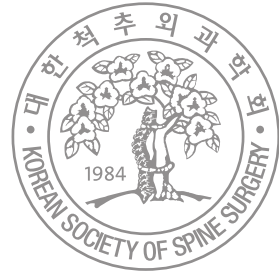


Journal of Korean Society of Spine Surgery



Variations in Sagittal Spinopelvic Parameters According to the Lumbar Spinal Morphology in Healthy Korean Young Men

Young-Jun Ahn, M.D., Young-Bae Kim, M.D.*, Kyu-Bok Kang, M.D.*
Seung-Won Lee, M.D. Yongjung J Kim, M.D.†

J Korean Soc Spine Surg 2010 Mar;17(2):66-73.

Originally published online June 30, 2010;

doi: 10.4184/jkss.2010.17.2.66

Korean Society of Spine Surgery

Department of Orthopaedic Surgery, Ewha Womans University College of Medicine
#911-1 Mok-dong, Yangcheon-gu, Seoul, 158-710, Korea Tel: 82-2-2646-6808 Fax: 82-2-2646-6804

©Copyright 2010 Korean Society of Spine Surgery

pISSN 2093-4378 eISSN 2093-4386

The online version of this article, along with updated information and services, is
located on the World Wide Web at:

<http://www.krspine.org/DOIx.php?id=10.4184/jkss.2010.17.2.66>

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Variations in Sagittal Spinopelvic Parameters According to the Lumbar Spinal Morphology in Healthy Korean Young Men

Young-Jun Ahn, M.D., Young-Bae Kim, M.D.*, Kyu-Bok Kang, M.D.*

Seung-Won Lee, M.D. Yongjung J Kim, M.D.[†]

Department of Orthopaedic Surgery, National Police Hospital, Seoul, Korea

*Department of Orthopaedic Surgery, Seoul Veterans Hospital, Seoul, Korea**

Department of Orthopaedic Surgery, Columbia University Medical Center, NY, USA.[†]

Study Design: This is a prospective radiographic study.

Objectives: We wanted to describe and quantify the common variations in the sagittal lumbar spine.

Summary of the Literature Review: No previous study of the spinopelvic parameters with a large cohort of asymptomatic young men was performed on subjects with the same ethnic background.

Materials and Methods: 166 young males without disease, trauma or a history of operation on the spine or lower extremities were included. The sagittal standing radiographs of the whole spine on 36 inch film were taken. The distances from the plumb line of C7, T12, the lumbar apex and the bicoxofemoral head to the posterosuperior corner of the sacrum were measured. Thoracic kyphosis, thoracolumbar kyphosis, lumbar lordosis, the segmental vertebral slopes, the sacral slope and the pelvic incidence were measured. Groups 1 and 2 were classified by having a sacral slope less than 35° (group 1: apex below L4, group 2: above L4). Group 3 had a sacral slope between 35° and 45°, and group 4 had a sacral slope greater than 45°.

Results: The average age was 21.8 years (range: 19~26 years). Group 1 contained 37 cases, group 2 had 44, group 3 had 62 and group 4 had 23. Thoracolumbar kyphosis was significantly increased in group 1 and lumbar lordosis and pelvic incidence were increased in groups 3 and 4. Thoracic kyphosis and the vertebral slope of T12 did not demonstrate any difference between the groups.

Conclusions: The sagittal spinopelvic parameters showed significant changes according to the morphology of the lower lumbar spine. Understanding the patterns of variation in the spinopelvic parameters may help surgeons to plan treatment for various spinal lesions.

Key words: Lumbar, Sagittal balance, Lordosis, Sacral slope, Classification

서론

요추는 전만의 형태가 다양하고 전만각의 정상 범위가 넓어서 단일한 평균 값으로 정상을 표현하는 것은 무의미하다고 하였다.¹⁻⁵⁾ 이에 저자들에 따라 여러 가지 기준으로 요추의 전만의 형태를 분류하려고 시도하였다.⁶⁻⁸⁾ Rousouly 등⁶⁾은 정상 성인에서 하요추부의 변화를 중심으로 요추의 전만을 4개의 군으로 나누고 이에 따른 빈도를 발표하였으나, 이와 연관된 세분화된 시상면상의 지표의 변화에 대하여는 아직 연구된 바가 없다.

이에 저자들은 퇴행성 변화를 보이지 않는 20대 이하의 정상 성인 남성의 척추를 대상으로 하여 방사선학적 검사를 시행하였고, 이들을 천추 경사와 요추 침부 추체를 기준으로 4개의 소군으로 분류한 후, 전체 척추와 골반의 세분화된 시상면 지표들과의 상호 관계에 대하여 연구하여 보았다.

Received: July 16, 2009

Revised: April 6, 2010

Accepted: May 24, 2010

Published Online: June 30, 2010

Corresponding author: Young-Bae Kim, M.D.

Department of Orthopaedic Surgery, Seoul Veterans Hospital,
6-2 Dunchon-dong, Gangdong-gu, Seoul, Korea

TEL: 82-2-2225-1351, **FAX:** 82-2-2225-1910

E-mail: drortho@korea.com

"This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited."

대상 및 방법

1. 연구 대상

임상 윤리 위원회의 심의를 거친 후 2007년 10월부터 2009년 3월까지 전향적인 연구를 시행하였다. 본원에서 신체검사를 시행 받은 사람들 또는 본원의 타과 입원 환자들 중에서 지원자를 모집하였다. 척추와 흉복부 및 하지에 통증이 없는 지원자를 선별하였고, 설문지 검사를 통하여 이들 부위의 질병의 이환이나 수술 등의 과거력이 있는 자는 제외한 185명을 대상으로 36인치 전신 방사선학적 검사를 시행하였다. 이들 중 관상면 상에서 10도 이상의 코브스씨 각을 가지고 있는 측만증 12예, 양측 협부 결손 2예, 척추 이분증 1예, 제 5요추-천추간 추간판 간격의 이상이 있는 2예, 하지 부동으로 인한 골반 경사를 보이는 2예 등을 제외한 166명을 대상으로 연구를 시행하였다.

2. 분류

대상자들을 Rousouly 등⁶⁾의 방법을 변형하여 4군으로 세분하여 비교하였다. 대상자 중 천추 경사가 35도 이하이고 침부 요추가 제4 요추이거나 원위부인 경우 1군으로, 천추 경사가 35도 이하이고 침부 요추가 제 3 요추 하단 보다 근위부인 경우 2군, 골반 경사가 35도 이상이고 45도 이하인 경우를 3군, 45도 이상인 경우를 4군으로 분류하였다(Fig.1).

3. 방사선학적 검사

방사선학적 검사는 Spinal Deformity Study Group⁹⁾의 방법에 따라 전신 기립 측면 촬영을 36인치 필름에 시행하였다. 고관절과 슬관절을 신전하여 기립 자세를 취한 후, 상지는 주관절을 굴곡하고 수부를 쇄골 위에 위치한 후 촬영하였다.

시상면 거리 지표는 제 7 경추 수선, 제 12흉추 수선, 침부 요추 수선 및 대퇴 골두 수선과 천추 후상단과의 거리를 측정하였다. 각각의 수선이 천추 후상단보다 전방에 위치하는 경우 양의

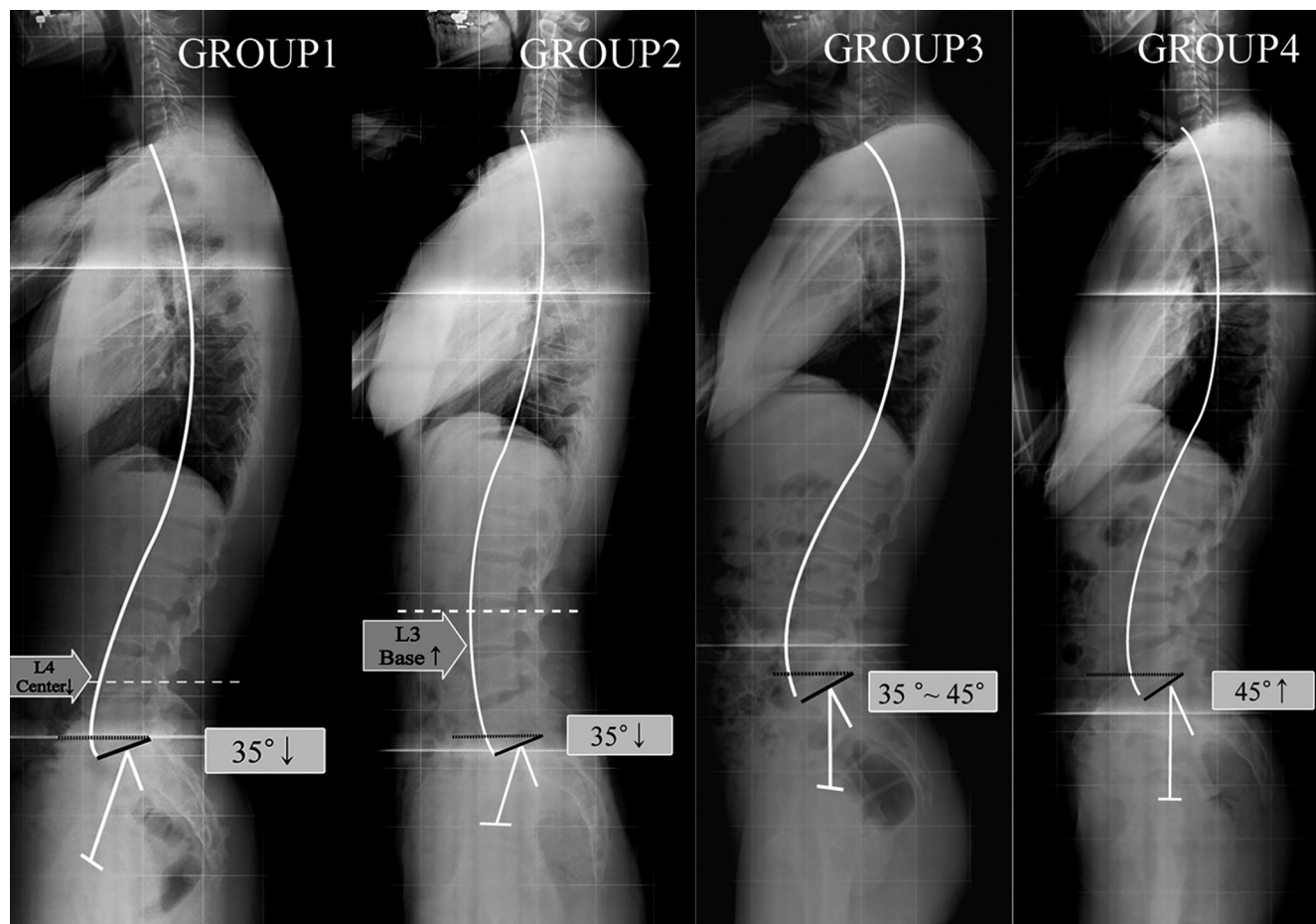


Fig.1. A four-part classification of the normal variation in the sagittal spinopelvic alignment in the standing position. Group 1. Sacral slope is less than 35° and the apex of lumbar lordosis is below L4 center. Group 2. Sacral slope is less than 35° and the apex of lumbar lordosis is above L4 base. Group 3 includes subjects with sacral slope from 35° to 45°, and Group 4 with sacral slope above 45°.

값으로 후방에 위치하는 경우 음의 값으로 표시하였다.

시상면 각도 지표로 척추경사(Vertebral slope or inclination)는 제 12 흉추 하단, 제 2 요추 하단, 제 4 요추 상단의 종판(End plate)이 수평면과 이루는 코브스씨 각도를 측정하였다. 종판이 수평면보다 상방으로 기울어지면 양의 값으로 하방으로 기울어지면 음의 값으로 표시하였다. 이들을 이용하여 흉추 후만각(제 5 흉추 상단 - 제 12 흉추 하단), 흉요추 후만각(제 10 흉추 상단 - 제 2 요추 하단), 및 요추 전만각(제 12 흉추 하단 - 천추 경사)을 구하였다. 후만의 경우 양의 값으로, 전만의 경우 음의 값으로 표시하였다.

골반 지표로는 천추경사 및 골반 입사각(pelvic incidence)을 측정하였다(Fig. 2).

4. 통계

각 군의 측정치의 범위와 평균치 및 분산을 구하였고, 일차원 분산분석(one-way ANOVA)을 시행하여 각 군을 비교하였으며, 유의성이 관찰될 경우 사후 검정으로 Tukey 검정을 이용하였다. 각 지표들간의 상관관계는 Pearson 상관성 검사를 이용하여 분석하였다. 통계의 분석은 SPSS(Statistical Package for the Social Sciences 10.1, 한글판) 소프트웨어를 이용하여 시행하였다.

결과

1. 대상자 분류

대상자들은 전례에서 남성이었으며, 평균 21.8세(19~26세, ± 1.3 세)이었다. 1군은 37예, 2군 44예, 3군 62예, 4군 23예였다.

전체 대상자들의 신장은 평균 175.2cm(163~189cm, ± 5.7 cm)이었고, 체중은 평균 68.7 (50~93kg, ± 8.0 kg)이었으며, 신체 질량 지수(body mass index; BMI)는 평균 22.4 (18~31.4, ± 2.1)이었다. 체중은 각 군간에서 유의한 차이를 보이지 않았으나, 1군에서 신장의 감소(172.9 ± 5.1 cm)와 신체 질량 지수는 증가(23.1 ± 2.6)를, 2군에서 신장의 증가(176.5 ± 5.2 cm)와 신체 질량 지수의 감소(21.8 ± 1.9)를 보였다(Table 1).

2. 방사선학적 결과

1) 거리 지표

제 7 경추 수선과 천추 후상단과의 거리는 평균 -0.6 cm($-7.2 \sim 8.9$ cm, ± 2.5 cm)이었다. 제 7 경추 수선과 천추 후상단과의 거리는 2군에서 전방으로 유의하게 전이되었다(0.01 ± 2.3 cm). 그러나 전 군에서 모두 정상 범위 내에 속하는 값을 보였다.

제 12 흉추 수선과의 거리는 평균 -0.8 cm($-4.4 \sim 5.2$ cm, \pm

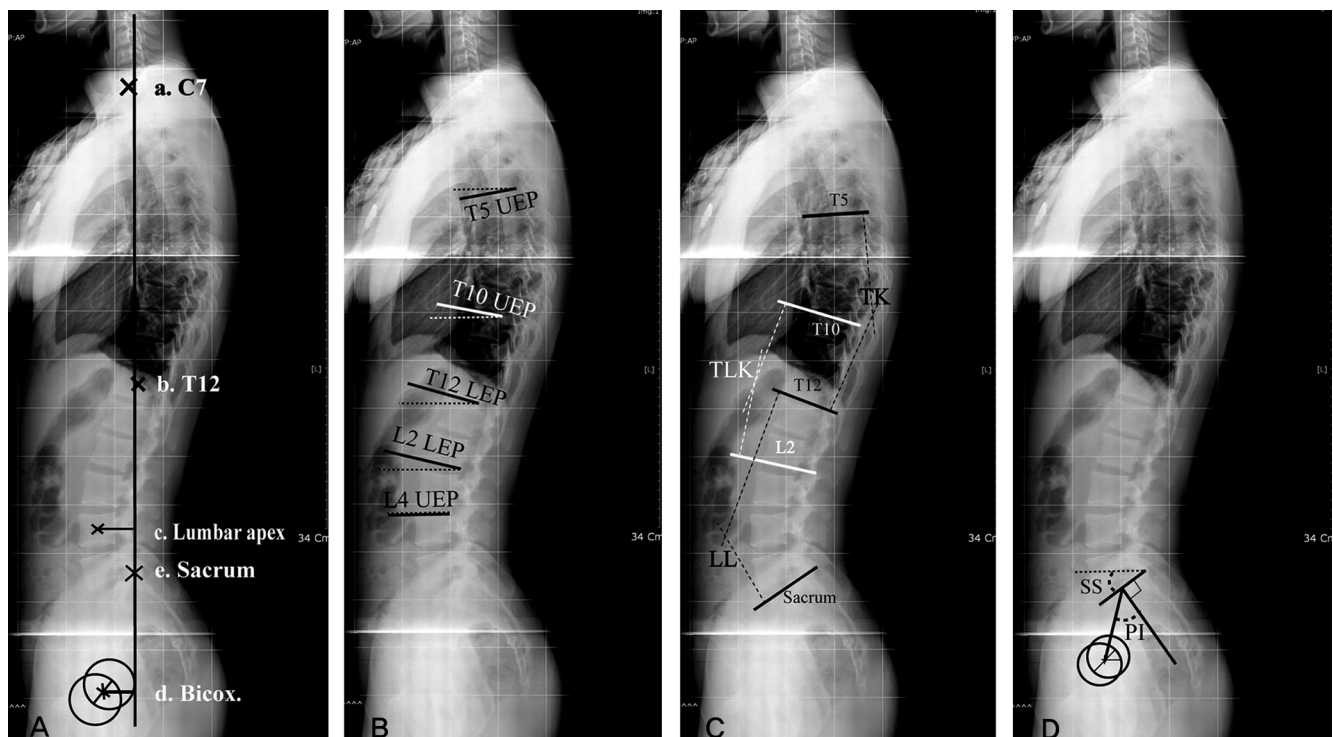


Fig2. The method of measuring the sagittal parameters. **(A)** The distances from the plumbs of C7 (a), T12 (b), Lumbar apex (c) and bicoxofemoral (d) to the posterosuperior corner of sacrum are measured. A positive value means forward transition and a negative value means backward transition. **(B)** The vertebral slopes are measured in T5 upper end plate (UEP), T10 UEP, T12 lower end plate (LEP), L2 LEP, L4 UEP. A positive value means vertebral slope is below the horizontal line. **(C)** The angular parameters are given by vertebral slopes. Thoracic kyphosis (TK, T5 UEP - T12 LEP), thoracolumbar kyphosis (TLK, T10 UEP - L2 LEP), total lumbar lordosis (LL, T12 LEP - S1 UEP) are measured. **(D)** Sacral slope (SS) and pelvic incidence (PI) are measured for the pelvic parameters.

Table 1. Demographic data

	Total	Group1	Group2	Group3	Group4	P-value
No. of cases	166	37	44	62	23	
Height (cm)	175.2 ± 5.7	172.9 ± 5.1 ^a	176.5 ± 5.2 ^b	175.8 ± 6.1 ^{a,b}	175.2 ± 5.6 ^{a,b}	0.027
Weight (kg)	68.7 ± 8.0	69.3 ± 8.6	68.1 ± 7.3	69.1 ± 8.4	67.9 ± 6.8	0.825
BMI	22.4 ± 2.1	23.1 ± 2.6 ^a	21.8 ± 1.9 ^b	22.3 ± 2.0 ^{a,b}	22.1 ± 1.8 ^{a,b}	0.043

BMI; Body Mass Index

* Different letters (a, b, and c) indicate significant differences between each others by Tukey test.

Table 2. Sagittal distance parameters (cm)

	Total	Group1	Group2	Group3	Group4	P-value
C7 Plumb	-0.6 ± 2.5	-1.4 ± 1.6 ^a	0.0 ± 2.3 ^b	-0.7 ± 2.8 ^a	-0.1 ± 2.5 ^a	0.045
T12 plumb	-0.8 ± 1.7	-2.5 ± 1.1 ^a	-0.4 ± 1.3 ^b	-0.4 ± 1.7 ^b	0.2 ± 1.9 ^b	0.000
Lumbar Apex plumb	3.0 ± 0.7	2.4 ± 2.6 ^a	3.0 ± 0.7 ^b	3.1 ± 0.7 ^b	3.5 ± 0.8 ^c	0.000
Bicox plumb	3.5 ± 1.2	3.9 ± 1.2 ^a	4.0 ± 1.1 ^a	3.2 ± 1.2 ^b	3.0 ± 1.4 ^b	0.001

Table 3. Sagittal angular parameters – vertebral slopes(°)

	Total	Group1	Group2	Group3	Group4	P-value
T12 LEP*	-15.8 ± 5.0	-16.4 ± 4.3	-14.5 ± 5.1	-16.4 ± 5.0	-15.9 ± 5.7	0.207
L2 LEP	-13.3 ± 5.7	-17.8 ± 4.0 ^a	-11.9 ± 5.0 ^b	-12.5 ± 5.5 ^b	-11.0 ± 6.5 ^b	0.000
L4 UEP†	3.8 ± 6.2	-3.4 ± 3.2 ^a	4.8 ± 3.9 ^b	5.3 ± 5.2 ^b	9.6 ± 5.9 ^c	0.000

LEP* Lower End Plate UEP† Upper End Plate

Table 4. Sagittal angular parameters (°)

	Total	Group1	Group2	Group3	Group4	P-value
Thoracic Kyphosis	21.3 ± 7.6	23.2 ± 6.4	19.9 ± 7.7	21.9 ± 8.0	19.6 ± 7.5	0.241
Thoracolumbar Kyphosis	2.8 ± 7.3	8.6 ± 5.8 ^a	2.0 ± 7.4 ^b	1.0 ± 6.3 ^b	0.1 ± 7.4 ^b	0.000
Lumbar Lordosis	-52.1 ± 9.1	-45.8 ± 7.2 ^a	-45.6 ± 6.1 ^a	-56.1 ± 5.3 ^b	-63.7 ± 7.4 ^c	0.000

1.7cm)이었다. 제 12 흉추 수선과의 거리는 1군에서 유의하게 후방으로 전이되는 소견을 보였다.(-2.5±1.1cm)

첨부 요추 수선과의 거리는 평균 3.0cm(1.2~6.0cm, ±0.7cm)이었다. 1군(2.4±2.6cm)에서 4군(3.5±0.8cm)으로 갈수록 전방에서 후방으로 전이되는 소견을 보였다.

대퇴 골두 수선과의 거리는 평균 3.5cm(-0.8~6.5cm, 1.2±cm)이었다. 3군(3.2±1.2cm)과 4군(3.0±1.4cm)에서 1군과 2군에 비하여 첨부 요추 수선과의 거리는 후방으로 전이되는 소견을 보였다(Table 2).

2) 척추 경사

척추경사들(Vertebral slopes) 중 제 12 흉추 하단과 수평면과의 각도는 평균 -15.8° (-29~-3° ±5.0°)이었으며 이들은 각 군간에서 유의한 차이를 보이지 않았다.

제 2 요추 하단과 수평면이 이루는 각도는 평균 -13.3°

(-26~7° , ±5.7°)이었고, 1군(-17.8±4.0°)에서 유의하게 큰 음의 값, 즉 전만을 보였다(Table 3).

제 4 요추 상단과 수평면이 이루는 각도는 평균 3.8° (-13~25° , ±6.2°)이었다. 1군(-3.4±3.2°)에서 4군(9.6±5.9°)으로 갈수록 음의 값(전만)에서 양의 값(후만)을 나타내는 소견을 보였다(Table 3).

3) 각도 지표

흉추 후만각(제 5 흉추 상단~제 12 흉추 하단)은 평균 21.3° (1~40° , ±7.6°)이었다. 흉추 후만각은 각 군에서 유의한 차이를 보이지 않았다.

흉요추 후만각(제 10 흉추 상단~제 2 요추 하단)은 평균 2.8° (-21~20° , ±7.3°)이었다. 흉요추 후만각은 1군(8.6±5.8°)에서 타 군에 비하여 유의하게 증가하였다.

요추 전만각(제 12 흉추 하단~천추 경사)은 평균 -52.1°

Table 5. Pelvic parameters (°)

	Total	Group1	Group2	Group3	Group4	P-value
Sacral Slope	36.3 ± 7.2	29.4 ± 5.0 ^a	31.2 ± 3.2 ^a	43.7 ± 2.4 ^b	47.8 ± 3.3 ^c	0.000
Pelvic Incidence	46.4 ± 7.7	41.3 ± 5.7 ^a	43.0 ± 6.1 ^a	48.4 ± 6.2 ^b	55.5 ± 7.1 ^c	0.000

Table 6. Matrix of correlations among the main spinal and pelvic parameters (R values after the pearson test)

	C7 Plumb	Thoracic Kyphosis	Thoracolumbar Kyphosis	Lumbar Lordosis	Sacral Slope	Pelvic Incidence
C7 Plumb	1					
Thoracic Kyphosis	0.19	1				
Thoracolumbar Kyphosis	.001	.356 [†]	1			
Lumbar Lordosis	.231 [†]	-.343 [†]	.194 [*]	1		
Sacral Slope	.047	-.075	-.338 [†]	-.837 [†]	1	
Pelvic Incidence	.126	-.073	-.315 [†]	-.522 [†]	.623 [†]	1

^{*}. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

[†]. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

(-76~-24°, ±9.1°)이었다. 1군에서 4군으로 갈수록 증가하여, 1군은 -45.8±7.2°, 2군은 -45.6±6.1°, 3군은 -56.1±5.3°, 4군은 -63.7±7.4°이었다.(Table 4)

4) 골반 지표

천추 경사는 평균 36.3° (13~55° ±7.2°)이었고, 골반 입사각은 평균은 46.4° (27~72° ±7.8°)이었다. 이들은 모두 1군에서 4군으로 갈수록 유의하게 증가하였다.(Table 5)

5) 각 지표들간의 상관 관계

요추 전만각과 천추경사(R=-0.837, P<0.01), 그리고 골반 입사각(R=-0.522, P<0.01) 사이에서는 높은 상관관계를, 흉추 후만각(R=-0.343, P<0.01)과 제 7 경추 수선(R=0.231, P<0.01) 사이에서는 중등도의 상관관계를, 그리고 흉요추 후만각(R=0.194, 0.01<P≤0.05)과는 낮은 상관관계를 보였다. 천추 경사는 흉요추 후만(R=-0.338, P<0.01)과 골반 입사각(R=-0.315, P<0.01) 사이에서 중등도의 상관관계를 보였다(Table 6).

고찰

정상 척추는 관상면에서는 제 7 경추의 중심에서 내린 수선을 따라 직선상의 정렬을 가지는 경우 정상으로 판정할 수 있지만, 시상면에서는 만곡의 형태가 다양하고, 개인간의 차이가 심하며, 저자들 간의 측정 방법이 일치하지 않아서 정상 값에 대하여 다양한 의견들이 있다.^{1-5,10-16)} 요추의 전만각의 경우 Vialle 등¹⁶⁾은 평균 60°, 한국인을 대상으로 한 연구에서 Lee 등¹⁷⁾은 평균 -49°, Kim 등¹⁸⁾은 청년군에서 평균 -47°, 장년군에서 평

균 -51° 라고 하였으나, 모든 저자들은 특정한 평균 값보다는 넓은 정상 범위를 가지는 것을 이해하는 것이 중요하다고 하였다. 본 연구에서도 요추 전만각의 평균은 -52.1° 이었으나, 최소 -76° 에서 최대 -24° 의 넓은 범위의 정상치를 보였다. 따라서 정상 요추의 전만에 대하여는 특정한 값을 기대하기보다 요추 전만의 형태와 골반과 흉추 등의 주변 해부학적 구조의 상관 관계에 따라 분류하여야 할 것이다.

척추의 시상면상 형태에 따른 분류에 대하여는 아직 많은 연구가 이루어지지 않았는데, Smith 등⁸⁾은 체표면에 부착한 표식자를 이용한 분류를 시도하였으나 방사선학적 연구는 시행하지 않았고, Boulay 등⁷⁾은 골반 입사각 등의 방사선학적 시상면상의 지표들을 이용하여 요추의 전만을 예측하려 하였으나 이에 따른 형태의 분류는 시도하지 않았다. 하부 요추의 전만은 이에 상응하는 골반 지표와 함께 임상에서 가장 많이 검사되는 부위이며 시상면상 체간 균형을 결정하는 가장 중요한 지표로서,¹⁹⁻²¹⁾ Roussouly 등⁶⁾은 전신 기립 시상면상에서 이와 함께 골반 지표를 이용하여 포괄적인 시상면상 정렬의 분류를 시도하였고, 이를 이용하여 정상 만곡의 변화를 파악하고자 하였다. 요추의 전만의 형태를 4개의 군으로 나누어, 천추 경사가 35도 이하이고 첨부 요추가 제 4 요추이거나 원위부인 경우 1군으로, 천추 경사가 35도 이하이고 첨부 요추가 제 3 요추 하단 보다 근위부인 경우 2군, 골반 경사가 35도 이상이고 45도 이하인 경우를 3군, 45도 이상인 경우를 4군으로 하였고, 1군에서 4군으로 갈수록 전만을 크기 및 전만 내에서 첨부 추체 원위부인 하위 추체의 개수가 증가하도록 분류하였다. Roussouly 등⁶⁾은 18세에서 48세 사이의 남녀 160명을 대상으로 한 연구에서 1군 및 2군(34 및 18예)에 비하여 3군 및 4군(60 및 48예)의 숫자가 많다고 보고하였

으며, 본 연구에서는 3군의 숫자(62예)가 가장 많았으나 1군(37예)과 2군(44예)이 4군(23예)에 비하여 더 많은 숫자를 보이며 고른 분포를 보였다. 이는 인종적인 차이와 함께 지원자를 20대 이하의 정상 성인 남성들만으로 제한한 본 연구의 특징으로 인한 차이로 사료된다. 또한 Roussouly 등⁶⁾은 각 군에서 요추 전만각, 전만 경사각(lordosis tilt angle), 전만을 형성하는 추체의 개수 등을 비교하여 발표하였으나, 흉추 후만이나 흉요추 후만 등을 포함하는 세분화된 각도 지표 및 거리지표에 대한 보고가 없어, 이에 본 연구에서는 Spinal Deformity Study Group⁹⁾의 방법에 따라 각각의 세분화된 시상면 지표들을 측정하여 상호 관계에 대하여 연구하여 보았다.

방사선학적 연구는 전신 기립 측면 촬영을 고관절과 슬관절을 신전시킨 기립상에서 주관절을 굴곡하고 수부를 쇄골 위에 얹는 쇄골위(Clavicle position)를 이용하여 시행하였다. 이는 외부의 지지대 없이 가장 편안한 자세를 취할 수 있고, 수부의 위치에 따라 시상면상의 균형이 영향을 받지 않으며, 주요 지표로 이용되는 추체들이 잘 보이고, 재현성이 높기 때문이었다.^{22,23)} 이를 바탕으로 주요 추체 분절에서 시상면 상의 입체적인 형태를 파악하기 위하여 첫째, 거리 지표를 측정하여 시상면상 정렬의 이동을 확인하였고, 둘째, 척추 경사를 측정하여 종판이 수평면과 이루는 코브스씨 각도를 구하고, 셋째, 이에 따른 해부학적 구간에서의 전만각 및 후만각을 파악하였으며, 마지막으로 각도 지표 및 골반 지표 등을 측정하였다.

체간의 균형 및 전후만의 입체적 형태를 파악하기 위한 거리 지표들은 주요 추체 분절의 중심에서 천추의 후상방 모서리까지의 거리로 하였다. 이들 중 제 7 경추 수선과의 거리는 체간의 균형을 나타내는 지표로서,^{3,4,11)} 본 연구에서는 평균 -0.6 ± 2.5 cm 이었고, 2군에서 전방으로 전이되는 경향을 보였으나 평균 값이 0.01cm으로 다른 군과 함께 모두 정상 범위 내에 속하였다. 흉요추의 이행부인 제 12 흉추 수선과의 거리는 평균 -0.8 ± 1.7 cm이었으나, 1군에서 $-2.47 \pm$ cm으로 유의하게 후방으로 전이되는 소견을 보였는데, 이는 1군이 요추 전만 중 척부 추체 상방이 차지하는 범위가 상대적으로 커지면서 후방으로 전이되는 것에 기인하는 것으로 사료되었다. 척부 요추 수선과의 거리는 3군과 4군에서 전방으로 전이되는 소견을 보였는데 이는 천추 경사의 크기와 비례하는 전만의 크기로,^{16,17)} 요추가 더 큰 원호를 형성하면서 발생한 것으로 사료된다. 대퇴 골두 수선과의 거리는 3군과 4군에서 천추 경사가 증가하면서 후방으로 전이되는 소견을 보였다.

척추 경사는 추체의 종판이 수평면과 이루는 코브스씨 각도로, Koroivessis 등⁵⁾은 이들을 이용하여 개개의 추체들의 방향성과 상관관계를 나타내거나 요추 또는 흉추의 전, 후만의 분절각

을 측정하였고, Jackson 등¹⁹⁾은 제 12 흉추 하단 및 제 2, 4, 5 요추 상단의 척추경사를 이용하여 요추와 골반의 전만의 형태를 파악하였으며, Boulay 등⁷⁾은 제 9 흉추의 척추 경사를 이용하여 요추의 정상 값을 예측하는데 사용하기도 하였다. 저자들은 요추의 방향성 및 해부학적 특징을 파악하기 위하여 2개의 추간판 간격을 사이에 두고 제 12 흉추 하단, 제 2 요추 하단 및 제 4 요추 상단에서 척추경사를 측정하였다. 제 12 흉추 하단에서의 경우 각 군간에서 요추 전만의 크기와 형태의 변화에도 불구하고 평균 $-15.8 \pm 5.0^\circ$ 로 유의한 차이를 보이지 않았다. Kim 등²⁴⁾은 여러 척추 경사 중 제 12 흉추 하단의 척추 경사가 가장 중요한 방사선학적 지표가 되며, 시상면상의 균형을 판단하는 제 7 경추 수선의 전이 정도와 상관관계가 가장 크다고 하였다. 따라서 골반 경사 및 요추 전만의 변화의 변화 뿐만 아니라 제 12 흉추 하단의 척추 경사를 파악하는 것은 향후 척추 재건술을 시행할 때 주요한 지침이 될 것으로 사료된다. 하부 요추에서 척추 경사는 퇴행성 변화에 대한 지표로 사용되기도 하는데,^{19,25)} 본 연구에서는 요추부에서 측정한 척추 경사는 제 2 요추 하단은 평균 $-13.3 \pm 5.7^\circ$, 제 4 요추 상단은 평균 $3.8 \pm 6.2^\circ$ 이었고, 모두 1군에서 유의하게 큰 음의 값, 즉 전만을 보여 제 2 요추 하단은 평균 $-17.8 \pm 4.0^\circ$, 제 4 요추 상단은 평균 $-3.4 \pm 3.2^\circ$ 이었다.

흉추 후만각(제 10 흉추 상단 ~ 제 2 요추 하단)은 요추 전만과 천추 경사의 변화에도 불구하고 각군에서 유의한 차이를 보이지 않았으며, 이는 흉추가 요추에 비하여 유연성이 떨어지는 것에 기인하는 것으로 사료되었다. 흉요추 후만각은 흉추의 후만과 요추의 전만의 이행부로, Bernhardt와 Bridwell²⁾은 정상 흉요추부는 전만이라는 기존의 지식과는 달리 평균적으로 경도의 후만값을 가지며 개인에 따라서 다른 값을 적용하여야 한다고 하였고, Vedantam¹¹⁾ 등은 평균 1° ($-18 \sim 21^\circ$) 라고 보고하였다. 본 연구에서는 평균 $2.8 \pm 7.3^\circ$ 이었으나, 1군은 $8.6 \pm 5.8^\circ$ 으로 다른 군에 비하여 유의하게 증가하였다. 따라서 흉요추부의 재건은 하요추부의 해부학적 변화를 참조하여 시행하는 것이 바람직할 것으로 사료된다.

골반 지표 중 골반 입사각은 골성장이 완료되면 평생 변하지 않는 개인의 고유한 해부학적 지표로서,²⁶⁾ 질병 발생하여도 변하지 않기 때문에 이를 이용한 이상 발현을 예측하려는 시도가 있었다.²⁷⁾ 본 연구에서 골반 입사각은 평균은 $46.4^\circ \pm 7.8^\circ$ 이었다. 천추 경사는 골반 입사각과는 높은 상관관계를 가진 것으로 알려져 있으며, 본 연구에서도 골반 입사각은 천추 경사와 비례하여 증가하는 소견을 보여, 모두 1군에서 4군으로 갈수록 유의하게 증가하였다.

시상면상의 척추의 각도지표들 중 요추의 전만각은 다른 각도 지표들과 골반지표 및 체간 균형을 나타내는 제 7 경추 수선과

다양한 상관관계를 보였다. Rousouly 등⁶⁾은 서로 연관성이 깊은 여러 시상면상 지표들 중 형태와 크기의 변화가 가장 다양한 하부 요추부를 기준으로 시상면상의 정렬을 4개의 군으로 분류하였고, 본 연구에서는 각 군에서 세분화된 지표들의 측정하여 해부학적 특징을 파악할 수 있었다. 이를 통하여 정상인의 다양한 시상면상의 정렬의 변화의 양상을 이해하고, 이에 따라 척추 재건술 등의 치료에 도움이 될 수 있을 것으로 사료되나, 향후 지속적인 추적 조사, 연령이나 성별에 따른 분류, 동적 검사, 핵자기 공명 영상 등을 통한 다양한 접근 방법을 통하여 질병의 발현과의 연관성 등의 임상적 연구가 시행되어야 할 것으로 사료된다.

결론

하부요추의 전만의 형태 및 천추 경사에 따라 여러 척추의 시상면 지표들이 변화하는 양상을 보였다. 특히 천추 경사가 35도 이하이고 첨부 요추가 제 4 요추이거나 원위부인 1군에서는 흉요추부 후만각이 유의하게 증가하는 소견을 보였으나 제 12 흉추 척추 경사는 전군에서 유의한 차이를 보이지 않았다. 골반 지표와 척추의 시상면 지표의 변화에 대한 이해는 정상인의 체간 균형 과정을 이해하고, 개인의 해부학적 특성에 따른 수술적 치료를 시행할 수 있도록 도움을 줄 수 있을 것으로 사료된다.

REFERENCES

1. Stagnara P, De Mauroy JC, Dran G, et al. Reciprocal angulation of vertebral bodies in a sagittal plane: approach to references for the evaluation of kyphosis and lordosis. *Spine*. 1982;7:335-42.
2. Bernhardt M, Bridwell KH. Segmental analysis of the sagittal plane alignment of the normal thoracic and lumbar spines and thoracolumbar junction. *Spine*. 1989;14:717-21.
3. Jackson RP, McManus AC. Radiographic analysis of sagittal plane alignment and balance in standing volunteers and patients with low back pain matched for age, sex, and size. A prospective controlled clinical study. *Spine*. 1994;19:1611-8.
4. Gelb DE, Lenke LG, Bridwell KH, Blanke K, McEnery KW. An analysis of sagittal spinal alignment in 100 asymptomatic middle and older aged volunteers. *Spine*. 1995;20:1351-8.
5. Koroivessis PG, Stamatakis MV, Baikousis AG. Reciprocal angulation of vertebral bodies in the sagittal plane in an asymptomatic Greek population. *Spine*. 1998;23:700-4.
6. Rousouly P, Gollogly S, Berthonnaud E, Dimnet J. Classification of the normal variation in the sagittal alignment of the human lumbar spine and pelvis in the standing position. *Spine*. 2005;30:346-53.
7. Boulay C, Tardieu C, Hecquet J, et al. Sagittal alignment of spine and pelvis regulated by pelvic incidence: standard values and prediction of lordosis. *Eur Spine J*. 2006;15:415-22.
8. Smith A, O'Sullivan P, Straker L. Classification of sagittal thoraco-lumbo-pelvic alignment of the adolescent spine in standing and its relationship to low back pain. *Spine*. 2008;33:2101-7.
9. O'Brien MF, Kuklo TR, Blanke KM, Lenke LG. Radiographic Measurement Manual. Spinal Deformity Study Group(SDSG). Medtronic Sofamor Danek. 2004.
10. Troyanovich SJ, Cailliet R, Janik TJ, Harrison DD, Harrison DE. Radiographic mensuration characteristics of the sagittal lumbar spine from a normal population with a method to synthesize prior studies of lordosis. *J Spinal Disord*. 1997;10:380-6.
11. Vedantam R, Lenke LG, Keeney JA, Bridwell KH. Comparison of standing sagittal spinal alignment in asymptomatic adolescents and adults. *Spine*. 1998;23:211-5.
12. Jackson RP, Kanemura T, Kawakami N, Hales C. Lumbopelvic lordosis and pelvic balance on repeated standing lateral radiographs of adult volunteers and untreated patients with constant low back pain. *Spine*. 2000;25:575-86.
13. Hammerberg EM, Wood KB. Sagittal profile of the elderly. *J Spinal Disord Tech*. 2003;16:44-50.
14. Kobayashi T, Atsuta Y, Matsuno T, Takeda N. A longitudinal study of congruent sagittal spinal alignment in an adult cohort. *Spine*. 2004;29:671-6.
15. Mac-Thiong JM, Berthonnaud E, Dimar JR, Betz RR, Labelle H. Sagittal alignment of the spine and pelvis during growth. *Spine*. 2004;29:1642-7.
16. Vialle R, Levassor N, Rillardon L, Templier A, Skalli W, Guigui P. Radiographic analysis of the sagittal alignment and balance of the spine in asymptomatic subjects. *J Bone Joint Surg Am*. 2005;87:260-7.
17. Lee CS, Oh WH, Chung SS, Lee SG, Lee JY. Analysis of the Sagittal Alignment of Normal Spines. *J Korean Orthop Assoc*. 1999;34:949-54.
18. Kim WJ, Kang JW, Yeom JS, et al. A comparative analysis of sagittal spinal balance in 100 asymptomatic young and older aged volunteers. *J Korean Soc Spine Surg*. 2003;10:327-34.

19. Jackson RP, Peterson MD, McManus AC, Hales C. Compensatory spinopelvic balance over the hip axis and better reliability in measuring lordosis to the pelvic radius on standing lateral radiographs of adult volunteers and patients. *Spine*. 1998;23:1750-67.
20. Vaz G, Roussouly P, Berthonnaud E, Dimnet J. Sagittal morphology and equilibrium of pelvis and spine. *Eur Spine J*. 2002;11:80-7.
21. Berthonnaud E, Dimnet J, Roussouly P, Labelle H. Analysis of the sagittal balance of the spine and pelvis using shape and orientation parameters. *J Spinal Disord Tech*. 2005;18:40-7.
22. Horton WC, Brown CW, Bridwell KH, Glassman SD, Suk SI, Cha CW. Is there an optimal patient stance for obtaining a lateral 36" radiograph? A critical comparison of three techniques. *Spine*. 2005;30:427-33.
23. Kim MS, Chung SW, Hwang CJ, Lee CK, Chang BS. A radiographic analysis of sagittal spinal alignment for the standardization of standing lateral position. *J Korean Orthop Assoc*. 2005;40:861-8.
24. Kim YJ, Bridwell KH, Lenke LG, Kim YB, Ahn YJ. Comparative radiographic analysis of the sagittal spinopelvic alignment between 100 asymptomatic adults and 100 patients with sagittal imbalance. Poster session presented at: 2008 annual meeting. International Meeting on Advanced Spine Technology (IMAST); 2008 July 8-11; Hong Kong. [E-Poster presentation E-Poster #419]
25. Berlemann U, Jerszenszky DJ, Buhler DW, Harms J. The role of lumbar lordosis, vertebral end-plate inclination, disc height, and facet orientation in degenerative spondylolisthesis. *J Spinal Disord*. 1999;12:68-73.
26. Legaye J, Duval-Beaupere G, Hecquet J, Marty C. Pelvic incidence: a fundamental pelvic parameter for three-dimensional regulation of spinal sagittal curves. *Eur Spine J*. 1998;7:99-103.
27. Lee CS, Chung SS, Chung KH, Kim SR. Significance of Pelvic Incidence in the Development of Abnormal Sagittal Alignment. *J Korean Orthop Assoc*. 2006;41:274-80.

정상 한국인의 요추 형태 분류에 따른 시상면상 척추 - 골반 지표들의 변화 - 20대 성인 남자 군에서의 연구 -

안영준 • 김영배* • 강규복* • 이승원 • 김용정†

국립경찰병원 정형외과, 서울보훈병원 정형외과*, Columbia University Medical Center 정형외과†

연구계획: 방사선학적 검사를 이용한 전향적 연구

목적: 정상인의 척추를 대상으로 요추의 형태를 분류하고 방사선학적 검사를 통해 시상면상 척추와 골반의 세분화된 지표들에 대하여 알아보고자 하였다.

선행문헌의 요약: 정상인의 젊은 남성을 대상으로 한 척추-골반 지표의 분류에 관한 연구는 보고된 바가 없었다.

대상 및 방법: 2007년 10월부터 2009년 3월까지 166명의 성인 남자들을 대상으로 연구를 시행하였다. 척추와 하지의 질환이나 수술 등의 과거력이 없는 정상인들을 선별하였다. 전신 기립 측면 촬영을 시행하여 측만증, 협부 결손, 또는 추간판 간격의 이상 등이 있는 예는 제외하였다.

방사선학적 시상면 지표는 거리 지표로 제 7 경추, 제 12 흉추, 천추 요추 및 하단 골두의 수선과 천추 후상단과의 거리를 측정하였고, 각도 지표로 흉추 후만각, 흉요추 후만각 및 요추 전만각을 측정하였다. 골반 지표로는 천추 경사 및 골반 입사각을 측정하였다. 이 후 이들을 하부 요추의 형태에 따라 천추 경사가 35도 이하인 대상자 중 천추 요추가 제 4요추 이하인 경우 1군, 이상인 경우 2군, 천추 경사가 35도 이상인 경우를 3군, 45도 이상인 경우를 4군으로 세분하여 비교하였다.

결과: 대상자들은 평균 21.8세 (19~26세)이었다. 1군은 37예, 2군 44예, 3군 62예, 4군 23예였다. 거리 지표는 전례에서 체간의 균형을 보였으며, 제 12 흉추 수선과 천추 수선이 1군에서 가장 후방으로 전이되었다. 각도 지표로 1군에서 흉요추 후만각이 가장 증가하였으며, 요추 전만각은 4군으로 갈수록 증가하였다. 척추 경사는 제 12흉추 하단 척추 경사각이 각 군간에서 제일 차이가 적었다. 골반 지표로 골반 입사각은 4군으로 갈수록 증가하였다.

결론: 하부 요추 형태의 변이에 따라 척추와 골반의 여러 시상면 지표들이 변화하는 양상을 보였다. 그러나 모든 군에서 흉추 후만각 및 제 12 흉추 하단 척추 경사각은 유의한 차이를 보이지 않았다. 골반과 척추의 시상면 지표의 변화에 대한 이해는 정상인의 체간 균형 과정을 이해하는데 도움을 줄 수 있을 것으로 사료된다.

색인 단어: 요추, 시상면, 전만, 골반 경사, 분류

약칭 제목: 시상면 척추-골반 지표 분류