

근전도 바이오피드백 훈련이 퇴행성 슬관절염 환자의 대퇴사두근 활성화에 미치는 효과

김 용 익

(동신대학교 물리치료학과)

김 동 현

(희망병원 물리치료실)

Effect of Quadriceps Activity for Degenerative Arthritis Applied EMG Biofeedback Training

Kim Young-Eok, M.D, Ph.D.

(Dept. of Physical Therapy, Dongshin University)

Kim Dong-Youn, P.T., M.S.

(Dept. of Physical Therapy, Heemang Hospital)

ABSTRACT

This study performed in order to investigate the effect of isometric resistance exercise for vastus medialis oblique muscle with EMG(electromyography) biofeedback training which are applied to the patello-femoral joint of patients with osteoarthritis on the improve of function.

교신저자 : 김용익 (동신대학교 물리치료학과)

The subjects had no neuromuscular disorders, and they were elder patients with osteoarthritis, 20 women. And the experiment was performed in control group, taping with EMG biofeedback training group respectively, and the measurement was carried out before and after the treatment and 4 weeks after the treatment.

Motor unit action potential analysis with surface electromyography showed a significant change in RMS(root mean square) amplitude and MDF(median frequency) in vastus medialis oblique muscle($p < 0.05$). VMO/VL(vastus medialis oblique/vastus lateralis oblique) MDF ratio showed a significant change between groups($p < 0.05$). Taping with EMG biofeedback training applied to patello-femoral joint of osteoarthritis patients appeared to be effective for muscle function improvement. However, increase of muscular force in vastus medialis oblique muscle appears to have a positive effect on improve of function along with correction effect on patella malalignment.

In conclusion, in case of osteoarthritis patients with loss of patello-femoral joint function, it appears to be effective to practice isometric resistance exercise of vastus medialis oblique muscle selective with taping.

Key Words : Osteoarthritis, Patella malalignment. EMG biofeedback training

1. 서론

퇴행성 관절질환 중 가장 흔한 관절염인 퇴행성관절염은 골관절염 혹은 골관절증이라 불리며, 가장 큰 특징은 관절연골이 퇴화되면서 관절변형이 일어나는 질환으로 노화, 과사용, 외상 등이 원인이다(Shephard, 1997). 퇴행성 관절염은 모든 관절에서 일어날 수 있으나 주로 손가락, 발, 무릎, 고관절과 척추에서 호발하는 것으로 알려졌다, 특히 체중부하가 많은 슬관절과 고관절에서 호발한다(Mankin, 1989). 슬관절염의 증상으로 운동성과 감각 기능장애, 관절의 불안정

성, 관절가동범위의 제한, 대퇴사두근의 근력저하 등의 문제들을 가지고 있다(Fitzgerald와 Oatis, 2004; Dekker, 1993; Ettinger, 1994). 슬관절염으로 인해 나타나는 하지 근육, 특히 대퇴사두근의 약화정도는 무릎의 통증정도에 영향을 미치는 것으로 알려졌다(Leena Sharma, 2003). 이와 관련하여 슬관절의 정상적 배열은 내측사선광근과 외측사선광근의 균형에 의해 이루어지는데 두 근육 사이에 발생하는 힘의 불균형이 슬개-대퇴중후근으로 나타나 슬관절염의 원인이 된다고 하였다(Karst와 Jewett, 1993). 내외측사선 광근의 불균형 증상을 가진 퇴행성 관절염환자는 슬개대퇴관절에서

슬개골의 외측으로 편위와 압력의 증가를 가져오게 된다(Elahi 등, 2000).

이러한 슬개 대퇴관절에서 슬개골의 기능을 평가하기 위해서 표면근전도를 이용한 근 활성화 측정법이 주로 사용되고 있으며, 슬개 대퇴관절에서 관절염에 영향을 주고 있는 내측사선광근과 외측사선광근을 평가하기 위한 근 활성화도에 대한 연구들이 보고되고 있다(박동호, 2005; Dixon과 Howe 2007; Mairet 등, 2008; Wu 등, 2008). 또한 단일관절운동과 복합관절운동에 따른 내측광근/외측광근의 활성화비율을 비교한 연구(한상완과 유승희 1999), 슬관절의 굴곡각도에 따른 내측광근, 외측광근의 근전도 활동을 분석한 연구(Joseph 등, 1995; Rafael, 1998) 등이 보고되고 있어 특정 근육만을 활성화시킬 수 있는 방법들이 연구되고 있다.

최근 퇴행성 관절염의 치료를 위해 비약물 접근 치료 방법의 필요성이 높아져 운동에 중점을 두기 시작하였다(Jordan 등, 2003). 이는 지금까지의 퇴행성 관절염 치료에 있어 외과적 치료와 약물치료가 증상완화와 통증감소에 효과적이었지만 부작용의 위험이 따르고 근 기능을 향상시킬 수 없었기 때문이다(Putt 등, 1994; Fisher 등, 1994). 관절염을 가진 환자들에게 규칙적인 운동은 통증, 고유수용성 감각, 불안정성, 근력, 지구력 등이 향상될 수 있다고 하였다(Robert, 2000). 그에 따라 퇴행성관절염의 운동치료에 대한 선행연구에서는 가정에서 쉽게 할 수 있는 근력강화 운동으로 통증과 기능의 향상을 가져오거나(Sheila 등, 1999) 유산소 운동인 걷기, 대퇴사두근의 강화훈련에서 관절염으로 인한 통증의 감소와

기능저하를 줄이는데 효과적이라고 하였다(Roddy 등, 2005). 특히 슬관절염 환자의 대퇴사두근 훈련을 위해 EMG biofeedback을 이용한 방법이 슬관절 통증 감소와 기능 개선을 위한 방법으로 알려졌다(Gabried 등, 2008).

Biofeedback이란 대상자가 중심적 역할을 하는 적극적인 증재방법으로써 자율신경계의 지배하에 있는 생리적 반응을 수의적으로 통제하도록 훈련시키는 과정이다(Epstein과 Blanchard, 1997). 근전도 바이오피드백 훈련은 운동을 수행하는 동안 근육활동에 관한 정보를 환자에게 제공함으로써 운동학습 훈련에 유용하게 쓰이고 있다(Portney, 1994). 무릎 관절경 수술을 받은 환자를 대상으로 대퇴사두근의 등척성 운동과 수직 다리올리기 운동 훈련을 수행한 결과 근전도 바이오피드백을 이용하지 않은 훈련 집단보다 근전도 바이오피드백을 사용한 집단에서 유의하게 큰 염력(torque)과 근력 증가를 보였다(Levitt 등, 1995). EMG biofeedback을 이용한 내측 사선광근을 촉진하는 연구가 이루어졌지만(Karst et al., 1995) 내측 사선광근만을 선택적으로 수축시키는 방법은 많이 알려지지 않았다.

II. 연구 방법

1. 연구대상

퇴행성 슬관절염을 가지고 있는 노인 중 현재 슬관절에 통증이 있으며, Merchant

view를 촬영하여 슬개골 부정렬이 있는 것으로 판정된 사람을 대상자로 선정하였다. 테이핑 알레르기, 피부 이상, 체질량지수 28 이하, 류마토이드 관절염 환자는 대상자에

서 제외시켰다. 대상자는 20명(여자 20명)으로 대조군과 EMG biofeedback 훈련군으로 나누고 각 군에 10명 씩 배치하였다(Table 1).

Table 1. General characteristics of the subjects

Group	Age(years)	Height(cm)	Weight(kg)
Control	73.00±6.53	158.10±6.06	65.30±10.45
Treatment	70.90±12.32	157.90±5.65	59.75±3.80
F	0.921	0.113	0.179
P	0.103	0.200	0.093

Values are mean ± SD

2. 연구 설계

이 연구는 슬개골 부정렬을 가진 퇴행성 관절염 환자를 대상으로 테이핑과 EMG biofeedback을 이용한 대퇴사두근 내측 사선광근의 등척성 저항운동을 적용하여 대퇴사두근 수축력, 슬관절 기능에 미치는 효과를 알아보기 위하여 대조군, EMG biofeedback 훈련을 병행한 군으로 나누어 주 3회씩 총 4주간 12번의 치료를 실시하며, 측정은 치료 전·후에 실시하였다(Figure 1).

3. 연구 방법

1) EMG biofeed back 훈련

EMG biofeedback 훈련을 위한 자세는 대상자가 편평한 바닥에 다리를 편 상태에서 슬관절 아래에 약 10 cm 높이의 베개를

넣어서 슬관절을 자연스럽게 굴곡 시킨 후, 고관절을 외회전 상태에서 저항 운동을 실시하였다. 등척성 저항운동 시 EMG biofeedback 장치(Enraf Nonius, Myomed 932, Netherlands)를 이용하여 선택적으로 내측 사선 광근의 근 활성을 최대도 유도하기 위하여 시각적·청각적 biofeedback을 실시하였다. 채널 1은 내측 사선 광근 근복에 배치하였고, 채널 2는 등척성 운동 시 외측 광근의 근 활성도를 억제시키기 위한 모니터링을 위해 외측 광근에 배치하였다(Gilleard와 McConnell, 1998). 참고전극은 근복의 원위부, 활성전극은 근복에 배치하였다. 접지 전극은 경골의 근위부에 배치하였다. 수축시간과 휴식시간을 10초로 하여 총 10회 반복하였고, 주 3회씩 총 4주간 실시하였다.

2) 테이핑 적용

테이핑 적용은 대상자의 슬관절을 바닥에 편 상태에서 약간 구부리고 적용하였다. 비탄력 테이핑(J & J, Zonas Tape, American)은 3.8 cm를 사용하였고, 테이핑 적용은 McConnell 방법을 사용하였으며, 슬개골 외측에서 테이핑을 내측과 아래쪽 방향으로 잡아당기면서 뒤쪽의 내측 반건양근까지 부착하였다. 아래쪽의 V자 형태의 테이핑 적용은 경골 조면에서 시작해서 내측과 외측의 슬관절 틈까지 부착하였다. 비탄력 테이핑을 슬관절에 적용 전 마이크로 포(3M Health Care., Hypoallergenic Macroporo, Germany) 5 cm를 이용하여 비탄력 테이프를 부착과 같은 방법으로 적용하여 대상자들의 피부 알레르기를 예방하였다(McConnell, 2007). 비탄력 테이핑은 이틀에 한 번씩 교체하였으며 총 4주를 적용하였다.

3) 표면 근전도 측정

근 수축 시 운동단위 활동전위의 측정은 표면 근전도(Desys Inc., Bagnoli 4-EMG system, USA)를 사용하였다. 측정 자세는 최대 수의적 등척성 수축력 측정 자세와 동일한 자세로 하였다. 퇴행성관절염이 있는 슬관절의 대퇴사두근에 최대 등척성 수축을 30초 동안 실시하도록 하여 근전도 신호를 수집하였다.

측정은 대퇴사두근의 내측 사선 광근, 대퇴 직근, 외측 광근에서 실시하였고, 전극 배치는 근육 수축 시 근복의 위치 변동을 고려하였다. 내측 사선 광근의 기록전극 위치는 대퇴골 55° 내측 방향으로 슬개골 내측, 상방 지점에서 내측으로 3 cm 상방으로 4

cm 부위에 부착하였다(Gilleard와 McConnell, 1998). 대퇴 직근의 부착 부위는 슬개골 상방에서 15 cm위에 부착 하였다(Kollmitzer 등, 1999). 기록전극으로 표면전극(Desys Inc., USA)을 사용하였으며, 전극을 부착하기 전에 피부 저항을 최소화하기 위해 70% 알코올 솜으로 깨끗이 닦은 후에 건조시킨 상태에서 전극을 부착하였다.

표면근전도 신호는 표본 추출률을 1,000 Hz, 주파수 대역 필터는 20~450 Hz로 정하여 3개 채널을 이용하여 수집하였다. 근전도 신호는 EMG work 3.0 (Delsys inc., USA) 프로그램을 이용해 실효치 진폭과 중앙주파수를 분석하였다.

4. 분석방법

모든 자료들은 SPSS 12.0 통계 프로그램을 이용하여 분석하였다. 대상자들의 일반적 특성 및 각 측정항목들의 정규분포 여부를 알아보기 위해 단일표본 Kolmogorov-Smirnov 검정을 실시하였다. 그 결과 정규분포가 인정되어, 대상자들의 일반적 특성의 구간 차이비교는 일원분산분석(one way ANOVA)을 실시하였으며, 각 측정 항목들의 구간 치료 전, 후의 비교는 공분산분석(ANCOVA)으로 분석하였다.

통계학적 유의성을 검증하기 위해 유의수준 α 는 .05로 하였다.

III. 결 과

1. 실효치 진폭의 변화

1) 내측 사선광근의 실효치 진폭의 변화

내측 사선 광근의 실효치 진폭의 변화에 대한 군 간의 차이를 공분산분석 한 결과 군 간의 변화는 유의한 차이를 나타내었으며($p < 0.05$), 대조군은 치료 전 41.35 ± 23.67 에서 치료 후 41.74 ± 23.29 로 큰 변화가 없었으나, 치료군은 치료 전 48.50 ± 24.23 에서 치료 후 65.05 ± 23.54 로 증가 하였다(Figure 1).

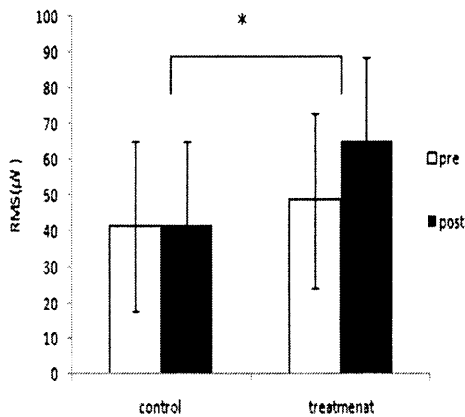


Figure 1. Comparison of RMS(vastus medialis oblique) before and after treatment between groups (unit; μV).

Values are mean \pm SD

There were significant difference between groups ($p < 0.05$).

Group I : Control

Group II : Taping+Biofeedback training

2) 외측 광근의 실효치 진폭 변화

외측 광근의 실효치 진폭의 군 간 변화의 차이를 공분산분석 한 결과 군 간의 변화는 유의한 차이를 보이지 않았다.

2. 중앙주파수의 변화

1) 내측 광근의 중앙주파수의 변화

내측 사선 광근의 중앙주파수의 변화에 대한 군 간의 차이를 공분산분석 한 결과 군 간의 변화는 유의한 차이를 나타내었으며($p < 0.05$) 대조군은 치료 전 62.74 ± 6.79 에서 치료 후 63.15 ± 9.77 로 큰 변화가 없었으나, 치료군은 치료 전 55.71 ± 3.84 에서 치료 후 67.54 ± 11.27 로 증가하였다(Figure 2).

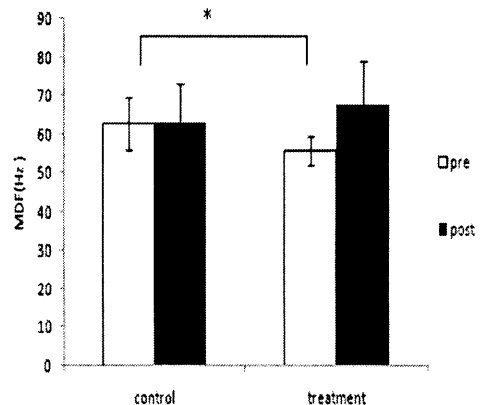


Figure 2. Comparison of MDF (vastus medialis oblique) before and after treatment between groups (unit; Hz).

Values are mean \pm SD

There were significant difference between groups ($p < 0.05$).

MDF: median frequency

Group I : Control

Group II : Taping+Biofeedback training

2) 외측 광근의 중앙주파수의 변화

외측 광근의 중앙주파수의 군 간 변화의 차이를 공분산분석 한 결과 군 간의 변화는 유의한 차이를 보이지 않았다.

3. 내측 사선 광근/외측 광근 비의 변화

1) 실험치 진폭의 내측 사선 광근/외측 광근 비의 변화

실험치 진폭의 내측 사선 광근/외측 광근 비의 군 간 변화의 차이를 공분산분석 한 결과 군 간의 변화는 유의한 차이를 보이지 않았다.

2) 중앙주파수의 내측 사선 광근/외측 광근 비의 변화

중앙주파수의 내측 사선 광근/외측 광근 비의 변화에 대한 군 간의 차이를 공분산분석 한 결과 군 간의 변화는 유의한 차이를 나타내었으며($p < 0.05$) 대조군은 치료 전 1.00 ± 0.10 에서 치료 후 1.01 ± 0.05 로 큰 변화가 없었으나, 치료군은 치료 전 0.88 ± 0.09 에서 치료 후 1.03 ± 0.11 로 증가하였다(Figure 3).

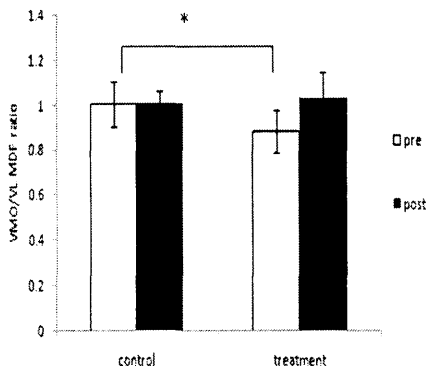


Figure 3. Comparison of VMO/VL MDF ratio before and after treatment between groups .

Group I: Control

Group II: Taping+Biofeedback training

IV. 고찰

퇴행성관절염 환자는 슬개골의 부정렬이 있고 슬개골의 부정렬은 슬개-대퇴관절의 외측 관절에 집중적인 압력과 스트레스가 발생한다(Grabiner 등, 1994). 슬개-대퇴관절의 문제를 해결하는 방법으로는 대퇴사두근의 근력강화(Slemenda, 1998), McConnell의 비탄력 테이핑 적용 등이 효과적이다(Hinman 과 Crossley, 2007). 슬개-대퇴관절의 부정렬의 문제를 해결하거나 대퇴사두근의 근력을 증진 시킬 목적으로 EMG biofeedback을 이용하여 내측 사선 광근의 근력을 선택적으로 향상시켰다는 보고가 있다(McConnell, 1996). 따라서 이 연구에서는 퇴행성 슬관절염을 가진 환자 중 슬개골 부정렬이 존재하는 노인들을 대상으로 비탄력 테이핑 적용과 EMG biofeedback을 이용한 내측 사선 광근의 등척성 저항운동의 병행에 따른 구조적 정렬의 개선이 근육 수축의 형태에 미치는 효과를 알아보려고 한다.

슬개골의 외측 활주 및 외측의 안정성을 위해서는 외측 광근의 활성도가 중요하고 슬개골의 내측 활주 및 내측의 안정성을 위해서는 내측 광근의 활성도가 매우 중요하다

다(Ryan과 Rowe, 2006). 내측 사선 광근의 근력이 퇴행성관절염 환자의 슬개-대퇴관절의 정렬에 매우 중요하지만 직접적인 근력을 검사할 수 있는 방법은 없어서 표면 근전도를 이용한 연구가 주로 사용되고 있다(Morrish, 1997). 표면근전도 신호의 실효치 진폭은 시평면(time domain)의 관점에서 표면 근전도 신호의 진폭(amplitude)을 반영하여 활성화된 운동단위의 수와 발화율(firing rate)을 반영하고, 중앙주파수는 주파수평면(frequency domain)의 관점에서 주파수 스펙트럼 분석법을 이용한 것으로, Krivickas 등(1998)은 근전도 신호의 주파수 분석을 사용한 방법으로 근육내의 근 섬유 구성 비율을 추정하기도 하였다. 일반적으로 높은 중앙주파수는 II형 섬유가 많이 분포된 근육에서 관찰되며(Gerdle 등, 2000) 중앙주파수의 변화는 섬유조성비율과 섬유 크기에 의해 영향을 받는다(Wretling 등, 1997).

이 연구에서는 내측 사선 광근의 실효치 진폭과 중앙주파수는 치료군이 대조군에 비해 실험 후 현저히 증가를 보여 유의한 차이를 나타내었다. Barney와 Carol (1980)은 EMG biofeedback을 이용하여 3주 간 내측 사선 광근에 운동을 실시한 결과에서 근 활성도가 외측 광근에 비해 유의하게 증가했다고 보고하였다. LeVeau와 Rogers (1980)는 EMG biofeedback을 이용한 훈련을 주 5회씩 3주 동안 실시한 결과에서 내측 사선 광근의 근력이 현저히 증가하였으나, 외측 광근에는 변화가 없는 것으로 보고하였다. 이 연구에서도 테이핑이나 EMG biofeedback을 이용한 훈련이 내측 사선 광근의 근 활

성을 선택적으로 촉진시킨 것으로 나타났다.

슬개-대퇴관절에 문제가 있는 환자에서는 내측 사선 광근과 외측 광근 사이의 균형이 매우 중요하다(Mohsen 등, 2004). Ng와 Cheng(2002)은 슬개골의 테이핑 적용이 내측 사선 광근/외측 사선 광근의 비율을 변화시켜 슬개골의 안정성을 증가시킨다고 보고하였다. Callaghan 등(2001)은 슬개-대퇴관절의 불균형에 의한 슬개-대퇴통증증후군을 가진 대상자의 내측 사선 광근/외측 사선 광근 주파수 감소경사가 급격히 일어난다고 하였고, Wise 등(1984)은 슬개-대퇴관절에 문제가 있는 환자를 대상으로 내측 사선 광근에 EMG biofeedback을 이용한 대퇴사두근 등척성 운동을 6주 동안 실시한 결과에서 내측 사선 광근/외측 광근의 비율이 치료 전 0.79에서 치료 후 1.0으로 증가하였다고 보고하였다. 본 연구에서는 내측 사선 광근/외측 광근의 실효치 진폭의 비율에서는 군 간의 유의한 차이가 없는 것으로 나타났으나, 중앙주파수의 비율에서는 유의한 차이를 보였으며 치료군인에서 내측 사선 광근/외측 광근의 비율이 대조군에 비하여 유의하게 증가되어 내측 사선 광근의 선택적 치료에 의한 효과로 테이핑과 EMG biofeedback을 이용한 훈련이 내측 사선 광근의 근 활성을 향상시켜 대퇴사두근의 근 수축 균형을 유지하도록 하기 때문으로 사료된다.

이 연구의 결과를 정리하면 퇴행성관절염 환자 중 슬개골 부정렬을 가진 경우 대퇴사두근 전체에 대한 근 수축력 증강 운동보다는 내측 사선 광근에 대한 선택적 저항운동이 더 효과적이며, 특히 테이핑 적용을 병

행하면 효과가 더 증가되는 것으로 나타났다.

V. 결론

이 연구는 퇴행성관절염이 있는 환자 중 슬개-대퇴관절에 문제가 있는 노인을 대상으로 EMG biofeedback을 이용한 내측 사선 광근의 등척성 저항 운동이 근 수축력에 미치는 효과를 알아보기 위하여 실시하였다.

1. 표면 근전도를 이용한 내측 사선 광근의 실효치 진폭의 변화를 분석한 결과에서는 치료군이 대조군에 대하여 유의한 차이를 나타냈다($p < 0.05$).
2. 표면 근전도를 이용한 내측 사선 광근의 중앙주파수의 변화를 분석한 결과는 치료군이 대조군에 대하여 유의한 차이를 나타냈다($p < 0.05$).
3. 중앙주파수의 내측 사선 광근/외측 광근 비의 변화를 분석한 결과에서는 치료군이 대조군에 대하여 유의한 차이를 나타냈다($p < 0.05$).

이상의 결과를 정리 하면 퇴행성관절염 환자 중 슬개골 부정렬이 동반된 환자에게 EMG biofeedback을 이용한 내측 사선 광근의 등척성 저항 운동이 매우 효과적이라는 것을 확인할 수 있었다.

참고문헌

- 박동호 : 퇴행성 슬관절 환자에 있어서 8주간 족관절 가동범위운동에 따른 내측/외측광근의 EMG 변화에 관한 연구. 단국대학교 스포츠과학대학원 석사학위논문, 2005.
- 한상완, 유승희 : 복합관절운동과 단일관절 운동시 대퇴사두근의 근전도 비교분석. 체육학 논문집, 27;257-271, 1999.
- Barney F., Leveau, Carol rogers. : Selective training of the vastus medialis muscle using EMG Biofeedback, 60;1410-15, 1980.
- Callaghan MJ., McCarthy CJ., : Oldham JA. Electromyographic fatigue characteristics of the quadriceps in patellofemoral pain syndrome. Manual Therapy, 6(1);27-33, 2001.
- Dekker J, Mulder PH, Bijlsma JWJ et al. : Exercise therapy in patients with rheumatoid arthritis and osteoarthritis : a review. Advances in Behavior Research Therapy, 15;211-38. 1993.
- Dixon J, Howe TE. : Activation of vastus medialis oblique is not delayed in patients with osteoarthritis of the knee compared to asymptomatic participants during open kinetic chain activities. Man Ther. 12(3); 219-25, 2007
- Ettinger WH., Afable RF. : Physical disability from knee osteoarthritis : The

- role of exercise as an intervention. *Med Sci Sports Exerc*, 26(12); 1435-1440, 1994.
- Epstein LH., Blanchard EB. : Biofeedback, self-control, and self-management. *Biofeedback. Self Regul*, 2(2);201- 11, 1977.
- Fisher NM., Pendergast DR. : Effects of muscle exercise program on exercise capacity in subjects with osteoarthritis. *Archives of Phys Med & Rehab*, 75:792-797, 1994.
- Fitzgerald GK., Oatis C. : Role of physical therapy in management of knee osteoarthritis. *Curr Opin Rheumatol*. 16(2);143-7, 2004.
- Gabried GYF., Zhang CK., Li. : Biofeedback exercise improved the EMG activity ratio of the medial and lateral vasti muscles in subjects with patellofemoral pain syndrome. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 18:128-133, 2008.
- Gerdle B., Larsson B., Karlsson S. : Criterion validation of surface EMG variables as fatigue indicators using peak torque. *J Electromyography and Kinesiology*, 10:225-232, 2000.
- Gilleard W., McConnell J., and Parsons D. The effect of patellar taping on the onset of vastus medialis obliquus and vastus lateralis muscle activity in persons with patellofemoral pain. *Phys Ther*, 78:25-31, 1998.
- Grabner M., Koh T., Draganich L. : Neuromechanics of the patellofemoral joint. *Med Sci Sports Exerc*, 26(1);10-21, 1994.
- Hinman RS., Crossley KM. : Patellofemoral joint osteoarthritis: an important subgroup of knee osteoarthritis. *Rheumatology*, 46:1057- 1062, 2007.
- Jordan KM., Arden NK., Doherty M. et al. : An evidence based approach to the management of knee osteoarthritis : report of a task force of the Standing Committee of International Clinical Studies Inducing Therapeutic Trials (ESCSIT). *Ann Rheum Dis*, 62:1145-55, 2003.
- Joseph FS., Denise K., Arlette P. et al. : The effect of knee and foot position on the electromyographical activity of the superficial quadriceps. *Journal of Orthopaedic and Sports, Physical Therapy*, 22(1);2-9, 1995.
- Karst G., Willett G. : Onset time electromyographic activity in the vastus medialis oblique and vastus lateralis muscles in subjects with and without patellofemoral pain syndrome. *Phys Ther*, 75(9);813- 822, 1995.
- Karst GM., Jewett PD. : Electromyographic analysis of exercises proposed for differential activation of medial and lateral quadriceps femoris muscle components. *Phys Ther*, 73(5);286- 299, 1993.

- Kollmitzer J, Ebenbichler GR, Kopf A. : Reliability of surface electromyographic measurements, *Clinical Neurophysiology*, 110:725-734, 1999.
- Krivickas LS., Taylor A., Maniar RM. et al. : Is spectral analysis of the surface electromyographic signal a clinically useful tool for evaluation of skeletal muscle fatigue?. *J Clin Neurophysiol*, 15:138-145, 1998.
- Leena Sharma MD., Dorothy D., Dunlop. et al., : Quadriceps strength and osteoarthritis progression in malaligned and lax knees. *Ann Intern Med*, 138:613-619, 2003.
- LeVeau BF., Rogers C. : Selective training of the vastus medialis muscle using EMG biofeedback. *Phys Ther*, 60(11):1410-5, 1980.
- Levitt R., Desinger JA., Wall JR. et al. : EMG feedback-assisted postoperative rehabilitation of minor arthroscopic knee surgeries. *J Sports Med Phys Fitness*, 3:218-223, 1995.
- Mairet S., Maïsetti O., Rolland E. et al. : Neuromuscular and architectural alterations of the vastus lateralis muscle in elderly patients with unilateral knee osteoarthritis. *Ann Readapt Med Phys*, 51(1):16-23, Epub 2007 Aug 24, 2008.
- Mankin HJ. : Clinical features of osteoarthritis. *Textbook of rheumatology*. Philadelphia: WB Saunders, 1480-1500. 1989.
- McConnell J. : Management of Patellofemoral problems. *Manual Ther*, 1:60-66, 1996.
- Makssous M., Lin F., KohJL., et al. : In vivo and Noninvasive load sharing among the vasti in patellar malalignment. *J Am Coll Spo Med*, 36(10):1768-1775, 2004.
- Morrish GM., Woledge RC. : A comparison of the activation of muscles moving the patella in normal subjects and in patients with chronic patellofemoral problems. *Scan. J. Rehab Med*, 29:43-48, 1997.
- Ng GY, Cheng JM. : The effects of patellar taping on pain and neuromuscular performance in subjects with patellofemoral pain syndrome. *Clin Rehabil*, 16(8):821-7, 2002.
- Peutt. DW., & Griffen MR. : Publishes trials of nonmedical and noninvasive therapies for hip and knee osteoarthritis. *Ann Int Med*, 121:133-140, 1994.
- Portney LG. : Electromyography and nerve conduction velocity tests. In: O'sullivan SB, Schmitz TJ, eds. *Physical Rehabilitation, Assessment and treatment*. Philadelphia; F.A. Davis Co., 133-165, 1994.
- Rafael FE., Glenn SF., Nigel Z. et al. : Biomechanics of the knee during closed kinetic chain and open kinetic chain exercise. *Medicine and Science in*

- Sports and Exercise, 30(4);556-569, 1998.
- Roberta E., Rikli. C. : Jessie Jones 저. Senior fitness test manual. 2005.
- Roddy E., Zhang M., Doherty M. : Aerobic walkin or strengthening exercise for osteoarthritis of the knee? A systematic review : Ann Rheum Dis, 64;544-548, 2005.
- Ryan CG., Msc PJ., Rowe. : An electromyographical study to investigate the effects of patellar taping on the vastus medialis/ vastus lateralis ratio in asymptomatic participants. Phy Theo and Prac, 22(6);309-315, 2006.
- O'Reilly SC., Jones A., Muir KR, : Doherty M. Quadriceps weakness in knee osteoarthritis : the effect on pain and disability. Ann Rheum Dis, 57;588-594, 1998.
- Shephard RJ. : Aging physical activity and health, hyman kinetics, 250- 253, 1997.
- Slemenda C., Heilman D., Brandt K. : Reduced quadriceps strength relative to body weight: a risk factor for knee osteoarthritis in woman? Arthritis Rheum, 41;1951-1959, 1998.
- Wise HH., Fiebert IM., Kates J. : EMG Biofeedback as treatment for patellofemoral pain syndrome. J Orthop Sports Phys Ther, 6;95-103, 1984.
- Wretling ML., Henriksson-Larsen K., Gerdle B. : Inter-relationship between muscle morphology, mechanical output and electromyographic activity during fatiguing dynamic knee-extensions in untrained female. Eur J Apple Physiol, 76;483-490, 1997.
- Wu SH., Chu NK., Liu YC., et al. : JRelationship between the EMG ratio of muscle activation and bony structure in osteoarthritic knee patients with and without patellar malalignment. Rehabil Med, 40(5);381-6, 2008.