

# 예측된 그리고 예측되지 않은 갑작스런 상지로의 부하 적용시 요통 환자와 정상인의 압력 중심 이동 및 근활성 개시에 미치는 영향

채운원

광주보건대학 물리치료과

## The Effect of Center of Pressure Displacement and Muscle Activation Onset during Expected and Unexpected Sudden Upper Limb Loading in Subjects with Low Back Pain and Healthy Subjects

Yun-Won Chae, PT, PhD

Department of Physical Therapy, Kwangju Health College

**Purpose:** This study was to compare the effect of center of pressure(COP) displacement and muscle activation onset during expected and unexpected sudden limb loading in subjects with low back pain and healthy control subjects. Most studies of COP displacement and muscle activation onset on postural task focused on sudden trunk loading or gross limb movements. Investigation of the COP displacement and muscle activation onset during expected and unexpected sudden upper limb loading deserves similar attention. **Methods:** For this study, 14 subjects with low back pain and 12 healthy control subjects are participated. Force plate and surface EMG measures were used to determine COP displacement and muscle activation onset under expected and unexpected sudden upper limb loading. **Results:** COP displacement and muscle activation onset under unexpected sudden upper limb loading were similar in subjects with low back pain and healthy control subjects. However, COP displacement and muscle activation onset under expected sudden upper limb loading were shortened in healthy control subject but not among the subjects with low back pain. **Conclusion:** The results provide evidence for impaired feed-forward control in subjects with low back pain. (*J Kor Soc Phys Ther 2006;18(4):51-60*)

**Key Words :** low back pain, sudden upper limb loading, muscle activation onset, COP, feed-forward control

### I. 서론

적절한 근육의 조절, 움직임 감각, 그리고 자세 조절은 요추 손상의 예방에 있어 중요한 역할을

담당한다. 손상으로부터 요추를 보호하기 위해서는 주어진 자세 과제에 대해 적절한 근육 반응의 동원과 자세조절이 요구된다. 따라서, 척추 주위 근에 대한 반사적 조절 및 자세조절에 대한 연구는 척추의 생리와 병태생리를 이해하는데 중요한 정보를 제공하게 된다(Leinonen 등, 2002).

예측하지 못한 상황에서의 갑작스런 부하나 움직임은 요통의 위험요인이 될 수 있다(Magnusson 등,

논문접수일: 2006년 5월 04일  
수정접수일: 2006년 6월 10일  
게재승인일: 2006년 7월 26일  
교신저자: 채운원, ywchae@www.kjhc.ac.kr

1996). 예측하지 못한 부하적용에 대한 반응으로 갑작스런 최대 노력을 발휘하게 되는 직업은 특히 요통의 높은 발병률과 연관이 있다(Mannion 등, 2000). 갑작스런 부하적용에 의한 동요는 자세 안정성을 위협하게 되고 균형 상실의 위험을 증가시키게 된다. 또한 압력 중심(center of pressure)이 지지면을 넘어서게 된다면 넘어짐이나 비틀거림을 유발하게 된다(Chow 등, 2003). 자세 균형을 회복하고 지지면을 넘어서 압력 중심이 이용하는 것을 방지하기 위해서는 근력이 발생되어야 한다. 그러나 이러한 근육 동원은 척추에 대한 압박 부하로 작용하여 요통의 위험을 더욱 증가시키게 된다. 예측하지 못한 상황에서의 부하적용은 예측했을 때의 부하적용보다 체간에서의 최대 근력이 더 높게 발생된다(Marras 등, 1987). 또한 예측하지 못한 상황에서의 동요는 예측했을 때 보다 더 큰 신체 질량중심의 이동을 유발하였다(Lavender 등, 1993). 따라서 부하적용의 예측은 요통 발생의 감소에 기여 수 있다.

상지의 수의적 움직임은 피드포워드(feed-forward) 기전을 통해 체간근육의 활성을 유발한다(Hodges와 Richardson, 1996). 자세 조절에 있어, 중추성 움직임 조절 시스템의 활동이라 할 수 있는 피드포워드 기전은 매우 짧은 잠복기를 통해 앞으로 있을 부하 증가에 의한 자세 동요를 견디기 위해 체간을 미리 준비시키는 과정이다(Leinonen 등 2001). 사지의 수의적 움직임 또는 체간이나 상지로의 예측된 부하적용은 자세 방해를 유발하게 되며, 이를 최소화하여 동적인 척추 안정성을 유지하기 위해서는 대단위 사지 움직임에 반응하는 주동근의 활성 이전에 체간 움직임으로부터의 구심성 입력 없이도 피드포워드 기전에 의한 체간 근육의 활성이 미리 동원하게 된다(Aruin과 Latash, 1995; Hodges 등, 2001; Hodges 등, 2003; Leinonen 등 2002; Wilder 등, 1996).

요통 환자에 있어 상지나 하지의 수의적 움직임시 체간 근육의 활성은 지연되거나 결여된다고 보고 되었으며(Hodges와 Richardson, 1996; Hodges와 Richardson, 1998; Hodges와 Richardson, 1999;

Hodges, 2001), 이러한 피드포워드 조절의 기능 장애는 추간판과 인대의 미세외상이나 외상을 유발할 수 있다고 하였다(McGill, 1997). 그러나 요통 환자에 있어 사지의 수의적 움직임이 아닌 부하 적용시 예측을 통해 나타나는 피드포워드 조절의 영향에 대한 연구는 빈약한 실정이며, 부하적용에 관한 대부분의 연구는 예측되지 않는 상태에서 실시되어 피드포워드 조절을 고려하지 않았다(Radebold 등, 2000; Radebold 등, 2001; Cholewicki 등 2005).

체간은 신체의 일부일 뿐이다. 요통 환자의 치료 방향과 회복 동안의 진행과정 측정을 위해서는 체간 근육의 측정뿐 아니라 전신의 균형 수행력을 나타내는 압력 중심의 이동에 대한 연구도 같이 실시되어야 한다(Mientjes와 Frank, 1999). 균형 수행력은 주로 힘판을 이용한 압력 중심의 이동을 통해 연구되어 왔다. 요통 환자에 있어, 앉은 자세에서의 균형 수행력 측정시 안정된 좌석에서는 정상인과 별 차이가 없었으나 불안정한 좌석에서는 압력 중심의 이동에 유의한 차이를 보였고(Radebold 등, 2001), 똑바로 서 있는 기립 자세에서의 균형 수행력 측정시 발판이 안정적이고 눈을 뜨고 있을 때에는 정상인과 별 차이가 없었으나 발판의 조건과 시각의 조건을 다양화 하였을 때에는 압력 중심의 이동에 유의한 차이를 보였다(Mientjes와 Frank, 1999). 또한 Hamaoui와 Bouisset(2004)은 요통환자에 있어 좌우 방향에서의 압력 중심의 이동은 유의한 차이가 있었으나 전후 방향에서의 압력 중심의 이동에서는 유의한 차이가 없다고 하였다. 그러나 선행연구들을 보면 요통 환자에 대한 압력 중심의 이동 및 피드포워드가 압력 중심의 이동에 미치는 연구는 거의 없는 상황이다.

따라서, 본 연구는 갑작스런 상지로의 부하를 예측된 상황과 예측되지 않는 상황에서 적용하여 요통 환자군과 정상군의 압력 중심 이동과 근활성 개시를 비교함으로써 피드포워드 자세 조절의 기능장애 유무를 제시하고자 한다. 이는 요통 환자의 재활에 있어 평가와 치료 과정의 측정에 도움을 제시함은 물론, 재발 방지를 위해 실시되는

운동조절과 학습에 입각한 치료적 운동 적용시 피드포워드 자세 조절의 회복을 강조하고자 본 연구를 실시하였다.

## II. 연구방법

### 1. 연구대상

본 연구에 참여한 대상자는 총 26명으로서 12명의 요통군과 14명의 정상 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 병력, 구조적 변형, 선천적 척추 병변, 통증 경감을 위한 약물 복용, 또는 힌판을 이용한 압력 중심 측정에 문제가 될 수 있는 전정감각에 문제가 있는 사람은 제외 대상으로 하였다. 정상 대조군은 요통군의 제외 대상 내용에 최근 1년 이내에 3일 이상 지속된 요통을 갖고 있지 않는 자 또는 신경근이나 자세에 이상이 없는 자를 광고를 통해 모집되었다. 모집된 대상자들에게는 동의서를 통해 실험에 대한 동의를 얻었다. 대상자의 일반적 특성 및 요통군의 기능적 장애를 나타내는 Oswestry 요통장애지수와 통증강도를 나타내는 시각적 상사척도(VAS, 100mm)는 (표 1)에 제시되었다.

표 1. 대상자의 일반적 특성 및 요통군의 기능적 장애와 통증강도

	대조군(n=14)	요통군(n=12)
나이	23.51±1.84	24.43±2.76
체중(kg)	160.57±5.32	163.33±4.1
키(m)	51.36±4.4	53.92±5.4
Oswestry 요통장애지수(0-100)		20.17±3.97
시각적 상사척도(100mm)		51.67±15.34

### 2. 연구절차

대상자는 힌판 위에 서서 양 슬관절을 신전하고, 양 주관절은 90도 굴곡하며, 양발의 간격은 어깨 넓이로 벌려서 똑바로 선다(그림 1). 힌판에 발의 모양을 표시하여 대상자가 휴식을 원한다면 잠시 휴식을 허용할 수 있게 하였다.

실험 대상자는 자신의 앞쪽에 있는 상자를 양손으로 잡는다. 0.68kg의 물체가 대상자의 눈높이에서 낙하하여 상자로 떨어지게 되는데, 상자 안에는 물체의 충격 순간을 근전도와 힌판의 자료

에 자동으로 표시할 수 있는 마커 스위치가 내장되어 있다.

상지로의 갑작스런 부하 적용을 위해 이용된 0.68kg의 무게와 적용지점은 요부 근육에서의 활성을 감지할 수 있는 최소한의 무게와 높이로서 대상자의 손상 가능성을 최소화할 수 있다(Leinonen 등, 2001). 대상자는 예측되지 않은 갑작스런 상지로의 부하 적용을 위해 눈을 안대로 가렸고, 예측된 갑작스런 상지로의 부하 적용을 위해 안대를 제거하였다. 각 실험은 3회씩 실시하였으며 실험간 휴식시간은 30초로 하였다

채운원 : 예측된 그리고 예측되지 않은 갑작스런 상지로의 부하 적용시 요통 환자와 정상인의 압력 중심 이동 및 근활성 개시에 미치는 영향

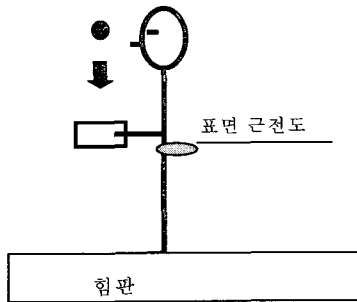


그림 1. 실험을 위한 측정 자세

### 3. 실험기기

#### 1) 근전도 및 힘판 신호 수집

요추기립근의 근활성 개시를 측정하기 위해 표면 근전도(ME 6000, Mega Electronics Ltd., 핀란드)를 이용하였다. 표면 근전도 신호 수집을 위해 전극(EL503, BIOPAC SYSTEMS, 미국)을 부착하기 전에 측정 부위의 피부저항을 감소시킬 목적으로 면도 후 사포로 3-4회 문질러 피부 각질층을 제거하고 소독용 알코올로 피부지방을 제거하였다. 활성전극은 제3 요추의 극돌기에서 외측으로 3cm 떨어져 있는 오른쪽 요추기립근에 평행하게 부착하였으며 전극 사이의 거리는 3cm를 유지하였고, 기준전극은 활성전극에서 외측으로 9cm

되는 지점에 부착하였다(Leinonen 등, 2001).

raw 근전도 신호는 1000Hz의 표본추출율과 8-500Hz의 주파수 대역폭으로 기록되었다. 압력 중심을 측정하기 위해 로드셀에 연결된 스트레인 게이지의 변위로 3개의 힘( $F_x$ ,  $F_y$ ,  $F_z$ )과 3개의 모멘트( $M_x$ ,  $M_y$ ,  $M_z$ )를 측정 할 수 있는 힘판(4060H, Bertec Corporation, 미국)이 사용되었다. 실험전 힘판은 영점 조정 단계를 거쳤으며, 자료는 1000 Hz의 표본추출율로 기록되었다.

#### 2) 자료수집

요추기립근의 근활성 개시 시간은 비평균화된(nonaveraged) 정류(rectified) 자료로부터 시각적 방법을 이용해 결정되었다(Leinonen 등, 2001; Hodges 등, 2001; Hodges 등, 2003).

수집된 근전도 자료의 분석을 위해 대상자가 들고 있는 상자 안의 마커 스위치에 의해 표시된 물체의 충격 순간을 기준시간으로 설정하였고 근전도 주파수의 변화가 감지되는 순간을 시각적 방법을 이용하여 표시하였다. 근활성 개시시간은 기준시간과 시각적 방법으로 표시된 지점사이의 차이를 계산을 통해 제시하였다(그림 2).

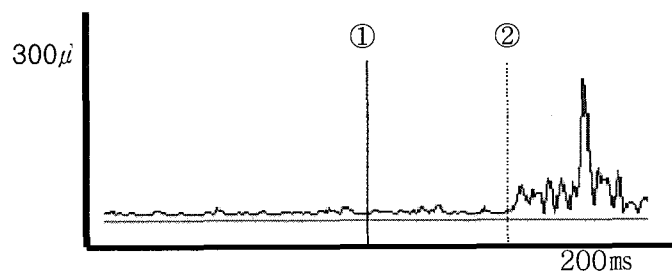


그림 2. 요추기립근의 근활성 개시 시간을 위한 시각적 분석 방법. ①은 마커 스위치에 의해 기록된 충격순간의 표시로 기준시간이며, ②는 시각적 방법을 이용한 주파수의 유의한 변화지점이다. 근활성 개시 시간은 ②-①이다.

압력 중심은 전두축에 대한 모멘트인  $M_x$ 와 수직 지면반발력인  $F_z$ 를 이용해 전후방향에서의 압력 중심 이동을 제시하였다. 전후방향에서의 압력중심( $COP_y$ )은 다음과 같은 공식에서 의해 계산

되었다:

$$COP_y = M_x / F_z$$

$COP_y$ 의 이동은 EXCEL 2000을 이용하여 최대값과 최소값의 차이를 통해 계산되었다(그림 3).

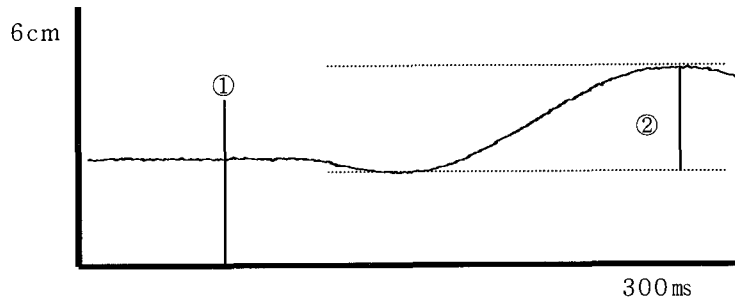


그림 3.  $COP_y$ 의 이동 거리를 구하기 위하여 분석 방법. ①은 마커 스위치에 의해 기록된 충격순간의 표시이며, ②는 최대값과 최소값의 차이에 의한  $COP_y$ 의 이동 거리이다.

#### 4. 통계방법

자료처리는 SPSS 10.0 for Win을 이용하여 대상자의 일반적 특성, 기능적 장애, 그리고 통증강도를 평균과 표준편차로 제시하였고, 요통군과 정상군에서의 예측된 갑작스런 상지로의 부하 적용과 예측되지 않은 갑작스런 상지로의 부하 적용에 따른 요추기립근의 근활성 개시시간과 전후방향에서의 압력 중심 이동에 대한 대상자간 비교와 대상자내 비교를 위해 독립표본 t-검정을 실시하였으며, 통계에 대한 유의수준은 0.05로 하였다.

#### III. 결 과

예측되지 않은 갑작스런 상지로의 부하적용에 있어 요추기립근의 근활성 개시시간은 정상군과 요통군에 유의한 차이가 없었다(표 2). 그러나 예측된 갑작스런 상지로의 부하 적용시 요추기립근의 근활성 개시시간은 정상군에 비해 요통군에서 더 지연되어 나타나 유의한 차이를 보였다(표 2). 정상군에 있어 예측되지 않은 갑작스런 상지로의 부하적용과 예측된 갑작스런 상지로의 부하적용에 따른 요추기립근의 근활성 개시시간은 유의한 차이가 있었다(표 3). 그러나 환자군에서는 유의한 차이가 없었다(표 3).

표2. 정상군(n=14)과 요통군(n=12)에서의 요추기립근의 근활성 개시시간(ms)에 대한 비교

	Controls	Patients	t	P
Unexpected loading	57.11 ± 5.41	59.64 ± 8.01	-0.928	0.365
Expected loading	49.64 ± 2.37	53.88 ± 6.76	-2.238	0.043*

\* P<0.05

표 3. 부하 적용의 방법에 따른 요추기립근의 근활성 개시시간(ms)의 비교

	Unexpected loading	Expected loading	t	P
Controls	57.11 ± 5.41	49.64 ± 2.37	4.957	0.000*
Patients	59.64 ± 8.01	53.88 ± 6.76	1.906	0.07

\* P<0.05

전후 방향에서의 압력 중심 이동에 대한 비교에 있어 예측되지 않은 갑작스런 상지로의 부하 적용시 정상군과 요통군은 유의한 차이가 없었다(표 4). 그러나 예측된 갑작스런 상지로의 부하 적용시 전후 방향에서의 압력 중심 이동은 정상군에 비해 요통군에서 더 멀리 이동하

여 유의한 차이를 보였다(표 4). 정상군에 있어 예측되지 않은 갑작스런 상지로의 부하적용과 예측된 갑작스런 상지로의 부하적용에 따른 전후 방향에서의 압력 중심 이동은 유의한 차이가 있었다(표 5). 그러나 환자군에서는 유의한 차이가 없었다(표 5).

표 4. 정상군(n=14)과 요통군(n=12)에서의 압력 중심 이동(cm)에 대한 비교

	Controls	Patients	t	P
Unexpected loading	2.97 ± 0.71	3.14 ± 0.36	-0.671	0.508
Expected loading	2.49 ± 0.36	2.86 ± 0.43	-2.322	0.03*

\* P<0.05

표 5. 부하 적용의 방법에 따른 압력 중심 이동(cm)의 비교

	Unexpected loading	Expected loading	t	P
Controls	2.97 ± 0.71	2.49 ± 0.36	2.231	0.038*
Patients	3.14 ± 0.36	2.86 ± 0.43	1.334	0.197

\* P<0.05

#### IV. 고 찰

요통군과 정상군의 비교에 있어, 예측되지 않은 갑작스런 상지로의 부하 적용시 요추기립근의 근활성 개시를 위한 잠복기는 60ms 미만으로 나왔으며 두 집단간에는 유의한 차이가 없었다. 이

러한 갑작스런 부하 적용으로 자세 동요는 발생되었으나, 예측되지 않은 상황시 정상군과 요통군의 압력 중심 이동에는 유의한 차이가 나타나지 않았다.

척추 주위근들의 반응에 대한 선행연구들을 살펴보면, 자세 방해 후에 나타나는 척추 주위근들

의 반응 잠복기는 60ms 미만이었으며(Carpender 등, 1999), 손이나 상지에 주어진 방해에 따라 나타나는 척추기립근의 반응 잠복기는 65ms (Marsden 등, 1981)로 나타났고, 수의적인 상지 움직임 동안 상지 동요의 개시 후에 나타난 척추기립근의 자세 반응 잠복기는 50ms로 나타났다. 선행 연구들에서 나타난 근활성 개시시간은 본 연구에서 나타난 개시시간과 비슷한 결과를 보였으며, 이러한 개시시간을 나타내는 반응의 잠복기가 짧은 시간에 나타났기 때문에 짧은 잠복기 반응(short latency response)라 명한다. 그러나 Wilder 등(1996)은 예측하지 못한 상황에서의 상지로의 부하 적용시 요추 근육에서의 반사 활성 잠복기가 80ms로 나타나 다소 긴 시간을 보여 본 연구의 결과와 차이가 있었다. 이러한 차이는 근활성 개시시간에 대한 분석법의 차이로, 본 연구에서는 부하가 주어진 시점을 기준으로 하여 근전도상에 나타나는 유의한 그래프의 변화지점까지의 시간을 근활성 개시시간의 잠복기로 평가하였으나, Wilder 등(1996)의 연구에서는 근전도에서 첫 번째로 나타나는 그래프의 최고점을 기준으로 평가하였기 때문에 차이가 나타난다.

본 연구에서 제시된 예측되지 않은 갑작스런 상지로의 부하 적용으로 나타나는 근활성 개시시간의 잠복기는 매우 짧은 시간 내에 나타났다. 짧은 잠복기를 통해 나타난 이러한 반사 반응은 매우 빠르게 나타나기 때문에 수의적 반응이라 할 수는 없으며 운동피질에 의해 중개되는 것이라고 말할 수는 없다(Leinonen 등, 2002). 상지로의 갑작스런 부하 적용시 체간 근육에서 나타나는 짧은 잠복기에 대한 설명은 두가지의 가능한 기전으로 설명되는데, 첫 번째는 상지로의 부하 적용에 따른 체간에서의 균형 동요로 시작된 신장반사 기전과 두 번째는, 상지로 부하 적용시 상지의 위치 동요로 인한 척수반사 기전으로 나타난다는 것이다(Solomonow 등, 1998). Leinonen 등(2001)에 따르면, 갑작스런 상지로의 부하 적용에 의한 척추 근육들에서의 짧은 잠복기 반응은 척추에서의 감지할만한 움직임이 일어나기 전에 발생된다고 하였고, Zedka와 Prochazka(1997)는

척추 근육에서의 국소 분절적 반사에 의해 손의 움직임은 요추기립근의 활성을 유발할 수 있다고 주장하였다. 따라서 두 번째 기전이 짧은 잠복기 반응에 대한 가능한 기전으로 받아들여지지만 첫 번째 기전을 완전히 배제할 수는 없다. 그 이유는 Hodges 등(2001)의 연구에서 수의적인 상지 움직임 동안 상지에 갑작스런 부하를 제공하였을 때 나타나는 체간 근육에서의 활성은 상지로부터의 구심성 되먹임에 의해 시작되고 체간 움직임으로부터의 고유수용성 정보에 의해 수정된다고 하여 두가지 기전 모두가 체간 근육의 활성에 관여할 수 있다고 볼 수 있다.

예측된 갑작스런 상지로의 부하 적용시 요추기립근의 근활성 개시시간을 위한 잠복기는 정상인과 요통 환자군을 비교했을 때 유의한 차이가 있었다( $p < 0.05$ ). 또한 정상군에 있어 예측되지 않은 상황에서보다 예측된 상황에서의 잠복기는 더 짧게 나타났다( $p < 0.005$ ). 그러나 요통 환자군에 있어 예측된 상황과 예측되지 않은 상황에서의 잠복기는 유의한 차이가 없었다. 갑작스런 상지로의 부하 적용 시점에 대한 예측에도 불구하고, 요추기립근의 반사성 자세 잠복기를 나타내는 근활성 개시시간이 정상인에 비해 요통환자들에게서 더 늦게 나타난다는 것은 정보에 대한 중추처리과정인 피드포워드 자세조절에 문제가 있음을 나타내는 것이다. 이에 따라 요통 환자들의 압력 중심 이동은 정상인에 비해 유의하게 더 많이 이동되었다.

피드포워드 자세조절 기전은 예측된 상황에서의 반응을 조절하는데 관여하기 때문에, 요추의 근육들은 매우 짧은 잠복기를 통해 요추의 움직임이 일어나기 전에 활성화되어 자세의 불균형을 방지하게 된다(Leinonen 등, 2003). 본 연구에 있어, 정상군에서의 갑작스런 상지로의 부하 적용시 예측의 상황은 요추기립근의 개시시간을 단축시켰다. 이러한 예측의 영향은 피드포워드 조절에 의해 설명될 수 있다. 본 연구에서는 예측을 위해 눈에 가리고 있던 안대를 제거하였다. 이런 시각 정보를 이용한 피드포워드 조절은 상지나 체간으로부터의 감각정보에 앞서 운동시스템을

활성화시켰기 때문에 예측되지 못한 상황보다 더 짧은 잠복기는 나타낸 것이다. 예측된 상황에서는 부하가 떨어지는 것을 시각을 이용해 볼 수가 있다. 이러한 상황에서 부하가 떨어지는 시간은 약 200ms가 소요되며, 이런 시간은 운동 시스템이 활성화되기에 충분한 시간으로 고려된다 (Leinonen 등, 2001; Leinonen 등, 2002). 따라서 예측된 상황에서는 일차 운동피질이 체간근육의 활성화에 대한 반사에 관여할 수 있게 된다.

Mok 등(2004)의 연구에 따르면, 시각과 지지면의 면적을 다양화했을 때 정상군에 비해 요통 환자군에서는 전후 방향에서의 압력 중심의 이동 속도는 유의하게 감소하였으나 압력 중심의 이동 범위는 별 차이가 없다고 보고 하였다. Hamaoui와 Bouisset(2004)의 연구에 따르면, 시각과 양발의 넓이를 다양화하여 요통환자와 정상인의 압력 중심의 이동을 평가한 결과, 좌우 방향에서의 이동거리에는 차이가 있으나 전후방향에서의 이동거리는 유의한 차이가 없었다. Mientjes와 Frank(1999)의 연구에서 시각, 체간의 위치, 그리고 머리의 위치의 다양화한 조건에서 정상인과 요통군간에서는 좌우 방향에서의 압력 중심의 이동에는 차이가 있으나 전후 방향에서는 차이가 없는 것으로 나타났다. 압력 중심의 이동에 대한 본 연구의 결과를 보면, 예측되지 않은 상황에 있어 요통 환자군과 정상군간의 전후 방향에서의 압력 중심 이동에는 유의한 차이가 없었다. 이러한 결과는 요추기립근의 근활성 개시시간과 연관하여 생각해 본다면 알 수가 있다. 선행 연구를 보면, 갑작스런 부하에 대한 압력 중심의 이동의 연구는 거의 없는 실정이어서 본 연구의 결과와 직접적으로 비교할 수는 없었다. 본 연구에서는 요추기립근의 근활성 개시와 이에 영향을 받는 전후 방향에서의 압력 중심의 이동만을 연구한 제한점이 있다. 그러나 선행연구의 결과를 보면, 정상인에 비해 요통 환자들의 압력 중심이동은 전후 방향에서 보다 좌우 방향에서 유의한 차이가 보이고 있으므로 차후의 연구에서 갑작스런 부하에 대한 좌우 방향에서의 압력 중심의 이동과 이에 관계되는 근육들의 근활성을 연구해야

할 것으로 보인다.

Hodges 등(2003)의 연구에 따르면, 실험적 근통증에 의한 피드포워드 조절의 변화에 있어 통증의 해결 후에도 체간 근육의 활성 변화는 지속되었다고 하였다. 이러한 결과는 증상이 해결되어도 체간 근육의 동원 전략은 자연적으로 회복되지 않는다는 것을 반증한 것이다. 본 연구의 실험 시점에 있어, 환자군의 요통 증상 유무는 다양하여 증상이 있는 대상자와 없는 대상자도 있었지만 정상 대조군에 비해 이들 모두는 피드포워드 조절에 유의한 차이를 보여 선행 연구와 비슷한 결과를 보였다. 또한, Hides 등(1996)은 급성 요통 발병 후 침상 휴식과 약물만을 처방한 의학적 관리군과 안정화 근육의 재교육을 목적으로 치료적 운동을 처방한 운동치료군을 비교한 결과 급성 요통의 해결 후에 안정화 근육의 기능은 자발적으로 회복되는 것이 아니라 특수한 운동치료에 의해 회복되었다고 하였다.

Kuukkanen과 Mälkiä(2000)는 요통 환자를 대상으로 한 치료적 운동은 자세동요의 변화에 효과적이라고 보고하였다. 이러한 연구의 결과들을 참조할 때, 앞으로의 연구는 피드포워드 조절의 기능장애를 보이는 요통 환자들을 대상으로 잘 조절된 치료적 운동을 적용하여 피드포워드 조절이 회복될 수 있는지를 확인해야 할 것으로 보인다. 또한 본 연구의 제한점으로 좌우 방향에서의 압력 중심 이동과 이에 관계된 근육들의 활성화에 대해서는 연구되지 않았다는 점이다. 이러한 제한점들이 연구되었을 때 본 연구의 임상적 결과로의 적용과 좌우 방향에서의 압력 중심 이동과 체간 근육들의 활성화에 대한 결과를 더욱 보강할 수 있을 것으로 생각된다.

## V. 결 론

본 연구는 요통 환자군과 정상 대조군에 있어 예측되지 않은 갑작스런 상지로의 부하 적용을 통해 요추기립근의 근활성 개시시간과 압력 중심의 이동에 대해 비교하였으며, 피드포워드 조절



의 영향을 알기 위해 상지로의 갑작스런 부하를 예측된 상황에서 적용하였다. 이러한 실험에 따른 결론은 다음과 같다.

1. 예측되지 않은 상지로의 갑작스런 부하 적용시 요통 환자군과 정상 대조군간에는 요추기립근의 근활성 개시 시간과 전후 방향에서의 압력 중심 이동에는 유의한 차이가 없었다.
2. 예측된 상지로의 갑작스런 부하 적용시 요통 환자군과 정상 대조군간에는 요추기립근의 근활성 개시 시간과 전후 방향에서의 압력 중심 이동에는 유의한 차이가 있었다( $p < 0.05$ ).
3. 요통 환자에 있어 상지로의 갑작스런 부하 적용시 예측된 상황과 예측되지 않은 상황에서의 요추기립근의 근활성 개시 시간과 전후 방향에서의 압력 중심 이동에는 유의한 차이가 없었다.
4. 정상 대조군에 있어 상지로의 갑작스런 부하 적용시 예측된 상황과 예측되지 않은 상황에서의 요추기립근의 근활성 개시 시간과 전후 방향에서의 압력 중심 이동에는 유의한 차이가 있었다( $p < 0.05$ ).

이상의 결과로 볼 때, 요통 환자군에서는 자세 조절을 위한 피드포워드 조절에 기능장애가 있다는 것을 알 수 있었다. 따라서, 요통 환자의 치료 및 예방 교육에 있어 피드포워드 조절의 회복에 기여할 수 있는 운동 조절과 학습에 입각한 치료적 운동의 적용을 강조해야 할 것으로 보인다.

## 참고문헌

- Aruin AS, Latash ML. Directional specificity of postural muscles in feed-forward postural reactions during fast voluntary arm movements. *Exp Brain Res.* 1995;103(2):323-32.
- Carpenter MG, Allum JH, Honegger F. Directional sensitivity of stretch reflexes and balance corrections for normal subjects in the roll and pitch planes. *Exp Brain Res.* 1999;129(1):93-113.
- Cholewicki J, Silfies SH, Shah RA et al. Delayed trunk muscle reflex responses increase the risk of low back injuries. *Spine.* 2005;30(23):2614-20.
- Chow DH, Cheng AC, Holmes AD et al. The effects of release height on center of pressure and trunk muscle response following sudden release of stoop lifting tasks. *Appl Ergon.* 2003;34(6):611-9.
- Hamaoui A, Do MC, Bouisset S. Postural sway increase in low back pain subjects is not related to reduced spine range of motion. *Neurosci Lett.* 2004;357(2):135-8.
- Hides JA, Richardson CA, Jull GA. Multifidus muscle recovery is not automatic after resolution of acute, first-episode low back pain. *Spine.* 1996;21(23):2763-9.
- Hodges PW, Richardson CA. Inefficient muscular stabilization of the lumbar spine associated with low back pain. A motor control evaluation of transversus abdominis. *Spine.* 1996;21(22):2640-50.
- Hodges PW, Richardson CA. Delayed postural contraction of transversus abdominis in low back pain associated with movement of the lower limb. *J Spinal Disord.* 1998;11(1):46-56.
- Hodges PW, Richardson CA. Altered trunk muscle recruitment in people with low back pain with upper limb movement at different speeds. *Arch Phys Med Rehabil.* 1999;80(9):1005-12.
- Hodges PW. Changes in motor planning of feedforward postural responses of the trunk muscles low back pain. *Exp Brain Res.* 2001;141(2):261-6.
- Hodges PW, Cresswell AG, Thorstensson A. Perturbed upper limb movements cause short-latency postural responses in trunk muscles. *Exp Brain Res.* 2001;138(2):243-50.
- Hodges PW, Moseley GL, Gabrielsson A et al. Experimental muscle pain changes feedforward postural responses of the trunk muscles. *Exp Brain Res.* 2003;151(2):262-71.
- Lavender SA, Marras WS, Miller RA. The development of response strategies in preparation for sudden loading to the torso. *Spine.* 1993;18(14):2097-105.
- Leinonen V, Kankaanpää M, Luukkonen M et al. Disc herniation-related back pain impairs feed-forward control of paraspinal muscles. *Spine.* 2001;26(16):E367-72.
- Leinonen V, Kankaanpää M, Hänninen O et al. Paraspinal muscle response during sudden upper limb loading. *Eur J Appl Physiol.* 2002;88(1-2):42-9.
- Leinonen V, Kankaanpää M, Luukkonen M et al. Lumbar paraspinal muscle function, perception

채윤원 : 예측된 그리고 예측되지 않은 갑작스런 상지로의 부하 적용시 요통 환자와 정상인의 압력 중심 이동 및 근활성 개시에 미치는 영향

- of lumbar position, and postural control in disc herniation-related back pain. *Spine*. 2003;28(8):842-8.
- Magnusson ML, Aleksiev AR, Wilder DG. Unexpected load and asymmetric posture as etiologic factors in low back pain. *Eur Spine J*. 1996;5(1):23-5.
- Mannion AF, Adams MA, Dolan P. Sudden and unexpected loading generates high forces on the lumbar spine. *Spine*. 2000;25(7):842-52.
- Marras WS, Rangarajulu SL, Lavender SA. Trunk loading and expectation. *Ergonomics*. 1987;30(3):551-62.
- Marsden CD, Merton PA, Morton HB. Human postural responses. *Brain*. 1981;104(3):513-34.
- McGill SM. The biomechanics of low back injury: implications on current practice in industry and the clinic. *J Biomech*. 1997;30(5):465-75
- Mientges MIV, Frank JS. Balance in chronic low back pain patients compared to healthy people under various conditions in upright standing. *Clinical Biomechanics*. 1999;14(10):710-6.
- Mok NW, Brauer SG, Hodges PW. Hip strategy for balance control in quiet standing is reduced in people with low back pain. *Spine*. 2004;29(6):E107-12.
- Radebold A, Cholewicki J, Panjabi MM et al. Muscle response pattern to sudden trunk loading in healthy individuals and in patients with chronic low back pain. *Spine*. 2000;25(8):947-54.
- Radebold A, Cholewicki J, Polzhofer GK et al. Impaired postural control of the lumbar spine is associated with delay muscle response times in patients with chronic idiopathic low back pain. *Spine*. 2001;26(7):724-30.
- Solomonow M, Zhou BH, Harris M et al. The ligamentomuscular stabilizing system of the spine. *Spine*. 1998;23(23):2552-62.
- Wilder DG, Aleksiev AR, Magnusson ML et al. Muscular response to sudden load. A tool to evaluate fatigue and rehabilitation. *Spine*. 1996;21(22):2628-39.
- Zedka M, Prochazka A. Phasic activity in the human erector spinae during repetitive hand movements. *J Physiol*. 1997;504(pt3):727-34.