대한물리치료과학회지 제15권 제2호
2008. 6. PP.33~40

탄력밴드를 이용한 슬관절 굴곡근에 대한 저항운동이 정적·동적 고유수용성감각에 미치는 영향

윤영대[1] · 서병도[2] · 이상빈[3]

[1]강남병원 물리치료실 · [2]경운대학교 보건복지대학 물리치료학과 · [3]남서울대학교 물리치료학과

The Effect of Static and Dynamic Proprioception on Resistance Exercise with Elastic Band

Young Dae Yun[1] · Byoung Do Seo[2] · Sang Bin Lee[3]

[1]Dept. of Physical Therapy, Kangnam general hospital
[2]Dept. of Physical Therapy, Kyungwun University.
[3]Dept. of Physical Therapy, Namseoul University.

ABSTRACT

Background: The purpose of this study is to examine the effect of resistance exercise on static and dynamic proprioception by applying elastic bands to the knee flexor, which can be performed earlier than proprioception, a weight bearing pattern. Proprioceptive training may be applied to the early period of recuperation training along with resistance exercise to prevent damage to the knees and the joints in the lower body, as well as the reoccurrence of injury, which is expected to improve the effect of static and dynamic proprioceptive training. **Methods:** The subjects of this study were 32 men and women in their 20s who volunteered to participate in the experiment which was carried out over the course of 6 weeks from March 14 to April 24 at K Hospital located in Yongin City. They were tested in two groups: the elastic band resistance exercise group (RE: Resistance Excercise Group, n = 17) and the joint motion range exercise group(ROM: Range of Motion Group, n = 15). In this experiment, static and dynamic proprioceptive tests were given to both groups before and after the test. In this study, SPSS Win ver.12.0 was utilized to perform a T-test on the independent samples in order to validate the identical features of subjects in the RE and ROM Group and substantiate the significance as to the difference between both groups before and after the test. Also, a paired T-test was conducted to compare the static and dynamic proprioception of both groups before and after the test. The statistical significance levels were α = .05. **Results:** 1.The static proprioception in both groups, RE and ROM, increased in a statistically significant way after the test($p<.05$). 2.The static propriocetion of the RE group increased in a statistically significant way

교신저자: 서병도
주소: 730－739 경북 구미시 산동면 인덕리 55, TEL: 011－9518－7076, E-mail: oksbd@naver.com

after the test($p<.05$). However, the increase of the static proprioception in the ROM group was not statistically significant. 3.Static and dynamic proprioception of the RE group increased significantly more than that of the ROM group after the test($p<.05$). **Conclusion:** The resistance exercise using elastic bands improved the static and dynamic proprioception more than the joint motion range exercise did, reducing the risk of injury by enhancing the location sense of the joints and the sense of motion and shortening the period of recovery from injury. The outcome of the experiment may provide basic data for developing an effective way to reduce the risk of injury among ordinary people and athletes.

Key words : resistance exercise, static proprioception, dynamic proprioception, elastic band

Ⅰ. 서 론

고유수용성감각은 Sherrington(1906)에 의해서 초기에 관찰된 이래 근방추가 중추신경계에 고유수용성 되먹임의 주요 인자인 것이 확인되었으며 이것은 공간에서의 사지의 위치나 움직임의 의식적 또는 비의식적 인지를 매개하는 것으로 알려져 있다(Cervero, 1986).

의식적인 고유수용성감각은 대뇌피질의 수준에서 인식되는 것으로 관절, 근육, 인대 등에 있는 기계적 수용기기에 의해서 인지되어 대뇌피질로 가는 신경경로로 전달되며 이들은 신체가 정적일 때의 위치감각이나 동적일 때의 운동성감각에 대한 정보를 제공한다. 비의식적 고유수용성감각은 척수소뇌 신경로를 통해 소뇌에 구심성 정보를 전달하며 이들 정보들은 신체의 부드러운 협응동작에 필수적이다(Turlough 등, 2007).

고유수용성감각은 정적(static) 고유수용성감각과 동적(dynamic) 고유수용성감각으로 구분된다. 정적고유수용성감각은 위치감각으로 신체의 위치를 다른 부분에 대하여 의식적으로 지각하는 것이고 동적고유수용성감각은 운동감각과 움직임에 대한 감각으로 정의된다(Arthur와 John, 1996).

고유수용성감각은 관절의 안정성을 유지시키며 관절의 비생리적인 과도한 신전과 굴곡을 방지하는 역할을 한다. 따라서 고유수용성감각의 결함은 비생리학적 관절부하와 보행의 변화를 가져오게 되고 여러 가지 관절손상의 위험에 노출시키게 된다(Docherty 등, 1988).

고유수용성감각의 결함의 원인으로는 조직의 손상과 장기간의 고정, 수술, 나이, 뇌졸중, 척수손상으로 기인되는 중추신경계 손상, 당뇨나 알코올중독으로 기인되는 신경증과 같은 말초신경장애, 기계적관절손상 등은 감각결손 및 고유수용성감각의 결함을 야기시킬 수 있으며 이러한 요인들은 신체가 근육과 고유수용기들의 움직임을 조절하는 데 있어 그 역할을 상실하게 한다(Frances와 Chris, 2005).

슬관절 및 하지관절 손상 후 재활훈련에는 근력강화 목적으로 저항운동과 함께 신경근조절의 향상을 위한 고유수용성감각 훈련이 포함된다. 저항운동은 재활에서 중요한 역할을 한다.

저항운동은 일반적으로 고정된 저항에 대하여 근육의 길이가 변화하면서 힘을 발생시키는 등장성운동의 형태로 제공된다. 이러한 등장성 근력운동은 과부하의 원리에 의거하여 점진적인 부하를 통하여 운동치료에서 근력을 향상시키기 위한 목적으로 가장 많이 사용되는 운동기술 중의 하나이며 아령, 역기, 운동장비(machine), 치료밴드(theraband) 등의 기구를 이용하여 제공될 수 있다(Kisner와 Colby, 2007).

Hazneci 등(2005)은 슬관절인대 손상이후 고유수용성감각훈련의 중요성을 강조하고 있다. 고유수용성감각증진 훈련은 자신의 신체무게를 이용한 체중부하(weight bearing)운동 형태로 제공된다(Shelbourne. 1990). 이러한 형태의 운동은 하지관절에 큰 부하를

부과함으로써 관절에 큰 전단력을 제공하여 재 손상의 위험을 줄 수 있어 초기 재활훈련에 조심스럽게 적용되어야 한다(Bakhtiary와 Fatemi, 2008).

이에 반해 탄력밴드를 이용한 저항운동은 목표로 하는 근육만을 대상으로 하여 근육을 활성화 시킬 수 있으며 체중부하운동보다 관절에 부가되는 전단력이 감소되기 때문에 다양한 각도에서 동작을 실시하여도 운동 시 주어지는 충격이 적다는 장점이 있다(Page와 Todd, 2003).

따라서 본 연구는 체중부하 형태의 고유수용성감각 증진 훈련보다 앞서서 시행할 수 있는 점진적 저항운동을 탄력밴드를 이용하여 슬관절 굴곡군에 적용시킴으로써 탄력밴드를 이용한 저항운동이 정적, 동적고유수용성감각에 미치는 영향을 알아보고자 하였다. 이를 통해 슬관절 및 하지관절 손상에 대한 예방과 손상 후 재활 및 재발방지를 위한 고유수용성감각증진 훈련을 저항운동과 함께 재활훈련 초기에 적용시킴으로써 정적, 동적고유수용성감각 재활훈련에 대한 효과를 증진시킬 것으로 기대한다.

Ⅱ. 연구방법

1. 연구대상자

연구의 대상자는 자발적으로 참여하기를 원하는 20대 남·여 32명을 대상으로 2008년 3월 14일부터 4월 24일까지 6주간 경기도 용인시에 소재한 K병원에서 실시하였으며 다음 사항에 해당하는 자를 선별하였다.

1) 뇌졸중, 파킨슨병 또는 치매와 같은 신경학적인 질병이 없는 자
2) 당뇨나 죽상경화증과 같은 신경학적인 요소가 있는 대사성, 혈관성 질환이 없는 자
3) 과거 5년 이내에 내측 측부인대 및 전십자인대 염좌 및 손상 등의 하지의 정형외과적인 질환의 경험이 없는 자
4) 과거 5년 이내에 고유수용성감각증진 훈련 및 저항운동에 대한 경험이 없는 자

2. 실험 도구

저항운동군에 사용된 탄력밴드는 Thera-band (Hygenic corporation, 미국)를 사용하였다. 저항운동기구로 사용되는 탄력밴드는 사용의 편이성과 안전성으로 임상에서 저항운동기구로 쉽게 사용할 수 있는 기구이며 부하의 강도와 방향을 자유자재로 설정할 수 있어 움직임에 맞는 운동이 가능한 장점이 있다(Page, 1993). 또한 운동의 전 범위에서 근육을 최대한 활성화시킬 수 있으며 부하가 정해진 것이 아니라 운동을 하는 자의 동작에 의해 부하가 결정되기 때문에 자신의 근력이나 체력, 그 날의 몸 상태, 운동의 목적에 따라 안전하고 다양하게 가동범위의 제한 없이 그 운동목적에 적합하게 운동할 수 있다(Page와 Todd, 2003). 탄력밴드의 저항력은 밴드를 잡아당긴 길이에 따라 결정된다(표 1).

표 1. 신장률에 따른 색상별 저항력 (단위 : lb)

	노랑	빨강	초록	파랑	검정
50%	1.8	2.6	3.2	4.6	6.3
75%	2.4	3.3	4.2	5.9	8.1
100%	2.9	3.9	5	7.1	9.7
125%	3.4	4.4	5.7	8.1	11
150%	3.9	4.9	6.5	9.1	12.3
200%	4.8	5.9	7.9	11.1	14.8

(www. thera-bandacademy.com)

3. 연구 절차

대상자를 탄력밴드저항운동군(RE: resistance exercise group, n=17)과 관절가동범위운동군(ROM: range of motion group, n=15)으로 나누어 실시하였다.

운동을 시작하기 전에 먼저 RE군의 각 대상자들에게 알맞은 운동강도를 추정하기 위해서 대상자들이 100% 신장률로 10회 슬관절 최대 굴곡할 수 있는 색깔의 밴드를 선택하여 운동시켰으며 10초간 슬관절의 최대수축 후 이완하여 10초간 휴식하였으며 각 set사

이에 휴식 시간은 30초로 하였으며 1주에 3회 실시하였으며 운동에 대한 근피로가 나타나지 않는 범위 내에서 실시하였다.

저항운동은 전태원(1994)이 제시한 방법으로 엎드린 자세에서 양쪽 슬관절 굴곡근에 저항을 주었으며 운동부하의 증가는 처음 2주 동안 17명의 RE군 중 10명은 빨간색 밴드(3.9Ib)를 사용하였으며 나머지 7명은 파란색 밴드(5.0Ib)를 사용 하였다.

저항운동 초기 1주는 1set당 10회 2set를 실시하였으며, 2주 후에는 4set, 3주 후에는 6set을 실시하였다. 4주 후에는 운동 강도를 높이기 위해 밴드 색깔을 각각 빨간색에서 파란색(5.0Ib)으로, 파란색에서 녹색(7.1Ib)으로 한 단계씩 올려 set당 10회 2set를 실시하였으며 마지막 6주 때 에는 최초 빨간색 밴드를 사용한 10명은 파란색 밴드로, 파란색 밴드를 사용한 7명은 녹색 밴드로 set당 10회 4set를 실시하였다.

ROM군은 탄력밴드를 이용한 저항운동을 적용하지 않았고 중력에 의한 저항을 배제하기 위하여 치료 테이블에 길게 앉은 자세에서 슬관절 신전 후 최대굴곡을 RE군의 횟수와 시간만큼 실시하였다.

4. 고유수용성감각 검사

현재 고유수용성감각의 측정을 위해서는 운동감각(kinesthesia)과 관절위치감각(joint position sense)을 측정하는 방법이 주로 사용된다. 운동감각은 주로 느린 수동적 움직임(slow passive movement)에 대한 인지역치(threshold of perception)를 측정하는 것이며 관절위치감각은 관절각도의 능동 또는 수동적 재현(reproduction)과 연관된 오차결정에 의해 평가될 수 있다(Barrett 등, 1991). 본 연구에서는 운동감각에 대한 측정을 동적고유수용성측정으로 능동적인 재현에 의해 측정되는 관절위치감각을 정적고유수용성측정으로 정의하여 연구를 실시하였다.

정적고유수용성감각 검사는 누운 자세에서 관절운동범위 측정기(guymon goniometer. SJO-061, 미국)를 사용하여 0도에서 45도 사이에서 슬관절을 연구자가 임의의 각도로 굴곡시킨 후 5초간 유지하면서 대상자가 그 위치를 기억하게 하였다. 슬관절을 완전 신전시킨 후 15초가 지난다음 대상자가 기억한 각도만큼 능동적으로 슬관절을 굴곡시키게 하여 그 각도를 측정, 검사자에 의해 굴곡시킨 각도와 비교하였다. 양쪽 슬관절 각도의 차이를 측정하고 두 값의 평균값을 측정값으로 하였다.

동적고유수용성감각 검사는 슬관절 수동운동기구(CPM, Artromot K3, 독일)를 이용하여 초당 0.5도의 속도로 슬관절 각도를 변화시키면서 대상자가 각도변화를 처음 감지하는 순간을 초시계를 이용하여 시간을 측정하고 이를 각도로 환산하였다. 측정 시 대상자는 중력에 대한 저항력을 제거하기 위하여 침대 위에 바로 누운 자세로 눕게 한 후 검은 안대를 착용하여 검사하였으며 슬관절 수동운동기구의 기계음으로 인한 청각적 자극을 차단하였다.

양쪽 슬관절 각도의 차이를 측정하고 두 값의 평균값을 측정값으로 하였다.

6. 자료 처리

본 연구는 SPSS Win ver. 12.0을 이용하여 RE군과 ROM군의 연구대상자의 동질성 검정과 두 군(group)의 전·후 차이에 대한 유의성 검정을 위해 독립표본 t-검정을 실시하였으며, 두 군의 정적·동적 고유수용성감각의 전·후 차이를 비교하기 위해 대응표본 t-검정(paired t-test)을 실시하였으며 모든 통계의 유의수준은(α)=.05로 하였다.

Ⅲ. 연구결과

1. 연구대상자의 특성

연구대상자의 동일성을 확인하기 위하여 독립표본 t-검정을 실시하였으며 두 군의 나이, 신장, 체중은 통계적으로 유의하지 않아 동일한 집단임을 확인하였다.

두 군의 일반적인 특성은 RE군의 나이는 평균

25.5±2.8이었으며 신장과 체중은 각각 169.4±6.3, 63.6±12.8이었다. ROM군의 평균나이와 신장, 체중은 각각 26.0±2.7, 168.9±7.2, 61.3±10.9였다(표 2).

표 2. 대상자의 동일성 비교 및 일반적 특성

	RE군 (n=17)	ROM군 (n=15)	t-값	p-값
나이(세)	25.5±2.80	26.0±2.70	-.542	.592
신장(cm)	169.4±6.30	168.9±7.20	.204	.840
체중(kg)	63.6±12.80	61.3±10.90	.533	.598

VValue are Mean±Standard Deviation

2. 정적고유수용성감각 비교

RE군과 ROM군의 전·후 정적고유수용성감각 비교 결과 관절각도 재현 능력에서 RE군은 운동전 5.53±1.91에서 운동 후 4.12±1.50도로 오차 각도가 감소하였으며 ROM군에서도 6.13±1.36에서 5.53±1.60으로 오차각도가 감소하여 두 군 모두 통계적으로 유의한 감소가 있었다(p<.05)(표 3).

표 3. RE군과 ROM군의 정적고유수용성감각의 운동 전, 후 비교

구 분	운동 전 (degree)	운동 후 (degree)	t-값	p-값
RE군	5.53±1.91	4.12±1.50	2.282	.037
ROM군	6.13±1.36	5.53±1.60	2.358	.033

Value are Mean±Standard Deviation

3. 동적고유수용성감각 비교

저항운동과 관절가동범위 운동의 전·후 동적고유수용성감각 비교 결과, 관절각도 변화 감지 능력에서 RE군은 운동전 1.37±.55에서 운동 후 .80±.50로 오차각도가 감소하여 통계적으로 유의한 감소가 있었다(p<.05). ROM군에서는 1.45±.340.11도에서 1.34±.38로 오차각도가 감소하였으나 통계적으로 유의한 차이는 없었다(p>.05)(표 4).

표 4. RE군와 ROM군의 동적고유수용성감각의 운동 전, 후 비교

구 분	운동 전 (degree)	운동 후 (degree)	t-값	p-값
RE군	1.37±.55	.80±.50	5.105	.000
ROM군	1.45±.34	1.34±.38	2.022	.063

Value are Mean±Standard Deviation

3. RE군와 ROM군 간의 정적·동적 고유수용성감각의 비교

두 군 간의 정적·동적 고유수용성감각에 대한 유의성을 확인하기 위하여 독립 t-검정을 실시하였다. RE군과 ROM군의 정적고유수용성감각의 운동 전, 후 차는 각각 1.37±.55와 .80±.50이었으며 통계적으로 유의하였다(p<.05). RE군과 ROM군의 동적고유수용성감각의 운동 전, 후 차는 각각 1.45±.34와 1.34±.38로 두 군 간은 통계적으로 유의한 차이가 있었다(p<.05).

표 5. RE군과 ROM군 간의 정적·동적 고유수용성감각의 비교

구 분	RE군 (degree)	ROM군 (degree)	t-값	p-값
정적고유수용성감각 운동전, 후차	1.41±0.41	0.60±-0.24	-2.589	.015
동적고유수용성감각 운동전, 후차	0.56±0.05	0.11±-0.04	-3.400	.002

Value are Mean±Standard Deviation

Ⅳ. 고 찰

고유수용성감각은 신경근조절(neuromuscular control), 균형조절 그리고 관절의 안정성을 확보하고 유지하는데 중요한 되먹임(feedback)의 요소이며(Voight 등, 1996), 관절의 위치나 움직임의 의식적인 인지는 기능적 움직임의 신경근조절을 위한 훈련초기의 운동학습의 요건 중의 하나이다. 이러한 신경근조절의 요소에는 근육반응시간, 자세조절, 그리고 근력이 포함

된다(Irrgang 등, 1994).

근력은 어떤 저항에 대항해서 힘을 만들어내는 근육의 능력으로 재활초기에 저항운동의 형태로 제공된다(Weiss 등, 2000). 저항운동을 통해 얻어진 근력은 근-신경 적응(muscular and neural adaptations)의 결과로써(Brooks 등,1996) Bernier와 Perrin(1998)은 근육이 저항에 대하여 수축할 때 그 근육의 반응은 대뇌피질 자극을 증가시키며 저항에 대하여 발생된 근력은 고유수용기의 가장 효과적인 촉진요소라고 하였다. 하지만 Marks와 Quinney(1993)은 근육의 생리적 상태에 의해 고유수용성감각이 영향을 받지 않는다고 하여 이와는 상반된 견해를 나타내었다. 실험을 통한 여러 연구에서도 저항운동을 통한 근력증가가 고유수용성감각에 미치는 영향에 대해 상이한 결과를 나타내었다.

Hurley와 Scott(1998)는 슬관절 신전근에 대한 자전타기 등을 포함한 등장성운동 후 동적고유수용성감각이 향상되었다고 보고한 반면 Thompson 등(2003)은 하지 저항운동군과 비저항운동군 모두에서 정적 및 동적고유수용성감각 모두의 향상이 있었다고 보고하였다. 하지만 Shakoor 등(2008)은 8주간의 하지에 대한 저항운동 후 동적고유수용성감각에 유의한 차이가 없었다고 보고하였다. 이러한 결과의 상이성은 연구대상군의 관절병변의 상태, 저항운동의 형태, 운동기간에 따라 차이가 있는 것으로 생각된다. Skinne 등(1986)과 Johnston 등(1999)은 과도한 운동에 의한 근피로가 고유수용성감각을 오히려 감소시킨다고 하였다. Moritani(1993)은 저항운동을 통한 신경적응이 최초 6주에서 8주에 나타나므로 단기간에 걸친 저항운동이 고유수용성감각에 영향을 미치지 못한다고 하여 고유수용성감각이 근력외의 변수들에 의해 영향을 받을 수 있음을 보고하였다.

본 연구에서도 RE군과 ROM군 모두 에서 운동전, 후의 정적고유수용성감각의 통계적 유의한 차이가 나타났다. 이러한 결과는 탄력밴드를 이용한 슬관절 굴곡근에 대한 점진적 저항운동을 통해 RE군의 슬관절에 대한 근력의 향상이 관절과 근육, 인대, 관절낭에 위치하고 있는 기계적 수용기를 자극시킴으로써 고유수용성감각을 증진시킨 결과로 생각할 수 있으며 저항운동을 통한 근-신경적응(Brooks 등, 1996)의 결과로 생각할 수 있다. 또한 조절되고 규칙적인 움직임의 패턴(pattern)들은 증가된 감각피드백(sensory feedback)을 야기시키며 말초감각수용체의 재감각화(resensitization)를 이끌어내어 구심성 입력(afferent input)에 대한 신체의 적응능력을 증가시킬 수 있으므로(Thompson 등, 2003) ROM군에서 고유수용성감각의 오차 값의 감소가 나타난 것으로 생각할 수 있다. 따라서 탄력밴드를 이용한 저항운동과 비저항운동 모두 정적고유수용성감각향상에 기여함을 알 수 있었다.

하지만 동적고유수용성감각의 경우 RE군에서만 통계적으로 유의한 측정 오차 값의 감소가 있었다. 또한 두 군간의 정적, 동적고유수용성감각의 운동 전, 후 차의 비교에서 ROM군에서보다 RE군에서 통계적으로 유의한 오차 값의 감소가 나타났다. 이는 ROM근에 적용된 슬관절에 대한 비저항 운동이 동적고유수용성감각 역치자극에 미치지 못하였기 때문으로 생각된다.

또한 탄력밴드를 이용한 저항운동이 RE군의 슬관절에 입력되는 압박감각을 증가시킴으로써 관절 및 근육에 있는 고유수용성감각 수용체가 ROM군에 비해 더 많이 자극받음으로써 신경근조절 능력이 향상되어 ROM군에서보다 동적고유수용성감각에서 더욱 유의한 오차 값의 감소가 있었던 것으로 생각할 수 있다.

따라서 탄력밴드를 이용한 저항운동이 관절가동범위운동에 비해 정적, 동적고유수용성감각을 향상시킴으로써 관절의 위치감각이나 운동감각의 증진을 통해 부상위험을 줄이고 부상 후 회복기간을 줄이는 방법 중 하나라 판단되며, 이러한 결과를 토대로 일반인이나 운동선수들의 부상위험을 줄이는 효과적인 방법을 개발하고 적용하는데 기초자료를 제공할 수 있을 것이다.

본 연구는 슬관절 저항운동을 슬관절 굴곡근에만 적용시켜 슬관절의 신전근과의 상호수축에 대한 유효성과 저항운동이후 근력 증가에 대한 통계적 유효성을 확인하지 못한 제한점이 있다.

Ⅴ. 결 론

탄력밴드를 이용한 슬관절 굴곡군에 대한 저항운동이 정적·동적 고유수용성감각에 미치는 영향을 알아보기 위해 슬관절 저항운동군(RE group)과 관절가동범위운동군(ROM group)으로 나누어 연구를 실시하였으며 그 결과는 다음과 같다.

1. RE군과 ROM 군 모두 에서의 정적고유수용성감각이 실험 전에 비해 실험 후에 통계적으로 유효하게 증가하였다($p<.05$).
2. RE군에서는 동적고유수용성감각이 실험 전에 비해 실험 후에 통계적으로 유효하게 증가하였다($p<.05$). 하지만 ROM군에서는 통계적으로 유의하지 않았다.
3. RE군과 ROM 군 간의 정적·동적 고유수용성감각의 비교에서 RE에서 통계적으로 유효한 증가가 나타났다($p<.05$).

따라서 탄력밴드를 이용한 슬관절 굴곡근의 저항운동이 슬관절 및 하지관절 손상 이후의 정적·동적 고유수용성감각 개선을 위한 중재방법으로 제안될 수 있을 것이다.

참고문헌

전태원. 운동검사와 처방. 한국서울, 태근문화사, 1994.

Arthur CG, John EH. Textbook of medical physiology. Philadelphia, WB Saunders, 1996.

Bakhtiary AH, Fatemi E. Open versus closed kinetic chain exercises for patellar chondromalacia. Br J Sports. 42(2); 99-102, 2008.

Barrett DS, Cobb AG, Bentley G., Joint proprioception in normal, osteoarthritic and replaced knees. J Bone Joint Surg, 73(B); 53-56, 1991.

Bernier J, Perrin D. Effect of coordination training on proprioception of functionally unstable ankles, J Orthop Sports Phys Ther, 27; 264-275, 1998.

Brooks GA, Fahey TD, White TP. Exercise physiology: human nioenergetics and its application. 2tth Ed Ed. Mayfield Publishing; 1996.

Kisner C, Colby LA. Therapeutic Exercise: Foundations and Techniques. 5th Ed. F. A. Davis Company, 2007.

Cervero F. Dorsal horn neurons and their sensory input. In" Yaknosi, 1st ed. Spinal afferent processing. New York, Plenum Press; 197-217, 1986.

Docherty C, Moore J, Arnold B. Effects of strength training on strength development and joint position sense in functionally unstable ankle. Journal of Athletic Training, 33(4); 310-314, 1988.

Frances E, Chris L. Therapeutic exercise “treatment planning for progression”. 1st ed. USA, Saunders elsevier; 192-205, 2005.

Hazneci B, Yildiz Y, Sekir U, Aydin T, Kalyon TA. Efficacyu of isokinetic exercise on jion positin sense and muscle strength in patellofemoral pain syndrome. Am J Phys Med Rehabil, 84; 521-527, 2005.

Hurley MV, Scott DL. Improvements in quadriceps sensorimotor function and disability of patients with knee osteoathritis following a clinically practicable exercise regime. Br J Rheumatol, 37(11); 1181-1187, 1998.

Irrgang J, Whitney S, Cox E. Balance and proprioceptive training for rehabilitation of the lower extremity. Journal of Sport Rehabilitation, 3; 68-83, 1994.

Johnston RB., Howard ME. Cawley PW. Losse G.M. Effect of lower extremity muscular fatigue on motor control performance. Med Sci Sports Exerc, 30(12); 1703-1707, 1999.

Marks, R, Quinney HA. Effect of fatiguing maximal isokinetic quadriceps contractions on ability to estimate knee-position. Percept Mot Skills, D77(3); 1195-1202, 1993.

Moritani T. Time course of adaptations during strength and power training. In: Komi PV(ed) Strength and power insport. blackwell, oxford, england; 266-278, 1992.

Page P, Todd SE.. The scientific and clinical application of elastic resistance. Human Kinetics; 289-308, 2003.

Page PA, Lamberth J, Abadie B, Boling R, Collins R, Linton R. Posterior Rotator Cuff Strengthening Using Theraband(R) in a Functional Diagonal Pattern in Collegiate Baseball Pitchers. J Athl Train. 28(4); 346-354, 1993.

Shakoor N, Furmanov S, Nelson DE, Li Y, Block JA. Pain and its relationship with muscle strength and proprioception in knee OA: Results of an 8-week home exercise pilot study, J Musculoskelet Neuronal Interact, 8(1); 35-42, 2008.

Shelbourne D, Nitz P. Accelerated rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstruction, Am J Sprots Med; 18, 292-299, 1990.

Sherrington, C.S. On the proprioceptive system. especially in its reflex aspect. Brain 29; 1-28, 1906.

Skinne HB., Wyatt MP, Hodgdon JA., Conard DW, Barrack RL.. Effect of fatigue on joint position sense of the knee. J Orthop Res, 4(1); 112-118, 1986.

Thompson K.R., Mikesky A.E, Bahamonde R.E. Burr, D.B., Effects of physical training on proprioception in older women, J Musculoskel Neuron Interact, 3(3); 223-231, 2003.

Turlough F, Gregory G., Estomih M. Clinical neuroanatiomy and neuroscience. 5th ed. New York, saunders elsevier; 181-189, 2007.

Voight ML, Hardin JA, Blackburn TA, Tippett S, Canner GC. The effects of muscle fatigue on and the relationship of arm dominance to shoulder proprioception. J Orthop Sports Phys The, 3(6); 48-352, 1996.