

척추-골반 해리 동반 여부에 따른 불안정성 천골 골절의 치료

김홍식 · 이정환 · 박기철 · 박예수

한양대학교 의과대학 구리병원 정형외과

목 적: 척추 및 골반환 손상이 동반된 불안정성 천골 골절에서 척추-골반 이행부위의 해리 유무에 따른 수술적 치료 방법의 결과를 알아보고자 하였다.

대상 및 방법: 2004년 7월부터 2011년 1월까지 척추 및 골반환 손상이 동반된 불안정성 천골 골절 환자 중 수술적 치료를 시행받은 16예를 대상으로 하였다. 척추-골반 해리가 동반된 경우를 1군으로 장골 나사못을 이용한 척추-골반 고정술을, 해리가 동반되지 않은 경우는 2군으로 경피적 장-천골 나사못 고정술을 시행하였다. 후향적으로 visual analogue scale (VAS) 및 Oswestry disability index (ODI)를 이용한 임상적 결과와 방사선학적 골유합 여부 및 시기에 대해 평가하였다.

결 과: 총 16예의 환자 중 척추-골반 해리가 동반되어 장골 나사못을 이용한 척추-골반 고정술을 시행한 1군은 8예였으며, 해리가 동반되지 않아 경피적 장-천골 나사못 고정술을 시행한 2군 또한 8예였다. 최종 추시시 두 군 모두에서 방사선학적으로 골유합을 얻을 수 있었으며, 임상적으로 양호한 결과를 확인할 수 있었다.

결 론: 척추-골반 해리가 동반된 경우에는 장골 나사못을 이용한 척추-골반 고정술을, 동반되지 않은 경우에는 경피적 장-천골 나사못 고정술을 고려해 보는 것이 좋을 것으로 사료된다.

색인 단어: 천골 골절, 척추-골반 해리, 척추-골반 고정술, 경피적 장-천골 나사못 고정술, 장골 나사

Treatment of Unstable Sacral Fractures Related to Spino-Pelvic Dissociations

Hong-Sik Kim, M.D., Jung-Hwan Lee, M.D., Ki-Chul Park, M.D., Ye-Soo Park, M.D., Ph.D.

Department of Orthopedic Surgery, Hanyang University Guri Hospital, Hanyang University College of Medicine, Guri, Korea

Purpose: To evaluate the outcomes of surgical treatment modality in unstable sacral fractures combined with spinal and pelvic ring injury depending on the presence of spino-pelvic dissociations.

Materials and Methods: The subjects were 16 patients, with unstable sacral fractures combined with spinal and pelvic ring injuries, were operated from July 2004 to January 2011. The patients were divided into 2 groups depending on the presence of spino-pelvic dissociations: those with dissociations were group 1, and those without dissociations were group 2. Group 1 was treated with spino-pelvic fixations using iliac screw, while group 2 was treated with percutaneous iliosacral screw fixations. The availability of the radiological bony union with its application periods, and clinical results using visual analogue scale (VAS) and Oswestry disability index (ODI) were evaluated, retrospectively.

Results: Out of 16 patients, 8 patients in group 1 were treated with spino-pelvic fixation using iliac screw, and 8 patients in group 2 were treated with percutaneous iliosacral screw fixation. The mean bony union period was 17.4 weeks in group 1, and 19.6 weeks in group 2. The Mean VAS and ODI scores on the last follow-up were 2.5 points and 15.6 points in group 1, 2 points and 18.8 points in group 2, respectively. Both groups had favorable clinical results at the last follow-up.

Conclusion: For surgical treatments of unstable sacral fractures, spino-pelvic fixation using iliac screws is advised for cases with combined spino-pelvic dissociation, while percutaneous iliosacral screw fixation is advised for cases without combined dissociation.

Key Words: Sacral fracture, Spino-pelvic dissociation, Spino-pelvic fixation, Percutaneous iliosacral screw fixation, Iliac screw

통신저자 : 박 예 수

구리시 경춘로 153, 한양대학교구리병원 정형외과

Tel : 031-560-2316 · Fax : 031-557-8781

E-mail : hyparkys@hanyang.ac.kr

접수: 2012. 8. 1

심사(수정): 2012. 10. 26

게재확정: 2013. 3. 10

Address reprint requests to : Ye-Soo Park, M.D., Ph.D.

Department of Orthopedic Surgery, Hanyang University Guri Hospital,

153 Gyeongchun-ro, Guri 471-701, Korea

Tel : 82-31-560-2316 · Fax : 82-31-557-8781

E-mail : hyparkys@hanyang.ac.kr

Copyright © 2013 The Korean Fracture Society. All rights reserved.

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.

서 론

천골은 축성 골격의 역학적인 중심으로 척추의 기저부를 이루며 골반환의 기초를 이루고 있어 고에너지 손상 시 인접 척추와 골반과의 동반 손상이 높은 것으로 알려져 있다²²⁾. 또한, 천골은 골절 발생 시 그 손상 부위에 따라 흔히 신경학적 손상을 동반할 수 있으며 천골 골절을 부적절하게 치료할 경우 하지의 기능 장애, 배뇨 및 배변 장애, 성적 장애 등의 합병증을 동반할 수 있다^{3,5,8,15,18)}. 하지만, 천골 골절은 고에너지 손상으로 인한 동반 손상이 높고 그 해부학적 특성상 방사선학적으로 진단이 용이하지 않아 진단이 지연되는 경우가 많은 것으로 알려져 있다^{5,8,19)}. 한편, 천골 골절은 골절의 안정도와 신경학적 증상의 유무에 따라 치료방법이 달라지는데 Tötterman 등²⁰⁾은 골절선의 간격이 10 mm 이상이거나 골절편이 10 mm 이상 전위되어 있는 경우 불안정성 천골 골절로 분류한 바 있으며, Bents 등²⁾은 양측 종적 골절을 동반한 횡적 천골 골절에 의해 척추 및 상부 천골의 중앙 부위가 골반 및 천골 양 측면 부위와 분리되어 역학적으로 매우 불안정한 상태를 ‘척추-골반 해리’라고 정의한 바 있다. 하지만 이러한 손상은 매우 드물며 보고된 증례가 적어 아직까지 증거에 기반한 치료 방법 및 원칙이 확립되지 않은 상태이다^{1,9)}. 이에 저자들은 척추 및 골반환 손상이 동반된 불안정성 천골 골절의 치료에 있어 척추-골반 이행 부위의 해리 유무에 따른 수술적 치료 방법의 임상적, 방사선학적 결과에 대해 알아보려고 하였다.

대상 및 방법

2004년 7월부터 2011년 1월까지 본 교실에서 치료 경험한 척추 및 골반환 손상이 동반된 천골 골절 중 골절선의 간격이 10 mm 이상이거나 골절편이 10 mm 이상 전위되어 수술적 치료가 필요했던 총 18예의 불안정성 천골 골절 환자 중 전신 상태 불량으로 수술적 치료가 불가능했던 2예를 제외한 16예의 환자를 대상으로 하였다. 남자가 10예, 여자가 6예였으며, 평균 연령은 37.4세(15-71세), 평균 추시 기간은 48.4개월(12-90개월)이었다. 본 연구는 본원 임상연구 심의위원회의 승인을 받아 시행되었다.

본 연구에서는 앞서 Bents 등²⁾이 기술한 바와 같이 양측 종적 골절을 동반한 횡적 천골 골절에 의해 척추 및 상부 천골의 중앙 부위가 골반 및 천골 양 측면 부위와 분리되어 있는 경우를 ‘척추-골반 해리’가 있다고 정의하여 대상군을 척추-골반 해리 유무에 따라 해리가 동반된 경우를 제1군으로, 동반되지 않은 경우를 제2군으로 설정하였으며, 천골 골절은 Denis 분류⁵⁾를 이용하여 손상 위치에 따라

Zone 1, 2, 3으로 분류하였다. 수술 방법으로는 척추-골반 해리가 동반된 제1군에서는 장골 나사못을 이용한 척추-골반 고정술을 시행하였고²⁵⁾, 해리가 동반되지 않은 제2군에서는 경피적 장-천골 나사못 고정술을 시행하였으며^{6,13)}, 전방 골반환 불안정성이 동반된 경우에는 금속판 고정술을 추가로 시행하였다. 감압술은 골절의 정복 및 내고정술에 의한 간접적인 방법을 이용하였으며, 장골 나사못을 이용한 척추-골반 고정술 시 척수관이나 천골공으로 감입되어 신경근을 압박하는 골편들은 추가적으로 제거하였다.

본 연구에서는 단순 방사선 사진을 이용한 골절 부위의 가교 가골(briging callus)의 형성 유무 및 단순 방사선 사진으로는 확인이 어려운 경우 컴퓨터 단층 촬영을 통해 방사선학적 골유합 여부 및 시기를 확인하였고, visual analog scale (VAS) 및 Oswestry disability index (ODI)를 이용하여 임상적 결과를 조사하였으며 두 군 간의 임상적 그리고 방사선학적 결과에 대해 비교 분석하였다. 또한, 골절의 원인 및 술 후 합병증에 대해서도 후향적으로 조사하였다. 통계 분석은 SAS system (version 8.0; SAS Institute, Cary, NC, USA)을 이용하여 Wilcoxon rank sum test로 분석하였으며, p값이 0.05 이하인 경우를 통계학적으로 유의성이 있는 것으로 간주하였다.

결 과

총 16예의 환자 중 척추-골반 해리 유무에 따라 해리가 동반된 제1군은 8예였고, 해리가 동반되지 않은 제2군 또한 8예였다. 손상의 원인으로는 제1군의 경우 추락 6예, 교통사고 2예로 추락이 가장 많았으며, 제2군의 경우 교통사고 6예, 추락 1예, 실족 1예로 교통사고가 가장 많았다. 천골 골절의 Denis 분류⁵⁾상 제1군의 경우 8예 모두 Zone 3이었으며, 제2군의 경우는 Zone 1이 4예, Zone 2가 3예, Zone 3이 1예였다.

1. 제1군: 척추-골반 해리가 동반된 군

수술적 방법으로 총 8예의 모든 환자에서 장골 나사못을 이용한 척추-골반 고정술을 시행하였으며, 이 중 2예에서는 전방 골반환 불안정성이 동반되어 금속판 고정술을 추가로 시행하였다. 임상적 결과로 VAS는 수술 전 평균 8.6점(7-10점), 최종 추시 시 평균 2.5점(1-4점)이었으며, ODI는 최종 추시 시 평균 15.6점(5-32점)으로 모두 양호한 임상적 결과를 얻을 수 있었다. 또한, 방사선학적 결과상 모든 예에서 불유합은 관찰되지 않았으며, 수술 후 평균 17.4주(13-22주)에 골유합을 확인할 수 있었다(Fig. 1).

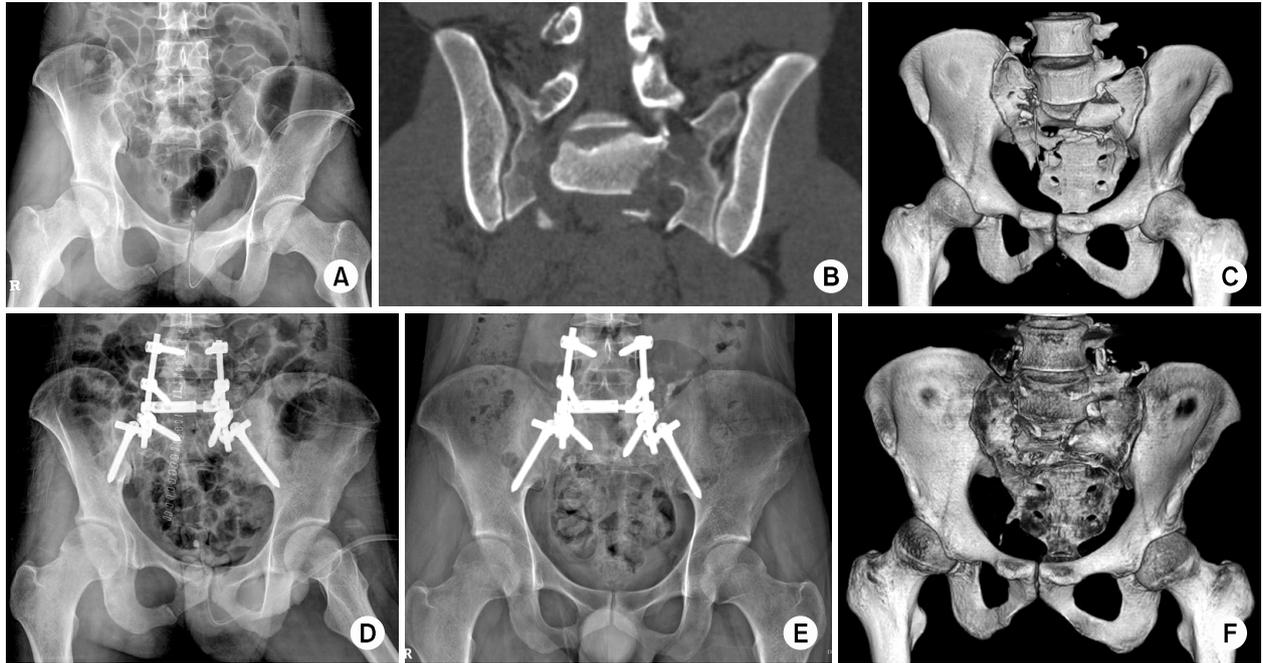


Fig. 1. A 23-year-old male. Initial pelvis antero-posterior (AP) radiograph (A) and 3 dimensional computed tomography (3D CT) (B, C) demonstrate H-shaped sacral fracture (Denis zone 3) with spino-pelvic dissociation. Postoperative pelvis AP radiograph (D) demonstrates posterior stabilization of spino-pelvic fixation with iliac screw. The follow-up radiograph (E) and 3D CT (F) was obtained 20 weeks after operation demonstrates bony union and excellent clinical results.

2. 제2군: 척추-골반 해리가 동반되지 않은 군

수술적 방법으로 총 8예의 모든 환자에서 경피적 장-천골 나사못 고정술을 시행하였으며, 이 중 4예에서는 전방 골반환 불안정성이 동반되어 금속판 고정술을 추가로 시행하였다. 임상적 결과로 VAS는 수술 전 평균 7.9점(6-10점), 최종 추시 시 평균 2점(1-4점)이었으며, ODI는 최종 추시 시 평균 18.8점(4-38점)으로 모두 양호한 임상적 결과를 얻을 수 있었다. 또한, 방사선학적 결과상 모든 예에서 불유합은 관찰되지 않았으며, 수술 후 평균 19.6주(13-25주)에 골유합을 확인할 수 있었다(Fig. 2).

3. 제1군과 제2군 간의 결과 비교

척추-골반 해리 여부를 기준으로 척추-골반 고정술을 시행한 1군과 경피적 장-천골 나사못 고정술을 시행한 2군 간의 임상적 그리고 방사선학적 결과를 비교 분석한 결과 방사선학적 골유합 시기는 두 군 간에 통계학적으로 유의한 차이를 보이지 않았으며, 임상적으로 최종 추시 시 ODI, 수술 전과 최종 추시 시 VAS 및 수술 전, 후 VAS의 변화값에 따른 VAS의 호전 정도 또한 통계학적으로 유의한 차이를 보이지 않았다(Table 1).

4. 신경학적 손상 및 술 후 합병증

신경학적 손상이 동반된 환자는 총 6예로 척추-골반 해리가 동반된 제1군에서 4예, 해리가 동반되지 않은 제2군에서는 2예였으며, Denis 분류⁵⁾상 제1군에서는 4예 모두 Zone 3 골절이었고 제2군에서는 Zone 2 및 Zone 3 골절이 각각 1예씩이었다. 골절의 관혈적 정복을 통해 손상된 신경근의 상태를 직접적으로 확인 가능하였던 제1군의 경우 4예 모두에서 골편의 감입 및 골절의 전위에 의한 신경근의 압박 또는 견인 손상이 확인되었고 신경근의 절단이나 견열 손상은 보이지 않았다. 총 6예의 신경학적 손상이 동반된 환자 중 5예에서는 하지의 근력 약화 및 감각 저하가 있었고 나머지 1예에서는 회음부 및 항문 주변의 감각 마비(saddle anesthesia)와 방광 기능 장애가 존재하였으나 수술적 치료 후 최종 추시 결과 모든 환자에서 특별한 의적 보조기 없이 보행이 가능하였으며, 하지의 감각 저하 또한 회복되었다. 회음부 및 항문 주변의 감각 마비와 방광 기능의 장애가 존재하였던 환자의 경우 최종 추시 결과 성기능의 약화를 호소하였으나 방광 기능은 후유증 없이 증상의 회복을 보였다. 수술 관련 합병증으로는 경피적 장-천골 나사못 고정술을 시행 받은 1예에서 술 후 2개월째 나사못 빠짐 현상이 있었으며, 장골 나사못을 이용한 척추-

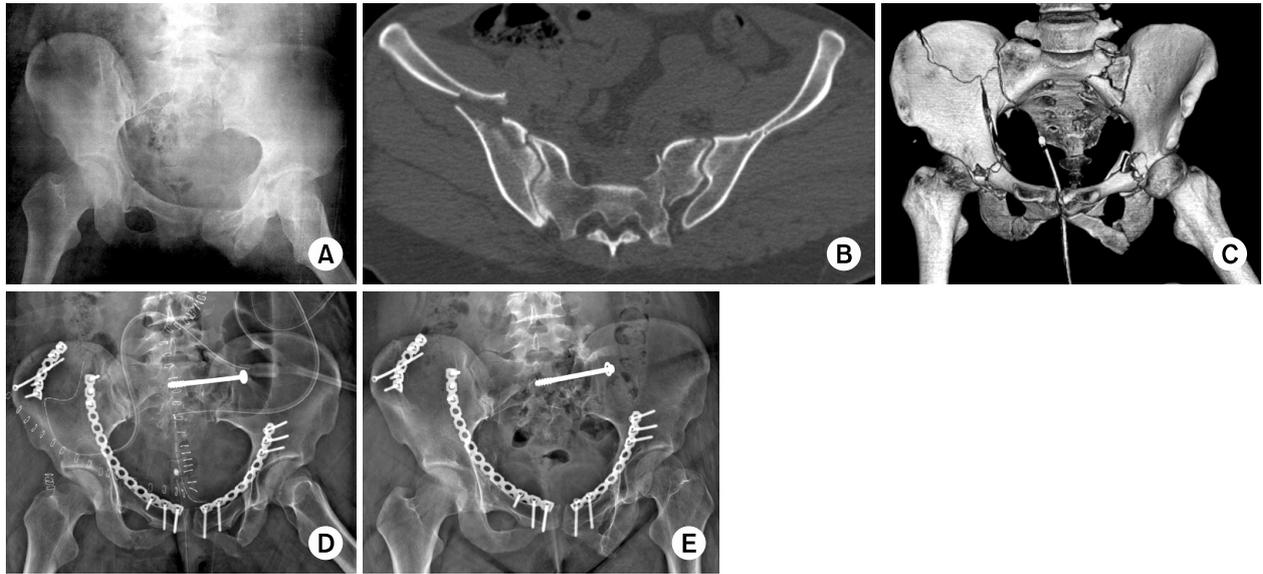


Fig. 2. A 24-year-old female. Initial pelvis antero-posterior (AP) radiograph (A) and 3 dimensional computed tomography (B, C) demonstrate Denis zone 2 sacral fracture with pelvic ring injury and spinal fracture. Postoperative pelvis AP radiograph (D) demonstrates posterior stabilization of percutaneous fixation with iliosacral screw and anterior stabilization by reconstruction plating. The follow-up radiograph (E) was obtained 20 weeks after operation demonstrates bony union and excellent clinical results.

Table 1. Comparison of Radiological and Clinical Results between the Group 1 and 2

Variable	Group 1 (n=8)	Group 2 (n=8)	p-value
Bone union period (wk)	17.4±4.1	19.6±3.8	0.343
Last follow-up ODI (points)	15.6±8.6	18.8±10.0	0.527
Preoperative VAS (points)	8.6±0.9	7.9±1.3	0.192
Last follow-up VAS (points)	2.5±1.2	2.0±1.1	0.427
Changes of VAS (points)	6.1±1.0	5.9±0.4	0.223

Values are presented as mean±standard deviation. ODI: Oswestry disability index, VAS: Visual analogue scale.

골반 고정술을 시행 받은 2예에서 피부 자극 증상을 호소하였고, 그 중 1예에서는 술 후 13개월째에 장골 나사못을 제거하였다.

고 찰

천골 골절은 주로 척추나 골반을 통해 전달된 간접적 외력에 의해 발생하며 이로 인해 척추 및 골반환 손상이 대부분 동반된다고 알려져 있다⁵⁾. 척추-골반 해리는 모든 천골 골절의 약 3-5%에서 동반되는 것으로 보고되고 있으며, 주로 추락으로 인한 천골에 직접적으로 가해지는 축성 부하에 의해 발생하게 된다²⁴⁾. 저자들의 경우에서도 척추-골

반 해리가 동반되었던 총 8예의 천골 골절 환자 중 추락 사고에 의한 경우가 6예로써 가장 많은 수를 차지하고 있었다. 따라서, 추락 사고와 같이 천골에 직접적인 외력이 가해져 발생한 천골 골절의 경우 척추-골반 해리의 동반 가능성을 항상 염두에 두고 보다 세심한 관찰이 요구될 것으로 생각한다. 또한 천골 골절과 같이 골반 주위의 고에너지 손상의 경우 심각한 연부조직 손상이 동반될 수 있다. 이 중 Morel-Lavallee 병변은 수상 당시 전단력에 의해 피부 및 피하조직이 근막과 분리되는 폐쇄성 탈장갑(degloving) 손상이며, 빈 공간 내에 혈종과 지방 괴사가 형성되어 2차 감염의 가능성이 높아 이를 예방하기 위해 수술적 감압, 변연 절제술 및 배액 등의 치료를 요한다²¹⁾. 본 연구 대상 환자들에서는 Morel-Lavallee 병변이 관찰되지 않았으나, 천골 골절 환자에서 Morel-Lavallee 병변이 동반될 수 있으므로 이에 대한 세심한 진찰이 필요할 것으로 생각한다.

Denis 등⁵⁾은 골절의 위치와 천골공과의 해부학적 관계에 따라 천골 골절을 3개의 형태로 분류하였는데 Zone 1은 천골익(sacral ala) 부위의 손상이고 Zone 2는 천골공(sacral foramen) 부위의 손상이며 Zone 3는 척수관(spinal canal) 부위의 손상이다. 손상되는 위치에 따라 신경학적 결손의 가능성을 예측할 수 있는데 Zone 3 골절의 경우 신경학적 합병증을 동반할 가능성이 가장 높다고 하였다. 저자들의 경우에서도 신경학적 증상이 동반된 총 6예의 환자 중 5예에서 Zone 3 부위에 천골 골절이 발생하였다.

따라서, Zone 3 부위의 천골 골절이 확인될 경우 신경학적 손상의 동반 가능성이 높으므로 좀더 세심한 신경학적 증상에 대한 평가가 이루어져야 할 것으로 생각한다.

천골 골절의 치료는 동반된 골반 골절의 안정도와 신경학적 증상의 유무에 따라 치료 방법이 달라지는데, 신경학적 증상이 있는 경우, 심한 연부조직 손상이 동반된 경우, 골절의 불안정성이 동반된 경우 수술적 치료의 적응증이 된다고 알려져 있으나²²⁾, 아직까지 치료방법 및 원칙에 대한 명확한 합의가 이루어지지 않은 상태이다. Denis 등⁵⁾은 신경학적 증상이 동반된 Zone 3의 천골 골절 환자 8예 중 수술적 치료를 시행한 5예에서는 모두 신경학적 증상의 회복을 보였으나, 보존적 치료를 시행한 3예에서는 증상 회복이 미비했다고 보고한 적이 있으며, Browner 등⁴⁾은 불안정성 천골 골절에서 적절한 치료를 시행받지 못하면 불유합, 변형 및 신경학적 기능소실을 보일 수 있고, 조기의 수술적 치료를 통해 이를 극복할 수 있다고 보고한 바 있다. 저자들의 경우에서는 척추 및 골반환 손상이 동반된 불안정성 천골 골절에 대해 수술적 치료를 시행한 결과 모든 예에서 골유합을 확인할 수 있었고 임상적 결과에서도 양호한 치료 결과를 얻을 수 있었으며, 신경학적 손상이 동반되었던 6예 모두에서 최종 추시 결과 특별한 후유증 없이 신경학적 증상의 회복을 보였다. 반면, 신경학적 증상이 동반된 불안정성 천골 골절로 수술의 적응 대상이었으나 불안정한 생체 징후 및 전신 상태 불량으로 인해 수술적 치료가 불가하여 최종 대상군에서 제외되었던 2예의 환자에서는 최종 추시 결과 모두 불유합이 나타났고 임상적으로도 불량한 결과를 나타내었으며, 신경학적 증상의 회복 또한 보이지 않았다. 비록, 환자 수가 적어 통계학적인 유의를 도출하지는 못했으나, 골절의 전위로 인한 골절 자체의 불안정성이 있거나, 신경학적 손상이 동반된 천골 골절에서는 동통의 지속, 불유합 및 신경학적 후유증의 가능성이 높으므로 수술적 치료를 통한 보다 적극적인 치료가 필요할 것으로 생각한다.

척추-골반 해리는 심한 축성 부하를 동반한 고에너지 손상에 의해 발생하고 역학적으로 매우 불안정한 상태로써 광범위한 연부조직 손상 및 다량의 출혈, 내장 기관의 손상 등으로 인해 사망률이 높으며, 신경학적 손상의 가능성 또한 높은 것으로 알려져 있다^{1,2,16,23)}. 척추-골반 해리가 동반된 천골 골절의 치료에 있어 보존적 치료보다 수술적 치료가 더 좋은 결과를 보이는 것으로 보고되고 있으며, 수술적 치료를 통한 견고한 고정으로 조기 보행을 가능하게 하여 전신적인 합병증을 줄일 수 있고 진행하는 후만 변형을 막을 수 있다는 장점이 있는 것으로 알려져 있다^{5,11,17)}. 하지만 이러한 손상은 매우 드물게 발생하며 골절 양상 또한 다양하여 증거에 기반한 수술적 치료 전략이 확립되지 않

은 상태이다^{1,9)}.

천골 골절의 수술적 치료 방법으로 경피적 장-천골 나사못 고정술의 경우 술기상 비침습적이고 출혈량이 적으며 수술 시간이 짧게 소요되고 수술 후 상처 문제가 적다는 장점이 있으나, 생역학적으로 견고한 고정을 얻기 힘들고 나사못의 잘못된 삽입으로 인한 신경, 혈관 및 내부 장기의 손상을 줄 수 있다는 단점이 있다^{7,10,12,14)}. 반면, 장골 나사못을 이용한 척추-골반 고정술의 경우 천골의 분쇄 골절 및 전이가 심한 골절이나 척추-골반 이행부의 분열이 동반된 경우 생역학적으로 견고한 고정력을 부여할 수 있다는 장점이 있으나 술기상 복잡하고 침습적이며 장골 나사못에 의한 피부 자극 증상이 나타날 수 있다는 단점이 있다^{1,16,24,25)}.

본 연구에서 저자들은 척추 및 골반환 손상이 동반된 불안정성 천골 골절의 수술적 치료에 있어 척추-골반 해리 유무를 기준으로 해리가 동반된 경우에는 척추-골반 이행 부위의 연속성을 유지시키면서 보다 견고한 고정력을 부여할 수 있는 장골 나사못을 이용한 척추-골반 고정술을, 해리가 동반되지 않은 경우에는 상대적으로 덜 침습적인 경피적 장-천골 나사못 고정술을 시행한 결과 두 군 간의 임상적, 방사선학적 결과 모두에서 통계학적으로 유의한 차이를 보이지 않았다. 하지만, 본 연구에서 저자들은 수술 방법을 선택함에 있어 척추-골반 해리 유무를 기준으로 서로 다른 수술 방법을 적용하였기 때문에 두 군 간의 통계학적 우위를 평가할 수는 없었으나 두 군 모두에서 통계학적으로 유의한 차이 없이 임상적 그리고 방사선학적으로 만족할 만한 결과를 얻을 수 있었다는 점에서 척추 및 골반환 손상이 동반된 불안정성 천골 골절의 수술적 치료 방법을 선택함에 있어서 척추-골반 해리의 동반 여부가 하나의 좋은 지표가 될 수 있음을 알 수 있었다.

결 론

척추 및 골반환 손상이 동반된 불안정성 천골 골절의 치료에 있어 골절의 발생 위치 및 손상 기전에 대한 술 전 세심한 평가가 이루어져야 할 것으로 생각하며, 수술적 치료 방법을 결정함에 있어 척추-골반 해리의 유무를 기준으로 해리가 동반된 경우에는 보다 견고한 고정력을 부여할 수 있는 장골 나사못을 이용한 척추-골반 고정술을, 동반되지 않은 경우에는 보다 덜 침습적인 경피적 장-천골 나사못 고정술을 고려해 보는 것이 좋을 것으로 생각한다.

References

- 1) Bellabarba C, Schildhauer TA, Vaccaro AR, Chapman

- JR:** Complications associated with surgical stabilization of high-grade sacral fracture dislocations with spino-pelvic instability. *Spine (Phila Pa 1976)*, **31**: S80-88, 2006.
- 2) **Bents RT, France JC, Glover JM, Kaylor KL:** Traumatic spondylopelvic dissociation. A case report and literature review. *Spine (Phila Pa 1976)*, **21**: 1814-1819, 1996.
 - 3) **Bonnin JG:** Sacral fractures and injuries to the cauda equina. *J Bone Joint Surg Am*, **27**: 113-127, 1945.
 - 4) **Browner BD, Cole JD, Graham JM, Bondurant FJ, Nunchuck-Burns SK, Colter HB:** Delayed posterior internal fixation of unstable pelvic fractures. *J Trauma*, **27**: 998-1006, 1987.
 - 5) **Denis F, Davis S, Comfort T:** Sacral fractures: an important problem. Retrospective analysis of 236 cases. *Clin Orthop Relat Res*, **227**: 67-81, 1988.
 - 6) **Farcy JP, Rawlins BA, Glassman SD:** Technique and results of fixation to the sacrum with iliosacral screws. *Spine (Phila Pa 1976)*, **17**: S190-195, 1992.
 - 7) **Gänsslen A, Hüfner T, Krettek C:** Percutaneous iliosacral screw fixation of unstable pelvic injuries by conventional fluoroscopy. *Oper Orthop Traumatol*, **18**: 225-244, 2006.
 - 8) **Gibbons KJ, Soloniuk DS, Razack N:** Neurological injury and patterns of sacral fractures. *J Neurosurg*, **72**: 889-893, 1990.
 - 9) **Gribnau AJ, van Hensbroek PB, Haverlag R, Ponsen KJ, Been HD, Goslings JC:** U-shaped sacral fractures: surgical treatment and quality of life. *Injury*, **40**: 1040-1048, 2009.
 - 10) **König MA, Seidel U, Heini P, et al:** Minimal-invasive percutaneous reduction and transsacral screw fixation for U-shaped fractures. *J Spinal Disord Tech*, **26**: 48-54, 2013.
 - 11) **Matta JM, Tornetta P 3rd:** Internal fixation of unstable pelvic ring injuries. *Clin Orthop Relat Res*, **(329)**: 129-140, 1996.
 - 12) **Nork SE, Jones CB, Harding SP, Mirza SK, Routt ML Jr:** Percutaneous stabilization of U-shaped sacral fractures using iliosacral screws: technique and early results. *J Orthop Trauma*, **15**: 238-246, 2001.
 - 13) **Routt ML Jr, Nork SE, Mills WJ:** Percutaneous fixation of pelvic ring disruptions. *Clin Orthop Relat Res*, **(375)**: 15-29, 2000.
 - 14) **Routt ML Jr, Simonian PT, Agnew SG, Mann FA:** Radiographic recognition of the sacral alar slope for optimal placement of iliosacral screws: a cadaveric and clinical study. *J Orthop Trauma*, **10**: 171-177, 1996.
 - 15) **Sabiston CP, Wing PC:** Sacral fractures: classification and neurologic implications. *J Trauma*, **26**: 1113-1115, 1986.
 - 16) **Schildhauer TA, Bellabarba C, Nork SE, Barei DP, Routt ML Jr, Chapman JR:** Decompression and lumbopelvic fixation for sacral fracture-dislocations with spino-pelvic dissociation. *J Orthop Trauma*, **20**: 447-457, 2006.
 - 17) **Schildhauer TA, Josten C, Muhr G:** Triangular osteosynthesis of vertically unstable sacrum fractures: a new concept allowing early weight-bearing. *J Orthop Trauma*, **12**: 307-314, 1998.
 - 18) **Schmidek HH, Smith DA, Kristiansen TK:** Sacral fractures. *Neurosurgery*, **15**: 735-746, 1984.
 - 19) **Templeman D, Goulet J, Duwelius PJ, Olson S, Davidson M:** Internal fixation of displaced fractures of the sacrum. *Clin Orthop Relat Res*, **(329)**: 180-185, 1996.
 - 20) **Tötterman A, Glott T, Madsen JE, Røise O:** Unstable sacral fractures: associated injuries and morbidity at 1 year. *Spine (Phila Pa 1976)*, **31**: E628-635, 2006.
 - 21) **Tseng S, Tornetta P 3rd:** Percutaneous management of Morel-Lavallee lesions. *J Bone Joint Surg Am*, **88**: 92-96, 2006.
 - 22) **Vaccaro AR, Kim DH, Brodke DS, et al:** Diagnosis and management of sacral spine fractures. *Instr Course Lect*, **53**: 375-385, 2004.
 - 23) **Vresilovic EJ, Mehta S, Placide R, Milam RA 4th:** Traumatic spondylopelvic dissociation. A report of two cases. *J Bone Joint Surg Am*, **87**: 1098-1103, 2005.
 - 24) **Yi C, Hak DJ:** Traumatic spinopelvic dissociation or U-shaped sacral fracture: a review of the literature. *Injury*, **43**: 402-408, 2012.
 - 25) **Yu CH, Yang JJ, Chang BS:** Spinopelvic fixation. *J Korean Soc Spine Surg*, **16**: 304-312, 2009.