

## 엉덩관절 각도에 따른 PNF 하지굴곡패턴운동이 체간 근활성도에 미치는 영향

기경일<sup>1\*</sup> · 조혁신<sup>2</sup> · 심선미<sup>3</sup> · 박현주<sup>4</sup> · 차현규<sup>4</sup>

<sup>1</sup>보니파시오요양병원 물리치료실, <sup>2</sup>주은 라파스병원 물리치료실,  
<sup>3</sup>유성 웰니스병원 물리치료실, <sup>4</sup>대전대학교 자연과학대학 물리치료학과

### The Effects of PNF Leg Flexion Patterns according to the Hip Joint Angle on EMG Activity of the Trunk

Kyong-II Ki, PT, MSc<sup>1\*</sup>; Hyuk-Shin Cho, PT, MSc<sup>2</sup>; Sun-Mi Sim, PT, MSc<sup>3</sup>;  
Hyun-Ju Park, PT, MSc<sup>4</sup>; Hyon-Gyu Cha, PT, MSc<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Department of Physical Therapy, Bonifacio Hospital

<sup>2</sup>Department of Physical Therapy, Joeeun-raphas Hospital

<sup>3</sup>Department of Physical Therapy, Yuseong Wellness Hospital

<sup>4</sup>Department of Physical Therapy, College of Natural Science, Daejeon University

#### ABSTRACT

**Purpose** : The purpose of this study was to analyze the effects of proprioceptive neuromuscular facilitation (PNF) leg flexion patterns according to the hip joint angle on electromyographic activity of the trunk.

**Methods** : Thirty healthy adults volunteered to participate in this study. Subjects were required to complete following the PNF leg flexion patterns on three different hip joint flexion 30°, 60° and 90°. An surface electromyogram (SEMG) was used to record the electromyographic activities of the trunk muscle in rectus abdominis, internal oblique abdominal, external oblique abdominal, erector spinae. The data were analyzed using the a repeated measures of one-way ANOVA with post-hoc Bonferroni's correction.

**Result** : The results of this study are summarized as follows: The EMG activities of internal abdominal oblique and elector spinae muscle showed a statistically significant difference ( $p < .05$ ).

**Conclusion** : The result show that electromyographic activity of the trunk muscles significantly changed on PNF leg flexion patterns with difference hip joint angle. Therefore, this study used to basis for the intervention of the trunk muscle strength and stabilization.

**Key Words** : PNF, Lower extremity pattern, Electromyogram, Trunk.

## I. 서 론

체간(trunk)은 인체 중에서 가장 크고 중요한 부위로 머리와 목 그리고 사지를 제외한 부위를 말한다(Neumann, 2002). 체간의 기능은 돌아눕기, 앉기, 서기, 보행 등의 자세변화와 이동능력 및 옷 입기, 세수하기, 밥 먹기 등의 자기관리 기능에서 사지가 움직일 때 가동성(mobility) 및 안정성(stability)을 제공한다. 체간의 근육들은 긴장성 또는 자세성 근육으로 신체의 기능적 활동에서 중력 및 신체 외부의 자극 등에 대하여 인체의 중심으로 균형 및 자세 등을 유지하는 매우 중요한 역할을 한다(Akuthota와 Nadler, 2004; Marshall과 Murphy, 2005; Moseley 등, 2003). 또한 척추의 복부 근육과 다열근을 동시에 활성화시키는 체간 안정화 운동은 자세유지 및 조절 능력을 증진시키는데 효과적이다(Hodges와 Richardson, 1996; McGill, 2001).

체간이 불안정할 경우에는 체간과 사지 간의 움직임에 영향을 미쳐 많은 일상생활 동작 중에서 이동능력 및 자기관리 기능 등에 제한을 초래한다. 또한 체간의 불안정성으로 발생한 신체 기능 및 구조는 척추 구조와 주변 연부 조직 등의 불균형과 과도한 부하로 인해 요추부가 손상되어 요통을 발생시키는 원인이 된다(Akuthota와 Nadler, 2004; O'Sullivan, 2000). 따라서 균형 및 자세조절을 위한 체간 및 요부의 안정화에 대한 많은 연구들이 다양한 방법들을 통하여 시행되고 있다. 이러한 체간의 안정성을 증진시키기 위해 임상에서 윗몸 일으키기 및 curl up, 그리고 다양한 기구를 사용한 운동 등이 사용되어지고 있다(Escamilla 등, 2006; Haynes, 2004).

체간의 안정화를 위한 운동 시 척추에 과도한 부하를 줄이고, 손상을 예방하기 위해서는 누운 자세, 네발 기기자세, 옆으로 누운 자세, 선 자세 등에서 체간의 중립자세를 유지하면서 체간근을 활성화시키기 위한 등 척성 운동을 시행해야한다고 하였다(McGill 등, 1999).

국내의 많은 연구에서 요통 환자들을 대상으로 시행한 체간 안정화 운동은 통증 감소, 관절가동범위 증가, 근력 증가, 균형 능력 증가로 인해 활동장애를 개선시키는데 효과적이라고 보고하였다(Carpes 등, 2008; Kladny 등, 2003; Moseley, 2002; Niemisto 등, 2003). 뇌성마비 아동과 편마비 환자 등의 신경계 손상 환자를 대상으로 시행한 체간 안정화 운동은 상지의 능동적 관절가동범위 증가와 움직임 속도에 영향을 미치며, 앉기 자세에서 균형 및 자세조절 증진에 효과적이라고 보고하였다(김미선, 2005; 이재학, 2007).

인체의 움직임과 기능적 능력을 증진하기 위한 운동 방법 중 하나인 고유수용성신경근촉진법(proprioceptive neuromuscular facilitation: PNF)은 촉진을 위한 기본 원리(basic principles) 및 기술(techniques) 등을 이용하여 체간의 안정성과, 원위관절의 가동성을 촉진시킨다(배성수 등, 2003; Adler 등, 2008). 이러한 PNF는 O'Sullivan과 Schmize(2001)가 인체의 고유수용기를 다양하게 자극하여 근력, 유연성, 균형능력 등을 증진하는데 효과적인 운동 방법이라고 하였으며, Jette 등(2005)은 기능적 훈련 및 신장운동 그리고 근력 강화를 목적으로 물리치료에서 널리 사용 되어지는 방법이라고 하였다. PNF의 기본 원리 중 패턴은 대각선, 나선형의 운동으로 이루어진 기능적인 움직임으로 신체의 기능 및 구조 중에서 근력 및 관절가동범위 그리고 지구력 등을 증진시켜 일상생활동작 능력을 증진하는 효과적인 방법 중 하나이다(Adler 등, 2008; Kofotolis 등, 2005). 패턴 외에 치료원리 중 하나인 저항은 신체의 일부분 중 강한 신체 분절에 이용할 때 운동과 흐름(motor overflow) 현상으로 인하여 약한 신체 분절의 근육 군에서 방산(irradiation) 및 강화(reinforcement)를 유발한다(Carroll 등, 2006; Munn 등, 2004; Sherrington, 1947). 또한 Angel과 Eppler(1967)는 사지를 이용한 운동이 체간근을 간접적으로 활성화 할 수 있다고 하였으며, 이러한 원리는 국내외 많은 연구에서 근골격계

및 신경계 환자들의 통증 감소 및 약화된 근육군들을 촉진하기 위해 간접적인 치료 방법으로 사용되고 있다고 보고하였다(김종만과 이충휘, 2001; Hortobágyi 등, 1999; Stromberg, 1986; Zhou, 2000).

이처럼 PNF의 기본원리 중 하나인 방산과 강화를 이용하여 간접적인 치료를 목적으로 한 연구에서 PNF의 하지 굴곡 패턴이 체간을 강화시키는 간접적인 영향과 상호 연관성이 있지만, 하지 패턴에서 엉덩관절의 각도에 따른 변화가 체간 근육의 활동성에 어떠한 영향을 미치는지에 관한 연구는 미비한 실정이다. 따라서 본 연구의 목적은 정상 성인 남, 녀를 대상으로 엉덩관절 각도에 따른 PNF 하지 굴곡, 내전, 외회전 패턴 운동이 체간 근활성도에 미치는 영향을 알아보고자 한다.

## II. 연구 방법

### 1. 연구 대상자

본 연구는 2011년 7월 4일부터 7월 29일까지 4주간 대전 소재 B 요양병원에서 시행하였으며, 실험의 내용을 이해하고 참여에 동의한 20~30대의 건강한 성인 남자 15명과 여자 15명을 대상으로 시행 하였다. 대상자는 연구 결과에 영향을 미칠 수 있는 신경계와 심폐계에 이상이 없는 자, 체간과 하지의 근골격계 관련 정형외과적 이상이 없는 자 등으로 선정하였으며, 총 30명의 측정값이 결과 분석에 사용되었다.

연구 대상자의 일반적인 특성은 표 1과 같다.

표 1. 연구대상자의 일반적 특성(n=30)

변 수	평균±표준편차
연령(age)	25.90±3.48
신장(cm)	168.67±9.41
체중(kg)	63.15±10.66
신체질량지수(kg/m <sup>2</sup> )	22.13±2.62

### 2. 실험 방법

본 연구의 실험은 연구 대상자에게 영향을 줄 수 있

는 요인 등을 최소화하기 위하여 조용한 치료실에서 연구자와 연구보조자 그리고 대상자만 참여하였다. 측정된 자료들을 표준화하기 위해 실험 전 각 체간 근육들의 최대 수의적 등척성 수축(maximal voluntary isometric contraction: MVIC)을 먼저 측정하였으며, 측정 자세는 Kendal 등(2005)이 제시하는 자세에서 벨트를 이용하여 하지를 테이블에 고정 후, 각 근육의 최대 등척성 수축이 5초 동안 지속될 수 있도록 구두로 격려 하였으며, 3회씩 반복 측정하였다. 각 측정 사이에 피로를 줄이기 위하여 1분간의 휴식을 취하였다.

본 실험을 위해 적용된 자세는 양손을 교차시켜 가슴 위에 올려놓고, 두 다리는 어깨 넓이만큼 벌린 후 바로 누운 자세에서 시행하였다. 실험 방법은 우세 측 엉덩관절 30° 굴곡과 60° 굴곡 그리고 90° 굴곡의 3가지 조건에서 PNF 하지 굴곡, 내전, 외회전 패턴 운동을 시행하였으며(그림 1), 운동의 적용 순서는 무작위로 시행하였다.



그림 1. PNF 하지 굴곡/내전/외회전 패턴 운동. (A) 엉덩관절 굴곡 90°, (B) 엉덩관절 굴곡 60°, (C) 엉덩관절 굴곡 30°.

각각의 운동은 동일 자세에서 5초간 최대 등척성 수축 후 1분 휴식의 방법으로 3회 반복 측정하였다. 운동시에 측정된 체간근의 활성도는 초기와 후기 각 1초를 제외한 중간 3초 동안의 평균값을 구한 후 실험 전 측정된 체간 근육들의 최대 수의적 등척성 수축을 기준으로 백분율로 환산하여 %최대 수의적 등척성 수축(%MVIC)으로 표준화 하였다.

### 3. 측정 도구 및 방법

본 연구에서 하지의 엉덩관절 굴곡 각도를 측정하기 위해 PVC재질의 각도계를 사용하였으며, 체간 근육의

활성도를 측정하기 위하여 4개의 채널이 있는 표면 근전도(QEMG-4 system, LXM 3204; Laxtha, Korea)를 사용하였다. 표면전극은 Ag-AgCl 재질의 지름 11mm의 일회용 전극(Electrode 223; 3M, USA)을 사용하였다.

표면 전극을 부착하기 전에 피부 저항을 줄이기 위해 전극 부착부위의 체모를 제거하고 의료용 알코올 솜으로 깨끗이 닦아낸 후 우세 측 체간 근육의 배곧은근(rectus abdominis), 배속빗근(internal oblique abdominal), 배바깥빗근(external oblique abdominal), 척주세움근(erector spinae)의 근 섬유와 같은 방향으로 부착하였다. 배곧은근은 배꼽(umbilicus) 중심선에서 외측으로 2cm 지점, 배속빗근은 위앞 엉덩뼈가시(anterior superior iliac spine)와 배꼽 중심선을 수평으로 연결한 중간 지점, 배바깥빗근은 배꼽 중심선에서 외측 15cm 지점에 부착하였으며, 척주세움근은 L2 극돌기(spinous process)에서 외측 2cm 지점에 부착하였고, 이때 지면에 전극이 닿는 문제를 해결하기 위해 테이블 두 개를 사용하여 일정한 간격을 확보한 후(그림 1) 피험자의 체형에 맞게 수정하여 부착하였다. 접지 전극(ground)은 우세 측 손 노뼈 붓돌기(radial styloid process)에 부착하였다(Hermens 등, 2000). 표면 전극간의 거리는 근육들 사이의 혼선을 최소화하기 위하여 2cm 간격으로 근복(muscle belly)의 중간 지점 위에 부착하였다.

표면 근전도 측정을 위한 환경 설정은 표본 추출률(sampling rate) 1024Hz, 대역통과(band-pass) 필터는 20~450Hz, 노치(notch) 필터는 60Hz로 설정하였다.

실험에서 수집된 근 활성화도 신호는 근전도 소프트웨어인 Telescan 2.89(Laxtha, Korea)를 사용하여 제공 평균 제곱근법(root mean square; RMS)으로 기록하였다.

#### 4. 분석 방법

본 연구에서 대상자들의 일반적 특성을 비교하기 위하여 기술통계량인 평균과 표준편차를 사용하였으며, 각각의 실험에서 측정된 체간 근육의 활성화도를 비교 분석하기 위하여 반복 측정 분산분석(repeated measured

ANOVA)을 사용하였다. 통계적 유의성 검증을 위하여 Bonferroni 사후 검증(post-hoc)을 사용하였다.

수집된 자료들은 윈도우용 SPSS ver. 12.0 통계프로그램을 사용하여 분석하였으며, 통계적 유의수준  $\alpha = 0.05$ 로 하였다.

### III. 연구 결과

엉덩관절 각도에 따른 PNF 하지 굴곡, 내전, 외회전 패턴 운동에서 나타난 배곧은근, 배속빗근, 배바깥빗근, 척주세움근의 활성화도 변화는 표 2에서 제시되었다.

배곧은근은 엉덩관절 90° 굴곡 자세에서  $44.91 \pm 22.13$ 으로 가장 높았고, 엉덩관절 60° 굴곡 자세에서  $40.40 \pm 21.37$ 로 가장 낮았으나 통계적으로 유의한 차이가 없었다. 배바깥빗근은 엉덩관절 90° 굴곡 자세에서  $67.15 \pm 35.99$ 로 가장 높았으며, 엉덩관절 30° 굴곡 자세에서  $63.46 \pm 41.45$ 로 가장 낮았으나, 통계적으로 유의한 차이가 없었다. 그러나 배속빗근은 엉덩관절 60° 굴곡 자세에서  $82.67 \pm 33.16$ 으로 가장 높았고, 엉덩관절 90° 굴곡 자세에서  $76.72 \pm 29.04$ 로 가장 낮았으며, 모든 각도에서 통계적으로 유의한 차이가 있었다( $p < .05$ ). 또한 사후검정 결과 엉덩관절 60° 굴곡 자세와 90° 굴곡 자세 사이에서 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다.

척주세움근은 엉덩관절 90° 굴곡자세에서  $28.29 \pm 20.49$ 로 가장 높았고, 30° 굴곡자세에서  $24.02 \pm 18.22$ 로 가장 낮았으며, 모든 각도에서 통계적으로 유의한 차이가 있었다( $p < .05$ ). 또한 사후검정 결과 엉덩관절 30° 굴곡 자세와 90° 굴곡 자세 사이에서 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다( $p < .05$ ).

### IV. 고 찰

PNF에서 하지 패턴은 골반의 움직임과 밀접한 관계를 가지고 있다. 하지 엉덩관절의 굴곡, 내전, 외회전 패턴은 골반의 전방거상(anterior elevation)과 함께 일어나고, 동시에 궁둥뼈결절(ischial tuberosity)은 안쪽(in)과 위쪽(up) 그리고 앞쪽(front)으로 운동호(arc of

motion)를 만든다 (구봉오 등, 2009). 이러한 골반의 움직임으로 인해 이와 관련된 근육의 작용은 골반의 전방거상에서 배속빗근과 배바깥빗근이 주로 작용을 한다 (Adler 등, 2008). 이러한 움직임과 관련된 근육들의 작용으로 인해 하지 굴곡 패턴의 모든 각도에서 배속빗근이 가장 높은 활성도와 통계적으로 유의한 차이가 있었다( $p < .05$ ). 하지만 척추 세움근에서 가장 낮은 활성도를 보였지만 통계적으로 유의성 있는 결과는 척추 세움근 패턴의 특성상 하지 길이와 자체의 무게를 지지하기 위해 체간의 안정성을 제공하기 위한 복부 근육의 수축 시 일관되게 동시 수축된 결과라 사료된다.

일반적으로 앉은 자세인 엉덩관절 굴곡 각도가 90°인 자세에서는 엉덩관절 굴곡근 과 체간의 근육들은 엉덩관절을 직각으로 지탱하고 체간이 넘어지지 않도록 골반을 견고하게 고정하게 된다(이재학, 2002). 따라서 엉덩관절 굴곡 각도에 의한 복부 근육의 활성도 변화에서 60°와 90° 굴곡 자세에서의 유의한 차이는 비록 누운 자세이지만 엉덩관절 굴곡근과 체간의 근육들은 엉덩관절이 90°에 가까운 직각에 근접 할수록 골반이 견고하게 되어 복부근육이 안정되게 수축된 결과로 사료된다.

또한 엉덩관절 굴곡 각도에 의한 척추 세움근의 변화 중 30°와 90° 굴곡 자세 사이에서 유의한 차이는 엉덩관절 굴곡 각도가 0°인 바로 누운 자세에서 체간과 골반, 복부의 근육, 항중력근들이 최대한 이완되고 골반의 근 활동 시 안정적인 고정을 할 수 없게 되어(이재학, 2002), 복부 근육의 약한 수축력으로 인한 척추 세움근의 과도한 활동에서 기인된 결과라 사료된다. 따라서 척추 전만각(lordotic curve)의 증가로 인한 요통을

유발할 수 있을 것이다.

이처럼 체간 안정성에 관여하는 근육들은 각각의 역할에 차이는 있지만 결과적으로 이들 근육들의 협력수축을 촉진함으로써 체간 안정성을 강화시키는 것이다 (Richardson과 Jull, 1995). 그러므로 체간의 안정성은 많은 체간 근육의 조화된 활동에 의존하는 것으로 척추의 앞 뒤 측면에 있는 근육들이 안정된 강한 수축력을 생산하고, 순간적인 자세와 속도 그리고 척추에 부과되는 다양한 부하 상태에서 안정성을 확보하기 위해 협력수축해야한다(McGill 등, 2003). 따라서 엉덩관절 굴곡 각도의 변화에 따른 체간 근육 활성도의 변화와 안정성의 연구는 하지의 움직임과 체간 근육의 강화 및 협응적 움직임을 유도하는 치료적 중재활동에 있어 중요하다고 사료된다.

## V. 결 론

본 연구는 엉덩관절 굴곡 각도에 따른 PNF 하지 굴곡, 내전, 외회전 패턴 운동이 체간 근육 활성도에 미치는 영향을 알아보고자 하였다.

그 결과 배속빗근이 엉덩관절 60° 굴곡 자세에서  $82.67 \pm 33.16$ 으로 가장 높았고, 엉덩관절 90° 굴곡 자세에서  $76.72 \pm 29.04$ 로 가장 낮았으며, 통계적으로 유의한 차이가 있었다( $p < .05$ ). 또한 척추세움근은 엉덩관절 90° 굴곡 자세에서  $28.29 \pm 20.49$ 로 가장 높았고, 30° 굴곡 자세에서  $24.02 \pm 18.22$ 로 가장 낮았으며, 통계적으로 유의한 차이가 있었다( $p < .05$ ).

따라서 엉덩관절 굴곡각도에 따른 패턴의 적용 시 체간에 미치는 영향이 서로 다름을 고려하여 체간 근육

표 2. 엉덩관절 각도에 따른 PNF 하지 패턴 운동 시 체간 근육의 활성도 변화(n=30)

단위: 평균±표준편차

근육	엉덩관절 각도			F
	30°	60°	90°	
배곧은근	41.13±23.19a	40.40±21.37	44.91±22.13	2.190
배속빗근	78.25±32.49	82.67±33.16	76.72±29.04	4.660*
배바깥빗근	63.46±41.45	64.57±37.21	67.15±35.99	1.774
척추세움근	24.02±18.22	26.85±18.72	28.29±20.49	5.516*

\* $p < .05$

의 안정화 및 활성화를 위한 중재활동의 방향설정에 도움이 될 것이라 사료된다.

## 참 고 문 헌

- 구봉오, 권미지, 김경태 등. 고유수용성신경근촉진법. 대학서림. 2009.
- 김미선. 체간하부 안정성 강화 운동이 편마비 환자의 상지 관절 움직임에 미치는 영향. 용인대학교 재활보건과학대학원. 국내석사학위논문. 2005.
- 김종만, 이충휘. 신경계물리치료학. 정담출판사, 2001.
- 배성수, 이현옥, 구봉오 등. 고유수용성신경근촉진법의 변화와 발전. 대한고유수용성신경근촉진법학회지. 1(1):27-32, 2003.
- 이재학. 고관절 각도변화에 따른 슬관절 굴곡근의 등장성 근력평가. 보건과학논집. 28(1):8-15, 2002.
- 이재학. 수중치료를 통한 체간 근력 강화 훈련이 뇌성마비 아동의 앉기 자세와 하지 근 긴장도에 미치는 영향. 단국대학교. 국내석사학위논문. 2007.
- Adler S, Beckers D, Buck M. PNF in Practice: An Illustrated Guide. 3rd ed. Springer. 2008.
- Akuthota V, Nadler SF. Core strengthening. Arch Phys Med Rehabil. 85(3 Suppl 1):S86-92, 2004.
- Angel RW, Eppler WG Jr. Synergy of contralateral muscles in normal subjects and patients with neurologic disease. Arch Phys Med Rehabil. 48(5):233-239, 1967.
- Carpes FP, Reinehr FB, Mota CB. Effects of a program for trunk strength and stability on pain, low back and pelvis kinematics, and body balance: A pilot study. J Bodyw Mov Ther. 12(1):22-30, 2008.
- Carroll TJ, Herbert RD, Munn J et al. Contralateral effects of unilateral strength training: Evidence and possible mechanisms. J Appl Physiol. 101(5):1514-1522, 2006.
- Escamilla RF, Babb E, DeWitt R et al. Electromyographic analysis of traditional and nontraditional abdominal exercises: Implications for rehabilitation and training. Phys Ther. 86(5):656-671, 2006.
- Haynes W. Core stability and the unstable platform device. J Bodywork Movement Ther. 82(2):88-103, 2004.
- Hermens HJ, Freriks B, Disselhorst-Klug C et al. Development of recommendations for SEMG sensors and sensor placement procedures. J Electromyogr Kinesiol. 10(5):361-374, 2000.
- Hodges PW, Richardson CA. Inefficient muscular stabilization of the lumbar spine associated with low back pain. A motor control evaluation of transversus abdominis. Spine (Phila Pa 1976). 21(22):2640-2650, 1996.
- Hortobágyi T, Scott K, Lambert J et al. Cross-education of muscle strength is greater with stimulated than voluntary contractions. Motor Control. 3(2):205-219, 1999.
- Jette DU, Latham NK, Smout RJ et al. Physical therapy interventions for patients with stroke in inpatient rehabilitation facilities. Phys Ther. 85(3):238-248, 2005.
- Kendal FP, McCreary EK, Provance PG. Muscles: testing and function with posture and pain. 5th ed. Baltimore. Williams & Wilkins. 2005.
- Kladny B, Fischer FC, Haase I. Evaluation of specific stabilizing exercise in the treatment of low back pain and lumbar disk disease in outpatient rehabilitation. Z Orthop Ihre Grenzgeb. 141(4):401-405, 2003.
- Kofotolis N, Vrabas IS, Vamvakoudis E et al. Proprioceptive neuromuscular facilitation training induced alterations in muscle fibre type and cross sectional area. Br J Sports Med. 39(3):e11, 2005.
- Marshall PW, Murphy BA. Core stability exercises on and off a swiss ball. Arch Phys Med

- Rehabil. 86(2):242-249, 2005.
- McGill SM, Childs A, Liebenson C. Endurance times for low back stabilization exercises: Clinical targets for testing and training from a normal database. Arch Phys Med Rehabil. 80(8):941-944, 1999.
- McGill SM. Low back stability: From formal description to issues for performance and rehabilitation. Exerc Sport Sci Rev. 29(1):26-31, 2001.
- McGill SM, Grenier S, Kavcic N et al. Coordination of muscle activity to assure stability of the lumbar spine. J Electromyogr kinesiol. 13(4):353-359, 2003.
- Moseley GL, Hodges PW, Gandevia SC. External perturbation of the trunk in standing humans differentially activates components of the medial back muscles. J Physiol. 547(Pt2):581-587, 2003.
- Moseley L. Combined physiotherapy and education is efficacious for chronic low back pain. Aust J Physiother. 48(4): 297-302, 2002.
- Munn J, Herbert RD, Gandevia SC. Contralateral effects of unilateral resistance training: A meta-analysis. J Appl Physiol. 96(5):1861-1866, 2004.
- Niemisto L, Lahtinen-Suopanki T, Rissanen P et al. A randomized trial of combined manipulation, stabilizing exercises, and physician consultation compared to physician consultation alone for chronic low back pain. Spine(Phila Pa 1976). 28(19):2185-2191, 2003.
- Neumann DA. Kinesiology of the musculoskeletal system: Foundations for physical rehabilitation. MosbyPublication. 2002.
- O'Sullivan PB. Lumbar segmental 'instability': clinical presentation and specific stabilizing exercise management. Man Ther. 5(1):2-12, 2000.
- O'Sullivan SB, Schmitz TJ. Physical Rehabilitation: Assessment and Treatment. 4th ed. FA Davis Company. 2001.
- Richardson CA, Jull GA. Muscle control-pain control: What exercises would you prescribe? Man Ther. 1(1):2-10, 1995.
- Sherrington C. The integrative action of the nervous system. Yale Univ Press. New Haven. 1947.
- Stromberg BV. Contralateral therapy in upper extremity rehabilitation. Am J Phys Med. 65 (3):135-143, 1986.
- Zhou S. Chronic neural adaptations to unilateral exercise: Mechanisms of cross education. Exerc Sport Sci Rev. 28(4):177-184, 2000.