



의인성 척추변형의 원인, 진단 및 치료

정 남 수

아주대학교 의과대학 정형외과학교실

Etiology, diagnosis, and treatment of iatrogenic spinal deformity

Nam-Su Chung, MD

Department of Orthopedic Surgery, Ajou University School of Medicine, Suwon, Korea

Background: Spinal fusion is a common procedure that provides spinal stability by connecting vertebral segments using a bone graft. Because the spinal alignment is fixed permanently after spinal fusion, a mal-aligned fusion can produce iatrogenic spinal deformity and imbalance with significant disability.

Current Concepts: Failure to restore adequate segmental lordosis in lumbar spinal fusion is a common cause of iatrogenic spine deformity. Local and regional spinal deformities can affect the global alignment; accordingly, spinal imbalance can occur when the compensation mechanisms fail. Diagnosis and surgical planning should be made on a thorough analysis of global and spinopelvic parameters on the standing whole-spine radiographs. Surgical treatment includes neural decompression, spinal fusion, and deformity correction. Spinal osteotomy provides a favorable surgical outcome, although the complication rate is high.

Discussion and Conclusion: Iatrogenic spine deformity is increasing due to the increased occurrence of spinal fusion surgery. To prevent iatrogenic spine deformity, the index fusion surgery should be performed based on a comprehensive analysis of spinopelvic alignment and balance.

Key Words: Iatrogenic disease; Spinal disease; Deformity; Spinal fusion

서론

척추유합술(spinal fusion)은 불안정성 척추 병변에 대해 척추 분절 간에 골이식(bone graft)을 시행하여 해당 분절을 골유합함으로써 안정성을 추구하는 척추의 관절고정술

(arthrodesis)이다. 척추유합술은 신경감압술과 더불어 척추 수술의 기본 원리에 해당하며, 초기 안정성 부여와 골유합 촉진을 위해 척추나사못 고정 등 척추고정술을 병행하는 것이 표준화된 술기이다[1].

척추가 유합되면 안정성은 확보되지만 분절의 운동성이 소실되고 형태가 영구히 고정되므로 척추의 유합은 해부학적 및 생역학적으로 최적의 형태로 이루어져야 한다. 기립 상태에서의 정상 척추 정렬은 정면에서는 직선 형태이나 측면에서는 이중 곡선 형태로서, 경추와 요추의 전만(lordosis)이 흉추와 천추의 후만(kyphosis)과 상호 균형을 이루어 인체의 고유한 직립 척추 형태를 형성한다[2-5]. 이러한 정상적인 척추 정렬이 유지되지 못한 채 척추유합술이 시행되면

Received: October 19, 2021 Accepted: October 27, 2021

Corresponding author: Nam-Su Chung

E-mail: namsuchung@gmail.com

© Korean Medical Association

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>) which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

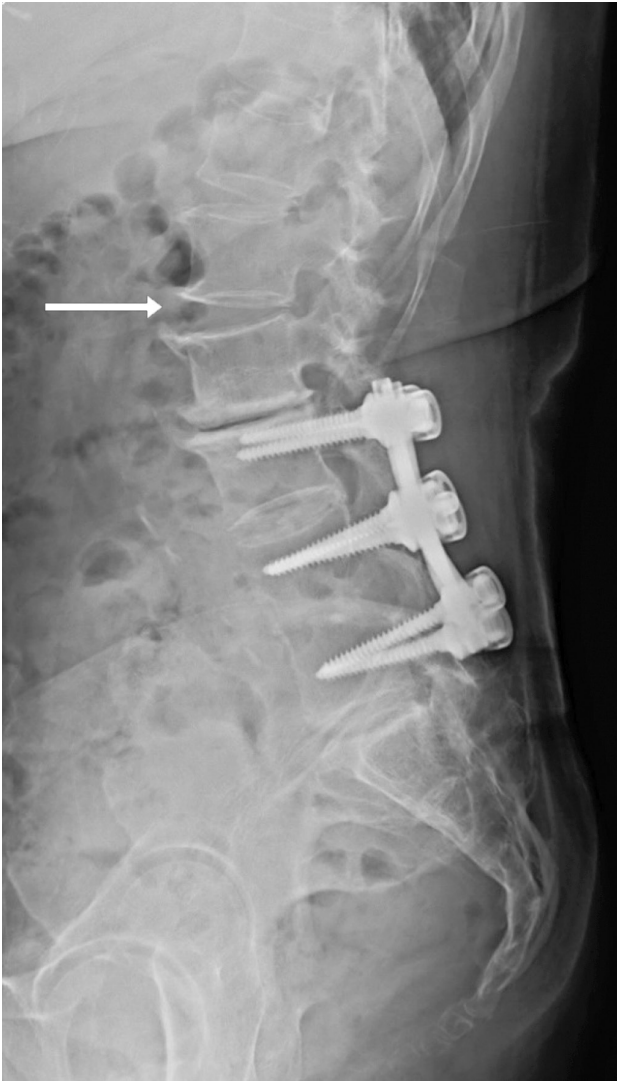


Figure 1. An illustration of flat back syndrome. The previous fusion surgery with a decreased lumbar lordosis leads to hyperlordosis at the thoracolumbar junction (arrow) to maintain the sagittal balance. Informed consent for publication of the clinical images was obtained from the patient.

해당 분절의 국소적 변형이 남게 되고, 이에 따라 이차적으로 척추의 정렬 이상 및 불균형이 초래될 수 있다[6,7].

의인성 척추변형은 척추 수술 후 이차적으로 발생하는 척추변형을 의미한다. 의인성 척추변형은 신경감압술에서 안정 구조가 과도하게 손상되었을 때에도 발생하지만 주로 적절하지 못한 형태로 유합된 척추유합술에서 나타난다[8]. 특히 요추유합술에서 요추 전만을 충분히 회복하지 못한 경우를 편평등증후군(flat back syndrome)이라고 한다(Figure 1) [9,10]. 의인성 척추변형은 복잡하고 심한 질환이나 장분

절 유합술이 시행되는 경우가 위험 요인이지만, 일상적으로 시행되는 단분절 유합술에서도 척추 정렬과 균형에 대한 무관심이나 부주의로 발생할 수 있다. 술기의 발달과 적응증의 확대로 척추유합술의 시행 빈도가 크게 증가하였으며, 이에 따라 의인성 척추변형도 흔히 나타나게 되었다. 이 논문에서는 의인성 척추변형의 원인과 진단, 치료에 대해서 기술하고자 한다.

원인

과거 척추유합술에서 신전형(distraction-type) 척추고정기가 사용되던 시절에는 요추 만곡의 후방에 척추고정기에 의해 신전력이 가해짐으로써 전만 감소가 발생하는 것이 편평등증후군의 주된 원인이었다. 현재는 더는 신전형 척추고정기가 사용되지 않고, 요추 만곡의 후방에 압박이 가능한 척추나사못 기반의 척추고정술이 시행되므로, 고정술 자체에 의한 편평등증후군의 발생은 개선되었다. 그러나 척추나사못 척추고정술에서도 요추의 전만이 충분하게 회복하지 못하는 경우가 있으며, 이것이 현재 가장 흔한 편평등증후군의 원인이 된다. 특히 두드러진 불균형이 없거나 단분절 유합술을 시행하는 경우 수술 전 정렬 분석에서 대해 간과하여 적절한 요추 분절각을 회복하지 못하는 경우가 발생한다.

요추 전만이 부족한 상태로 유합되면 초기에는 상하 인접 분절이나 흉추, 골반, 하지관절 등의 보상작용으로 척추의 균형이 유지되지만, 점차 보상 기능이 소실되면서 후만 변형과 불균형이 초래될 수 있다. 따라서 척추유합술은 견고한 골유합을 도모하는 동시에 생역학적으로 최적의 척추 형태로 재건되어 의인성 척추변형이 발생하지 않도록 예방하여야 한다. 충분한 요추 전만의 회복을 위해 다양한 수술 방법들이 연구되었으며, 수술 시 환자의 체위, 추체간 케이지의 높이나 각도, 삽입 위치, 후방 절골술의 추가 시행, 후방 척추기기의 압박 고정, 전방추체간 유합술의 선택 등이 알려져 있다[11,12].

또한 거짓관절증(pseudoarthrosis)의 발생도 척추유합술 후 발생하는 척추변형의 주요 원인이 된다. 거짓관절증은 척

추유합술에서 의도했던 안정성 획득에 실패함은 물론, 고정물의 침강이나 이동, 파손에 의해 회복된 분절각의 소실을 초래한다.

적절한 척추유합술이 시행되었다 하더라도 분절 간 유합에 의한 지렛대축(level arm)의 증가로 인해 유합 인접 분절에 응력이 집중됨으로써 유합 인접 분절의 퇴행성 변화가 가속화되는 유합 인접 분절 병변(adjacent segment pathology)이 발생할 수 있다. 이러한 변화는 인접 분절의 변형을 일으킬 수 있다.

척추유합술뿐만 아니라 신경감압술에서도 후방인대복합체나 후관절 등 안정 유지 구조물의 과도한 절제로 인해 의인성 후만 변형이 발생할 수 있다. 특히 경추부에서 후관절 절제 후 후만 변형이 흔히 관찰되는데, 수술전 경추가 전만을 이루는 경우 약 14%에서 나타나며 일직선인 경우에는 약 30%에서 발생한다고 보고되고 있다[8].

진단

척추 수술의 과거력, 통증 양상, 환자의 자세나 보행 이상 여부에 대해서 문진하고 이학적 검사 및 영상학적 검사로 의인성 척추변형을 확인한다. 통증은 주로 기립자세나 보행에 대한 피로 양상으로 발생한다. 이학적 검사에서는 환자의 전반적인 자세, 요추 전만과 흉추 후만의 정도 및 운동성, 골반의 보상 신전 여부, 고관절 및 슬관절의 보상 굴곡 여부, 수술 부위의 상처와 연부조직 상태 등을 확인한다. 영상학적 검사로 기존 고정술 및 유합술 상태에 대해 판단하고, 수술 분절의 변형 여부에 대해 평가한다. 또한 전체 척추와 골반의 보상작용을 평가하기 위해 척추전장사진을 분석한다. 추가적으로 고관절, 슬관절 등 하지의 보상작용을 평가하기 위해 하지전장사진을 시행할 수 있으며, 최근에는 척추와 하지 전체의 정렬을 동시에 촬영하여 분석하는 영상도 사용되고 있다[13].

비록 다른 분절이나 골반의 보상작용으로 균형이 유지되어 보인다 하더라도 실제로 각 지표를 측정해보면 이상 소견이 관찰되는 경우가 있다. 가령 시상 중심축(sagittal

vertical axis)이 정상 범위에 있더라도 골반의 후방회전으로 균형이 보상되는 경우나 골반 입사각에 비해 요추 전만각이 감소된 경우에는 잠재적 불균형이 내재된 상태로 이해하여야 한다[12].

치료

일부 환자에서 보존적 치료가 증상의 완화에 도움이 되기도 하지만 변형이 심한 경우에는 한계가 있으며, 불균형으로 인한 임상 증상이 심한 경우 수술적 치료의 대상이 된다. 의인성 척추변형은 기존의 골유합에 의한 강직성 변형이므로 교정을 위해서는 뼈를 절제하여 형태를 재형성하는 절골술 및 장분절 고정술 등 침습도가 큰 수술을 요하는 경우가 많다[14]. 또한 재수술에 해당하므로 다른 원인의 변형 질환에 비해 연부조직 및 골조직의 상태가 불량하여 감염이나 경막 파열, 신경 손상, 고정 실패, 불유합 등 수술 합병증 발생의 위험도가 높다. 따라서 수술적 치료의 계획은 변형의 교정에 대한 요소뿐만 아니라 골다공증이나 타 관절 질환 여부, 보행 능력, 환자의 전신 상태 등에 대해 평가하여야 한다. 또한 환자에게 수술의 규모, 실패의 가능성, 마취 및 회복의 위험성, 재활 치료의 중요성 등에 대해서 충분히 설명되어야 한다. 철저한 수술 계획의 수립 및 수술 합병증 발생에 대한 대안이 마련되어야 하며, 장분절 및 장시간의 수술이 예상되는 경우 단계적 수술로 계획할 수 있다.

수술의 원리는 크게 세 가지로, 신경조직의 압박이 있는 경우 신경감압술, 불안정성이 있는 경우 척추유합술, 그리고 변형 교정을 위한 교정술이며, 병변 및 환자의 상태에 따라 해당 술기들을 조합하여 수술 계획을 수립한다. 신경조직의 압박은 유합 인접 분절에서 흔히 발생하며 후방에서 직접 압박을 시행하기도 하지만 추체간 유합술을 통해 추간판 높이를 회복시킴으로써 신경조직의 간접 압박을 얻을 수도 있다. 추체간 유합술은 전방, 후방, 또는 측방 경로로 선택된다. 전방 또는 측방 추체간 유합술은 기존에 후방 수술이 시행된 경우 수술 접근에 유리하고, 최소침습적 수술 경로가 가능하며, 요추 전만각의 회복에 유리하므로 최근 척추변형 수술에

서 큰 관심을 받고 있다[15].

강직된 척추변형을 교정하기 위해서는 결국 절골술이 필요하다. 절골술은 절제되는 정도에 하부 후관절만 절제하는 경우, 상하부 후관절 모두 절제하는 경우, 척추경을 포함한 추체 일부를 절제하는 경우, 그리고 추체를 모두 절제하는 경우 등으로 나눌 수 있다. 척추경을 포함한 추체제거술은 매우 교정효과가 큰 술기여서 한 번에 30도 이상의 교정도 가능하지만 출혈이나 신경 손상 등 합병증의 빈도도 높게 나타나므로 완전한 술기의 시행이 필요하다[16].

결론

의인성 척추변형에 대한 수술적 치료는 광범위한 재수술에 해당하므로 매우 복잡하고 어렵다. 따라서 일차적으로 척추유합술을 시행할 때 척추의 정렬 및 균형에 대해 철저한 분석을 통해 의인성 척추변형이 발생하지 않도록 예방하는 것이 중요하다. 의인성 척추변형에 대한 교정의 수술적 결과는 만족스럽지만 합병증의 발생도 높으므로 수술 환자의 선택에 주의하여야 한다.

찾아보기말: 의인성질환; 척추질환; 변형; 척추유합술

ORCID

Nam-Su Chung, <https://orcid.org/0000-0001-7184-0427>

Conflict of Interest

No potential conflict of interest relevant to this article was reported.

References

- Kim YH, Ha KY, Rhyu KW, Park HY, Cho CH, Kim HC, Lee HJ, Kim SI. Lumbar interbody fusion: techniques, pearls and pitfalls. *Asian Spine J* 2020;14:730-741.
- Sparrey CJ, Bailey JF, Safaee M, Clark AJ, Lafage V, Schwab F, Smith JS, Ames CP. Etiology of lumbar lordosis and its pathophysiology: a review of the evolution of lumbar lordosis, and the mechanics and biology of lumbar degeneration. *Neurosurg Focus* 2014;36:E1.
- Roussouly P, Pinheiro-Franco JL. Biomechanical analysis of the spino-pelvic organization and adaptation in pathology. *Eur Spine J* 2011;20 Suppl 5:609-618.
- Le Huec JC, Saddiki R, Franke J, Rigal J, Aunoble S. Equilibrium of the human body and the gravity line: the basics. *Eur Spine J* 2011;20 Suppl 5:558-563.
- Roussouly 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 (Phila Pa 1976)* 2005;30:346-353.
- Le Huec JC, Charosky S, Barrey C, Rigal J, Aunoble S. Sagittal imbalance cascade for simple degenerative spine and consequences: algorithm of decision for appropriate treatment. *Eur Spine J* 2011;20 Suppl 5:699-703.
- Ames CP, Scheer JK, Lafage V, Smith JS, Bess S, Berven SH, Mundis GM, Sethi RK, Delella DA, Coe JD, Hey LA, Daubs MD. Adult spinal deformity: epidemiology, health impact, evaluation, and management. *Spine Deform* 2016;4:310-322.
- Jagannathan J, Sansur CA, Shaffrey CI. Iatrogenic spinal deformity. *Neurosurgery* 2008;63(3 Suppl):104-116.
- Boody BS, Rosenthal BD, Jenkins TJ, Patel AA, Savage JW, Hsu WK. Iatrogenic flatback and flatback syndrome: evaluation, management, and prevention. *Clin Spine Surg* 2017;30:142-149.
- Potter BK, Lenke LG, Kuklo TR. Prevention and management of iatrogenic flatback deformity. *J Bone Joint Surg Am* 2004;86:1793-1808.
- Champagne PO, Walsh C, Diabira J, Plante MÉ, Wang Z, Boubez G, Shedid D. Sagittal balance correction following lumbar interbody fusion: a comparison of the three approaches. *Asian Spine J* 2019;13:450-458.
- Kim HJ, Yang JH, Chang DG, Suk SI, Suh SW, Kim SI, Song KS, Park JB, Cho W. Proximal junctional kyphosis in adult spinal deformity: definition, classification, risk factors, and prevention strategies. *Asian Spine J* 2021 Apr 30 [Epub]. <https://doi.org/10.31616/asj.2020.0574>.
- Escott BG, Ravi B, Weathermon AC, Acharya J, Gordon CL, Babyn PS, Kelley SP, Narayanan UG. EOS low-dose radiography: a reliable and accurate upright assessment of lower-limb lengths. *J Bone Joint Surg Am* 2013;95:e1831-e1837.
- Smith JS, Singh M, Klineberg E, Shaffrey CI, Lafage V, Schwab FJ, Protosaltis T, Ibrahimi D, Scheer JK, Mundis G Jr, Gupta MC, Hostin R, Deviren V, Kebaish K, Hart R, Burton DC, Bess S, Ames CP; International Spine Study Group. Surgical treatment of pathological loss of lumbar lordosis (flatback) in patients with normal sagittal vertical axis achieves similar clinical improvement as surgical treatment of elevated sagittal vertical axis: clinical article. *J Neurosurg Spine* 2014;21:160-170.

15. Koike Y, Kotani Y, Terao H, Iwasaki N. Comparison of outcomes of oblique lateral interbody fusion with percutaneous posterior fixation in lateral position and minimally invasive transforaminal lumbar interbody fusion for degenerative spondylolisthesis. *Asian Spine J* 2021;15:97-106.
16. Kim HJ, Yang JH, Chang DG, Suk SI, Suh SW, Song KS, Park JB, Cho W. Adult spinal deformity: current concepts and decision-making strategies for management. *Asian Spine J* 2020;14:886-897.

Peer Reviewers' Commentary

이 논문은 의인성 척추변형이 발생하는 원인과 진단 방법, 수술적 치료법에 대한 최신 문헌을 정리하여 소개하고 있다. 수술로 인해 척추의 정렬 불균형이 초래되거나, 척추체 유합 시 불유합이 발생하는 경우가 의인성 척추변형의 주요한 원인이다. 의인성 척추변형의 수술적 치료는 대부분 광범위한 재수술이고 절골술 등이 필요한 고침습적 수술인 경우가 많아, 철저한 수술전 계획 수립이 중요하고 합병증 발생에 대한 고려가 필요함도 강조하고 있다. 척추 정렬 및 균형에 대한 관심과 이해가 이전에 비해 많이 높아진 것이 사실이나, 아직도 실제 임상 상황에서는 이에 대한 고려가 부족한 경우가 많은 것이 현실이다. 이 논문은 척추 정렬 및 균형에 대한 수술 전 평가의 중요성을 상기시키고, 의인성 척추질환을 예방하는데 많은 도움을 줄 것으로 판단된다.

[정리: 편집위원회]