

넙다리뒤근육의 유지-이완기법이 무릎관절 각도 증가에 미치는 효과

정은호, 김지혁¹⁾

닥터바디 재활센터, 경남정보대학교 물리치료과¹⁾

Effects of Hamstring HR Technique on Knee Joint Angle Increase

Eun-ho Jeong, Chi-hyok Kim¹⁾

Dept. of Physical Therapy, Dr. Body Rehabilitation Center

Dept. of Physical Therapy, Kungnam College of Information & Technology¹⁾

Key Words:

Hamstring, Hold-Relax Knee ROM, Stretching,

ABSTRACT

Background: The purpose of this study was to investigate the effect of various relaxation techniques on various dysfunction problems caused by shortening of the sagittal muscles. **Method:** The subjects were 44(18 males, 26 females). The subjects were composed of 3 groups. The experimental group consisted of 14 patients with proprioceptive neuromuscular facilitation stretching (PNF) technique, control group A 15 patients with self myofascial release (SMR) ball exercise, and control group B with 15 patients with Sling exercise. After 3 weeks of relaxation on the hamstring muscle, the length of the hamstring muscle before and after the intervention was compared. **Results:** The results of relaxation exercise of the snake muscles applied to passive PNF group, SMR ball group, and Sling relaxation group are as follows. 1. In the passive PNF group, the muscle length of the hamstring muscle was significantly increased after the intervention. 2. The muscle length of the hamstring muscle was significantly increased after the intervention in the SMR ball group. 3. Sling relaxation group significantly increased the muscle length of the hamstring muscle after sling exercise intervention. 4. Passive PNF group showed the greatest change in muscle length before and after intervention than SMR ball group and Sling relaxation group. **Conclusion:** Passive PNF relaxation therapy, SMR ball relaxation therapy, and Sling relaxation therapy applied to the hamstring muscle were effective in increasing muscle length of the hamstring muscle. PNF relaxation therapy showed the most significant effect after 3 weeks intervention.

I. 서론

현대에는 산업화로 인한 생활환경의 변화, 감소된 신체의 활동량, 노화 등이 근육의 탄성성분 및 근섬유를 감소시켜 근육의 신장성에 문제를 야기한다(Faulkner 등, 2007). 특히, 학생이나 직장인 같이 의자에 앉아서 보내는 시간이 거의 모든 일상생활을 차지하는 현대인

들에게 넙다리뒤근육은 장시간 수축되면서 단축(shortening)에 쉽게 노출된다. 넙다리뒤근육의 단축은 요통, 나쁜 자세, 보행이상 등의 기능장애를 초래하며, 유연성이 결여되고 일상생활에 어려움을 발생시킨다(Park, 2018).

넙다리뒤근육은 총 3개의 근육군(넙적다리이두근, 짧은·긴갈레, 반막근, 반힘줄근)으로 넙적다리의 후면 근육들로 넙적다리네갈래근의 대항근으로서 서로 협력하여 제자리에서 일어날 때, 또는 중심을 이동시키거나 착지할 때 충격을 흡수하는 역할을 한다. 넙다리뒤근육은 궁둥뼈결절에 기시하여 하퇴에 있는 정강뼈와 종아

교신저자: 정은호(닥터바디재활센터, dmsghmc@naver.com)
논문접수일: 2018.11.06, 논문수정일: 2018.12.27,
게재확정일: 2018.12.30.

리뼈에 부착되는데, 넓다리뒤근육이 수축하면 정강뼈·종아리뼈를 공동뼈결절 쪽으로 당겨 무릎관절이 구부러지는(무릎관절굽힘) 움직임이 일어나고 넓적다리를 뒤로 당기는(엉덩관절펴) 움직임을 보조한다(Deline, 1997). 반대로 공동뼈결절이 정강뼈·종아리뼈 쪽으로 당겨지면 골반이 뒤쪽과 아래쪽으로 기울어지는데, 이러한 허리뼈와 엉치뼈의 변위는 공동신경 전달에 영향을 주어 넓다리뒤근육의 근긴장에 영향을 줄 수 있고, 반대로 좌우 넓다리뒤근육의 근 긴장의 차이는 허리뼈와 엉치뼈의 구조적인 영향을 줄 수도 있다(Park, 2012).

넓다리뒤근육은 요통을 유발할 수 있는 근육이며 요부, 골반 및 다리관절의 정상적인 각도 유지에 관여하는 조절인자로서 허리동작에 주요한 역할을 한다. 넓다리뒤근육에 무리가 가해지면 근섬유와 관련된 세포의 파열이 발생되어 장기적인 재발과 지속적인 장애를 일으키는데, 직간접적으로 허리의 유연성 저하와 허리통증을 유발한다(Arge, 1985). Takata와 Takahashi(1994)는 허리굽힘이 제한된 만성요통환자의 가동성을 조기에 회복시키기 위해서 다리의 넓다리후면부 근육들 중에서 특히, 넓다리뒤근육의 스트레칭 운동이 중요하다고 하였다.

넓다리뒤근육의 스트레칭에는 다양한 방법들이 있지만 임상에서 주로 사용되는 방법으로는 능동수동 (hold-relax; HR)기법, ball을 이용한 자가근막이완(self myofascial release; SMR)기법, sling을 이용한 기법 등이 있다.

HR 신장기법은 많은 연구 결과를 통해 유연성 및 ROM을 증가시키는 것이 증명되고 있으며, Ball을 이용한 SMR기법 역시 근육의 불균형을 교정하고, 관절의 가동 범위를 증가시키며, 가장 중요한 근육의 정상 길이를 유지시켜 주는 것으로 알려져 있다(Thomas Prentice, 1996). 또한 sling을 이용한 기법은 가동성 증진, 신장, 감각-운동, 그리고 이완운동 등에 효과적이라고 소개되고 있다(Kim과 Kwon, 2001).

여러 선행연구에서 알 수 있는 것처럼 넓다리뒤근육의 단축이 요통과의 연계성에 관한 다양한 연구는 찾아볼 수 있었지만, 대부분의 중재 방법들은 스트레칭의 실시 유무에만 국한되어 있으며, 넓다리뒤근육을 보다 효율적으로 이완시키는 유형에 관한 중재적 방법에 대한 연구는 미흡한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 HR기법, ball을 이용한 SMR기법, sling을 이용한 스트레칭 방법을 이용하여 넓다리뒤근육의 근 길이에 미치는 효과를 규명함으로써 넓다리뒤근육의 단축에 효과적인 스트레칭 유형을 제시하고자 한다.

II. 연구방법

1. 연구대상 및 연구기간

본 연구는 2018년 1월 15일부터 2018년 3월 15일까지 부산 소재의 D재활센터에서 넓다리뒤근육 단축 클라이언트 45명 중 타 지역으로 이주를 위해 포기한 1명을 제외하고 44명(남자 18명, 여자 26명)을 대상으로 실험군(HR 그룹) 14명, 대조군 A(SMR[ball]을 이용한 자가 수동이완 그룹) 15명, 대조군 B(Sling을 이용한 단순 운동이완 그룹) 15명을 각각 무작위로 배정하였다.

연구대상자 선정기준은 다음과 같다.

- 가. 다리의 방사통이 없는 자
- 나. 능동적 넓다리뒤근육 구축검사 상 한쪽 다리가 양성으로 판정 받은 자
- 다. 수동적 넓다리뒤근육 구축검사 상 한쪽 다리가 양성으로 판정 받은 자
- 라. 자발적으로 본 실험에 동의한 자

2. 실험방법

실험 전 연구대상자들에게 각 스트레칭 운동과 자세에 대해 설명하고 운동하는 방법을 약 10분 정도 교육하였다. 모든 실험은 우성인 다리를 실시하며, 통증이 일어나지 않는 최대한의 범위 내에서 실시하였다.

먼저 연구 대상자의 무릎관절 능동적 굽힘 가동범위를 측정하였으며, 그룹별로 Sling 운동이완기법을 제외한 스트레칭 시간은 10초로 유지 후, 제자리로 돌아와 20초 휴식하는 방법으로 각 동작을 6회 반복 실시하였다가 각 스트레칭 실시 후 동일한 자세로 다시 무릎관절의 능동적 폼 가동범위를 측정하는 SLR방법으로 실시하였다.

1) HR 이완 요법

환자의 우성인 다리 넓다리뒤근육이 최초로 제한이 발생하는 위치까지 신장시킨 후, 신장 전의 최종범위에서의 등척성 수축(5~10초간)을 시행하였다. 이 후 확보된 무릎관절의 최종범위에서 10초간 능동적 스트레칭 실시 후 20초간 휴식하고 위 동작을 6회 반복한다.

2) Ball을 이용한 SMR

환자를 치료용 베드에 걸쳐앉히고, 우성인 다리 넓다리뒤근육에 ball을 위치하고 골반을 고정시켜 보상작용이 일어나지 않게 하였다. 환자는 넓적다리 위에 손을 포개어 고정시킨 뒤, 통증이 일어나지 않는 최대한의 범위 내에서 무릎관절을 편다. 이 동작을 10회 반복 후

볼의 위치를 옮겨가며 6회 반복 실시하였다. 실험에 사용된 볼은 공을 이용한 학회에서 사용되는 Good Ball(Red)을 사용하였다(Figure 1).



Figure 1. Ball self stretching exercise

3) Sling을 이용한 운동이완

sling은 전문가 교육과정을 이수 받은 동일 물리치료사에 의해 실시되었으며, 연구에 필요한 도구로는 strap, Wide sling, Long red elastic cord가 사용되었다. 환자는 바로 누운 자세에서 Wide sling으로 골반을 감싸 고정시키고, 우성인 다리의 뒤꿈치를 strap 끝에 놓게 위치하였다. strap의 높이는 누워있는 대상자의 ASIS 높이에 맞추고, 대상자의 무릎관절이 다 펴진 상태에서 실시하였다. 환자는 뒤꿈치로 strap을 누르며 골반을 들고, 무릎관절을 굽히면서 넙다리뒤근육의 수축을 느끼며 무릎관절을 굽혔다 펴면서 다시 제자리로 돌아온다. 동작은 1set당 6회 반복 실시하였다가 20초 휴식하는 방법으로 6set 실시하였다(Figure 2).



Figure 2. Sling stretching exercise

3. 측정도구 및 방법

1) 무릎관절가동범위 측정

중재 전과 중재 후에 무릎관절의 굽힘 가동범위를 측정하기 위해 각도계(goniometer)를 사용하여 능동관절가동범위를 측정하였다.

실험자들은 딱딱한 치료용 침대에 바로 누운 자세에서 엉덩관절을 90도로 굽힘 시킨 후 골반이 움직이거나 엉덩관절 펴기 시작될 때까지 무릎관절을 펴시킨 상태에서 물리치료사 2명에 의해 무릎관절 각도를 측정하였다(Figure 3).

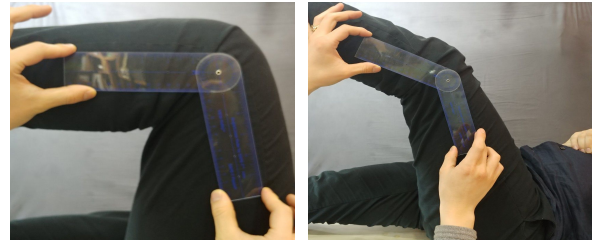


Figure 3. Goniometer

4. 분석방법

자료 처리는 SPSS Version 21.0을 이용하였고, 연구대상자의 그룹별 특성은 카이제곱 검정 및 일원분산분석(ANOVA)을 이용하여 비교하였고, 실험 전-후 그룹별 유지-이완 기법, Ball기법, Sling기법의 변화를 알아보기 위해 비모수 검정 방법인 Wilcoxon부호 순위 검정을 사용하였고, 세 그룹간의 비교는 Kruskal-Wallis 검정을 사용하였고, 유의수준을 $\alpha=.05$ 로 설정하였다.

III. 결과

1. 연구대상자의 일반적인 특성

연구대상은 HR 실험군이 14명, Ball 그룹 15명 Sling 그룹 15명으로 총44명 이었다. 실험군인 HR 그룹은 남 8명, 여 6명, Ball 그룹은 남 6명, 여 9명, sling 그룹은 남 4명, 여 11명으로 나타났으며, 나이는 HR 그룹은 42.79세 Ball 그룹은 40.20세, sling 그룹은 46.53세로 나타났다(Table 1).

Table 1. General characteristics of two groups

	HR group (n=14)	SMR group (n=15)	Sling group (n=15)	p
Gender (M/F)	8/6	6/9	4/11	.248
Age (yrs)	42.8±16.8 ^a	40.2±14.4	46.5±16.1	.547

^aMean±SD, *p < .05

HR: Hold-relax, SMR: Self myofascial release with ball,

Sling: Sling stretching

2. 기간별 중재 전후 무릎관절 각도의 변화

중재 전에는 각 그룹별 유의한 차이가 없었으며, 집단간 중재 전 무릎관절의 관절가동범위와 3주간의 중재 후 무릎관절의 관절가동범위를 비교해본 결과, HR적용 군에

서 중재 전 무릎관절의 관절가동범위는 137.86(±6.71)도에서 중재 후 160.36(±7.96)도로 22.5도 증가하였다.

Ball 적용 군에서 중재 전 무릎관절의 관절가동범위는 135.33(±11.10)도에서 중재 후 147.00(±10.66)도로 11.7도 증가하였다.

Sling 적용 군에서 중재 전 무릎관절의 관절가동범위는 138.67(±10.43)도에서 중재 후에는 144.33(±10.67)도로 5.7도 증가하였다. 중재 전에는 집단 간의 무릎관절의 관절가동범위는 통계적으로 유의성이 없었으나 중재 후에는 세 집단 모두에서 모두 통계적으로 유의한 결과를 나타내었다($p < .05$).

그 중에서도 HR적용 군에서 가장 많은 무릎관절의 관절가동범위가 가장 많이 향상된 것으로 나타났다 (Table 2).

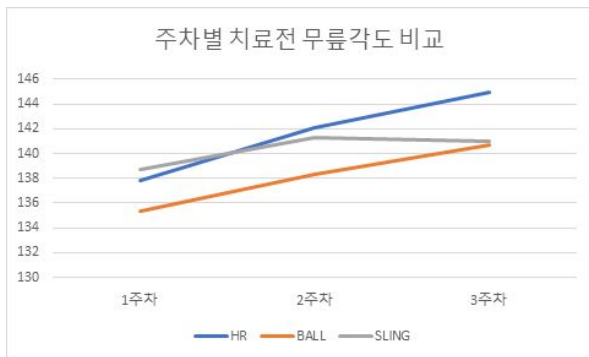
Table 2. Change of knee flexion angle

	HR group (n=14)	SMR group (n=15)	Sling group (n=15)	p
Before	137.9±6.71 ^a	135.3±11.09	138.7±10.43	1.100 (.577)
Post-3wks	160.4±7.95	147.0±10.66	144.3±10.67	15.129 (.001 [*])
Z(p)	-3.342±.00	-3.201±.00	-3.213±.00	

^aMean(°)±SD, * $p < .05$

HR: Hold-relax, SMR: Self myofascial release with ball,

Sling: Sling stretching



IV. 고 찰

사람들은 문화적 습관, 직업, 행동양식, 나이와 관계된 몸의 변화, 그리고 근골격계 구조를 포함하여 여러 가지 복잡한 요소에 따라 다양한 방식으로 자세를 취한다.

거의 모든 일상생활을 의자에 앉아서 보내는 현대인들에게 쉽게 단축되는 넙다리뒤근육은 유연성이 저하된 신체의 모든 부위 중에 치료적 목적과 손상 예방을 위해 자주 스트레칭이 적용되어 지는 부위이다.

안정성이 있어야 할 관절에서 동작이 일어날 때 이를 보상적인 "상대적 유연성(relative flexibility)"이라 한다 (Sahrmann, 2002). Sahrmann(2002)은 이러한 "상대적 유연성(relative flexibility)" 또는 "상대적 단단함"에 대한 개념을 제시했다. 그의 설명에 의하면 충분히 단축되는 능력이 결핍된 단관절 근육들이 지나치게 길어지고 변형되거나 약해지면 그것들은 그들이 작용하는 관절에서 지나친 동작을 유발한다. 그러나 만일 다관절 근육들이 신장성이 결핍되거나 지나친 긴장을 유발한다면 그 정상적인 기능을 유지하기 위해 정상적인 동작을 제한하고 운동시스템 도처에서 보상하게 될 것이다.

또한 Sullivan와 Molcho(2017)은 스포츠 현장에서 빈발하는 중요한 손상 유형인 넙다리뒤근육의 염좌(strain)로 넙다리뒤근육의 유연성 저하를 발생 원인으로 지적하였다.

근육군 중에서 단축빈도가 가장 높은 근육으로 넙다리뒤근육을 야기 했으며, 많은 사람들이 단축된 넙다리뒤근육으로 인해 어려움을 겪는다.

Kendall과 McCreary(2005)는 요통의 일반적인 원인으로 허리뼈만곡이 감소되면 편평한 허리를 만들어 자세의 불균형을 초래하기에 치료적 방법으로 넙다리뒤근육의 스트레칭을 제안하였고, Mayer 등(1984)은 넙다리뒤근육의 유연성은 엉덩관절을 더 많이 움직이게 함으로써 요부의 스트레스를 줄여준다고 하였다. 또한 Ahn(2005)의 연구에서도 구축된 넙다리뒤근육을 스트레칭 한 결과 요부굽힘 각도가 유의하게 증가하였고, 또한 통증감소에도 효과가 있었다.

이에 유연성은 결합조직에 대한 규칙적이고 적절한 스트레칭을 통해 향상되며 상해예방에도 큰 도움이 되므로 모든 일상 활동에서 필수적으로 수행되어야 한다 (Youn, 1998).

먼저 본 연구에서는 넙다리뒤근육의 긴장도 감소를 위한 방법으로 HR이완기법과 ball을 이용한 자가수동적 SMR 이완기법, Sling을 이용한 단순 운동 이완기법으로 나누어 3주 동안 넙다리뒤근육에 스트레칭을 적용한 결과 3그룹 모두에서 사전 측정치에 비해 사후 측정치에서 넙다리뒤근육의 가동 범위가 증가한 것으로 나타났다.

HR이완 집단 그룹은 주차별로 각도가 점진적으로 증가하였으며, ball 이완 집단 그룹은 각도가 점진적으로 증가하였으나, HR 그룹에 비해 재단축률이 높게 나왔고, sling 이완 집단 그룹은 역시 각도가 증가하였으나 가장

재단축률이 높게 나타남으로써 가장 작은 가동범위의 증가가 나타났다. 3 그룹 집단 중 HR 이완기법이 다른 집단 보다 유의하게 높은 증가를 보였으며, 본 실험에서는 ball과 Sling을 이용한 스트레칭보다는, HR 이완기법 스트레칭 방법이 보다 효과적인 것으로 나타났다.

흥미롭게도 SMR이나 Sling의 조직반응 및 유연성에 대한 선행연구는 많이 부족한 실정이다. Kim 등(2012)은 운동직후 근막 이완술 적용이 운동 후 발생하는 지연성 근육통의 감소와 근육 손상 및 염증반응을 완화시키는 데 도움을 준다고 했으며, SMR을 이용한 선행연구에서 실험군과 대조군을 구분하여 실험군에게 자가근막 이완을 실시한 결과 넙다리뒤근육에 대한 유연성 증가가 나타났고, 4주 후 넙다리뒤근육의 유연성은 더 증가하였다고 보고 하였다. 또한 Mohr 등(2014)은 폼롤러를 이용하여 자가근막이완술을 2분 동안 실시한 결과 넙다리뒤근육의 유연성이 증가하였음을 보고하였으며, Hanten과 Chandler(1994)는 건강한 성인 여성에게 자가근막이완술을 적용한 후 엉덩관절 굽힘의 가동범위가 약 6.6도 증가 하였다고 주장하였다. 따라서 ball을 통한 SMR 기법은 가동범위가 증가에 효과가 있다는 본 연구결과와 일치한다.

가장 유의한 증가를 보인 HR 기법은 Decicco 등(2005)에서도 HR 기법의 효과를 건강한 운동선수를 대상으로 어깨의 외회전 관절 가동 범위에 미치는 영향에 대해서 연구 하였는데, 관절 가동 범위에 유의한 차이가 있었으며, Burke 등(2000)은 HR 기법이 정적 스트레칭보다 훨씬 더 큰 관절가동범위를 보이는 것은 점탄성 특성 중 스트레스 이완이 보다 강화된 것이라고 하였다. 수많은 연구결과 각종 HR 기법은 유연성 및 ROM을 효과적으로 증가시키는 것을 실증하고 있다.

지금까지 HR는 주로 물리치료 목적으로 사용되었지만 최근 운동선수들의 근력, 유연성, 균형을 증가시키며(Klein와 Stone, 2002), 관절의 가동범위를 증가시킬 수 있음이 보고되고 있다(Lee, 2016).

Sady(1982)는 일반인을 대상으로 정적 스트레칭, 탄력스트레칭, HR 스트레칭을 실시한 후 유연성 증가효과를 비교한 결과에서 HR 기법적용에서 유연성이 가장 큰 효과를 보인 것으로 보고하였다. 또한 Feland와 Myer(2001), Lee 등(2005), Young과 Elliott(2001)은 스트레칭 운동방법 중에서 HR방법이 더 효율적이라고 보고하였고, Funk 등(2003)은 뒤넙다리근(hamstring)의 유연성에 대한 효과적인 스트레칭 방법을 제시하기 위해 정적 스트레칭과 HR 기법을 비교한 결과 HR군에서 유연성이 유의하게 증가하였음을 보고하였으므로 본 연구의 결과와 일치한다. 한편 본 연구에서 sling을 통한 넙다

리뒤근육의 관절 가동범위 증가는 3그룹 중 가장 낮은 통계치를 보였지만, Park 등(2005)의 연구에서 4주간 만성 요통환자를 대상으로 슬링운동을 실시한 후 유연성이 운동 전 보다 운동 후 에 유의하게 증가하였고, Kim과 Kwon(2001)의 연구에서도 요통 환자 10명과 정상인 10명을 대상으로 슬링을 이용한 안정화운동을 통해 허리뼈와 엉덩관절의 운동 각도가 증가하였다고 보고하였다. 이처럼 다른 선행연구에서와 같이 슬링운동이 이완효과가 없었다고는 단정할 수 없다.

넙다리뒤근육의 유연성 향상을 위한 선행연구에서는 정적인 스트레칭의 방법 중 수동적으로 저항을 주어 실시하는 방법과 능동적으로 유연성을 실시하는 두 가지 서로 다른 방법으로 4주, 8주 동안 집단을 나누어 프로그램 진행하였다. 그 결과 두 집단 모두 유연성의 유의한 증가가 발견되었고 두 집단 간 차이는 없었으며, 최대 관절 각도가 나타난 시점은 4주였으나 운동 상해를 방지하기 위해서는 8주간 실시하는 것이 바람직하다고 보고하였다.

따라서 본 연구에서의 제한점으로는 첫째, 표본이 많지 않고 한 곳의 센터에서 측정 하였기에 본 연구의 결과를 일반화시키는 데에는 제한점이 있을 것이다. 둘째, 스트레칭 운동을 대상자에게 적용할 때 자가 조절의 어려움이 있었다. 셋째, 센터의 환경과 일상에서의 생활 습관 및 자세를 통제할 수 없었으므로 연구결과에 영향을 미칠 수 있다는 것이다. 넷째, 실험자들을 통한 3주간의 연구기간이 단축된 근육을 충분히 이완시기에 짧은 기간이었을 것이다. 그러므로 향후 연구에서는 동일한 절차를 통하여 지속적인 연구가 필요하며, 더 많은 대상자를 통해 더욱 객관적이고 많은 시간을 통한 정확한 연구가 필요하다고 생각된다.

V. 결 론

본 연구는 넙다리뒤근육에 단축이 있는 환자 44명을 대상으로 HR 실험군과 Ball 및 Sling운동치료의 대조군으로 나누어 3주간 적용 한 후 무릎관절의 가동범위를 측정하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 실험군(HR), 대조군(Ball, Sling) 모두 치료 후 무릎관절의 가동범위의 증가되어 넙다리뒤근육의 이완이 향상되었음을 알 수 있었다.
2. HR 적용군이 대조군(Ball, Sling)과 비교하였을 때 무릎관절의 가동범위가 HR적용군이 가장 크게 나타났다.

정은호 등. 넓다리뒤근육의 유지-이완기법이 무릎관절 각도 증가에 미치는 효과

본 연구에서는 HR기법과 Ball 및 Sling운동치료를 적용하여 중재 전과 중재 후 무릎관절가동범위를 비교해 보았을 때 HR접근법이 넓다리뒤근육 단축환자에게 가장 효과적인 치료접근법으로 나타났다.

참고문헌

- Arge JC. Hamstring injuries. Proposed aetiological factors, prevention, and treatment. *Sports Med.* 1985;2(1):21-33.
- Ahn CS. The effects of hamstring stretching exercise on angle of lumbar flexion and pain reduction with chronic low back patients. *The Journal of Korean Society of Physical Therapy.* 2005;17(4):559-567.
- Burke D, Culligan C, Holt L. The theoretical basis of proprioceptive neuromuscular facilitation. *J Strength Cond Res J Strength Cond Res.* 2000; 14:496-500.
- Deline. The relationship of hamstring length and chronic low back pain. *Grand Valley State University Dissertations.* 1997.
- Decicco PV, Fisher MM. The effects of proprioceptive neuromuscular facilitation stretching on shoulder range of motion in overhand athletes. *J Sports Med Phys Fitness.* 2005;45(2):183.
- Funk DC, Swan AM, Mikla BM, et al. Impact of prior exercise on hamstring flexibility: A comparison of proprioceptive neuromuscular facilitation and static stretching. *J Strength Cond Res.* 2003; 17(3):489-492.
- Faulkner JA, Larkin LM, Claffin DR, et al. Age-related changes in the structure and function of skeletal muscles. *Clinical and Experimental Pharmacology and Physiology.* 2007;34(11):1091-1096.
- Feland JB, Myer JW, Merrill RM. Acute changes in hamstring flexibility: PNF versus static stretch in senior athletes *Phys Ther Sport.* 2001;2(4):186-93.
- Hanten WP, Chandler SD. Effects of myofascial release leg pull and sagittal plane isometric contract-relax techniques on passive straight-leg raise angle. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1994;20(3):138-144.
- Kendall FP, McCreary EK, Provance PG, et al. *Muscles : Testing and function with posture and pain* Lippincott, Williams & Wilkins. 2005.
- Klein W, Stone W, Phillips J, et al. PNF training and physical function in assisted-living older adults. *J Aging Phys Act.* 2002;10(4):476-488.
- Kim SY, Kwon JH. Lumbar stabilization exercises using the sling system. *Journal of Korean Academy of Orthopaedic Manual Therapy.* 2001;7(2):23-39.
- Kim HR, Ryu EM, Shin HJ. Effect of myofascial massage on reduction of myalgia and muscle relaxation and recovery of delayed onset muscle soreness (DOMS) of lower body. *The Korean Society for Aesthetics and Cosmetology.* 2012; 139-160.
- Lee HH, Yook DW, Ko WS, et al. The effects of static stretching and Evjenth-Hamberg stretching on range of motion of knee joint. *Physical Therapy Korea.* 2005;12(2):37-43.
- Lee SW. The effect of PNF stretching with elastic band on ball speed of high school baseball players. *SDOM.* 2016;14(12):525-535.
- Mayer TG, Tencer AF, Kristoferson S, et al. *Spine (Phila Pa 1976).* 1984;Sep;9(6):588-595.
- Mohr AR, Long BC, Goad CL. Effect of foam rolling and static stretching on passive hipflexion range of motion. *J Sport Rehabil.* 2014;23(4): 2969.
- McCreary CP, Turner JA, Robinson J. *Arch Phys Med Rehabil Nov.* 1983;64(11):560-563.
- Park KD, Lee WJ, Park SJ. The effect of sling-exercise on lumbar back strength stabilization for lumbar hernia operation patients. *The Korea Journal of Sport.* 2005;339-352.
- Park SH. An influence of massage on hamstring muscles on the flexibility of the back and subjective pain in middle-aged women. *Kyungwon University. Master Thesis.* 2012.
- Park JH. The effect of relax time on the range of motion during the application of contract-relax technique of PNF stretching. *Daegu Catholic University. Master Thesis.* 2018.

- Sady SP, Wortmann M, Blanke D. Flexibility training: Ballistic, static or proprioceptive neuromuscular facilitation? *Arch Phys Med Rehabil.* 1982;63:261-263.
- Sullivan L, Molcho M. Evaluation of a theory-based concussion education program for secondary school student-athletes in Ireland. *Health Education Research.* 2018;33(6):492-504.
- Sahrmann SA. *Diagnosis and treatment of movement impairment syndrome.* St. Louis Mosby 2002;51-108.
- Takata K, Takahashi K. Hamstring tightness and sciatica in young patients with disc herniation. *J Bone joint Surg Br.* 1994;76(2):220-224.
- Thomas M, Prentice WE. Hamstring strains: Expediting return to play. *The physician and sports medicine.* 1996;24(8):37-44.
- Young W, Elliott S. Acute effects of static stretching, proprioceptive neuromuscular facilitation stretching and maximum voluntary contractions on explosive force production and jumping performance. *Res Q Exerc Sport.* 2001;72(3):273-279.
- Youn JL. The Effect K-Bar Function Training on Body Composition, Body Balance, and Muscular Body Type in University Students. *The Korea Journal of Sport.* 1998;10(4):427-434.