

뒤넙다리근의 자가 신장운동 방법에 따른 유연성과 근탄성의 변화

박소라 · 노효련[†]

강원대학교 물리치료학과

Changes in Flexibility and Muscle Elasticity according to the Self-Stretching Method of the Hamstring Muscle

So-Ra Park, PT · Hyo-Lyun Roh, PT, PhD[†]

Department of Physical Therapy, Kangwon National University

Received: July 25 2023 / Revised: August 14 2023 / Accepted: October 9 2023

© 2023 J Korean Soc Phys Med

| Abstract |

PURPOSE: The purpose of this study was to investigate the changes in the flexibility and elasticity of the muscles when the hamstrings were stretched in one direction and when they were stretched in three directions.

METHODS: In this study the subjects were divided into two groups, namely the ‘one-direction stretching exercise of the hamstring muscle in the neutral position’ group (female: 14 people, male: 14 people) and the ‘three-way stretching exercise’ group (female: 12 people, male: 14 people) considering the positions of the three hamstring muscles. The elasticity and flexibility of the hamstring muscles were measured before and after the self-extension exercise, and the average value of two measurements was noted. To evaluate the flexibility of the hamstring muscle, a ‘sit and reach’ test

was performed, and muscle elasticity was measured using the MyotonPRO® device.

RESULTS: After the stretching exercise, flexibility increased in both groups. In terms of muscle elasticity, the body dynamic strength and resonance frequency of the stretching one-direction stretching group decreased after the stretching exercise.

CONCLUSION: To alter the muscle characteristics and increase the flexibility when performing a stretching exercise, selecting and stretching only one muscle with the lowest range of motion yields effective results. The ideal technique to be employed appears to be to stretch the entire hamstring muscle in one direction from the neutral position.

Key Words: Flexibility, Hamstring, Muscle elasticity, Self-stretching

[†]Corresponding Author : Hyo-Lyun Roh

bustrayagain@naver.com, <http://orcid.org/0000-0002-0187-7109>

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

뒤넙다리근(hamstring)은 넙다리두갈래근(biceps femoris), 반힘줄근(semi-tendinosus), 반막모양근(semi-membranosus)

으로 구성되어 있으며 엉덩관절을 펴고, 무릎관절을 굽히는 역할을 한다. 넙다리두갈래근의 긴갈래와 반힘줄근, 반막모양근은 모두 두 개의 관절을 지나는 근육(two joint muscle)으로, 허벅지 뒤쪽에 위치하며 바깥쪽에서 안쪽으로 넙다리두갈래근, 반힘줄근, 반막모양근 순서로 놓여져 있다[1]. 뒤넙다리근은 보행 시 많은 역할을 하는데, 대표적으로 발꿈치를 바닥에 닿게 하기 위해 무릎을 펼 때 속도를 감소시켜 과도한 충격을 줄여준다[1]. 뒤넙다리근은 넙다리두갈래근의 짧은 갈래를 제외하고는 모두 공동 뼈 결절에 부착되어 있어 골반과 척추에 많은 영향을 미치며, 인체의 근육들 중 가장 짧아지기가 쉽다[2].

뒤넙다리근이 짧아지면 유연성이 감소와 긴장도가 증가하게 되는데, 이는 허리통증이나 골반의 변형을 일으키고 다양한 척추질환을 발생시킨다[3]. Travell & Simons[4]은 대부분의 허리통증이 허리뼈 4,5번과 엉치뼈 1번 사이에서 발생하며, 뒤넙다리근의 짧아짐으로 인한 골반 및 척추의 앞쪽 기울임의 제한에 의해 나타난다고 하였다. 따라서 허리 굽힘이 제한된 만성 허리통증환자의 경우, 움직임을 회복시키기 위하여 뒤넙다리근의 길이를 늘려주는 신장운동(stretching exercise)이 필요하다고 하였다[5]. 또한 근육이 짧아지면 긴장도가 증가하면서 체중이 한 쪽으로 치우치게 되고, 이로 인하여 자세의 불균형을 발생시키기 때문에[6,7], 신체의 균형을 맞추기 위해서 근육의 정상적인 길이를 갖게 하기 위한 신장운동이 필요하다.

연부조직의 가동성을 증가시키는데 사용되는 신장운동 중 자가 신장운동은 대상자가 스스로 수행하는 운동을 말하며, 교육과 연습을 통해 독립적으로 관절가동범위를 증가시킬 수 있다[8]. 또한 선택적 신장운동은 근육과 관절을 선택적으로 신장시키는 운동으로, 신체의 기능을 향상시킬 수 있다[9]. 따라서 선택적 자가 신장운동은 대상자의 짧아진 근육을 선택하여 신장시킬 수 있기 때문에 기능을 최대한 발휘하기에 효율적이며, 장소와 시간의 제약이 덜하고 장기간 시행할 수 있어 자기 관리에 효과적이다[8]. 이러한 신장운동을 통해서 연부조직의 길이가 늘어날 때에는 탄력성(elastic)과 점탄성(viscoelastic)의 변화가 일어나게 된다. 이때 탄력성이란 신장 후, 신장 전의 길이로 회복하고

근육에서 빠르게 장력을 전달하는 능력을 말하며, 점탄성은 조직을 신장시켰을 때 길이가 변화하는 것처럼 조직의 변형에 저항하려는 연부조직의 특성을 말한다[9].

Kim[10]의 연구에 의하면 뒤넙다리근의 선택적 신장을 위하여 반막모양근, 반힘줄근, 넙다리두갈래근을 각각 엉덩관절 벌림, 중립, 모음 자세로 신장 운동을 시행하였다. 즉, 제일 안쪽에 위치한 반막모양근은 모음의 역할, 중간에 위치한 반힘줄근은 중립의 역할 그리고 바깥쪽에 위치한 넙다리두갈래근은 벌림의 역할을 한다[10]. Kim[10]은 뒤넙다리근의 효과적인 신장을 위해 세 가지 자세에서 중재를 시행했으며, 세 가지 근육에 대한 비교는 이루어지지 않았다. 선행연구들에서 뒤넙다리근에 의해 변화된 척추세움근의 활성도를 알아보거나[3] 중립 자세에서 뒤넙다리근을 신장하였으므로[2] 뒤넙다리를 구성하고 있는 세 근육의 특성에 대한 연구는 부족하다. 즉, 뒤넙다리근을 구성하는 세 가지 근육에 대한 중재 연구[10]와 뒤넙다리근과 척추세움근의 활성도에 관한 연구[2], 뒤넙다리근과 넙다리네갈래근의 공동수축에 관한 연구[11] 등이 있으나 뒤넙다리근을 선택적으로 신장하는 연구가 많이 부족하며, 세 가지 근육을 비교 분석한 연구가 부족한 실정이다. 뒤넙다리근의 신장운동방법에 대한 자료가 풍부하나 대부분의 자료는 뒤넙다리근을 구성하는 세 가지 근육에 대한 정보는 빠져 있다. 또한, 신장운동을 통한 근육의 유연성과 탄성의 변화에 대한 정보도 부족하다.

이에 본 연구는 뒤넙다리근을 구성하는 세 가지 근육의 신장운동을 안쪽, 바깥쪽, 중립방향에서 각각 실시하였을 때와 뒤넙다리근을 한 방향으로 신장운동하였을 때 근육들의 유연성과 탄성의 변화를 알아보고자 한다. 이를 통하여 물리치료 현장에서 적용할 수 있는 효율적인 뒤넙다리근 신장운동방법을 제시하고자 한다.

II. 연구방법

1. 연구 대상

본 연구는 20대 성인 54명을 대상으로 연구를 시행하였다(Table 1). 연구대상자들은 실험 전 연구의 목적과

Table 1. Characteristics of study participants

	Age(year)	Height(cm)	Weight(kg)
One direction (F:14, M:14)	20.79 ± 1.62	167.66 ± 8.99	65.96 ± 19.92
Three direction (F:12, M:14)	21.389 ± 2.12	159.50 ± 7.81	64.48 ± 12.70

F: Female, M: Male.

방법 및 연구 참여 중 원하면 언제든지 그만 둘 수 있음에 대한 설명을 충분히 듣고 자발적으로 참여를 원하는 경우에 실험에 대한 동의서를 작성하였다. 정상보행이 가능하며 균형능력에 문제가 없는 자, 본 연구의 참여에 자발적으로 동의한 경우에 연구대상자로 참여시켰으며, 신경학적 질환이나 정형외과적 질환 있는 자, 허리 통증이나 무릎 통증이 있는 자, 발목에 통증이 있는 경우에는 연구 대상자에서 제외시켰다.

연구대상자들은 제비뽑기에 의한 방법으로 무작위로 나누었으며, 뒤넙다리근을 한방향으로 신장운동하는 그룹(여성:14명, 남성:14명)과 뒤넙다리를 구성하는 넙다리두갈래근(biceps femoris), 반힘줄근(semi-tendinosus), 반막모양근(semimembranosus)의 위치와 방향을 고려하여 세가지 방향으로 신장운동하는 그룹(여성:12명, 남성:14명)으로 나누어 진행하였다.

2. 신장 운동 방법

연구 대상자들은 실험실의 매트 위에 바로 누운 자세에서 동작을 실시하였다.

뒤넙다리근은 두 개의 관절을 지나는 근육(two-joint muscle)이기 때문에 엉덩관절과 무릎관절을 정중면(sagittal plane)에서 90° 굽힌 상태로 중재를 시작하였으며, 뒤넙다리근을 한방향으로 신장하는 운동은 다음과 같이 실시하였다. 허벅지 밑에 손가락지를 낀 뒤, 연구자의 “시작”이라는 지시에 따라 엉덩관절을 90° 유지하고 무릎을 최대한 펼 수 있는 만큼 편 후, 끝범위에서 40초를 유지하였다. 40초 동안 6회, 2세트를 시행하였다. 이때, 신장 운동을 시행하지 않는 골반은 고정하였으며, 세트 사이에 각각 10초씩 휴식시간을 주었다.

뒤넙다리근의 3가지 근육을 각각 신장하는 그룹은 넙다리두갈래근(Fig. 1), 반막모양근(Fig. 2), 반힘줄근(Fig. 3)을 구분하여 신장하기 위해 각각 이마면(frontal plane)에서 엉덩관절 30도 모음, 벌림 자세와 엉덩관절 중립 자세로 40초 동안 2회씩, 2세트를 시행하였다. 이때, 신장 운동을 시행하지 않는 골반은 고정하였으며, 세트 사이에 각각 10초씩 휴식시간을 주었다[3]. 따라서, 40초 동안 6회, 2세트를 두 그룹에서 각각 적용하여 운동의 시간과 횟수는 두 그룹에서 동일하게 하였다.



Fig. 1. Stretching exercise(Lt. adduction).



Fig. 2. Stretching exercise(Lt. abduction).



Fig. 3. Stretching exercise(Lt. mid).

3. 측정도구

본 연구에서는 자가신장운동 실시 전·후 유연성과 뒤넙다리근의 탄성을 측정하였다.

1) 유연성 평가

뒤넙다리근의 유연성을 평가하기 위해 윗몸 앞으로 굽히기(sit and reach test)를 시행하였다[12](Fig. 4). 유연성 측정을 위해 바닥에 길이를 잴 수 있는 눈금이 그려진 자를 세로로 놓고, 가로로 길게 테이프를 붙인 도구를 제작하였다. 발 뒤꿈치를 테이프 위에 놓고 양발을 10cm 벌린 상태에서 평행하게 맞춘 뒤, 두 손을 포개어 몸통을 굽혀 5초간 유지하였다[3]. 무릎의 굽힘과 발목의 발등 굽힘이 나타나지 않게 하였고, 중재 전, 후 각각 3회씩 측정하여 그 평균값을 사용하였다.

2) 근탄성 평가

뒤넙다리근의 근탄성을 평가하기 위하여 근탄성 측정기 Myoton Pro(Myoton AS, Estonia)를 사용하였다. Myoton Pro는 비침습적 방법을 사용하여 근육의 이완과 수축시에 근육의 탄성정도를 측정할 수 있다[13]. 본 연구에서는 공진 주파수(resonance frequency), 신체의 동적 강도(dynamic strength), 신체 근육 신장률(muscle elongation)의 3가지 항목을 측정하였다. 공진 주파수란 이완 혹은 수축 시의 근 긴장도를 말한다. 이는 값이 높을수록 통증이 증가하며, 긴장도가 높은 근육일수록 혈류량이 감소되어 회복이 늦어진다. 신체의 동적 강도

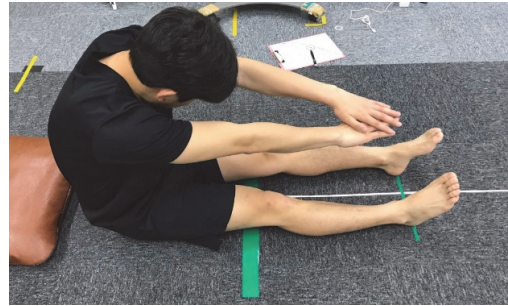


Fig. 4. Flexibility measurement.

는 변형된 근육의 저항 정도를 말하며, 근육의 상태와 근육의 초기 상태에서 외력에 의한 저항을 측정할 수 있다[14]. 신체 근육 신장률은, 정해진 외력에 의해 최대 신장되는 정도를 말하며, 시간이 길수록 신장이 많이 일어난다는 것을 말한다. 이는 신체 조직의 점탄성 특성에 대한 수치라고 할 수 있다[15].

측정은 뒤넙다리근의 중력의 영향을 제거하기 위해 엎드린 상태(prone position)에서 시작하였다. 힘을 주지 않은 상태에서 넙다리두갈래근, 반힘줄근, 반막모양근의 중심부에 검정 펜으로 표시한 후 중재 전, 후 같은 위치에서 각각 2회씩 측정하여 그 평균값을 사용하였다(Fig. 4).

4. 자료분석

대상자의 일반적 특성의 평균과 표준편차를 산출하기 위해 기술통계를 사용하였고, 신장운동 전, 후에 따른 차이를 비교하기 위하여 대응표본 t-test를 실시하였다. 또한, 두 그룹간의 차이를 나타내기 위하여 독립표본 t-test를 실시하였다. 본 연구에서는 측정된 자료를 분석하기 위하여 SPSS ver. 21.0을 사용하였고, 유의수준은 $p < .05$ 로 설정하였다.

III. 연구결과

본 연구는 중립위에서 뒤넙다리근 근육을 신장시키는 한방향으로 동작을 실시한 그룹과 별립, 중립, 모음 자세에서 각각 신장시키는 세가지 방향 신장운동 그룹으로 나누어 뒤넙다리근의 근탄성과 유연성을 측정하여 비교하였다.

1. 신장 운동 전 후의 유연성의 변화

윗몸 앞으로 굽히기(sit and reach test) 동작을 통해 신장 운동 전, 후에 따른 유연성의 변화를 Table 2와 같다. 뒤넙다리근 근육을 한방향으로 신장운동을 실시한 그룹과 세방향으로 각각 신장운동한 그룹에서 운동 전과 후에 통계적으로 유의한 차이가 나타났다($p < .001$).

2. 그룹 간 유연성의 비교

뒤넙다리근 근육을 한방향으로 신장운동을 실시한 그룹과 3방향으로 각각 신장운동하는 그룹사이에서의 유연성 Table 3과 같다. 두 그룹사이의 유연성은 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다.

3. 신장운동 전 · 후의 근탄성 변화

신장운동 전, 후에 따른 근탄성의 변화를 엉덩관절 중립자세에서 한방향으로 신장운동을 실시한 그룹과 엉덩관절 벌림, 중립, 모음자세에서 각 각 신장운동을 실시한 그룹의 뒤넙다리근의 근탄성을 Table 4에 제시하였다.

뒤넙다리근 전체 근육을 한 방향으로 신장운동하는 그룹에서는 왼쪽 다리의 반막모양근의 신체의 동적강도(S)가 운동 전 $298.93 \pm 64.08(N/m)$ 에서 운동 후에 $281.82 \pm 63.61(N/m)$ 로 통계학적으로 유의한 차이가 나타났다($p < .01$). 넙다리 두갈래근에서 공진 주파수(F)가 $20.03 \pm 2.64(Hz)$ 에서 $18.75 \pm 2.88(Hz)$ 로 통계학적으로

유리한 차이가 나타났고($p < .05$), 신체 동적 강도는 $375.93 \pm 67.24(N/m)$ 에서 $354.84 \pm 65.37(N/m)$ 로 통계학적으로 유의한 차이가 있었다($p < .05$). 신체 근육 신장률(C)과 오른쪽 다리에서는 통계학적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다.

각각 세가지 방향으로 신장운동하는 그룹에서는 운동 전과 후에 왼쪽 다리와 오른쪽 다리의 공진 주파수(F), 신체의 동적강도(S), 신체 근육 신장률(C) 모든 항목에서 통계학적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다.

4. 신장 운동 후 그룹 간 근탄성의 비교

신장 운동 후 그룹 간의 근탄성을 비교하여 Table 5에 제시하였다.

신장운동 후 왼쪽 다리의 반막모양근의 신체 동적 강도에서 한방향 신장운동 그룹에서 $281.82 \pm 63.61(N/m)$ 이었으며, 세방향 신장운동 그룹에서는 $320.52 \pm 68.31(N/m)$ 로 통계적으로 유의한 차이가 나타났다($p < .05$). 나머지 항목의 근탄성에서 그룹 간 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다.

신장운동 후 오른쪽 다리의 반막모양근의 공진 주파수(F)에서 한방향 신장그룹에서 15.34 ± 1.95 이었으며, 세방향 신장그룹에서는 16.37 ± 2.24 로 통계적으로 유의한 차이가 나타났다($p < .05$). 나머지 항목의 근탄성에서 그룹 간 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다.

Table 2. Changes in flexibility before and after stretching exercise (unit: cm)

Group	Pre	Post	t	p
Three direction	5.72 ± 8.55	8.62 ± 8.29	-2.200	.000***
One direction	5.42 ± 11.63	8.90 ± 10.05	-1.625	.000***

Table 3. Comparison of flexibility between groups (unit: cm)

	Three direction	One direction	t	p
Pre	5.72 ± 8.55	5.42 ± 11.63	.107	.910
Post	8.62 ± 8.29	8.90 ± 10.05	-.113	.915

Table 4. Changes of muscle elasticity before and after stretching exercises

Group			Pre	Post	t	p
			Mean ± SD			
One direction	SM	F(Hz)	16.52 ± 2.39	16.20 ± 2.14	1.190	.244
		S(N/m)	298.93 ± 64.08	281.82 ± 63.61	2.804	.009
		C(%)	1.05 ± .18	1.04 ± .14	.619	.541
	Lt. ST	F	16.00 ± 1.62	15.62 ± 1.46	1.571	.128
		S	276.02 ± 43.25	271.41 ± 39.72	.916	.368
		C	1.09 ± .14	1.11 ± .13	-1.067	.295
	BF	F	20.03 ± 2.64	18.75 ± 2.88	2.555	.017*
		S	375.93 ± 67.24	354.84 ± 65.37	2.361	.026*
		C	.88 ± .14	.90 ± .14	-1.107	.278
	SM	F	16.04 ± 1.66	15.34 ± 1.95	1.917	.066
		S	274.25 ± 46.37	266.43 ± 42.51	1.417	.168
		C	1.06 ± .13	1.08 ± .13	-1.066	.296
	Rt. ST	F	15.76 ± 1.44	15.99 ± 1.46	-.983	.335
		S	272.82 ± 49.86	283.25 ± 41.85	-1.520	.140
		C	1.10 ± .15	1.08 ± .13	.899	.377
	BF	F	22.53 ± 15.87	19.63 ± 2.53	.937	.357
		S	368.13 ± 52.48	376.77 ± 63.17	-1.047	.304
		C	.90 ± .11	.88 ± .13	1.365	.184
Three direction	SM	F	16.99 ± 2.40	17.11 ± 2.61	-.436	.667
		S	312.75 ± 88.32	294.95 ± 65.31	-.136	.893
		C	.96 ± .13	.97 ± .15	-.038	.97
	Lt. ST	F	17.96 ± 13.35	15.38 ± 1.68	.985	.334
		S	251.81 ± 43.13	265.60 ± 54.16	-1.313	.201
		C	1.12 ± .14	1.11 ± .14	.667	.511
	BF	F	18.93 ± 2.99	19.04 ± 2.46	-.294	.771
		S	360.77 ± 78.60	358.08 ± 61.33	.245	.808
		C	.88 ± .12	.89 ± .11	-.57	.574
	SM	F	16.83 ± 2.99	16.60 ± 2.24	.647	.523
		S	319.80 ± 90.95	301.98 ± 65.28	1.389	.178
		C	.97 ± .19	2.56 ± 7.79	-1.005	.325
	Rt. ST	F	15.71 ± 1.52	15.80 ± 1.65	-.517	.610
		S	278.24 ± 48.56	272.82 ± 40.00	.738	.468
		C	1.19 ± .12	3.11 ± 10.08	-1.001	.327
	BF	F	22.32 ± 14.46	19.78 ± 2.72	.906	.374
		S	361.82 ± 50.87	369.32 ± 68.61	-.85	.404
		C	.89 ± .12	.87 ± .14	1.364	.185

SM: Semimembranusus, ST: Semitendinosus, BF: Biceps femoris, F: Frequency, S: Stiffness, C: Creep

Table 5. Comparison of muscle elasticity between groups after exercises

		One direction	Three direction	t	p
		Mean ± SD			
SM	F	16.20 ± 2.14	17.03 ± 2.53	-1.344	.185
	S	281.82 ± 63.61	320.52 ± 68.31	-2.346	.023
	C	1.04 ± .14	.97 ± .15	1.860	.068
Lt.	F	15.62 ± 1.46	15.32 ± 1.64	.539	.592
	S	271.41 ± 39.72	263.54 ± 51.71	.599	.552
	C	1.11 ± .13	1.12 ± .14	-.242	.809
BF	F	18.75 ± 2.88	18.91 ± 2.42	-.394	.696
	S	354.84 ± 65.37	356.04 ± 59.98	-.071	.943
	C	.90 ± .14	.89 ± .10	.194	.847
	F	15.34 ± 1.95	16.37 ± 2.24	-2.193	.033
	S	266.43 ± 42.51	294.95 ± 65.31	-1.936	.058
	C	1.08 ± .13	2.40 ± 7.36	-.95	.351
ST	F	15.99 ± 1.46	15.67 ± 1.67	.418	.678
	S	283.25 ± 41.85	267.95 ± 41.65	1.371	.176
	C	1.08 ± .13	2.91 ± 9.52	-1.005	.325
BF	F	19.63 ± 2.53	19.58 ± 2.65	-.211	.833
	S	376.77 ± 63.17	366.32 ± 66.00	.605	.548
	C	.88 ± .13	.88 ± .14	.141	.889

SM: Semimembranusus, ST: Semitendinosus, BF: Biceps femoris, F: Frequency, S: Stiffness, C: Creep

IV. 고 찰

본 연구는 뒤넙다리근 전체를 한 방향으로 신장하거나 뒤넙다리 근육 중 넙다리두갈래근, 반힘줄근, 반막모양근의 위치를 고려하여 세가지 방향으로 신장하여, 유연성과 근육의 탄성의 변화를 알아봄으로써, 신장운동을 통한 근육 특성의 변화와 효율적인 신장운동 방법에 대한 자료를 제공하고자 하였다.

신장운동(stretching exercises)은 근육의 유연성, 관절 가동범위 증가를 위해 일상생활에서 시행하기 쉬운 운동으로, 기능의 향상을 위해 격렬한 운동의 준비와 마무리 운동으로 많이 행해지고 있다[16]. 신장운동은 관절가동범위의 마지막 범위를 약간 지나쳐 제한된 관절을 움직이게 함으로써 짧아진 근-힘줄 단위와 관절주위 결합조직을 늘려주는 것이며, 이는 연부조직의 유연성

을 증진시키고[17] 근육에 대한 자극을 통해 수축 성질의 변화와 근육과 힘줄 내 섬유의 탄성 증가를 일으킨다 [16]. 또한, 통증으로 인해 제한된 근육에 신장운동을 적용하게 되면, 긴장이 감소하여 근육이 이완되고, 이로 인해 혈관이 확장되어 혈액순환을 증진시키고 대사 산물을 제거하여 통증이 감소된다[18]. 신장운동을 통해서 근육이 늘어날 때에는 근-힘줄 단위의 신경생리학적 요소들인 근방추(muscle spindle)와 골지힘줄기관(golgi tendon organ)이 반응한다. 근방추는 방추속근육 섬유(Intrafusal muscle fiber)라 부르는 근감각 섬유로서 빠른 신장에 예민하게 반응하며 골지힘줄기관은 방추 바깥근섬유의 근-힘줄 접합부 주변에 위치하여 근-힘줄 단위의 긴장도의 변화를 전달한다. 만약, 근-힘줄 단위를 빠르게 신장하면 근방추가 길이의 변화를 감지하고, 방추바깥근육섬유는 늘어난 근육의 장력을 증가

시켜 신장반사(stretch reflex)를 촉진시킨다[8]. 이와 반대로 천천히 지속적으로 신장하면 골지힘줄기관은 근방추의 수축성 신호를 제어하고 길어진 근육의 긴장을 감소시킨다[1].

본 연구에서는 뒤넙다리근을 구성하는 세개의 근육 방향을 고려하여 신장운동에서 방향을 설정하였다. Kim & Hwangbo[3]의 연구를 참조하여 신장운동 40초와 휴식 시간 10초 및 운동방법을 2회씩, 2세트로 설정하였다. 본 연구에서 근탄성에서 뒤넙다리근육 전체를 증립위에서 한 방향으로 신장하는 그룹은 운동 전, 후에 왼쪽 다리의 안쪽, 바깥쪽의 신체 동적 강도(S)와 바깥쪽 공진주파수(F)에서 감소를 보였으며, 세가지 방향으로 뒤넙다리근을 신장하는 그룹은 운동 전, 후 모든 항목에서 차이가 나타나지 않았다. 본 연구에서 왼쪽 다리에서만 신체 동적 강도와 바깥쪽 공진주파수의 변화가 나타난 것은 우세측으로 보이는 오른쪽 다리와 비우세측 다리와의 차이로 생각된다. Kim과 Kim[19]의 여자 발레무용수들을 대상으로 한 연구에서 우세측 다리와 비우세측 다리의 차이를 보고하여, 본 연구의 결과가 뒷받침되고 있다. Kang[20]은 뒤넙다리근에 정적 스트레칭을 시행하였을 때 경도가 감소되었다고 하며, 본 연구와 일치하는 결과를 나타내었다. 또한 과도한 근육의 긴장도와 경도는 통증을 발생시키고, 낮은 정도의 근육이 높은 정도의 근육보다 더 큰 에너지를 흡수할 수 있어 외력에 의한 부상에 보다 안전하다[21]. 근탄성은 수치가 낮을수록 근피로가 유발되었거나 순발력이 낮은 것을 말한다[11]. 이는 수축성 요소를 가지고 있는 근육섬유에 대한 위치에 따라 직렬탄성요소와 병렬탄성요소로 나누어지지만, 두 가지 요소 모두 일정한 시간 동안 근육의 신장시켰을 때, 바로 본래의 길이로 돌아오지 않고 일정한 시간 이후 회복할 수 있는 능력인 점성특성(viscosity characteristics)을 가지고 있다. 이로 인해 짧아진 근육에 신장운동을 시행하면, 운동이 끝난 즉시 본래의 짧은 길이로 돌아오지 않고 신장된 길이를 어느 정도 유지한 후에 돌아올 수 있는 것이다. 따라서 근육의 점성특성의 수치가 높다면 근육이 신장되어 있는 시간이 길다는 것이고, 늘어난 길이에 대한 적응을

오랜 시간 지속할 수 있으므로 해당 근육이 수행하고 있는 관절의 움직임의 범위가 커지는 결과를 가져올 수 있다[22].

본 연구에서 세가지 방향으로 뒤넙다리근을 신장하는 그룹은 몇몇의 공진주파수와 신체 동적 강도 항목에서 값이 증가되는 것을 보였는데, 이는 뒤넙다리근을 구성하는 근육 중 하나의 근육만을 연속으로 신장운동을 시행하여 근피로가 발생하였기 때문으로 생각된다. 그룹간 근탄성을 비교하였을 때, 신장운동 전 왼쪽 다리 안쪽의 신체 근육 신장률(C)과 왼쪽 다리 중간, 오른쪽 다리 안쪽의 신체 동적 강도와 운동 후 왼쪽 다리 안쪽의 신체 동적 강도에서 차이가 나타났다. 탄력성의 경우 수치가 높을수록 외력 또는 근수축에 의해 변형된 후의 회복하는 시간이 길어진다는 것을 말한다[23]. 공진주파수란 근육의 고유 긴장도로써 값이 높을수록 근육의 긴장도가 높다는 것이며, 신체 동적 강도는 근육의 저항의 수치를 나타낸 것이기 때문에 값이 높을수록 저항 정도가 높다는 것을 말한다[15]. Choi[15]는 정적 스트레칭 후에 넙다리 끝은근의 신체 근육 신장률이 증가하였다고 하며 결과적으로 점탄성이 증가하였다고 하였다. 이는 신체 근육 신장률이 증가할수록 근육의 점탄성이 높아진다는 것을 말하므로, 신체 근육 신장률이 높을수록 관절가동범위가 증가하는 것을 보인다. 위에서 언급하였듯이 공진주파수와 신체 동적강도는 값이 높을수록 근육의 긴장도와 저항이 높은 것이기 때문에, 값이 증가할수록 유연성은 감소하는 것이 타당하다. 또한, 신체 근육 신장률은 값이 증가할수록 근육의 점탄성이 높으므로 늘어난 길이를 오랜 시간 유지할 수 있다. 따라서 값이 증가할수록 관절가동범위가 향상되고, 유연성이 증가하게 되는 것이다[24].

본 연구 결과에서 유연성은 두 가지 그룹 모두 운동 전, 후에 차이를 보였다. 유연성이란 하나의 관절이나 여러 관절을 통증이나 제한 없이 움직일 수 있게 하고 [9], 관절의 변형된 결합조직을 통해 근육의 길이를 변화시킬 수 있는 능력을 말한다[25]. Gong과 Kim[26]은 신장운동을 시행하였을 때 유의하게 증가된 굴곡 범위가 나타났고, Kim[27]은 부하를 이용하여 스트레칭을

시행하였을 때 유연성이 증가한다고 하며 본 연구결과와 유사한 결과를 나타내었는데, 이는 유연성에 영향을 주는 다양한 요소 중 하나인 근육 조절을 향상시켰기 때문이라고 하였다[28].

뒤넙다리근은 궁둥뼈 결절에 붙어있기 때문에 골반의 움직임 영향을 미치고, 달리기나 점프 등의 일상생활 동작에서 무릎의 움직임을 조절하기 때문에 신체에서 중요한 역할을 맡고 있다[29]. 뒤넙다리근이 짧아지면 골반 후방기울임(*posterior tilt*) 상태를 계속 유지하게 되므로[30] 허리 통증이 유발되거나, 엉치엉덩관절(*sacroiliac joint*)의 기능 장애가 발생하기도 한다[31]. 오랜 시간 앉은 자세에서 생활하게 되면 뒤넙다리근은 쉽게 짧아지기 때문에, 많은 시간을 앉은 자세에서 소비하거나 좌식 생활을 하는 사람들에게는 뒤넙다리근의 신장운동을 통한 정상적인 뒤넙다리근의 특성을 회복시키는 것이 필요하다.

본 연구는 정해진 시간 내에서 효율적인 신장운동을 알아보기 위하여 뒤넙다리근을 한 방향으로 신장하는 그룹과 세가지 방향으로 뒤넙다리근을 신장하는 그룹으로 나누어 연구를 진행하였다. 또한 연구 결과 두 그룹 모두 유연성에서 유의한 향상을 나타내었지만 근탄성에서는 뒤넙다리근 전체를 한 방향으로 신장한 그룹에서만 향상을 나타내었다. 따라서 유연성의 향상을 원한다면 뒤넙다리근의 3가지 근육 중 가장 짧다고 보여지는 한가지 근육만 선택하여 신장운동을 시행해도 될 것으로 보인다.

본 연구의 제한점은 신장운동후의 변화를 알아보기 위한 연구로써 중재 직후 시행되는 검사에 소비되는 시간을 정확하게 맞추지 못하였고, 세가지 방향으로 뒤넙다리근을 신장운동하는 그룹과 한 방향으로 신장운동을 한 그룹에서 휴식시간을 동일하게 하지 못하여 세가지 방향으로 뒤넙다리근을 신장운동하는 그룹에서 근피로를 유발하였다는 것이다. 그러므로, 근육을 선택적으로 신장할 때 신장운동 사이에 휴식을 취하도록 하여, 근피로가 유발되지 않도록 하는 것이 필요하다.

V. 결론

본 연구는 대학생을 대상으로 뒤넙다리근의 전체를 중립위에서 한 방향으로 신장하는 그룹과 세가지 방향으로 뒤넙다리근을 신장하는 그룹으로 나누어, 신장운동 후의 유연성과 근탄성을 알아보았다.

유연성의 변화를 원한다면 관절가동범위가 가장 낮은 한가지의 뒤넙다리 근육만 선택적으로 신장운동을 시행해도 원하는 결과를 얻을 수 있으며, 근탄성의 변화를 위해서는 동작과 관련된 근육들의 신장을 실시하는 것이 적합한 것으로 보인다. 이 연구의 결과는 물리치료 현장에서 뒤넙다리근의 관리 방법의 일종으로 사용이 가능할 것으로 보여진다. 다음 연구에서는 신장 방법에 따른 근력의 변화에 대한 연구가 필요할 것으로 생각된다.

References

- [1] Neumann AD. *Kinesiology of the musculoskeletal system*. USA. Mosby. 2004.
- [2] Jo MJ, Kwon NY, Park SU, et al. Effects of the stretching exercise of hamstring muscle on flexibility and foot pressure in subjects with and without pelvis neutral position. *J Korean Soci Integra Med*. 2016;4(1),31-9.
- [3] Kim GC, Hwangbo G. 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.
- [4] Travell G, Simons G. *Myofascial pain and dysfunction: The trigger point manual the lower extremity*. Baltimore. Williams and Wikins. 1992.
- [5] Takata K, Takahashik. Hamstring tightness and sciatica in young patients with disc herniation. *J Bone Joint Surg*. 1994;76(2),220-4.
- [6] Kuk JS. Acute effects of prolonged 15minute static stretching on foot contact area surface and foot pressure changed in young adults. *J Korean Phys Thera Sci*. 2011;18(4)59-64.

- [7] Jang HS. The effects of pelvic tilt exercise on weight bearing and body sway of hemiplegic patients during sit to stand. Master's Degree. Yongin University. 2002.
- [8] Choi BK, Kim JM. The effect of self-stretching exercise on the ankle dorsiflexion range of motion and gait of older women. *PTK*. 2008;15(3),8-16.
- [9] Kisner C, Colby LA. Therapeutic exercise: foundation and techniques. 5th ed. Philadelphia. F.A. Davis. 2007.
- [10] Kim DH, Kim SK, Jang YJ, et al. Measurement of low back muscle characteristic change using myotonpro in a long-term driving. Spring Conference J Ergon Soc Korean. 2015;4123-9.
- [11] Begalle RL, Distefano LJ, Blackburn T, et al. Quadriceps and hamstrings coactivation during common therapeutic exercises. *Journal of Athletic Training*. 2012; 47(4), 396-405
- [12] Kim DH. The influence of applied multiple self-rehabilitation hamstring muscle stretching on the muscle activation of erector spine muscle in chronic low back pain patient. *Arch Ortho Spor Phys Thera*.2017; 13(1),17-25.
- [13] Hopper D, Conneely M, Chromiak F, et al. Evaluation of the effect of two massage techniques on hamstring muscle length in competitive female hockey players. *Physic Thera Spo*. 2005;6(3),137-45.
- [14] Gong GW. The effect of bridging exercise using vibration stimulation and ADIMs on the activity of the abdominal muscle. *Korean soci spor phys thera*. 2016;12(2),43-9.
- [15] Choi SA. Instantaneous effects of stretching and myofascial release after wearing high heels on the mechanical properties of lower back and leg muscles of women in their twenties. Busan national University, Master's Degree. 2018.
- [16] Merrits T, Bacchieri S, Pääsuk M, et al. Acute effect of static and dynamic stretching on tone and elasticity of hamstring muscles and on certical jump performance in track and field athletes. *Acta Kinesioloaiae Universitatis Tartuensis*. 2014;20,48-59.
- [17] Kang SJ, Kim SH, Kim JH, et al. A comparative study on the muscle energy technique(MET) and stretching exercise effect of hamstring flexibility improvement. *Korean J Neuromus Rehab*. 2016;6(2),19-25.
- [18] Bang HS. The effects of lumbar stabilization exercise on muscle activity and isokinetic muscle strength of female patients with chronic low back pain. *J Korean Soc Phys Med*. 2015;10(2),63-71.
- [19] Kim JY, Kim SM. Kinetic analysis between dominant leg and non-dominant leg during single-leg landing in ballet. *Korean Society For the Study of Physical Education*. 2023;28(1),227-36.
- [20] Kang HS. Immediate effects of graston and static-stretching on the flexibilityand characteristics of the hamstring muscles and the strength of the quadriceps muscles in football players with shortened hamstring. Master's Degree. Dongeui University. 2016.
- [21] Handel M, Horstmann T, Dickhuth HH, et al. Effects of contract-relax stretching training on muscle performance in athletes. *European J Applied Physio Occup Physio*. 1997;76(5),400-8.
- [22] Halberstma JP, Mulder I, Goeken LKH, et al. Repeated passive stretching: acute effect on the passive moment and extensibility of short hamstrings. *Arch Phys Med Rehab*. 1999;80(4),407-14.
- [23] Magnusson SP, Balle SS, McHugh MP. Effects of contract-relax vs static stretching on stretch-induced strength loss and length-tension relationship. *Scandinavian J Med Sci Spor*. 2015;25(6),764-9.
- [24] Jang JH, Han DW, Park MC. The effect of unilateral mobilization on range of motion of cervical and muscle tone. *J Korean Data Analy Soc*. 2010;12(5),2457-66.
- [25] Seo JS. The effect of thera-band stretching exercise on range of motion and strength of the patients with ankle sprain. Master's Degree. Kookmin University. 2005.
- [26] Gong WT, Kim SS. The influence of stretching exercise on flexibility oftrunk and equilibrium ability in post-adolescent. *J Korean Proprio Neuromus Facili Asso*. 2008;6(3),11-8.

- [27] Kim AR, Kwon JH, Lee HS. The effect of static stretching loading on hamstring flexibility in healthy individuals. *K J Sport Science*. 2015;24(3)1341-8.
- [28] Brown K, Kachelman J, Topp R, et al. Predictors of functional task performance among patients scheduled for total knee arthroplasty. *J Strength Cond Resear*. 2009;23(2),436-43.
- [29] Lim JH, Lee MK, Park JH, et al. Effects of proprioceptive neuromuscular facilitation relaxation techniques on hamstring flexibility and vertical jump performance. *J Korean Proprio Neuromus Facili Asso*. 2015;13(3), 135-43.
- [30] Donald AL. *The role of chromosomal change in plant evolution*. USA, Oxford University Press. Inc. 2002.
- [31] Matthew F. Effect on hamstring flexibility of hamstring stretching compared to hamstring stretching and sacroiliac joint manipulation. *Clini Chiropr*. 2006;9(1),21-32.