

Original Article

Open Access

고유수용성신경근축진법(PNF) 수축이완 기법의 직접적 간접적 방법의 비교

김난영 · 김은혜 · 김현지 · 김희온 · 박순우 · 박슬기 · 유승용 · 유지연 · 이현옥[†]
부산가톨릭대학교 물리치료과

The Effectiveness of the Direct and Indirect Contract-Relax Technique in PNF

Nan-Young Kim · Eun-Hye Kim · Hyeon-Ji Kim · Hee-On Kim · Sun-U Park · Seul-Gi Park ·
Seung-Yong Yu · Ji-Yeon Yu · Hyun-Ok Lee[†]

Department of Physical Therapy, College of Health Sciences, Catholic University of Pusan

Received: April 18, 2016 / Revised: April 22, 2016 / Accepted: April 25, 2016

© 2016 Journal of Korea Proprioceptive Neuromuscular Facilitation Association

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.

| Abstract |

Purpose: The purpose of this study was to determine the effectiveness of direct and indirect methods of contract-relax techniques in proprioceptive neuromuscular facilitation (PNF) stretching for improving hamstring flexibility.

Methods: Twenty-six subjects were randomly assigned to either a direct contract-relax technique group or an indirect contract-relax group. For each group, stretching intervention was performed three times a week for a period of two weeks, with 12 seconds for the contraction and 10 seconds for the relaxation per once. The direct contract-relax technique for hamstring flexibility was applied by asking the subject to press down on the shoulder of the trainer in the straight leg-raising position. Conversely, the indirect contract-relax technique was performed by raising the leg with resistance. To facilitate a comparative analysis of hamstring flexibility between the two groups before and after the stretching intervention, two-way repeated ANOVA was performed. Hamstring flexibility for each group was measured using a passive straight leg-raising test.

Results: The results showed significant improvement in hamstring flexibility for all subjects in the two groups. However, there was no significant difference between the groups.

Conclusion: In conclusion, both direct and indirect contract-relax techniques are confirmed to be useful for improving hamstring flexibility. The choice of suitable technique has to be made individually according to the condition of each subject.

Key Words: PNF, Contract-relax, Hamstring flexibility

[†]Corresponding Author : Hyun-Ok Lee (holee@cup.ac.kr)

I. 서론

근육의 단축은 신체분절의 장기간 고정이나 근육의 불균형 및 약화, 통증 및 염증 등과 같은 요인에 의해 야기된다. 인체근육 중 단축이 잘 일어나는 대표적인 근육에는 등세모근 윗부분, 어깨올림근, 큰가슴근, 작은가슴근, 척추세움근, 엉덩허리근, 넓다리곧은근, 넓다리뒤근, 장판지근, 가자미근 등이 있다. 이들 근육 중 특히 넓다리뒤근의 단축은 요통이나 나쁜 자세, 보행이상 등의 기능장애를 초래하게 된다(Kim & Hwang, 2012; Oh & Choi, 2012; Whitenhead et al, 2007). 이들은 넓다리뒤근의 유연성과 요통, 나쁜 자세, 보행이상 사이의 인과관계의 결정적인 원인은 밝혀내지 못했지만 차후에 발생할 수 있는 문제를 미리 예방하기 위해서는 넓다리뒤근의 유연성을 유지할 필요가 있다고 하였다.

일반적으로 유연성을 증진시키는 신장방법에는 정적신장기법, 동적신장기법, 고유수용성신경근축진법이 있다. 이들 사이에 어느 방법이 효과적인지 꾸준히 연구되어 왔고 이들 방법 중 모두가 관절가동범위를 증가시키기 위해 효과적인 방법이지만, 고유수용성신경근축진법이 정적 혹은 동적신장기법보다 더욱 효과적인 것으로 보고되고 있다(Davis et al, 2005; Feland, 2001; Ferber et al, 2002; Kim, 2002; Lee et al, 2008; Prentice, 1983; Wallin et al, 1985).

고유수용성신경근축진법의 신장방법에는 유지-이완 기법(hold-relax)과 수축-이완 기법(contract-relax)이 있다. 수축-이완 기법은 통증이 없는 경우에 사용하며, 유지-이완 기법은 통증이 있어서 수축-이완 기법을 사용할 수 없는 경우에 사용하여 관절가동범위와 관련 근육의 유연성 증가를 목적으로 한다(Adler et al, 2008). 유지-이완 기법과 수축-이완 기법에는 모두 직접적 방법과 간접적 방법이 있다. 수축-이완 기법에서 직접적 방법은 단축이 있는 근육을 등장성 안정수축을 유도하여 이완을 촉진하고, 간접적 방법은 단축된 근육의 대항근을 등장성 안정수축을 유도하여 근육의 이완과 함께 관절가동범위를 증가시키는 것이다.

고유수용성신경근축진법의 수축-이완과 유지-이완의 비교에서 Markos(1979)는 수축-이완과 유지-이완을 비교하였고, Nagarwal 등(2010)은 수축-이완 길항근 수축 기법과 유지-이완 기법을 비교하였다. 이들은 수축-이완 기법과 수축-이완 길항근 수축 기법이 효과적이라고 하였다. 또한 Feland 등(2001)은 수축 이완 기법이 노인에게도 효과적인 방법이라고 보고하였다. Youdas 등(2010)은 유지-이완 길항근 수축이 유지-이완보다 효과적이라고 보고하였고 Osterig 등(1987)과 Feber 등(2002)은 수축-이완 동근 수축이 수축-이완보다 운동범위 증가에 효과적이라고 하였다. 하지만 수축-이완기법이나 유지-이완 기법의 직접적 방법과 간접적 방법을 비교한 연구는 거의 없는 실정이다. 이에 본 연구는 넓다리뒤근의 단축이 있는 대상자에게 수축-이완기법의 직접적 방법과 간접적 방법의 효과를 비교하고자 한다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상

본 연구의 대상자는 부산시의 C대학교에 재학 중인 학생 중 남자 14명 여자 12명으로 다음과 같은 기준에 맞게 선정하였다.

- 1) 과거 및 현재 허리의 신경학적 병력이나 통증이 없는 사람
- 2) 하지의 정형외과적 이상이 없는 사람
- 3) 능동하지직거상 검사에서 엉덩관절 굽힘 각도가 70도 이하인 사람

2. 연구 절차

실험 전 실험 대상자에게 연구목적, 방법, 주의사항에 대해 설명하고 대상자로부터 동의를 얻었다. 대상자들을 짝수그룹과 홀수그룹으로 나눈 후 공을 굴려서 무의식적으로 차는 발을 우세다리로 정하였다. 짝수그룹은 우세다리에 직접적방법과 비우세다리에 간



Fig. 1. Goniometer of ankle and pelvic.

접적 방법을 적용하였고, 홀수그룹은 우세다리에 간접적 방법과 비우세다리에 직접적 방법을 적용하였다. 중재 전 대상자의 근육이 충분히 이완될 수 있도록 준비 운동을 실시하였다. 고유수용성신경근축진법 중 수축-이완기법의 직접적 방법과 간접적 방법을 주 3회 2주간, 총 6회 적용 한 후 중재 전후의 엉덩관절 굽힘 각도를 비교하였다.

3. 측정 도구 및 측정 방법

1) 측정 도구

수동하지직거상(passive straight leg raising, PSLR)시 엉덩관절 굽힘 각도를 측정하기 위해 Myrin(Kineman Enterprises, Norway)각도계를 사용하였다. Myrin 각도계는 중력각도계로 대부분의 신체 관절에서의 운동가동범위를 정확하게 측정할 수 있다.

2) 측정 방법

넙다리뒤근의 길이 측정을 위해 수동하지직거상을 사용하였다. 중재 후에 즉각적으로 중력각도계(Myrin)를 사용해 엉덩관절 굽힘 각도를 측정하였다. 중재 측 다리의 가쪽 복사뼈 위쪽 부위와 반대측 다리의 위앞엉덩뼈가시 높이에 각도계의 중심이 오게 부착하였다(Fig. 1). 대상자는 똑바로 누운 자세를 취하고 측정하는 쪽의 반대편 다리의 움직임을 제어하기 위해 보조자에게 무릎 위를 잡아 고정하도록 하였다. 검사자는 대상자의 발목 뒤와 넙다리 먼쪽 앞부분을 잡고 넙다리뒤근의 통증이 느껴지는 지점까지 다리를

들어올렸다. 엉덩관절 굽힘 각도를 정확히 측정하기 위하여 발목부위 측정치에서 골반부위 측정치 값을 뺀 값으로 엉덩관절 굽힘 각도를 측정하였다.

4. 수축-이완기법

1) 직접적 방법

대상자를 검사대에 바로 눕히고, 치료를 하는 동안 불필요한 동작을 방지하기 위하여 보조자는 반대편 넙다리 먼쪽부를 고정시켰다. 대상자의 다리를 중재자의 어깨를 이용하여 최대로 들어 올렸다. 중재자는 각지를 껴서 대상자의 넙다리 먼쪽부를 잡고 무릎을 편 상태로 고정시키고 대상자에게 8초 동안 중재자의 어깨를 강하게 누르도록 하고 이를 5회 반복하였다(Fig. 2). 각 횟수사이에는 10초 동안 휴식을 취하였다.



Fig. 2. Application of direct contract-relax.

2) 간접적 방법

간접적 방법은 직접적 방법과 동일한 자세에서 대상자의 다리를 중재자의 어깨를 이용하여 엉덩관절을 최대한으로 굽힘하였다. 중재자는 각지를 꺼서 대상자의 넓다리 먼쪽부를 잡고 무릎을 편 상태로 고정시키고 대상자의 다리에 저항을 가한 상태로 8초 동안 다리를 강하게 들어 올리도록 하였으며 이를 5회 반복하였다. 각 횟수 사이에는 10초 동안 휴식을 취하였다.

5. 자료 분석

각 자료를 부호화 하여 SPSS ver. 18.0으로 통계처리하였으며 중재방법과 치료기간의 변화에 따른 각도 차이를 비교하기 위해 이원배치 반복측정 분산분석 (two-way Repeated ANOVA)을 실시하였다. 중재기간에 따른 변화량을 비교하기 위해 Turkey의 다중비교분석을 실시하였다. 통계학적 유의성을 분석하기 위한 유의수준은 $\alpha=0.05$ 로 하였다.

III. 연구결과

1. 대상자의 일반적 특성

대상자는 남자 14명 여자 12명 총 26명으로 대상자의 일반적 특성은 <Table 1>과 같다.

Table 1. General characteristics of subjects

	age (yrs)	height (cm)	weight (kg)
Male	23.28 ± 2.12	174.85 ± 5.36	67.28 ± 5.83
Female	21.41 ± 1.67	163.75 ± 3.10	54.50 ± 5.58

Table 2. Comparison of the hip joints' flexion according to intervention methods and duration(degree)

	pre	1 week	2 week	F	p
Direct	69.59 ± 7.69 ^a	76.26 ± 8.78 ^b	86.44 ± 8.8 ^c	138.33	0.00
Indirect	70.42 ± 7.75 ^a	76.80 ± 7.82 ^b	85.13 ± 6.93 ^c		

(Unit=degree); ^{abc} values with different superscripts within the same columns are significantly different at $p<0.05$

2. 직접적 방법과 간접적 방법의 비교

중재방법과 중재기간에 따른 엉덩관절 굽힘각도값은 <Table 2>와 같다. 직접적방법과 간접적방법의 중재방법 간에서의 유의한 차이는 보이지 않았다 ($p>0.05$).

3. 중재기간에 따른 변화량 비교

중재기간에 따른 변화량은 <Fig 3>와 같다. 중재기간에 따른 비교에서 두 군 모두 기간이 증가함에 따라 유의하게 증가하였다($p<0.05$). 중재전과 1주 사이에서 직접적방법의 변화량은 6.67°이고 간접적방법의 변화량은 6.38°이다. 1주와 2주 사이에서 직접적방법의 변화량은 10.17°이고 간접적방법의 변화량은 8.32°이다. 1주와 2주 사이에서 더 많은 증가량을 보였고 변화량은 직접적방법이 간접적방법보다 더 높은 경향을 보였으나 통계학적으로는 유의한 차이는 없었다.

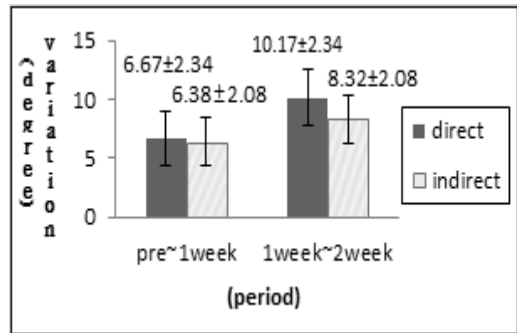


Fig. 3. Variation of the hip joint flexion degree according to interventions duration.

IV. 고찰

고유수용성신경근축진법의 수축-이완기법이나 유지-이완 기법에는 직접적 방법과 간접적 방법이 있다. 직접적 방법은 자가 억제에 의해 근 이완을 일으키고 간접적 방법은 상호억제에 의해 근 이완을 일으킨다(Adler et al, 2008). 본 연구에서는 수축-이완 기법에서 직접적 방법과 간접적 방법의 효과를 비교하였다.

직접적 방법이나 간접적 방법을 적용할 때 수축시간은 3-15초로 다양하게 보고되고 있다(Adler et al, 2008; Bonnar et al, 2004; Rowlands et al, 2003). Rowlands 등(2003)은 수축시간이 길수록 효과적이라고 하여 10 초를 권장하였고, Adler 등(2008)은 PNF 수축-이완 기법을 적용할 때 5-8초의 수축시간을 추천하였다. 기법의 적용횟수에서 Gama 등(2007)은 넙다리뒤근의 유연성을 증가시키기 위해 수축-이완 기법을 1번, 3번, 6번 반복으로 2주 동안 10번 적용하였을 때, 1번 반복은 12.3도, 3번 반복은 16.2도, 6번 반복은 16.9도로 반복 횟수가 증가할수록 유연성이 증가하였다고 보고하였고, Wallin 등(1985)은 주 3회에서 5회를 추천하였다. 따라서 본 연구에서는 선행 연구를 참조하여 운동 중 호흡에 무리가 가지 않도록 8초간 수축하고 10초간 휴식을 취하는 것을 1회로 하여 총 5회 반복, 주 3회로 2주 동안 적용하였다.

넙다리뒤근의 유연성검사는 무릎 펴 각도로 측정하지 않고 하지직거상 시 엉덩관절 각도로 측정하였다. 따라서 직접적 방법을 적용할 때는 엉덩관절 펴근에, 간접적 방법을 적용할 때는 넙다리 먼쪽부에서 엉덩관절 굽힘에 대한 저항을 주었다. 넙다리뒤근은 두 관절 근육으로 엉덩관절 펴와 무릎관절 굽힘 작용이 있다. 따라서 넙다리뒤근의 유연성을 증가시키기 위한 수축-이완기법 적용 시에 엉덩관절과 무릎관절에 적용하는 두 가지 방법이 있을 수 있다. 간접적방법이 엉덩관절에 적용될 경우 넙다리내갈래근이 작용하기 보다는 엉덩허리근이, 무릎관절에 적용될 경우 넙다리내갈래근의 수축을 활용하는 것이다. 무릎관절에서 적용할 경우는 무릎 펴를 측정하여 비교하여야 한

다. 본 연구에서는 넙다리뒤근의 유연성을 증가시키기 위하여 엉덩관절에 적용하고 엉덩관절 각도로 유연성 증가를 측정하였다. 또한 넙다리뒤근의 유연성 검사는 바로누운자세에서 하지직거상으로 측정하지만 이는 직접적방법시 넙다리뒤근이 중력방향으로 수축하고 간접적 방법 시에는 엉덩관절굽힘근이 중력에 대항하여 수축하므로 비록 적절한 저항을 가한다고는 하나 중력이 근수축에 영향을 줄 수 있을 것으로 생각된다. 직접적 방법과 간접적 방법을 적용하였을 때 무릎에 적용한 경우에도 대상자들의 대부분인 77%의 환자들이 간접적 방법이 불편하다고 한 보고가 있다(Ferber et al, 2002). 엉덩관절에 적용할 경우에는 중력의 작용이나 능동하지직거상 자세의 어려움 때문에 간접적 방법은 더욱 힘들 것으로 생각된다. 중력에 대한 조절이 어려운 사람은 중력의 작용을 최소화하는 옆으로 누운 자세에서 실시하는 것도 한 가지 방법이라고 생각된다.

수동하지직거상 측정 시 Kim 등(1999)은 골반의 움직임 제어를 위하여 스트랩을 사용하였고, Oh(2013)는 보조자의 고정에 의해 골반의 움직임을 제어하였다. 본 연구에서는 보조자의 고정과 함께 중력각도계를 발목과 위양 엉덩뼈가시에 부착하여, 발목 부위 각도에서 골반부위 각도를 뺀 값으로 엉덩관절 굽힘 각도를 측정하였다. 이는 다른 연구자들에 비해서 골반의 움직임을 고려한 보다 정확한 엉덩관절 굽힘 각도를 측정할 수 있는 방법이라 생각된다.

본 연구의 결과 엉덩관절 굽힘 각도의 변화는 중재 방법에서 직접적 방법과 간접적 방법 간에서는 유의한 차이를 보이지 않았다. 이러한 결과는 Nachtwey와 Stricker(2003) 그리고 Oh(2013)와는 동일한 결과를 보였다. 직간접의 직접적 비교는 아니지만 수축-이완(CR)과 수축-이완 동근수축(CRAC) 유지-이완(HR) 비교에서는 CRAC가 다른 방법보다 효과적인 방법이라고 하였다(Ostering et al, 1990; Ferber et al, 2002; Nagrwal et al, 2010). 그러나 Youdas 등(2010)은 간접적 방법이 효과적이라고 하여 본 연구와 다른 결과를 보였다. Nagrwal 등(2010)은 주동근을 동반한 수축-이완

기법(ACR)이 수축-이완기법이나 유지-이완에 비해 효과적이라고 보고하였다. 수축-이완 기법은 직접적 방법으로 자가 억제에 의해 근 이완을 일으키고, 주동근을 동반한 수축-이완 기법은 수축-이완 기법을 적용한 후에 바로 직 후 수동으로 다시 신장 한 후 단축이 있는 근육의 반대 근육을 수축시키는 방법이다. 이 방법을 Ostering 등(1990)과 Ferber 등(2002)은 동근 수축-이완(agonist contract-relax, ACR)이라 기술하였고 Nagrwal 등(2010)은 수축-이완 길항근 수축(contract-relax antagonist contraction, CRAC)라고 기술하였는데 두 방법은 기술만 다를 뿐 모두 같은 방법이다. 이들 방법은 직접적 방법 후 바로 간접적 방법을 적용시킨 것으로 자가 억제와 상호억제에 의해 근 이완을 일으키기 때문에 수축-이완기법보다 효과적이라고 생각된다. 이러한 결과로 볼 때 임상에서는 주로 직접적 방법을 선호하고 있지만 간접적 방법과 직접적 방법을 같이 결합시켜 사용하는 것도 유용한 방법이 될 것이다.

직접적인 수축-이완 기법은 신장시키고자 하는 근육의 골지힘줄기관(GTO)을 자극시켜 자가 억제 (autogenic inhibition)를 유도하는 방법이며(Sharman et al, 2006), 간접적인 수축-이완 기법은 신장시키고자 하는 근육의 길항근 수축을 통해 상호 억제(reciprocal inhibition)를 유도하는 것이다(Rowlands et al, 2003). 이와 같이 두 기법의 메커니즘이 다르기 때문에, 이들 중 어느 기법이 효율적인지에 대한 임상적 관심이 점차 증가하였다. 최근에는 두 기법 모두 기준에 설명되었던 이론적 배경보다는 “스트레스 이완(stress relaxation)”이라는 이론적 배경이 더 인정받고 있다(Hindle et al, 2012). 이는 근육힘줄단위(musculotendinous unit)의 점탄성이 신장과 저항에 대한 외력에 의해 일시적으로 변화하는 “크립(Creep)” 현상처럼 스트레스 적용 후 이완이 되어 나타나는 것이라 하였다(Sharman et al, 2006). 하지만 PNF 수축-이완뿐만 아니라 대부분의 기법이 단기간 적용되기 때문에 크립 현상을 기반으로 하는 스트레스 이완으로는 설명이 불충분하며, 이러한 이론적 배경에 대한 심도 있는 논의도 필요할

것이라 생각된다.

본 연구에서 엉덩관절 굽힘 각도의 변화는 중재 전에 비해 중재 후에 유의하게 증가하였다. 이는 지금까지의 다른 연구들과도 일치하며 수축-이완기법이 직접적 방법이든 간접적 방법이든 가동범위 증가에는 효과적인 방법임을 의미하는 것이다. 변화량에서는 중재전과 1주 사이보다 1주와 2주 사이에서 더 많은 증가량을 보였고 직접적 방법이 간접적 방법보다 더 높은 경향을 보였으나 통계학적으로는 유의한 차이가 없었다. Nagarwal 등(2010)은 3주 마지막에 유의한 증가가 있다고 하였고 Rowlands 등(2003)은 3주와 6주에 측정된 결과 3주와 6주 사이에 의미 있게 증가한다고 하였다. 그러나 일부 연구에서는 중재전과 1주 사이에서 가장 많은 변화량을 보여 본 연구와 상반된 결과를 보였다(Lee et al, 2008). 또한 Gama 등(2007)은 유의한 효과가 나타나는 시간은 치료 빈도와 관련이 있다고 하여 치료 시 1번 치료는 7일 후, 3번, 6번 반복은 5일 후에 유의한 효과가 나타난다고 하였다. 이처럼 효과에 차이가 나는 것은 1회 중재 시 수축유지시간, 반복횟수, 대상자 등의 차이 등 다양한 요인들이 작용한 것으로 보다 체계적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

본 연구에서는 치료기간 중 1주 후, 2주 후, 3주 후 가동범위를 측정하여 그 효과가 얼마나 지속되는지는 알 수 없었고 가동범위의 증가가 근육 자체의 물리적 변화나 구조적 생리적 변화에 얼마나 영향을 주는지도 알 수 없었다. 이런 부분은 앞으로 더 연구되어야 할 것이다.

V. 결론

본 연구에서는 고유수용성신경근축진법의 수축-이완 기법 중 직접적 방법과 간접적 방법의 운동범위 증가에 대한 효과를 넙다리뒤근의 단축이 있는 사람을 대상으로 비교하였다. 그 결과 두 방법 모두 운동범위 증가에 효과적인 방법이나 두 방법 간에 차이는

없었다.

따라서 직접적 방법과 간접적 방법의 선택은 환자의 상태에 따른 치료사의 임상적 판단에 의해서 시행되어야 할 것이다.

References

- Alder SS, Beckers D, Buck M. PNF in Practice: An illustrated guide. 3rd ed, Berlin, Springer-Verlag. 2008
- Bonnar B, Deivert R, Gould T. The relationship between isometric contraction durations during hold-relax stretching and improvement of hamstring flexibility. *Journal of sports medicine and physical fitness*. 2004. 44(3);258-261.
- Gama ZAS, Medeiros CAS, Dantas AVR, et al. Influence of the stretching frequency using proprioceptive neuromuscular facilitation in the flexibility of the hamstring muscles. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*. 2007;13(1):27-31.
- Davis DS, Ashbly PE, McCale KL, et al. The effectiveness of 3 stretching techniques on hamstring flexibility using consistent stretching parameters. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2005;19(1):27.
- Feland JB, Myrer J, Merrill R. Acute changes in hamstring flexibility: PNF versus static stretch in senior athletes. *Physical Therapy in Sport*. 2001;2(4):186-193.
- Ferber R, Osterning L, Gravelle D. Effect of PNF stretch techniques on knee flexor muscle EMG activity in older adults. *Journal of Electromyography and Kinesiology*. 2002;12(5):391-397.
- Hindle KB, Whitcomb TJ, Briggs WO, et al. Proprioceptive Neuromuscular Facilitation (PNF): Its mechanisms and effects on range of motion and muscular function. *Journal of Human Kinetics*. 2012;31:105-113.
- Kim GC, Hwang BG. Research Article : Kinetic analysis on the lumbar at the trunk flexion according to the degree of hamstring flexibility of healthy adult. *Journal of the Korean Society of Physical Medicine*. 2012;7(4): 51-508.
- Kim KH. Comparison of duration of maintained hamstring flexibility after static, dynamic and PNF stretching protocol. Graduate School of Chosun University. Dissertation of Master's Degree.2002
- Kim SY. Comparison of six tests for assessing hamstring muscle length. *The Journal of Korean Academy of Orthopaedic Manual Physical Therapy*. 1999;5(1): 39-51.
- Lee MH, Park MC, Bae SS. Effect of contract-relax technique of proprioceptive neuromuscular facilitation on hamstring flexibility. *Journal of Korean Proprioceptive Neuromuscular Facilitation Association*. 2008;6(1):13-20.
- Markos PD. Ipsilateral and contralateral effects of proprioceptive neuromuscular facilitation techniques on hip motion and electromyographic activity. *Physical Therapy*. 1979;59(11):1366-1373.
- Nachtwey MN, Stricker K. Effects of the PNF-hold-relax-technique direct and indirect on hamstring muscle flexibility. *International Proprioceptive Neuromuscular Facilitation Association; IPNFA Report*. 2003
- Nagarwal AK, Zutshi K, Ram CS et al. Improvement of Hamstring Flexibility: A Comparison between Two PNF Stretching Techniques. *International Journal of Sports Science and Engineering*. 2010;4(1):25-33.
- Oh SJ, Choi JD. The Study of validity jn active movement control test for low back pain patients with or without hamstring shortening. *Journal of the Korean Society of Physical Medicine*. 2012;7(4):443-451.
- Oh YT. Effect of hold-relax technique for college students with hamstring shortening. *Journal of the Korean Society of Physical Medicine*. 2013;8(3):433-441.
- Osterning LR, Robertson RN, Trowel RK, et al. Differential responses to proprioceptive neuromuscular facilitation

- (PNF) stretch techniques. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 1990;22(1):106.
- Prentice W. A comparison of static stretching and PNF stretching for improving hip joint flexibility. *Athletic training*. 1983;18(1):56-59.
- Rowlands AV, Marginson VF, Lee J. Chronic flexibility gains: Effect of isometric contraction duration during proprioceptive neuromuscular facilitation stretching techniques. *Research quarterly for exercise and sport*. 2003;74(1):47-51.
- Sharman MJ, Cresswell AG, Riek S. Proprioceptive neuromuscular facilitation stretching : mechanisms and clinical implications. *Sports Medicine*. 2006; 36(11):929-939.
- Wallin D, Ekblom B, Grahn R, et al. Improvement of muscle flexibility: A comparison between two techniques. *The American Journal of Sports Medicine*. 1985;13(4): 263.
- Whitehead CL, Hillman SJ, Richardson AM, et al. The effect of simulated hamstring shortening on gait in normal subjects. *Gait and Posture*. 2007;26(1):90-96.
- Youdas JW, Haeflinger KM, Kreun MK, et al. The efficacy of two modified proprioceptive neuromuscular facilitation stretching techniques in subjects with reduced hamstring muscle length. *Physiotherapy Theory & Practice*. 2010;26(4):240-250.