

일부 한국 농업인의 방사선학적 요추 편평화와 관련 요인

조선대학교 의과대학 산업의학과, 농촌진흥청¹⁾

송한수 · 유상곤 · 최창기 · 이철갑 · 이경숙¹⁾

— Abstract —

Radiological Flattening of Lumbar Lordosis and Related Factors in Some Korean Farmers

Han-Soo Song, Sang-Kon Yoo, Chang-Ki Choi, Chul-Gab Lee, Kyung Suk Lee¹⁾

*Department of Occupational & Environmental Medicine, School of Medicine,
Chosun University, Rural Development Administration¹⁾*

Objectives: To determine if agricultural work is related to radiological flattening of lumbar lordosis, and to identify the relationship between of back pain and flat back in selected Korean farmers.

Methods: Between June 2006 and July 2008, 414 farmers, 155 (37.4%) males and 259 (62.6%) females participated in this study. We collected data on hazardous agricultural work postures and other factors from interviews, surveys, and x-ray views of lateral lumbar. The operational definition of a flat back was below -1 SD of lordotic angle, with a normal distribution between L1 and S1 level. Logistic regression analysis was conducted to evaluate the relationship between flat back and hazardous working posture ratio, sex, the severity of back pain.

Results: Mean lordotic angle was $42.9 \pm 15.7^\circ$. Flat back had a higher prevalence in the females (24.7%) than the males (5.8%). The odds ratio of flat back risk is 3.30 (95% CI: 1.46~7.46) in the females compared to the males, 1.31 (95% CI: 0.61~2.79), 4.11 (95% CI: 1.77~9.55) in the group of hazardous working posture ratio compared to the low risk group, 2.78 (95% CI: 1.27~6.07), 5.74 (95% CI: 2.27~14.49) in the group of L4-L5 disc space narrowing compared to normal group, 3.06 (95% CI: 1.27~7.31), 5.45 (95% CI: 1.70~17.46) in the group of lumbar spine compression fracture compared to no fracture. Odds ratio of severe back pain is 2.29 (95% CI: 1.12~4.72) in the group of flat back compared to normal group.

Conclusions: Hazardous agricultural working postures, such as 'low- lifting, pulling, pushing work and high- squatting posture work' are associated with flat back. Low back pain is significantly associated with flat back group in female farmers.

Key Words: Agriculture, Lordosis, Korea

서 론

농촌진흥청은 우리나라 농업인들의 농작업 안전관리에

대한 인식을 향상시키고 재해 발생 위험요인을 개선하여, 농작업으로 인한 재해 및 질병 악화를 방지하고자 2006년부터 '농어업인 삶의 질 향상 및 농어촌지역 개발 촉진

〈접수일: 2010년 4월 29일, 1차 수정일: 2010년 7월 14일, 2차 수정일: 2010년 8월 30일, 채택일: 2010년 9월 6일〉

교신저자: 이 철 갑 (TEL: 062-220-3669) E-mail: eecg@paran.com

*이 논문은 2008년 조선대학교병원 연구비 지원에 의해 연구되었음.

을 위한 기본계획'에 기초하여 전국적으로 '농작업재해 안전관리체계 구축' 사업을 수행하고 있다. 사업 수행 과정에서 농업인의 농업활동으로 인한 재해율이 다른 산업 부문에 비해 상대적으로 매우 높을 뿐만 아니라, 무릎 관절염이나 요통과 관련된 상병으로 병의원을 가장 많이 이용하는 것으로 조사되었다¹⁾. 특히 여자 농업인들 중에서 무릎 관절염과 요통과 관련된 상병이 많은 것은 농업인들이 연령 증가로 인한 요인뿐만이 아니라 농작업 형태와 관련이 있을 것으로 추측되었다²⁾.

Takemitsu 등은 1988년 일본의 중년여성에서 의인적 인(iatrogenic) 요인에 의한 요추 편평화와는 별개로 퇴행성 변화가 동반된 요추의 편평화를 보고하면서, 이를 '퇴행성 요추 후만증(lumbar degenerative kyphosis)' 이라고 명명하였다³⁾. 우리나라에서도 이춘성 등이 퇴행성 요추후만증 77명에 관한 임상사례 보고에서, 환자의 평균연령이 57.6세이었고, 대부분(93.5%)이 오랜 기간(평균 32.7년) 동안 쪼그려 앉아서 일한 경험을 가지고 있었다고 하였다⁴⁾. 연구자들은 어깨가 뒤로 젖혀지고 흉추의 후만이 소실되며, 무릎과 엉덩이를 굴곡하게 되는 시상면의 보상적 변화, 그리고 기립과 보행의 어려움, 무거운 물건을 들기 어려움, 만성적인 요통 등을 퇴행성 요추 후만증의 임상증상으로 제시하였다^{4,6)}. 우리나라 여성 농업인에서 무릎을 굽히면서 어깨를 뒤로 젖히는 자세를

보이는 체형변화는(Fig. 1) 흉추의 만곡이 증가하는 노인성 후만증과는 구별되는 특징적인 현상이다. 그러나 이러한 체형의 변화가 농업인에게 얼마나 많이 발생하며, 관련요인은 무엇인지, 이러한 변화가 요통에 미치는 영향은 무엇인지에 대한 연구는 부족하다.

우리나라 농업인들 대다수가 저상작업(底床作業, working "at near ground level" or "below knee height")에서 허리를 굽히거나 쪼그려 앉는 작업자세로 작업하며, 이러한 자세는 '요추 후만증'과 같은 요추 편평화에 영향을 미치고, 이러한 요추 편평화는 요통 호소를 증가시킬 것이라는 가설에서 출발하였다. 이를 확인하기 위해 '편평 요추'에 대해 요추 방사선 사진의 전만각에 근거한 조작성 정의를 내리고, 이와 관련될 수 있는 다른 요인들을 함께 검토하여 농작업 자세와 관련성을 알아보았다.

연구대상 및 방법

1. 연구 대상

2006년 4월부터 2008년까지 5월까지 농촌진흥청 '농작업 안전모델 시범사업'에 참여한 전남지역 8개 마을의 30세 이상 79세 이하 농업인을 대상으로 하였다. 대상자



Fig. 1. A case of lumbar degenerative kyphosis in this study.

는 시범사업 지역으로 선정된 마을 전체 주민 857명 중 조사 당시 농업에 종사하지 않거나 겸업농인 경우, 학생 등과 같이 나이가 30세 미만이거나 또는 80세를 넘은 경우를 제외한 전업농은 모두 440명이었다. 이중 설문지 작성이 미비하거나 방사선촬영이 누락된 사람 23명 및 선천성 측만증 1명을 제외한 남자 155명(37.4%), 여자 259명(62.6%), 총 414명을 분석 대상으로 하였다.

2. 연구 방법

1) 설문조사

고령 농업인들이 많고, 이들의 설문지 문항에 대한 이해도나 읽기 능력이 낮은 경우가 있어서 조사 내용에 대해 사전 교육을 받은 의학과 4학년 학생이 면담하여 기입하는 방식으로 진행하였으며, 마을별 설문조사 인원은 11~12명이었다. 설문지는 성별, 연령, 결혼상태, 생활 수준과 같은 사회 인구학적 변수와 흡연, 음주와 같은 건강행태 및 농업에 종사한 기간, 여러 가지 농작업 자세의 유형별 작업빈도를 기입하도록 하였다. 근골격계증상 유무 및 정도는 한국산업안전공단의 근골격계증상 조사표(KOSHA code H-30-2008 근골격계부담작업 유해요인 조사 지침)를 사용하였다. 설문조사는 5~6월경에 시행되었다.

2) 신체계측 및 요추 전만각 (Lumbar lordotic angle) 측정

연구대상자들은 모두 대학병원을 방문하여, 키와 체중, 허리둘레 등을 측정하였고, 체질량지수(Body Mass Index, BMI)를 계산하였다.

기립자세에서 요부 전후면과 측면 방사선(Lumbar AP and lateral view)을 촬영하였고, PACS(Picture Archiving and Communication System)상의 Dicom (Digital imaging communication in medicine) 파일에서 연구자가 요추 전만각 등을 계측하였다. 요추 전만각은 측면사진(lateral view)에서 Cobb 방법에⁷⁾ 따라 천추 상연이 수평면과 이루는 각과 요추 1번 상연이 수평면과 이루는 각도를 각각 측정하여 이들을 합산한 각으로 하였다.

요추 전만각 변화에 영향을 미칠 수 있는 요인을 보정하기 위해 요추 추간판 간격 협소화 및 압박골절 정도를 측정하고, 요추 측만 여부를 판단하였다. 요추에서 가장 많은 부하를 받게 되는 요추 4~5번, 요추 5번과 천추 1번 사이 추간판 간격을 측면사진의 전면과 후면에서 측정하여 평균값을 취하였다. 추간판 간격의 평균 높이는 요추 추간판의 연령변화에 따른 방사선적 연구의⁵⁾ 표준치에 근거하여, '정상이거나 33% 미만인 감소'한 경우,

'중등도(33~66% 미만)' 및 '심한(66% 이상)' 감소를 보이는 3가지 단계로 구분하였다⁸⁾. 요추의 압박골절 정도는 요추 1~5번까지 Genant에 의해 고안된 반정량적 접근법에^{9,10)} 근거하여 계측하였다. 압박골절이 '없는' 경우와 척추체 높이가 20~25% 수준으로 감소하거나 예상면적의 10~20%가 감소된 '경도'의 경우 및 그 이상 감소한 '심한' 경우 3가지 단계로 구분하였다. 요추 측만은 전후면 사진(AP view)에서 5번 요추 하연이 수평면과 이루는 각을 측정하여, 10도 이상인 경우 '요추 측만'으로 정의하였다¹¹⁻¹³⁾.

3) 위험한 농작업 자세 유형과 노출정도

농작업 자세가 요추 전만각 변화에 미치는 영향을 평가하기 위해 농작업 유형을 요추 주변 근육에 작용하는 병태생리학적 기전에 따라 분류하고, 유형별 작업 빈도를 고려한 노출 단계를 설정하였다. 이것은 지속적으로 쪼그려 앉은 자세나 허리를 숙이는 자세가 요추 주변 근육을 약화시키고, 중량물을 들어 올리거나 과도한 힘을 쓰는 자세 등은 요추 주변 근육을 강화시켜, 이들의 상호작용에 따라 요추 주변 근육 발달이 영향을 받고, 요추 전만각이 변화할 것이라는 가설에 근거한다.

허리 근육을 약화시킬 것으로 여겨지는 작업은 (A) 김매기와 같이 쪼그리거나 무릎을 땅에 짚고서 일하는 경우와 (B) 허리를 20도 이상 구부리거나 옆으로 비틀고, 혹은 뒤로 젖히는 경우이고(Fig. 2), 허리 근육을 강화시킬 것으로 추정되는 경우는 (C) 삽질이나, 곡괭이, 망치 작업과 같이 힘을 많이 쓰는 경우 또는 (D) 무거운 물건을 자주 들어 올리거나 무거운 물체를 밀거나 당기는 작업이다. 조사된 12가지 농작업 자세 종류는 농촌진흥청 '농작업 안전모델 시범사업단'의 산업의학 및 인간공학전문가들이 사전조사와 연구를 통해 만든 것으로 진동 농기구 사용이나 충격을 가하는 작업인지 여부, 손가락, 손목, 팔꿈치, 어깨, 목, 무릎의 부담작업 및 반복작업 정도, 목의 부담 등이 있으며 이 중에서 허리 근육에 영향을 미칠 수 있는 경우는 위의 (A)~(D) 4가지 유형이었다. 이런 작업유형에 대해 "귀하가 평소에 수행하는 농작업 중 다음과 같이 불편하거나 힘든 작업이 차지하는 비중은 얼마입니까?"라고 질문하여 '거의 없음'(1점), '25% 미만'(2점), '25-50% 정도'(3점), '50% 이상'(4점)으로 답변하게 하고 순위척도를 부여하였다. 허리 근육을 약화시키는 농작업 자세와 강화시키는 농작업 자세 척도의 곱을 계산하여, 허리 근육을 약화시키는 작업빈도 곱점수(A×B)를 강화시키는 작업빈도 곱점수(C×D)로 나눈 비(Ratio)를 요추 근육에 '위험한 농작업 자세 노출' 정도로 정하고, 이 비가 2배 이하인 경우, 3~4배, 5~8배 및 그 이상인 경우로 구분하였다. 이러한 작업-노출 매트릭스는 산



Fig. 2. Squatting and stooped posture of Korean farmers.

업의학 및 인간공학전문가의 자문을 통해 만들어졌다.

3. 분석 방법

성별 및 연령, 키, 허리둘레, 요추 측만증 유무, 요추 추간관 간격 협소화 및 압박골절 정도, 농업 종사기간, 위험한 농작업 자세 노출 정도에 따른 요추 전만각의 평균값에 차이가 있는지를 t검정 또는 분산분석으로 검정하였다.

정의된 '편평요추'와 이에 영향을 미칠 것으로 보이는 요인들과 관련을 파악하기 위해 이분형 로지스틱 회귀분석을 시행하였다. 분석은 편평요추를 종속변수로 하고, 성, 연령, 키, 추간관 간격 협소화 및 압박골절 정도, 요추 측만증 유무, 농업 종사기간, 위험한 농작업 자세 노출정도 등을 독립변수로 한 교차비(odds ratio)를 계산하였고, 모든 독립변수를 투입하여 후진제거 방법을 통해 최종적으로 남는 변수로 구성되는 모형을 구하였다. 독립변수 중 연령은 연구대상 농업인들이 고령이기 때문에 60세 미만과 이상으로 나누었고, 농업 종사기간은 젊었을 때부터 농작업에 종사한 경우가 대부분이기 때문에 30년 미만과 이상으로 구분하였다.

편평요추와 요통 정도가 관련이 있는지를 확인하기 위해 근골격계증상 조사표의 통증이 심한 정도를 '없음', '중등도', '심함', '매우 심함' 4단계에서 심함과 매우

심함을 '심함'으로 통합하여 3단계로 구분하였다. '중등도' 요통은 일할 때는 약간 불편하지만 쉬면 괜찮아지는 정도이고, '심함' 요통은 쉴 때도 계속 아프거나 일상생활에 장애를 줄 정도를 의미한다. 요통 정도와 성 및 연령, 측만증 여부, 추간관 간격 협소화 및 압박골절 정도, 농업 종사기간, 위험한 농작업 자세의 비와 편평요추 유무와 관련성을 확인하기 위해 카이제곱 검정을 실시하였다. 카이제곱 검정에서 유의한 관련성($p < 0.01$)을 보인 성, 연령, 편평요추 유무를 독립변수로 하고, 요통 정도, 즉 '없음', '중등도' '심함'을 종속변수로 한 다항(multinomial) 로지스틱 회귀분석을 실시하였다. 요통이 '없음' 기준으로 할 때에 성, 연령 및 편평요추 유무에 따른 '중등도' 및 '심함' 요통이 발생할 수 있는 교차비를 구하였다. 통계분석은 PASW Statistics 18을 사용하였다.

결 과

1. 연구대상자 일반적 특성

연구대상자의 56.8%가 60세 이상이었고, 여자의 경우 34.0%가 사별 등으로 혼자 생활하고 있었다. 교육수준은 70.3%가 초등학교나 그 이하이었으며, 생활수준은 41.3%가 '낮은 수준'이라고 대답하였다(Table 1). 남자

의 경우 63.2%가 각각 흡연과 음주를 한다고 하였으며, 여자의 경우는 흡연율은 2.3%, 음주율은 37.8%이었다.

2. 방사선학적 편평요추(flat back)의 정의

정상인의 요추 전만각 범위에 대한 뚜렷한 기준은 없으나 일부 연구에서 1번 천추의 상연과 1번 요추의 상연이 이루는 각이 20~80도인 경우를 정상범위로 설정한 경우가 있다⁵⁾. 임상적으로 ‘편평배 증후군(flat back syndrome)’이나 ‘퇴행성 요부 후만증(lumbar degenerative kyphosis)’이라고 지칭하는 경우는 요통이나 보행 장애와 같은 증상을 포함하여 사용하지만, 본 연구에서 측정된 요추 전만각은 평균이 42.9±15.7도, 중앙값이 45.1도로 이를 표준정규분포로 변환하여 -1SD(표준편차) 이하에 해당되는 경우를 임의로 ‘편평요추(flat back)’라고 정의하였다.

3. 요추 전만각

연구대상자 전체의 요추 전만각 평균은 42.9±15.7°이었으며, 남자 48.1±12.6°에 비해 여자가 39.9±16.6°로 유의하게 작았다(Table 2, p<0.01). 남자는 연령에 따른 차이를 보이지 않았으나 여자는 60세 미만에서 45.7±13.4°인데 반해 60세 이상은 36.1±17.3°로 유의하게 작았다. 키가 작을수록 요추 전만각이 감소하는 경향을 보였으나(p<0.01), 남녀별로 구분하였을 때는 키에 따른 평균 요추 전만각의 차이는 없었다. 체질량지수나 허리둘레에 따른 차이도 관찰되지 않았다.

여자에서 요추 측만증이 있거나 추간판 간격 협소화와 압박골절 정도가 심할수록 요추 전만각이 감소하였으나

(p<0.01), 남자는 추간판 간격의 협소화가 심할 때만 요추 전만각이 감소하였다(p<0.01). 농업에 종사하는 기간이 30년 이상일 때 30년 미만인 경우에 비해 여자에서 요추 전만각이 보다 더 작았다(p<0.05).

4. 편평요추와 관련된 요인

편평요추를 종속변수로 하고, 평균 요추 전만각에서 유의한 차이를 보이는 성 및 연령, 키, 요추 측만증 여부, 추간판 간격 협소화 및 압박골절 정도, 농업 종사기간, 위험 농작업 자세 노출정도를 독립변수로 한 후진단계제거 로지스틱 회귀분석에서 성별, 추간판 간격 협소화 및 압박골절 정도, 위험한 농작업 자세 노출비로 이루어진 회귀모형이 구성되었다(Table 3).

회귀모형에서 편평요추가 발생할 교차비는 여자가 남자에 비해서 3.30(95% CI: 1.46~7.46)이었다. 요추 추간판 간격이 정상인 경우에 비해 중등도로 감소되었을 경우는 2.78(95% CI: 1.27~6.07), 심하게 감소된 경우는 5.74(95% CI: 2.27~14.49), 압박골절이 없는 경우에 비해 약간 있는 경우는 3.06(95% CI: 1.27~7.31), 중등도 이상일 경우는 5.45(95% CI: 1.70~17.46)였다. 쪼그려 앉는 작업자세 등 위험한 농작업 자세 노출비가 2 이하인 경우에 비해 3~4일 때 1.31(95% CI: 0.61~2.79), 5~8은 4.11(95% CI: 1.77~9.55), 9이상일 때는 5.99(95% CI: 2.44~14.71)이었다.

5. 요통 정도와 편평요추

심한 요통을 호소하는 비율이 여자에서 38.6%로 남자의 19.4%, 연령별로는 60대 이상에서 37.9%로 60대 미

Table 1. Characteristics of study subjects

unit: number (%)

Variables		Male	Female	Total
Age (yrs)	<60	78 (50.3)	101 (39.0)	179 (43.2)
	≥60	77 (49.7)	158 (61.0)	235 (56.8)
Marital state	Married	154 (99.4)	171 (66.0)	325 (78.5)
	Single*	1 (0.6)	88 (34.0)	89 (21.5)
Education	Elementary	80 (51.6)	211 (81.5)	291 (70.3)
	Middle school	40 (25.8)	31 (12.0)	71 (17.1)
	High school	35 (22.6)	17 (6.6)	52 (12.6)
Smoking	No	57 (36.8)	253 (97.7)	310 (75.1)
	Yes	98 (63.2)	6 (2.3)	104 (24.9)
Alcohol	No	57 (36.8)	161 (62.2)	218 (52.7)
	Yes	98 (63.2)	98 (37.8)	196 (47.3)
Total		155 (100.0)	259 (100.0)	414 (100.0)

* Separation by death or divorce.

Table 2. Mean and standard deviation of lumbar lordotic angle

unit: degree (°)

Variables	Male		Female		Total	
	n	mean±SD	n	mean±SD	n	mean±SD
Age (yrs)	<60	78 47.1±12.8	101 45.7±13.4 [†]	179 46.3±13.1 [†]		
	≥60	77 49.1±12.3	158 36.1±17.3	235 40.4±17.0		
Height (cm)	≤149	2 44.5± 4.8	86 39.4±17.1	88 39.5±16.9 [†]		
	150-159	26 46.4±14.9	148 39.6±16.4	174 40.6±16.4		
	160-169	99 49.6±12.0	25 43.0±15.5	124 48.2±12.9		
	≥170	28 44.6±12.1	-	28 44.6±12.1		
BMI (kg/m ²)	<25.0	105 47.9±13.0	174 38.9±17.5	279 42.3±16.5		
	≥25.0	50 48.4±11.8	85 41.9±14.3	135 44.3±13.7		
Waist circumference (cm)	<90/85 [‡]	101 48.8±13.0	151 39.9±16.8	252 43.5±16.0		
	≥90/85 [‡]	54 46.6±11.8	108 40.1±16.2	162 42.3±15.1		
Lumbar scoliosis	No	142 48.2±12.6	225 40.9±16.0*	367 43.7±15.2 [†]		
	Yes	13 46.5±12.6	34 33.0±18.8	47 37.0±18.3		
Disc space narrowing [§]	Normal	134 49.3±12.2 [†]	207 42.8±15.3 [†]	341 45.4±14.5 [†]		
	Moderate	15 40.5±13.1	31 30.0±14.9	46 33.4±15.1		
	Severe	6 38.9±11.6	21 25.3±18.3	27 28.3±17.8		
Compression fracture	No	142 48.4±12.1	223 41.8±15.4 [†]	365 44.3±14.6 [†]		
	Mild	10 44.0±19.1	23 32.6±19.7	33 36.0±19.9		
	Severe	3 46.1± 6.3	13 20.7±14.6	16 25.5±16.8		
Agricultural career (yrs)	<30	65 46.4±12.4	83 44.1±14.6 [†]	148 45.1±13.7*		
	≥30	90 49.3±12.6	176 37.9±17.1	266 41.7±16.6		
Hazardous working posture ratio [¶]	≤2	129 47.8±12.7	119 42.7±14.2*	248 45.3±13.7 [†]		
	3-4	18 48.6±13.9	76 39.8±16.2	94 41.5±16.1		
	5-8	8 51.3± 6.0	32 35.1±18.5	40 38.4±17.9		
	≥9	-	32 34.5±21.3	32 34.5±21.3		
Total		155 48.1±12.6	259 39.9±16.6	414 42.9±15.7 [†]		

*p<0.05, [†]p<0.01 by t-test or ANOVA, [‡]male/female, [§]Disc space narrowing; moderate 33~66%, severe>66%, ^{||}Compression fracture; mild ≤25%, moderate>25%.

[¶]Hazardous working posture ratio: the ratio of back muscle weakness-related work scale to back muscle strengthening related work scale.

Table 3. Factors associated with flat back

Variables	Total Flat back (%)	Unadjusted OR (95% CI)	Adjusted OR (95% CI)*
Sex	Male 15 9(5.8)	1.00	1.00
	Female 259 64(24.7)	5.32 (2.57-11.05)	3.30 (1.46- 7.46)
Disc space narrowing	Normal 341 44 (12.9)	1.00	1.00
	Moderate 46 16 (34.8)	3.60 (1.82- 7.14)	2.78 (1.27- 6.07)
	Severe 27 13 (48.1)	6.27 (2.76-14.21)	5.74 (2.27-14.49)
Compression fracture	No 365 51 (14.0)	1.00	1.00
	Mild 33 13 (39.4)	4.00 (1.88- 8.54)	3.06 (1.27- 7.31)
	Moderate 16 9 (56.3)	7.92 (2.82-22.20)	5.45 (1.70-17.46)
Hazardous working posture ratio	≤2 248 24 (9.7)	1.00	1.00
	3-4 94 19 (20.2)	2.36 (1.23- 4.56)	1.31 (0.61- 2.79)
	5-8 40 15 (37.5)	5.6 (2.60-12.05)	4.11 (1.77- 9.55)
	≥9 32 15 (46.9)	8.24 (3.66-18.55)	5.99 (2.44-14.71)

* Multiple logistic regression by backward method, adjusted with other variables in the table.

OR: Odds Ratio, CI: Confidence Interval.

Flat back was below -1 SD of lordotic angle normal distribution between L1 and S1 level.

만 22.9%보다 많았다. 요추 전만각이 감소한 편평요추인 경우에도 심한 요통 호소 비율이 49.3%로 아닌 경우 27.6%에 비해 많았다(Table 4).

요통 정도를 종속변수로 한 다항로지스틱 회귀분석에서, 요통이 '없음'에 비해 '중등도' 요통의 교차비는 남자에 비해 여자에서 1.29(95% CI: 0.79~2.09), 60세 미만에 비해 60세 이상에서 1.29(95% CI: 0.79~2.09), 편평요추인 경우는 1.47(95% CI: 0.70~3.09)이었고, '심한' 요통 교차비는 여자에서 2.55(95% CI: 1.46~4.44), 60세 이상에서 1.45(95%

CI: 0.85~2.47), 편평요추인 경우는 2.29(95% CI: 1.12~4.72)이었다(Table 5).

고 찰

척추(vertebral column)는 고유한 만곡을 형성하고 있는데, 1번 경추에서 2번 흉추까지 전만(lordosis)을 이루고, 2번 흉추부터 12번 흉추까지는 후만(kyphosis)을 이루며 12번 흉추에서 천추까지 전만(lordosis)을 이룬다. 골반은 후만 형태로 고정되어 있다. 경추 만곡은 출

Table 4. Number and proportion of back pain severity

unit: n (%)

Variables	Back pain				
	No	Moderate	Severe	Total	
Sex*	Male	59 (38.1)	66 (42.6)	30 (19.4)	155 (100.0)
	Female	64 (24.7)	95 (36.7)	100 (38.6)	259 (100.0)
Age* (yrs)	< 60	55 (30.7)	83 (46.4)	41 (22.9)	179 (100.0)
	≥ 60	68 (28.9)	78 (33.2)	89 (37.9)	235 (100.0)
Lumbar scoliosis	No	112 (30.5)	142 (38.7)	113 (30.8)	367 (100.0)
	Yes	11 (23.4)	19 (40.4)	17 (36.2)	47 (100.0)
Disc space narrowing	Normal	107 (31.4)	133 (39.0)	101 (29.6)	341 (100.0)
	Moderate	8 (17.4)	17 (37.0)	21 (45.7)	46 (100.0)
	Severe	8 (29.6)	11 (40.7)	8 (29.6)	27 (100.0)
Compression fracture	No	113 (31.0)	144 (39.5)	108 (29.6)	365 (100.0)
	Mild	7 (21.2)	13 (39.4)	13 (39.4)	33 (100.0)
	Moderate	3 (18.8)	4 (25.0)	9 (56.3)	16 (100.0)
Agricultural career (yrs)	< 30	42 (28.4)	66 (44.6)	40 (27.0)	148 (100.0)
	≥ 30	81 (30.5)	95 (35.7)	90 (33.8)	266 (100.0)
Hazardous working posture ratio	≤ 2	79 (31.9)	104 (41.9)	65 (26.2)	248 (100.0)
	3-4	23 (24.5)	34 (36.2)	37 (39.4)	94 (100.0)
	5-8	11 (27.5)	14 (35.0)	15 (37.5)	40 (100.0)
	≥ 9	10 (31.3)	9 (28.1)	13 (40.6)	32 (100.0)
Flat back*	No	110 (32.3)	137 (40.2)	94 (27.6)	341 (100.0)
	Yes	13 (17.8)	24 (32.9)	36 (49.3)	73 (100.0)
		123 (29.7)	161 (38.9)	130 (31.4)	414 (100.0)

* p<0.01 by χ^2 test

Flat back was below -1 SD of lordotic angle normal distribution between L1 and S1 level.

Table 5. The affect of back pain severity of flat back

Back pain	Variable	Unadjusted OR	(95% CI)	Adjusted OR	(95% CI)
Moderate	Sex (female/male)	1.33	(0.83-2.13)	1.29	(0.79-2.09)
	Age (≥ 60/<60 yrs)	0.76	(0.47-1.22)	0.72	(0.45-1.16)
	Flat back (yes/no)	1.48	(0.72-3.05)	1.47	(0.70-3.09)
Severe	Sex (female/male)	3.07	(1.79-5.27)	2.55	(1.46-4.44)
	Age (≥ 60/<60 yrs)	1.76	(1.05-2.93)	1.45	(0.85-2.47)
	Flat back [†] (yes/no)	3.24	(1.62-6.47)	2.29	(1.12-4.72)

* Multivariate logistic analysis, reference category is 'no back pain'. adjusted with other variables in the table OR; Odds Ratio, CI; Confidence Interval.

Flat back was below -1 SD of lordotic angle normal distribution between L1 and S1 level.

생 후 3~4개월 후부터 목을 가누는 과정을 통해 점차 전만 상태로 변하고, 요추 만곡은 출생 후 걷기 시작하면서 점차 전만 상태로 변해간다¹⁴⁾. 따라서 요추의 만곡은 기립 상태를 유지시키는 데 필요한 근육의 발달과정에서 형성되는 것이며, 기립을 유지시키는 근육의 퇴화와 요추 만곡의 편평화 또는 후만 변성은 중요한 연관성을 갖는다.

요추 전만각의 정상범위에 대한 합의된 견해는 없다. 이는 사람에 따라 요추 전만 형성이 하부 요추로만 국한되어 있기도 하고, 하부 흉추까지 확대되어 있는 경우도 있으며, 요추 후만 변성이 국소적으로 있는 경우, 하부 흉추까지 확장된 경우도 있어서 일괄적인 기준을 적용하기가 곤란하다. 특히 요추 1~5번 사이 전만 각도가 감소하는 경우 천추 경사도는 반대로 증가하여 전체적으로 균형형을 이루며, 골반이 대퇴 골두를 중심으로 회전하는 경우에도 요추 전만각은 다르게 측정될 수도 있다. 또 임상에서 사용되는 '편평배 증후군(flat back syndrome)'이나 '퇴행성 요부 후만증(lumbar degenerative kyphosis)'은 요통이나 보행장애와 같은 증상이 함께 포함된 개념이며, 진단기준에 질환 여부를 판단하는 특정한 요추 후만각을 정하지는 않고 있다. 본 연구는 이러한 점들을 고려하여 분석을 단순화하기 위해, 요추 측면 방사선 사진에서 요추 1번에서 천추 1번이 이루는 각도를 요추 전만각으로 하였다. '편평요추'의 조작적 정의는 전체 연구대상자의 요추 전만각을 표준정규 분포로 변환하여, -1 표준편차 이하(전체의 약 17%)에 해당되는 값으로 전만각이 29도 정도였다. 이러한 편평 요추에 대한 조작적 정의는 농작업과의 관련성을 검토하기 위한 것으로, 농작업 시 지속적으로 쪼그려 앉는 자세나 허리를 숙이는 자세를 취할 때 요추 주변 근육을 약화시켜 전만각이 감소할 것이라는 가설에 근거한 것이다.

분석 결과에서 남성에 비해 여성의 요추 전만각이 유의하게 작았으며, 편평요추에 해당되는 경우도 남성은 5.8%인데 비해, 여성은 24.7%으로 유의하게 많았다. 이는 병원에 내원한 60대 이하 일부 환자들의 요추 방사선 사진에서 전만각을 측정하여 남녀 간 차이가 없다고^{15,16)} 한 것과는 다른 결과로, 79세 이하 지역사회를 대상으로 한 본 연구와는 대상 및 연령분포가 다르기 때문인 것으로 보인다. 특히 본 연구에서 연령을 구분하였을 때 60세 미만에서는 남녀 간에 차이가 없었으나(p=0.522), 60세 이상에서는 차이(p<0.01)를 보였다. 이것은 보행 장애 및 심한 요통을 호소하는 퇴행성 요부 후만증 사례가 중년 이후 여자에서 많이 관찰되고^{3,14)}, 우리나라에서 남자보다는 여자들이 주로 밭에서 쪼그려 앉거나 허리를 숙이는 작업을 많이 하는 것과 무관하지 않을 것으로 판단된다. 또 여자는 폐경기 이후 골다공증 및 요추 압박골절 위험성이 남자보다 크고, 남자에 비해 허리 근육량이 적고,

인대가 취약하다는 생물학적 차이¹⁷⁾ 고려할 때 이러한 결과는 타당할 것으로 판단된다. 연령 증가는 편평요추와 관련이 있을 것으로 생각되는 변수였으나, 최종모형에서는 통계적으로 유의하지는 않았다. 이는 요추 편평화가 단순하게 연령 증가에 따른 퇴행성 변화 때문이라고 보기 어렵다는 것을 시사한다.

요추 추간판 간격의 협소화와 편평요추는 높은 관련성을 보였는데, 퇴행성 요추 후만증 환자에게 대한 자기공명영상(MRI) 연구에서 요부 신전 근육의 위축 외에 항상 추간판의 퇴행성 변화가 동반되고 있다는 연구결과^{18,19)}와 일치하고 있다. 이와 관련하여 이춘성 등은 퇴행성 변화에 따른 요추 분절의 불안정을 원인으로 추정된 바 있고³⁾, 심찬식 등은 이춘성 등의 가설을 더 발전시켜 후만증이 있는 경우 요부 신전근 위축이 특징적으로 보이므로 요부 신전근 약화 및 추간판 변성에 의한 요추 분절 불안정증이 동시에 복합적으로 작용하는 질환이라고 보고 있다¹⁸⁾. 이와 관련하여 각각의 척추분절에서 기시하여 요추 주변 근육으로 분지되는 신경이 요추의 퇴행성 변화에 따른 국소적 압박으로 근육의 위축을 가져왔을 가능성과 요추 추간판 간격 감소로 요추 분절을 움직이는 근육의 사용이 감소하여 근위축이 나타났을 가능성을 고려해볼 수 있다²⁰⁻²²⁾.

편평요추는 압박골절과도 높은 관련성을 보였다. 요추 척추체는 보통 앞부분의 높이가 좀 더 높은 췌기형태를 갖고 있는데, 압박골절에 의해 앞뒤길이가 비슷해지거나 역췌기 형태로 변화하는 경우가 있으며, 이러한 경우 요추 전만각에 의미 있는 변화를 유발할 수 있다. 그리고 압박골절과 동반된 퇴행성 변화가 복합적으로 작용하여 요추 전만각에 영향을 줄 수도 있을 것이다.

분석 결과에서 척추 주변 근육의 운동 효과가 있는 작업의 비중이 낮고, 쪼그려 앉는 작업이나, 허리를 숙이는 작업의 비중이 높은 작업일수록 편평요추와 높은 관련성을 보일 것이라는 가설이 만족되어, 요추 전만각의 편평화와 특정한 농작업 자세와 관련이 있음을 확인할 수 있었다. 쪼그려 앉는 작업과 허리 숙이는 작업을 구분하지 않고, 이러한 작업들이 많을수록 위험도가 증가한다고 판단한 것은 두 가지 작업 형태가 주로 저상작업에서 병행되는 작업 자세이기 때문이다²³⁾. '쪼그려 앉는 작업자세'와 '요추근육위축'과의 관련성에 대해서 Takemitsu 등과 Masuda 등은 요부 신전근의 만성적인 근육 허혈을 일으켜 요추 주변 근육을 약화시킨다고 설명하였다^{3,24)}. '정적인 허리 굴곡자세'와 '요추 근육과 인대의 손상과 퇴행화' 관련성은 '굴곡-이완 현상(flexion-relaxation phenomenon)과²⁵⁻²⁸⁾ 이로 인해 초래되는 요추인대의 크리프(creep) 및 이력현상(hysteresis)²⁹⁾으로 설명된다. 크리프 현상이란 특정한 힘에 의해 초기 운동 범위가 결

정되고 난 후, 주어진 힘보다 더 큰 힘을 반복적으로 가하면, 증상은 줄어들지만 점차 변형이 진행되는 것을 말하며, 이력현상은 생체 조직에 부하가 반복되면 초기 변형을 유발하는데 더 적은 부하에 의해서도 같은 정도의 변형이 유발되는 것을 말한다. 이는 근전도 활성연구, 근육 두께를 계측하는 영상의학적 연구방법 등을 통해 증명되었는데, 굴곡 시 척추 주변근육의 근활성도와 근육 단면적이 감소하였으며, 장시간 정적인 굴곡자세를 지속할 때 갑작스러운 근육의 비자발적 수축(spasm)이 발생하는 경우가 빈번하게 나타나며 이는 근육과 인대의 손상과 관련되어 있다고 한다^{30,31)}. 이것은 근육이 작용하고 난 후 안정화가 이루어지면 골격의 지지를 위한 근육의 기여는 사라지고, 인대만 골격의 지지를 유지하는 현상을 반영한다. 요부의 근육과 인대가 신전에 의해 늘어난 후 일정한 시간이 지나면 점차 원래 상태로 회복이 되나, 충분한 회복을 갖지 못하고 누적되는 경우, 반복적인 미세손상과 손상을 복구하기 위한 기전으로 염증반응을 유발하게 되고 콜라겐 조직의 퇴행과 위축이 초래될 수 있다²⁸⁾.

요추 굴곡으로 인한 요추 부하의 증가는 요추 추간판의 퇴행성 변화에 기여할 수 있다. 선 자세에서 요추 굴곡이 커지면 요추의 압력부하는 증가하는 경향을 보인다. 앉은 자세에서 허리를 굽히면 서 있는 자세에 비해 요추의 수직 압박력이 2배 가까이 커진다³²⁾. 농작업 시 빈번하게 수행하는 허리를 비트는 동작은 요추 추간판에 전단력(shear force)을 가해 기계적 부하를 증가시키고, 이러한 작업자세는 요추의 퇴행성 변화와 연관성이 있는 것으로 알려져 있다³³⁾.

요추 전만각 감소와 요통과는 관련이 없다는 견해들이 있으나, 본 연구에서는 추간판 간격의 협소화나 측만증이 심한 요통과 유의한 관련성을 보이지 않은 것에 반하여, 편평요추는 성과 연령을 보정하였어도 심한 요통과 유의한 관련성을 보였다. 이는 척추의 시상면의 변화가 요통에 유의한 영향을 주는 요인이라는 점을 의미한다. 이러한 현상을 설명해줄 수 있는 것이 'Follower load'라는 생체역학적 개념인데³⁴⁾, 이는 요추에 수직 압박력이 가해질 때 그 힘의 전달은 각각 척추 분절에서 척추 분절의 회전 중심을 통과하여 척추 곡선의 접선 방향으로 전달되는 것을 말한다. 이것은 수직적인 힘 전달 구조에 비해 요추의 부하 수용 능력을 증가시키고, 요추를 굴곡한 상태에서 부하 수용 능력이 유지될 수 있도록 한다^{35,36)}. 요추 전만 굴곡은 출생 이후 걸음마 단계에서 요추 주변근육이 발달되면서 형성되는데 다열근(multifidus)과 같은 요추 중심부 근육이 가장 중요한 역할을 한다^{27,37,38)}. 그러나 요추의 퇴행성 변화와 불안정성의 증가 등과 연관되어 요추 중심부 근육의 위축이 생기면 결국은 요추 전만각이 점차 소실되고 이로 인해 요추의 부하 수용 능력

이 저하되면 여러 기능적 장애와 함께 통증 발생에 기여하는 것으로 추정된다.

본 연구 결과와 기존 연구 결과들을 종합하면, 편평요추는 요추의 퇴행성 변화와 요추 주변근육의 위축으로 초래되는 변화이며, 쪼그려 앉거나 허리를 숙이는 농작업 자세와 관련이 있고, 이러한 작업에 주로 많이 종사하는 여자 농업인에서 잘 발생할 수 있다. 그리고 이러한 과정에 적응하기 위해 변화된 요추 전만각 감소는 요통의 발생과 지속에 영향을 미칠 것으로 판단된다. 이것은 '김매기와 같이 쪼그리거나 무릎을 땅에 짚고서 일하거나 허리를 과도하게 구부리거나 옆으로 비틀고, 뒤로 젖히는 한국 농업인의 일반적인 농작업 간에 관련성이 있을 것이다' 라는 가설을 설명할 수 있는 결과로 여겨진다.

그렇지만 본 연구는 몇 가지 한계점들이 있다. 우선 연구대상자를 마을에 거주하는 주민들 중 전업 농업인을 대상으로 조사하고자 하였으나, 결과적으로 겸업농이나 현재 농사를 짓지 않는 일부 주민이 조사 대상에서 누락되었을 수 있다. 그리고 대상 마을도 무작위 표본추출이 아닌 농작업안전모델시범 사업의 진행에 따라 임의로 선정된 마을이었다. 둘째로 위험한 농작업 자세에 대한 질문은 평소의 작업자세에 대한 질문이었으며, 노출기간이 반영되어 있지 않다. 이는 요추의 편평화가 장기적인 변화라는 점에서 이에 상응하는 장기적인 노출을 정확하게 반영하지 못했다는 비판이 있을 수 있다. 그러나 대부분 농업인들의 장기간 비슷한 작업을 수행해왔다는 점을 감안하였으며, 노출기간에 대한 후향적 평가는 정확한 측정이 어렵고 기억편견(memory bias)의 가능성이 있었다. 셋째, 본 논문에서 사용한 '편평요추'는 요추 전만각 편평화에 대한 조작적 정의에 기반한 분석으로, 요추방사선 사진에서 전만각이 감소하였더라도 요부 신전근 기능은 정상일 수 있다. 그러므로 편평요추는 요통 및 보행장애에 대한 기능적 평가, 전신 척추 방사선 촬영을 통한 요추의 보상적 변화 등을 고려한 '퇴행성 요추 후만증'이라는^{39,40)} 임상적 접근과는 다른 것으로, 앞으로 편평요추와 퇴행성 요추 후만증의 상관관계에 대한 연구가 더 필요하다. 넷째, 본 연구는 시간적 선후관계를 알 수 없는 단면 연구로 요추 전만각의 감소와 요통 중 무엇이 먼저인지는 구분하기 어렵다.

우리나라 농업에서 저상작업은 상당히 큰 비중을 차지하고 있다. 벼농사를 제외한 대부분의 발작물은 장시간 쪼그려 앉거나 허리를 숙이는 불편한 자세로 작업을 하며, 이러한 자세들은 농업인에게서 흔하게 발생하는 무릎과 허리의 근골격계질환에 기여할 것으로 추정된다. 농업인의 근골격계 위험요인 노출과 이에 관한 건강상의 문제에 대한 연구를 지속하기 위해 허리 숙이기 자세와 쪼그려 앉기 자세의 노출량을 산정하기 위한 보다 객관적인

평가방법이 개발될 필요가 있다. 특히 농업인에 대해 현행 산업재해 보험과 유사한 보험의 입법화 논의가 진행 중임을 고려할 때 보다 과학적인 연구들이 활발히 진행되기를 기대한다.

요 약

목적: 일부 한국 농업인에서 요추 전만각의 편평화와 관련된 요인을 파악하고, 요추 편평화가 요통과 관련이 있는지 확인하기 위함이다.

방법: 2006년 5월부터 2008년 6월 사이에 전라남도 지역의 농민 414명 (남자 155, 37.4%, 여자 259, 62.6%)을 대상으로 요추 방사선 촬영과 설문조사를 시행하였다. 요추 측면사진에서 요추1번과 천추 1번이 이루는 요추 전만각을 측정하여, 표준정규분포의 -1 표준편차 이하에 해당되는 경우를 '편평요추(flat back)'로 정의하였다. 편평요추 유무를 종속변수로 하고, 성 및 연령, 요추 추간판 간격의 협소화 및 압박골절의 정도, 쪼그려 앉은 작업과 같은 위험한 농작업에 노출정도 등을 독립변수로 한 로지스틱 회귀분석을 하였다. 요통의 심한 정도와 위험한 농작업에 노출정도와 관련성을 확인하기 위해 다항로지스틱 회귀분석을 하였다.

결과: 연구대상자의 요추 전만각 평균은 42.9±15.7°로, 여자에서 39.9±16.6°로 남자의 48.1±12.6°보다 유의하게 작았다(p<0.01). 편평요추가 발생할 교차비는 여성에서 3.30 (95% CI: 1.46~7.46), 추간판 간격의 감소가 심할수록 2.78 (95% CI: 1.27~6.07), 5.74 (95% CI: 2.27~14.49), 압박골절이 심할수록 3.06 (95% CI: 1.27~7.31), 5.45 (95% CI: 1.70~17.46), 쪼그려 앉은 작업자세 등 위험한 농작업 자세의 비중이 클수록 1.31 (95% CI: 0.61~2.79), 4.11 (95% CI: 1.77~9.55), 5.99 (95% CI: 2.44~14.71) 유의하게 높았다. 성과 연령을 보정하였을 때 편평요추가 있는 경우 심한 요통이 발생할 교차비는 2.29 (95% CI: 1.12~4.72)이었다.

결론: 편평요추는 쪼그려 앉거나 허리를 숙이는 농작업 자세와 관련이 있고, 이러한 작업에 주로 많이 종사하는 여자 농업인에서 발생할 위험성이 높다. 요추 전만각이 감소된 경우 심한 요통이 발생할 가능성이 많다.

감사의 글

본 연구는 2009년 송한수의 조선대학교 석사학위 논문을 수정 보완한 것으로, 2006년부터 2008년까지 시행된 농촌진흥청의 주관으로 진행된 농작업 안전모델시범사업 조사 결과의 일부입니다. 조사 사업에 적극 참여하여 협조해 주신 농업인들과 설문조사를 수행하며 많은 도움을

준 조선대학교 의과대학 4학년 학생들에게 깊이 감사드립니다.

참 고 문 헌

- 1) Rural Development Administration. The Health of Agricultural Workers and the Type of Management (translated by Song HS). Suwon. 2008. pp 89-96. (Korean)
- 2) Rural Development Administration. Standardization of Diagnostic Methods for Musculoskeletal Disease of Agricultural Workers and Work-related Evaluation (translated by Song HS). Suwon. 2009. pp 130. (Korean)
- 3) Lee CS, Kim YT, Kim EG. Clinical study of lumbar degenerative kyphosis. J Korean Orthop Assoc 1997;4(1):27-35. (Korean)
- 4) Murata Y, Takahashi K, Yamagata M, Hanaoka E, Moriya H. The knee-spine syndrome: Association between lumbar lordosis and extension of knee. J Bone Joint Surg Br 2003;85(1):95-9.
- 5) Kim KT. Lumbar kyphosis. J Korean Soc Spine Surg 1999;6(2):306-15. (Korean)
- 6) Lim IS, Oh CS, Shin JH, Kim BY, Yoon JR. Radiological analysis of aging changes of the lumbar intervertebral disc. Korean J Phys Anthropol 1995;1:53-60. (Korean)
- 7) Cobb JR. Outline for the study of scoliosis. instructional course lectures. Am Acad Orthoped Surg 1948; 5:261-75.
- 8) Wilke HJ, Rohlmann F, Neidlinger-Wilke C, Werner K, Claes L, Kettler A. Validity and interobserver agreement of a new radiographic grading system for intervertebral disc degeneration: Part 1. Lumbar spine. Eur Spine J 2006;15:720-30.
- 9) Genant HK, Jergas M, Palermo L, Nevitt M, Valentin RS, Black D, Cummings SR. Comparison of semiquantitative visual and quantitative morphometric assessment of prevalent and incident vertebral fractures in osteoporosis: the study of osteoporotic fractures research group. J Bone Miner Res 1996;11(7):984-96.
- 10) Grigoryan M, Guermazi A, Roemer FW, Delmas PD, Genant HK. Recognizing and reporting osteoporotic vertebral fracture. Eur Spine J 2003;12(2):104-12.
- 11) Moon MS, Lee KS, Lim CI, Kim YB, Lee HS. A clinical study of degenerative lumbar scoliosis. J Korean Orthop Assoc 1992;27(4):946-55. (Korean)
- 12) Kim YT, Lee CS, Kim JH, Kim JM, Park JH. Clinical features of degenerative scoliosis. J Korean Soc Spine Surg 2001;8(1):15-20. (Korean)
- 13) Murata Y, Takahashi K, Hanaoka E, Utsumi T, Yamagata M, Moriya H. Changes in scoliotic curvature and lordotic angle during the early phase of degenerative lumbar scoliosis. Spine 2002;27(20):2268-73.
- 14) The Korean Orthopedic Association. Textbook of Orthopedics. 6th ed. Newest Medicine Company.

- Seoul. 2006. pp 428-9. (Korean)
- 15) Suk SL, Lee CS, Lo M, Kim WJ. Normal segmental sagittal angle of the lower dorsal and lumbosacral spine in Korean adult. *J Korean Orthop Assoc* 1989;24(1):237-44. (Korean)
 - 16) Oh CS, Kim TS, Son MH, Kim BY. A study on the changes in the lumbar lordosis, lumbosacral and sacral inclination angle during aging. *Korean J Phys Anthrop* 1995;8:1-7. (Korean)
 - 17) Marras WS, Jorgensen MJ, Granata KP, Wiand B. Female and male trunk geometry: size and prediction of the spine loading trunk muscles derived from MRI. *Clin Biomech* 2001;16(1):38-46.
 - 18) Shim CS, Lee SH, Lim SR, Jung BJ, Choi WC, Chung SK. Anterior lumbar interbody fusion for focal type of degenerative flat back : Preliminary report. *J Korean Neurosurg Soc* 2003;33(3):460-5. (Korean)
 - 19) Kang CH, Shin MJ, Kim SM, Lee SH, Lee CS. MRI of paraspinal muscles in lumbar degenerative kyphosis patients and control patients with chronic low back pain. *Clin Radiol* 2007;62:479-86.
 - 20) Modic MT, Ross JS. Lumbar degenerative disk disease. *Radiology* 2007;245(1):43-61.
 - 21) MacDonald DA, Moseley GL, Hodges PW. The lumbar multifidus: Does the evidence support clinical beliefs? *Man Ther* 2006;11(4):254-63.
 - 22) Hodges P, Holm AK, Hansson T, Holm S. Rapid atrophy of the lumbar multifidus follows experimental disc or nerve root injury. *Spine* 2006;31(25):2926-33.
 - 23) Center for Occupational and Environmental Health, University of California, Berkeley, USA. Conference proceedings: Stooped and squatting postures in the workplace. Available: <http://ag-ergo.ucdavis.edu> [cited August 2006]
 - 24) Masuda T, Miyamoto K, Oguri K, Matsuoka T, Shimizu K. Relationship between the thickness and hemodynamics of the erector spin muscles in various lumbar curvatures. *Clin Biomech* 2005;20(3):247-53.
 - 25) Colloca CJ, Hinrichs RN. The biomechanical and clinical significance of the lumbar erector spinae flexion-relaxation phenomenon: A review of literature. *J Manipulative Physiol Ther* 2005;28(8):623-31.
 - 26) Andersson EA, Oddsson LI, Grundström H, Nilsson J, Thorstensson A. EMG activities of the quadratus lumborum and erector spinae muscles during flexion-relaxation and other motor tasks. *Clin Biomech* 1996;11(7):392-400.
 - 27) Lee SW, Chan CK, Lam TS, Lam C, Lau NC, Lau RW, Chan ST. Relationship between low back pain and lumbar multifidus size at different postures. *Spine* 2006;31(19):2258-62.
 - 28) Shin G, Mirka GA. An in vivo assessment of the low back response to prolonged flexion: Interplay between active and passive tissues. *Clin Biomech* 2007;22(9):965-71.
 - 29) Michael A, Nikolai B, Kim B, Patricia D. *The Biomechanics of Back Pain*. 2nd edition. Elsevier Science Health Science Div. Philadelphia. 2006. pp 7-8.
 - 30) Lehman GJ, Story S, Mabee R. Influence of static lumbar flexion on the trunk muscles' response to sudden arm movements. *Chiropr Osteopat* 2005;13:23.
 - 31) Solomonow M, Baratta RV, Banks A, Freudenberger C, Zhou BH. Flexion-relaxation response to static lumbar flexion in males and females. *Clin Biomech* 2003;18(4):273-9.
 - 32) Wilke HJ, Neef P, Caimi M, Hoogland T, Claes LE. New in vivo measurements of pressures in the intervertebral disc in daily life. *Spine* 1999;24(8):755-62.
 - 33) National Institute for Occupational Safety and Health Publications. *Musculoskeletal disorders and work-place factors*. Available: <http://www.cdc.gov/niosh/docs/97-141> [cited July 1997].
 - 34) Kim YH, Kim KS. Computational modeling of spine and trunk muscles subjected to follower force. *Journal of Mechanical Science and Technology* 2007;21(4):568-74.
 - 35) Kim K, Kim YH. Role of trunk muscles in generating follower load in the lumbar spine of neutral standing posture. *J Biomech Eng* 2008;130(4):041005.
 - 36) Patwardhan AG, Havey RM, Meade KP, Lee B, Dunlap B. A follower load increases the load-carrying capacity of the lumbar spine in compression. *Spine* 1999;24(10):1003-9.
 - 37) Moseley GL, Hodges PW, Gandevia SC. Deep and superficial fibers of the lumbar multifidus muscle are differentially active during voluntary arm movements. *Spine* 2002;27(2):E29-36.
 - 38) Hides J, Gilmore C, Stanton W, Bohlscheid E. Multifidus size and symmetry among chronic low back pain and healthy asymptomatic subjects. *Man Ther* 2007;13(1):43-9.
 - 39) Jang JS, Lee SH, Min JH, Han KM. Lumbar degenerative kyphosis: radiologic analysis and classifications. *Spine* 2007;32(24):2694-9.
 - 40) Kim KT, Lee SH, Suk KS, Lee JH, Im YS, Seo EM. Loss of sagittal balance and clinical outcomes following corrective osteotomy for lumbar degenerative kyphosis. *J Korean Orthop Assoc* 2009;44(1):83-92. (Korean)