

요통을 가진 대상자에 있어 전방으로 굴곡된 자세 및 갑작스런 부하가 균형 수행력에 미치는 영향

광주보건대학 물리치료과

채 윤 원*

대구대학교 재활과학대학 물리치료학과

이 해 정

울지외과대학교 보건대학원 물리치료학과

박 지 원

The Effects of Balance Performance to Forward Bending Posture and Sudden Load in Subjects with Low Back Pain

Chae, Yun-won, P.T., Ph.D.

Dept. of Physical Therapy, Kwangju Health College

Lee, Hae-jung, P.T., Ph.D.

Dept. of Physical Therapy, College of Rehabilitation Science, Daegu University

Park, Ji-won, P.T., Ph.D.

Dept. of Physical Therapy, Graduate School of Public Health, EulJI University

<Abstract>

The purpose of this study was to determine differences of balance performance to upright standing, forward bending posture, and sudden load during forward bending posture in subjects with and without a history of low back pain. A study was conducted on 8 subjects with low back pain and 13 healthy subjects. Dynamic

*교신저자: 광주광역시 광산구 신창동 광주보건대학 물리치료과. e-mail : ywchae@www.kjhc.ac.kr

Balance System was used to measure the postural sway index, left-right sway index, and anterior-posterior sway index on balance performance. There were no differences between subject groups on balance performance during upright standing. Balance performance was increased in forward bending posture and decreased in sudden load during forward bending posture in subjects with low back pain. These results suggest that subjects with low back pain demonstrated increased activity and decreased reaction times of trunk muscles.

Key words : low back pain, balance performance, sudden load, forward bending

I. 서 론

산업장에서 발생하는 가장 흔한 유형의 손상은 근골격 손상이며, 이러한 유형의 손상 중에서 가장 흔한 병변으로 지적되고 있는 것이 요통이다. 아직까지 병인에 대한 논쟁은 여전히 있으나, 산업장의 환경을 고려한다면 역학적 요인이 중요한 위치를 차지하고 있음을 알 수 있다(Damkot 등, 1984; Pope 등, 1991). 이러한 역학적 요인 중 물건 들어올리기를 위한 전방굴곡 자세(Damkot 등, 1984; Punnett 등, 1991; Svensson 등, 1989; Videman 등, 1989)나 기대하지 않았던 갑작스런 부하에 대한 노출(Radebold 등, 2001; Radebold 등, 2000; Wilder 등, 1996) 등은 요통의 유발이나 재발에 있어 강력한 연관성이 있다고 보고되고 있다. 이러한 전방 굴곡이나 갑작스런 부하는 여러 형태로 발생할 수 있으며 여가활동이나 산업장에서 쉽게 경험할 수 있다. 특히, 환자를 다루는 물리치료사는 환자로 인해 체간의 전방 굴곡이나 갑작스런 부하에 노출되기 쉬운 경향이 있다(Molumphy 등, 1985).

갑작스런 부하는 요추와 주변 조직에 대한 역학적 손상의 중요 원인이 된다. 갑작스런 부하에 노출되었을 때 신경근계는 과활동을 하게 된다. 내적인 근육의 힘이 외적인 부하에 비해 모멘트 팔이 비교적 짧기 때문에 척추의 균형과 안정을 유지하기 위해서는 적용된 부하의 힘보다 더 큰 근력을 발휘해야 한다(Wilder 등, 1996). 이렇게 발휘된 큰 근력은 대부분 요추에 대한 압박력과 전단력으로 작용하게 되며, 유해수용기와 고유수용기를 포함하고 있는 연부조직에 손상을 초래하게 된다(Lavender 등, 1993).

자세조절을 위한 전반적인 전략은 균형의 동요를 최소

화하기 위한 것이다(Biryukova 등, 1999; Crenna 등, 1987; Wolf 등, 1999). 균형의 동요가 수직적 움직임에 의해 유발될 때 피드백 자세수정과 피드포워드 자세수정을 사용하여 균형은 조절된다(Biryukova 등, 1999). 그러나 대상자가 예측할 수 있는 상황에서 외적으로 유발된 자세동요를 대처할 때 피드포워드 조절은 부족하나 방해가 자기 자신의 움직임에 의해 직접적으로 유발될 때는 분명하게 작용한다고 보고하였다(Struppler 등, 1993). Nouwen 등(1987)은 근전도 연구를 통해 체간 굴곡과 같은 과제를 수행하는 동안 요통 환자들은 척추 기립근의 증가된 활동을 보인다고 하였다. Mok 등(2004)은 힘판을 통해 한쪽 다리로 서 있기 동안 고관절에서의 전-후 전단력을 연구한 결과 대조군에 비해 요통 환자군에서 유의한 감소가 있음을 보고하였다. 이러한 연구들의 결과를 보면 주어진 상황에 대해 자신의 동요를 예측하여 척추 주위의 근육을 보다 더 수축하여 자세의 동요를 최소화시키고자 한다는 것을 알 수 있다.

또한, 피드백 자세조절은 예측할 수 없는 상황에서 외적으로 유발된 자세동요에 대해 균형을 유지하는데 사용된다(Hay와 Redon, 1999). 피드백 조절은 운동출력을 조절하기 위해 감각기로부터의 신호와 기준신호를 비교하여 오차신호를 만들어내고, 이러한 오차는 즉시 운동출력에서의 보상적 변화를 만들어낸다. 그러나 요통 환자와 같이 손상된 고유수용기로부터의 감각입력은 기준신호를 변화시키게 되고, 변화된 기준신호는 운동출력에 영향을 미치게 된다. Redebold 등(2001)은 체간에 적용된 부하를 갑작스럽게 제거하였을 때 체간 근육에서의 반응시간을 측정하였다. 이들의 연구에 따르면, 요통 환자군들의 근육 반응시간은 지연되어서 나타났고 이로 인해 요추의 자세 조절은 방해받게 된다고 언급하였다.

신체의 균형 유지는 세가지의 중요 감각입력 기관인 시각계, 전정계, 및 체성감각계의 상호작용과 정확하게 협응된 여러 관절에서의 운동출력에 의한 복잡한 과제이다(Mergner와 Rosemeier, 1998). 적절한 운동출력을 만들어내기 위해서는 운동조절의 3단계인 척수반사, 뇌간 균형, 그리고 인지적 프로그램화의 조화된 결합으로 얻어진다(Lephart 등, 1997). 척수반사 경로는 근방추와 골지건기관으로부터의 고유수용성 입력을 사용한다. 뇌간 경로는 전정 및 시각 입력과 관절 수용기로부터의 고유수용성 사용을 협응시킨다. 인지 프로그램화는 반복 사용으로 인해 저장된 중추명령에 근거해 수의적 조절을 유도한다. 이러한 내용으로 볼 때 갑작스런 부하에 대한 지연된 근육 작용시간과 자세 동요가 요통환자에게서 증가되어 나타난다는 것은 손상된 고유수용기로부터의 감각입력에 문제가 있는 것이라고 가설화 할 수 있다(Oxland와 Panjabi, 1992). 또한, Mok 등(2004)은 요통환자의 자세조절에 있어 시각적 입력은 중요하다고 하였으며, 시각을 차단하였을 때 균형을 장애는 대조군보다 요통 환자군에서 더 크게 나타난다고 하였다.

본 연구는 세가지의 목적을 갖고 실시되었다. 첫째, 똑바로 서있는 자세에서 요통군과 대조군에 균형 수행력의 차이가 있는지 비교하고자 한다. 둘째, 체간이 전방 굴곡된 과제에서의 자세 동요를 최소화하기 위한 피드포워드 자세조절의 사용에 있어 요통군과 대조군간에 균형 수행력의 차이가 있는지 비교하고자 한다. 셋째, 체간이 전방

굴곡된 자세에서 갑작스런 부하를 적용하였을 때 자세 동요를 최소화하기 위해 피드백 자세조절을 사용 하는데 있어 요통군과 대조군간에 균형 수행력의 차이가 있는지 비교하고자 한다. 또한 본 실험에서는 고유수용기로부터의 감각입력을 최대화시키기 위해 시각적 차단을 사용한 상태에서 실시되었다.

II. 연구방법

1. 연구 대상

본 연구에 참여한 실험군은 총 21명으로서 8명의 요통군과 13명의 대조군으로 구성되었다. 요통군은 1년 이상의 요통 병력을 갖고 있으면서 지난 6개월 내에 적어도 한번 이상의 요통 증상 발현이 있었던 사람을 대상으로 하였다. 요통군의 선정에 있어 비근골격계 병인, 신경학적 병변, 이전의 수술, 구조적 변형, 선천적 척추 병변, 통증 경감을 위한 약물 복용, 또는 균형 수행력 측정에 문제가 될 수 있는 전정감각에 문제가 있는 사람은 제외 대상으로 하였다. 대조군은 요통군의 제외 대상 내용에 최근 3년 이내에 3일 이상 지속된 요통을 갖고 있지 않는 자 또는 신경근이나 자세에 이상이 없는 자를 광고를 통해 모집되었다. 대상자의 일반적 특성은 표 1에 제시되었다.

표 1. 요통군과 대조군의 일반적 특성(n=24)

	요통군(n=10)	대조군(n=13)
나이(yrs)	24.4 ± 2.3	23.46 ± 2.7
체중(kg)	52.8 ± 4.1	53.23 ± 5.3
키(m)	1.60 ± 0.4	1.59 ± 0.49
요통 기간(y)	3.29 ± 1.0	

2. 연구 재료

균형 수행력 측정을 위한 균형 중심의 변화는 평형력 측정장치(Dynamic Balance System, Chattanooga Group, Inc, P.N. 53348 Rev. B 12/96)를 이용하여 측정하였다. 이 장치는 전후 직선 이동과 전후 기울임이

가능한 판과 중족골두와 발뒤꿈치에 수직으로 작용하는 힘을 측정할 수 있는 2개의 발판이 있으며 화면으로 처리되는 컴퓨터와 연결되어 있다. 균형 중심은 중족골두와 발뒤꿈치 사이의 지점으로 체중의 25%인 곳으로 표시되며 균형 중심의 좌우 이동에 따라 COBX의 값이 변하고 전후 이동에 따라 COBY의 값이 변하여 자세동지수를 거리로 나타내게 된다. 균형중심이 좌우와 전후로 이동한

거리 또한 동요지수로 표시된다. 좌우동요지수는 왼쪽으로 이동한 최대 이동 거리와 오른쪽으로 이동한 최대 거리를 합하여 계산되며, 전후동요지수는 발가락과 발뒤꿈치 쪽으로 최대로 이동한 거리의 합으로 측정된다. 무게 중심점의 변화는 1msec 단위로 측정된다.

3. 연구방법

대상자는 평행력 측정장치의 판 위에 있는 발판에 올라선다. 실험을 하는 동안 기립자세를 취해야 하며 발을 떼는 일이 없도록 주의를 주었다. 대상자의 시각과 청각을 차단하기 위해 눈가리개와 귀마개를 착용시켰다. 첫 번째 실험은 똑바로 서 있는 자세의 균형 수행력 측정을 위해 대상자에게 스스로 균형 있는 자세를 취하도록 요구했으며, 머리의 움직임은 균형 수행력에 영향을 미칠 수 있기 때문에 움직이지 않도록 주의 주었다. 또한 호흡은 편안하게 정상 호흡을 하도록 요구하였다. 이 자세에서의 측정 시간은 25초이다. 두 번째 실험은 전방으로 굴곡된 자세에서의 균형 수행력 측정을 위해 측각계를 이용하여 대퇴에 대해 체간이 30° 굴곡을 취하게 하였으며 주의 사항은 똑바로 서있는 자세와 같은 명령어를 주어 피드포워드 자세조절을 이용하도록 하였다. 이 자세에서의 측정 시간은 25초이다. 세 번째 실험은 전방으로 굴곡된 상태에서의 갑작스런 부하에 대한 균형 수행력 측정으로 두 번째의 동작에서와 같이 30° 체간 굴곡을 이용하였으며 견관절은 50° 굴곡하고 주관절은 110° 굴곡 자세를 취

하게 한 후 바구니를 들게 하였다. 이때 피드백 자세조절을 유도하기 위해 갑작스런 부하를 적용하여야 하는데, 갑작스런 부하의 적용은 Wilder 등(1996)이 이용한 방법을 수정하여 600g의 무게를 바구니에서 1.5m되는 지점에서 대상자가 인지하지 못한 상황에서 적용하였다. 측정 시간은 갑작스런 부하 적용 전 2초와 적용 후 3초를 측정하여 총 5초를 측정하였다. 모든 실험에서는 5번의 반복측정을 하였고 반복측정간 휴식기간은 1분으로 하였고 실험간 휴식은 3분으로 하였다.

4. 자료처리

자료처리는 SPSS 10.0 for Win을 이용하여 대상자의 일반적 특성은 평균을 제시하였고, 자세동요지수, 좌우동요지수, 그리고 전후동요지수에 대한 요통군과 대조군의 집단간 비교를 위해 독립 t-검정을 실시하였다.

Ⅲ. 결 과

1. 똑바로 선 자세의 균형 수행력

똑바로 선 자세의 균형 수행력에 있어 요통군과 대조군 간의 자세동요지수, 좌우동요지수, 그리고 전후동요지수에서는 유의한 차이가 없었다(표 2).

표 2. 똑바로 선 자세에서의 균형 수행력

단위(cm)

균형 수행력	실험군	평균±표준편차	t-값	p
자세동요지수	요통군	.429±.067	1.611	.704
	대조군	.359±.097		
좌우자세동요	요통군	.888±.143	1.797	.074
	대조군	.814±.039		
전후자세동요	요통군	.910±.305	.821	.112
	대조군	.798±.304		

2. 전방으로 굴곡된 자세에서의 균형 수행력

전방으로 굴곡된 자세에서의 균형 수행력에 있어 자세

동요지수, 좌우동요지수, 그리고 전후동요지수는 대조군에 비해 요통군이 유의하게 더 적게 나타났다(표 3).

표 3. 전방으로 굴곡된 자세에서의 균형 수행력

단위(cm)

균형 수행력	실험군	평균±표준편차	t-값	p
자세동요지수	요통군	.343±.034	-2.303	.033
	대조군	.380±.037		
좌우자세동요	요통군	.722±.145	-2.524	.021
	대조군	.862±.108		
전후자세동요	요통군	1.433±.218	-3.250	.004
	대조군	1.692±.146		

*p<.05

3. 전방으로 굴곡된 자세에서의 갑작스런 부하에 대한 균형 수행력

형 수행력에 있어 자세동요지수, 좌우동요지수, 그리고 전후동요지수는 대조군에 비해 요통군이 유의하게 더 적게 나타났다(표 4).

전방으로 굴곡된 상태에서의 갑작스런 부하에 대한 균

표 4. 전방으로 굴곡된 상태에서의 갑작스런 부하에 대한 균형 수행력

단위(cm)

균형 수행력	실험군	평균±표준편차	t-값	p
자세동요지수	요통군	1.916±.426	4.011	.001
	대조군	1.381±.182		
좌우자세동요	요통군	1.912±.303	2.687	.015
	대조군	1.578±.260		
전후자세동요	요통군	4.878±1.002	2.667	.015
	대조군	4.077±.346		

*p<.05

IV. 고 찰

본 연구는 요통군과 대조군의 균형 수행력 비교에 있어 전방으로 굴곡된 자세와 전방으로 굴곡된 자세에서의 갑작스런 부하에 대한 반응에 있어 차이가 있음을 보였다(p<.05). 그러나 똑바로 선 자세에서의 균형 수행력에서는 요통군과 대조군에서 차이가 없음이 나타났다.

Mok 등(2004)은 눈을 가리고 똑바로 선 자세에서의 압력중심 이동의 범위는 요통군이나 대조군에서 유의한 차이가 없다고 하였으며, Radebold 등(2001)은 편평한

의자에 앉은 자세에서의 압력중심 이동은 요통군이나 대조군에 유의한 차이가 없다고 하였다. 이러한 연구는 본 연구의 결과에서 나온 똑바로 선 자세에서의 자세동요지수, 좌우동요지수, 그리고 전후동요지수의 거리가 요통군과 대조군에 유의한 차이가 없다는 것과 유사하였다.

Horak과 Nashner(1986)는 편평한 지지면에서의 똑바로 선 자세 유지는 족관절 전략을 사용하지만, 자세 방해를 제공할 만한 과제를 제공하면 고관절 전략을 사용한다고 하였다. 그러나 대부분의 환경에서는 족관절과 고관절의 혼합된 전략을 사용하며, 대상자에 따라 그 사용 비

올은 달라지게 된다. Mok 등(2004)은 대상자의 고관절 전략 사용을 높이기 위해 좁은 발판 위에 한발로 서있게 하였다. 이 실험의 결과에서 자세가 불안정 함에도 대조군에 비해 요통군에서 고관절 전략의 사용이 더 낮게 나타났다. 고관절 전략의 사용 감소는 요추근육들의 증가된 활동에 의해 요추와 고관절의 운동이 감소되었기 때문이다. 본 연구에서도 전방으로 굴곡된 자세에서의 균형 수행력은 대조군 보다 요통군에서 더 높게 나왔다. 이러한 결과는 전방으로 굴곡된 자세를 수행하는 방법에 있어 대상자들이 피드포워드 자세 조절을 사용하기 때문이다. 대상자들은 전방으로 굴곡된 자세에서의 자세 동요를 예측하여 증가된 근육의 활동을 동원하게 되는데, 대조군에 비해 요통환자들은 더 많은 근육의 활동을 사용해 자세를 유지하려고 노력하게 되는 것이다. Naoyuki와 Ito(2005) 그리고 Shivonen 등(1991)은 체간 굴곡과 같은 과제동안 요통군이 대조군에 비해 더 많이 증가된 척추기립근의 활성을 나타낸다고 보고하였으며, 이러한 결과는 척추간 운동의 감소와 연관이 있다고 말하였다.

그러나, 전방으로 굴곡된 자세에서 요통군이 척추 기립근과 같은 근육을 보다 더 사용하여 균형 수행력이 더 높았다 해서 요추의 안정성이 더 높다는 것은 아니다. 요추의 안정성은 표층의 광근육계(global muscle system)와 심부의 국소근육계(local muscle system) 간의 협응된 동원에 의해 얻어진다(O' Sullivan, 2000). 광근육계는 운동성은 물론 안정성을 위해 척추의 뻗뻗함을 제공하고 국소근육계는 척추 분절간 안정을 유지하는데 기여한다. 요통 환자에 있어 체간 표층근육인 광근육계는 증가된 활동을 보이는 반면, 심부의 국소근육계는 감소되거나 지연된 활동을 보이게 된다(Ferreira 등, 2004). 특히, 요통 환자들은 복횡근(Hides 등, 1996)과 요추 다열근(Ferreira 등, 2004)의 감소된 활동과 크기의 감소를 보인다. 요통 환자에 있어 증가된 광근육계의 활성화와 감소된 국소근육계 사이의 관계는 명확하지 않지만, 광근육계의 과활성은 국소근육계 기능의 감소를 보상하기 위해 동원된다고 가설을 세울 수 있을 것이다. 따라서 본 연구에서 나타난 전방으로 굴곡된 자세에서의 균형 수행력이 대조군에 비해 요통군에서 더 높게 나타난 이유는 국소근육계의 기능 감소를 보상하기 위한 광근육계의 과활성으로 요추의 움직임을 제한하여 자세동요를 감소시켰다라고 말할 수 있을 것이다.

Wilder 등(1996)은 요통군과 대조군을 비교하였을 때 갑작스런 부하에 대한 근육의 반응패턴은 분명한 차이

가 있다고 하였으며, 대조군에 비해 요통군에서 갑작스런 부하의 제거시 근육의 반작용 시간이 더 길게 나타난다고 하였다. 또한, Radebold 등(2000)은 요통군에서의 근육 동원패턴은 대조군에서의 동원패턴과는 다르다고 하였다. 따라서, 갑작스런 부하의 적용시 근육의 반응 시간이 더 길게 나타난다는 것은 자세동요의 원인이 될 것이다. 본 연구의 결과에서와 같이 전방으로 굴곡된 상태에서의 갑작스런 부하에 대한 균형 수행력이 대조군에 비해 요통군에서 낮게 나온 이유는 갑작스런 부하의 적용으로 인한 자세동요시 피드백 자세조절을 사용하는데 있어 근육의 반응 시간이 지연되었기 때문이라고 설명할 수 있을 것이다. 요통 환자에 있어 갑작스런 부하에 대한 반응시간이 더 길어진 이유는 연부조직 손상의 결과로 요추를 안정시키기 위한 운동조절 전략이 변경되었기 때문이다. 이전에 손상된 연부조직으로 인해 고유수용기도 손상되어, 갑작스런 부하의 적용시 정확한 반사반응이 나오지 않기 때문이다.

본 연구에서는 근전도를 사용하지 않았기 때문에 균형 수행력의 결과에 미치는 근육 역할에 대한 정확한 정보는 얻을 수 없었다. 전방으로 굴곡된 상태에서의 균형 수행력이 요통군에서 더 높게 나타난 것을 이전의 선행 연구 결과를 토대로 해석한다면 체간의 광근육계의 과활성으로 자세동요를 낮추게 된 것이라고 가설화할 수 있을 것이다. 그러나 이러한 광근육계의 활성화는 국소근육계의 활성 감소에 대한 보상작용을 나타낸 것이기 때문에, 물리 치료 임상에서는 요통 환자를 재활하는데 있어 국소근육계의 활성 증가를 성취할 수 있는 운동을 권장해야 할 것이다. 또한 전방으로 굴곡된 상태에서의 갑작스런 부하에 대한 균형 수행력이 있어 요통군이 더 낮게 나타난 것은 근육의 반응 시간이 지연되었기 때문에 자세동요가 더 크게 나타난 것이라 가설화할 수 있다. 따라서 요통 환자를 재활하는데 있어 대상자의 작업 활동이나 일상생활 동작 중 전방으로 굴곡된 상태에서 갑작스런 부하에 노출되지 않도록 교육시키는 것은 물론 근육의 반응 시간을 개선하기 위한 운동학습과 운동조절을 강조해야 할 것이다.

V. 결 론

요통군 8명과 대조군 13명을 대상으로 똑바로 선 자세, 전방으로 굴곡된 자세, 그리고 전방으로 굴곡된 자세

에서의 갑작스런 부하 적용시 나타나는 균형 수행력의 변화를 알아보고자 실시된 자세동요지수, 좌우동요지수, 그리고 전후동요지수의 결과는 다음과 같다.

1. 똑바로 선 자세에서의 균형 수행력은 요통군과 대조군에 차이가 없었다.
2. 전방으로 굴곡된 자세에서의 균형 수행력은 대조군에 비해 요통군에서 유의하게 더 높게 나왔다($p < 0.05$).
3. 전방으로 굴곡된 상태에서의 갑작스런 부하에 대한 균형 수행력은 대조군에 비해 요통군에서 유의하게 더 낮게 나왔다($p < 0.05$).

〈 참고 문헌 〉

- Andersson GBJ : The epidemiology of spinal disorders. New York, Raven Press, pp107-146, 1991.
- Biryukova EV, Roschin VY, Frolov AA et al : Forearm postural control during unloading: anticipatory changes in elbow stiffness. *Exp Brain Res* 124, 104-117, 1999.
- Crenna P, Frigo C, Massion J et al : Forward and backward axial synergies in man. *Exp Brain Res* 65, 538-548, 1987.
- Damkot DK, Pope MH, Lord J et al : The relationship between work history, work environment and low back pain in males. *Spine* 9, 395-399, 1984.
- Ferreira PH, Ferreira ML, Hodges PW : Changes in recruitment of the abdominal muscle in people with low back pain. *Spine* 22, 2560-2566, 2004.
- Hay L, Redon C : Feedforward versus feedback control in children and adults subjected to a postural disturbance. *Exp Brain Res* 125, 153-162, 1999.
- Hides JA, Richardson CA, Jull GA : Multifidus muscle recovery is not automatic after resolution of acute, first-episode low back pain. *Spine* 21, 2763-2769, 1996.
- Horak FB, Nashner LM : Central programming of postural movement. *J Neurophysiol* 55, 1369-1381, 1986.
- Lavender SA, Marras WS, Miller RA : The development of response strategies in preparation for sudden loading to the torso. *Spine* 18, 2097-2105, 1993.
- Lephart SM, Pincivero DM, Giraldo JL et al : The role of proprioception in the management and rehabilitation of athletic injuries. *Am J Sports Med* 25, 130-137, 1997.
- Mergner T, Rosemeier T : Interaction of vestibular, somatosensory, and visual signals for postural control and motion perception under terrestrial and microgravity condition. *Brain Res Rev* 28, 118-135, 1998.
- Mok NW, Brauer SG, Hodges PW : Hip strategy for balance control in quiet standing is reduced in people with low back pain. *Spine* 29, E107-E112, 2004.
- Molumphy M, Unger B, Jensen GM et al : Incidence of work-related low back pain in physical therapists. *Phys Ther* 65, 482-486, 1985.
- Naoyuki K, Ito Hiromoto : Electromyographic functional analysis of the lumbar spinal muscles with low back pain. *Jnippon Med Sch* 72, 165-173, 2005.
- Nouwen A, Van Akkerveeken PF, Versloot JM : Patterns of muscular activity during movement in patients with chronic low-back pain. *Spine* 12, 777-782, 1987.
- O'Sullivan PB : Lumbar segment "instability". *Manual Therapy* 5, 2-12, 2000.
- Oxland TR, Panjabi MM : The onset and progression of spinal injury. *J Biomech* 25, 1165-1172, 1992.
- Pope MH, Andersson GBJ, Chaffin D : *The Workplace*. 2nd ed, St. Louis, Mosby Year Book, pp117-131, 1991.
- Punnett L, Lawrence JF, Keyserling WM et al :

- Back Disorders and nonneutral trunk postures of automobile assembly workers. *Scand J Work Environ Health* 17, 337-346, 1991.
- Radebold A, Cholewicki J, Polzhofer GK et al : Impaired postural control of the lumbar spine is associated with delayed muscle response times in patients with chronic idiopathic low back pain. *Spine*, 26, 724-730, 2001.
- Radebold A, Cholewicki J, Panjabi MM et al : Muscle responses pattern to sudden trunk loading in healthy individuals and in patients with chronic low back pain. *Spine* 25, 947-954, 2000.
- Shivonen T, Partanen J, Hanninen O, et al : Electric behavior of low back muscles during lumbar pelvic rhythm in low back pain patients and healthy controls. *Arch Phys Med Rehabil*, 72, 1080-1087, 1991.
- Struppler A, Gerilovsky L, Jakob C : Self generated rapid taps directed to the opposite forearm in man: anticipatory reduction in the muscle activity of the target arm. *Neurosci Lett* 159, 115-118, 1993.
- Svensson HO, Andersson GBJ : The relationship of low back pain, work history, work environment and stress. *Spine* 14, 517-522, 1989.
- Videman T, Nurminen T, Tola S et al : Low back pain in nurses and some loading factors of work. *Spine* 14, 400-401, 1989.
- Wilder DG, Aleksiev AR, Magnusson ML et al : Muscular response to sudden load. *Spine* 21, 2628-2639, 1996.
- Wolf SD, Slijper H, Latash ML : Anticipatory postural adjustments during self-paced and reaction-time movements. *Exp Brain Res* 121, 7-19, 1999.