

하지운동 시 등받이의 각도가 복근과 요부 신전근의 활성도에 미치는 영향

신원석, 이영록, 장영진, 최인용
한서대학교 대학원 물리치료학과

Abstract

The Effects of Varying Degrees of Backrest on Abdominal Muscles and Back Extensor Activation During Lower Extremity Exercise

Cynn Won-suk, B.H.Sc., P.T.
Lee Young-rok, B.H.Sc., P.T.
Chang Young-jin, B.H.Sc., P.T.
Choi In-yong, B.H.Sc., P.T.

Dept. of Physical Therapy, The Graduate School, Hanseo University

The purpose of this study was to investigate the effects of backrests of varying degrees (90°, 100°, 110°) on three abdominal muscles (upper rectus abdominis, external oblique, internal oblique) and back extensor activation during lower extremity exercise. The three different conditions during bilateral knee extension exercise were: (1) leaning on a chair with a 90° backrest, (2) leaning on a chair with a 100° backrest, (3) leaning on a chair with a 110° backrest. Fifteen healthy muscle subjects (mean age=24.2 years [SD=2.96], mean height=175.6 cm [SD=7.46], mean weight=69.1 kg [SD=7.36]) with no history of neuromusculoskeletal disease voluntarily participated in this study. Electromyography was used to collect muscle activation, and the muscle activation was expressed as a percentage of maximal voluntary isometric contraction (%MVIC). Repeated one-way analysis of variance (ANOVA) was used to determine the statistical significance. The results were as follows: (1) upper rectus abdominis, external oblique, internal oblique activation measured significantly lower. (2) measured significantly lower when lower degree.

Key Words: Backrest; EMG; Knee extension; Muscle activation.

I. 서론

인체는 다양한 운동변화를 일으킬 수 있는 고도로 발달된 기계장치이며, 숙련된 운동패턴의 발달은 복잡한 자세조절을 가능하게 한다(Williams 등, 1997). 최근의 신경과학, 생체역학, 심리학, 운동학습, 근육 생리학 분야의 축적된 행동과학 자료와 이론들은 생체역학 (biomechanics)과 인체운동 분석, 그리고 운동조절 (motor control) 분야에 있어 급속한 발전의 기틀을 마련하였다(최종덕, 2002; Ada 등, 1992). 이를 바탕으로 운동장애를 가진 환자의 운동 수행력 측정과 훈련에 대한 새로운 접근법을 제시하였고, 더불어 기존의 방법에 대한 새로운 변화와 검증이 가능하게 하였다. 이러한 정보들은 움직이며 운동하는데 있어 기술을 다시 습득해야 하는 문제가 있는 사람들에게 재활 훈련에 대한 중요한 정보를 지속적으로 제공해 주는 역할을 하게 되었다(Shepherd 등, 1994).

운동치료가 포함된 재활 프로그램은 환자의 기능을

통신저자: 장영진 phasia@hanmail.net

향상시키고 직장으로서의 복귀를 촉진시키며 사고재발 감소에 영향을 미친다(McKenzie, 1988). 또한 운동치료를 실시함으로써 환자가 가지고 있던 우울증, 스트레스, 불면증, 만성 근육통 등을 감소시켜 간접적인 효과도 얻을 수 있다. 좌식 생활습관으로 인해 요통이 증가하는 현대사회에서 운동치료의 중요성은 더욱 강조되는 현실이다. 복근과 요부 신전근에 관련된 운동치료들은 요통을 호소하는 사람들에게 많이 적용된다. 요통의 원인에 관계없이 모든 요통 환자들은 근력의 감퇴와 지구력의 감소, 유연성의 소실과 허리 및 하지의 관절운동범위에 제한을 보이며, 이러한 요통 환자를 위해 흔히 운동치료가 실시된다(Faas, 1993). 요통 환자를 위한 운동치료법은 20세기에 많은 변화를 거듭하였다. 초기에는 대부분 요통 환자의 치료에 침상 안정을 선택하였으나 1950년대와 1960년대에는 요추의 굴곡자세가 이상적인 자세라고 생각하여 요부 근육의 신장에 초점을 맞춘 윌리엄의 굴곡운동을 주로 시행하였고, 1970년대에는 맥켄지에 의해 주창된 신전 이론에 입각하여 요부 전만의 강화와 척추 추간판의 후방 탈출을 감소시키기 위한 맥켄지의 척추 신전운동이 실시되었다.

복근은 체간의 주된 굴근이며(Juker 등, 1998), 척추에 안정성을 부여하는 역할을 한다(Cholewicki 등, 1996). 복직근의 근력강화방법은 여러 가지가 있다. 일반적으로 윗몸일으키기와 체간 굴곡운동은 복직근의 상부를, 양하지를 신전시키는 운동과 골반 후방전위운동은 복직근의 하부를, 체간 회전운동은 외복사근과 내복사근을 활성화시키는 것으로 알려져 있으나 이와 상반된 견해를 갖는 연구자들도 있다(Guimaraes 등, 1991). 복근벽을 구성하는 근육들의 활동전위를 측정된 결과, 복직근은 체간을 굴곡시킬 때 주로 동원되지만 복사근은 여러 가지 다른 동작에 의해서도 동원된다(Vera-Garcia 등, 2000). 그 밖에도 많은 선행 연구자들이 다양한 방법의 운동수행 중 복직근 상부와 하부의 활동전위를 비교하였다.

하지운동 시 복직근의 상부에서 하부보다 활동전위가 증가하였고(Lipetz와 Gutin, 1970; Monfort 등, 1965; Sheffield와 Major, 1962), 골반의 후방 전위운동에서 복직근의 하부가 상부에서보다 수축의 효율이 더 컸다고 보고하였다(Carman 등, 1972; Flint와 Gudgell, 1965; Guimaraes 등, 1991; Richardson 등, 1992). Lehman 등(2001)은 운동에 의해 복직근의 상부와 하부에 생성되는 활성전위는 비슷하다고 하였다(Sarti 등, 1996).

인체 기능의 수행 중 많은 부분이 앉은 자세에서 이루어지기 때문에, 각 개인의 기능을 최대화시키기 위해 안정적으로 앉은 상태에서 작업을 수행하도록 하는 것이 중요하며, 바른 자세가 기능적인 향상을 도모하고 최적의 운동조절을 위해 충분한 지지와 안정성을 제공한다고 보고 되었다(Church와 Glennen, 1992).

등받이의 각도 변화는 심호흡계 환자들에게 객담배출과 호흡을 위해 사용되고 있으며(Giuliano 등, 2003), 자동차 운전, 휠체어 환자, 요통 환자 등에 이르기까지 그 관련된 범위가 다양하다(Badr 등, 2002). Makhosous 등(2003)은 요통 환자에게 등받이를 사용하여 각도에 따른 통증의 정도와 피로도를 알아보는 연구를 하였다.

따라서, 본 연구에서는 의자 등받이 각도에 따른 각 근육의 근 활성도를 비교하여, 각각의 등받이 각도에서 어떠한 근육이 활성도가 낮고, 복근운동을 할 때 어느 각도가 효율적인지를 알아보기 위하여 연구를 실시하였다.

II. 연구방법

1. 연구대상

연구대상자는 H대학교에 재학 중인 20대 남자 15명으로 현재 요추부에 신경계 및 근골격계의 질병이 없고, 최근 6개월 이내 복근강화운동을 하지 않았고, 요추부의 관절가동범위가 정상범위이며, 척추질환이나 요통 등 특별한 병력이 없는 신체 건강한 성인들로 구성되었다. 모든 대상자는 본 실험의 목적에 동의하여 자발적으로 참여하였다.

2. 근전도 신호의 기록 및 신호처리

요부 신전근 및 복부근의 활성도를 분석하기 위해 근전도기를 사용하였다. 전기 신호의 기록을 위해 표면전극을 사용하였고, 전극에 소량의 근전도용 젤을 발라 부착한 후 종이테이프를 고정하였다. 표본수집율(sampling rate)은 1024 Hz이었으며, 잡음을 제거하기 위해 대역통과 필터(band pass filter) 20~450 Hz와 대역 필터(band stop filter) 60 Hz를 사용하였다.

자료 중 근육 각각의 최대 등척성 수축(maximal voluntary isometric contraction; MVIC) 시 측정된 최대값과 4가지 수행별로 20초간 측정된 근 활성도의 중간 10초간의 평균값을 이용하여 근전도 신호량으로

(%MVIC) 정규화(normalization)하였다.

3. 실험방법

가. 전극 부착 부위

전극을 부착하기 전 대상자의 우세손 검사를 먼저 실시하여 우세 복부근 및 요부 신전근 부위에 표면전극(surface electrode)을 부착하였으며, 표면전극의 부착을 위해 부착할 부위를 알코올로 깨끗이 닦아 피부와 전극 사이의 저항을 줄이도록 하였고, 근육(belly)에 활성전극을 부착하였다. 척추기립근(elector spinae)의 전극 부착 부위는 제3요추 극상돌기(spinous process)의 우세측 3 cm 부분에 부착하였으며, 상부 복직근(upper rectus abdominis)은 배꼽으로부터 우세측 외측으로 3 cm, 상부 3 cm에 부착하였다. 외복사근(external oblique abdominis)은 우세측 전상장골극(anterior superior iliac spines)의 상부 3 cm 부위에 부착하였으며, 내복사근(internal oblique abdominis)은 골반의 우세측 전상장골극(anterior superior iliac spines)과 서혜인대 상부(superior to the inguinal ligament) 사이의 중간부분에 부착하였다. 모든 활성전극은 근섬유의 주행방향과 평행을 이루도록 부착하였으며, 접지전극(ground electrode)은 오른쪽 척골 경상돌기에 부착하였다.

나. 운동방법

실험에 앞서 연구대상자에게 연구목적과 실험절차를 충분히 설명하여 동의를 얻었고, 충분한 휴식을 취하게 한 뒤 실험 하였다. 근전도기를 이용하여 표면전극을 부착한 후 3가지의 다른 의자 등받이 각도에서 근 활성도를 측정하였다. 운동을 실시하기 전에 서로 다른 하지 신전 근력을 표준화하기 위해서 케이블 장력계(cable tensiometer)를 사용하여 대상자가 슬관절을 신전할 때 발생하는 최대 힘(force)의 10%의 무게를 받목에 부착하여 슬관절 신전운동을 실시하였다. 하지의 신전운동은 등받이 각도가 90°, 100°, 110°인 의자에서 실시하였고, 각각의 운동은 메트로놈을 이용하여 1초 동안에 슬관절 신전, 1초에 슬관절 굴곡을 1번으로 20초 동안에 10회 실시하였다. 하지 신전운동 시 각 자세는 무작위로 배정하였다. 그리고 하지 운동 시 피로에 대한 영향을 줄이기 위해 각각의 자세에서 하지 신전운동 사이에 5분의 휴식을 취하였고, 등받이가 있는 자세의 경우, 등받이의 각도는 90도로 고정하여 실시하였다.

4. 분석방법

자료의 통계 처리는 상용통계프로그램인 윈도우용 SPSS version 10.0을 이용하였다. 상부 복직근, 내복사근, 외복사근, 척추기립근에서의 의자 등받이 각도에 따른 근 활성도의 유의한 차이를 알아보기로 반복측정된 일요인 분산분석(one-way analysis of variance with repeated measures)을 사용하였으며, 다중검정을 하였다. 통계적 유의성을 검증하기 위한 유의수준 α 는 .05로 하였다.

III. 결과

1. 연구대상자의 일반적인 특성

실험에 참가한 대상자는 15명의 건강한 성인 남자였다. 대상자들의 평균 연령은 24.2 세이었고, 평균 신장은 175.6 cm, 평균 체중은 69.1 kg이었다(표 1).

2. 상부 복직근에서 등받이 각도에 따른 근전도 신호량 비교

상부 복직근에서 등받이 각도에 따른 근전도 신호량을 비교한 결과, 유의한 차이가 있었다($p < .05$). 다변검정 결과, 110°에서 보다 90°에서 근전도 신호량이 낮게 측정되었으며($p = .002$), 110°보다 100°에서 근전도 신호량이 낮게 측정되었다($p = .005$)(그림 1)(표 2).

3. 내복사근에서 등받이 각도에 따른 근전도 신호량 비교

내복사근에서 등받이 각도에 따른 근전도 신호량을 비교한 결과, 유의한 차이가 있었다($p < .05$). 다변검정 결과, 110°에서 보다 100°에서 근전도 활성도가 낮게 측정되었다($p = .005$)(그림 2)(표 2).

표 1. 연구대상자의 일반적인 특성 (N=15)

특성	평균±표준편차	범위
연령(세)	24.2±2.96	20~28
신장(cm)	175.6±7.46	163~190
체중(kg)	69.1±7.36	54~79

* $p < .05$

표 2. 각 근육에서 등받이 각도에 따른 근전도 신호량 비교 (단위: %MVIC)

	90°	100°	110°	F
상부 복직근	6.95	7.37	15.56	7.50*
내복사근	24.21	20.55	26.85	5.56*
외복사근	18.81	25.14	30.71	7.46*
척추기립근	22.48	19.37	20.09	.62

*p<.05

4. 외복사근에서 등받이 각도에 따른 근전도 신호량 비교

외복사근에서 등받이 각도에 따른 근전도 신호량을 비교한 결과, 유의한 차이가 있었다(p<.05). 다변검정 결과, 110°에서 보다 90°에서 근전도 신호량이 낮게 측정되었다(p=.035)(그림 3)(표 2).

5. 척추기립근에서 등받이 각도에 따른 근전도 신호량 비교

척추기립근에서 등받이 각도에 따른 근전도 신호량을 비교한 결과, 유의한 차이가 없었다(p=.552)(그림 4)(표 2).

최근 근골격계 환자와 여러 다른 질환이 있는 환자의 치료방법으로 안정화(stabilization)운동법이 다양한 과학적인 근거들을 기초로 하여 적용되고 있다(Makhsous 등, 2003). 안정화운동법은 근전도와 초음파 진단기 등의 첨단 진단장비를 이용한 과학적 연구들을 통해 인체에서 발생하는 근육의 수축 활성도와 근육들의 수축 순서들을 밝혀 이를 기초로 한 운동방법들이 계속 개발되고 있다(Flint와 Gudge, 1965).

Panjabi(1992)는 요통을 경험한 환자에서 척추의 중립지대(neutral zone) 손상이나 변성의 진행 그리고 주위 근육들의 약화 등에 의해서 결국 중립지대의 크기가 증가되어 척추의 안정성에 악영향을 주게 된다고 하였으며, 임상적으로 중립지대가 생리학적 운동 범위 내에 위치할 수 있도록 안정성을 증가시켜 주기 위해 근력강화운동의 필요성을 주장하였다. 척추의 안정화운동에 대한 관심은 과거 1990년대 중반부터 운동방법과 그 효과가 과학적으로 입증되어져 왔다. 이러한 안정화운동이 척추 주위의 근육들에 미치는 영향, 특히 척추 신전근과 굴곡근들에 미치는 영향에 대해 지속적으로 연구가 행해지고 있다(김선엽, 2003).

요부에 가해지는 반복적인 스트레스는 요통을 유발시키는 가장 일반적인 원인 중의 하나이며, 체간 근육의 결함은 요부의 수동조직에 스트레스를 유발시키고 결국 요통을 발생시킨다. 그러므로 요부에 가해지는 부하를 조절하는 능력은 통증의 재발을 감소시키고, 만성

IV. 고찰

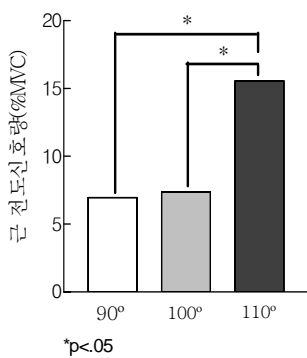


그림 1. 상부 복직근에서 등받이 각도에 따른 근전도 신호량 비교

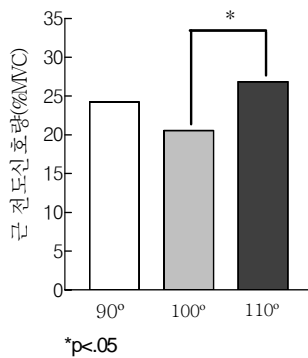


그림 2. 내복사근에서 등받이 각도에 따른 근전도 신호량 비교

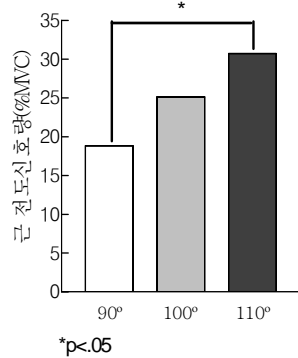


그림 3. 외복사근에서 등받이 각도에 따른 근전도 신호량 비교

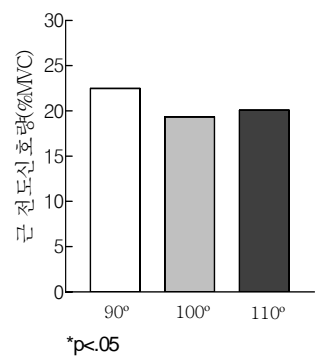


그림 4. 척추기립근에서 등받이 각도에 따른 근전도 신호량 비교

요통으로의 진행을 효과적으로 방지할 수 있다(Chok등, 1999; Hyman과 Liebenson, 1996).

요부의 불안정성으로 인한 스트레스를 감소시키고, 증상의 악화와 통증을 감소시키기 위해 요부의 안정성에 관여하는 근육에 치료의 초점을 맞춘 운동이 실시되어야 하며, 분절간 가동성의 비정상적인 증가로 발생하는 통증유발 자세를 방지하기 위해서 안정성 훈련이 실시된다(Richardson 등, 1992).

안정성 훈련은 또한 신체 인지치료로서 주로 등척성 훈련으로 실시되며, 분절운동이 발생하지 않는 상태에서 실시된다. 요부의 안정성은 요부 근육들의 활성화 증가에 의해 유지되고, 활동을 수행하는 동안 큰 체간 근육들과 작은 내재근들 사이의 조화로운 근육 동원을 위한 운동조절이 강조됨으로써 안정성이 유지된다고 할 수 있다(Blomberg, 1993; Paris, 1985).

Guimares 등(1991)은 바로 누운 자세에서 체간 굴곡 운동, 하지 굴곡운동, 체간과 하지의 동시 굴곡운동을 실시하여 상부와 하부 복직근과 외복사근의 활성도를 비교하였는데, 상부와 하부 복직근간에는 유의한 차이를 보이지 않았으며, 외복사근에서는 각 운동조건마다 유의한 차이를 보였다고 보고하였다. Chery 등(2000)은 앉은 자세에서 저항을 가한 일어서기, 체간 회전, 저항이 부가된 체간 굴곡, 저항이 부가된 체간 신전, 앞드린 자세에서 체간 신전, 누운 자세에서 체간 굴곡의 6가지 운동조건에서 상부와 하부 복직근, 외복사근 및 내복사근, 요부신전근의 근 활성도를 측정하였는데, 모든 근육이 각 운동에서 유의한 차이 없이 작용하였으나, 체간 회전운동에서는 외복사근의 근 활성도가 유의하게 증가하였다고 보고하였다. Flint와 Gudge(1965), Carman 등(1972), Richardson 등(1992)은 양하지 신전, 윗몸일으키기, 웅크리기운동 동안 상부와 하부 복직근 부위에서 생성되는 근 활성도는 다른 운동에 의해 상부와 하부 복직근 부위에 생성되는 활성도의 정도와 유사하다고 보고하였다. Duncan 등(1990)은 요통을 치료하기 위해 다른 앉은 자세에서 운동을 수행하는 동안 복근과 척추근의 근 활성도를 평가하였는데, 다양한 하지 움직임과 상체의 자세가 근 활성도에 영향을 줄 수 있다고 하였다.

본 연구는 의자에 앉은 상태에서 등받이의 각도를 90°, 100°, 110°로 변화시켜 하지에 신전운동을 수행하였을 때, 복근과 척추기립근의 근전도 활성도를 비교하기 위하여 실시하였다. 일반적으로 복근강화운동을 하

거나 요통 환자의 회복훈련을 할 때 등받이의 각도에 변화를 주어 운동을 실시하는 것이 고려되고 있으며, 피로도를 측정하여 안정된 자세를 유지하는데도 영향을 미치고 있다(Badr 등, 2002).

근전도 신호량은 표면전극을 이용하여 근육의 운동단위의 수와 발화율(firing rate)을 나타내지만 이것은 직접적으로 나타낸다고 할 수 없다. 그러나 일반적으로 근육의 전기적 활성도를 나타내기 때문에 근 긴장도 연구에서 빈번하게 사용되고 있다(Basmajian과 De Luca, 1985; De Luca, 1997; Mathiassen 등, 1995; Signorile 등, 1995). 근전도 신호는 예민하여 전극위치, 모근, 피부, 땀, 온도, 근피로, 근길이, 피하지방 등에 영향을 받으므로 근전도 측정 시 정확한 결과를 위해 근수축 시 나온 자료를 여러 과정을 거쳐 최적화하였고, 근육이 수축하는 동안 활동하는 운동단위의 수를 대표하여 근육에 의한 힘을 나타내는데 흔히 사용되는 RMS값을 구하여 그 신호량을 분석하였다(Basmajian 등, 1985; De Luca, 1997; Signorile 등, 1995; Soderberg와 Cook, 1984; Soderberg와 Knutson, 2000).

본 연구에서는 등받이 각도가 90°일 때 근육들의 안정화가 크게 나타났고, 등받이 각도가 110°에서 활성도가 증가하여 근육의 수축이 증가하였다. 그러나 척추기립근에서는 등받이의 각도 변화에 거의 영향을 받지 않았고 근전도 신호도 변화가 적었다. 이것은 등받이에 요추가 받쳐지므로 안정성이 확보되어 체간의 지지역할을 하고 버팀목이 되었기 때문이다(Ricard 등, 1977). Andersson 등(1975)은 등받이가 있는 의자, 등받이가 없는 의자에서 요추 압력과 요부 신전근 활성도를 연구하였는데, 등받이가 없는 상태에서 등받이 있는 상태보다 증가된 요추압력과 높은 근 활동전위가 높게 측정되었다고 하였으며, 등받이가 있는 의자에서는 현저히 감소된 요추 압력과 낮은 근 활성도가 측정되었다고 하였다. 이러한 연구 결과에 의해, 등받이는 요추의 안정성을 증가시키고 지지역할을 제공하는데 중요한 요소로 작용한다고 할 수 있다.

Vezina 등(2000)은 측정 자세, 측정 과정이 근 활성도에 영향을 미칠 수 있다고 보고하였는데 본 연구에서 대상자들이 등받이에서 머리를 간혹 때는 현상이 발생하였는데 이는 하지의 운동을 위해 역학적으로 힘을 위한 동작을 하여 근 활성도에 영향을 미쳤다고 생각된다.

90° 내복사근이 골반의 안정성을 위해 수축하고 있었기 때문에 외복사근과 상부 복직근에서는 각도가 증

가할수록 근 활성도가 증가하였고, 내복사근은 100°에서 가장 낮은 수치를 보였다.

연구결과를 토대로 복근운동 시나 요통예방 관리 시, 등받이 각도에 변화를 주어 운동을 하면 보다 효율적으로 결과를 얻을 수 있으며, 안정성을 고려해야 하는 경우에도 적용될 것이다.

V. 결론

본 연구는 의자 등받이의 각도에 따른 각 근육에서의 근전도 신호량에 대해 알아보았다. 연구대상자는 15명의 건강한 성인 남자로 등받이 각도가 90°, 100°, 110°인 의자에서 등을 기대고 슬관절을 신전시키는 운동을 실시하는 동안 체간의 상부 복직근, 내복사근, 외복사근, 척추기립근에서의 근전도 신호량을 측정하여 다음과 같은 연구결과를 얻었다.

- 1, 상부 복직근은 110°에서 보다 90°에서 근 활성도가 낮았으며($p=.002$), 110°보다 100°에서 근 활성도가 낮았다($p=.005$).
- 2, 내복사근은 110°에서 보다 100°에서 근 활성도가 낮았다($p=.005$).
- 3, 외복사근은 110°에서 보다 90°에서 근 활성도가 낮았다($p=.035$).
- 4, 척추기립근은 등받이 각도에 따른 근 활성도를 비교한 결과, 유의한 차이가 없었다($p=.552$).

본 연구의 각 근육에서 의자 등받이 각도에 따른 근 활성도를 비교한 결과를 바탕으로 복근의 근력을 증대시키려면 등받이 각도를 점차 크게 하여 실시하는 운동도 고려해야 할 것이다.

인용문헌

김선엽, 백인협. 복횡근 강화운동이 체간 신전-굴곡 시 척추 분절 운동에 미치는 영향. 한국전문물리치료학회지. 2003;10:1-10.
최종덕. 정상인에서 골반 경사가 앉은 자세에서 일어서기 동작에 미치는 영향. 연세대학교 대학원, 석사학위논문, 2002.

Ada L, Westwood P. A Kinematic analysis of recovery of the ability to stand up following stroke. Aust J Physiother. 1992;38:135-142.
Andersson BJ, Ortengren R, Nachemson AL, et al. The sitting posture: An electromyography and discometric study. Orthop Clin North Am. 1975;6:105-120.
Badr C, Elkins HR, Ellis ER. The effect of body position on maximal expiratory pressure and flow. Aust J physiother. 2002;48:95-102.
Basmajian JV, De Luca CJ. Muscle Alive. 5th ed. Baltimore, Williams & Wilkins, 1985.
Blomberg S. A pragmatic approach to low back pain including manual therapy and steroid injections: A multicentre study in primary health care. Unpublished Doctoral Dissertation. University of Uppsala, 1993.
Carman DJ, Blanton PL, Biggs NL. Electromyographic study of the anterolateral abdominal musculature utilizing indwelling electrodes. Am J Phys Med. 1972;51:113-129.
Carr JH, Shepherd RB, Nordholm L, et al. Investigation of a new motor assessment scale for stroke patients. Phys Ther. 1985;65:175-180.
Chok B, Lee R, Latimer J, et al. Endurance training of the trunk extensor muscle in people with sub-acute low back pain. Phys Ther. 1999;79:1032-1042.
Cholewicki J, McGill SM. Mechanical stability of the in vivo lumbar spine: Implications for injury and chronic low back pain. Clin Biomech. 1996;11:1-15.
Church G, Glennen S. The Handbook of Assitive Technology. Samdiegu. CA, Singular, 1992.
De Luca CJ. The use of surface electromyography in biomechanics. J App Biomech. 1997;13:135-163.
Duncan PW, Studenski S, Chandler J, et al. Electromyographic analysis of postural adjustments in two methods of balance testing. Phys Ther. 1990;70:88-96.
Fass A, Chavannes AW, van Eijk JM, et al. A randomized placebo-controlled trial of exercise

- therapy in patients with acute low back pain. *Spine*. 1993;18:1388-1395.
- Flint MM, Gudgeon J. Electromyographic study of abdominal muscular activity during exercise. *Res Quart*. 1965;36:29-37.
- Francisco J Vera-Garcia, Sylvain GG, McGill SM. Abdominal muscle response during curl-ups on both stable and labile surface. *Phys Ther*. 2000;80:564-569.
- Giuliano KK, Scott SS, Brown V. Backrest angle and cardiac output measurement in critically ill patients. *Nurs Res*. 2003;52:242-248.
- Guimares ACS, Vaz MA, De compos MIA, et al. The contribution of the rectus femoris in twelve selected abdominal exercises. An electromyographic study. *J Sports Med Phys Fitness*. 1991;31:222-230.
- Hyman J, Liebenson C. Spinal stabilization exercise program. In: Liebenson C. *Rehabilitation of the Spine*. Baltimore, Williams & Wilkins, 1996:293-317.
- Juker D, McGill SM, Kropf P, et al. Quantitative intramuscular myoelectric activity of lumbar portions of psoas and the abdominal wall during a wide variety of tasks. *Med Sci Sports Exerc*. 1998;30:301-310.
- Lehman GJ, McGill SM. The importance of normalization in the interpretation of surface electromyography: A proof of principle. *J Manipulative Physiol Ther*. 1999;22:444-446.
- Lehman GJ, McGill SM. Quantification of the differences in electromyographic activity magnitude between the upper and lower portion of the rectus abdominis muscle during selected trunk exercise. *Phys Ther*. 2001;81:1096-1101.
- Lipetz S, Gutin B. An electromyographic study of abdominal exercises. *Med Sci Sports*. 1970;2:35-38.
- Makhsous M, Lin F, Jendrix RW, et al. Sitting with adjustable ischial and back supports: Biomechanical changes. *Spine*. 2003;28:1113-1121.
- Mathiassen SE, Winkel J, Hagg Gm. Normalization of surface EMG amplitude from the upper trapezius muscle in ergonomic studies: A review. *J Electromyogr Kinesiol*. 1995;5:197-226.
- McKenzie R. *Treat Your Own Back*. Spinal Pub., 1988:128-294.
- Panjabi MM. The stabilizing system of the spine. part II. Neutral zone and instability hypothesis. *J Spinal Disord*. 1992;5:390-396.
- Paris SV. Physical signs of instability. *Spine*. 1985;10:277-279.
- Ricard G, Currier DP. Back stabilization during knee strengthening exercise. *Phys Ther*. 1977;57:1013-1015.
- Richardson CW, Jull R, Toppenberg, et al. Techniques for active lumbar stabilization for spinal protection: A pilot study. *Aust Physiother*. 1992;38:105-112.
- Sarti MA, Monfort M, Fuster MA, et al. Muscle activity in upper and lower rectus abdominus during abdominal exercises. *Arch Phys Med Rehabil*. 1996;77:1293-1297.
- Shepherd S, Moseley RR, Fultomn DJ, et al. Interference between excitation routes in resonant sum-frequency mixing. *Phys Rev A*. 1994;50(5):4339-4349.
- Signorile JF, Kacsik D, Perry A, et al. The effect of knee and foot position on the electromyographical activity of the superficial quadriceps. *J Orthop Sports Phys Ther*. 1995;22:2-9.
- Soderberg GL, Cook TM. Electromyography in biomechanics. *Phys Ther*. 1984;12:1813-1820.
- Soderberg GL, Knutson KM. A guide for use and interpretation of kinesiological electromyographic data. *Phys Ther*. 2000;80:485-498.
- Vezina MJ, Hubley-Kozey CL. Muscle activation in therapeutic exercise to improve trunk stability. *Arch Phys Med Rehabil*. 2000;81:1370-1379.
- Williams HG, Mc Clenaghan BAQ, Cickerson J. Spectral characteristics of postural control in elderly individuals. *Arch Phys Med Rehabil*. 1997;78:737-744.