

<원저>

척추 전장 측면 방사선검사 시 손바닥 정면 자세가 척추골반지표에 미치는 영향

주영철·김한용·김동환

삼성서울병원 영상의학과

Effect of Palm Facing Forward Posture on SpinoPelvic Parameters on the Whole Spine Lateral Radiography

Young-Cheol Joo·Han-Yong Kim·Dong-Hwan Kim

Department of Radiology, Samsung Medical Center

Abstract The purpose of this study was to investigate the effect of cross arms and palms facing forward on spinopelvic parameters during the whole spine lateral radiography. In addition, we would like to present the usefulness of a posture with the palm facing forward during whole spine lateral radiography of the spine using EOS. The subjects of this study were images of a total of 50 patients (18 males, 32 females) who whole spine lateral radiography using the conventional method and the EOS method from October 2020 to March 2021. The posture used in this study was set as 'CAP' for cross arms and 'PUSH' for posture with palms facing forward. In this study, among the spinal stability factors, thoracic kyphosis (thoracic vertebrae 4 to 12), lumbar lordosis (lumbar vertebrae 1 to sacrum 1), sagittal vertical axis, sacral slope, and shoulder flexion angle were compared on average. The mean thoracic kyphosis was $34.52 \pm 12.46^\circ$ for CAP and $28.46 \pm 10.81^\circ$ for PUSH ($p < 0.01$). The lumbar lordosis of CAP was $42.45 \pm 17.45^\circ$ and that of PUSH was $40.56 \pm 16.14^\circ$ ($p > 0.57$). The sagittal vertical axis was 26.59 ± 34.34 mm in CAP and 21.21 ± 35.41 mm in PUSH ($p > 0.44$). In CAP, the sacral slope was $30.96 \pm 10.29^\circ$, and in PUSH, it was $31.01 \pm 10.19^\circ$ ($p > 0.98$). shoulder flexion angle was $38.31 \pm 8.24^\circ$ for CAP and $26.08 \pm 6.71^\circ$ for PUSH ($p < 0.01$). As a result of this study, the PUSH posture is considered to be a posture that can minimize the shoulder flexion angle and can perform a stable examination while minimizing changes in spino-pelvic parameter.

Key Words: Whole spine lateral radiography, Spinopelvic parameter, Humerus flexion angle, Palm facing forward posture, Cross arm posture, EOS

중심 단어: 척추 전장 측면 방사선검사, 척추골반지표, 상완골 골곡각, 손바닥 정면자세, 팔을 끌어안은자세, EOS

1. 서론

척추는 경추, 흉추, 요추, 골반, 고관절이 서로 유기적으로 작용하며 균형을 유지한다[1]. 사람은 많은 시간을 선 자세로 생활하기 때문에 선 자세에서 척추의 균형과 관련된 인자들의 관찰은 척추 질환의 진단 및 치료에 매우 중요하다. 척추 시상 정렬 지표(spinal sagittal alignment parameter; SSAP)와 골반지표(pelvic parameter; PP), 척추 만곡은 척

추질환 진단의 대표적인 인자이다. 이 지표들은 선 자세 척추 전장 방사선검사(standing position whole spine radiography; WSR)에서 관찰이 가능하며, WSR은 다양한 영상의학과적 검사방법 중 유일하게 체중 부하가 가해진 척추의 상태를 관찰할 수 있다[1]. 과거에는 척추 전체를 포함할 수 있는 필름을 이용하였으나, 현재는 장비의 발전으로 척추 전체를 포함할 수 있는 영상수용체(detector)를 이용하여 한번의 방사선 조사로 영상을 획득하는 방식과 X선관

Corresponding author: Young-Cheol Joo, Department of Radiology, Samsung Medical Center, 81 Irwon-Ro Gangnam-gu, Seoul, 06351, Republic of Korea / Tel: +82-2-3410-2530 / E-mail: skulljoo@naver.com

Received 25 July 2022; Revised 18 September 2022; Accepted 14 October 2022

Copyright ©2022 by The Korean Journal of Radiological Science and Technology

과 영상수용체가 경추, 흉추, 요추 부위의 영상을 개별적으로 획득 후 이를 합성하는 방식(stitching system) 그리고 X선관과 영상수용체가 동일한 방향으로 동시에 이동(scan type)하면서 영상을 획득하는 방식(EOS system) 등이 있다.

EOS system은 선 자세에서 척추 전체의 전후방향(anteroposterior projection; AP)과 측방향(lateral projection; Lat.)영상을 동시에 획득할 수 있으나, 다른 WSR 방법들은 정면과 측면 영상 획득을 위해 환자가 자세를 변경해야 한다. EOS system은 방사형의 방사선이 인체 시상 축에 대해 수직으로 스캔하는 방식으로 조사되기 때문에 해부학적 구조물의 왜곡이 거의 없으며, EOS 장비만의 특화된 기술로 인해 매우 적은 선량으로 영상 획득이 가능하다[1, 2]. 모든 WSR는 Lat. 영상 획득 시 상지(upper extremity)가 척추와 겹치게 된다. 그래서 많은 선행 연구에서는 상완과 척추가 겹치지 않으면서, SSAP에 영향을 주지 않는 자세에 대해 연구하였으며, 그 결과 팔을 X자 형태로 끌어 앉는 자세(cross-arm position; CAP)와 팔꿈치를 구부리고 양 주먹을 쇄골의 중간부위 위에 올려 놓는 자세(fists on clavicle with elbow fully flexed and fists resting on the clavicle; FC)가 가장 척추 시상 정렬과 골반 지표에 영향을 적게 주는 자세로 알려져 임상에서 적용되고 있으며[4-6], EOS에서는 정면과 측면 영상을 동시에 획득하기 때문에 FC 자세를 권고하고 있다.

하지만, 척추질환은 대부분 고령에서 발생하고, 특히 퇴행성 척추질환을 가진 환자의 경우 허리를 곧게 펴고, 자력으로 CAP와 FC 자세를 유지하는데 많은 어려움이 나타났다.

이에 본 연구에서는 WSR에서 CAP 자세와 FC 자세에서 손바닥을 장비의 전면에 밀착시키는 변형된 자세가 척추 전장 측면 영상 획득 시 척추 시상 정렬 인자와 골반 지표에 미치는 영향에 대해 알아보고, WSR 측면 검사 시 임상적으로 더 유용한 자세에 대해 제시하고자 한다.

II. 대상 및 방법

1. 연구대상

본 연구는 2020년 10월부터 2021년 3월까지 stitching system과 EOS system을 이용해서 WSR을 시행한 환자 총 50명(남성 18명, 여성 32명, 평균연령 62세)의 척추 전장 측면 영상(WSR Lat.)을 대상으로 후향적으로 연구하였으며, 수술 전 환자의 영상을 이용하였다.

2. 실험방법

1) 실험장비

본 연구에서 사용된 stitching system 장비는 GC 85A 와 GC 80(Samsung Electronics, Korea)이고, EOS system은 EOS(Biospace Imaging, Paris, France)를 이용하였다. 영상 측정은 Centricity RA1000(General Electronic, USA) 의료 영상저장전송시스템(picture archiving and communication system; PACS)에서 측정하였다.

2) 검사자세

검사 자세는 stitching system의 경우 CAP, EOS system에서는 FC 자세에서 손목을 회전시켜 손바닥을 장비의 전면에 밀착시키는 자세(wall push position; PUSH)를 적용하였다. CAP는 EOS system 설치 이전부터 이용되던 검사 자세이다.

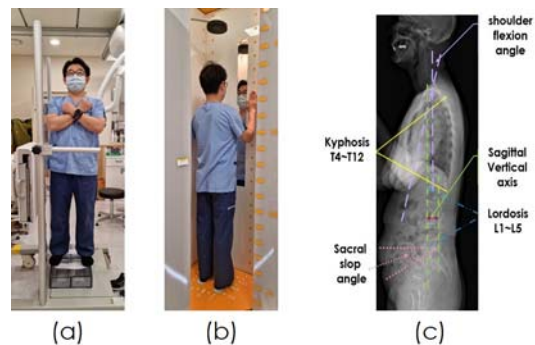


Fig. 1. The Patient posture and Measurement index compared in this study

(a) and (b) are the whole spine lateral radiography postures compared in this study. In this study, (a) posture was commanded as CAP, and (b) was defined as PUSH. (c) is a measurement indications of the indicators and measurement methods measured in this study to evaluate the effects of examination posture changes on images.

3) 측정지표

본 연구에서 사용된 척추 시상 정렬 지표 중 흉추만곡(kyphosis)과 요추만곡(lordosis), 시상 수직축(sagittal vertebral axis; SVA)와 골반 지표 중 천추경사(sacral slope), 상완골 굴곡각(humerus flexion angle; HFA)을 측정하였으며, 각 지표는 아래와 같이 정의하였다.

- (1) 흉추만곡(kyphosis): 4번 흉추(4th thoracic spine)의 상단과 12번 흉추(12th thoracic spine)하단이 이루는 각
- (2) 요추만곡(lordosis): 1번 요추(1st lumbar spine)의 상단

- 과 5번 요추(5th lumbar spine) 하단이 이루는 각
- (3) 시상 수직축(sagittal vertebral axis; SVA): 7번 경추(7th cervical spine) 중심에서 내린 수선으로부터 1번 천추(1st sacrum)의 후·상방 모서리까지의 수평 거리
- (4) 천추경사(sacral slope): 1번 천추(1st sacrum)의 상연과 수평선과의 각
- (5) 견관절 굴곡각(shoulder flexion angle; SFA): 우측 상완골두(head of right humerus head)에 수평선과 우측 상완골체(body of right humerus)가 이루는 각

4) 자료 획득 방법

자료 획득은 2021년 4월 16일부터 30일까지 연구대상의 영상을 본 연구자가 직접 PACS system에서 제공하는 각도 및 거리 측정 도구를 이용하여 측정 및 기록하였다.

5) 자료분석 방법

자료 분석은 각 자세에서 측정한 측정 지표값의 기술통계를 제시하였으며, 두 자세에서 측정된 값의 평균값 비교를 위해 독립표본 *t* 검정(independent *t*-test)를 실시하였다. 통계프로그램은 SPSS(version 22.0, SPSS, Chicago, IL, USA)를 사용하였고, 유의수준(α)은 0.05, 유의확률(*p*)은 0.05이하를 유의한 것으로 설정하였다.

III. 결과

1. CAP와 PUSH에서 흉추 및 요추 만곡과 시상 수직축에 대한 평균 비교 결과

CAP와 PUSH에서 흉추 및 요추 만곡과 시상 수직축의 평균값 비교결과는 다음과 같다(Table 1).

CAP와 PUSH에서 흉추만곡의 평균값은 각각 34.52±12.46°과 28.46±10.81°로 나타났으며, 자세변화에 따른 평균값의 차이는 통계적으로 유의한 차이가 있었다(*p*<0.01).

요추만곡의 평균값은 CAP에서는 42.45±17.45°, PUSH에서는 40.56±16.14°이었으며, 두 값의 평균값의 차이는 통계적으로 유의한 차이가 없었다(*p*>0.57).

시상 수직축의 경우 CAP 자세에서는 26.59±34.33 mm이었고, 21.21±35.41 mm로 나타났으며, 평균값의 차이는 통계적으로 유의한 차이가 없었다(*p*)0.44).

2. CAP와 PUSH에서 천추경사에 대한 평균 비교 결과

천추경사의 평균 값은 CAP의 경우 30.96±10.29°이었고, PUSH에서는 31.01±10.19°로 나타났으며, 두 값의 차이는 통계적으로 유의한 차이가 없었다(*p*)0.98), (Table 2).

Table 1. Result of mean comparison for kyphosis, lordosis, and SVA in CAP and WPS

parameter	position	n	mean±SD	min	max	<i>t</i>	<i>p</i>
kyphosis (°)	CAP	50	34.52±12.46	9.30	65.80	-2.59	0.01
	PUSH		28.46±10.81	2.00	52.00		
lordosis (°)	CAP	50	42.45±17.45	0.51	77.80	-0.56	0.57
	PUSH		40.56±16.14	3.00	74.00		
SVA (cm)	CAP	50	2.65±3.43	-3.02	11.13	-0.77	0.44
	PUSH		2.12±3.54	-5.40	12.00		

1. Kyphosis was measured upper endplate of 4th thoracic spine and lower endplate of 12th thoracic spine. Lordosis was measured upper endplate of 1st lumbar spine and lower endplate of 5th lumbar spine. SVA is sagittal vertebral axis, it was measured. In the sagittal plane image, distance between the vertical axis passing through the center of body of 7th cervical spine and posterior edge of the sacral plate.
2. CAP is cross-arm position. PUSH is wall push position.
3. 'p' was calculated by independent t- test.

Table 2. Result of mean comparison for sacral slope in CAP and PUSH

parameter	position	n	mean±SD	min	max	<i>t</i>	<i>p</i>
sacral slope (°)	CAP	50	30.96±10.29	9.10	54.00	0.02	0.98
	PUSH		31.01±10.19	8.60	56.00		

1. sacral slope angle was measured between upper margin of 1st sacrum and horizon line.
2. CAP is cross-arm position. PUSH is wall push position.
3. 'p' was calculated by independent t- test.

Table 3. Result of mean comparison for shoulder flexion angle in CAP and PUSH

parameter	position	n	mean±SD	min	max	t	p
SFA (°)	CAP	50	51.69±8.24	31.90	66.90	8.13	0.01
	PUSH		63.92±6.71	50.60	74.30		

1. SFA is shoulder flexion angle, SFA was measured between body of right humerus and horizon line on location of right humerus head.
2. CAP is cross-arm position, PUSH is wall push position.
3. 'p' was calculated by independent t- test.

3. CAP와 PUSH에서 견관절 굴곡각에 대한 평균 비교 결과

CAP에서 상완굴곡각은 51.69±8.24°이었으며, PUSH에서는 63.92±6.71°로 나타났고, 두 평균값의 차는 통계적으로 유의한 차이가 있었다($p < 0.01$), (Table 3).

IV. 고 찰

척추의 시상면 균형은 인체가 에너지 소비를 최소화 시킨다. 지속적인 잘못된 자세와 척추의 퇴행성 변화 등은 이 균형에 불균형을 초래하는 원인으로 작용하고[1, 4, 11, 12], 70~90%의 사람들은 살면서 한 번의 요통을 경험하게 된다[8]. 시상면 균형을 평가하기 위한 시상면 정렬 지수는 크게 척추 지표와 시상 수직축 및 골반 지표로 구분되며[4], 본 연구에서는 척추 지표 중 흉추만곡과 요추만곡, 골반 지표 중 천추경사 그리고 시상 수직축을 이용하였다. 본 연구에서 골반 지표 중 천추경사만 이용한 이유는 CAP 영상 획득 특성으로 인해 대퇴골두 중심 측정의 어려움으로 인해 두 영상 모두에서 측정 가능한 천추경사만 이용하였다.

흉추만곡은 남성보다 여성이 약간 크며, 연령이 증가할수록 증가하고, 노령에서는 약 60°까지 이른다고 보고하였다[1]. 해외의 연구에서는 41.6°라고 발표하였으며[16], 평균 76세 노인층에서의 평균값은 52°로 보고되었다[17]. 정상 한국인 흉추만곡의 평균값은 32±9.40°로 나타났고[9], 다른 국내연구에서는 30.0±12.1°로 보고하였다[14]. 본 연구에서 측정된 흉추만곡은 CAP에서는 34.52±12.46°, PUSH에서는 28.46±10.81°로 측정되었으며, 두 자세에서 평균값의 차이는 통계적으로 유의한 차이가 있었다($p < 0.01$).

요추만곡의 평균값은 CAP의 경우 42.45±17.45°, PUSH의 경우 40.56±16.14°로 나타났으며, 두 평균값의 차이는 통계적으로 차이가 없었다($p > 0.57$). 김 등은 요추만곡의 정상범위를 20~80°로 주장하였으나[1], 해외의 연구에서는 60.9±12°로 보고하였고[16], 정상 한국인을 대상으로 진행한 다른 연구에서는 49.0±10.90°로 나타났[9].

본 연구에서 자세 변화에 따른 SVA의 평균값은 CAP는 2.65±3.43 cm, PUSH는 2.12±3.54 cm로 측정되었고, 두 평균값의 차는 통계적으로 유의하지 않았다($p > 0.44$). SVA의 정상치에 대한 선행연구의 결과를 살펴보면, 김 등은 ±1 cm를 정상치로 제시하였고[1], 강 등은 -0.3±2.8 cm으로 보고하였다[11].

천추경사는 CAP의 경우 30.96±10.29°, PUSH의 경우 31.01±10.19°로 나타났으며, 두 값은 통계적으로 유의한 차이가 없었다($p > 0.981$). 이 등은 정상군의 sacral slop의 평균 각도는 31.5°로 보고하였고[12], 강 등은 37.1±6.8°로 발표하였으며[11], 김 등은 젊은층의 경우 32±7.18°, 노인층의 경우 35±7.15°라고 주장하였는데, 본 연구의 결과는 이 등의 연구와 유사한 값으로 나타났다.

CAP와 PUSH에서 SFA의 평균값은 51.69±8.24°와 63.92±6.71°로 나타났는데, 두 자세에서의 SFA의 차이는 통계적으로 유의한 차이가 있었다($p < 0.01$). 본 연구에서 SFA의 값이 클수록 상완골이 몸통방향으로 붙는 것으로, 이는 견관절 굴곡의 감소를 의미한다. 척추 전장 측면 영상 획득 시 척추체 관찰을 위해서는 부득이하게 팔을 들어야 하는데, 이러한 행동은 척추 시상면정렬에 영향을 줄 수 있다[6]. 척추 전장 측면 검사 자세와 척추 시상면 정렬에 관한 여러 선행연구에 의하면 견관절을 30~45°로 적게 굴곡하는 경우가 시상면 정렬 변화에 영향을 적게 주는 것으로 나타났으며, Stagnara 등은 상완골을 들어 올림으로 인해 척추 각도의 변화가 발생한다고 주장하였다[18]. 하지만, 최근의 연구에서는 팔을 앞으로 들어 올리는 경우 그 무게에서 생기는 견관절의 굴곡 모멘트를 상쇄시키기 위한 골반의 후방경사, 고관절의 신전 및 척추 전장에 걸친 신전 기전에 의한 것 때문이라는 주장이 제기되었다[19]. 이와 같은 이유로 팔을 앞으로 끌어안은 자세(CAP)가 가장 적절한 자세라는 의견이 지배적이다[5-7, 10].

본 연구결과 PUSH가 CAP에 비해 SFA가 크게 나타났는데, 이는 PUSH가 CAP 및 기존의 다른 자세보다 견관절 굴곡을 최소화할 수 있음을 의미한다. 시상면 정렬 지수 중 흉추만곡은 PUSH가 CAP보다 약간 낮게 나타났지만, 선행연구에서 발표한 정상군의 값과는 유사한 값으로 나타났다.

그리고 요추만곡나 SVA, 천추경사는 두 자세 모두 평균값의 차이는 통계적으로 유의한 차이가 없는 것으로 보았을 때, CAP 자세에서 PUSH 자세로 변경하여도 시상면 정렬 지수의 변화에는 큰 영향을 주지 않을 것으로 생각된다. Kanichiro 등은 EOS에서 척추 전장 검사 시 손을 쇄골 위에 올리는 방법이 가장 시상면 정렬 지수에 영향을 주지 않고 검사할 수 있는 자세라고 주장하였다[7]. 하지만 시상면 정렬 지수 변화로 내원하는 환자 군이 노령층이 많은 점과 EOS 검사 준비부터 스캔 시간까지의 시간을 고려한다면, Kanichiro가 주장한 자세보다는 PUSH가 더 안정적이면서, 시상면 정렬 지수에 변화를 최소화 할 수 있는 자세라고 사료된다.

이번 연구에서는 성별과 연령에 따른 두 자세에서의 시상면 정렬 지수의 변화에 대한 고찰이 부족했으며, GC 85A 및 GC 80와 EOS의 영상 획득 방법 차이로 인해 모든 골반지수의 변화를 제시하기에 어려웠던 점이 있다. 추후 이와 관련된 정밀한 연구가 필요하다고 생각된다.

V. 결론

본 연구에서는 EOS를 이용한 척추 전장 측면 검사 시 PHSU 자세와 기존의 CAP 자세를 비교했을 때 척추 시상 정렬 인자와 골반 지표에 미치는 영향 비교를 통해 두 자세의 임상적으로 더 유용한 자세에 대해 제시하고자 한다.

본 연구 결과, PUSH자세로 검사 시 CAP자세에 비해 흉추만곡은 약 6° 정도 감소시킬 수 있으며, 견관절 굴곡을 최소화 시키면서 안정적으로 척추 전장 측면 영상을 획득할 수 있는 검사 자세임을 알 수 있었다.

REFERENCES

- [1] Kim KT, Lee JH. Sagittal Imbalance. *Journal of Korean Spine Surg.* 2009;16(2):142-51.
- [2] Kim SB, Heo YM, Yi JW, Oh BH, Lee GS, Jeong SJ, et al. Introduction of a New Skeletal Imaging Instrument; The Low Radiating-Dose EOS System. *J Korean Soc Spine Surg.* 2018;25(2):74-80.
- [3] Wybier M, Bossard P. Musculoskeletal imaging in progress: The EOS imaging system. *Joint Bone Spine.* 2013;80:238-43.
- [4] Kim WJ. Optimal Standing Radiographic Positioning in Patients with Sagittal Imbalance. *J Korean Soc Spine Surg.* 2010;17(4):198-204.
- [5] Aota Y, Saito T, Uesugi M, Kato S, Kuniya H, Koh R. Optimal Arm Position for Evaluation of Spinal Sagittal Balance. *J Spinal Disord Tech.* 2011;24(2):105-09.
- [6] Kim MS, Chung SW, Hwnag 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(7):861-7.
- [7] Kaneko K, Aota Y, Sekiya T, Yamada K. Validation study of arm positions for evaluation of global spinal balance in EOS imaging. *Eur J Orthop Surg Traumatol.* 2016;26(7):725-33.
- [8] Jeong WC, Joo YC. Effects of Dose and Image Quality according to Center Location in Lumbar Spine Lateral Radiography Using AEC Mode. *Journal of Radiological Science and Technology.* 2021;44(2):85-90.
- [9] Lee CS, Oh WH, Chung SS, Lee SG, Lee JY. Analysis of the Sagittal Alignment of Normal Spines. *J. of Korean Orthop. Assoc.* 1999;34(5):949-54.
- [10] Kim WJ, Kang JW, Yeom JS, Kim KH, Jung YH, Lee SH, Choy WS. A Comparative Analysis of Sagittal Spinal Balance in 100 Asymptomatic Young and Older Aged Volunteers. *Journal of Korean Spine Surg.* 2003;10(4):327-34.
- [11] Kang KB, Ahn YJ, Kim YJ, Kim YB, Park SC. Changes in Sagittal Spinopelvic Parameters according to Pelvic Incidence in Asymptomatic Old Korean Men. *J Korean Spine Surg.* 2011;18(4):223-9.
- [12] 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(2):274-80.
- [13] Kwon KT, Yoon DY, Shin RU, Han BJ, Yoon MS. A Study on the Usefulness of Copper Filter in Single X-ray Whole Spine Lateral using 3D Printer. *J. Korean Soc. Radiol.* 2020;14(7):899-906.
- [14] Lee CS, Choi JS, Kim YC, Seo SS, An KC, Son SD. The Sagittal Balance and Compensatory Mechanisms

in Lumbar Spinal Stenosis. *Journal of Korean Spine Surg.* 2001;8(1):46-52.

[15] Kim WJ, Kang JW, Kim HY, Sung HI, Park KY, Park JG, et al. Change of Pelvic Tilt before and after Gait in Patients with Lumbar Degenerative Kyphosis. *Journal of Korean Spine Surg.* 2009; 16(2):95-103.

[16] 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(14):1611-8.

[17] Hammerberg EM, Wood KB. Sagittal profile of the elderly. *J Spinal Disord Tech.* 2003;16(1):44-50.

[18] Stagnara P, De Mauroy JC, Dran G, et al. Reciprocal angulation of vertebral bodies in a sagittal plane: Approach to references in the evaluation of kyphosis and lordosis. *Spine.* 1982;7(4):335-42.

[19] Marks MC, Stanford CF, Mahar AT, Newton PO. Standing lateral radiographic positioning dose not represent customary standing balance. *Spine.* 2000;28:1176-82.

구분	성명	소속	직위
제1저자/교신저자	주영철	삼성서울병원 영상의학과	방사선사/박사
공동저자	김한용	삼성서울병원 영상의학과	방사선사/파트장
공동저자	김동환	삼성서울병원 영상의학과	방사선사/검사실장