



골반 부전 골절의 임상 양상과 치료 결과

서용민 · 김영창 · 김지완[✉]

인제대학교 의과대학 해운대백병원 정형외과학교실

Clinical Features and Outcomes of Pelvic Insufficiency Fractures

Yong Min Seo, M.D., Young Chang Kim, M.D., Ph.D., Ji Wan Kim, M.D., Ph.D.[✉]

Department of Orthopaedic Surgery, Haeundae Paik Hospital, Inje University College of Medicine, Busan, Korea

Received September 20, 2017
Revised September 22, 2017
Accepted September 22, 2017

✉Correspondence to:

Ji Wan Kim, M.D., Ph.D.
Department of Orthopaedic Surgery,
Haeundae Paik Hospital, Inje University
College of Medicine, 875 Haeun-
daero, Haeundae-gu, Busan 48108,
Korea
Tel: +82-51-797-0668
Fax: +82-51-797-0669
E-mail: bakpaker@hanmail.net**Financial support:** This research was supported by Basic Science Research Program through the National Research Foundation of Korea(NRF) funded by the Ministry of Education(2017R1D1A3B03035185).**Conflict of interests:** None.**Purpose:** The purpose of this study was to investigate the radiological and epidemiological characteristics, as well as the clinical course of pelvic insufficiency fractures in the elderly population.**Materials and Methods:** At a Haeundae Paik Hospital, we retrospectively reviewed patients with pelvic insufficiency fractures between March 2010 and May 2017. The demographic data of patients were analyzed, and bone mineral density and bone turnover markers were evaluated to estimate the metabolic status of the bone. The radiological characteristics were evaluated by comparing the simple x-ray images with the computed tomography images, and the types of fractures were classified via computed tomography images. For clinical course evaluation, we investigated comorbid complications, and compared the walking ability scale before and 6 months after the fracture.**Results:** A total of 42 patients were included, with an average age of 76.5 years. All were female except one case. In 5 cases where the initial medical examination was from another institution, the fracture was not found in 3 cases. All cases received conservative treatment. After the diagnosis of pelvic bone fracture using a simple x-ray imaging, additional fractures were found in 81.0% of the study population using a computed tomography. Initiation of gait occurred at an average of 2.8 weeks, and every case except 1 (97.6%) fully recovered their gait ability.**Conclusion:** We concluded that there was a limitation with diagnosing pelvic insufficiency fracture using only a simple x-ray imaging technique. In general, cases in this study showed conservative treatment yielded favorable clinical outcome with relatively less critical complications.**Key Words:** Pelvis, Pelvis fracture, Insufficiency fractures, Osteoporosis

서 론

국내 고령화는 급속히 진행되고 있으며 노년 인구의 증가에 따른 골다공증성 골절 혹은 취약골절(fragility fracture)에 대한 관심이 증대되고 있다. 1998년 세계보건기구는 건강한 정상 뼈에 골절을 일으키기에 충분하지 않은 기전에 의해 발생한 골절을 취약골절이라 정의하였다.¹⁾ 고령에서 발생한

고관절 골절은 높은 사망률 및 이환율과 관련하여 이미 의료 사회적으로 많은 관심이 집중되고 있고, 대부분의 취약골절을 다룬 연구들은 고관절(근위 대퇴골), 척추 또는 원위 요골에 초점을 맞추어 왔다.²⁻⁷⁾ 골반 부전 골절은 정상의 생리학적 부하로 발생한 골반의 골절로 정의하며 대부분의 골반 부전 골절은 고령 환자에서 발생한다.⁸⁾ 골반 부전 골절 또한 고관절 골절에서와 같이 장기간의 고정(immobilization)을 요하

고 높은 이환율을 야기할 수 있으나 고관절 골절에 비해 낮은 유병률을 보이고 보존적 치료가 대부분을 차지하고 있어 진단 및 임상적 중요성이 간과되는 경향이 있다. 고령 인구의 골반 부전 골절에 대한 몇몇 연구가 있었으나 대부분이 소수 또는 단독 증례 연구였다.⁹⁻¹¹⁾ 따라서 저자들은 이번 연구를 통해 고령 인구의 골반 부전 골절에 대한 임상 양상 및 결과를 알아보고자 하였다.

대상 및 방법

1. 연구 대상

단일 연구 기관에서 2010년 3월부터 2017년 5월까지 입원 또는 외래 방문한 골반 골절 환자를 대상으로 후향적 조사를 시행하였다. 본 연구는 연구기간 인제대학교 의과대학 해운대백병원 임상시험 심사위원회의 승인을 받고 이루어졌다(2017-08-004). 연구 대상 포함 기준은 다음과 같다. 1) 골반 골절이 진단된 환자, 2) 폐경 후의 여성 또는 60세 이상의 남성, 3) 저 에너지 손상으로 골절된 환자였다. 저 에너지 손상은 경미한 접촉사고로 넘어지면서 수상한 환자, 1미터 또는 그 이하의 높이에서 낙상한 환자,¹²⁾ 넘어진 환자, 저명한 외상력 없이 골절된 환자로 정의하였다. 파제트 병 등의 대사성 골질환이 있는 환자, 병적 골절이 진단된 환자는 제외하였다. 상기 기준을 만족하는 42명의 환자를 조사대상으로 설정하였다.

2. 연구 방법

대상 환자의 역학적 특징으로서 성별, 나이, 키 몸무게, 체질량 지수(body mass index, BMI)를 조사하였으며, 흡연 유무, 음주 유무, 스테로이드 사용력, 이전의 골절력을 조사하였다. 수술기전, 본원 입원 유무 및 기간, 타 병원 방문 유무 및 타 병원에서의 골절 진단 유무, 증상 발생 후 진단까지 걸린 시간, 퇴원 시 거주 장소를 조사하였다. 골다공증과 관련된 환자의 골대사 상태에 대한 평가를 위하여 골밀도검사(bone mineral density, BMD), 골표지자 검사로 혈청 칼슘(calcium), 인(phosphorous), 알칼리성 포스파타아제(alkaline phosphatase), 알부민(albumin), 비타민 D (25-OH vitamin D3), 부갑상선 호르몬(parathyroid hormone, PTH [intact]), 골흡수 표지자인 C-telopeptide of collagen (CTX), 골형성 표지자인 osteocalcin 수치를 조사하였다. 비타민 D 수치

가 20 ng/ml 이상 30 ng/ml 미만인 경우를 비타민 D 부족(insufficiency)군으로, 20 ng/ml 미만인 경우를 비타민 D 결핍(deficiency)군으로 분류하였다.¹³⁾

방사선적 특징을 알아보고자 골반 단순 방사선 촬영에서 확인되는 골절 부위, 컴퓨터 단층촬영(computed tomography, CT)에서 확인되는 골절 부위를 확인하고 두 검사 간의 일치 여부를 조사하였다. 즉 단순 방사선 촬영의 골절 부위보다 CT를 통해 추가 발견되는 골절의 빈도를 조사하였으며, 추가 골절 부위 또한 조사하였다. CT를 이용하여 AO/OTA 골절 분류 및 Rommens의 골반 부전 골절 분류¹⁴⁾를 각각 조사하였으며, 단순 방사선 사진에서 관찰되는 가골 형성 시기를 조사하였다.

임상 경과로는 골절과 이환된 합병증을 조사하였으며 비뇨기계 감염(urinary tract infection), 폐렴(pneumonia), 심부정맥 혈전증 혹은 폐색전증, 욕창(bed sore)에 대한 각각의 발생 유무를 조사하였다. 임상 결과 중 통증 지표를 평가하기 위해 시각통증척도(visual analogue scale, VAS)를 이용하여 초진 당시 및 초진(혹은 입원) 2주 뒤의 점수를 평가하였다. 또한 골절 후 보행 시작까지 걸린 시기, 진단 2주 후 보행 가능 유무, 수술 전 보행 능력, 골절 6개월 이후 보행 능력을 조사하였다. 골반 부전 골절 진단 후 침상 안정(bed rest)시키지는 않고 tolerable ambulation을 허용하였으나 골절 직후에는 통증 때문에 움직이지 못하다가 통증이 완화되어 움직일 수 있는 경우를 보행 가능 시기로 삼았다. 입원기간 중 사망 여부를 조사하였다.

3. 통계적 분석

초진 당시와 초진 2주 후 VAS 비교는 짝지은 t-test를 시행하였으며, 통계적인 분석은 IBM SPSS ver. 20.0 (IBM Co., Armonk, NY, USA) 소프트웨어를 이용하였다. 통계 분석에 유의한 p값은 0.05 이하로 하였다.

결 과

연구 대상 총 42명의 평균 나이는 76.5 ± 9.1 세(범위, 59-90세)였고, 1명을 제외하고 모두 여성이었다. 신장은 평균 153.4 ± 6.6 cm (범위, 134-173 cm), 체중은 평균 53.5 ± 10.4 kg (범위, 34-72 kg), BMI 평균은 22.8 ± 4.4 kg/m² (범위, 13.3-34.8 kg/m²)였다.

수상 기전은 1 m 이하 높이에서의 넘어진 경우가 31예로

가장 많았으며, 경미한 충돌 5예, 수상을 인지하지 못하고 골절이 진단된 원인 미상이 6예 확인되었다. 수상 후 골절 진단까지는 평균 7.7 ± 14.3 일(범위, 1-60일)이 소요되었으며 최대 60일까지 지연된 경우가 있었다. 본원 방문 전 타 병원 방문한 5예 중 3예(60.0%)는 초진 병원에서 골절 진단을 받지 못하였다. 수술적 치료를 시행한 환자는 없었으며 모두에서 보존적 치료를 시행하였다. 평균 입원 기간은 20.6 ± 13.8 일(범위, 2-60일)이었으며, 퇴원 후 50%의 환자는 요양시설로 퇴원하였다.

BMD의 T-score 평균은 -3.4 ± 0.8 (범위, -5.9 – -2.0)이었고 -2.5 이하인 경우가 88.4%였다. 골대사 지표는 42명의 환자들 중 27명에서 측정되었으며 CTX 수치는 평균 0.471 ± 0.393 ng/ml (범위, 0.111–1.67 ng/ml)로 정상 범위(1.008 미만)보다 높은 경우는 11.1%였다. Osteocalcin 수치는 평균 14.3 ± 8.7 ng/ml (범위, 3.9–37.7 ng/ml)로 정상 범위(15–46 ng/ml)보다 낮은 경우가 전체의 70.3%였다. 비타민 D의 경우 정상 9명, 부족 2명, 결핍(deficiency) 16명으로 확인되었다.

초진 진단 당시의 단순 방사선 사진과 CT상에서 확인되는 골절 부위가 일치한 경우는 8예(19.0%), 일치하지 않고 추가로 골절 부위가 발견된 경우는 34예(81.0%)였다. CT에서 추가로 확인된 골절 부위는 후방환(천골 및 천장 관절, 장골)이

21예였고(Fig. 1), 전방환에서 15예, 이 중 후방환 및 전방환 모두에서 추가 골절이 확인된 경우는 4예였다.

CT를 토대로 평가한 골절 분류로 AO/OTA 분류법에 따른 분포는 Table 1과 같았으며 Rommens 분류법에 따른 분포는 Table 2와 같았다. 가골이 형성되는 시기는 처음 진단 시기로부터 평균 5.1 ± 2.7 주(범위, 2–11주) 소요되었다. 골절 후 환자의 70%가 칼슘 및 비타민 D를 처방하였으며, 30%의 환자가 teriparatide를 투여받았다.

42명의 환자에서 합병증의 발생 유무를 조사 가능하였던 환자는 39명이었으며, 10예에서 욕창(bed sore)이 발생하였으나 그 외에 비뇨기계 감염, 폐렴, 심부 정맥 혈전증 혹은 폐색전증은 발생하지 않았다. 통증에 대한 임상 결과로 처음 진

Table 1. AO/OTA Classification of Pelvic Fracture

AO/OTA classification	Number of case (%)
A2	13 (31.0)
B2	15 (35.7)
B3	8 (19.0)
C1	4 (9.5)
C2	2 (4.8)
Total	42 (100)

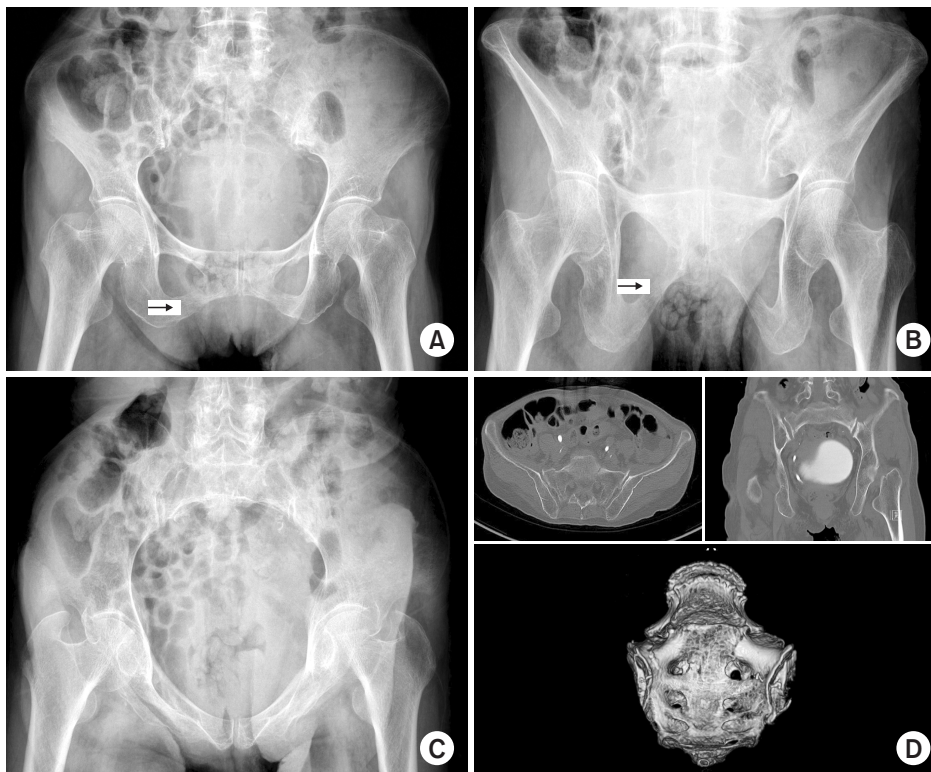


Fig. 1. (A) Initial pelvis Anteroposterior image of an 86-year-old female showing a non-displaced fracture at the right inferior ramus (arrow). (B) Outlet view showing right inferior ramus fracture (arrow). (C) Inlet view showing no definite posterior ring disruption. (D) Computed tomography images revealing both sacral alar fractures.

Table 2. Rommens Classification of Fragility Fractures of the Pelvic Ring

Rommens classification	Number of case (%)
Ia	9 (21.4)
Ib2	4 (9.5)
IIa	1 (2.4)
IIb	18 (42.9)
IIc	7 (16.7)
IIIa	2 (4.8)
IIIb	1 (2.4)
IIIc	0
IV	0
Total	42 (100)

The sum of the percentages does not equal 100% because of rounding.

단 시 VAS는 평균 3.6 ± 1.2 점(범위, 2-8 점)이었으며, 입원 시 행한 환자들의 경우 2주 뒤 평균 2.3 ± 0.6 점(범위, 1-3점)으로 2주간 VAS의 감소는 의미있는 차이를 보였다($p < 0.001$). 입원 기간 중 사망한 환자는 없었다.

골절 후 보행 시작까지 걸린 시기는 평균 2.8 ± 2.1 주(범위, 0-9주)였으며 진단 2주 후 보행이 가능하였던 경우는 50%에서 가능하였다. 6개월 이후 보행능력 평가에서 수상 전 보행 능력은 독립보행 가능한 경우가 22명, 기구 도움하 보행 가능한 18명, 휠체어 보행하는 2명으로 집계되었으며 수상 6개월 후에는 독립보행이 가능한 경우가 21명, 기구 도움하 보행 가능한 19명, 휠체어 보행하는 2명으로 집계되었다. 42명 중 1예를 제외한 전체 예(97.6%)에서 수상 전 보행 상태로 회복이 가능하였다(Table 3).

고 찰

이번 연구에서 골반 부전 골절이 있는 경우 1차 진료 기관의 단순 방사선 사진에서 골절을 진단하지 못한 경우가 60.0% (3예/5예)였고, CT를 통해 골절을 진단할 경우 단순 방사선 사진에서 확인되지 않았던 골절 부위가 추가 발견된 경우가 79.0%였다. 골반 부전 골절의 진단에는 어려움이 뒤 따르고 종종 발생 후 2개월까지 늦어지는 경우가 많다고 하였다.¹⁵⁾ 그 이유로는 첫째, 외상의 병력이 없거나 경미한 외상이 원인으로 골반의 골절이 있을 것이라고 잘 의심하지 않으며, 동반된 질환으로 허리 질환, 관절염 등으로 인해 골반 통증의 원인으로 생각할 쉽기 때문이다.¹⁶⁾ 또 다른 이유로는 단순 방사선 사진으로는 진단에 제한이 있다는 점인데 장내 공기 음영(bowel gas)으로 인해 전이가 없거나 적은 골절의 경

Table 3. Walking Ability

Post-injury 6 months walking ability	Number of case (%)
Independent walking	21 (50.0)
Walking with an assistant device	19 (45.2)
Requiring a wheelchair	2 (4.8)
Bedridden	0
Recovery rate of ambulation to pre-injury levels	41 (97.6)

우 발견되지 않는 경우가 흔하기 때문이다.¹⁵⁾ 따라서 골반 부전 골절이 의심되나 단순 방사선 사진에서 발견되지 않는 경우 추가적인 검사가 필요한데, 이번 연구에서는 후방환의 경우 단순 방사선 사진에서 보이지 않던 환자의 절반 정도가 CT에서 발견되었으므로 골반 부전 골절 진단을 위해서는 CT가 도움이 된다고 할 것이다.

골반 부전 골절을 진단하는 경우 단순 방사선 사진으로는 제한점이 있어, O'Connor와 Cole,⁸⁾ Rommens와 Hofmann,¹⁴⁾ Rommens 등¹⁷⁾은 환자의 임상 증상이 있는 경우나 단순 방사선 촬영에서 골절이 진단되지 않는 경우 추가 검사를 시행하여 확인하는 것이 필요하다고 하였다. 지금까지의 연구에서 골반의 부전 골절의 진단을 위해서 사용된 추가 검사 중에서 자기공명영상(magnetic resonance imaging, MRI) 혹은 핵의학 검사인 골주사 검사가 도움이 된다고 하였고, MRI가 민감도 98%-100%,^{18,19)} 특이도 83%²⁰⁾로 가장 권장되는 검사라고 하였다. 핵의학 검사에서도 민감도 96%-100%^{21,22)}이며 비록 특이도는 만족스럽지 못하다는 보고가 있으나,²³⁾ 후방환 천골 골절의 경우 특징적인 혼다 싸인을 보여 진단에 도움이 된다고 하였다.⁸⁾ 하지만 MRI는 비보험의 고가의 검사이고 핵의학 검사는 당일 검사가 되지 않거나 장비가 없는 병원의 경우 시행하기가 힘들다. 따라서 본원에서는 1차 추가 검사로 CT를 이용하였고 환자의 골절에 대해 보다 많은 정보를 획득할 수 있었다. 따라서 임상 증상이 있는 노인 환자에서 골반 부전 골절에 대한 의심을 하고 CT, MRI, 핵의학 검사 등 병원 실정에 맞는 검사 장비로 확인하는 것이 바람직할 것이다.

골반 골절의 분류에서 흔히 사용되는 AO/OTA 분류는 골반 부전 골절에서 맞지 않는 경우가 있어 Rommens 분류가 더 적합하다고 하였다.^{14,17)} 이번 연구에서 환자의 92.9%에서 전이가 없는 Rommens 분류 1, 2형에 해당하였고, 3예(7.1%)는 3형, 4형은 없었다. 한쪽 골반의 전이가 있는 3형 3예 모두 환측 골반이 내회전되는 양상이었다. Rommens 등¹⁷⁾은 3형의 경우 수술적 치료가 필요하다고 하였으나, 본 연구

에 포함된 3형 3에는 환측 골반의 변형이 외회전 혹은 수직 전이가 아닌 내회전 변형으로 수술적 치료 없이 보존적 치료로도 좋은 결과를 얻을 수 있었던 것으로 생각한다. 또한 보존적 치료 시행도중 통증 악화 시 반복적인 추시 단순 방사선 사진을 권고하고 있는데^{8,14)} 초진 시 전이가 없더라도 추시 방사선 사진에서 점점 더 전이가 발생할 수 있으므로 이에 대한 면밀한 추적을 통해 골반 부전 골절의 보존적 치료 지속 여부를 판단해야 한다고 하였다.¹⁴⁾

이번 연구에서 골반 부전 골절은 고관절 골절과 달리 치료과정에서 치명적인 합병증도 비교적 적게 발생하였으나 욕창의 발생은 23.8%에서 발생하였으며 이에 대한 주의가 필요할 것이다. 따라서 환자 보호자에게 체위 변경 등의 간호 교육에 신경을 써야 할 것이다. 환자의 대부분에서 골절 후 보행 능력이 골절 이전 수준으로 회복을 얻을 수 있었는데 이는 고관절 골절과 차이점이라 할 것이다. 다른 연구에 의하면 Koval 등²⁴⁾은 치골 가지 골절에서 92%의 환자가 수상 1년 뒤 기능적 점수가 골절 이전 수준으로 회복되었다고 하여 본 연구와 비슷한 결과를 보고한 바 있다. 반면 Taillandier 등¹⁰⁾은 골반 부전골절 환자의 1년 후 기능점수를 평가하여 단 36.6%의 환자만이 수상 전과 동일한 수준으로 회복되었다고 보고하였는데 이는 Young 등²⁵⁾이 고관절 골절에서 보고한 수치와 비슷하다고 하였다. 그 이유로 Koval 등²⁴⁾의 연구와 비교해 환자군의 연령이 보다 고령이었고, 수상 전 기저 기능점수가 Koval 등²⁴⁾이 연구했던 환자군의 60%가량으로 낮았다는 것을 그 요인으로 꼽았다.

이번 연구에서 골반 부전 골절 환자의 2/3에서 비타민 D가 부족하였고, 환자의 대부분인 88.4%에서 BMD에서 골다공증 소견을 보였다. 따라서 골절에 대한 치료와 함께 골다공증 치료 및 비타민 D의 보충도 필요하다 할 것이다. 골반 부전 골절에서 동반된 골다공증은 골대사지표를 살펴보면 골흡수가 증가된 경우는 적고 골형성이 감소된 경우가 많아 노인성 골다공증의 형태를 보였다. 골형성이 감소되어 있는 것을 감안하면 골다공증 치료제로 골흡수 억제제보다는 골형성 촉진제가 더 효과적일 수 있다는 가정할 수 있는데, 최근 연구에 의하면 골형성 촉진제인 teriparatide가 골반 부전 골절의 임상 기능 향상 및 골절 치유에 도움이 된다는 보고가 있었다.^{9,11,26)} Peichl 등²⁶⁾은 고령의 골다공증을 동반한 골반 골절 환자에서 PTH 1-84 투여로 골절 치유 촉진 효과와 함께 기능적 결과의 향상을 보고하였고, Yoo 등¹¹⁾에 의하면 고령의 골반 부전골절 환자에서 teriparatide 사용으로 사용하지 않은 군에 비해 보다 빠른 통증 경감과 유합 시기의 단축, 거동

시작의 단축을 보고하였다. 이런 결과를 토대로 미루어 보면 골형성 촉진제를 골반 부전 골절 환자에게 투여하는 것은 좋은 치료법이 될 수 있을 것으로 생각하나 앞으로 대규모의 전향적 연구가 뒷받침되어야 할 것이다.

결론

골반 부전 골절은 고령에서 골다공증과 함께 동반하여 나타나는 경우가 많았고, 진단에 있어서 단순 방사선 사진으로는 제한점이 있는 것을 확인하였다. 골반 부전 골절은 보존적 치료로 좋은 결과를 얻을 수 있었으며, 치명적인 합병증이 비교적 적게 발생하였다. 골반 부전 골절 환자의 대부분에서 골다공증 소견을 보여 골절 치료와 함께 골다공증 치료에 함께 관심을 기울여야 할 것이다.

요약

목적: 이번 연구의 목적은 고령 인구의 골반 부전 골절에 대한 방사선적, 역학적 특징과 임상 경과를 알아보는 것이다.

대상 및 방법: 2010년 3월부터 2017년 5월까지 골반 부전 골절 환자를 대상으로 후향적 조사를 시행하였다. 환자의 인구학적 정보, 골밀도, 골표지자를 조사하였다. 단순 방사선 촬영과 컴퓨터 단층촬영을 비교하였다. 임상 경과 평가를 위해 이환된 합병증과 골절 6개월 이후 보행 능력을 비교하였다.

결과: 연구 대상 총 42명의 평균 나이는 76.5세였고, 1명을 제외하고는 모두 여성이었다. 초진 병원이 타 병원인 5예 중 골절 진단을 받지 못한 경우가 3예였다. 단순 방사선 사진에서 발견된 골절 외 컴퓨터 단층촬영에서 추가로 골절이 발견된 경우가 81.0%였다. 모두에서 보존적 치료를 시행하였다. 골절 후 보행 시작까지 걸린 시기는 평균 2.8주였으며 42명 중 1예를 제외한 전체 예(97.6%)에서 수상 전 보행 상태로 회복이 가능하였다.

결론: 골반 부전 골절을 진단하는 경우 단순 방사선 사진으로는 제한점이 있는 것을 확인하였다. 골반 부전 골절은 보존적 치료로 좋은 결과를 얻을 수 있었으며, 치명적인 합병증이 비교적 적게 발생하였다.

색인 단어: 골반, 골반 골절, 부전 골절, 골다공증

ORCID

서용민, <http://orcid.org/0000-0002-2141-4945>

김영창, <http://orcid.org/0000-0001-5768-777X>

김지완, <http://orcid.org/0000-0002-3524-8706>

References

- World Health Organization: Guidelines for preclinical evaluation and clinical trials in osteoporosis. Geneva, World Health Organization: 1998.
- Dell R, Greene D, Schelkun SR, Williams K: Osteoporosis disease management: the role of the orthopaedic surgeon. *J Bone Joint Surg Am*, 90 Suppl 4: 188–194, 2008.
- Lin JT, Lane JM: Osteoporosis: a review. *Clin Orthop Relat Res*, (425): 126–134, 2004.
- Rowe SM, Yoon TR, Ryang DH: An epidemiological study of hip fracture in Honam, Korea. *Int Orthop*, 17: 139–143, 1993.
- Carretta E, Bochicchio V, Rucci P, Fabbri G, Laus M, Fantini MP: Hip fracture: effectiveness of early surgery to prevent 30-day mortality. *Int Orthop*, 35: 419–424, 2011.
- Khan MA, Hossain FS, Ahmed I, Muthukumar N, Mohsen A: Predictors of early mortality after hip fracture surgery. *Int Orthop*, 37: 2119–2124, 2013.
- Saracen A, Kotwica Z: Treatment of multiple osteoporotic vertebral compression fractures by percutaneous cement augmentation. *Int Orthop*, 38: 2309–2312, 2014.
- O'Connor TJ, Cole PA: Pelvic insufficiency fractures. *Geriatr Orthop Surg Rehabil*, 5: 178–190, 2014.
- Moon SW, Lee DH, Kim YC, Kim YB, Lee SJ, Kim JW: Parathyroid hormone 1–34(teriparatide) treatment in pelvic insufficiency fractures: a report of two cases. *J Bone Metab*, 19: 147–151, 2012.
- Taillardier J, Langue F, Alemanni M, Taillardier-Herich E: Mortality and functional outcomes of pelvic insufficiency fractures in older patients. *Joint Bone Spine*, 70: 287–289, 2003.
- Yoo JI, Ha YC, Ryu HJ, et al: Teriparatide treatment in elderly patients with sacral insufficiency fracture. *J Clin Endocrinol Metab*, 102: 560–565, 2017.
- Bergström U, Björnstig U, Stenlund H, Jonsson H, Svensson O: Fracture mechanisms and fracture pattern in men and women aged 50 years and older: a study of a 12-year population-based injury register, Umeå, Sweden. *Osteoporos Int*, 19: 1267–1273, 2008.
- Holick MF: Vitamin D deficiency. *N Engl J Med*, 357: 266–281, 2007.
- Rommens PM, Hofmann A: Comprehensive classification of fragility fractures of the pelvic ring: recommendations for surgical treatment. *Injury*, 44: 1733–1744, 2013.
- Finiels H, Finiels PJ, Jacquot JM, Strubel D: Fractures of the sacrum caused by bone insufficiency. Meta-analysis of 508 cases. *Presse Med*, 26: 1568–1573, 1997.
- Babayev M, Lachmann E, Nagler W: The controversy surrounding sacral insufficiency fractures: to ambulate or not to ambulate? *Am J Phys Med Rehabil*, 79: 404–409, 2000.
- Rommens PM, Ossendorf C, Pairen P, Dietz SO, Wagner D, Hofmann A: Clinical pathways for fragility fractures of the pelvic ring: personal experience and review of the literature. *J Orthop Sci*, 20: 1–11, 2015.
- Cabarrus MC, Ambekar A, Lu Y, Link TM: MRI and CT of insufficiency fractures of the pelvis and the proximal femur. *AJR Am J Roentgenol*, 191: 995–1001, 2008.
- Lapina O, Tiškevičius S: Sacral insufficiency fracture after pelvic radiotherapy: a diagnostic challenge for a radiologist. *Medicina (Kaunas)*, 50: 249–254, 2014.
- Chen CK, Liang HL, Lai PH, et al: Imaging diagnosis of insufficiency fracture of the sacrum. *Zhonghua Yi Xue Za Zhi (Taipei)*, 62: 591–597, 1999.
- Fujii M, Abe K, Hayashi K, et al: Honda sign and variants in patients suspected of having a sacral insufficiency fracture. *Clin Nucl Med*, 30: 165–169, 2005.
- Gotis-Graham I, McGuigan L, Diamond T, et al: Sacral insufficiency fractures in the elderly. *J Bone Joint Surg Br*, 76: 882–886, 1994.
- Krestan CR, Nemec U, Nemec S: Imaging of insufficiency fractures. *Semin Musculoskelet Radiol*, 15: 198–207, 2011.
- Koval KJ, Aharonoff GB, Schwartz MC, et al: Pubic rami fracture: a benign pelvic injury? *J Orthop Trauma*, 11: 7–9, 1997.
- Young Y, Brant L, German P, Kenzora J, Magaziner J: A longitudinal examination of functional recovery among older people with subcapital hip fractures. *J Am Geriatr Soc*, 45: 288–294, 1997.
- Peichl P, Holzer LA, Maier R, Holzer G: Parathyroid hormone 1–84 accelerates fracture-healing in pubic bones of elderly osteoporotic women. *J Bone Joint Surg Am*, 93: 1583–1587, 2011.