

에비안스-함베르크 스트레칭이 뒤넙다리근 단축이 있는 성인의 근긴장도 및 유연성에 미치는 영향

도현호 · 천승철^{1†}

건양대학교병원 물리치료실, ¹건양대학교 물리치료학과

The Effectiveness of Evjenth-Hamberg Stretching with regards to Muscle Tone and Flexibility in Adults with Hamstring Tightness

Hyun-Ho Do, PT · Seung-Chul Chon, PhD, PT^{1†}

Department of Physical Therapy, Konyang University Hospital,

¹Department of Physical Therapy, Konyang University

Received: September 14, 2020 / Revised: September 17, 2020 / Accepted: October 21, 2020

© 2020 J Korean Soc Phys Med

| Abstract |

PURPOSE: In adults with hamstring tightness, stretching is considered a therapeutic exercise that improves flexibility. However, previous studies have reported efficacy of numerous methods, and are inconclusive in determining the most effective stretching techniques. This study aims to compare the outcomes of Evjenth-Hamberg stretching (E-HS), proprioceptive neuromuscular facilitation stretching (PNFS), and static stretching (SS), on muscle tone and flexibility.

METHODS: A total of 30 subjects were assigned to each of the three stretching groups; E-HS ($n_1 = 10$), PNFS ($n_2 = 10$), and SS ($n_3 = 10$). Muscle tone of the hamstring muscle, active knee extension (AKE), and passive knee extension (PKE)

were assessed by range of motion.

RESULTS: After the intervention, statistically significant differences were obtained between groups for muscle tone ($p < .05$). The post hoc test, showed statistically significant differences in muscle tone between the E-HS and PNFS groups ($p < .05$), and PNFS and SS groups ($p < .05$). Post hoc test after intervention, also revealed statistically significant differences in flexibility ($p < .05$) between the E-HS and PNFS groups ($p < .05$), E-HS and SS groups ($p < .05$), and PNFS and SS groups ($p < .05$). Moreover, a statistically significant difference was observed in PKE scores between the E-HS and SS groups ($p < .05$), and PNFS and SS groups ($p < .05$).

CONCLUSION: This study indicates that E-HS may be the most effective stretching technique for muscle tone and flexibility, in adults with hamstring tightness.

Key Words: Evjenth-Hamberg stretching, Hamstring tightness, Muscle tone, Flexibility

I. 서 론

유연성(Flexibility)은 완전한 관절가동범위를 통해 관절을 이동하고 구부릴 수 있는 능력이다[1]. 적절한

본 논문은 도현호(2020)의 석사 학위 논문의 요약본임.

†Corresponding Author : Seung-Chul Chon

keyjune@konyang.ac.kr, <https://orcid.org/0000-0002-3443-4750>

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.

유연성은 관절 주변 조직의 저항을 감소시킴으로써 부상 위험 감소와 신체의 수행력을 높일 수 있고, 이러한 저항력의 감소는 근육을 수축시키는데 필요한 에너지를 줄임으로써 관절 움직임에 대한 효율을 높일 수 있다 [2]. 하지만 유연성 감소는 관절가동범위에 제한을 주고, 이로 인해 생체역학이 변화되면서 근골격계 시스템에 손상을 초래한다[3]. 이러한 손상은 다관절근육 또는 속근섬유의 비율이 높은 근육에 주로 발생하는데, 뒤넙다리근은 다관절 근육으로 다양한 신장력에 끊임 없이 노출되어 있기 때문에 다른 근육들에 비해 단축되는 경향이 더 큰 것으로 간주된다[4]. Van der Worp 등[5]은 허리 통증, 엉덩관절 및 무릎관절 장애, 근육 염좌와 같은 다양한 근골격계 손상이 뒤넙다리근의 단축과 연관이 있다고 보고하였다. 그리고 Kendall 등[6]은 단축된 뒤넙다리근을 가진 사람들이 앞으로 몸을 숙일 때, 부족한 관절가동범위를 보상하기 위해 허리뼈의 과운동성을 유발하기 때문에 스트레칭을 통해 이러한 문제를 해결할 것을 권고했다.

스트레칭 종류에는 정적 스트레칭(Static stretching; SS), 동적 스트레칭(Dynamic stretching; DS), 탄성 스트레칭(Ballistic Stretching; BS), PNF 스트레칭(Proprioceptive neuromuscular facilitation stretching; PNFS), 예비안스-함베르크 스트레칭(Evjenth-Hamberg stretching; E-HS) 등이 있고, 관절의 유연성 증가, 근육과 힘줄의 뻣뻣함(Stiffness) 감소, 운동 수행능력 향상을 위해 일반적으로 운동 전 준비운동, 운동 후 정리운동, 근력 및 컨디셔닝 훈련, 재활 프로그램에 포함된다[7,8].

뒤넙다리근 스트레칭 방법에 대한 선행연구에서 E-HS가 무릎관절의 관절가동범위를 개선시키고 무릎 굽힘근과 펴근의 근력을 향상시킨다고 하였고[9], PNFS는 뒤넙다리근과 관련된 관절가동범위의 향상과 유연성을 유지하는데 도움을 준다고 보고하였다[10]. 또한, SS는 골반 기울임이 변하고 허리 움직임의 메커니즘이 향상됨으로써 자세 개선에 효과적일 수 있다고 하였다 [11]. 이와 같이 다양한 뒤넙다리근 스트레칭이 임상에서 적용되고 있지만, 학자마다 스트레칭 실시 방법이 다르고 어떤 종류의 스트레칭이 더 효과적인지는 여전히 논란이 많다.

본 연구의 목적은 E-HS, PNFS, SS가 뒤넙다리근 단축이 있는 20대 성인의 뒤넙다리근 근긴장도와 무릎 펴관절가동범위에 미치는 영향을 알아보고, 세 가지 스트레칭 방법에 따른 효과 비교를 통해 뒤넙다리근 단축에 좀 더 효율적인 방법을 제시하고자 한다.

II. 연구방법

1. 연구대상

본 연구는 능동 무릎 펴(Active knee extension; AKE) 검사에서 무릎 관절을 160° 이상 펴할 수 없고[12], 수동 하지 직거상(Passive straight leg raise; PSLR) 검사에서 엉덩관절 굽힘 가동범위가 70° 이하인 자를 뒤넙다리근 단축이 있는 대상으로 정하고[13], 대전광역시에 거주하는 20대 성인 30명(남 20명, 여 10명)을 난수표를 이용하여, E-HS군(10명), PNFS군(10명), SS군(10명)으로 무작위 배정하였다. 제외 기준은 허리 또는 하지에 통증 및 신경학적 문제가 있는 자, 지난 1년 이내에 허리와 하지에 수술 이력 및 외상이 있는 자, 젓힌 무릎(Genu recurvatum)이 있는 자, 지난 3개월 동안 정기적으로 스트레칭 프로그램이나 요가 프로그램에 참가한 이력이 있는 자로 하였다. 모집문건을 통해 자발적으로 참여한 연구대상자에게 서면동의를 얻은 후 실시하였고, 본 연구는 건양대학교 생명윤리심의위원회의 심의를 거쳐 승인을 받은 후 연구를 진행하였다(KYU-2019-304-01).

2. 연구절차

대상자의 우세측 다리의 뒤넙다리근 근긴장도 측정, AKE 검사, 수동 무릎 펴(Passive knee extension; PKE) 검사순으로 사전 측정을 한 후 E-HS군, PNFS군, SS군으로 무작위 배정이 되어 약 15분간 스트레칭이 진행되었다. 각 군마다 스트레칭 적용시간을 1회 30초씩, 15회로 동일하게 적용하였고, 근피로를 고려하여 5회마다 1분간 휴식 후 다시 적용하였다. 중재 후 5분간 휴식 시간을 가졌으며, 사전 측정과 같은 순서로 사후 측정을 실시하였다.

3. 중재방법

1) 에비안스-함베르크 스트레칭

대상자는 바로 누운 자세(Supine position)에서 우세측 다리의 엉덩관절을 골반의 뒤 기울임(Posterior tilt)이 일어나기 전까지 최대한 굽힘 한다. 허리의 만곡을 유지하기 위해 허리에 패드를 넣고, 보상 작용을 줄이기 위해 스트랩으로 우세측 먼 쪽 넙다리뼈(Femur)와 비우세측 넙다리뼈를 고정한다. 대상자의 뒤꿈치를 치료사 어깨에 올린 후 치료사의 한 손은 대상자의 정강이뼈(Tibia), 다른 손은 넙다리뼈를 잡고 정강이뼈를 무릎 펴의 끝 범위에 위치하도록 한다. 그 위치에서 대상자는 무릎 굽힘 방향으로 최대 등척성 수축을 10초 동안 실시하였고, 발살바 현상(Valsalva maneuver)을 막기 위해 대상자에게 숨을 참지 않도록 지시하였다. 수축 후 대상자는 완전히 이완하고 치료사는 무릎 펴 방향으로 좀 더 정강이뼈를 대상자가 통증을 느끼기 직전 범위까지 이동한 후 그 위치에서 SS를 10초 동안 적용하였다. 마지막으로 길항근을 자극하기 위해 대상자에게 무릎 펴 방향으로 10초 동안 등척성 수축을 하도록 지시하였다.

2) 고유수용성 신경근 축진 스트레칭(수축-이완)

본 연구에서는 수축-이완 기법(Contract-relax; CR)을 사용하였고, 기존의 PNFS의 방법과는 다르게 E-HS와 동일한 자세로 스트레칭을 실시하였다. 대상자는 무릎관절 굽힘 방향으로 최대 등척성 수축을 10초 동안 실시하였고, 수축 한 위치에서 대상자는 10초 동안 완전히 이완한 후, 치료사는 추가로 확보된 범위까지 무릎관절을 펴 한다. 마지막으로 대상자는 다시 무릎관절 굽힘 방향으로 10초 동안 최대 등척성 수축을 하였다.

3) 정적 스트레칭

E-HS와 동일한 자세로 치료사의 한 손은 대상자의 먼 쪽 넙다리뼈를 잡고 다른 한 손은 먼 쪽 정강이뼈를 잡은 후, 통증 역치(Pain threshold)전까지 무릎 펴를 하였고, 끝 범위에서 30초간 자세를 유지하였다.

4. 측정도구

1) 뒤넙다리근 근긴장도 검사

대상자가 완전히 이완된 상태로 엎드린 후, MyotonPRO (MyotonPRO, MyotonAS, Estonia)를 사용하여 뒤넙다리근을 측정하였다. 측정 근육은 넙다리 두갈래근(Biceps femoris)으로, 측정 위치는 궁둥뼈결절(Ischial tuberosity)과 종아리뼈 머리(Head of the fibula)를 연결하는 선의 중간 지점으로 하였다. 측정 도중 다리의 움직임을 제한하기 위해 정강이뼈 양 옆을 받침대로 고정하였다. 실험 전 3번 측정, 실험 후 3번 측정하여 각각의 결과값에 대해 평균값을 기록하였다. 근긴장도계를 이용한 근긴장도 측정의 급간 내 상관계수(Intraclass correlation coefficient; ICC)는 .80-.93으로 근육의 탄성 및 긴장도를 측정할 수 있는 일관되고 신뢰할 수 있는 방법이다[14].

2) 능동 무릎 펴 검사

뒤넙다리근의 유연성을 측정하는 방법으로, 대상자는 테이블에 바로 누운 자세(Supine position)로 엉덩관절과 무릎관절을 90°로 구부린다. 이때, 대상자는 허벅지를 양손으로 잡고 넙다리뼈의 중앙은 지면과 수직으로 설치된 바(Bar)와 일치시킨다. 그 후 대상자는 통증을 느끼지 않는 범위 내에서 스스로 최대한 무릎 펴를 한다. 측정자는 끝 범위에서 각도계(Goniometer)를 이용하여 무릎 펴 관절가동범위를 측정하였다. 각도계의 고정 팔(Stationary arm)은 큰돌기(Greater trochanter) 방향으로 넙다리뼈의 가쪽 표면과 평행하게 하고, 이동 팔(Movable arm)은 바깥쪽 복사뼈(Malleolus) 방향으로 종아리뼈(Fibula)와 평행하게 한다. 또한, 축은 바깥쪽 넙다리뼈 과(Lateral femoral condyle)에 위치한다. 이때, 보상작용을 막기 위해 골반과 비우세측 다리는 스트랩으로 고정하고 무릎 펴를 방해하지 않기 위해 발목 관절은 이완된 상태에서 실시하였다. 총 3번을 측정하고 결과값들의 평균으로 기록하였다. AKE 검사의 ICC 값은 .94-.96으로 매우 높은 신뢰도를 가지고 있다[15].

3) 수동 무릎 펴 검사

AKE 검사와 동일한 측정 자세에서, 측정자는 검사

Table 1. General Characteristics of Study Subjects

Variables (unit)	E-HS ^a (n ₁ = 10)	PNFS ^b (n ₂ = 10)	SS ^c (n ₃ = 10)	F	p	
Gender	Male	6 (20%)	6 (20%)	8 (26.6%)		
	Female	4 (13.3%)	4 (13.3%)	2 (6.6%)		
Age (year)	24.60 ± .96 ^d	24.80 ± 1.68	24.30 ± 1.33	.341	.714	
Height (cm)	170.10 ± 8.84	167.60 ± 7.89	171.70 ± 7.87	.632	.539	
Weight (kg)	63.60 ± 12.55	63.00 ± 11.03	68.90 ± 9.67	.848	.439	

^aEvjenth-Hamberg stretching, ^bproprioceptive neuromuscular facilitation stretching, ^cstatic stretching, ^dmean ± standard deviation

도중 대상자의 엉덩관절이 펴 되지 않도록 하기 위해 다리 오금(Popliteal fossa)을 한손으로 고정하고, 반대 손으로 대상자가 통증을 느끼지 않는 범위 내에서 무릎 관절을 최대한 펴 시킨다. 이때, 궁둥 신경(Sciatic nerve)에 가해지는 스트레스를 줄이기 위해 대상자는 발과 발목을 이완한다. 측정 동안 각도계(Goniometer)가 사용되었으며, 각도계의 위치는 AKE 검사와 동일하였다. 총 3번을 측정하고 결과 값들의 평균으로 기록하였다. PKE 검사의 검사-재검사 신뢰도(Test-retest reliability)는 .84 - .93으로, 뒤넙다리근의 유연성을 측정하는 방법으로 권장된다[16].

5. 분석방법

본 연구에서 측정된 자료는 윈도우용 SPSS ver. 22.0 (IBM Corp., Armonk, USA)을 이용하여 분석하였다. 연구 대상자의 일반적 특성은 기술통계로 분석하였고, 근긴장도와 관절가동범위는 추측통계를 사용하였다. 총 30명 연구 대상자에 대한 그룹별 10명의 측정값들의 정규분포 검사를 위하여 샤피로-윌크 검정(Shapiro-Wilk test)을 사용하여 모수 검정법을 사용하였다. 스트레칭 중재방법에 따른 집단 내 측정 결과 값의 전과 후를 비교하기 위해 대응표본 t-검정(Paired t-test)를 사용하였고, 집단 간 차이를 알아보기 위해서 일원분산분석(One-way analysis of variance; ANOVA)을 시행하였고, 사후검정(post-hoc test)을 실시하였다. 통계학적 유의수준은 .05로 설정하였다.

III. 연구결과

1. 연구대상자의 일반적 특성

본 연구는 뒤넙다리근 단축이 있는 20대 남성 20명과 여성 10명으로 총 30명을 대상으로 하였다. 연구 대상자들의 연령, 신장, 체중에서는 그룹 간에 차이가 없었다($p > .05$)(Table 1).

2. 뒤넙다리근 근긴장도 변화

중재 후 E-HS와 SS는 진동수(Frequency)($p = .003$)와 뺏뺏함($p = .030$)에서 유의한 감소를 보였고, PNFS는 유의한 증가($p = .028$)를 보였다(Table 2). 세 가지 중재 비교를 위한 차이 값은 유의하였고($p = .000$), 사후검정 결과는 E-HS와 SS가 각각 PNFS와 비교하여 유의한 차이가 있었다($p < .05$)(Fig. 1.).

3. 능동 및 수동 무릎 펴 변화

중재 후 세 가지 중재는 AKE와 PKE에서 모두 유의하게 증가하였다($p < .05$)(Table 3). 세 가지 중재를 비교를 위한 차이 값은 AKE ($p = .000$)와 PKE ($p = .000$)에서 모두 유의하였고, AKE 사후검정 결과는 세 가지 그룹에서 모두 유의하였고($p < .05$), PKE 사후검정에서는 E-HS와 PNFS가 SS 그룹과 각각 유의한 차이가 있었다($p < .05$)(Fig. 2.).

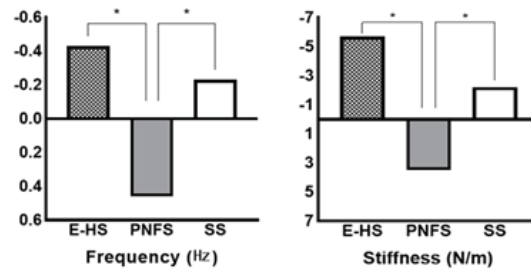
IV. 고 찰

본 연구는 뒤넙다리근 단축이 있는 20대 성인에게 E-HS, PNFS 및 SS를 적용하여 근긴장도와 무릎 펴 관절

Table 2. Comparisons of E-HS, PNFS, and SS on Muscle Tone of Hamstring Muscle

Variables		E-HS ^a (n ₁ = 10)	PNFS ^b (n ₂ = 10)	SS ^c (n ₃ = 10)	p ₁
Frequency (Hz)	Pre	15.58 ± 1.32 ^d	15.05 ± 1.04	15.99 ± .97	.192
	Post	15.15 ± 1.44	15.51 ± 1.11	15.76 ± 1.10	.547
	p ₂	.003	.028	.030	
	Change	-.43 ± .34	.46 ± .55	-.23 ± .28	.000
Decrement (Log)	Pre	1.28 ± .18	1.33 ± .20	1.21 ± .16	.373
	Post	1.26 ± .13	1.39 ± .24	1.12 ± .20	.020
	p ₂	.345	.103	.195	
	Change	-.02 ± .08	.06 ± .11	-.08 ± .19	.065
Stiffness (N/m)	Pre	263.20 ± 28.11	266.10 ± 25.24	276.00 ± 17.65	.470
	Post	257.50 ± 29.02	269.60 ± 25.01	273.80 ± 17.59	.314
	p ₂	.004	.010	.016	
	Change	-5.70 ± 4.66	3.50 ± 3.40	-2.20 ± 2.34	.000

^aEvjenth-Hamberg stretching, ^bproprioceptive neuromuscular facilitation stretching, ^cstatic stretching, ^dmean ± standard deviation.



(E-HS: Evjenth-Hamberg stretching, PNFS: proprioceptive neuromuscular facilitation stretching, SS: static stretching)
Fig. 1. Post-Hoc comparison of E-HS, PNFS, and SS on changes in the frequency, and stiffness values.

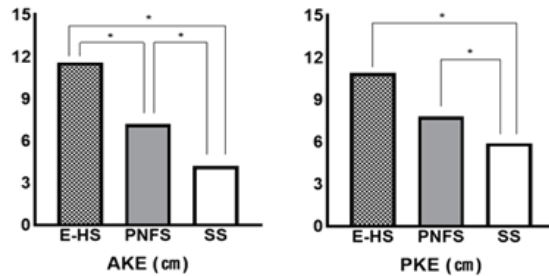
Table 3. Comparisons of E-HS, PNFS, SS on AKE and PKE

Variables		E-HS ^a (n ₁ = 10)	PNFS ^b (n ₂ = 10)	SS ^c (n ₃ = 10)	p ₁
AKE ^d (cm)	Pre	148.30 ± 3.88 ^e	145.50 ± 6.31	145.10 ± 5.60	.362
	Post	159.90 ± 3.14	152.70 ± 5.59	149.30 ± 6.37	.000
	p ₂	.000	.000	.004	
	Change	11.60 ± 2.01	7.20 ± 2.25	4.20 ± 3.48	.000
PKE ^f (cm)	Pre	156.00 ± 2.94	153.70 ± 5.25	153.50 ± 5.27	.417
	Post	166.90 ± 2.07	161.50 ± 4.30	159.40 ± 5.60	.002
	p ₂	.000	.000	.000	
	Change	10.90 ± 2.02	7.80 ± 1.87	5.90 ± 2.13	.000

^aEvjenth-Hamberg stretching, ^bproprioceptive neuromuscular facilitation stretching, ^cstatic stretching, ^dactive knee extension, ^emean ± standard deviation, ^fpassive knee extension.

가동범위를 측정함으로써 어떤 스트레칭 방법이 효과적인지를 비교하였다. 그 결과 E-HS와 SS가 증재 전과 비교하여 증재 후에 뒤넙다리근 근긴장도가 감소되었

고, 무릎 폼 관절가동범위에서는 세 가지 스트레칭 방법 모두 증가되었다. 또한 증재 전후 차이 값을 비교한 결과를 통하여 E-HS가 PNFS와 SS보다 뒤넙다리근 근



(E-HS: Evjenth-Hamberg stretching, PNFS: proprioceptive neuromuscular facilitation stretching, SS: static stretching, AKE: active knee extension, PKE: passive knee extension)

Fig. 2. Post-Hoc comparisons of E-HS, PNFS, and SS on changes in the values of AKE, and PKE.

긴장도 감소와 무릎 폼 관절가동범위 증가에 가장 효과적임을 알 수 있었다.

본 연구에서 SS 적용 후 평균적으로 진동수가 .23, 뻣뻣함이 2.2가 감소된 반면에 E-HS는 적용 후 진동수가 .43, 뻣뻣함이 5.7이 감소되었다. 선행 연구들에 따르면, Kim 등[17]은 본 연구와 유사한 20대 대학생 30명을 대상으로 뒤넙다리근에 SS를 적용 후 진동수 .38과 뻣뻣함 4.08이 감소되었다고 보고하였고, Kim과 Kim [18]은 E-HS 방법과 유사하게 넙다리 네갈래근의 수축을 동반한 뒤넙다리근의 능동적 스트레칭 방법이 상호억제(Reciprocal inhibition)로 인하여 SS 방법보다 근육의 뻣뻣함 감소에 더 효과적이라고 보고하였다. 또한, 적용된 근육이 비록 다르지만 Park [19]은 머리전방자세(Forward head posture) 개선을 위해 목빗근, 위등세모근 및 큰가슴근에 E-HS를 적용하여 SS보다 근활성도에 가장 효과적이라고 하였고, 원인을 E-HS 중재방법에서 적용한 길항근의 최대 등척성 수축이라고 하였다.

신경생리학적으로, 근육 또는 근-건 단위(Muscle-tendon unit)의 뻣뻣함 감소는 다양한 근골격계 손상 위험을 감소시키고[20], E-HS의 능동적인 근육 수축은 근 섬유 온도 증가를 통하여 근육의 점탄성(Viscoelasticity), 신경전도속도 및 수축이완 기능을 향상시키는 것으로 밝혀졌다[21]. 더불어 지속적인 근육 긴장은 근육에 가해지는 부하에 대한 저항력과 같은 기계적 특성이 향상된다고 하였다[22]. 이러한 선행 연구 결과와 신경생리학 적 해석들은 본 연구와 유사하였고, E-HS의 중재방법이 단축된 뒤넙다리근의 근긴장도 감소에 효과적임

을 뒷받침하고 있다.

E-HS 중재 전후 능동적 무릎 폼 관절가동범위 차이 값은 평균 11.6°로 나타났다. PNFS 그리고 SS 중재 전후 차이 값인 7.2°와 4.2°를 비교하였을 때 큰 변화를 보인 것으로 사료된다. Lee [9]는 성인 남성 20명을 대상으로 뒤넙다리근에 E-HS와 SS를 4주 동안 적용하여 관절가동범위가 E-HS에서 44% 그리고 SS에서 27% 향상되었다고 하였고, Hwang [23]은 대학 남자 축구선수 18명을 대상으로 뒤넙다리근에 E-HS와 SS를 적용했을 때, 관절가동범위가 각각 16.7°와 6.0° 향상되었다고 하였다. 본 연구 결과값을 해석하였을 때 E-HS는 7% 그리고 SS는 3% 향상되어 이는 중재 기간의 차이로 인하여 크게 변화량을 볼 수는 없었으나, E-HS가 PNFS와 SS보다 능동적 무릎 폼 관절가동범위에 효과적임을 알 수 있었다.

E-HS 중재 전후 수동적 무릎 폼 관절가동범위 차이 값은 10.9° 보인 반면에 PNFS는 7.8° 그리고 SS는 5.9°를 보였다. 이는 O'Hara 등[10]의 연구에서 20대 성인의 뒤넙다리근에 PNFS와 SS적용 후 수동적 무릎 폼 관절가동범위가 각각 11.8° 그리고 7.54° 값을 보인 결과와도 유사한 경향을 보이고 있으며, E-HS 중재방법이 가장 효과적임을 암시하고 있다. 본 연구에서 적용한 세 가지 스트레칭 방법 모두 무릎 폼 관절가동범위가 향상되어 유연성 향상에 긍정적임을 알 수 있었고, 특히 E-HS는 주동근과 길항근의 수축을 통한 상호 억제적 작용 [24,25] 및 지속적 근 긴장으로 인한 근육 내 메커니즘 향상[26]이 유연성에 도움을 준 것으로 사료된다.

뒤넙다리근 단축이 있는 대상자들에게 본 연구에서 측정된 근긴장도와 유연성을 측정된 연구는 대표적으로 Areedomwong 등[27]과 Mazumdar과 Shriwas [28]의 연구에서도 확인할 수 있으나, 본 연구에서 사용한 근긴장도 측정기는 비 침습적이고 통증 없이 용이하게 적용할 수 있기 때문에 사용하였고[29], 유연성을 측정하기 위하여 신뢰도와 보편성이 높은 수동적 각도계를 사용하였다. 이러한 측정기기들은 모두 임상에서 사용을 많이 하는 도구들로 신뢰도가 높은 장점을 보이고 있다[30].

그러나 본 연구 결과를 해석하는데 몇 가지 제한점을 가지고 있다. 첫째, 한정된 연령대의 소수 연구 대상자들로 인하여 뒤넙다리근 단축이 있는 성인들에게 일반화하기 어렵다. 둘째, 대상자들은 실험 절차 사이에 휴식을 취하였지만 근피로도 및 다양한 변수들의 영향을 배제할 수가 없었다. 셋째, 짧은 중재 시간을 적용하여 훈련효과를 알 수 없었다. 따라서 향후 연구에서는 뒤넙다리근 단축이 있는 다양한 연령대의 대상자들에게 근피로도 및 대상자 개개인의 기능수준을 고려하여 오랜 시간동안 중재하여 측정해야 될 것으로 사료된다.

V. 결 론

본 연구를 통해 뒤넙다리근 단축이 있는 20대 성인에게 E-HS 방법이 PNFS 및 SS와 비교하여 뒤넙다리근의 근긴장도와 유연성에 미치는 영향을 알아보았다. 그 결과, 주동근의 등척성 수축, 지속적인 주동근의 수동적 신장 및 길항근의 등척성 수축이 결합된 E-HS 스트레칭 방법이 PNFS와 SS보다도 뒤넙다리근의 근긴장도 감소와 유연성 향상에 긍정적인 영향을 미친다고 있다.

Acknowledgements

This research was supported by Basic Science Research Program through the National Research Foundation of Korea (NRF) funded by the Ministry of Education (2020 R111A3A04037574).

References

- [1] Wicke J, Gainey K, Figueroa M. A comparison of self-administered proprioceptive neuromuscular facilitation to static stretching on range of motion and flexibility. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2014;28(1):168-72.
- [2] Shrier I. Does stretching improve performance?: a systematic and critical review of the literature. *Clinical Journal of sport medicine*. 2004;14(5):267-73.
- [3] Grieve R, Goodwin F, Alfaki M, et al. The immediate effect of bilateral self myofascial release on the plantar surface of the feet on hamstring and lumbar spine flexibility: A pilot randomised controlled trial. *Journal of bodywork and movement therapies*. 2015;19(3):544-52.
- [4] Medeiros DM, Cini A, Sbruzzi G, et al. Influence of static stretching on hamstring flexibility in healthy young adults: Systematic review and meta-analysis. *Physiotherapy theory and practice*. 2016;32(6):438-45.
- [5] Van der Worp MP, Ten Haaf DS, van Cingel R, et al. Injuries in runners; a systematic review on risk factors and sex differences. *PloS one*. 2015;10(2).
- [6] Kendall FP, McCreary EK, Provance PG. *Muscles: Testing and Function with Posture and Pain*. Lippincott Williams & Wilkins. 2005.
- [7] Medeiros DM, Martini TF. Chronic effect of different types of stretching on ankle dorsiflexion range of motion: Systematic review and meta-analysis. *The Foot*. 2018; 34:28-35.
- [8] Evjenth O, Hamberg J. *Muscle stretching in manual therapy: A clinical manual*. Sweden, Alfa rehab. 1994.
- [9] Lee HH. The effects of Evjenth-Hamberg stretching on range of motion of knee joint and isometric, isokinetic muscle strength. Master's Degree. Yonsei University. 2003.
- [10] O'Hora J, Cartwright A, Wade CD, et al. Efficacy of static stretching and proprioceptive neuromuscular facilitation stretch on hamstrings length after a single

- session. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2011;25(6):1586-91.
- [11] Cini A, de Vasconcelos GS, Lima CS. Acute effect of different time periods of passive static stretching on the hamstring flexibility. *Journal of back and musculoskeletal rehabilitation*. 2017;30(2):241-6.
- [12] DePino GM, Webright WG, Arnold BL. Duration of maintained hamstring flexibility after cessation of an acute static stretching protocol. *Journal of athletic training*. 2000;35(1):56.
- [13] Yıldırım M, Ozyurek S, Tosun O, et al. Comparison of effects of static, proprioceptive neuromuscular facilitation and Mulligan stretching on hip flexion range of motion: a randomized controlled trial. *Biology of sport*. 2016;33(1):89.
- [14] Bizzini M, Mannion AF. Reliability of a new, hand-held device for assessing skeletal muscle stiffness. *Clinical Biomechanics*. 2003;18(5):459-61.
- [15] Puenteadura EJ, Huijbregts PA, Celeste S, et al. Immediate effects of quantified hamstring stretching: hold-relax proprioceptive neuromuscular facilitation versus static stretching. *Physical Therapy in Sport*. 2011;12(3):122-6.
- [16] Gnat R, Kuszewski M, Koczar R, et al. Reliability of the passive knee flexion and extension tests in healthy subjects. *Journal of manipulative and physiological therapeutics*. 2010;33(9):659-65.
- [17] Kim JY, Shim JH, Han HG. Effects of soft tissue mobilization, passive stretching, and muscle energy technique on thickness and muscle tone of hamstring. *Korean journal of Neuromuscular Rehabilitation*. 2018; 8(2):17-25.
- [18] Kim JH, Kim TH. Immediate effects of stretching on hamstring stiffness. *Journal of Korean Physical Therapy*. 2010;22(1):1-7.
- [19] Park JH. The effects of Evjenth-Hamberg stretching and static stretching on improvement of forward head posture. Doctor's Degree. Yonjin University. 2013.
- [20] Watsford ML, Murphy AJ, McLachlan KA, et al. A prospective study of the relationship between lower body stiffness and hamstring injury in professional Australian rules footballers. *The American journal of sports medicine*. 2010;38(10):2058-64.
- [21] Fletcher IM. The effect of different dynamic stretch velocities on jump performance. *European journal of applied physiology*. 2010;109(3):491-8.
- [22] Morse CI, Degens H, Seynnes OR, et al. The acute effect of stretching on the passive stiffness of the human gastrocnemius muscle tendon unit. *The Journal of physiology*. 2008;586(1):97-106.
- [23] Hwang BS. The effects of Evjenth-Hamberg auto stretching on the lower extremity open angle back and forth and isokinetic muscle strength. Master's Degree. Sejong University. 2018.
- [24] Herda TJ, Herda ND, Costa PB, et al. The effects of dynamic stretching on the passive properties of the muscle-tendon unit. *Journal of sports sciences*. 2013;31(5):479-87.
- [25] Macefield G, Hagbarth KE, Gorman R, et al. Decline in spindle support to alpha motoneurons during sustained voluntary contractions. *The Journal of physiology*. 1991;440(1):497-512.
- [26] Konrad A, Tilp M. Increased range of motion after static stretching is not due to changes in muscle and tendon structures. *Clinical Biomechanics*. 2014;29(6):636-42.
- [27] Areedomwong P, Oatymprai K, Pathumb S. A randomised, placebo-controlled trial of neurodynamic sliders on hamstring responses in footballers with hamstring tightness. *The Malaysian journal of medical sciences: MJMS*. 2016;23(6):60.
- [28] Mazumdar J, Shriwas JK. A comparison between Mulligan traction straight leg raise technique vs muscle energy technique on hamstring tightness in asymptomatic male. *Int J Physiother Res*. 2014;2(2):412-17.
- [29] Ianieri G, Saggini R, Marvulli R, et al. New approach in the assessment of the tone, elasticity and the muscular resistance: nominal scales vs MYOTON. *International journal of immunopathology and pharmacology*. 2009;22

(3_suppl):21-4.

- [30] Dos Santos RA, Derhon V, Brandalize M, et al. Evaluation of knee range of motion: Correlation between measurements using a universal goniometer and a smartphone goniometric application. *Journal of bodywork and movement therapies*. 2017;21(3):699-703.

