

## 즉각적인 뒹넙다리근 편심성 운동과 정적 스트레칭이 몸통 전방 굽힘에 미치는 영향

김태은<sup>1</sup>, 최보람<sup>2</sup>

<sup>1</sup>효성시타병원 물리치료실, <sup>2</sup>신라대학교 보건복지대학 물리치료학과

### The Immediate Effects of Hamstring Eccentric Exercise and Static Stretching on Trunk Forward Bending

Tae-eun Kim<sup>1</sup>, MSc, PT, Bo-ram Choi<sup>2</sup>, PhD, PT

<sup>1</sup>Dept. of Physical Therapy, Hyosung City Hospital

<sup>2</sup>Dept. of Physical Therapy, College of Health and Welfare, Silla university

#### Abstract

**Background:** Limitations in hip flexion caused by tight hamstrings lead to excessive lumbar flexion and low back pain. Accordingly, many studies have examined how to stretch the hamstring muscle. However, no study has focused on the effect of hamstring eccentric exercise for tight hamstrings on trunk forward bending.

**Objects:** We compared the short-term effect of hamstring eccentric exercise (HEE) and hamstring static stretching (HSS) on trunk forward bending in individuals with tight hamstrings.

**Methods:** Thirty individuals with tight hamstrings participated in the study. The subjects were randomly allocated to either a HEE or HSS group. To determine whether the hamstrings were tight, the active knee extension (AKE) test was performed, and the degree of hip flexion was measured. To assess trunk forward bending, subjects performed the fingertip to floor (FTF) and modified modified Schober tests, and the degree of trunk forward bending was measured using an inclinometer. We used paired t-tests to compare the values before and after exercise in each group and independent t-tests to compare the two groups on various measures

**Results:** The FTF test results were improved significantly after the exercise in both groups, and AKE for both legs increased significantly in both groups. There was no significant difference in the hip angles, mmS test results, or degree of trunk forward bending between groups after the exercise. No test results differed significantly between the two groups at baseline or after the exercise. Both groups increased hamstring flexibility and trunk forward bending.

**Conclusion:** HSS and the HEE groups increased hamstring flexibility and trunk forward bending. However, HEE has additional benefits, such as injury prevention and muscle strengthening.

**Key Words:** Trunk forward bending; Hamstring eccentric exercise; Hamstring static stretching.

#### I. 서론

몸통 전방 굽힘은 주로 허리의 굽힘과 엉덩관절의 굽힘을 통해 일어나며 허리의 굽힘과 엉덩관절의 굽힘

이 약 4:6의 비율로 일어난다. 몸통 전방 굽힘의 초반 30°에서는 약 2:1의 비율로 허리 굽힘의 양이 많고 30°에서 60°사이에서는 1:1의 비율로 허리와 엉덩관절 굽힘의 양이 비슷하며 마지막 30°에서는 1:2의 비율로 엉

엉덩관절 굽힘의 양이 더 많아진다(Esola 등, 1996). 몸통 전방 굽힘을 하게 되면 몸통 전방 굽힘 모멘트가 증가하게 되고 척추세움근육군(erector spinae muscle group)의 활성이 증가되어 이를 조절한다. 또한, 엉덩관절의 뒤쪽 근육들도 몸통 전방 굽힘을 할 때 척추근육과 같이 엉덩관절의 굽힘을 조절하기 위해 활성이 증가된다(CARLSÖÖ, 1961). 정상적인 몸통 전방 굽힘은 허리의 뒤쪽 구조물인 척추세움근, 척추사이원반의 뒤쪽 섬유테, 돌기사이관절의 관절 주머니 그리고 척추 뒤쪽 인대에 장력 부하를 갖게 한다(Adams와 Hutton, 1983). 하지만, 불충분한 엉덩관절의 유연성으로 인한 과도한 허리 움직임은 이러한 장력 부하를 더 증가시킨다(Esola 등, 1996).

허리 통증은 허리를 숙이거나 비틀면서 일하는 것, 무거운 신체적 노동, 간호업무, 전신 진동, 정원 가꾸기나 집수리와 같은 여가 활동 등과 관련이 있다(Bakker 등, 2009; Hoogendoorn 등, 2000). 또한 신체 활동의 부족(Manchikanti, 2000), 부적절한 자세(Burdorf와 Sorock, 1997), 움직임 조절 능력의 변화(Granata와 Sanford, 2000), 뒤넙다리근의 유연성과 같은 개인적인 특성들(Feldman 등, 2001; Sjolie, 2004)이 허리 통증을 유발하는 원인이 된다. Nachemson(1981)은 척추사이원반 압력이 선 자세에서 20°전방 굽힘을 하면 20%가 상승하며 40°의 전방 굽힘은 100%의 압력이 증가한다고 말하였다(Nachemson, 1981). Saunders 등(1993)은 척추사이원반 탈출을 가진 사람들은 종종 반복적인 몸통 전방 굽힘이 포함된 업무나 활동을 한 경험이 있다고 밝혔다(Saunders 등, 1993). 그 중 짧아진 뒤넙다리근은 몸통 전방 굽힘을 할 때 허리의 움직임을 과도하게 하여 허리 통증을 야기한다(Jandre Reis와 Macedo, 2015). 허리 통증 환자의 경우 그렇지 않은 정상인과 비교하였을 때, 몸통 전방 굽힘의 양에 큰 차이가 없을 지라도 엉덩관절의 굽힘이 잘 일어나지 않아 허리뼈 자체의 굽힘을 더 증가시킨다(Gajdosik 등, 1992; López-Miñarro와 Alacid, 2010).

뒤넙다리근은 넙다리뼈 뒤에 위치하며 넙다리 두갈래근, 반힘줄근, 반막모양근의 세 개의 근육으로 이루어져 있다. 뒤넙다리근의 몸쪽 부착부위는 넙다리에 몸쪽 부착부위가 있는 넙다리 두갈래근의 짧은 머리를 제외하면 모두 공동뼈 결절이 된다. 넙다리 두갈래근의 먼쪽 부착부위는 종아리뼈 머리이며, 반힘줄근과 반막모양근의 먼쪽 부착부위는 정강뼈 관절융기다. 뒤넙

다리근은 이러한 부착부위를 가지고 있기 때문에 엉덩관절과 무릎관절을 모두 움직일 수 있다. 뒤넙다리근은 엉덩관절의 폼과 무릎의 굽힘을 만들어 낼 수 있다. 또한 뒤넙다리근의 장력을 통해 엉덩관절의 굽힘과 무릎의 폼에 영향을 줄 수 있다(Congdon 등, 2005). 그래서 뒤넙다리근은 주로 걷거나 달릴 때 무릎의 폼을 조절하는 역할을 한다. 또한 몸통을 굽힐 때 엉덩관절의 굽힘 정도를 조절하여 허리를 굽히는 속도를 조절한다. 뒤넙다리근의 유연성이 변화하면 골반과 척추의 자세에 영향을 준다(Lopez-Minarro PA 등, 2012). Norris(2000)에 의하면 근육의 길이 변화는 근육의 특성에 따라 다르게 나타난다. 근육은 특성에 따라 크게 정적근육 또는 자세근육과 동적근육 또는 과제근육으로 나눌 수 있다. 정적근육은 주로 늘어나는 경향을 가지고 있는 반면 동적근육은 짧아지는 경향을 가지고 있다. 뒤넙다리근은 골반의 중요한 동적근육의 역할을 하며 일반적으로 짧아지게 된다(Norris, 2000). 이러한 뒤넙다리근의 짧아짐을 보상하기 위해 근처에 있는 분절인 척추에서 높은 유연성을 제공한다(White와 Sahrmann, 1994). 그러므로 뒤넙다리근이 짧아진다면 골반의 기울임이 제한될 것이며, 주위의 느슨했던 척추 조직은 스트레스를 받게 될 것이다(Norris, 2000). 또한 이전 연구들에 따르면 짧아진 뒤넙다리근은 엉덩관절과 허리 사이의 힘 전달 과정을 변화시킨다(Kroll과 Raya, 1997). 이는 뒤넙다리근의 짧아짐이 허리와 엉덩관절의 기능에 영향을 줄 것이라는 근거가 된다(Hamill과 Knutzen, 2006; Shin 등, 2004).

짧아진 뒤넙다리근을 늘리는 방법에 대한 여러 가지 연구들이 진행되어 왔다. Lopez-Minarro 등(2012)의 연구결과에 따르면 짧아진 뒤넙다리근에 단기간의 스트레칭을 적용시키면 뒤넙다리근의 유연성이 증가하면서 몸통 전방 굽힘이 증가한다. 그리고 Potier 등 (2009)과 O'Sullivan 등 (2012)은 짧아진 뒤넙다리근에 편심성 운동을 했을 경우 뒤넙다리근의 유연성이 좋아진다고 보고하였다. Nelson과 Bandy(2004)에 따르면 뒤넙다리근의 짧은 고등학교 남학생을 대상으로 한 편심성 운동과 스트레칭이 모두 효과적이라는 연구 결과도 있었다. 하지만, 짧아진 뒤넙다리근에 편심성 운동을 적용했을 때 나타나는 뒤넙다리근의 유연성 증가가 엉덩관절의 굽힘에 어떤 영향을 주는 지, 짧아진 뒤넙다리근으로 인한 몸통 전방 굽힘의 제한에 어떠한 영향을 주는 지를 알아볼 필요가 있다. 또한 짧아진 뒤넙다리근에 스

트레칭을 했을 때와 편심성 운동을 적용했을 때의 몸통 전방 굽힘의 변화를 비교한 연구 결과가 없기 때문에 몸통 전방 굽힘의 개선에 더 효과적인 운동 방법을 찾아보고자 한다.

따라서 이 연구의 목적은 즉각적인 뒤넙다리근 편심성 운동과 뒤넙다리근 스트레칭을 했을 때 짧아진 뒤넙다리근을 가진 대상자의 몸통 전방 굽힘에 미치는 영향을 알아보고자 한다.

## II. 연구방법

### 1. 연구대상자

허리 통증이 없고, 뒤넙다리근이 짧은 대상자 30명을 뒤넙다리근 원심성 운동(hamstring eccentric exercise; HEE)군과 뒤넙다리근 정적 스트레칭(hamstring static stretching; HSS)군에 각각 15명씩 무작위 배치하였다. 본 연구의 대상자 선정 기준은 허리 통증이 없으며 뒤넙다리근이 짧은 대상자이며 뒤넙다리근의 짧음의 기준은 능동 무릎 펴 검사에서 155°이하이다(Kumar, 2011). 또한 추가적인 선정기준으로는 허리와 엉덩관절, 무릎관절에 근골격계 질환이나 신경학적 문제가 없고 수술 경력이 없으며 일상생활에 무리가 없는 대상자이다(Table 1).

### 2. 측정도구

가. 경사계(inclinometer)

엉덩관절의 굽힘 각도와 몸통 전방 굽힘의 각도를 측정하기 위해 Dualer IQ 경사계(J-Tech Medical, Salt Lake City, UT)를 사용하였다.

나. 각도계(goniometer)

뒤넙다리근의 유연성 변화를 측정하기 위한 능동 무

릎 펴 검사(active knee extension test; AKE test)에 각도계를 사용하였다.

다. 줄자(tapeline)

몸통 전방 굽힘의 양을 측정하기 위한 손가락-바닥 닿기 검사(fingertip to floor test; FTF test)와 몸통 전방 굽힘 중 허리 움직임의 양을 측정하기 위한 재수정된 쇼버 검사(modified modified Schober test; mmS test)에 줄자를 사용하였다.

### 3. 측정절차

가. 연구 절차

실험에 참가할 대상자 30명을 모집하고 각 군에 무작위로 배치한 후 운동 전과 후에 몸통 전방 굽힘과 뒤넙다리근의 짧음의 정도를 측정하고 측정값을 비교하였다.

나. 뒤넙다리근 편심성 운동(HEE)

바로 누운 자세에서 발바닥 아래에 탄성밴드를 걸고 탄성밴드를 넙다리뼈 큰 돌기에서 양 손으로 잡고 양쪽 앞위엉덩가시로 끌어당겨 고정한 뒤 무릎관절을 펴고 발목을 발등 방향으로 굽힌 자세를 유지하며 천천히 엉덩관절을 굽히고 자세를 유지 가능한 범위까지 충분히 간 뒤 내려주는 방법을 15회씩 3세트 양 다리로 1회 수행하였다(Figure 1).

다. 뒤넙다리근 스트레칭(HSS)

바로 누운 자세에서 발바닥 아래에 수건을 걸고 양손으로 수건 끝을 잡고 엉덩관절을 90°로 구부린 후 허벅지를 움직이지 않고 무릎을 펴면서 스트레칭을 수행하고 30초씩 5회 양 다리로 1회 수행하였다(Figure 2).

라. 능동 무릎 펴 검사(AKE test)

뒤넙다리근의 짧음 정도를 확인하는 검사로 능동 무

**Table 1.** Characteristic of participants

|                               | HEE <sup>a</sup> group | HSS <sup>b</sup> group | t     | p   |
|-------------------------------|------------------------|------------------------|-------|-----|
| Male (n)                      | 6                      | 8                      |       |     |
| Female (n)                    | 9                      | 7                      | .71   | .48 |
| Age (year)                    | 26.4±3.9 <sup>c</sup>  | 25.9±2.7               | .43   | .66 |
| Weight (kg)                   | 62.5±12.7              | 67±17.8                | .79   | .43 |
| Height (cm)                   | 166.8±8.7              | 169.1±8.3              | .75   | .45 |
| Lt. AKE <sup>d</sup> test (°) | 130.6±8.04             | 134.8±12.78            | -1.09 | .29 |
| Rt. AKE test (°)              | 127.9±7.70             | 132.2±9.82             | -1.33 | .19 |

<sup>a</sup>hamstring eccentric exercise, <sup>b</sup>hamstring static stretching, <sup>c</sup>mean±standard deviation, <sup>d</sup>active knee extension test for hamstring shortness.



Figure 1. Hamstring eccentric exercise.

를 폼 검사를 사용하였다(Gajdosik과 Lusin, 1983). 대상자는 바로 누운 자세에서 골반 후방 경사를 만들고 엉덩관절을 90°, 무릎을 90°로 구부린 후 자세를 유지하며 한 다리씩 무릎관절을 펴고 검사자는 그 무릎관절의 각도를 각도계를 활용해 3회 측정하였다(Herrington, 2013).

마. 손가락-바닥 닿기 검사(FTF test)

몸통 전방 굽힘의 정도를 측정하는 검사 방법이다(Gauvin 등, 1990). 대상자는 21 cm 높이의 박스 위에 올라서서 발끝을 박스의 끝부분에 맞추어 서서 양 다리를 붙인 후 손을 펴고 앞으로 숙인다. 검사자는 대상자의 손 끝에서부터 박스의 상단까지의 길이를 3회 측정하였다.

바. 재수정된 쇼버 검사(mmS test)

몸통 전방 굽힘 시 허리가 움직이는 정도를 확인하기 위한 검사이다(Tousignant 등, 2005). 대상자는 21 cm 높이의 박스 위에 올라서서 발 끝부분을 박스 끝부분에 맞추어 서서 양 다리를 붙인 후 바로 선다. 검사자는 대상자의 양쪽 뒤위엉덩가시의 위치를 표시하고 두 표시 점을 이어 첫 번째 선을 그린다. 그 후 뒤위엉덩가시를 이은 선으로부터 15 cm 윗부분에 두 번째 선을 그린다. 이후 대상자는 몸통 전방 굽힘을 하고 검사자는 대상자가 앞으로 숙이면 첫 번째 선과 두 번째 선 사이



Figure 2. Hamstring static stretching.

의 길이 변화를 측정한다. 마지막으로 대상자는 바로 선 자세로 돌아다. 총 3회 검사하였다.

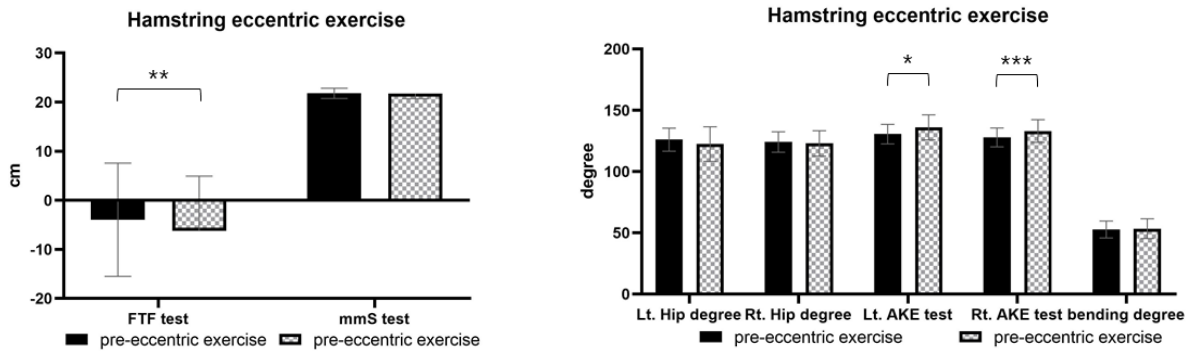
사. 허리와 엉덩관절 굽힘 각도 측정

허리 굽힘의 양을 경사계를 활용해 측정하였다. 대상자는 21 cm 높이의 박스 위에 올라서서 발 끝부분을 박스 끝부분에 맞추어 서서 양 다리를 붙인 후 손을 펴고 앞으로 숙인다. 검사자는 환자의 옆에 서서 양 손으로 경사계를 잡고 열두 번째 등뼈와 뒤위엉덩가시를 이은 선에 경사계를 하나씩 고정한다. 대상자는 손을 펴고 겹쳐 모아 전방으로 몸통을 굽힌다. 검사자는 경사계를 활용해 총 3회 측정하였다.

엉덩관절 굽힘의 양 역시 경사계를 활용해 측정하였다. 대상자는 바로 누운 자세에서 검사할 반대쪽 허벅지는 양 손으로 잡아당겨 고정하고 측정할 허벅지의 바깥에 스트랩을 감고, 검사자는 경사계를 지면에 수직으로 놓이도록 스트랩에 부착한다. 대상자는 무릎을 구부리며 엉덩관절을 구부린다. 검사자는 측정할 다리의 엉덩관절 굽힘의 양을 3회 측정하였다.

4. 통계분석

본 연구에서 수집된 모든 데이터를 분석하기 위해 윈도우용 통계처리 프로그램인 SPSS ver. 25(IBM Corp., Armonk, NY, USA)을 사용하였다. 수집된 자료의 변수에 대해 평균 및 표준편차를 산출하였고, 연구 대상의 일반적 특성을 알아보기 위해서 기술통계를 이용하였다. 각 그룹 간의 전후 비교를 위해 대응 t 검정(paired t-test)을 시행하였다. 두 그룹 간의 차이를 비교하기 위한 독립 t 검정(independent t-test)을 시행하



**Figure 3.** Comparison of before and after hamstring eccentric exercise (FTF test: fingertip to floor test, mmS test: modified modified Schober test, Lt. AKE test: left leg active knee extension test, Rt. AKE test: right leg active knee extension test, bending degree: trunk forward bending degree, mean±standard deviation, \*p=.000, \*\*p<.01, \*\*\*p<.05).

었다. 모든 통계학적 유의 수준은 .05로 지정하였다.

통계적으로 유의하지 않았다.(Figure 4, Table 3).

### III. 결과

#### 1. 뒤넙다리근 편심성 운동의 전과 후 비교

HEE군의 오른 다리와 왼 다리의 능동 무릎 펴 검사 결과 값이 각각 5.16±7.50°, 5.50±4.45°의 차이를 보이며 통계적으로 유의하게 증가하였다. 손가락-바닥 닿기 검사의 값은 2.30±2.34 cm의 차이를 보이며 통계적으로 유의하게 감소하였다. 나머지 검사의 결과 값은 통계적으로 유의하지 않았다.(Figure 3, Table 2).

#### 2. 뒤넙다리근 스트레칭의 전과 후 비교

HSS군의 오른 다리와 왼 다리의 능동 무릎 펴 검사 결과 값이 각각 5.03±4.29°, 5.99±5.11°의 차이를 보이며 통계적으로 유의하게 증가하였다. 손가락-바닥 닿기 검사의 값은 3.92±2.31 cm의 차이를 보이며 통계적으로 유의하게 감소하였다. 나머지 검사의 결과 값은

#### 3. 뒤넙다리근 편심성 운동 군과 뒤넙다리근 스트레칭 군의 전과 후의 차이값 비교

HEE군과 HSS군의 운동 전과 후의 각 검사들의 결과 값의 차이는 통계적으로 유의한 차이는 나타나지 않았다(Table 4, 5).

### IV. 고찰

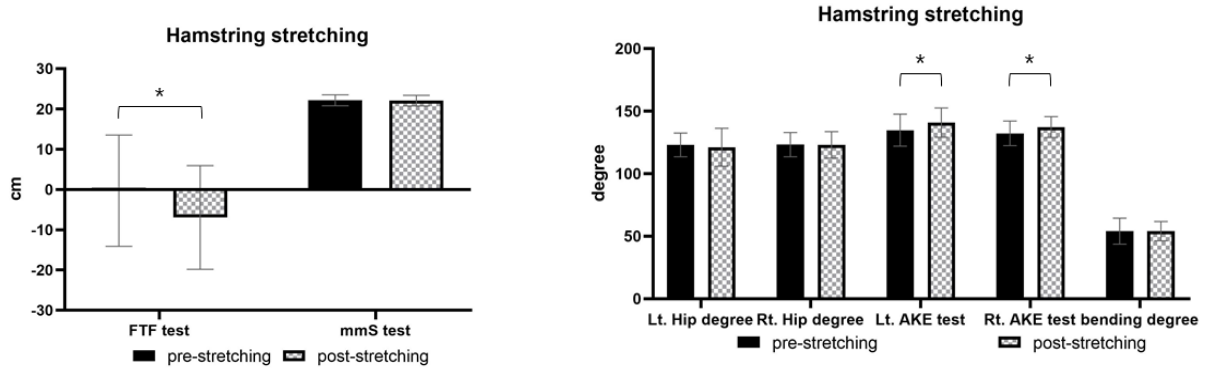
이 연구의 목적은 즉각적인 HEE와 HSS가 짧아진 뒤넙다리근을 가진 대상자의 몸통 전방 굽힘에 어떠한 영향을 주는지 알아보는 것이다. 몸통 전방 굽힘의 양을 알아볼 수 있는 FTF test의 결과 값은 값이 감소할수록 몸통 전방 굽힘의 양이 좋아짐을 뜻하며 두 군 모두 결과 값이 통계적으로 유의하게 감소했으므로 몸통 전방 굽힘의 양이 증가했음을 알 수 있었다. 뒤넙다리근의 유연성을 알아볼 수 있는 AKE test의 결과 값은

**Table 2.** Comparison before and after HEE

(N=15)

|                                    | before | after  | t     | p    |
|------------------------------------|--------|--------|-------|------|
| FTF <sup>a</sup> test (cm)         | -3.97  | -6.27  | 3.79  | .002 |
| mmS <sup>b</sup> test (cm)         | 21.78  | 21.75  | .24   | .818 |
| Trunk forward bending degree (°)   | 52.67  | 53.37  | -.32  | .754 |
| Lt. leg AKE <sup>c</sup> test (cm) | 130.56 | 136.07 | -4.79 | .000 |
| Rt. leg AKE test (cm)              | 127.93 | 133.09 | -2.67 | .018 |
| Lt. leg hip flexion degree (°)     | 126.09 | 122.44 | 1.34  | .202 |
| Rt. leg hip flexion degree (°)     | 124.15 | 122.94 | .58   | .571 |

<sup>a</sup>fingertip to floor test, <sup>b</sup>modified modified Schober test, <sup>c</sup>active knee extension test.



**Figure 4.** Comparison of before and after hamstring static stretching (FTF test: fingertip to floor test, mmS test: modified modified Schober test, Lt. AKE test: left leg active knee extension test, Rt. AKE test: right leg active knee extension test, bending degree: trunk forward bending degree, mean±standard deviation, \*p=.000).

증가할수록 뒤넙다리근의 유연성이 좋아짐을 뜻하며 두 군 모두 결과 값이 통계적으로 유의하게 증가했으므로 뒤넙다리근의 유연성이 증가했음을 알 수 있었다. 뒤넙다리근의 짧아짐은 골반의 전방 이동성을 제한하고 허리의 보상적인 굽힘을 증가시킬 수 있다. 짧아진 뒤넙다리근에 대한 역동적 스트레칭은 몸통 전방 굽힘의 후반부에서 골반의 이동성을 향상시켜 허리의 보상적 굽힘을 감소시킨다(Hasebe 등, 2016). 따라서 몸통 전방 굽힘의 증가는 뒤넙다리근의 유연성 증가에 의해 나타났다고 할 수 있다.

HSS군의 결과를 살펴보면, 오른 다리와 왼 다리의 AKE test의 결과 값이 각각  $5.03\pm 4.29^\circ$ ,  $5.99\pm 5.11^\circ$ 의 차이를 보이며 뒤넙다리근의 유연성이 늘어났음을 알 수 있으며 FTF test의 값은  $3.92\pm 2.31$  cm의 차이를 보이며 몸통 전방 굽힘의 양이 증가했음을 알 수 있었다. 스트레칭의 목적은 일반적으로 관절 가동 범위를 증가시키고 근육-힘줄 단위의 팽팽함과 장력을 줄이는 것이다(Lopez-Minarro 등, 2012). 이전 연구들을 살펴보면 짧아진 뒤넙다리근에 스트레칭을 했을 때 뒤넙다리근의 유연성이 증가하였다는 연구 결과가 있었으며

(Halbertsma 등, 1996; Spornoga 등, 2001), 스트레칭을 하게 되면 뒤넙다리근의 유연성이 증가하고 골반의 전방 기울임이 증가하며 등뼈의 과도한 굽힘의 양이 줄고 몸통 전방 굽힘의 양이 증가한다는 결과도 있었다(Lopez-Minarro 등, 2012). 스트레칭을 했을 때 나타난 즉각적인 뒤넙다리근의 유연성 증가는 대상자가 이전의 불편감에 적응하고 새로운 범위에 대해 잘 견뎌낼 수 있게 되면서 나타난다(Halbertsma 등, 1996; Magnusson 등, 1996). 그러므로 HSS로 인한 유연성 증가는 몸통 전방 굽힘의 양을 증가시켰다고 볼 수 있다.

HEE군의 결과 역시 오른 다리와 왼 다리의 AKE test의 값이 각각  $5.16\pm 7.50^\circ$ ,  $5.50\pm 4.45^\circ$ 의 차이를 보였으므로 뒤넙다리근의 유연성이 좋아짐을 보였고, FTF test의 전후 차이가  $2.30\pm 2.34$  cm로 나타났으므로 몸통 전방 굽힘의 양이 좋아짐을 알 수 있었다. HEE가 뒤넙다리근의 유연성을 증가시킨 이유는 대항근의 동심성 수축이 대상 관절을 느린 속도로 조절하고 가능한 최대범위로 움직이며 작용근을 늘려주었기 때문으로 보인다(Nelson와 Bandy, 2004). 또한 이전 연구에서는 동물실험을 통해 근육원섬유마디의 수 증가에 따른 근육 다발의 길이

**Table 3.** Comparison before and after HSS

(N=15)

|                                    | before | after  | t     | p    |
|------------------------------------|--------|--------|-------|------|
| FTF <sup>a</sup> test (cm)         | -3.04  | -6.96  | 6.56  | .000 |
| mmS <sup>b</sup> test (cm)         | 22.13  | 22.07  | .38   | .711 |
| Trunk forward bending degree (°)   | 54.13  | 54.00  | .08   | .937 |
| Lt. leg AKE <sup>c</sup> test (cm) | 134.79 | 140.78 | -4.54 | .000 |
| Rt. leg AKE test (cm)              | 132.23 | 137.26 | -4.54 | .000 |
| Lt. leg hip flexion degree (°)     | 123.01 | 121.09 | .76   | .460 |
| Rt. leg hip flexion degree (°)     | 123.23 | 123.04 | .10   | .919 |

<sup>a</sup>fingertip to floor test, <sup>b</sup>modified modified Schober test, <sup>c</sup>active knee extension test.

**Table 4.** Comparison before HEE and HSS

(N=30)

|                                    | HEE <sup>a</sup>         | HSS <sup>b</sup> | t(p)         |
|------------------------------------|--------------------------|------------------|--------------|
| FTF <sup>c</sup> test (cm)         | -3.97±11.53 <sup>d</sup> | -3.04±13.81      | -.201(.842)  |
| mmS <sup>e</sup> test (cm)         | 21.78±1.03               | 22.13±1.36       | -.800(.431)  |
| Trunk forward bending degree (°)   | 52.67±6.93               | 54.13±10.38      | -.453(.654)  |
| Lt. leg AKE <sup>f</sup> test (cm) | 126.09±9.38              | 123.10±9.51      | .893(.379)   |
| Rt. leg AKE test (cm)              | 124.15±8.38              | 123.23±9.72      | .280(.926)   |
| Lt. leg hip flexion degree (°)     | 130.56±8.04              | 134.79±12.78     | -1.086(.287) |
| Rt. leg hip flexion degree (°)     | 127.93±7.70              | 132.23±9.82      | -1.333(.193) |

<sup>a</sup>hamstring eccentric exercise, <sup>b</sup>hamstring static stretching, <sup>c</sup>fingertip to floor test, <sup>d</sup>mean±standard deviation, <sup>e</sup>modified Schober test, <sup>f</sup>active knee extension test.

가 증가하는(Morgan과 Allen, 1999) “sarcomerogenesis”라는 과정에 의해 근육의 길이가 증가하였다고 보고하였다(Butterfield와 Herzog, 2006). 또한, 근육의 힘과 각도의 관계성에 관련된 이전 연구에서 HEE로 발생한 최상의 각도의 이동은 기대 근육군의 길이가 늘어난 결과라고 밝혔다(Kilgallon 등, 2007; Potier 등, 2009). 그러므로 HSS와 마찬가지로 HEE 역시 뒤넙다리근의 유연성을 증가시켜주었고 이로 인해 몸통 전방 굽힘의 양이 증가했음을 알 수 있었다.

몸통 전방 굽힘 동작을 하는 동안 짧아진 뒤넙다리근이 만드는 허리의 과도한 움직임의 양을 확인하기 위해 mmS test를 통해 변화 값을 확인했지만, 운동 전과 후에 HEE군과 HSS군의 전과 후 결과 값의 차이는 통계학적으로 유의한 결과가 나타나지 않았다. 짧아진 뒤넙다리근이 몸통 전방 굽힘 동안 허리에 과도한 움직임을 만든다는 과거 연구 결과들이 있었지만(Gajdosik 등, 1992; López-Miñarro와 Alacid, 2010), 실제 몸통 전방 굽힘 동안 허리의 움직임에 양에는 변화가 없음을 알 수 있었다. 이는 몸통 전방 굽힘을 하는 동안 허리뼈의 움직임에 변화가 아닌 다른 요소가 허리의 과도한 움직임을 만드는 것으로 보인다. Carregaro와 Coury(2009)에 따르면 짧아진 뒤넙다리근을 가진 대상자들이 손을 사용하는 과제를 수행하는 중에 몸통의 과도한 근전도

활성을 나타냈으며, 몸통의 과도한 근전도 활성화는 골반의 움직임 제한을 보상하기 위한 결과라고 밝혔다. 골반의 움직임 제한은 뒤넙다리근의 짧아짐과 관련이 있으며 허리 통증을 만드는 요인으로 고려될 수 있다고 보고하였다. Esola 등(1996)에 따르면 허리 통증을 가진 대상자를 분석했을 때, 몸통 전방 굽힘 과제를 수행하는 동안 근전도 검사를 하면 허리에 높은 진폭과 이른 활성을 보인다고 보고하였다. 이러한 이른 허리의 움직임은 척추의 뒤쪽 조직들에 장력 스트레스를 준다는 중요한 임상적 암시로 볼 수 있다.

몸통 전방 굽힘에 영향을 주는 허리뼈와 엉덩관절 굽힘의 각도를 측정하기 위해 경사계를 활용하였다. 허리뼈의 굽힘 각도와 양쪽의 엉덩관절의 굽힘 각도는 모두 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다. 경사계를 활용한 이전 연구들을 살펴보면, Williams 등(1993)은 재수정된 쇼버 검사와 경사계의 신뢰도를 확인했는데 허리뼈의 굽힘에 대한 검사-재검사 신뢰도는 재수정된 쇼버 검사가 .78에서 .89, 경사계가 .13에서 .87이었으며 검사자간의 신뢰도는 재수정된 쇼버 검사가 .72, 경사계가 .60라고 밝혔다(Williams 등, 1993). 하지만, Saur PM 등(1996)은 경사계와 방사선 검사를 비교했는데 허리뼈 굽힘을 측정했을 때 경사계로 측정한 결과 값과 방사선 검사의 결과 값이 매우 유사했다고 보고하였다

**Table 5.** Comparison after HEE and HSS

(N=30)

|                                    | HEE <sup>a</sup>         | HSS <sup>b</sup> | t(p)         |
|------------------------------------|--------------------------|------------------|--------------|
| FTF <sup>c</sup> test (cm)         | -6.26±11.20 <sup>d</sup> | -6.96±2.87       | .157(.876)   |
| mmS <sup>e</sup> test (cm)         | 21.75±1.04               | 22.06±1.31       | -.723(.476)  |
| Trunk forward bending degree (°)   | 53.37±8.03               | 54.00±7.69       | -.218(.829)  |
| Lt. leg AKE <sup>f</sup> test (cm) | 136.06±10.18             | 140.78±11.68     | -1.178(.249) |
| Rt. leg AKE test (cm)              | 133.09±9.27              | 137.26±8.35      | -1.292(.207) |
| Lt. leg hip flexion degree (°)     | 122.44±14.05             | 121.09±15.15     | .252(.803)   |
| Rt. leg hip flexion degree (°)     | 122.94±10.43             | 123.04±10.61     | -.026(.979)  |

<sup>a</sup>hamstring eccentric exercise, <sup>b</sup>hamstring static stretching, <sup>c</sup>fingertip to floor test, <sup>d</sup>mean±standard deviation, <sup>e</sup>modified Schober test, <sup>f</sup>active knee extension test.



(Saur PM 등, 1996). 경사계를 활용한 측정 방법이 각도 측정은 정확하지만 재측정에 대한 신뢰도가 낮은 것으로 보인다.

짧아진 뒤넙다리근을 가진 대상자가 HSS와 HEE를 했을 때 두 운동 모두 몸통 전방 굽힘의 양이 증가하였다. 그러므로 두 가지 운동이 모두 몸통 전방 굽힘의 양을 증가시키는데 유용한 방법이 될 수 있다. 몸통 전방 굽힘의 양은 HSS군이  $3.92 \pm 2.31$  cm로 HEE군의  $2.30 \pm 2.34$  cm보다 더 많은 증가폭을 보인다. 이는 뒤넙다리근의 유연성 증가 폭이 HSS군이 더 크기 때문으로 보인다. 하지만 근력 운동은 부상 예방과 근력 증진이라는 추가적인 장점을 가지고 있기 때문에 (O'Sullivan 등, 2012; Petersen과 Hölmich, 2005) HEE 역시 효과적이다. HEE는 최대 힘의 증진, 퍼포먼스, 근육 길이-장력 곡선에서 증진된 효과를 보이며 통증과 장애를 줄이는 효과를 가지고 있다(Kingma 등, 2007; Petersen과 Hölmich, 2005; Wasielewski와 Kotsko, 2007). 본 연구에서 쓰인 HEE 방법은 최대 부하를 사용하지 않고 낮은 부하를 활용하였다. 또한 마지막 범위에서 잠깐의 멈춤이 생기므로 전형적인 편심성 운동과 스트레칭이 혼합된 형태이다(Nelson과 Bandy, 2004; O'Sullivan 등, 2012). 그러므로 HEE의 몸통 전방 굽힘의 증가 정도가 스트레칭에 비해 효과적이지 못하더라도 편심성 운동의 추가적인 이점이 있기 때문에 편심성 운동을 역시 효과적이라고 할 수 있다.

본 연구에서는 다음과 같은 제한점이 있었다. 첫째, 본 연구는 대상자의 수가 적었고, 대상자 선정기준에서 허리 통증이 없는 대상으로 선정했기 때문에 실제로 허리 통증이 있고 뒤넙다리근이 짧은 대상자에게 효과를 일반화하기 어렵다. 따라서 허리 통증이 있는 대상자에 대한 검증이 필요하다. 둘째, 본 연구에서 엉덩관절과 몸통 전방 굽힘의 각도를 경사계를 통해 확인하려 했으나 엉덩관절의 각도와 몸통 전방 굽힘의 각도를 측정할 때 대상자의 노력이 미치는 영향을 고려하지 못해 측정 결과 값의 일관성이 떨어져 유의한 결과 값이 나타나지 않았다. 셋째, 본 연구에서는 당일 운동을 한 뒤, 운동 직후의 변화만을 확인하였다. 운동의 효과가 나타났지만 얼마나 유지되는지 그리고 장기간의 운동을 했을 때의 변화는 확인하지 못하였다. 그러므로 추후 연구에서는 운동 직후의 효과가 시간이 지난 후에도 유지되는지에 대한 여부와 장기간의 운동을 했을 때의 효과에 대한 연구가 더 필요하다.

## V. 결론

본 연구는 뒤넙다리근의 짧은 대상자에게 HSS와 HEE를 했을 때 몸통 전방 굽힘에 어떤 단기적 영향을 나타내는지를 확인해보았다. 두 운동 방법 모두 뒤넙다리근의 유연성을 증가시키고 몸통 전방 굽힘의 양을 증가시켰다. 운동 전과 후의 차이는 HSS가 HEE보다 더 크게 나타났지만, 부상 예방과 근력 증진이라는 추가적인 장점을 가진 HEE 역시 HSS만큼 유용하다고 제안한다.

## References

- Adams MA, Hutton WC. The mechanical function of the lumbar apophyseal joints. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1983;8(3):327-330.
- Bakker EW, Verhagen AP, van Trijffel E, et al. Spinal mechanical load as a risk factor for low back pain: A systematic review of prospective cohort studies. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2009;34(8):E281-E293. <https://doi.org/10.1097/BRS.0b013e318195b257>
- Burdorf A, Sorock G. Positive and negative evidence of risk factors for back disorders. *Scand J Work Environ Health*. 1997;23(4):243-256.
- Butterfield TA, Herzog W. The magnitude of muscle strain does not influence serial sarcomere number adaptations following eccentric exercise. *Pflügers Arch*. 2006;451(5):688-700. <https://doi.org/10.1007/s00424-005-1503-6>
- CARLSÖÖ S. The static muscle load in different work positions: An electromyographic study. *Ergonomics*. 1961;4(3):193-211.
- Carregaro RL, Coury HJCG. Does reduced hamstring flexibility affect trunk and pelvic movement strategies during manual handling? *Int J Indl Ergon*. 2009;39(1):115-120. <https://doi.org/10.1016/j.ergon.2008.05.004>
- 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):947-951.
- Esola MA, McClure PW, Fitzgerald GK, et al. Analysis of lumbar spine and hip motion during forward bending in subjects with and without a history of low back pain. *Spine(Phila Pa 1976)*. 1996;21(1):71-78.
- Feldman DE, Shrier I, Rossignol M, et al. Risk factors for the development of low back pain in adolescence. *Am J Epidemiol*. 2001;154(1):30-36. <https://doi.org/10.1093/aje/154.1.30>
- 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. [https://doi.org/10.1016/0268-0033\(92\)90006-P](https://doi.org/10.1016/0268-0033(92)90006-P)
- Gajdosik RL, Lusin G. Hamstring muscle tightness: Reliability of an active-knee-extension test. *Phys Ther*. 1983;63(7):1085-1088. <https://doi.org/10.1093/ptj/63.7.1085>
- Gauvin MG, Riddle DL, Rothstein JM. Reliability of clinical measurements of forward bending using the modified fingertip-to-floor method. *Phys Ther*. 1990;70(7):443-447. <https://doi.org/10.1093/ptj/70.7.443>
- Granata KP, Sanford AH. Lumbar - pelvic coordination is influenced by lifting task parameters. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2000;25(11):1413-1418.
- Halbertsma JP, van Bolhuis AI, Göeken LN. Sport stretching: Effect on passive muscle stiffness of short hamstrings. *Arch of Phys Med Rehabil*. 1996;77(7):688-692.
- Hamill J, Knutzen KM. *Biomechanical Basis of Human Movement*. Lippincott Williams & Wilkins, 2006:101-102.
- Hasebe K, Okubo Y, Kaneoka K, et al. The effect of dynamic stretching on hamstrings flexibility with respect to the spino-pelvic rhythm. *J Med Invest*. 2016;63(1.2):85-90. <https://doi.org/10.2152/jmi.63.85>
- Herrington L. The effect of pelvic position on popliteal angle achieved during 90:90 hamstring-length test. *J Sport Rehabil*. 2013;22(4):254-256.
- Hoogendoorn WE, Bongers PM, de Vet HC, et al. Flexion and rotation of the trunk and lifting at work are risk factors for low back pain: Results of a prospective cohort study. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2000;25(23):3087-3092.
- 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):535-540. <https://doi.org/10.4184/asj.2015.9.4.535>
- Kilgallon M, Donnelly AF, Shafat A. Progressive resistance training temporarily alters hamstring torque-angle relationship. *Scand J Med Sci Sports*. 2007;17(1):18-24. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2005.00491.x>
- Kingma JJ, de Knikker R, Wittink HM, et al. Eccentric overload training in patients with chronic achilles tendinopathy: A systematic review. *Br J Sports Med*. 2007;41(6):e3. <https://doi.org/10.1136/bjism.2006.030916>
- Kroll PG, Raya MA. Hamstring muscles: An overview of anatomy, biomechanics and function, injury etiology, treatment, and prevention. *Phys Rehabil Med*. 1997;9(3-4):191-203.
- Kumar GP. Comparison of cyclic loading and hold relax technique in increasing resting length of hamstring muscles. *Hong Kong Physiother J*. 2011;29(1):31-33.
- López-Miñarro PA, Alacid F. Influence of hamstring muscle extensibility on spinal curvatures in young athletes. *Sci Sports*. 2010;25(4):188-193. <https://doi.org/10.1016/j.scispo.2009.10.004>
- Lopez-Miñarro PA, Muyor JM, Belmonte F, et al. Acute effects of hamstring stretching on sagittal spinal curvatures and pelvic tilt. *J Hum Kinet*. 2012;31:69-78. <https://doi.org/10.2478/v10078-012-0007-7>
- Magnusson SP, Simonsen EB, Aagaard P, et al. Biomechanical responses to repeated stretches in human hamstring muscle in vivo. *Am J Sports Med*. 1996;24(5):622-628. <https://doi.org/10.1177/036354659602400510>

- Manchikanti L. Epidemiology of low back pain. *Pain physician*. 2000;3(2):167-192.
- Morgan DL, Allen DG. Early events in stretch-induced muscle damage. *J Appl Physiol*(1985). 1999;87(6):2007-2015. <https://doi.org/10.1152/jappl.1999.87.6.2007>
- Nachemson AL. Disc pressure measurements. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1981;6(1):93-97.
- Nelson RT, Bandy WD. Eccentric training and static stretching improve hamstring flexibility of high school males. *J Athl Train*. 2004;39(3):254-258.
- Norris CM. *Back Stability*. Hum Kinet, 2000.
- O'Sullivan K, McAuliffe S, Deburca N. The effects of eccentric training on lower limb flexibility: A systematic review. *Br J Sports Med*. 2012;46(12):838-845. <http://doi.org/10.1136/bjsports-2011-090835>
- Petersen J, Hölmich P. Evidence based prevention of hamstring injuries in sport. *Br J Sports Med*. 2005;39(6):319-323. <http://doi.org/10.1136/bjism.2005.018549>
- Potier TG, Alexander CM, Seynnes OR. Effects of eccentric strength training on biceps femoris muscle architecture and knee joint range of movement. *Eur J Appl Physiol*. 2009;105(6):939-944. <https://doi.org/10.1007/s00421-008-0980-7>
- Saunders R, Kraus SL, Woerman A. *Evaluation, Treatment and Prevention of Musculoskeletal Disorders*. 1st ed. Saunders Group, 1993;703-705.
- Saur PM, Ensink FB, Frese K, et al. Lumbar range of motion: Reliability and validity of the inclinometer technique in the clinical measurement of trunk flexibility. *Spine (Phila Pa 1976)*. 1996; 21(11):1332-1338.
- Shin G, Shu Y, Li Z, et al. Influence of knee angle and individual flexibility on the flexion-relaxation response of the low back musculature. *J Electro-myogr Kinesiol*. 2004;14(4):485-494. <https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2003.12.001>
- Sjolie AN. Low-back pain in adolescents is associated with poor hip mobility and high body mass index. *Scand J Med Sci Sports*. 2004;14(3):168-175. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2003.00334.x>
- Spernoga SG, Uhl TL, Arnold BL, et al. Duration of maintained hamstring flexibility after a one-time, modified hold-relax stretching protocol. *J Athl Train*. 2001;36(1):44-48.
- Tousignant M, Poulin L, Marchand S, et al. The modified-modified schober test for range of motion assessment of lumbar flexion in patients with low back pain: A study of criterion validity, intra- and inter-rater reliability and minimum metrically detectable change. *Disabil Rehabil*. 2005;27(10):553-559. <https://doi.org/10.1080/09638280400018411>
- Wasielewski NJ, Kotsko KM. Does eccentric exercise reduce pain and improve strength in physically active adults with symptomatic lower extremity tendinosis? A systematic review. *J Athl Train*. 2007;42(3):409-421.
- White S, Sahrman S. A movement system balance approach to management of musculoskeletal pain. *Physical therapy of the cervical and thoracic spine*. 1994;339-357.
- Williams R, Binkley J, Bloch R, et al. Reliability of the modified-modified schöber and double inclinometer methods for measuring lumbar flexion and extension. *Phys Ther*. 1993;73(1):33-44.
- 
- 
- This article was received April 11, 2019, was reviewed April 11, 2019, and was accepted July 17, 2019.