

고유수용성 신경근 촉진법의 수축-이완기법이 슬괵근 유연성에 미치는 영향

이명희 · 박민철* · 배성수**

안동과학대학 물리치료과 · 부산대학병원 물리치료실* · 대구대학교 재활과학대학 물리치료학과**

Effect of Contract-Relax Technique of Proprioceptive Neuromuscular Facilitation on Hamstring Flexibility

Myoung-Hee Lee, P.T., M.S, Min-Chull Park, P.T., M.S.*, Sung-Soo Bae, P.T., Ph.D.**

Department of Physical Therapy, Andong collage,

*Department of Physical Therapy, Pusan National University Hospital**

*Department of Physical Therapy Collage of Rehabilitation Science Deagu University***

<Abstract>

Purpose : The purpose of this study was to compare the effectiveness of passive stretching, active stretching, and proprioceptive neuromuscular facilitation(PNF) for hamstring flexibility.

Methods : Fifty-two college students volunteered for this study. Subjects were randomly divided into three groups : passive stretching, active stretching, PNF. Range of knee extension was measured with the subjects in the 90-90 straight leg raising at before and 1, 2, 3, 4 weeks after intervention.

Results : In ROM changes 1st week, 3 groups were significant difference($p < .05$). In ROM changes 3rd week, PNF group was significant difference($p < .05$). ROM changes 1st week were significantly decreased from ROM changes 2nd week and 3rd week in all 3 groups($p < .05$).

Conclusions : The results of this study suggest that PNF is more effective method on hamstring flexibility than passive stretching or active stretching.

Key Words : Hamstring flexibility, stretching, PNF.

교신저자 : 이명희(e-mail: mhlee0317@hanmail.net)

논문접수일: 2007년 12월 15일 / 수정접수일: 2008년 1월 10일 / 게재승인일: 2008년 2월 10일

I. 서론

슬괵근은 스트레스를 받으면 단축을 초래하는 대표적인 자세 유지근에 속하며(Chaitow, 2001), 슬괵근의 단축은 고관절의 굴곡 가동범위와 슬관절 신전 가동범위를 제한할 수 있다.

Norris(2001)는 체간을 앞으로 굽힐 때의 움직임은 골반의 전방 경사와 요추 굴곡이 더하여져 일어나는데, 이 때 슬괵근과 요추 주위 연부조직의 상대적 유연성이 중요하고 만약 슬괵근의 유연성이 요추 주위 연부조직보다 떨어진다면 요추에서 과도한 굴곡이 일어나기 때문에 일상생활에서 반복적인 동작을 할 때 이로 인해 더 큰 스트레인이 주어질 것이라고 하였다. 또 Whitehead 등(2007)은 슬괵근의 단축이 보행에 미치는 영향에 대해 관찰하였는데, 정상인을 대상으로 슬괵근 단축을 보조도구로 흉내 내어 실험했을 때 보행의 입각기에서 고관절 굴곡 감소, 슬관절 굴곡 증가, 골반 후방경사 증가 등으로 인한 속도, 양발 넓이, 스텝길이의 감소를 보였다고 하였다.

이렇듯 여러 가지 문제를 야기할 수 있는 수동적인 뻣뻣함(stiffness)은 최대 수동적 관절가동범위로 측정될 수 있고, 이를 유연성이라 한다(Gajdosik 등, 1999). 유연성이란 활동 중에 불필요한 에너지의 소비를 막고 운동의 정확성과 근력활동을 증가시키며 혈용성을 향상시켜 주는 인자이다. 또 근육과 관절을 전 가동범위에 걸쳐 움직일 수 있는 능력을 말하는 것으로 유연성의 증진은 올바른 신장운동을 통해서만 증진될 수 있다(Altan 등, 2005; Andersen, 2005). 2006년 정철수 등은 유연성과 관련된 신장운동의 효과에 대해 실험하였는데 30분 전에 수행된 신장운동이 유연성과 관련된 운동을 하는 운동수행자의 안전과 수행력을 위해 도움이 된다고 하였다. 이처럼 유연성을 증진하려는 목적으로 신장의 다양한 방법들이 치료적 중재로서 많이 적용되고 있다.

가장 일반적으로 적용되는 신장방법은 수동신장기법, 능동신장기법, 고유수용성 촉진법 중 수축-이완기법의 직접·간접기법, 탄성적 신장기법 등이 있다. 많은 연구들이 여러 신장기법을 단기 적용하여 그 효과를 비교하였고(송주영 등, 2003; Ferber 등, 2002; Schuback 등, 2004; Whatman 등,

2006), 같은 기법을 적용할 때 자세에 따른 효과를 비교한 연구들도 있었다(Decoster 등, 2004). 그러나 단기 적용의 효과를 비교한 연구가 다수였다.

본 연구에서는 단축된 슬괵근의 유연성을 회복하기 위한 치료적 중재로서 정적 자세 유지를 통한 수동신장 운동과 길항근의 능동적 수축을 이용한 능동신장운동, 그리고 고유수용성 신경근 촉진법을 적용하여 3주간 적용한 후에 그 효과를 알아보고자 하였다.

II. 연구방법

1. 연구대상

본 연구는 안동에 소재한 대학에 재학 중인 성인 남녀 52명을 대상으로 하여 수동신장 운동군(n=21), 능동신장 운동군(n=21), 그리고 고유수용성 신경근 촉진법군(n=10) 세 군으로 무작위 추출하였다. 실험을 실시하기 전에 연구의 목적과 방법에 대하여 대상자에게 상세한 설명을 하였으며, 대상자들의 자발적 동의를 얻은 후 실험을 실시하였다. 모든 대상자들은 요부 또는 하지와 관련된 질병에 대하여 의사로부터 진단과 치료를 받은 경험이 없었고 중재기간 중 평소와 다른 어떤 운동도 하지 않도록 하였다.

2. 측정방법

본 연구에서 슬괵근의 유연성을 검사하는 여러 검사 방법 중 90-90 하지 직거상 검사를 이용하였다. 슬관절 굴곡 각도는 측정 전에 충분한 훈련을 받은 5명의 측정자가 실시하였다. 자세한 방법은 다음과 같다.

1) 90-90 하지 직거상 검사(90-90 SLR test)

대상자는 똑바로 누워 검사하는 쪽의 고관절을 90°로 굴곡하고 양팔로 고정된 후 슬관절은 이완된 자세로 굴곡하였다. 그 후 대상자는 고관절 90°를 유지하고 검사자는 슬관절을 수동으로 신전시키며 표준 각도기를 이용하여 슬관절의 굴곡각도를 측정하였다. 슬관절이 20° 이상 굴곡 된다면 슬괵근의 단축이 있는 것으로 판정된다(김태운 등 1989). 본 연구에서는 90-90 하지 직거상 검사에서 3회 측정하여 평균값이 슬관절 20° 굴곡 이상인 자를 대상

으로 하였다.

2) 관절가동범위 측정자간의 신뢰도 검사

측정 대상자는 90-90 하지 직거상 검사와 같은 자세로 유지하고 측정자는 슬관절을 수동으로 신전시키며 표준 각도기를 이용하여 슬관절 굴곡각도를 측정하였다. 각 측정자 모두 같은 방법으로 같은 대상자의 슬관절 굴곡각도를 3회 측정한 후 평균을 구하였다. 측정자간의 신뢰도를 검정하기 위해 급간내 상관계수(ICCs)를 구하였다. 2명 이상의 평가자가 동일한 대상자를 반복하여 측정한 경우 신뢰도 계수를 구하기 어렵기 때문에(Stratford 등, 1984), 이러한 경우 급간내 상관계수는 신뢰도를 검정하기 위해 사용되고 일반적으로 0.75 이상이 되면 좋은 신뢰도를 보인다고 할 수 있다. 본 연구에서는 ICC(2,1)이 0.889로 측정자간 신뢰도가 높다고 할 수 있다.

3. 중재방법(그림 1.)

1) 수동신장 운동

본 연구에서 사용한 수동신장 운동은 대상자가 바로 누운 자세에서 슬괵근 단축이 있는 것으로 판명된 왼쪽 하지를 최대한 가능한 범위로 직거상 하여 벽에 발뒤꿈치를 대도록 한 다음, 30초 동안 유지한 후 8초간 휴식을 취하는 것을 1회로 하여 10회 반복 실시하였다.

2) 능동 신장 운동

본 연구에서 사용된 능동신장 운동은 대상자가 바로 누운 자세에서 슬괵근 단축이 있는 것으로 판명된 왼쪽 하지의 고관절 90도 굴곡 자세를 수건을 이용하여 고정하고 대퇴사두근의 수축을 통하여 슬관절을 최대한 30초 동안 신전하여 유지한 후, 30초간 휴식을 취하는 것을 1회로 하여 10회 반복 실시하였다.

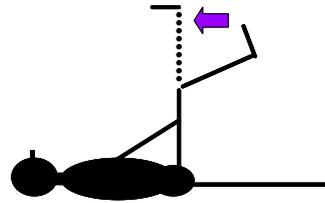
3) 고유수용성 신경근 촉진법 적용

본 연구에서 사용된 고유수용성 신경근 촉진법은 수축-이완 기법 중 간접기법이다. 대상자는 바로 누운 자세에서 슬괵근 단축이 있는 것으로 판명된 왼쪽 하지를 최대한 가능한 범위로 직거상 한다. 이 자세에서 중재자가 바닥쪽으로 저항을 주는 8초간

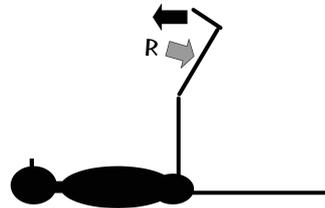
슬관절 신전 방향으로 강하게 등척성 수축을 하고 8초간 휴식을 취하는 것을 1회로 하여 10회 반복 실시하였다. 수축을 하는 동안 대상자의 골반과 오른쪽 대퇴부 원위는 고정되었다.



A. Passive stretching



B. Active stretching



C. PNF

그림 1. Subject position during stretching application procedure.

4. 연구절차

본 연구는 정적 자세 유지를 통한 수동신장운동과 길항근의 근수축을 이용한 능동신장운동, 고유수용성 신경근 촉진법의 수축-이완 기법을 적용하여 슬괵근의 유연성에 미치는 효과를 알아보고자 아래와 같은 절차로 실험을 진행하였다.

1) 슬괵근 유연성의 측정을 위해 모든 대상자는 일반적 특성에 대해 설문지를 작성한 후 바로 누운 자세에서 90-90 하지 직거상 검사를 3회 실시하여 그 평균값을 기록하였다.

2) 90-90 하지직거상 검사에서 슬괵근의 단축이

있는 것으로 판명된 자를 대상으로 무작위로 수동 신장운동군과 능동신장운동군, 고유수용성 신경근 촉진법군으로 나누어 배정하였다.

3) 3주 동안 주 3회로 각각의 신장운동을 실시하였고, 중재 시작 전, 1주 후, 2주 후, 3주 후에 각각 90-90 하지직거상 검사를 실시하였다.

5. 통계처리

각 자료를 부호화 하여 SPSS ver. 12.0으로 통계처리 하였으며 측정자간 신뢰도를 분석할 때는 Intraclass correlation coefficients (ICCs)를, 각 군간의 중재효과를 비교하기 위해서는 ANOVA를 실시하였고 유의한 차이가 있을 경우, LSD와 Duncan 다중순위검정으로 사후검증을 실시하였다. 기간별 중재효과를 비교하기 위해서는 반복측정 분산분석을 하였고, 유의수준은 $p < .05$ 로 하였다.

III. 연구결과

1. 대상자의 일반적 특징

연구에 참여한 대상자는 남자 26명, 여자 26명이고 전체 나이는 22.62 ± 1.89 세, 키는 165.73 ± 7.56 cm, 몸무게는 59.23 ± 11.20 kg이었다. 각 군별 자세한 특징은 다음과 같다(표 1).

표 1. Physical characteristic of subject

		PS group (n=21)	AS group (n=21)	PNF group (n=10)	Total (n=52)
Gender	Male	8	11	7	26
	Female	13	10	3	26
Age(years)		22.14 ± 1.68	22.33 ± 1.53	24.20 ± 2.30	22.62 ± 1.89
Height(cm)		164.62 ± 7.59	165.38 ± 7.34	168.80 ± 7.56	165.73 ± 7.56
Weight(kg)		57.95 ± 13.44	57.67 ± 7.10	65.20 ± 12.19	59.23 ± 11.20

PS: Passive stretching, AS: Active stretching, PNF: proprioceptive neuromuscular facilitation

표 2. ROM changes relative to 3 groups.

	PS	AS	PNF	F	P
1st week	10.62 ± 1.69	5.14 ± 1.69	14.90 ± 2.45	5.959	0.005*
2nd week	5.00 ± 1.64	3.19 ± 1.64	5.90 ± 2.37	0.540	0.586
3rd week	1.81 ± 1.26	4.62 ± 1.26	6.30 ± 1.83	2.390	0.102

* $p < 0.05$

2. 중재군에 따른 슬관절 관절가동범위의 변화 비교

단축된 슬관절의 유연성을 회복하기 위한 세 가지 중재방법을 각각 적용한 후 3주 동안 각 기간별로 어느 군에서 가장 효과가 있었는지 알아보기 위해 각 기간별 슬관절 굴곡각도의 변화를 비교하였다. 그 결과 첫 주 변화량에서 중재군 간에 유의한 차이를 보였고($p < 0.05$)(표 2, 3)(그림 2), 그 중 수동신장군과 고유수용성 신경근 촉진법군에서 각각 $10.62 \pm 1.69^\circ$, $14.90 \pm 2.45^\circ$ 의 변화를 보여 능동신장군에서의 $5.14 \pm 1.69^\circ$ 변화량과 비교하였을 때 유의한 차이를 보였다($p < 0.05$)(표 4). 둘째 주 변화량에서는 각 군 간의 유의한 차이를 보이지 않았고(표 5), 셋째 주 변화량에서도 역시 각 군 간의 유의한 차이를 보이지 않았다. 하지만 사후검정

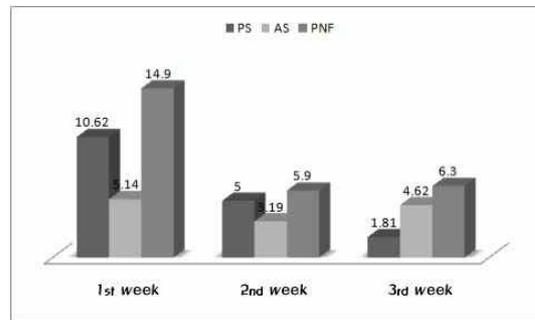


그림 2. Mean for ROM changes relative to 3 groups.

표 3. ANOVA for ROM changes relative to 3 groups.

		SS	DF	MS	F	p
1st week	Between Groups	712.807	2	356.403	5.959	0.005*
	Within Groups	2930.424	49	59.805		
	Total	3643.231	51			
2nd week	Between Groups	60.689	2	30.344	0.540	0.586
	Within Groups	2752.138	49	56.166		
	Total	2812.827	51			
3rd week	Between Groups	159.786	2	79.893	2.390	0.102
	Within Groups	1638.290	49	33.434		
	Total	1798.077	51			

*p<.05

표 4. Post-Hoc of Fisher's LSD for 1st week change.

Group	Group	MD	SE	p
PS	AS	5.476	2.387	0.026*
	PNF	-4.281	2.971	0.156
AS	PS	-5.476	2.387	0.026*
	PNF	-9.757	2.971	0.002*
PNF	PS	4.281	2.971	0.156
	AS	9.757	2.971	0.002*

*p<.05

표 5. Post-Hoc of Fisher's LSD for 2nd week change.

Group	Group	MD	SE	p
PS	AS	1.810	2.313	0.438
	PNF	0.900	2.879	0.756
AS	PS	-1.810	2.313	0.438
	PNF	-2.710	2.879	0.351
PNF	PS	0.900	2.879	0.756
	AS	2.710	2.879	0.351

*p<.05

에서 셋째 주 변화량 중, 고유수용성 신경근 촉진법 군과 다른 두 군 사이에 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다(p<0.05)(표 6).

3. 중재 기간에 따른 슬관절 관절가동범위 변화 비교

세 가지 중재 방법에 의한 슬관절 유연성 회복에서 어느 기간에서 가장 효과가 있었는지 알아보기

표 6. Post-Hoc of Fisher's LSD for 3rd week change.

Group	Group	MD	SE	p
PS	AS	-2.810	1.784	0.122
	PNF	-4.490	2.222	0.049*
AS	PS	2.810	1.784	0.122
	PNF	-1.681	2.222	0.453
PNF	PS	4.490	2.222	0.049*
	AS	1.681	2.222	0.453

*p<.05

표 7. ROM changes of PS, AS, PNF groups over time.

period	period	MD	SE	p
1	2	5.524	1.654	.002*
	3	5.978	1.512	.000*
2	1	-5.524	1.654	.002*
	3	0.454	1.738	.795
3	1	-5.978	1.512	.000*
	2	-0.454	1.738	.795

*p<.05

위해 슬관절 굴곡각도의 변화를 기간별로 알아보았다. 그 결과 중재를 시작한지 첫 주 동안의 변화량이 각각 10.62±8.69°, 5.14±7.31°, 14.90±6.26°로 가장 큰 것을 알 수 있었다. 이는 다른 중재 기간과 비교했을 때 유의한 차이를 보였다(p<0.05). 반면에 둘째 주 동안의 변화량은 각각 5.00±1.64°, 3.19±1.64°, 5.90±2.37°이고, 셋째 주 동안의 변화량은 각각 1.81±1.26°, 4.62±1.26°, 6.30±1.83°로

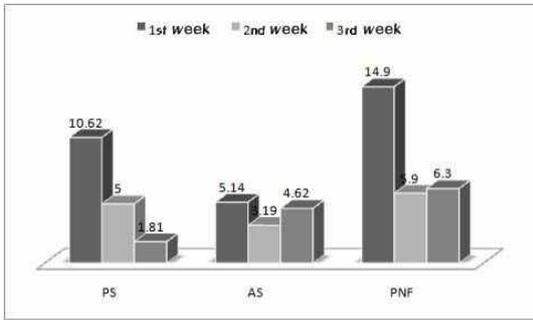


그림 3. Means for ROM changes of PS, AS, PNF groups over time.

둘째 주 변화량과 셋째 주 변화량의 유의한 차이는 보이지 않았다(표 7)(그림 3).

IV. 고 찰

유연성은 신체의 운동수행력에 중요한 역할을 하고 부상의 위험을 감소시킨다. Norris(2001)는 상대적 유연성에 대해 설명하였는데, 예를 들어 체간 굴곡 시, 슬괵근이 요추 주위 연부조직보다 상대적 유연성이 떨어지면 요추에서 과도한 굴곡이 일어난다고 하였다. 이러한 현상은 일상생활에서 반복적인 동작을 할 때 더 심각해지는데 요추 주위조직에 주어지는 더 큰 스트레인 때문이라고 하였다. 뿐만 아니라 유연성이 감소되어 고관절 신전근의 상대적인 뻣뻣함(stiffness)이 나타나면 체간의 전방 굴곡 시 척추에서 의도하지 않은 움직임이 이끌어 내는 원인이 될 수 있다(Sharmann, 2002). 특히 슬괵근의 경우, 이러한 움직임의 누적으로 허리를 앞으로 구부리는 동작에서 요통을 유발할 수 있으며 보행 시 입각기에서 여러 비정상적인 동작들을 만들어낼 수도 있다(Whitehead 등, 2007).

유연성을 감소시키는 요인에는 여러 가지가 있다. 여러 관절질환, 신경학적 질환, 근육질환, 수술이나 외상으로 인한 고정과 무사용 등이 그 예들이다. 그 뿐 아니라 정상적인 생활을 하는 사람들도 지속적인 또는 반복적인 잘못된 자세를 취함으로써 충분히 유연성의 감소로 이어질 수 있으며 이는 상대적인 유연성의 감소로 인해 나타나는 여러 문제점을 야기할 수 있다. 따라서 유연성 유지 또는 증가는 정상적인 움직임을 함으로써 다른 이차적인 문제를 유발하지 않게 하는데 그 의의가 있다 하겠다. 따라

서 본 연구에서는 유연성을 증가시키는 세 가지 중재방법을 비교하여 그 효과를 알아보려 하였다.

슬괵근의 유연성을 평가하기 위해 여러 방법들이 있지만 본 연구에서는 90-90 하지 직거상 검사를 하였고 슬관절의 각도를 측정하기 위해 관절각도계를 사용하였다. 유연성을 평가하는 다른 방법 중 거리법이 있으나 이는 흉추와 요추 굴곡 동작이 측정에 영향을 미칠 것으로 생각되어 본 실험에서는 각도법을 이용하였다. 관절각도계는 편리하고 간단하게 측정이 가능하며 최근 국내 연구에 의하면 측정자간, 측정자내 신뢰도가 모두 높은 것으로 나타났다(이형수 등, 2006). 본 연구에서도 측정자간 신뢰도 검사에서 신뢰도가 높은 결과를 보여주었다.

신장운동의 결과로 유연성이 증가되는 기전에 대해 여러 가지 가설이 제시되었다. Tanigawa(1972)는 수동 신장은 자율 억제(autonomic inhibition)와 근육에 적용된 장력 스트레스(tensile stress)의 결과라고 하였다. 근육의 점탄성 특성은 지속적으로 장력 스트레스를 가했을 때, 단계적으로 이완되고 길이가 길어지도록 한다. 반면에 자율억제는 신장되는 근육이 갑자기 일체히 이완되는 것으로 생각된다. Gajdosik(2001)은 근육에 장기적으로 신장운동을 할 때, 슬괵근의 점탄성 특성을 변화시키지 않으면서 유연성을 증가시킨다고 하였다. 수동신장에서 나타나는 유연성의 증가는 이렇듯 장력 스트레스에 의해 일어난다고 할 수 있다(Taylor 등, 1990).

능동신장 역시 장력 스트레스의 영향으로 신장되는 것으로 생각되지만 여기에 상반성 지배의 개념이 더해진다(Kendel 등, 2000). 상반성 지배란, 주동근이 수축할 때 길항근이 이완하는 것을 말한다.

본 연구에서 사용한 고유수용성 신경근 촉진법은 수축-이완 기법 중에서도 간접기법이다. 이는 신장하고자 하는 근육의 길항근을 저항을 통해 최대 수축함으로써 상반성 지배를 좀 더 효과적으로 이용한 방법이다.

Ferber(2002) 등은 고유수용성 신경근 촉진법 중 정적신장, 수축-이완, 그리고 길항근 수축-이완 기법을 이용하여 세 중재법 간의 효과를 비교하기 위해 관절가동범위 변화와 근전도를 이용한 근활성도를 관찰하였다. 그 결과 길항근 수축-이완 기법으로 운동했을 때, 관절가동범위 변화와 근활성도에서 유의한 차이를 보였다. 김원호(1995) 등은 편

마비 환자를 대상으로 비복근에 정적신장과 고유수용성 신경근 촉진법의 수축-이완 기법을 적용했을 때 5일 후의 결과에서 두 그룹 모두 효과가 있었으나 고유수용성 신경근 촉진법을 실시한 그룹에서 더 유의한 효과가 있는 것으로 나타났다. 이 외에도 많은 연구들이 신장 방법에 따른 효과를 비교하기 위해 실시되었다. 본 연구의 결과도 선행 연구와 같이 수동신장군과 능동신장군보다 고유수용성 신경근 촉진법군에서 더 많은 효과를 볼 수 있었고, 첫 주와 셋째 주의 변화량에서 유의한 차이를 볼 수 있었다.

또 본 연구에서는 기간에 따른 중재의 효과에 대해서도 관찰하였는데 운동을 시작한지 1주간의 변화가 가장 큰 것으로 나타났고 이는 다른 기간과 비교했을 때 유의한 차이를 보였다. Winters(2004) 등은 수동신장과 능동신장이 고관절 굴곡근 유연성에 미치는 영향에 대해 연구하였는데, 기간별 효과에 대한 결과로서 첫 3주간의 변화가 3주에서 6주간의 변화보다 더 큰 것을 확인하였다. 이는 본 연구의 결과와 다르지 않다고 생각된다.

이러한 결과를 바탕으로 임상에서 물리치료사들이 단기간에 환자의 유연성을 증가시켜주고자 할 때, 고유수용성 신경근 촉진법을 이용하는 것이 가장 효과적이라는 결론을 얻을 수 있었다.

V. 결 론

수동신장, 능동신장, 고유수용성 신경근 촉진법이 슬괵근의 유연성에 미치는 영향에 대한 연구결과, 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 세 가지 중재법 모두 유연성 증가에 효과가 있었다.
2. 첫 주의 관절가동범위 변화량을 비교한 결과, 수동신장군과 고유수용성 신경근 촉진법군이 모두 능동신장군에 대해 유의하였다($p < .05$).
3. 셋째 주의 관절가동범위 변화량을 비교한 결과, 고유수용성 신경근 촉진법군이 수동신장군과 능동신장군에 대해 유의하였다($p < .05$).
4. 각 군 모두에서 기간별 변화량을 비교한 결과, 첫 주의 변화량이 가장 많았고 이는 다른 기간과 비교했을 때 유의하였다($p < .05$).

참 고 문 헌

- 김영빈. 정적 스트레칭과 MET 스트레칭이 척추근근 신장성에 미치는 영향, 한국스포츠리서치, 17(3);401-410, 2006.
- 김원호, 박용택, 황성연 등. 비복근의 고유수용성 신경근육 촉진법과 정적 신장에 대한 효과 비교, 한국전문물리치료학회지, 2(2);56-65, 1995.
- 박혜상, 박태섭. 스트레칭 유형에 따른 노인의 관절가동범위 비교, 발육발달, 12(3);63-69, 2004.
- 송주영, 김수민. 수축-이완과 수동신장 기법의 단기 적용이 슬괵근의 길이 적응에 미치는 영향, 대한고유수용성신경근촉진법학회, 1(1);11-18, 2003.
- 이형수, 박경미, 백진경 등. 관절가동범위 측정 장비의 신뢰도와 타당도 비교, 대한신경물리치료학회지, 5(2), 2006.
- 정철수, 최치선, 김용운 등. 반동점프 동작 시 수동적 스트레칭으로 인한 수행 능력 감소 이후 회복 시간에 따른 하지의 운동역학적 변화, 체육과학연구, 17(3);45-57, 2006.
- Altan L, Bingol U, Aykac M, et al. Investigation of the effect of GaAs laser therapy on cervical myofascial pain syndrome. Rheumatol. Int., 25(1);23-27, 2005.
- Anderson JC. Stretching before and after exercise: effect on muscle soreness and injury risk. J. Athl. Train, 40(3);218-220, 2005.
- Bandy WD, Irion JM, Briggler M. The effect of time and frequency of static stretching on flexibility of the hamstring muscles, Physical therapy, 77(10);1090-1096, 1997
- Chaitow, L. 근에너지 기법, 영문출판사, 서울, 32, 2001.
- Decoster LC, Scanlon RL, Horn KD, et al. Standing and supine hamstring stretching are equally effective. Journal of Athletic Training, 39(4);330-334, 2004
- Ferber R, Ostering L.R, Gravelle D.C. Effect of PNF stretch techniques on knee flexor muscle EMG activity in order adults. Journal of Electromyography and Kinesiology, 12; 391-397, 2002.

- Gajdosik RL, Vander, Linden DW., et al. Influence of age on length and passive elastic stiffness characteristics of the calf muscle-tendon unit of woman. *Phys Ther*, 79(9):827-838, 1999.
- Gajdosik RL. Passive extensibility of skeletal muscle; review of the literature with clinical implications, *Clinical Biomechanics*, 16:87-101, 2001.
- Kendel ER, Schwartz JH, Jessell TM. Spinal reflexes. In: Pearson K., Gordon J, eds., *Principles of Neural Science*, New York, NY: McGraw-Hill; 713-735; 2000.
- Kofotolis ND, Kellis E. Cross-training effects of a proprioceptive neuromuscular facilitation exercise programme on knee musculature. *Physical Therapy in Sport*, 8:109-116, 2007.
- Norris CM. Functional load abdominal training: part 1. *Physical Therapy in Sport*, 2:29-39, 2001.
- Palmer ML, Epler ME. *Fundamentals of Musculoskeletal Assessment Techniques*. 2nd Edition, 283-307, 1998.
- Schuback B, Hooper J, Salisbury L. A comparison of a self-stretch incorporating proprioceptive neuromuscular facilitation components and a therapist-applied PNF-technique on hamstring flexibility. *Physiotherapy*, 90:151-157, 2004.
- Stratford P, Agostino V, Brazeau C, et al. Reliability of joint angle measurement : a discussion of methodology issues. *Physiother Canada*. 36:5-9, 1984.
- Tanigawa MC. Comparison of the hold-relax procedure and passive mobilization on increasing muscle length. *Physical Therapy*, 62:1799-1808, 1982.
- Taylor DC, Dalton JD Jr., Seaber AV, et al. Viscoelastic properties of muscle-tendon units: The biomechanical effects of stretching. *Am J Sports medicine*, 18:300-309, 1990.
- Whatman C, Knappstein A, Hume P. Acute changes in passive stiffness and range of motion post-stretching, *Physical Therapy in Sport*, 7:195-200, 2006.
- White SG., Sahrman SA. A movement system balance approach to management of musculoskeletal pain. In: Grant R, ed. *Physical Therapy of the cervical and thoracic spine*. New York, NY:Churchill Livingstone Inc; 339-357, 1994.
- Whitehead CL, Hillman SJ, Richardson AM, et al. The effect of simulated hamstring shortening on gait in normal subjects. *Gait & Posture*, 26:90-96, 2007.
- Winters MV, Blake CG, Trost JS, et al. Passive versus active stretching of hip flexor muscles in subjects with limited hip extension: a randomized clinical trial. *Physical Therapy*, 84(9):800-807, 2004.