요통 유무에 따른 20대 성인의 넙다리뒤근에 적용한 두 가지 근에너지 기법 종류에 따른 골반 경사각 및 넙다리뒤근 길이에 미치는 즉각적 효과 비교

황리경¹, 김선엽²

¹대전대학교 보건의료대학원 물리치료학과, ²대전대학교 보건의료과학대학 물리치료학과

Comparison of the Immediate Effects of Two Types of Muscle Energy Techniques Applied to the Hamstring of Adults in Their Twenties With or Without Low Back Pain on the Pelvic Inclination and the Length of the Hamstring

Lee-kyeong Hwang¹, PT, BHSc, Suh-yeop Kim², PT, PhD

¹Department of Physical Therapy, Graduate School of Health and Medicine, Daejeon University, ²Department of Physical Therapy, College of Health and Medical Science, Daejeon University, Daejeon, Korea

Article Info

Received November 4, 2021

Revised December 2, 2021

Accepted December 3, 2021

Corresponding Author

Suh-yeop Kim

E-mail: kimsy@dj.u.kr

<https://orcid.org/0000-0002-0558-7125>

Key Words

Active Therapeutic Movement
Hamstring
Low back pain
Muscle energy technique
Pelvic inclination

Background: Lower back pain (LBP) is a major cause of disability and a common musculoskeletal disorder encountered at some point in life. Dysfunction of the lumbar vertebrae has been associated with decreased flexibility of the hamstrings, which exhibited a strong positive correlation with LBP. Hamstring tension affects lumbar pelvic rhythm. We aimed to activate pelvic stability with compression by Active Therapeutic Movement (ATM), muscle energy technique (MET) was applied to increase the flexibility of the hamstring.

Objects: In this study, we aimed to investigate the effects of MET with ATM and general MET were applied to the hamstring of adults, who were in their twenties with nor without LBP, on their pelvic inclination and the length of their hamstring.

Methods: A total of 32 subjects were briefed about the purpose of this study and agreed to participate voluntarily. Before the experiment, all subjects were pre-examined, and they were divided into an LBP group and a no lower back pain group accordingly. Thereafter, all subjects participated in both in a crossover manner. After at least one week, they switched to another group and participated in the same experiment.

Results: The study results revealed that both groups demonstrated significant results in the modified active knee extension test ($p < 0.01$) and the sit and reach test ($p < 0.01$) performed to assess the hamstring flexibility; an interaction ($p < 0.05$) was noted. Moreover, a more significant difference was observed between the MET with ATM and the general MET. Although significant results were obtained for the pelvic inclination ($p < 0.01$), interaction was not noted.

Conclusion: Conclusively, in this study, when the MET with ATM was applied to the two groups, there was a significant difference compared to the general MET for hamstring flexibility, but it was confirmed that there was no significant difference for the pelvic inclination.

INTRODUCTION

요통(lower back pain)은 전 세계적으로 장애의 주요인이며 만성 요통은 70%~85%의 사람들에게 일생 중 어느 시점에 흔히 나타나는 근골격계 질환이다[1,2]. 만성 요통은 보행 시 통증으로 인해 운동 조절 부족으로 반복적이고 장기적인 스트레스가 척추에 가해진다[3]. 만성 요통은 12주 이상의 지속적인 요통으로 정의되며[4-6], 균형 장애, 운동 조절 결함, 조절 전략 변경 및 몸통 근육 활동의 보상작용이 나타난다[2]. 만성 요통은 정서적 기능과 웰빙 감각에 치명적인 영향을 끼칠 수 있으므로[1], 요통을 가진 환자는 사회적 또는 심리적인 고통에 대해서도 평가해야 한다[6].

허리뼈와 골반의 운동범위 및 자세 관찰은 요통 환자의 기본적인 신체검사 중 하나이며 허리뼈의 운동범위 측정은 척추 기능장애를 결정하기 위한 임상 척추 검사에서 주로 쓰인다[7,8]. 골반의 중립 자세는 시상면에서 앞위엉덩뼈가시(anterior superior iliac spine)가 두 덩굴합(pubis symphysis)과 동일한 수직면에 위치할 때라고 정의하며 이는 앞위엉덩뼈가시와 뒤위엉덩뼈가시(posterior superior iliac spine; PSIS)를 이은 선이 수평이며 기울어지지 않음을 나타낸다[9]. 골반의 경사는 수평면과 앞위엉덩뼈가시 및 뒤위엉덩뼈가시의 각 중간 지점을 지나는 선과의 각도이며 사람들은 서있는 자세에서 골반의 전방 경사 각도는 11~13도 정도이다[9,10]. 과도한 전방 골반경사에 의한 척추와 엉치엉덩관절에 과도한 스트레스로 인해 요통이 발생할 수 있다[10]. 자세의 기울어짐과 다리 길이 차이를 확인하기 위해 경사각도계를 이용하며, 캘리퍼의 양 끝을 각각 앞위엉덩뼈가시와 뒤위엉덩뼈가시에 위치시켜 중력 경사계의 각도를 읽는다[11].

요통은 다인성 기능장애이며 잠재적인 요인 중 하나는 엉덩관절이기에 엉덩관절의 굽힘과 펴는 운동범위 결손은 요통의 정도와 상관성을 가진다[12,13]. 엉덩관절의 굽힘 움직임은 골반의 회전과 골반에서 하지의 굽힘으로 2가지 요소로 구성된다. 그리고 골반 회전은 엉덩관절 굽힘 시 처음 8도 동안 발생하므로 환자의 넓다리관과 골반, 그리고 허리뼈의 장애를 평가하고 치료 시에 이런 구조 간에 시너지 효과를 일으킨다[12,14]. 따라서 정확한 엉덩관절의 운동범위 측정은 엉덩관절과 허리 장애의 평가와 치료에 중요하다[12]. 허리뼈에 전만, 전방 골반경사 그리고 엉덩관절 펴는 움직임은 최대 에너지를 절약하는 양측 보행 시에 동일하게 영향을 준다[15]. 골반은 직립 자세에서 엉덩관절 펴고 허리뼈 전만의 결합으로 최소한의 에너지를 사용한다[16].

환자들이 휴식할 때와 일할 때 발생하는 요통에 대해 시각적 상사 척도(visual analog scale; VAS)와 한국판 오스웨스트리 기능장애 지수(Korean Oswestry disability index; KODI)로 평가할 수 있다[17]. ODI는 척추 질환에 대해 일반적으로 검사하는 항목으로 신체 활동에 대해 통증과 일상생활의 제한 수준을 평가하는 10개의 항목으로 구성된다[18]. 한국의 문화적 적응을 바탕으로 KODI는 검사항목 간에 신뢰성, 내적 일치도, VAS와의 상관관계에서 KODI의 영문 버전과 유사하다[18]. 그리고 통증 강도를 측정하기 위해 피험자가 쉽게 이해하고

사용하기 쉬운 VAS의 사용은 상대적 통증 척도에 대해 구두 검사보다 우수하다[19].

허리뼈-골반 운동학에 대한 최근 연구에 의하면 요통 없는 사람에 비해 요통이 있는 사람이 더 작은 몸통과 허리뼈, 골반의 관절가동범위, 느린 움직임, 지연된 골반 대 허리뼈의 움직임 그리고 완전한 굽힘 자세에서의 허리뼈 펴는 근육의 과도한 활동을 하는 것으로 나타났다[20]. 넓다리뒤근(hamstring)의 긴장은 일반적으로 하지직거상 검사(straight leg raise; SLR)를 이용해 측정하고 있다[21]. 그러나 기존 SLR 검사는 근육이나 다른 신경학적인 문제에 대해 정확한 원인 파악이 어려워 임상적으로 근육 길이 평가보다는 신경 역동학적 검사로 유용하기에 능동적 무릎 펴기(active knee extension; AKE) 검사를 이용하는 경우가 증가하고 있다[21,22]. AKE 검사는 엉덩관절을 90도 굽힌 상태에서 능동적으로 무릎을 펴도록 하여 넓다리뒤근의 긴장 정도를 측정하며, 정상인에서 무릎의 운동범위는 20도 이내이다[21,22].

감소된 넓다리뒤근의 유연성은 허리뼈의 기능장애와 관련이 있으며, 넓다리뒤근 유연성과 요통 사이에 강한 양의 상관관계를 보여준다[23]. 근에너지기법(muscle energy technique; MET)은 표적 근육군에 자발적인 등척성 수축을 이용하는 도수 기법 중 하나이며, 주로 정골의학 분야에서 널리 이용되고 있다[24]. 근에너지기법과 고유수용성 신경근 촉진법(proprioceptive neuromuscular facilitation)에서 사용되는 유사한 기법이며, 등척성 수축 후에 이루어지는 방법으로 정적인 스트레칭보다 단축된 근육의 긴장을 개선하는 데 더 효과적이라고 알려져 있다[24,25]. 단축되거나 구축된 근육을 늘리고, 근육을 강화하며, 림프 또는 정맥 펌프를 통해 체액 및 혈액의 배출을 도우며, 운동범위가 제한된 관절의 가동범위를 늘리는 데 이 기법이 효과적이다[26]. 근육이 늘어난 위치에서 등척성 수축을 할 때 동반되는 결합조직의 긴장은 그 관절에 가동범위 증가를 보여주며, 정적 스트레칭과 비교할 때 수축-이완 기법 적용이 유연성 증가가 더 많이 일어난다고 하였다[26].

Active Therapeutic Movement Version 2 (ATM2; Back Project Corporation, Sunnyvale, CA, USA) 장비는 원래 척추부 통증을 치료하도록 설계된 장비이나 임상에서는 주로 목과 골반부, 엉덩이, 무릎 및 어깨 질환의 치료를 위해 사용되고 있다. 체간부에 압박을 가해주도록 고안된 이 장비를 이용해 대상자가 통증이 없는 움직임의 끝 범위에 위치를 하고 반복적인 등척성 운동을 실시하게 하여, 코어 안정화 근육을 활성화하고 근작용을 촉진시킬 수 있도록 고안되었다[27]. 본 연구에서는 ATM2 장비를 이용하여 대상자들의 코어 및 골반부를 안정화시키는 것이 넓다리뒤근의 긴장을 위해 시행하는 근에너지기법에 어떠한 영향을 주는가를 알아보고자 하였다.

따라서, 본 연구의 목적은 현재 요통을 경험하고 있는 대상자(요통군)와 요통을 경험하고 있지 않은 대상자(비요통군)를 대상으로, 넓다리뒤근에 체간압박 장비를 이용한 근에너지기법의 적용(MET-ATM군)과 장비를 이용하지 않은 일반적 근에너지기법 적용(MET군) 전후에 골반 경사각과 넓다리뒤근 길이의 즉각적 변화를 비교해 보고자 하였다.

본 연구의 구체적인 가설은 다음과 같다. 첫째, 근에너지기법 적용

전후에 요통군과 비요통군 모두 넙다리뒤근 길이와 골반 경사각은 유의한 변화가 있을 것이다. 둘째, MET-ATM군과 MET군 간에 중재 적용 전후에 측정 변수들의 차이값은 유의한 차이가 있을 것이다. 셋째, 요통군과 비요통군 간에 두 MET 중재법 적용 전후의 넙다리뒤근 길이와 골반 경사각의 변화 정도는 차이가 있을 것이다.

MATERIALS AND METHODS

1. 연구대상자

이 연구를 위해 필요한 대상자 수를 산출하기 위해 Cohen의 표본추출 공식에 따른 표본 수 계산 프로그램인 G*Power 3.1.9.2 프로그램(University of Kiel, Kiel, Germany)을 이용하였다. 본 연구에 연구설계는 교차설계법(cross-over design)을 이용하였고, 두 중재군 간에 중재 전후의 차이를 비교하기 위하여 개체 간 요인이 있는 반복측정 분산분석을 이용하였다. 이때 효과 크기 0.25, 유의수준 0.05, 검정력 0.9로 설정한 후 표본 크기를 산출한 결과, 전체 표본 최소 크기는 30명이었다. 실제 연구 과정 중 탈락률을 10%로 감안하여 33명을 모집하였다. 대상자 모집은 대전광역시에 위치한 대전대학교에 재학 중인 대학생을 대상으로 실시하였으며 모든 연구대상자에게 본 연구의 목적과 절차에 대하여 구두로 설명하였고 실험에 자발적으로 참여한 자만 실험에 참가하였다.

연구대상자의 선정 조건은 다음과 같다: (1) 현재 요통이 없는 자(비요통군) 또는 과거 6주 이내에 요통을 경험한 자($VAS < 4$: 요통군); (2) 넙다리뒤근에 근에너지기법 적용 시 통증이나 불편감이 발생되지 않는 자; (3) 본 연구 목적을 이해하고 서면 동의한 자; (4) 수정된 능동적 무릎 펴기(modified active knee extension) 검사를 통해 넙다리뒤근의 단축 기준인 160도 미만인 자[22]. 제외 조건은 다음과 같다: (1) 최근 6주 이내에 허리 부위에 의학적 진단을 받고 시술 또는 수술을 받은 경험한 자; (2) 현재 허리뼈에 골절이 발생된 자; (3) 현재 요통으로 최근에 물리치료를 받았거나, 약물을 복용하고 있는 자; (4) 현재 계통학적으로 암이나 신경학적, 심폐계에 질환을 동반한 자; (5) 현재 임신 중인 자이다.

2. 연구 절차

본 연구의 목적을 이해하고 스스로 참여한 대상자는 총 32명이었다. 요통군은 요통 수준이 더 심한 쪽을 선택하였고, 비요통군은 우세발 쪽의 골반을 선택하여 측정하였다. 요통의 발생 부위가 양측이거나 중앙부인 경우 우세발 쪽의 골반에서 측정하였다. 실험에 앞서 대상자에게 요통 유무 및 넙다리뒤근의 길이 측정에 대해 충분히 설명 후 모집하였다. 연구절차는 다음과 같다(Figure 1). 먼저, KODI 평가지 및 요통에 대한 설문지를 통해 요통군 및 비요통군으로 구분하였다.

본 연구의 연구 설계법은 교차 설계법(cross-over design)을 이용하였다. 교차연구는 대상자들이 서로의 대조군이 되어 오차가 적고 적은 수의 대상자들로 연구할 수 있다는 이점이 있다. 교차설계 연구를 적용

하기 위해 ATM을 이용한 MET 적용(MET-ATM군)과 일반적인 MET 적용(MET군)의 순서를 무작위로 나누었다. 두 중재 적용 전후로 대상자들은 넙다리뒤근의 길이 측정과 유연성 검사, 골반의 경사각을 각각 측정하였다. 이후 최소 1주일의 시간 경과 후 각자 다른 중재를 적용하였고, 2차 중재 전후로 동일한 측정을 하였다. 본 연구는 대전대학교 기관생명윤리위원회의 승인을 받은 후 진행되었다(Approval number: 1040647-202104-HR-006-03).

3. 중재 방법

1) 일반적인 MET 기법 적용방법

넙다리뒤근에 적용하는 중재는 근에너지기법 중 하나인 등척성 수축 후 이완(post-isometric relaxation)기법을 이용하였다(Figure 2). 이 기법의 적용 방법은 대상자가 바로 누운 자세로 연구자는 대상자의 엉덩관절을 수동적으로 긴장감이 느껴질 때까지 굽힘시키며 무릎이 굽혀지지 않도록 고정하였다. 대상자의 발목은 연구자의 어깨 위에 놓고 발바닥 굽힘이 되지 않도록 주의하며 연구자는 손을 이용해 발목을 고정하였다. 대상자는 넙다리뒤근의 스트레칭 되는 감각을 보고하며 연구자의 어깨 위로 발목을 밑으로 누르며 7-10초 동안 엉덩관절 펴기의 등척성 수축(최대 수축력의 25%)을 실시하였다. 그 후 2-3초의 이완을 실시하고 연구자가 수동적으로 대상자의 엉덩관절을 굽힘시키며 넙다리뒤근의 팽팽함을 느끼고 버틸 수 있을 만큼의 위치에서 30초간 유지하였다. 이후 다리를 테이블 위에 올려놓고 짧은 휴식(약 10초)을 가졌다. 이 절차는 총 3회 반복하였다[23,28].

2) ATM을 이용한 MET 기법 적용방법

대상자는 ATM2 기구에 바로 선 자세로 위치하고, 두 개의 스트랩을 이용하여 골반 부위와 체간 부위를 각각 고정하여 압박력을 제공하였다. ATM 장비는 체간에 압박력을 적용하여 몸통에 안정성을 제공함으로써 심부 근육의 활성화를 촉진시키기 위해 사용하였고, 대상자가 엉덩관절 굽힘 동작의 통증이 없는 끝 범위에서 반복적인 등척성 수축을 시행하였다. 측정하고자 하는 다리를 긴장감이 느껴질 때까지 들어 올리며 넙다리뒤근의 스트레칭 되는 감각을 보고하였고 연구자의 손을 이용하여 무릎 펴기와 발목을 고정하였다. 7-10초 동안 엉덩관절 펴기의 등척성 수축(최대 수축의 25%)을 실시하기 위해 연구자는 대상자에게 발뒤꿈치 밑으로 누르라고 지시하였다. 그 후 2-3초의 이완을 실시하고 연구자가 수동적으로 대상자의 엉덩관절을 굽힘시키며 넙다리뒤근의 팽팽함을 느끼고 버틸 수 있을 만큼의 위치에서 30초간 유지하였다. 이후 다리를 바닥에 대고 짧은 휴식(약 10초)을 가졌다. 이 절차는 총 3회 반복하였다(Figure 2).

4. 평가 방법

1) 요통 수준

대상자 중 요통이 있는 대상자의 통증 수준을 평가하기 위해 시각적 상사 척도(VAS)를 사용하였다. 이 평가법은 10 cm 길이의 선으로 한쪽

Figure 1. Cross-over study design. ATM, active therapeutic movement.

Figure 2. Methods of application of the muscle energy technique (MET). (A) General MET technique. (B) Method of applying MET technique with active therapeutic movement.

끝에는 통증이 없음을 기록하고 다른 끝에는 참기 어려운 통증을 기록하게 되어 있다. 환자는 그 당시에 느끼는 통증을 선 위에 기입하여 통증의 변화를 파악할 수 있다. VAS는 고정된 간격 척도, 상대적 통증 척도 및 통증에 대한 구두 검사보다 우수하다[19]. VAS는 급성 통증 측정 시에 매우 신뢰할 수 있는 도구이다[29]. 점수는 실험 전후에 실시하여 측정하였다. 세 번의 평가 시 각각의 스피어맨(Spearman) 상관계수는 각각 0.94, 0.91, 0.95로 높은 값을 가진다[19].

2) 허리 기능장애 수준

허리의 기능장애 수준을 평가하기 위해 한국판 오스웨스트리 기능장애 지수(KODI)를 이용하였다. KODI는 기존 ODI의 총 10개 항목 중 성생활을 제외한 총 9개의 문항으로 구성된다. 항목으로는 통증 강도, 개인적 관리, 들기, 걷기, 앉아 있기, 서있기, 잡자기, 사회생활, 여행으로 나누어지며 항목마다 요구하는 일상생활에 준하여 자세를 측정하였다. 총 소요 시간은 설문지 작성으로 요구되는 시간이며 점수는 실험 전후에 실시하여 측정하였다. KODI의 신뢰도(Cronbach's alpha)는 0.92이며, 각 문항당 신뢰성 계수는 0.7 이상이다[30].

3) 골반의 경사 각도 측정

대상자들의 골반의 경사각을 측정하기 위해 경사 각도기(Acuangle inclinometer, Baseline; Kom Kare Company, Middletown, OH, USA)를 이용하였다. 측정 자세는 바로 선 자세(중립 자세)와 몸통을 최대한 앞으로 구부린 자세에서 각각 골반의 경사각을 측정하였다. 골반 경사각의 측정은 요통군은 요통 수준이 더 심한 쪽을 비요통군은 우세발 쪽의 골반을 선택하여 측정하였다. 요통의 발생 부위가 양측이거나 중앙부인 경우 우세발 쪽의 골반에서 측정하였다.

(1) 중립 자세에서의 골반 경사각 측정

중립자세에서의 골반 경사각 측정 방법은 전방의 한 지점을 주시하며 최대한 편안한 자세로 양발을 어깨너비로 서게 하였다. 연구자는 대상자의 앞위엉덩뼈가시의 가장 두드러진 부위에 확인하기 쉽도록 스티커로 고정하였고 뒤위엉덩뼈가시 또한 위치를 파악한 후 스티커를 통해 여러 번 측정하였을 때 오류를 최소한으로 하기 위하여 부착하였다. 경사 각도기의 한쪽은 앞위엉덩뼈가시에 다른 한쪽 끝은 뒤위엉덩뼈가시 위에 오도록 한 다음, 측정기에 수치를 기록하였다. 이러한 과정을 중재 전후 3회 반복하여 측정한 후, 그 값들의 평균값을 측정치로 사용하였다. 본 검사의 급내 상관 계수는 0.87로 높은 신뢰성을 가진다[31].

(2) 몸통 전방 굽힘 자세에서의 골반 경사각 측정 방법

측정측 무릎의 가쪽 관절선에서 정강뼈를 따라 가쪽 복사뼈까지의 길이를 측정하여 이 길이를 "T"라고 설정하고, 뒤위엉덩뼈가시를 촉진하여 지면과의 동일 높이의 수평선을 그려 "L"이라 설정하였다. 지면에 그어놓은 선 위에 대상자들은 신발을 벗고 어깨너비만큼 다리를 벌려

등은 선 위에 위치하도록 하였다. 대상자들이 앞으로 구부리는 기준점은 개개인의 T의 거리만큼 막대를 지면으로부터 띄워 위치하도록 하였다. 골반 경사 각도기는 L라인 위의 중앙지점에 위치하였고 피부 위에서 천골과의 접촉을 유지하기 위해 단단히 밀착하였다. 시작 위치에서 연구자가 골반 경사 각도기의 값을 확인하고 대상자들은 무릎 각도가 유지되도록 주의하며 부드러운 동작으로 앞으로 구부려 바를 만지도록 하였다. 즉각적인 판독값을 읽으며 수치를 기록하여 이를 전방 경사각으로 측정하였다[32,33]. 이러한 과정을 중재 전후 3회 반복하여 측정한 후, 그 값들의 평균값을 측정치로 사용하였다.

4) 넙다리뒤근의 길이 측정

넙다리뒤근의 길이를 평가하기 위해 수정된 능동 무릎 펴 검사와 앉은 자세에서 앞으로 뻗기 검사를 실시하였다. 넙다리뒤근 길이 측정은 요통군은 요통 수준이 더 심한 쪽을 선택하였고, 비요통군은 우세발 쪽의 다리를 선택하여 측정하였다. 요통의 발생 부위가 양측이거나 중앙부인 경우 우세발 쪽의 다리에서 측정하였다.

(1) 수정된 능동 무릎 펴 검사

넙다리뒤근의 길이를 측정하기 위해 수정된 능동적 무릎 펴(AKE) 검사를 시행하였다. 수정된 능동적 무릎 펴 검사를 시행하기 위해 대상자는 단단한 테이블 위에 바로 누운 자세를 취하였다. 비측정측 무릎의 펴를 유지하기 위해 스트랩으로 고정하였고 측정측 무릎과 엉덩관절은 각각 90도로 굽힌 자세를 유지하기 위해 다리 높이 크기의 책상으로 수동적으로 지지하여 자세를 유지하였다. 대상자의 자세는 연구자에 의해 지속된 모니터링을 진행하였다. 대상자들은 발을 편안히 유지하며 굽힘된 무릎을 최대한 펴도록 지시받으며 다른 제한점을 줄이기 위해 발바닥 굽힘을 유지하였다. 끝 위치를 5초간 유지하여 골반 경사 각도를 측정 시에 사용했던 경사 각도기를 이용하여 무릎관절의 펴 각도를 측정하였다. 각도기는 기준값 확인을 위해 수평면에서 0도를 확인하여 설정하였으며 정강뼈 결절의 먼 쪽에 위치하였다[22]. 본 평가의 끝 지점은 넙다리뒤근의 통증 기준에 의해 결정되었으며 대상자가 엉덩관절 90도 굽힘과 무릎의 160도 이상의 펴를 유지할 수 없는 경우 넙다리뒤근의 단축으로 고려하였다[22]. 급내 상관 계수는 매우 높은 신뢰도를 가지며[34], 검사 및 재검사 측정에 대한 검사자 내 상관계수는 왼쪽 하지에 대해 0.99, 오른쪽 하지에 대해 0.99이다[22]. 이러한 과정을 중재 전후 3회 반복하여 측정한 후, 그 값들의 평균값을 분석에 사용하였다.

(2) 앉은 자세에서 앞으로 뻗기 검사

넙다리뒤근의 유연성을 측정하기 위해 좌전굴 측정계(Sitting Trunk Flexion Meter, TAKEI, Niigata, Japan)를 이용하여 앉은 자세에서 앞으로 뻗기 검사(Sit and reach test; SRT)를 실시하였다. 대상자는 측정하고자 하는 다리의 발바닥을 측정기에 완전히 닿도록 하며 무릎은 굽힘되지 않도록 하였다. 그리고 비측정측 다리는 엉덩관절 135도,

무릎관절 90도로 굽힘시켜 발바닥이 바닥에 닿도록 하였다. 대상자들의 팔, 팔꿈치, 손가락과 손바닥을 완전히 뻗은 상태로 엉덩관절과 몸통을 최대한 앞으로 구부려 측정 판을 밀도록 지시하였다[35,36]. 끝 지점에서 5초간 유지하도록 하며 이러한 과정을 중재 전후로 총 3회 측정했으며 그 평균값을 분석에 사용하였다. 본 검사의 급내 상관계수는 0.76으로 높은 신뢰성을 가진다[21].

5. 분석 방법

수집된 모든 자료의 통계처리를 위해 측정된 자료를 부호화한 후 윈도우용 SPSS version 25.0 통계 프로그램(IBM Corp., Armonk, NY, USA)을 이용하였다. 측정된 변수들의 정규성 검정을 위하여 콜모로프-스미르노프 검정(Kolmogorov-Smirnov test)을 시행하였고 측정된 변수들이 정규분포함을 확인하였다. 대상자의 일반적 특성은 기술 통계를 이용하여 분석하였고, 측정된 모든 변수의 평균과 표준편차, 빈도수로 산출하였다. 요통군과 비요통군별로 두 가지 군에너지기법 적용 전후에 측정값의 차이를 비교를 위해 이요인 반복측정 분산분석(two-way repeated measure analysis of variance)을 이용하였다. 유의한 차이가 있을 경우 사후검정으로 본페로니(Bonferroni) 검정을 실시하였고, 통계학적 유의수준은 $\alpha = 0.05$ 로 정하였다.

RESULTS

1. 연구대상자의 일반적인 특성

연구대상자는 현재 요통을 경험하고 있는 대상자 16명과 요통을 경험하고 있지 않은 자 16명이 참여하였고, 대상자들의 일반적 특성은

Table 1에 제시하였다.

2. 두 군의 세정기간(washout) 전후에 중재 전 측정값의 차이

연구설계가 교차설계를 이용하기 때문에, MET-ATM군과 MET군은 모두 1차 중재 참여 후에 최소 1주일의 세정기간을 가졌고, 그 후 다른 중재를 적용하여 측정변수의 1차 중재 전 측정값과 2차 중재 전 측정값을 비교하였다. 이는 두 가지 중재법의 적용 전 대상자들의 측정값에 동일성을 알아보기 위함이다(Table 2). 요통군에서 MET-ATM와 MET 중재 전 측정값들은 모두 유의한 차이가 없었다: AKE ($t = -0.133$, $p = 0.895$), SRT ($t = -0.087$, $p = 0.931$), FB ($t = 0.299$, $p = 0.767$). 그리고 비요통군에서도 두 중재를 적용하기 전 값들도 모두 유의한 차이가 없었다: AKE ($t = 0.259$, $p = 0.797$), SRT ($t = -0.147$, $p = 0.884$), FB ($t = -0.738$, $p = 0.466$). 따라서 두 중재를 위한 1주일의 기간을 세정기간으로 충분함을 확인하였다.

3. MET-ATM군과 MET군 간에 넓다리뒤근 유연성의 변화 비교

중재 전후에 넓다리뒤근의 유연성 변화를 평가하기 위해 수정된 능동 무릎 펴기(AKE) 검사와 좌전굴(SRT) 검사를 실시하였다(Table 3).

MET-ATM군과 MET군 모두 중재 전후에 AKE 각도는 유의한 증가를 보였고($p < 0.01$), 군과 시간 간에 유의한 상호작용이 있었다($p < 0.05$). MET-ATM군이 MET군보다 중재 후에 AKE각도에 더 큰 증가를 보였다($p < 0.01$). 이러한 변화는 요통군과 비요통군 모두 유사한 결과를 보였고, 각 중재 방법별 중재 전후에 AKE의 차이값은 요통군과 비요통군 간에 차이는 없었다.

MET-ATM군과 MET군 모두 중재 전후에 SRT값은 유의한 증가

Table 1. General characteristics of subjects

Variables (units)	LBP (n = 16)	NLBP (n = 16)	t/χ^2
Age (y)	23.4 ± 2.9	23.8 ± 2.7	-0.541
Height (cm)	169.9 ± 8.1	169.1 ± 11.5	0.302
Weight (kg)	69.6 ± 16.6	63.7 ± 13.1	1.571
Sex (male/female)	10/6	9/7	2.250
Test side (right/left)	8/8	12/4	4.000
VAS (point)	3.41 ± 0.82		
KODI (%)	14.58 ± 7.05		

Values are presented as mean ± standard deviation or number. LBP, lower back pain group; NLBP, no lower back pain group; VAS, visual analog scale; KODI, Korean Oswestry disability index.

Table 2. Comparison of measured variable values in pre and post washout period

Groups	Variables	MET + ATM	MET	t
LBP (n = 16)	AKE (°)	44.69 ± 9.58	45.15 ± 9.90	-0.133
	SRT (cm)	1.57 ± 9.29	1.87 ± 10.33	-0.087
	FB (°)	24.90 ± 13.53	23.63 ± 10.30	0.299
NLBP (n = 16)	AKE (°)	43.83 ± 9.04	43.00 ± 9.13	0.259
	SRT (cm)	1.81 ± 9.25	2.28 ± 8.84	-0.147
	FB (°)	21.29 ± 6.25	22.96 ± 6.53	-0.738

Values are presented as mean ± standard deviation. MET + ATM, muscle energy technique with active therapeutic movement; MET, muscle energy technique; AKE, active knee extension test; SRT, sit and reach test; FB, forward bending; LBP, lower back pain; NLBP, no lower back pain.

Table 3. Comparison of active knee extension values in pre and post between muscle energy technique and muscle energy technique with active therapeutic movement

AKE (°)		MET + ATM (n = 16)	MET (n = 16)	t	F (group x time)
LBP (n = 16)	Pre	44.69 ± 9.58	45.15 ± 9.90	-0.133	16.480*
	Post	52.69 ± 7.36	48.76 ± 9.01	1.351	
	Diff	-8.00 ± 3.51	-3.61 ± 2.53	4.060**	
	t	-9.120**	-5.715**		
NLBP (n = 16)	Pre	43.83 ± 9.04	43.00 ± 9.13	0.259	17.100*
	Post	52.23 ± 9.07	46.79 ± 8.58	1.742	
	Diff	-8.40 ± 3.76	-3.79 ± 2.39	4.134**	
	t	-8.937**	-6.339**		

Values are presented as mean ± standard deviation. AKE, active knee extension test; MET + ATM, muscle energy technique with active therapeutic movement; MET, muscle energy technique; LBP, lower back pain; NLBP, no lower back pain; Diff, difference. *p < 0.05, **p < 0.01.

Table 4. Comparison of sit and reach test values in pre and post between muscle energy technique and muscle energy technique with active therapeutic movement

SRT (cm)		MET + ATM (n = 16)	MET (n = 16)	t	F (group x time)
LBP (n = 16)	Pre	1.57 ± 9.29	1.87 ± 10.33	-0.087	5.241*
	Post	5.96 ± 8.26	4.21 ± 9.90	0.543	
	Diff	-4.39 ± 2.32	-2.33 ± 2.73	2.289*	
	t	-7.568**	-3.414**		
NLBP (n = 16)	Pre	1.81 ± 9.25	2.28 ± 8.84	-0.147	6.099*
	Post	6.19 ± 9.36	4.58 ± 8.79	0.500	
	Diff	-4.38 ± 2.80	-2.30 ± 1.86	2.464*	
	t	-6.253**	-4.937**		

Values are presented as mean ± standard deviation. MET + ATM, muscle energy technique with active therapeutic movement; MET, muscle energy technique; SRT, sit and reach test; LBP, lower back pain; NLBP, no lower back pain; Diff, difference. *p < 0.05, **p < 0.01.

Table 5. Comparison of forward bending values in pre and post between muscle energy technique and muscle energy technique with active therapeutic movement

FB (°)		MET + ATM (n = 16)	MET (n = 16)	t	F (group x time)
LBP (n = 16)	Pre	24.90 ± 13.53	23.63 ± 10.30	0.299	0.226
	Post	28.25 ± 12.95	27.56 ± 10.00	0.168	
	Diff	-3.35 ± 3.58	-3.94 ± 3.35	-0.476	
	t	-3.751**	-4.706**		
NLBP (n = 16)	Pre	21.29 ± 6.25	22.96 ± 6.53	-0.738	3.164
	Post	27.71 ± 7.31	26.77 ± 7.67	0.354	
	Diff	-6.42 ± 5.23	-3.81 ± 2.65	1.778	
	t	-4.911**	-5.762**		

Values are presented as mean ± standard deviation. MET + ATM, muscle energy technique with active therapeutic movement; MET, muscle energy technique; FB, forward bending; LBP, lower back pain; NLBP, no lower back pain; Diff, difference. *p < 0.05, **p < 0.01.

를 보였고(p < 0.01), 군과 시간 간에 유의한 상호작용이 있었다(p < 0.05). MET-ATM군이 MET군보다 중재 후에 SRT값에 더 큰 증가를 보였다(p < 0.01). 이러한 변화는 요통군과 비요통군 모두 유사한 결과를 보였고, 각 중재 방법별 중재 전후에 SRT값의 차이값은 요통군과 비요통군 간에 차이는 없었다(Table 4).

4. MET-ATM군과 MET군 간에 골반경사 각도의 변화 비교

중재 전후에 몸통 전방 굽힘 시에 골반의 움직임을 평가하기 위해 골반경사(FB) 각도를 측정하였다(Table 5). MET-ATM군과 MET군 모두 중재 전후에 FB값은 유의한 증가를 보였다(p < 0.01). 그러나 군과 시

간 간에 유의한 상호작용은 없었다(p > 0.05). 즉 MET-ATM군과 MET군 모두 중재 후에 FB값은 유의한 증가를 보였으나 두 군 간에는 차이가 없었다. 이러한 변화는 요통군과 비요통군 모두에서 유사한 결과를 보였고, 각 중재 방법별 중재 전후에 FB값의 차이값은 요통군과 비요통군 간에 차이는 없었다.

DISCUSSION

허리뼈 골반 운동학에서 몸통, 허리뼈, 골반의 관절가동범위(range of motion), 국소적 움직임의 타이밍, 근육 활성화, 운동 지속시간, 운

동 협응 그리고 자세와 같은 다양한 매개 변수를 포함한 연구의 결과에서 요통 유무에 따라 운동 범위의 차이가 나타났다[20]. 골반의 전방 및 후방 움직임들은 다양한 근육들의 작힘에 의해 형성된다[37]. 전방 굽힘 시 허리뼈 굴곡과 골반 회전이 결합된 허리뼈-골반 리듬이 형성된다[32,33]. 넓다리뒤근 긴장은 허리뼈 골반 리듬에 영향을 미치며 약해지면 전방 굽힘이 자주 나타나며 시상면 척추 커브의 수정과 연관이 있을 수 있다[32,38].

전방 굽힘 시 엉덩관절과 허리뼈 운동 패턴 순서의 변화는 요통을 유발할 수 있는 위험요소이다[4]. 궁둥결절로부터 시작된 넓다리뒤근의 유연성이 떨어지면 골반의 전방 경사를 제한하며 골반에서 일어나야 하는 굽힘 범위를 제한하여 허리뼈의 굽힘을 증가시키고 반복적으로 과다하게 사용하여 요통을 유발한다[32,33,39-41]. 짧은 넓다리뒤근은 요통의 일반적인 위험요소이다. 넓다리뒤근의 유연성이 감소되면 부상, 비특이성 요통, 허리뼈 골반 리듬의 변화를 일으키는 요인으로 작용한다[40].

López-Miñarro 등[40]에 따르면 넓다리뒤근은 넓다리두갈래근의 짧은 머리를 제외하고 좌골 결절에 몸쪽부에 부착되어 있다. 이는 골반의 좌골결절에서 시작되기에 넓다리뒤근의 긴장은 골반 자세에 영향을 미친다. Fasuyi 등[32]은 요추에 작용하는 근육의 비정상적인 유연성은 요추에 작용되는 하중 방향과 변화를 감소시켜 요통의 요인으로 작용할 수 있으며 대표적인 근육으로는 넓다리뒤근이라고 하였다. Jangdre Reis와 Macedo [38]는 이전 연구에는 넓다리뒤근 길이 측정 시 골반이 후방 경사되지 않도록 넓다리뒤근 스트레칭을 수행해야 하며, 전방 경사 자세가 넓다리뒤근의 유연성 증가에 영향을 미친다고 하였다. 따라서 본 연구에서는 20대 성인 중 넓다리근의 길이가 짧은 대상자들 중 요통군과 비요통군에게 두 가지의 MET 기법을 적용하였을 때 넓다리근의 길이 및 유연성 변화와 골반의 경사각에 미치는 영향에 대해 알아 보았다.

Gajdosik과 Lusin [22]은 AKE 검사가 임상 및 연구자 모두에게 넓다리뒤근의 긴장도를 측정하는 신뢰할 수 있는 방법을 제공하며 근육의 긴장도를 기록할 수 있어야 한다고 하였다. 치료사는 설명된 절차가 능동적인 엉덩관절 굽힘과 무릎 펴를 할 수 있는 신경학적 장애가 없는 대상으로 제한해야 한다고 하였다. Norris와 Matthews [21]는 넓다리뒤근의 긴장은 전통적으로 SLR 검사를 통해 측정되었으나 다른 신경학적인 문제에 원인 파악이 어렵고 근육 길이보다는 신경학적 검사로 유용하기에 AKE 검사를 실시하였다.

Gajdosik과 Lusin [22]은 대상자들의 AKE 검사 시행 시 엉덩관절을 90도로 굽힘하여 금속 프레임 장치에 대퇴부 앞면과 접촉을 유지하도록 한 후 실시하였고, Connor 등[34]은 대상자들의 측정측 엉덩관절 90도 굽힘하여 손으로 고정하고 폼 롤러를 다른 다리 밑으로 위치하여 측정하였다. Fasuyi 등[32]은 대상자들의 넓다리에 위치를 손과 멀어지지 않도록 지시하여 시행하였다. 따라서 본 연구에서는 대상자들의 측정측 엉덩관절을 90도 유지하도록 알맞은 높이의 받침대를 위치 한 후 비측정측 무릎이 굽힘되지 않도록 고정하여 검사를 실시하였다.

이는 대상자가 엉덩관절 유지보다는 넓다리뒤근의 스트레칭 감각에 더 세밀히 느끼고 무릎 펴의 정확한 동작을 시행하도록 하였으며 비측정측 무릎을 고정하여 골반의 개입이 없도록 실시하였다.

Kim과 Hwang [36]은 앉은 자세에서 앞으로 뻗기 검사(SRT) 시 넓다리뒤근 단축 길이 값이 한국에 20-29세 미만의 유연성 정도인 12.4보다 적은 값을 가지는 대상자를 선정하였다. 따라서 본 연구의 대상자들의 전후 비교값으로 SRT를 측정하였을 때 중재전 AKE 검사로 선정 조건을 만족한 대상자들의 평균은 1.89 ± 9.22 로 넓다리뒤근이 짧은 대상자들이 선정하였다.

Norris와 Matthews [33]는 전방 굽힘(forward bend) 동작 시 골반 측정을 위해 대상자의 측정측 정강뼈 길이를 무릎 외측 관절선에서 외측 복사뼈 아래 경계까지 측정하여 T라고 지정하였고, PSIS 양측 수평선을 그려 L로 설정하였다. 바닥에서의 T의 거리만큼 높이를 설정하여 바를 위치하였고 대상자의 L위에 경사계를 단단히 밀착하여 무릎이 굽힘되지 않도록 바까지 구부렸을 때 각도를 측정하였다. 본 연구에서도 이 방법을 적용하여 측정하였다.

Ballantyne 등[26]은 골격근의 안정 시 장력은 주로 근원 섬유에 의해 흡수되며, 근육이 늘어나면서 운동 범위의 한계점은 결합조직의 점탄성 요소(viscoelastic elements)에 의해 기인한다고 하였다. 점탄성은 하중에 대한 조직의 반응을 나타내며 조직 변형 후 기계적 힘에 의해 늘어나게 된다고 하였다. Lederman [42]은 수동적 신장이 평행 섬유를 신장시키는 반면, 연속하는 섬유에서는 영향이 적게 나타났으나 등척성 수축이 추가되면 점탄성 또는 가소성 변화를 통해 이러한 섬유에 부하를 주고 단지 수동적 신장에 의한 것보다 더 많은 성과를 나타낸다고 제안하였다. Kimberly [43]에 따르면 근에너지기법은 사지뿐만 아니라 갈비뼈, 척추 및 골반의 기능장애를 치료하는데 적용할 수 있으며 환자의 증상, 근력과 근 길이에 따라 등장성, 등척성 수축을 이용하는 저항이 필요로 한다고 하였다. 근에너지기법은 제한된 움직임을 가진 관절을 움직이며, 약화된 근육을 강화하고 짧아진 근육과 근막을 스트레칭하며, 국소 순환을 개선할 수 있다. Smith와 Fryer [24]은 Chaitow가 옹호한 MET인 엉덩관절을 수동적으로 구부린 후 무릎 굽힘에 대한 최대 힘의 40%의 등척성 수축을 제공 후 2-3회 이완 후 30초간 스트레칭 및 유지를 하는 것과 그린만(Greenman)의 방법인 본 연구의 방법과 비교하였을 때 차이는 없었으므로 본 연구에서는 그린만의 방법을 적용하였다.

본 연구에서는 두 가지의 MET 기법을 적용하였는데 일반적인 MET와 ATM을 이용한 MET를 적용하였다. ATM은 Lewis 등[27]에 따르면 원래 척추 통증을 치료하기 위해 고안된 장치로 목, 골반, 엉덩이, 무릎 및 어깨 질환에 사용된다고 하였다. 제조 업체는 기계가 반복과 위치변경을 통해 환자가 통증이 없는 방식으로 움직이고 코어 안정화 근육을 활성화와 강화하도록 훈련한다고 원리를 제시하였다. 이전 연구에서 Lewis 등[44]은 이러한 변화의 기전은 ATM을 이용한 치료 시 골반을 안정화하는 데 있었을 수 있다고 하였다. 따라서 본 연구에서는 ATM을 이용하여 골반 안정화를 한 후 MET를 적용하여 보다 더 정확하게 넓다

리뒤근의 유연성 증가를 목적으로 하였고, 결과적으로 일반적인 MET에 비해 ATM을 이용한 MET 결과값에서 넙다리뒤근의 유연성 정도가 더 큰 영향을 주었다.

본 연구에는 몇 가지 제한점이 있다. 첫째, 20대 정상 성인을 대상으로 하였다. 따라서 본 연구의 결과를 모든 연령대와 요통 및 비요통군 환자에게 일반화하기 어렵다. 둘째, 요통군의 대상자들 또한 기능적 장애 정도가 적고 통증 수준도 극심하지 않은 대상자들에게 적용하여 통증 수준이 높은 환자들에게 적용하기에는 한계가 있다. 셋째, 근에너지 기법 전후 비교의 결과값으로 적용하였기에 중재에 대한 효과의 유지나 잔존 효과를 알 수는 없었다. 넷째, ATM을 이용한 MET 적용 시 5도 정도의 향상이 일반적인 MET에 비해 있었으나 임상적으로 의미 있는 수준의 향상은 아니므로 무작위 통제 연구와 장기간의 연구가 필요하다. 향후 연구에는 이러한 제한점들을 보완하여 요통 유무에 따른 기능적인 동작 수준 향상과 ATM을 이용한 근에너지기법에 대한 연구가 이루어지길 기대한다.

CONCLUSIONS

본 연구는 현재 요통을 경험하고 있거나 요통이 없는 20대 성인 32명을 대상으로 넙다리뒤근에 적용한 일반적인 근에너지기법(MET)과 ATM 장비를 이용한 근에너지기법(MET-ATM)을 적용하고, 넙다리뒤근의 유연성과 골반 전방경사 각도에 미치는 즉각적인 효과를 알아보기 위해 교차설계 연구를 하였다. 넙다리의 유연성을 측정하기 위해 수정된 능동 무릎 펴 검사와 앉은 자세에서 앞으로 뻗기 검사를 실시하였고, 골반의 움직임의 알아보기 위해 체간 전방 굴곡 시에 골반 전방 각도를 측정하였다.

연구 결과는 요통군과 비요통군 모두 두 가지 MET 기법 적용 후 능동 무릎 펴 각도와 앞으로 뻗기 검사 결과는 모두 유의한 증가를 보였으며, 시간과 군 간에 상호작용도 있었다. 그리고 MET군보다 MET-ATM군이 더 유의한 차이가 있었다. 그러나 골반경사 각도는 요통군과 비요통군 모두 두 MET 기법 중재 후에 각각 유의한 증가를 보였으나 두 군 간에 차이는 없었다.

이 연구의 결론은 ATM을 이용한 MET 기법이 일반적인 MET 기법을 적용할 때보다 요통이 있거나 없는 대상자 모두에게 넙다리뒤근의 유연성 증가에 더 효과적이었으나, 골반의 전방 움직임에 차이는 없었다는 것을 확인하였다.

CONFLICTS OF INTEREST

No potential conflict of interest relevant to this article was reported.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Conceptualization: LH, SK. Data curation: LH. Formal analysis: LH, SK. Investigation: LH. Methodology: LH, SK. Project administration: LH. Resources: LH. Software: LH. Supervision: SK. Validation: LH. Writing - original draft: LH, SK. Writing - review & editing: LH, SK.

ORCID

Lee-kyeong Hwang, <https://orcid.org/0000-0002-9604-3181>

REFERENCES

- Hooten WM, Cohen SP. Evaluation and treatment of low back pain: a clinically focused review for primary care specialists. *Mayo Clin Proc* 2015;90(12):1699-718.
- Ebrahimi S, Kamali F, Razeghi M, Haghpanah SA. Comparison of the trunk-pelvis and lower extremities sagittal plane inter-segmental coordination and variability during walking in persons with and without chronic low back pain. *Hum Mov Sci* 2017;52:55-66.
- Bagheri R, Takamjani IE, Dadgoo M, Sarrafzadeh J, Ahmadi A, Pourahmadi MR, et al. A protocol for clinical trial study of the effect of core stabilization exercises on spine kinematics during gait with and without load in patients with non-specific chronic low back pain. *Chiropr Man Therap* 2017;25:31.
- Salt E, Wiggins AT, Rayens MK, Hooker Q, Shojaei I, Bazrgari B. The relationship between indicators of lumbo-pelvic coordination and pain, disability, pain catastrophizing and depression in patients presenting with non-chronic low back pain. *Ergonomics* 2020;63(6):724-34.
- Last AR, Hulbert K. Chronic low back pain: evaluation and management. *S Afr Fam Pract* 2010;52(3):184-92.
- Urits I, Burshtein A, Sharma M, Testa L, Gold PA, Orhurhu V, et al. Low back pain, a comprehensive review: pathophysiology, diagnosis, and treatment. *Curr Pain Headache Rep* 2019;23(3):23.
- Laird RA, Gilbert J, Kent P, Keating JL. Comparing lumbo-pelvic kinematics in people with and without back pain: a systematic review and meta-analysis. *BMC Musculoskelet Disord* 2014;15:229.
- Ha TH, Saber-Sheikh K, Moore AP, Jones MP. Measurement of lumbar spine range of movement and coupled motion

- using inertial sensors - a protocol validity study. *Man Ther* 2013;18(1):87-91.
9. **Lewis CL, Laudicina NM, Khuu A, Loverro KL.** The human pelvis: variation in structure and function during gait. *Anat Rec (Hoboken)* 2017;300(4):633-42.
10. **Levine D, Whittle MW.** The effects of pelvic movement on lumbar lordosis in the standing position. *J Orthop Sports Phys Ther* 1996;24(3):130-5.
11. **Crowell RD, Cummings GS, Walker JR, Tillman LJ.** Intratester and intertester reliability and validity of measures of innominate bone inclination. *J Orthop Sports Phys Ther* 1994;20(2):88-97.
12. **Beneck GJ, Selkowitz DM, Janzen DS, Malecha E, Tiemeier BR.** The influence of pelvic rotation on clinical measurements of hip flexion and extension range of motion across sex and age. *Phys Ther Sport* 2018;30:1-7.
13. **Reiman MP, Weisbach PC, Glynn PE.** The hips influence on low back pain: a distal link to a proximal problem. *J Sport Rehabil* 2009;18(1):24-32.
14. **Bohannon RW, Gajdosik RL, LeVeau BF.** Relationship of pelvic and thigh motions during unilateral and bilateral hip flexion. *Phys Ther* 1985;65(10):1501-4.
15. **Pierannunzi L.** Pelvic posture and kinematics in femoroacetabular impingement: a systematic review. *J Orthop Traumatol* 2017;18(3):187-96.
16. **Roussouly P, Pinheiro-Franco JL.** Biomechanical analysis of the spino-pelvic organization and adaptation in pathology. *Eur Spine J* 2011;20 (Suppl 5):609-18.
17. **Han HI, Choi HS, Shin WS.** Effects of hamstring stretch with pelvic control on pain and work ability in standing workers. *J Back Musculoskelet Rehabil* 2016;29(4):865-71.
18. **Kim DY, Lee SH, Lee HY, Lee HJ, Chang SB, Chung SK, et al.** Validation of the Korean version of the Oswestry Disability Index. *Spine (Phila Pa 1976)* 2005;30(5):E123-7.
19. **DeLoach LJ, Higgins MS, Caplan AB, Stiff JL.** The visual analog scale in the immediate postoperative period: intrasubject variability and correlation with a numeric scale. *Anesth Analg* 1998;86(1):102-6.
20. **Laird RA, Keating JL, Kent P.** Subgroups of lumbo-pelvic flexion kinematics are present in people with and without persistent low back pain. *BMC Musculoskelet Disord* 2018;19(1):309.
21. **Norris CM, Matthews M.** Inter-tester reliability of a self-monitored active knee extension test. *J Bodyw Mov Ther* 2005;9(4):256-9.
22. **Gajdosik R, Lusin G.** Hamstring muscle tightness. Reliability of an active-knee-extension test. *Phys Ther* 1983;63(7):1085-90.
23. **Ahmed AR.** A comparative study of muscle energy technique and dynamic stretching on hamstring flexibility in healthy adults. *Bull Fac Ph Th Cairo Univ* 2011;16(1):1-6.
24. **Smith M, Fryer G.** A comparison of two muscle energy techniques for increasing flexibility of the hamstring muscle group. *J Bodyw Mov Ther* 2008;12(4):312-7.
25. **Handel M, Horstmann T, Dickhuth HH, Gülich RW.** Effects of contract-relax stretching training on muscle performance in athletes. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1997;76(5):400-8.
26. **Ballantyne F, Fryer G, McLaughlin P.** The effect of muscle energy technique on hamstring extensibility: the mechanism of altered flexibility. *J Osteopath Med* 2003;6(2):59-63.
27. **Lewis C, Diaz R, Lopez G, Marki N, Olivio B.** A preliminary study to evaluate postural improvement in subjects with scoliosis: active therapeutic movement version 2 device and home exercises using the Mulligan's mobilization-with-movement concept. *J Manipulative Physiol Ther* 2014;37(7):502-9.
28. **Chaitow L.** Muscle energy techniques. 3rd ed. Korean Academy of Orthopedic Manual Therapy, translator. Seoul: Koonja; 2008;155-8.
29. **Bijur PE, Silver W, Gallagher EJ.** Reliability of the visual analog scale for measurement of acute pain. *Acad Emerg Med* 2001;8(12):1153-7.
30. **Jeon CH, Kim DJ, Kim DJ, Lee HM, Park HJ.** Cross-cultural adaptation of the Korean version of the Oswestry Disability Index (ODI). *J Korean Soc Spine Surg* 2005;12(2):146-52.
31. **Herrington L.** Assessment of the degree of pelvic tilt within a normal asymptomatic population. *Man Ther* 2011;16(6):646-8.
32. **Fasuyi FO, Fabunmi AA, Adegoke BOA.** Hamstring muscle length and pelvic tilt range among individuals with and without low back pain. *J Bodyw Mov Ther* 2017;21(2):246-50.
33. **Norris CM, Matthews M.** Correlation between hamstring muscle length and pelvic tilt range during forward bending in healthy individuals: an initial evaluation. *J Bodyw Mov Ther* 2006;10(2):122-6.
34. **Connor SO, McCaffrey N, Whyte E, Moran K.** Reliability of a modified active knee extension test for assessment of hamstring flexibility. *Int J Athl Ther Train* 2015;20(4):32-6.

35. **Miñarro PA, Andújar PS, García PL, Toro EO.** A comparison of the spine posture among several sit-and-reach test protocols. *J Sci Med Sport* 2007;10(6):456-62.
36. **Kim GC, Hwang BG.** Kinetic analysis on the lumbar at the trunk flexion according to the degree of hamstring flexibility of healthy adult. *J Korean Soc Phys Med* 2012;7(4):501-7.
37. **Yoo WG.** Effect of the individual strengthening exercises for posterior pelvic tilt muscles on back pain, pelvic angle, and lumbar ROM of a LBP patient with excessive lordosis: a case study. *J Phys Ther Sci* 2014;26(2):319-20.
38. **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.
39. **Gajdosik RL, Hatcher CK, Whitsell S.** Influence of short hamstring muscles on the pelvis and lumbar spine in standing and during the toe-touch test. *Clin Biomech (Bristol, Avon)* 1992;7(1):38-42.
40. **López-Miñarro PA, Muyor JM, Belmonte F, Alacid F.** Acute effects of hamstring stretching on sagittal spinal curvatures and pelvic tilt. *J Hum Kinet* 2012;31(2012):69-78.
41. **Congdon R, Bohannon R, Tiberio D.** Intrinsic and imposed hamstring length influence posterior pelvic rotation during hip flexion. *Clin Biomech (Bristol, Avon)* 2005;20(9):947-51.
42. **Lederman E.** Fundamentals of manual therapy: physiology, neurology, and psychology. London: Churchill Livingstone; 1997.
43. **Kimberly PE.** Formulating a prescription for osteopathic manipulative treatment. *J Am Osteopath Assoc* 1980;79(8):506-13.
44. **Lewis C, Erhard R, Drysdale G.** Kyphoscoliosis improvement while treating a patient for adhesive capsulitis using the active therapeutic movement version 2. *J Manipulative Physiol Ther* 2008;31(9):715-22.