

## 엉덩관절 관절가동술과 자가-운동이 엘리트 배드민턴 선수의 관절가동성과 신체균형능력, 점프력, 스매시 속도에 미치는 영향

고혜민 · 김선엽<sup>†</sup>

대전대학교 대학원 물리치료학과, <sup>1</sup>대전대학교 물리치료학과

Effects of Manual Mobilization and Self-exercise on Hip Joint Mobility, Body Balance, Sargent Jump and Smash Speed in Elite Badminton Players

Hye-Min Ko, PT · Suhn-Yeop Kim, PT, PhD<sup>†</sup>

Dept. of Physical Therapy, Graduate School, Daejeon University

<sup>1</sup>Dept. of Physical Therapy, College of Health and Medical Science, Daejeon University

Received: October 28 2022 / Revised: October 31 2022 / Accepted: December 3 2022

© 2023 J Korean Soc Phys Med

### | Abstract |

**PURPOSE:** This study examined the effects of various interventions for improving the hip joint range of motion on elite badminton players, including body balance ability, jumping power, smash speed, and joint range of motion.

**METHODS:** The study was conducted on elite badminton players belonging to the S badminton team in Yongin, Gyeonggi-do, and the M badminton team in Suwon, Gyeonggi-do. Twenty-one elite badminton players were selected; they were assigned randomly to Experimental Group 1 (n = 11) and Experimental Group 2 (n = 10). Before and after the intervention, the hip joint range of motion,

modified star excursion balance test, Sargent jump, and smash speed were measured. In Experimental Group 1, hip joint manual mobilization was applied by a physical therapist, and hip self-exercise performed by the athletes was applied in Experimental Group 2. This intervention was applied once a day, three times a week, for four weeks.

**RESULTS:** A significant increase in the hip joint range of motion (flexion and extension) and modified star excursion balance test (posteromedial direction) was observed in Experimental Group 1 (hip joint mobilization applied group) compared to Experimental Group 2 (hip joint self-exercise applied group) ( $p < .05$ ).

**CONCLUSION:** When elite level badminton players require improvement in hip flexion and extension range of motion and posteromedial body balance, hip joint mobilization is more effective than hip self-exercise application.

**Key Words:** Elite badminton players, Hip joint, Mobilization, Self-exercise, Smash speed

<sup>†</sup>Corresponding Author : Suhn-yeop Kim  
kimsy@dju.kr, <http://orcid.org/0000-0002-0558-7125>

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

## I. 서론

배드민턴은 코트 중앙에 네트를 두고 라켓으로 셔틀콕을 치는 신체적 접촉이 없는 스포츠로써, 접촉 스포츠에 비해 부상의 위험이 적다고 생각할 수 있으나, 경기중 점프, 런지, 빠른 방향 전환, 스트로크 도중 급격한 팔 움직임이 요구되어 부상의 위험이 높다[1]. 또한 높은 수준의 경기를 하기 위해서는 선수들이 스피드, 파워, 민첩성, 유연성, 근력과 기술력 등 뛰어난 체력도 갖추어야 한다[2]. 이에 엘리트 선수들은 강도 높은 훈련을 반복하고 있다.

배드민턴 경기에서 사용되는 대표적인 기술은 상대방의 코트 뒤쪽으로 멀리 보내는 클리어(clear), 네트 가까이 붙이는 드롭(drop)이 있으며[3], 높은 위치에서 빠른 스피드로 상대방 코트에 셔틀콕을 때리는 공격 기술인 스매시(smash)가 있다. 스매시는 승점을 얻기 위한 가장 강력한 오버헤드 스트로크(overhead stroke)이다[4]. 배드민턴 스매시, 테니스와 배구 서브, 야구 투수의 피칭은 오버헤드 동작의 궤적이 모두 같기 때문에 어깨에 대한 운동 역학적 메커니즘은 매우 비슷하다[5]. 반복된 오버헤드 동작은 어깨에 상당한 스트레스를 주며, 어깨 부상으로 이어질 수 있다[6]. 그러나, 배드민턴의 경우 어깨 보다 오히려 다리 부상이 높은 점유를 차지하는 것으로 보고되었다[7,8]. 배드민턴 경기 동안 스트로크를 구사하면서 점프 착지와 빠른 회전, 다방향 런지 같은 동작을 반복하면서 다리의 손상을 초래하기 때문이다[9]. 오버헤드 동작 동안 어깨 외에도 몸통 및 다리까지 모든 근육이 협응하여 에너지를 전달하고[10], 오버헤드 스트로크를 구사하는 선수에서 다리와 팔 사이의 동적 운동 사슬고리가 있다[10,11]. 이러한 운동 사슬(kinetic chain) 관계 때문에, 오버헤드 스포츠에서도 엉덩관절은 경기력 퍼포먼스와 부상 위험을 평가할 때 일차적으로 관심 있는 관절이 된다[12].

이 점에 주목하여 오버헤드 스포츠 선수들을 대상으로 엉덩관절에 대한 많은 연구가 진행되었다. Scher 등[13]은 엉덩관절의 가동범위 제한이 있으면 어깨에

추가적으로 스트레스를 줄 수 있다는 점에 착안하여 프로 야구 선수들을 대상으로 엉덩관절과 어깨 가동범위 사이의 상관관계를 연구하였다. 더 나아가, Sauers 등[14]은 엉덩관절과 어깨의 회전각(rotational range of motion)이 건강한 프로 야구 선수에 미치는 영향에 대해 발표하였다. 엉덩관절의 안쪽 돌림이 감소된 프로 야구 선수는 다리와 팔 사이의 에너지 전달이 변화하면서 던지는 속도가 느려질 수 있으며 팔에 대한 스트레스로 인해 다리에 발생하는 힘을 증가시키는 과잉 보상을 초래하여 부상의 연관성이 높다[15]. 테니스 선수의 경우 엉덩관절의 안쪽 돌림이 감소하면 힘의 생산 효율이 저하되어 부상 가능성이 높아지므로 안쪽 돌림 스트레칭 프로그램을 권고한다[16]. Moreno-Perez 등[17]은 엘리트 배드민턴 주니어 선수들을 대상으로 하루에 두 경기가 끝난 후 엉덩관절 가동범위 변화를 분석한 결과, 경기 이후 안쪽 돌림, 가쪽 돌림의 각도가 감소하였고, 엉덩관절 펌 가동범위가 증가되면 점프 기능 향상에 긍정적인 영향을 미치기 때문에 운동선수의 움직임에서 적절한 엉덩관절 가동범위가 필요하다[18,19].

만일 엉덩관절 가동범위가 제한될 경우, 원하는 움직임을 수행하기 위해 골반 전체에 힘이 보상적으로 나타나게 되고, 이로 인해 경기 중 근육 손상의 위험성이 높아질 수 있다[17]. 또한 배드민턴 선수의 경우 착지 충격으로 엉덩관절 펌에 내부적인 힘이 크게 발생되며, 점프 스매시 타격 동작에서 엉덩관절 부하를 더 크게 유발함을 확인할 수 있다[20]. 이러한 문제는 경기력 저하로 연결되어 배드민턴 선수에서 엉덩관절 가동성은 중요한 요인이다.

최근의 연구 동향을 살펴보면, 엉덩관절 가동범위 개선을 위해 멀리건 벨트를 이용한 관절가동술이 엉덩관절 가동범위 증진에 즉각적인 효과가 있었다[21]. 이는 움직임 패턴을 변경하고 골반 주위의 힘 분포를 유리하게 수정하여 동적 움직임에 긍정적인 영향을 줄 수 있다[22]. 반면에, Short 등[18]은 엘리트 운동선수에게 밴드를 활용한 자가-운동이 엉덩관절 가동성과 기능을 향상시키는데 효과적이라 하였다. 그러나 엉덩관절의 기능적 결과 측정에 미치는 영향을 연구한 자료는 드물었다.

배드민턴의 경우 반복적인 점프와 스매시 동작의 연속으로 배드민턴 경기력에서 점프 높이와 스매시 속도는 경기력 측면에서 중요한 요소이다. 이에 영덩관절 가동범위 증진에 따른 점프 높이와 스매시 속도의 변화도 알아보려고 한다.

이처럼 엘리트 배드민턴 선수의 운동 손상과 관련된 영덩관절 가동성의 중요성을 제시한 연구 논문은 지속적으로 발간되고 있으나 현재 배드민턴 선수들을 대상으로 영덩관절의 가동성 증진을 위한 도수치료나 운동치료 중재가 선수들의 신체균형능력, 점프 수준, 스매시 속도와 같은 운동능력과 영덩관절 가동성에 미치는 영향을 연구한 국내 연구는 부족한 실정이다. 또한 배드민턴 선수를 대상으로 영덩관절 가동성 증진을 목적으로 한 도수치료와 운동치료 중재의 효과를 비교한 연구는 부족한 상태이다.

이에 본 연구에서는 엘리트 배드민턴 선수를 대상으로 영덩관절의 가동범위 개선을 위한 중재 적용이 가동범위와 신체균형능력, 점프력, 스매시 속도에 미치는 영향을 비교해 보고자 한다. 이러한 연구는 배드민턴 선수의 부상 예방 및 경기력 향상에 도움이 되기 위해 시도되었고, 재활 및 트레이닝 계획을 위한 유용한 정보를 제공하고자 한다.

따라서 본 연구의 목적은 엘리트 배드민턴 선수를 대상으로 영덩관절의 가동범위 개선을 위한 치료적 중재로 물리치료사에 의한 영덩관절 관절가동술 적용(실험군1)과 선수 스스로 시행하는 영덩관절 자가-운동 적용(실험군2) 간에 영덩관절의 가동범위와 신체균형능력, 점프 수준, 스매시 속도에 미치는 영향을 비교해 보고자 한다.

연구의 구체적인 가설은 다음과 같다.

첫째, 실험군1(영덩관절 관절가동술 적용)과 실험군2(영덩관절 자가-운동 적용) 모두 중재 전후에 영덩관절 가동범위와 신체균형능력, 점프 수준, 스매시 속도는 유의한 차이가 있을 것이다.

둘째, 실험군1과 실험군2 간에 중재 전후의 영덩관절 가동범위와 신체균형능력, 점프 수준, 스매시 속도에 변화 양상은 유의한 차이가 있을 것이다.

## II. 연구방법

### 1. 연구대상자

본 연구는 경기도 용인에 위치한 S사와 경기도 수원에 위치한 M사에 소속된 엘리트 배드민턴 선수들을 대상으로 진행하였다. 본 연구의 대상자 수를 산출하기 위해 G-power software ver. 3.1 (G-Power, University of Kiel, Kiel, Germany)를 이용하였다. 분석방법을 개체간 요인이 있는 반복측정분산분석을 이용하고, 효과 크기 (large)는 .4 그리고 검정력은 .8로 하여 산출된 최소 표본 수는 20명이었다. 각 팀에 소속된 엘리트 배드민턴 선수 21명(남자 11명, 여자 10명)을 대상으로 실시하였다. 본 연구에 참여한 대상자 모두에게 연구의 목적과 실험 방법 등을 설명하고 동의서를 받은 후 이 연구를 진행하였다.

연구대상자의 선정 조건은 다음과 같다. 대한체육회에 배드민턴 선수로 등록된 자, 연구를 이해하고 평가와 측정에 자발적으로 참여한 자, 연구를 위한 평가와 중재 과정에 신체적 불편감이나 통증을 경험하지 않는 자로 하였다. 연구대상자의 제외 조건은 다음과 같다. 최근 3개월 이내에 정형외과적 수술 이력이 있는 자, 근골격계 부상으로 인해 3개월 이상 증상이 지속된 자로 하였다.

### 2. 연구절차

본 연구를 위해 선정된 대상자들은 실험군1에 11명, 실험군2에 10명이 무작위 배정되었다. 군 배정 방법은 무작위 배정 도구인 인터넷 프로그램(Research randomizer: <http://www.randomizer.org/>)을 사용하였다. 실험군1은 물리치료사에 의한 영덩관절 관절가동술을 적용하였고, 실험군2는 선수 스스로 시행하는 영덩관절 자가-운동을 적용하였다. 실험에 앞서 사전 검사를 실시한 후 동질성 검정을 통해 동일한 집단임을 증명하였다. 이 연구의 전체적인 진행 절차는 Fig. 1에 제시하였다.

대상자들에게 중재 전 영덩관절 가동범위와 신체균형능력, 서전트 점프, 스매시 속도에 대한 평가를 실시하였다. 4주간 중재를 적용한 다음 두 군에 다시 영덩관절 가동범위와 신체균형능력, 서전트 점프, 스매시 속도

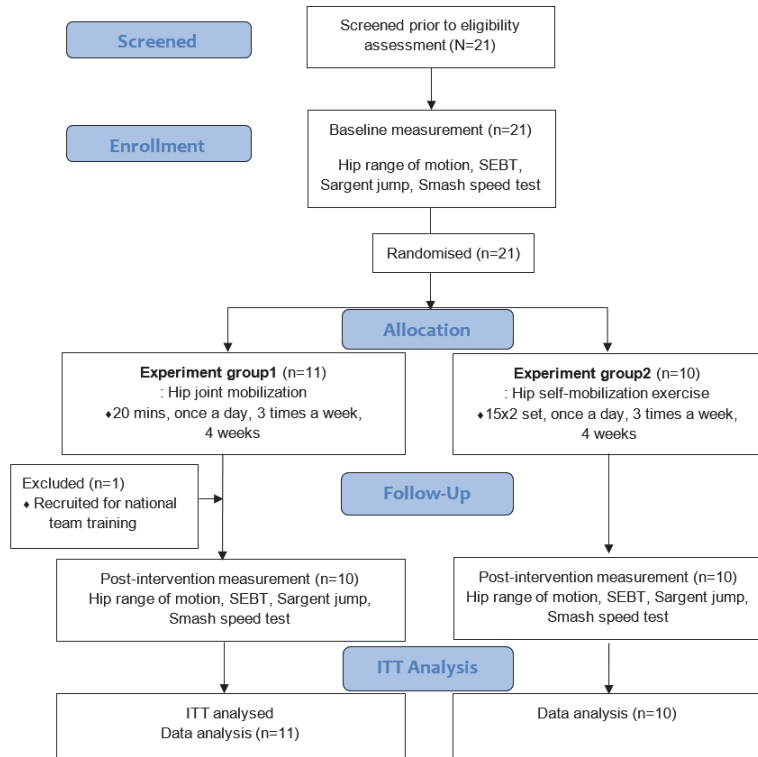


Fig. 1. Study flow chart.

를 재평가하였다. 이 연구는 대전대학교 기관생명윤리 위원회에서 승인을 받았다(Approval number: 1040647-202110-HR-007-03).

### 3. 평가 도구 및 방법

#### 1) 엉덩관절 가동범위 평가

엉덩관절의 각도를 측정하기 위해 측각기(goniometer, KaWe, Korea)를 사용하였고, 대상자의 양측 엉덩관절 굽힘, 폼, 안쪽 돌림, 가쪽 돌림 각도를 측정하였다. 중재 전, 후에 양측 각 2회 측정하고 그 평균치를 기록하여 통계 분석에 사용하였다. 엉덩관절의 가동범위를 측정 하는데 사용된 측각기는 신뢰할 수 있고 유효한 측정 장치로 널리 사용되는 방법이다[23].

능동적인 엉덩관절 굽힘 가동범위는 다리와 몸통이 수평면에 있는 중립 영점 위치로부터 각도 측각기를 사용하여 측정하였다. 골반을 고정하고 각도 측정계의

고정자는 신체의 수평 축 위에 테이블과 평행하게 정렬 되게 놓고, 가동자는 측정하는 넙다리의 측면 중심선 위에 놓았다. 바로 누운 상태에서 무릎을 구부린 자세로 움직임이 없을 때까지 스스로 엉덩관절을 굽힘시켜 측정하였다. 능동적인 폼 가동범위는 허리 폼과 골반 경사를 방지하기 위해 허리를 평평하게 유지할 수 있도록 검사자에게 피드백을 제공하고, 엎드린 자세에서 골반을 고정하여 측정하였다. 고정자는 큰돌기 위에 수평하게 놓고, 가동자는 넙다리뼈의 종축에 놓았다. 무릎을 편 상태에서 움직임이 없을 때까지 스스로 폼시켜 측정하였다[24]. 선행 연구에서 이 검사의 신뢰도 (Intraclass correlation coefficients)는 엉덩관절 굽힘이 .95, 엉덩관절 폼은 .83으로 매우 높은 신뢰도를 보여주었다[25]. 능동적인 엉덩관절 안쪽 돌림 가동범위는 검사대에 앉은 자세에서 엉덩관절과 무릎을 90도로 구부린 상태에서 측정하였다. 검사자는 자세에 대해 설명을 한 후, 측정할 다리의 움직임 제한이 느껴질 때까지

스스로 다리를 가쪽으로 돌려서 측정하였다. 능동적인 엉덩관절 가쪽 돌림은 동일한 자세에서 측정할 다리를 스스로 안쪽으로 돌려서 측정하였다. 측각기의 고정자는 정강뼈거친면(tibial tuberosity)에 위치시키고 가동자는 경골의 축에 놓고 측정하였다[26]. 이 검사의 신뢰도는 엉덩관절 안쪽 돌림이 .92, 엉덩관절 가쪽 돌림이 .80의 신뢰 수준을 보여주었다[25].

### 2) 신체균형능력 평가

신체균형능력을 평가하기 위해 수정된 별모양 편위 균형검사(Modified star excursion balance test)를 이용하였다. 이 검사는 동적 균형을 평가하기 위해 주로 사용되는 방법이며, 균형 능력을 비교하고 신체 기능을 평가하기 위해 사용되는 검사이다. 또한 평가를 통해 부상 위험을 알 수 있어 운동선수의 부상을 예측하는 자료로 활용된다. 선행연구에서 .89-.93의 높은 신뢰도를 가지고 있는 검사이다[27]. 측정하는 동안 플랫폼에서 발이 떨어지거나 몸이 흔들리지 않도록 미리 주의사항을 알려주었다. 바닥 중앙에 발을 지지하고 3방향(전방(anterior, A), 후내측(posteromedial, PM), 후외측(posterolateral, PL))으로 가능한 발을 멀리 뻗어 거리를 잰다. 다리 길이(leg length, LL)는 위앞엉덩뼈가시(anterior superior iliac spine, ASIS)에서 안쪽위관절용기(medial malleolus)까지 길이를 측정하였다. 총 3번 반복하여 각 방향으로 길이를 측정하였다. 이 검사의 종합 점수(composite score)는  $\{(A+PM+PL)/(LL*3)*100\}$ 으로 계산하였다[28]. 다리 길이에 3를 곱한 후, 3방향(전방, 후내측, 후외측) 길이의 합을 나누고 100을 곱하였다.

### 3) 서전트 점프 측정

서전트 점프(Sargent jump) 측정기(S95045, Takei, Japan)를 사용하여 점프 높이를 측정하였으며, 대상자는 오른팔을 머리 위로 뻗어 서있는 높이(cm)를 측정하였다. 가능한 높이 점프한 후, 손가락 끝을 사용하여 벽을 터치하였다. 점프 높이는 점프 도달 높이에서 서 있는 도달 높이 차이로 결정하였다. 연습 점프는 허용되지 않고 두 번 수행하여 최고 점프 높이를 선택하여 분석에 사용하였다[29]. 선행연구에서 서전트 점프 측정자내 신

뢰도 값이 .96으로 높은 신뢰도를 보여주었다[30].

### 4) 스매시 속도 측정

스피드 속도계(Stalker PRO handheld sports radar gun, Stalker, USA)을 사용하여 스매시 속도(smash speed, km/h)를 측정하였고, 속도측정기는 코트 라인 바깥 45 cm거리인 네트 근처에 설치하였다. 동일한 배드민턴 라켓(Spear 90, Technist, China, 중량: 81-85 g, 길이: 684 mm, 소재: 그래파이트(graphite))과 공인구인 셔틀콕(AS-90, Yonex, Japan, 중량: 4.74-5.50 g)을 사용하였다. 셔틀콕 머신기(TJ3000, SPTLOOKER, China)는 코트 중앙에 설치하였다. 동일한 라켓과 일정한 속도로 셔틀콕이 발사되는 셔틀콕 머신기를 사용하여 스매시 속도에 영향을 미치는 변수를 최소화하였다. 측정 전에 충분한 준비운동을 한 후, 정해진 코트 영역 안으로 8회씩 최대 스매시 스트로크를 실행하게 하여 평균 속도 값을 계산하였다[31]. 선행 연구에서 스매시 속도 측정을 위한 스피드 속도계의 ICC값은 .91-.94로 매우 높은 신뢰도를 보여주었다[32].

## 4. 중재 방법

### 1) 엉덩관절 관절가동술

엉덩관절의 관절가동술은 실험군1에 적용하였다. 이 기법은 엉덩관절 굽힘과 펴, 안쪽 돌림, 가쪽 돌림의 가동범위를 증진하기 위한 기법으로 Deepak Kuma가 제시된 방법을 이용하였다[33]. 엉덩관절 관절가동술은 양측 엉덩관절에 총 20분간 적용하였으며, 중재의 일관성을 위해 13년의 임상 경력이 있는 한 명의 물리치료사에 의해 적용하였다. 관절가동술을 위한 기법은 멀리건(Mulligan) 컨셉을 이용하였으며, 관절가동술 중재는 6-10회 반복하여 총 20분씩, 일 1회, 주 3회, 총 4주간 실시하였다. 다음은 각 방향별 관절가동술 기법에 대한 설명이다(Fig. 2).

엉덩관절 굽힘에 대한 관절가동술은 대상자를 치료 테이블에 바로 누워 엉덩관절 45도, 무릎관절 135도 구부린 상태로 시행하였다. 가능한 대상자의 엉덩관절에 가깝게 수건을 감싸 벨트를 씌우고, 검사자의 엉덩이 부위에 벨트를 걸쳐 놓았다. 검사자의 손은 대상자의 엉덩뼈를 잡아 고정하고, 반대손은 허리를 숙여 넓



다리의 원위부를 감싸듯이 잡아 고정하였다. 검사자가 외측 활주를 적용하는 동안 대상자에게 엉덩관절을 능동적으로 구부리도록 하였다(A-B).

엉덩관절 펴에 대한 관절가동술은 대상자를 치료 테이블 가장자리에 바로 누워 엉덩관절이 테이블 아래쪽에 위치하도록 시행하였다. 대상자의 엉덩관절에 가깝게 수건을 감싸 벨트를 씌우고, 검사자의 엉덩이 부위에 벨트를 걸쳐 놓았다. 반대편 다리는 손으로 감싸 가슴 쪽으로 당겨 놓았다. 검사자의 손은 대상자의 엉덩뼈를 잡아 고정하고, 반대손은 넙다리의 원위부에 위치시키도록 하였다. 검사자가 뒤로 움직이면서 외측

활주를 적용하는 동안 대상자에게 엉덩관절을 능동적으로 펴 시키도록 하였다(C-D).

엉덩관절 안쪽 돌림과 가쪽 돌림에 대한 관절가동술은 대상자를 치료 테이블 가장자리에 엉덩관절과 무릎관절을 구부리고 바로 누워 시행하였다. 대상자의 엉덩관절에 가깝게 수건을 감싸 벨트를 씌우고, 검사자는 치료 테이블 가까이에서 검사자의 엉덩이 부위에 벨트를 걸쳐 놓았다. 검사자의 손은 대상자의 엉덩이뼈를 고정시키고 반대손은 넙다리와 종아리를 감싸 안았다. 검사자가 뒤로 움직이면서 외측 활주를 적용하는 동안 대상자에게 엉덩관절을 능동적으로 안쪽 돌림 또는

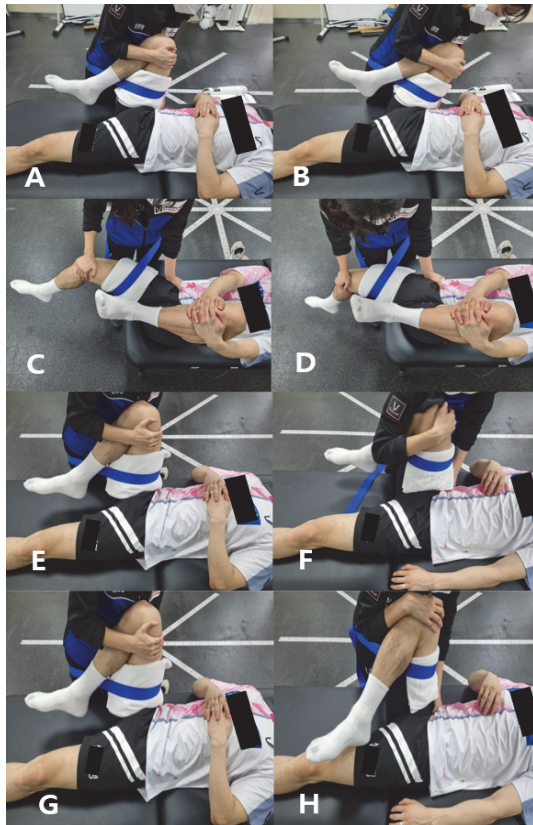


Fig. 2. Manual mobilization techniques for the hip. Mobilization of hip flexion (A) start position (B) end position. Mobilization hip extension (C) start position (D) end position. Mobilization of internal rotation (E) start position (F) end position. Mobilization of external rotation (G) start position (H) end position.



Fig. 3. Self-exercise for the hip. Self-exercise of hip flexion (A) start position (B) end position. Self-exercise of hip extension (C) start position (D) end position. Self-exercise of hip internal rotation (E) start position (F) end position. Self-exercise of hip external rotation (G) start position (H) end position.

가쪽 돌림으로 움직이도록 하였다(E-H).

2) 엉덩관절 자가-운동

엉덩관절의 자가-운동은 실험군2에 적용하였다. 이 연구에서 적용한 자가-운동 기법은 Short 등[18]과 Reiman 등[34]이 제시한 방법을 수정 보완하여 실시하였다. 자가-운동은 양측 엉덩관절에 15회, 2세트로 총 20분 동안 시행하였고, 일 1회, 주 3회, 총 4주간 적용하였다. 저항 밴드에 의해 느껴지는 견인력은 통증을 유발하지 않는 범위에 있어야 하며, 저항 밴드의 위치는 엉덩관절에 가깝게 하였다. 다음은 각 방향별 자가-운동 기법에 대한 설명이다(Fig. 3).

실험군2에게 적용한 엉덩관절 자가-운동 프로그램은 엉덩관절 굽힘, 펴, 안쪽 돌림 및 가쪽 돌림에 대한 운동으로 구성하였다. 첫번째, 엉덩관절 굽힘 운동은 저항 밴드를 엉덩관절에 가깝게 씌우고, 네발기기 자세를 취하여 앞, 뒤로 움직이며 통증이 없는 범위 내에서 시행하였다(A-B). 두번째, 엉덩관절 펴 운동은 진행하고자 하는 다리를 뒤에 위치시켜 무릎을 바닥에 닿게 하고, 앞다리는 무릎을 90° 구부린 자세로 시행하였다. 이 자세에서 앞, 뒤로 통증이 없는 범위 내에서 움직였다(C-D). 세번째로, 엉덩관절 안쪽 돌림 운동은 네발기기에서 저항 밴드를 씌운 발을 가쪽으로 돌려놓게 하였다. 이 자세에서 몸통을 앞, 뒤로 움직여 움직임을 시행하였다(E-F). 마지막으로 가쪽 돌림 운동은 비둘기 자세를 취한 후, 몸통을 앞쪽으로 기울여 움직임을 시행하였다(G-H).

5. 분석 방법

본 연구에서 수집된 모든 자료는 통계처리를 위해 측정된 자료를 부호화한 후 윈도우용 SPSS version 25.0 통계 프로그램(SPSS Inc. Chicago, IL, USA)을 이용하여 통계 처리하였다. 각 측정 변수들의 정규성 검증을 위하여 샤피로-윌크 검정(Shapiro-Wilk test)을 사용하였고 정규성이 확인되어 모든 분석은 모수 검정법을 사용하였다. 측정 변수 중 중재 전 측정값이 두 군 간에 차이가 있었던 변수는 비모수 검정(Mann-Whitney U-test)을 사용하였다. 일반적인 특성은 t-검정과 교차분석을 이용하여 제시하였고, 각 군에 중재 전후에 엉덩관절 가동범위와 신체균형능력, 점프력, 스매시 속도의 차이를 비교하기 위해 대응표본 t-검정을 실시하였고 두 군 간에 중재 전후의 차이값을 비교하기 위해 독립 t-검정을 이용하였다. 모든 통계분석 시 통계적 유의수준  $\alpha$ 는 0.05로 정하였다. ‘배정된 대로 분석(Intention-to-treat analysis; ITT)’ 방법을 이용하여 탈락한 대상자(1명)의 데이터를 결과에 포함하여 분석하였다. 결측치의 대처 방법은 비조건부 평균 대체법을 이용하였다[35].

III. 연구결과

1. 연구대상자의 일반적인 특성

연구대상자는 실험군1에 11명, 실험군2에 10명이었으며, 일반적인 특성은 Table 1에 제시하였다. 두 군 모두에서 평균 연령과 성별, 키, 체중, 우세손, 포지션,

Table 1. General characteristics of the subjects

Variables (Units)	Experimental 1 (n = 11)	Experimental 2 (n = 10)	p
Age (year)	23.09 ± 2.77 <sup>a</sup>	25.10 ± 2.92	.123
Gender (male/female)	5/6 <sup>b</sup>	5/5	.529
Height (cm)	172.30 ± 9.03	175.70 ± 10.42	.434
Weight (kg)	68.43 ± 10.88	73.89 ± 10.45	.257
Dominant hand (Rt/Lt)	11/0	8/2	.131
Exercise career (years)	13.27 ± 2.79	15.80 ± 2.48	.070
Position (single/double)	4/7	5/5	.227
Number of injuries in pre-season (numbers)	.73 ± .64	.30 ± .48	.105

<sup>a</sup>mean ± standard deviation, <sup>b</sup>numbers.

Table 2. Comparison of the changes in the right hip range of motion between the two groups at the time of measurements

Hip movements		Experimental 1 (n = 11)	Experimental 2 (n = 10)	t
Flexion	Pre	97.13 ± 8.71 <sup>a</sup>	100.20 ± 7.41	-0.863
	Post	112.26 ± 4.60	106.25 ± 4.97	2.879**
	t	-5.002**	-4.592**	
	Change	15.12 ± 10.02	6.05 ± 4.16	2.656*
Extension	Pre	13.72 ± 7.14	15.85 ± 3.33	-0.885
	Post	22.55 ± 3.76	20.00 ± 2.22	1.864
	t	-5.078**	-6.514**	
	Change	8.82 ± 5.76	4.15 ± 2.01	2.525*
Internal Rotation	Pre	23.95 ± 5.77	24.30 ± 3.98	-0.0158
	Post	30.90 ± 4.77	30.50 ± 4.10	.435
	t	-2.752*	-5.398**	
	Change	6.94 ± 8.36	5.75 ± 3.36	.421
External Rotation	Pre	26.27 ± 5.81	24.75 ± 4.89	.645
	Post	30.30 ± 3.77	30.25 ± 4.34	.028
	t	-2.090	-3.694**	
	Change	4.02 ± 6.38	5.50 ± 4.75	-.596

<sup>a</sup>mean ± standard deviation (degree), \*p < .05, \*\*p < .01

Table 3. Comparison of the changes in the left hip range of motion between the two groups at the time of measurements

Hip movements		Experimental 1 (n = 11)	Experimental 2 (n = 10)	t
Flexion	Pre	94.18 ± 11.38 <sup>a</sup>	99.50 ± 8.46	-1.205
	Post	108.75 ± 3.61	105.35 ± 6.45	1.508
	t	-4.459**	-5.303**	
	Change	14.56 ± 10.83	5.85 ± 3.48	2.528*
Extension	Pre	14.50 ± 6.80	15.65 ± 3.86	-.481
	Post	24.15 ± 3.06	19.55 ± 3.79	3.068**
	t	-4.676**	-4.261**	
	Change	9.65 ± 6.84	3.90 ± 2.89	2.547*
Internal Rotation	Pre	23.54 ± 5.14	24.75 ± 4.93	-.546
	Post	34.20 ± 3.63	29.40 ± 5.64	2.339*
	t	-4.321**	-2.951*	
	Change	10.65 ± 8.17	4.65 ± 4.98	2.005
External Rotation	Pre	27.45 ± 3.27	26.20 ± 3.27	.877
	Post	29.85 ± 2.15	32.05 ± 3.16	-1.877
	t	-1.766	-5.066**	
	Change	2.39 ± 4.49	5.85 ± 3.65	-1.919

<sup>a</sup>mean ± standard deviation (degree), \*p < .05, \*\*p < .01



운동경력, 직전 시즌에 부상 횟수는 유의한 차이를 보이지 않았다.

2. 관절가동술과 자가-운동 적용 전후 엉덩관절 가동범위의 변화 비교

중재 적용 전후에 두 군의 엉덩관절 가동범위에 변화를 비교하였다(Table 2, 3). 두 군 모두 중재 전에 비해 중재 후에 유의하게 가동범위가 증가하였다( $p < .05$ ). 중재 전후에 우측과 좌측 고관절에 굽힘과 폼 관절가동범위는 두 군 간에 모두 유의한 차이를 보였다( $p < .05$ ). 실험군1이 실험군2보다 관절가동범위에 유의한 향상이 있었다.

3. 관절가동술과 자가-운동 적용 전후에 신체균형능력의 변화 비교

중재 적용 전후에 두 군의 신체균형능력을 비교하였

다. 양측 다리의 신체균형능력에 변화 양상은 Table 4와 Table 5에 제시하였다. 두 군 모두 중재 후에 신체균형능력이 유의하게 증가하였다( $p < .05$ ). 후내측에 균형 능력 만이 두 군 간에 유의한 차이를 보였고( $p < .05$ ), 실험군1이 실험군2 보다 더 큰 차이가 있었다.

4. 관절가동술과 자가-운동 적용 전후 서전트 점프와 스매시 속도 변화 비교

중재 적용 전후에 두 군의 서전트 점프와 스매시 속도에 변화를 비교하였다(Table 6). 서전트 점프 수준은 두 군 모두 중재 후에 유의하게 증가하였으나( $p < .01$ ), 스매시 속도는 두 군 모두 유의한 차이가 없었다. 중재 전후에 서전트 점프와 스매시 속도는 모두 두 군 간에 유의한 차이가 없었다.

Table 4. Comparison of the changes in the modified star excursion balance test (right side) between the two groups at the time of measurements

Hip movements		Experimental 1 (n = 11)	Experimental 2 (n = 10)	t/Z
Anterior	Pre	75.45 ± 6.41 <sup>a</sup>	80.80 ± 6.07	-1.957
	Post	85.09 ± 8.19	90.00 ± 8.53	-1.510
	t	-3.058*	-4.550*	
	Change	9.64 ± 10.45	9.80 ± 6.81	-.042
Postero-Lateral	Pre	90.27 ± 9.79	95.00 ± 7.01	-1.260
	Post	102.82 ± 8.92	106.80 ± 4.73	-1.258
	t	-3.012*	-5.210**	
	Change	12.55 ± 13.82	11.80 ± 7.16	.153
Postero-medial <sup>b</sup>	Pre	94.91 ± 6.92	101.40 ± 6.20	-2.045*
	Post	107.55 ± 7.30	107.60 ± 9.22	-.071
	t	-4.241**	-2.352*	
	Change	12.64 ± 9.88	6.20 ± 8.34	-1.622
Composite Score	Pre	86.81 ± 5.87	92.50 ± 5.33	-2.310
	Post	97.60 ± 5.66	101.70 ± 5.86	-1.627
	t	-4.439**	-5.402**	
	Change	10.72 ± 7.97	9.20 ± 5.47	.506

<sup>a</sup>mean ± standard deviation (percent limb length),

<sup>b</sup>Statistical significance test was done by Mann-Whitney U-test, \* $p < .05$ , \*\* $p < .01$ .

Table 5. Comparison of the changes in the modified star excursion balance test (left side) between the two groups at the time of measurements

Hip movements		Experimental 1 (n = 11)	Experimental 2 (n = 10)	t/Z
Anterior	Pre	74.91 ± 7.46 <sup>a</sup>	82.00 ± 8.59	-2.025
	Post	82.00 ± 6.05	91.60 ± 7.90	-3.143*
	t	-2.608*	-4.550**	
	Change	7.09 ± 9.02	9.80 ± 6.81	-.792
Postero-lateral	Pre	92.55 ± 8.43	96.90 ± 7.55	-2.242
	Post	105.09 ± 6.98	102.10 ± 5.26	1.100
	t	-3.903*	-1.729	
	Change	12.55 ± 10.66	5.20 ± 9.51	1.659
Postero-medial <sup>b</sup>	Pre	91.36 ± 7.76	99.70 ± 7.38	-2.221*
	Post	106.27 ± 7.80	104.90 ± 7.95	.353
	t	-6.206*	-2.353*	
	Change	14.91 ± 7.97	5.20 ± 6.99	-2.435*
Composite Score	Pre	86.27 ± 5.34	92.90 ± 6.88	-2.476
	Post	96.80 ± 4.70	99.60 ± 5.96	-1.184
	t	-5.782**	-3.868**	
	Change	10.54 ± 6.03	6.70 ± 5.47	1.523

<sup>a</sup>mean ± standard deviation (percent limb length),

<sup>b</sup>Statistical significance test was done by Mann-Whitney U-test, \*p < .05, \*\*p < .01.

Table 6. Comparison of the changes in the sargent jump and smash speed between the two groups at the time of measurements

Variables (units)		Experimental 1 (n = 11)	Experimental 2 (n = 10)	t
Sargent Jump (cm)	Pre	49.64 ± 12.70 <sup>a</sup>	53.00 ± 11.43	-.635
	Post	57.30 ± 10.43	56.80 ± 9.50	.115
	t	-3.823*	-5.119*	
	Change	7.66 ± 6.64	3.80 ± 2.34	1.807
Smash Speed (km/h)	Pre	217.88 ± 65.26	219.42 ± 65.54	-.054
	Post	228.99 ± 60.37	222.90 ± 58.68	.234
	t	-1.583	-.876	
	Change	11.11 ± 23.28	3.47 ± 12.56	-.922

<sup>a</sup>mean ± standard deviation, \*p < .05, \*\*p < .01.

#### IV. 고 찰

본 연구는 영덩관절 관절가동술과 자가-운동 적용이 엘리트 배드민턴 선수의 가동범위와 신체균형능력, 점프력, 스매시 속도에 미치는 영향을 비교해 보았다. 엘리트 배드민턴 선수들이 경기를 뛰고 난 뒤, 영덩관절 가동범위가 감소하였다는 선행 연구에 주목하였다 [17]. 배드민턴 선수들은 경기 중 많은 점프와 착지 동작을 수행해야 하는데 이는 다리에 큰 충격과 부하를 준다. 점프 착지 동작을 분석한 선행연구에서 피로도가 높은 선수나 여성 운동선수의 경우 영덩관절 굽힘 각도가 감소되어 있는 것으로 나타났다[20]. 이러한 문제가 반복되면 부상 위험성이 높아진다. 그러나 배드민턴 선수를 대상으로 영덩관절 가동성의 중요성에 대한 연구는 드물었다.

엘리트 배드민턴 선수 21명을 대상으로 진행하였으나, 이 중 1명의 선수가 대표팀 훈련으로 인해 소집되어 중재 진행 중 탈락하게 되었다. 그러나 배정된 대로 분석(ITT analysis)방법을 이용하여 탈락한 대상자의 데이터를 결과에 포함하여 분석하였다. 이 분석방법은 높은 타당도를 가지며[36], 무작위 대조군 실험(randomized control trial)에서 중재의 효과를 예측하는 방식으로 주로 쓰이고 있다[37].

영덩관절 가동범위는 각도 측각기를 사용하여 양측 영덩관절의 굽힘, 폼, 안쪽 돌림, 가쪽 돌림을 측정하였다. 중재 적용 전후에 양측 영덩관절에 대부분의 가동범위가 유의하게 향상되었다( $p < .05$ ). 영덩관절 관절가동술을 적용한 실험군1은 굽힘과 폼, 안쪽 돌림 방향에서 유의한 증가를 보였고, 자가-운동을 적용한 실험군2에서는 가쪽 돌림에서 유의한 증가를 보였다. 특히, 굽힘(효과크기  $d = 1.25$ )과 폼(효과크기  $d = .81$ )에서 유의한 개선효과를 보였다. 이는 Brun 등[21]과 Torres 등[38]의 연구와 일치한다. Brun 등[21]은 건강한 성인에게 영덩관절 관절가동술 적용 후 즉각적인 효과로 안쪽 돌림에서 3.52%의 각도 개선 효과를 보였다. Torres 등[38]의 연구에서는 영덩관절 굽힘, 폼, 안쪽 돌림에 가동범위가 증가되었다고 보고하였다. 엘리트 배드민턴 선수를 대상으로 연구를 진행한 경우는 드물었으나, 두

중재 모두에서 장기적 효과로 인한 전반적인 가동범위의 개선을 확인할 수 있었다. 또한, 두 군 간에 중재 전후의 차이는 실험군1이 실험군2보다 더 유의한 향상이 있었다. 이는 물리치료사에 의한 직접적인 중재가 가동범위 개선에 더 효과적이었다고 할 수 있다. 이러한 전반적인 가동범위의 개선은 운동 중 부상이나 만성 통증 발생의 위험을 예방할 수 있을 것으로 판단된다.

신체균형능력 평가는 유연성, 균형과 같은 신경근 조절이 필요하며, 다리 부상에 대한 부상율을 예측하고 신뢰할 수 있는 측정 도구이다. 전방의 경우, 우측과 좌측 도달거리 차이가 큰 선수는 다리 부상을 입을 가능성이 2.5배 더 높은 것으로 나타났다. 또한, 종항 점수가 감소한 경우 다리 부상을 입을 가능성이 6.5배 더 높다고 하였다[27]. 신체균형능력은 두 군 모두에서 중재 전에 비해 중재 후에 유의하게 증가하였다( $p < .05$ ). 도달 거리가 개선된 것은 가동범위 증가로 인한 결과이다. 그러나 영덩관절 가동범위 뿐만 아니라 목표 방향으로 다리를 움직이는 영덩관절 및 허벅지 근육의 유연성이 도달 거리에 영향을 미칠 수 있다[39]. 이와 반대로 Plisky 등[27]은 신체균형능력의 개선은 근력이나 코어 안정성이 아니라 영덩관절 가동범위가 증가했기 때문이라 하였다. 또한, 후내측과 후외측 방향에서 도달 거리가 증가된 것은 안쪽 돌림 및 가쪽 돌림의 가동범위가 개선된 직접적인 결과라 하였다[40]. 본 연구에서 안쪽 돌림 가동범위가 유의하게 증가되어 후내측의 도달 거리가 증가된 것은 이전 연구의 결과와 유사하였다. 또한, 후내측 방향에서 두 군간에 유의한 차이를 보였고( $p < .05$ ), 실험군2 보다 실험군1이 유의한 증가를 보였다. 배드민턴 풋워크는 빠른 방향 전환과 체중이동으로 균형능력이 중요한 스포츠로, 배드민턴 선수의 균형능력을 증진시키기 위해서는 물리치료사에 의한 직접적인 영덩관절 관절가동술 적용이 더 나은 결과를 얻을 수 있는 중재방법이라고 생각된다.

배드민턴에서 스매시는 선수의 공격 기술 중 승점 획득에 있어 중요한 스트로크이며[42], 민첩성, 유연성, 근력 및 정확성이 필요하다. 높은 점프를 구사하게 되면 타점이 높게 형성되어 우위에서 플레이를 펼칠 수 있고, 이는 포인트를 얻을 수 있는 기회를 가지게 된다.

두 군 모두 중재 전후에 서전트 점프 높이가 유의하게 향상되었다( $p < .01$ ). Lelental 등[18,19]은 엉덩관절 가동 범위의 개선이 점프 기능 향상에 긍정적 영향을 미친다고 하였다. 이는 본 연구와 동일한 결과로 나타났다. 야구 선수의 투구 동작은 배드민턴 선수의 스매시 동작과 매우 유사하다. 야구의 투구 동작은 발이 지면에 닿은 상태에서, 다리부터 팔까지 힘을 전달하는 통합된 운동 동작이다[43]. 높은 스피드를 구사하는 투수들은 낮은 스피드를 내는 투수에 비해 엉덩관절 가동범위가 더 좋았다[44]. 그러나 배드민턴의 경우 스매시 스트로크 시 공중에 떠 있는 상태에서 타격하는 기술로 엉덩관절 가동범위 증진이 스매시 속도에까지 미치는 영향은 알 수 없었다. 그러나 유의한 차이는 없었지만, 실험군2보다 실험군1에서 스매시 속도가 높아지는 경향성을 보였다. 앞으로 엉덩관절 가동범위 증진과 스매시 속도에 관한 연관성은 추가적인 연구를 통해 진행되어야 한다고 생각된다.

본 연구에서는 배드민턴 선수에게 엉덩관절의 가동범위 증진을 통해 기능적인 평가와 운동능력을 알아보았다. 엉덩관절의 탄력 밴드를 이용한 자가-운동은 통증 없는 범위에서 시행하여 자기-효능감을 촉진하고 도수적 치료에 의존하지 않으며 적절한 부위의 가동성을 지속적으로 개선시켰다[34]. 또한, 운동을 통해 지속적인 가동범위 증진으로 이어질 수 있다. 엉덩관절의 관절가동술을 받은 운동선수에게서 확연히 가동범위 및 통증이 감소되어 즉각적으로 개선되었다는 연구가 있었다[18]. 이는 전반적인 가동범위가 개선되면 부상이나 만성 통증의 위험을 예방하게 되는 의미가 있다고 볼 수 있다[38].

본 연구는 몇 가지 제한점을 가지고 있다. 첫째, 운동 선수의 경우 천장효과(ceiling effect)로 인해 측정 해석에 제한이 있을 수 있다. 둘째, 선수들의 환경적인 요인들은 통제할 수 없었다. 변경된 시합 기간으로 인해 중재 효과에 차이가 나타났을 가능성이 있다. 추후 연구에는 이런 제한점들을 보완하여 연구가 진행되어야 한다고 생각한다.

## V. 결론

본 연구는 국내 엘리트 배드민턴 선수 21명을 대상으로 엉덩관절 관절가동술군( $n = 11$ )과 자가-운동군( $n = 10$ )에 무작위 배정하고, 4주간 중재 후에 엉덩관절 관절 가동범위와 신체균형능력, 점프력, 스매시 속도를 평가하여 중재 전후에 차이를 비교하였다. 그 결과, 엉덩관절에 관절가동범위(굽힘과 폼)와 신체균형능력(후내측 방향)은 실험군2(엉덩관절 자가-운동 적용)보다 실험군1(엉덩관절 관절가동술 적용)에서 유의한 증가가 있었다. 따라서 엘리트 수준의 배드민턴 선수에게 고관절 굽힘과 폼 가동범위와 후내측에 신체균형능력의 개선이 필요한 경우, 엉덩관절 관절가동술이 자가-운동 적용 보다 더 효과적임을 알게 되었다.

## References

- [1] Hensley L, Paup D. A survey of badminton injuries. *Br J Sports Med.* 1979;13(4):156-60.
- [2] Lees A. Science and the major racket sports: a review. *J Sports Sci.* 2003;21(9):707-32.
- [3] Kuntze G, Mansfield N, Sellers W. A biomechanical analysis of common lunge tasks in badminton. *J Sports Sci.* 2010;28(2):183-91.
- [4] Sakurai S, Ohtsuki T. Muscle activity and accuracy of performance of the smash stroke in badminton with reference to skill and practice. *J Sports Sci.* 2000; 18(11):901-14.
- [5] Buckley J, Kerwin DG. The role of the biceps and triceps brachii during tennis serving. *Ergonomics.* 1988;31(11): 1621-9.
- [6] Flesig, GS, Andrews JR, Dillman CJ, et al. Kinetics of baseball pitching with implications about injury mechanisms. *Am J Sports Med.* 1995;23(2):233-9.
- [7] Shariff AH, George J, Ramlan AA. Musculoskeletal injuries among Malaysian badminton players. *Singapore Med J.* 2009;50(11):1095-7.
- [8] Reeves J, Hume P, Gianotti S, et al. A retrospective

- review from 2006 to 2011 of lower extremity injuries in Badminton in New Zealand. *Sports*. 2015;3(2):77-86.
- [9] Huang M, Lee H, Lin C, et al. How does knee pain affect trunk and knee motion during badminton forehand lunges? *J Sports Sci*. 2014;32(7):690-700.
- [10] Seroyer ST, Nho SJ, Bach BR, et al. The kinetic chain in overhand pitching: its potential role for performance enhancement and Injury prevention. *Sport Heal A Multidiscip Approach*. 2010;2(2):135-46.
- [11] Wagner H, Tilp M, Duvillard SP von, et al. Kinematic analysis of volleyball spike jump. *Int J Sports Med*. 2009;30(10):760-5.
- [12] Ellenbecker TS, Ellenbecker GA, Roetert EP, et al. Descriptive profile of hip rotation range of motion in elite tennis players and professional baseball pitchers. *Am J Sports Med*. 2007;35(8):1371-6.
- [13] Scher S, Anderson K, Weber N, et al. Associations among hip and shoulder range of motion and shoulder injury in professional baseball players. *J Athl Train*. 2010; 45(2):191-7.
- [14] Sauers EL, Huxel Bliven KC, Johnson MP, et al. Hip and glenohumeral rotational range of motion in healthy professional baseball pitchers and position players. *Am J Sports Med*. 2014;42(2):430-6.
- [15] Li X, Ma R, Zhou H, et al. Evaluation of hip internal and external rotation range of motion as an injury risk factor for hip, abdominal and groin injuries in professional baseball players. *Orthop Rev (Pavia)*. 2015;7(4):111-5.
- [16] Vad VB, Gebeh A, Dines D, et al. Hip and shoulder internal rotation range of motion deficits in professional tennis players. *J Sci Med Sport*. 2003;6(1):71-5.
- [17] Moreno-Perez V, Gallo-Salazar C, Coso J, et al. The influence of a badminton competition with two matches in a day on muscle damage and physical performance in elite junior badminton players. *Biol Sport*. 2020; 37(2):195-201.
- [18] Short S, Short G, Strack D, et al. A combined treatment approach emphasizing impairment-based manual therapy and exercise for hip-related compensatory injury in elite athletes: a case series. *Int J Sports Phys Ther*. 2017;12(6):994-1010.
- [19] Lelental B. The immediate and sustained effects of mobilisations with movement on the hip range of motion and power and shoulder range of motion and strength. *Institute of technology Carlow*. 2018.
- [20] Hung CL, Hung MH, Chang CY, et al. Influences of lateral jump smash actions in different situations on the lower extremity load of badminton players. *J Sport Sci Med*. 2020;19(2):264-70.
- [21] Brun A, Sandrey MA. The effect of hip joint mobilizations using a mobilization belt on hip range of motion and functional outcomes. *J Sport Rehabil*. 2021;30(4):559-67.
- [22] Kloskowska P, Morrissey D, Small C, et al. Movement patterns and muscular function before and after onset of sports-related groin pain: A systematic review with meta-analysis. *Sport Med*. 2016;46(12):1847-67.
- [23] Carey MA, Laird DE, Murray KA, et al. Reliability, validity, and clinical usability of a digital goniometer. *Work*. 2010;36(1):55-66.
- [24] Roach S, San Juan JG, Suprak DN, et al. Concurrent validity of digital inclinometer and universal goniometer in assessing passive hip mobility in healthy subjects. *Int J Sports Phys Ther*. 2013;8(5):680-8.
- [25] Clapper MP, Wolf SL. Comparison of the reliability of the orthoranger and the standard goniometer for assessing active lower extremity range of motion. *Phys Ther*. 1988;68(2):214-8.
- [26] Roach KE, Miles TP. Normal hip and knee active range of motion: The relationship to age. *Phys Ther*. 1991; 71(9):656-65.
- [27] Plisky PJ, Rauh MJ, Kaminski TW, et al. Star excursion balance test as a predictor of lower extremity Injury in high school basketball players. *J Orthop Sport Phys Ther*. 2006;36(12):911-9.
- [28] Filipa A, Byrnes R, Paterno MV, et al. Neuromuscular training improves performance on the star excursion



- balance test in young female athletes. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2010;40(9):551-8.
- [29] Ayán-Pérez C, Cancela-Carral JM, Lago-Ballesteros J, et al. Reliability of sargent jump test in 4- to 5-year-old children. *Percept Mot Skills.* 2017;124(1):39-57.
- [30] Murphy M, Rio E, Debenham J, et al. Evaluating the progress of mid-portion achilles tendinopathy during rehabilitation: A review of outcome measures for muscle structure and function, tendon structure, and neural and pain associated mechanisms. *Int J Sports Phys Ther.* 2018;13(3):537-51.
- [31] Rusdiana A. 3D Kinematics analysis of overhead backhand and forehand smash techniques in badminton. *Ann og Appl Sport Sci.* 2021;9(3):1002.
- [32] Gallo-Salazar C, Juan Del Coso, David Barbado, et al. Impact of a competition with two consecutive matches in a day physical performance in young tennis players. *Appl Physiol Metab.* 2017;42(7):750-6.
- [33] Kumar D. Manual Mulligan concept: Step by step guide to deliver Manual therapy based on Mulligan concept. Create Space Independent Publishing Platform. New Delhi. 2018. 112-117p.
- [34] Reiman MP, Matheson JW. Restricted hip mobility: clinical suggestions for self-mobilization and muscle re-education. *Int J Sports Phys Ther.* 2013;8(5):729-40.
- [35] Yun SC. Imputation of missing values. *J Prev Med Public Heal.* 2004;37(3):209-11.
- [36] Zhou X, Li SM. ITT analysis of randomized encouragement design studies with missing data. *Stat Med.* 2006;25:2737-61.
- [37] Keene ON, Wright D, Phillips A, et al. Why ITT analysis is not always the answer for estimating treatment effects in clinical trials. *Contemp Clin Trials.* 2021;108:106494.
- [38] Torres D, Hanney WJ, Velazquez L, et al. The effect of mobilization with movement and passive stretching on hip range of motion: A randomized controlled trial. *Orthop Phys Ther Pract.* 2021;33(3):150-4.
- [39] Ozmen T, Aydogmus M. Effect of core strength training on dynamic balance and agility in adolescent badminton players. *J Bodyw Mov Ther.* 2016;20(3):565-70.
- [40] Kloskowska P, Morrissey D, Small C, et al. Movement patterns and muscular function before and after onset of sports-related groin pain: A systematic review with meta-analysis. *Sport Med.* 2016;46(12):1847-67.
- [41] Ozmen T, Aydogmus M. Effect of core strength training on dynamic balance and agility in adolescent badminton players. *J Bodyw Mov Ther.* 2016;20(3):565-70.
- [42] Pardiwala DN, Subbiah K, Rao N, et al. Badminton injuries in elite athletes: A review of epidemiology and biomechanics. *Indian J Orthop.* 2020;54(3):237-45.
- [43] Kim B, Kong S. A study on the lower extremity muscle function of shoulder and elbow injured baseball players. *J Coach Dev.* 2019;21(4):155-63.
- [44] Kageyama M, Sugiyama T, Takai Y, et al. Kinematic and kinetic profiles of trunk and lower limbs during baseball pitching in collegiate pitchers. *J Sport Sci Med.* 2014;13(4):742-50.