굽힘에 관여하는 장딴지근(gastrocnemius)도 과활성과 단축을 초래하고, 장딴지근의 제한된 원심성 활성화(eccentric activation)에 의해 발목 관절의 발등 굽힘을 제한하여 안정성을 감소와 정적인 선 자세 균형 전략이 무너진다(Shumway-Cook, 1995). 이러한 발목 관절의 움직임의 제한이나 주변 근육의 약화는 엉덩 관절과 몸통에 보상작용을 유발하여 신체 부정렬(malalignment)을 초래하게 되고(Horak, 1987), 허리 통증이나 척추 옆굽음(scoliosis), 걸음 이상 등의 기능 장애를 초래할 수 있다(Kisner와 Carolyn, 2017).

뒤넙다리근의 골반과 넙다리뼈를 거쳐 정강뼈와 종아리뼈에 까지 이르는 많은 관절에 영향을 주는 근육이다(Neumann, 2013). 뒤넙다리근의 단축은 허리뼈의 움직임에도 영향을 주어, L4~5의 움직임을 더욱 증대시키며 척추뼈의 퇴행을 촉진시키고 허리뼈-골반 리듬의 움직임 중 골반의 앞쪽경사를 제한하여 아래 허리뼈의 과운동성을 유발한다(Kim, 2012), 이로 인해 뒤넙다리근의 단축이 골반의 뒤기울임과 넙다리네갈래근(quadriceps femoris)의 뻥침(stretch)을 유발하여 넙다리네갈래근의 활성을 제한할 수 있다. 근육 섬유가 자극을 받지 않고 안정하고 있을 때의 길이를 안정 길이(resting length)라고 하는데, 안정 길이의 110%지점에서 최대장력을 기록한다고 하였으며(Neumann, 2013), 무릎 관절을 30° 굽힘한 자세에서 엉덩 관절의 굽힘 정도를 변화시키며 뒤넙다리근의 장력을 측정할 결과 뒤넙다리근의 길이가 늘어날수록 장력이 증가했다(Lunnen, 1981), 그러므로 뒤넙다리근의 단축은 스스로의 활성화도 떨어지고, 넙다리네갈래근이나 주변 근육의 활성화도 제한시키고, 주변 관절들의 움직임도 제한시킬 것이다.

닫힌 사슬(close kinetic chain)운동은 체중을 지지하며 먼쪽 분절이 고정된 상태에서 몸쪽 분절이 움직이는 형태로, 몸쪽과 먼쪽 분절에 저항이 동시에 작용하여 주동근-길항근의 협력수축(co-contraction)을 일으켜 근력을 향상시킬 수 있는 효과적인 훈련방법이다(박서이 2008, Earl, 2001). 닫힌 사슬의 대표적인 운동인 런지(lunge)는 근력과 지구력, 균형과 민첩성 등의 복합적인 능력이 필요하기 때문에, 다리 근육의 균형감 있는 발달로 하지 관절의 부상을 예방할 수 있는 효과적인 운동이다(Kuntze, 2010; Kisner와 Carolyn, 2017; Jonhagen, 2009). 또한 넙다리네갈래근의 원심성 활성화 및 가쪽넓은근(vastus lateralis)에 대한 안쪽빗넓은근(vastus medialis oblique)의 근활성도 비율을 높여 무릎주위 근육의 좌, 우 근력 균형유지에 효과적이고, 뒤넙다리근과 함께 서로 균형적인 활성화하며 무릎 관절 주위 손상 예방 및 손상으로 인한 초기 다리 재활단계에 사용된다(Jonhagen, 2009; Westfall, 1992).

이전 런지 운동에 관한 연구에서는, 안정과 불안정 지지면에서 각각 런지동작을 시행하였을 때, 불안정 지지면에서 가쪽넓은근과 안쪽넓은근의 근활성도가 유의하게 증가했고(구본일 등, 2012), 대상자 개개인의 다리 길이를 측정하여 대상자 다리길이의 40%, 60%, 80%의 간격으로 양 발을 위치시켜 런지 동작을 실시하였을 때, 넙다리곧은근(rectus femoris), 가쪽넓은근(vastus lateralis oblique), 반힘줄모양근(semimembranosus)에서 40% 간격으로 실시한 런지 동작이 가장 큰 근활성도 나타난다는(박훈영, 2018) 내용 등의 런지 운동의 효율에만 집중해서 연구가 진행되었다. 하지만 런지 동작을 수행하는 대상자의 근육 길이에 대한 확인 없이 진행되었다. 수술한 경험이 없거나 통증이 없는 정상인 대상자일지라도, 다리의 기능적인 길이 차이나 근육의 단축 등의 움직임의 불균형을 유발할 수 있는 잠재적인 위험 요인들이 있을 수 있다(송수정 등, 2018; Song, 2021) 뒤넙다리근의 단축을

가진 대상자는 런지 운동을 수행할 때 넙다리네갈래근의 길항근인 뒤넙다리근의 과활성으로 인해 정확한 런지 동작이 되지 않을 것이다. 이로 인해 넙다리네갈래근의 근활성도에 영향을 미쳐서 효과적인 런지 운동이 수행되지 않을 것이다. 그러므로 대상자의 뒤넙다리근 단축이 런지 운동 시 다리 근육 활성화도에 어떤 변화를 초래하는지 알아볼 필요가 있다.

본 연구의 목적은 뒤넙다리근의 정상 길이와 뒤넙다리근의 단축 길이를 가진 대상자가 런지 운동을 수행할 때 다리 근육의 활성화도에 어떤 차이가 있는지 알아보려고 한다.

II. 연구방법

1. 연구대상

본 연구의 대상자는 S대학교에 재학 중인 학생을 대상으로 게시판에 모집 공고를 통해 모집했다. 대상자 제외 기준은 양쪽 다리 관절에 통증이나 수술, 정형외과적 신경학적인 질환이나 수술에 대한 과거력이 있거나, 통증이나 임상적으로 비정상적 근력, 근긴장도, 보행에 이상이 있는 대상자이다. 대상자 선정기준은 뒤넙다리근 단축 검사를 통해 뒤넙다리근 단축 그룹(hamstring shortness group: HSG) 20명(키: 156.7 ± 7.9 , 몸무게: 61.0 ± 4.8)과 뒤넙다리근 정상 길이 그룹(hamstring normal length group: HNG) 23명(키: 160.0 ± 6.1 , 몸무게: 63.8 ± 6.4)을 분류했다. 두 그룹은 나이, 키, 몸무게의 유의한 차이는 없었다. 오른쪽 또는 왼쪽의 무릎 관절 폼 각도가 155° 이하인 대상자를 뒤넙다리근 단축 그룹으로 분류했다(Kumar, 2011). 또한, 모든 대상자들은 연구 목적과 방법에 대해 충분히 사전 설명 후 자발적인 동의하에 본 실험에 참여했고, 모든 실험절차는 S대학교 인간연구윤리위원회(1041449-201908-HR-003)의 심의를 거쳤다.

2. 측정방법

가. 뒤넙다리근의 단축

대상자를 침대에 바로 누운 자세를 취하게 한 후 넙다리뼈 길이에 맞는 고정 상자에 엉덩 관절 90° 굽힘, 무릎 관절 90° 굽힘, 발목 관절 중립 자세로 올리게 한다. 궁둥이(ischium)와 넙다리의 뒤쪽 면을 고정 상자에 붙인 상태로 고정시키고 L3 아래에 수건을 넣고 골반 뒤기울임(posterior tilt)과 허리 굽힘을 제한시킨다(Fig 1-A). 대상자에게 허리가 수건에 닿기 직전까지만 무릎 관절을 폼하라고 하고, 멈춘 상태에서 오른쪽과 왼쪽 각각 3번씩 디지털 고니오미터를 이용해 각도를 측정한다(Fig 1-B)(Kim 등, 2009).

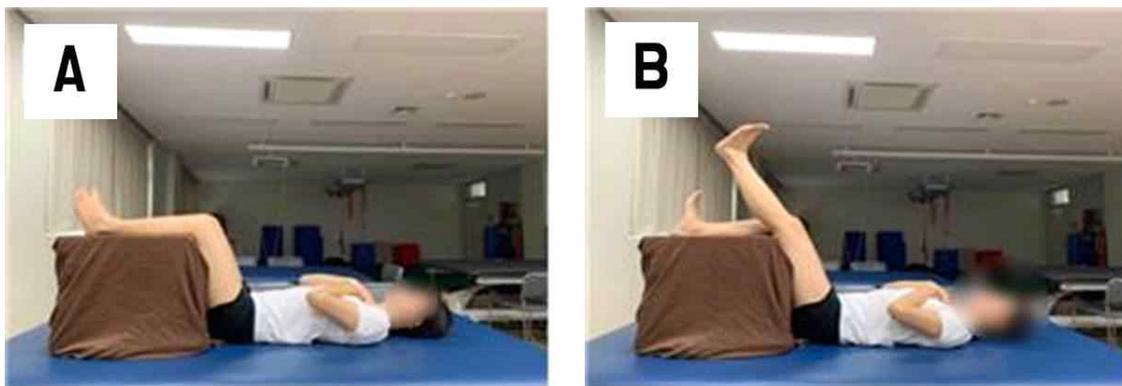


Figure 1. Hamstring length test.(A. start posture, B. end posture)

나. 근육 활성화도 측정

표면 근전도(4D-SES, RELIVE, Korea, 2018)를 이용해 안쪽넓은근, 가쪽넓은근, 안가쪽 뒤넙다리근의 활성화도를 측정했다. 표본 추출율(sampling rate)은 1024Hz, band-pass filter 10-500Hz, notch filter 60Hz를 지정했다. Root-mean-square(RMS)는 epoch 50ms로 적용해서 계산했다. EMG data는 RELIVE EMG software(4D-SES, RELIVE, Korea, 2018)를 이용해서 분석했다. 전극 부착 부위는 운동을 시행할 때 나타나는 신체의 움직임을 고려했으며, 근육이 가장 활성화되는 부분에 부착했다. 전극에 간섭 요인을 제거하기 위해 반바지를 입고 측정했으며, 피부저항을 감소를 위한 제모와 소독을 실시했다. 또한 동일한 한 실험자가 모든 전극을 부착했다(Criswell, 2010). 안쪽넓은근, 가쪽넓은근, 뒤넙다리근의 근활성도를 표준화하기 위해 맨손 근력 검사 자세에서 최대 수의적 등척성 수축(%MVIC)을 측정했다. 넓은근들의 측정 자세는 대상자를 발이 바닥에 닿지 않은 상태로 테이블에 걸터앉도록 하였다. 측정자는 대상자에게 무릎 관절을 90도 굽힘으로 유지하여 시작 자세를 취하도록 지시한 후, 대상자가 무릎관절을 최대의 힘으로 펴는 동작을 시도하는 동안 측정자는 발목 관절 위쪽에 저항을 주어 최대 수의적 등척성 수축이 일어나게 했다. 뒤넙다리근의 측정 자세는 대상자가 엎드린 자세에서 무릎 관절을 펴도록 한 뒤 측정자가 대상자의 발목 아래쪽 방향으로 저항을 가하는 동안 대상자가 최대의 힘으로 무릎 관절을 굽힐 때의 최대 수의적 등척성 수축이 일어나게 했다(Kendall 등, 2005).

3. 중재

런지 운동은 발을 대상자의 어깨너비로 벌린 바로 선 자세를 시작으로, 허리의 중립을 유지한 채 뒤넙다리근이 단축된 다리 쪽을 엉덩 관절 90° 굽힘, 무릎 관절 90° 굽힘이 되는 지점까지 앞으로 뻗는다. 이 때 뻗은 다리 쪽 무릎이 두 번째 발가락을 넘지 않도록 하고, 반대쪽 다리는 발끝은 고정하고 자연스럽게 따라오게 했다. 이 자세를 5초 동안 유지한 후에 바로 선 자세로 돌아오게 한다. 이렇게 5세트를 반복했으며, 엉덩 관절 90° 굽힘, 무릎 관절 90° 굽힘 자세에서 5초 동안 유지하는 근활성도를 측정했다(Selkowitz, 2013). 근피로를 최소화하기 위해 반복 측정 사이에 1분간의 휴식을 주었다. 측정 전에 런지 동작을 10회씩 연습했으며, 근피로를 줄이기 위해 세트 사이에 30초간 휴식 시간을 가졌다(Fig 2.).



Figure 2. Lunge exercise

4. 자료분석

근활성도 측정 후에 수집된 자료의 분석을 위해 통계처리 프로그램인 SPSS statistics 20을 사용했다. 모든 자료는 Shapiro-Wilk 검정을 통해 정규성 검정을 하였고, 집단 간 차이를 알아보기 위해 독립표본 t검정을 실시하였으며, 자료의 모든 통계학적 유의수준은 0.05로 지정하였다.

Ⅲ. 연구결과

뒤넙다리근이 단축 그룹(VL:141.38±44.85%, VM:141.22±43.75%, LH:48.93±21.48%, MH:45.59±19.80%) 과 정상 길이 그룹(VL:157.58±73.84%, VM:179.60±64.96%, LH:58.57±23.92%, MH:51.82±17.87%) 모두 모든 근육에 유의한 차이가 없었지만, 런지 동작을 수행하는 동안 뒤넙다리근의 단축 그룹이 뒤넙다리근이 정상 길이 그룹보다 모든 근육의 활성화도가 낮게 나타났다(Fig 3).

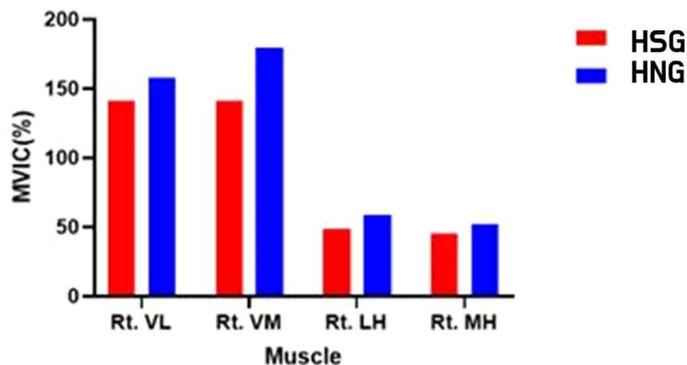


Figure 3. Comparison of hamstring shortness group and hamstring normal length group in thigh-muscles activation. (Rt. VL=right vastus lateralis; Rt. VM=right vastus medialis; Rt. LH=right lateral hamstring; Rt. MH=right medial hamstring; HSG= hamstring shortness group; HNG=hamstring normal length group).

Ⅳ. 고 찰

주동근과 길항근의 상호보완적인 관계를 가지고 있다. 주동근이 원활하게 작용하기 위해서는 길항근이 적절하게 늘어나거나, 강한 활성을 통해 주변 관절의 움직임을 제한하여 주동근의 효율을 높여야한다. 길항근이 원활하게 작용하기 위한 것도 위와 마찬가지로 주동근이 뻥침과 안정성에 기여해야하므로 서로 원활한 활성이 이루어져야 한다(O'Brien 등, 2009; Calmels, 1995). 런지 운동은 넙다리네갈래근의 동심성(concentric), 등척성(isometric), 원심성(eccentric) 활성을 통해 효율적인 근력향상과 다리 관절의 안정성을 증진시키는데 목적이 있다(박재홍 등, 2021). 이러한 넙다리네갈래근을 원활하게 활성화하려면 뒤넙다리근이 적절하게 뻥침과 안정성 제공이 없이는 불가능하다. 본 연구는 이러한 주동근과 길항근의 관계를 바탕으로 런지 운동 시 뒤넙다리근의 단축이 넙다리네갈래근의 활성화에 부정적인 영향을 줄 것이라고 가정하고 진행했다. 본 연구의 결과, 런지 운동 시 가쪽넓은근의 활성화도는 뒤넙다리근 단축 그룹이 정상 그룹보다 16.2% 낮고, 안쪽넓은근의 활성화도는 38.38% 낮게 나타났지만, 통계적으로 유의한 차이는 없었다. 가설에 부합하는 뒤넙다리근 길이가 정상 그룹이 넓은근들의 활성도를 높였

지만, 유의한 차이가 나타나지는 않았다.

뒤넙다리근의 단축으로 인해 무릎 관절의 움직임 시 발생하는 넙다리네갈래근과 뒤넙다리근간의 원활하지 않은 상호 억제(reciprocal inhibition)는 서로간의 불균형적인 활성화(unbalanced activation)를 유발하고, 갑작스러운 자세 불균형(postural sway)에 적절한 균형전략 발현에 제한을 일으켜 정상적인 걸음과 선 자세 균형 능력을 저하시키고, 일상생활에 어려움을 느낀다(Nies, 1991; Cleworth, 2016; Jandre, 2015). 근육의 단축이나 약화(weakness)는 정상적인 신체 정렬을 파괴하여 비대칭적인 자세와 균형 능력에 이상을 나타내며, 근육의 단축이 중재되지 않고 장기간 방치될 경우 고유수용성감각(proprioceptor) 입력을 이상 변화시켜 몸감각계(somatosensory system)의 인지 결함을 가져올 수 있고, 근력 약화 및 운동 협응 반응이 떨어지게 한다(권오윤, 1998; Shumway-Cook, 1995). 이러한 자세 균형 조절계의 이상 변화는 비정상적인 자세반응패턴과 반응 시간 지연을 초래하여 자세를 더욱 불안하게 만들고, 신체 손상 위험이 증가하는 악순환을 초래한다(Alexander, 1998; Steinweg, 1997). 그러므로 뒤넙다리근의 단축은 지속적으로 다리 근육간의 불균형을 유발하고, 이를 방지한 채 일상생활을 유지한다면, 뒤넙다리근은 더욱 단축되어 다리 관절의 손상이나 질환을 유발할 수 있다. 본 연구에서는 뒤넙다리근의 길이에 따른 넙다리네갈래근의 활성화도의 차이가 유의하지 않았지만, 이러한 불균형을 인지하지 못한 채 장시간, 지속적인 런지 운동은 오히려 비효율적인 운동이 될 수도 있다.

본 연구의 제한점은 연구대상자 수가 적어서 일반화하기 힘들고 뒤넙다리근 단축에 대해 무릎 관절 55° 굽힘 기준뿐만이 아니라 30°와 60°일 때의 분석도 필요하다. 게다가 뒤넙다리근 단축 검사 시 엉덩 관절 90° 굽힘을 유지하고 무릎을 펼 경우 고정 상자를 앞으로 미는 경우도 있었고, 허리가 수건을 누르는 느낌은 대상자의 주관적인 느낌이기 때문에 통제하기 어려웠다. 보다 정교한 단축 검사가 필요하다. 그리고 런지 동작 시 엉덩 관절 90° 굽힘과 무릎 관절의 90° 굽힘을 5초 동안 유지하게 했지만 할 때마다 일정하게 시행되지 못했고, 엉덩 관절과 무릎 관절의 실시간 각도를 측정하지 못했다.

V. 결 론

본 연구는 런지 운동 시 뒤넙다리근의 단축 그룹과 뒤넙다리근 정상 길이 그룹의 넙다리 근육 활성화도 차이를 비교했다. 뒤넙다리근 길이가 정상 그룹이 단축 그룹보다 넓은근들의 활성화도를 높였지만, 유의한 차이가 나타나지는 않았다. 하지만 장시간의 지속적인 운동은 넙다리네갈래근과 뒤넙다리근의 불균형을 초래해서 무릎 관절에 변화를 줄 수도 있다. 그러므로 런지 운동하기 전에뒤넙다리근의 단축 검사를 실시하고, 뒤넙다리근의 단축이 있을 경우 뻘침을 통해 단축을 완화시킨 후에 런지 운동을 실시하는 것을 추천한다. 뒤넙다리근의 단축은 비단 런지 운동뿐만이 아니라 다른 운동이나 일상생활에서도 다리 근육의 불균형적인 활성화에 의해 관절에 무리를 줄 수 있다는 것을 유념해야 한다.

참고문헌

- 구분일, 김주영, 이봄 등. 안정지지면과 불안정지지면에서 스쿼트. 자연과학; 2012.
- 권오윤, 최홍식, 민경진. 지역사회 노인의 전도발생 특성과 운동훈련이 전도노인의 근력과 균형에 미치는 영향. 대한보건연구. 1998;24(2):27-40.
- 박서이, 김정원, 노호성. 슬개대퇴 통증 증후군이 있는 남자 운동선수와 일반선수의 CKC 운동시 대퇴사두근 활

- 성도 비교. 한국체육과학회지. 2008;17(1):487-95.
- 박재홍, 이승희, 김소정 등. 스쿼트 운동 시 발목 관절에 키네시오 테이프의 적용이 넙다리 네갈래근과 뒤넙다리근의 활성화에 미치는 영향. 대한물리치료과학회지. 2021;28(2):57-64.
- 박훈영, 김난향, 차용준. 런지 동작 시 발 위치의 앞뒤 간격에 따른 하지 근위부 근육의 근 활성화도 비교. 대한물리학회지. 2018;13(4):131-8.
- 송수정, 김세미, 김지혜 등. 20 대 성인을 대상으로 불안정한 지지면에서의 런지 운동이 신체 균형에 미치는 영향. 대한물리치료과학회지. 2018;25(3):53-60.
- Alexander KM, Kinney LaPier TL. Differences in static balance and weight distribution between normal subjects and subjects with chronic unilateral low back pain. *J orthop sport phys ther.* 1998;28(6):378-83.
- Calmels P, Minaire P. A review of the role of the agonist/antagonist muscle pairs ratio in rehabilitation. *Disabil Rehabil.* 1995;17(6):265-76.
- Cleworth TW, Carpenter MG. Postural threat influences conscious perception of postural sway. *Neurosci Lett* 2016;620:127-31.
- Criswell E. *Cram's introduction to surface electromyography.* Jones & Bartlett Publishers, 2010:235-8.
- Earl J, Schmitz RJ, Arnold B. Activation of the VMO and VL during dynamic mini-squat exercises with and without isometric hip adduction. *J Electromyogr Kinesiol.* 2001;11(6):381-6.
- Horak FB. Clinical measurement of postural control in adults. *Phys Ther.* 1987;67(12):1881-5.
- Jandre Reis FJ, Macedo AR. Influence of hamstring tightness in pelvic, lumbar and trunk range of motion in low back pain and asymptomatic volunteers during forward bending. *Asian Spine J.* 2015;9(4):535-40.
- Jönhagen S, Halvorsen K, Benoit DL. Muscle activation and length changes during two lunge exercises: Implications for rehabilitation. *Scand J Med Sci Sports.* 2009;19(4):561-8.
- Kendall FP, McCreary EK, Provance P, et al. *Muscles: Testing and function, with posture and pain (kendall, muscles).* Fifth nort. LWW. 2005:38-9.
- Kim G, Hwang B. Kinetic analysis on the lumbar at the trunk flexion according to the degree of hamstring flexibility of healthy adult. *J Kor Soc Phys Med.* 2012;7(4).
- Kim M, Kim Y, Jung D, et al. Reliability of measured popliteal angle by traditional and stabilized active-knee-extension test. *Phys Ther Kor.* 2009;16(4):1-7.
- Kisner C, Colby LA, Borstad J. *Therapeutic exercise: Foundations and techniques.* Fa Davis. 2017:137-8.
- Kuntze G, Mansfield N, Sellers W. A biomechanical analysis of common lunge tasks in badminton. *J Sports Sci.* 2010;28(2):183-91.
- Kumar G. Comparison of cyclic loading and hold relax technique in increasing resting length of hamstring muscles. *Hong Kong Physiother J.* 2022;29(1):31-3.
- Lunnen JD, Yack J, LeVeau BF. Relationship between muscle length, muscle activity, and torque of the hamstring muscles. *Phys Ther.* 1981;61(2):190-5.
- Neumann DA. *Kinesiology of the musculoskeletal system-E-book: Foundations for rehabilitation.* Elsevier Health Sciences; 2013.
- Nies N, Sinnott PL. Variations in balance and body sway in middle-aged adults. subjects with healthy backs compared with subjects with low-back dysfunction. *Spine.* 1991;16(3):325-30.

- O'Brien TD, Reeves ND, Baltzopoulos V, et al. The effects of agonist and antagonist muscle activation on the knee extension moment-angle relationship in adults and children. *Eur J Appl Physiol.* 2009;106(6):849-56.
- Park S. An influence of massage on hamstring muscles on the flexibility of the back and subjective pain in middle-aged women. Kyungwon University Graduate School of Business Administration. Mater's thesis; 2012.
- Selkowitz DM, Beneck GJ, Powers CM. Which exercises target the gluteal muscles while minimizing activation of the tensor fascia lata? electromyographic assessment using fine-wire electrodes. *J orthop sport phys ther.* 2013;43(2):54-64.
- Shumway-Cook A, Woollacott MH. Theory and practical applications. *Motor Control.* 1995:89-90.
- Song J, Yoo W. Effect of backward versus forward lunge exercises on trunk muscle activities in healthy participants. *Phys Ther Kor.* 2021;28(4):273-9.
- Steinweg KK. The changing approach to falls in the elderly. *Am Fam Physician.* 1997;56(7):1815-23.
- Westfall DC, Worrell TW. Anterior knee pain syndrome: Role of the vastus medialis oblique. *J Sport Rehab.* 1992;1(4):317-25.
-