

복부 전산화단층촬영 결과 진단된 급성 외상성 골반골 골절에서 추가적인 3차원 재구성 골반 전산화단층촬영이 필요한가?

강북삼성병원 응급의학과, 연세대학교 의과대학 영상의학교실¹,
국군수도병원 응급의학과², 국군수도병원 영상의학과³, 삼성서울병원 응급의학과⁴

김병권 · 신동혁 · 한상국 · 최필조 · 이영한¹ · 박하영² · 배수호³ · 송형곤⁴

— Abstract —

The Need for an Additional Pelvic CT in Cases of Acute Osseous Pelvic Injury that Has Already Been Diagnosed by Abdominal CT.

Byoung kwon Ghim, M.D., Dong Hyuk Shin, M.D. Sang Kuk Han, M.D., Pil Cho Choi, M.D.,
Young Han Lee, M.D.¹, Ha Young Park, M.D.², Soo Ho Bae, M.D.³, and Hyoung Gon Song, M.D.⁴

*Department of Emergency Medicine, Kangbuk Samsung Hospital, Sungkyunkwan University School of Medicine,
Department of Radiology, Yonsei University College of Medicine¹, Department of Emergency Medicine,
Armed Forces Capital Hospital², Department of Radiology, Armed Forces Capital Hospital³,
Department of Emergency Medicine, Samsung Medical Center, Sungkyunkwan University School of Medicine⁴*

Purpose: Abdominal CT (computed tomography) is a principal diagnostic imaging modality for torso trauma at the Emergency Department (ED). When acute osseous pelvic injuries are detected by abdominal CT, additional three-dimensional (3D) reconstruction pelvic CT is often performed. We compared abdominal CT with pelvic CT to provide information about acute osseous pelvic injuries.

Methods: A retrospective investigation of patients' electronic medical records during the five year period between January 1, 2004 and December 31, 2008 among Korean soldiers who underwent pelvic CT after abdominal CT at the ED was conducted. Axial images of abdominal CT were compared with axial images and 3D reconstruction images of pelvic CT.

Results: Sixteen patients underwent subsequent pelvic CT after abdominal CT. Axial images of abdominal CT showed the same results in terms of fracture detection and classification when compared to axial images and 3D reconstruction images of pelvic CT. Pelvic CT (including 3D reconstruction images) followed by abdominal CT neither detected additional fracture nor changed the fracture type.

Conclusion: This study has failed to show any superiority of pelvic CT (including 3D reconstruction images) over abdominal CT in detecting acute osseous pelvic injury. When 3D information is deemed be mandatory, 3D reconstructions of abdominal CT can be requested rather than obtaining an additional pelvic CT for 3D reconstruction. (J Korean Soc Traumatol 2009;22:206-11)

Key Words: Pelvic bone, Fracture, Computed tomography, 3D

* Address for Correspondence : **Dong Hyuk Shin, M.D.**
Department of Emergency medicine, Kangbuk Samsung Hospital, Sungkyunkwan University School of Medicine,
108, Pyung-dong, Jongro-gu, Seoul 110-746, Korea
Tel : 82-2-2001-2488, Fax : 82-2-2001-2891, E-mail : sinndhk@naver.com
접수일: 2009년 8월 21일, 심사일: 2009년 9월 5일, 수정일: 2009년 10월 27일, 승인일: 2009년 11월 5일

I. 서 론

1970년대 소개된 전산화단층촬영(computed tomography, CT)은 전 세계적으로 그 사용이 급속히 증가해 왔다.(1)

특히, 다검출기 전산화단층촬영(Multidetector computed tomography, MDCT)의 보급은 응급 센터(Emergency department, ED) 내 영상 검사에 있어서 혁신적인 변화를 가져왔다. MDCT는 현재 많은 응급 센터에서 혈액학적으로 안정적인 외상 환자의 평가를 위한 주된 영상 검사법으로 자리 매김 하고 있다. 더욱이, 혈액학적으로 불안정한 환자에서도 CT 검사 결과가 향후 치료 방향 결정에 매우 중요한 정보를 제공하므로, 수액 소생술(fluid resuscitation) 후 생체 징후가 안정되면 CT 검사를 시행하는 경우가 많다. 골성 손상과 이상 가스 패턴 외에는 정보를 얻기 힘든 일반 방사선 촬영이나, 시간이 오래 걸리고 상대적으로 비용이 비싼 자기 공명 영상 검사, 그리고 시술자의 능력에 따라 얻을 수 있는 정보의 차이가 많고 환자의 음향창(sonic window)에 따라 검사에 제한이 많은 초음파 검사에 비해 MDCT는 많은 장점이 있다. MDCT의 많은 장점 중 급성 외상 환자에서의 이점은 첫째, 검사 시간이 짧다는 점이다. 국군수도병원에서 사용하는 64채널 MDCT의 경우 각 부위별 촬영시간(scan time)은 두부 CT 약 23초, 경추부 CT 14초, 흉부 CT 11초, 복부 CT 14초 그리고 골반 CT 11초이다. 실제 중증 외상 환자의 전신 CT 검사를 위해 두부 CT, 경추부 CT, 조영 전/후 흉부 CT, 조영 전/후 복부 CT를 시행한다고 가정했을 때, 촬영시간은 87초 이며, 촬영시간 외 준비 시간을 고려한다 해도 보통 10분 이내에 검사를 마칠 수 있다. 중증 외상 환자에서 전신 CT 검사를 통해 얻을 수 있는 많은 정보를 고려할 때, 상대적으로 짧은 시간 동안 많은 정보를 얻을 수 있는 CT 검사만의 큰 장점이 아닐 수 없다. 둘째, 한 번의 검사로 이학적 검진 상 추정 가능한 외상 부위 외에 모든 내부 장기의 손상 평가가 가능한 점이다. 셋째, 환자에 따라 일반 방사선 촬영을 위한 특정 자세를 취하는 것이 어려운 경우가 있는데 CT 검사는 특정 자세를 취할 필요가 없으므로 협조가 어려운 환자를 대상으로 시행하기가 보다 용이하다. 넷째, 영상의 질이 매우 향상되었고, Volume Rendering 혹은 MPR (Multiplanar reconstruction)과 같은 3차원 재구성 영상(three-dimensional reconstruction images)이 가능하여 외상과 관련된 3차원 공간 정보를 제공해 준다. 상기와 같은 여러 장점들로 인해 MDCT는 응급 센터 내에 필수 불가결한 영상 검사로 자리 잡았다.

최근 많이 사용되고 있는 CT 3차원 재구성 영상은 골반골 골절 평가에 있어서 기존 CT 영상에 비해 추가적인 이점이 있는 것으로 보고되었다. 3차원 재구성 CT 영상은 골반골 골절 분절의 상대적인 위치에 대한 뛰어난 공간

정보를 제공하므로, 축상(axial) 방향으로 발생한 작은 골절 분절의 진단 및 복합 골절의 진단에 우수하고, 복잡한 골절 양상을 이해하는데 많은 도움이 되므로 그에 따라 상당수의 환자에서 치료 방향이 바뀌게 된다고 보고되었다.(2) 또한, 3차원 재구성 영상이 골반골 골절의 특성에 대해 제공하는 공간적 정보가 매우 정확하기 때문에, 골반골 골절의 종류를 확인하기 위해 골반 전후면 사진 후 시행하던 입구상(inlet view) 및 출구상(outlet view) 촬영을 대신할 수 있다.(3,4)

이와 같이 3차원 재구성 영상이 가지는 여러 이점으로 인해 응급 센터에서 몸통 외상 평가를 위해 골반 전후면 사진이나 복부 CT를 찍은 뒤 발견된 급성 골반골 골절 환자에 대해, 3차원 재구성 골반 CT를 추가적으로 시행하는 경우가 종종 있다. 추가적인 골반 CT를 시행하는 경우 또 다시 환자를 CT 검사실로 이동시켜야 하는 위험 부담과 함께 방사선 피폭량이 증가할 수 있음에도 불구하고, 이미 복부 CT에서 골반골 골절이 진단된 환자에 있어서 추가적인 3D 골반 CT의 필요성과 유용성에 대해서는 연구가 미비한 실정이다. 이에 저자들은 급성 골반골 골절의 평가에 있어서 복부 CT 영상과 3차원 재구성 골반 CT 영상을 비교하여 그 필요성과 유용성을 알아보려 본 연구를 시행하였다.

II. 대상 및 방법

2004년 1월부터 2008년 12월까지 5년 동안 국군수도병원 응급실에서 급성 외상성 골반골 골절이 진단된 환자는 총 61명 이었다. 이들 중 복부 CT 촬영 후 골반 CT를 시행 받은 16명의 환자를 대상으로 하였다. 대상환자 전원은 복부 CT 검사 후 24시간 내에 응급실에서 추가적인 3차원 재구성 골반 CT를 촬영한 것으로 나타났다.

환자 정보는 전자 의무 기록(Defense Medical Information System, DEMIS) 조사를 통해 후향적으로 얻었다. 대상 환자의 CT 판독은 두 명의 영상의학과 전문의가 함께 시행했는데, 복부 CT는 축상 영상으로 판독했으며, 골반 CT는 축상 영상 및 3차원 재구성 영상을 종합해 판독하였다. 판독은 골절 부위에 대해 기술과 함께 Tile 분류(5)에 따른 골절 분류를 시행하였다(Table 1). Tile 분류는 사망률 예측에 매우 유용한 분류법으로서,(6) 불안정성 정도에 따라 type A는 안정성, type B는 회전 불안정성(rotational instability), 그리고 type C는 회전 및 수직 불안정성(rotational and vertical instability) 골절을 의미한다. 두 검사 방법 간 골절부위 진단과 골절 분류가 일치하는지 여부를 판독의가 아닌 응급의학과 의사가 카파 검정(kappa test)을 하였다. 두 검사의 비교에 있어서 골절부위 진단은 추가적인 진단이 있거나 골절부위 판독이 다르면 일치하지 않는

것으로 했으며, 골절 분류는 Tile 분류가 동일하지 않으면 일치하지 않는 것으로 하였다.

2008년 3월 이전에 내원한 12명의 환자 중 3명의 전산화 단층촬영은 MX 8000 (Philips Medical Systems, Best, The Netherlands)이 사용되었고, 나머지 9명은 Sensation 4 (Siemens Medical Systems, Erlangen, Germany)가 사용되었으며, 2008년 3월 이후에 내원한 4명의 환자는 Brilliance 64 (Philips Medical Systems)이 사용되었다. 복부 CT 검사 및 골반 CT 검사에서의 초점크기 (Collimation), 절편두께 (Slice thickness), 절편증가 (Slice increment), 회전시간 (Rotation time), 튜브전압 (Tube voltage) 그리고 튜브전류 (Tube current)는 Table 2에 요약하였다(Table 2). 본 연구는 국군수도병원의 보안성 심사를 통해 자료 사용을 허가 받았으며, 인간 대상 연구에 대한 Helsinki 선언에 따라 시행하였다.(7)

III. 결 과

복부 CT 검사 상 골반골 골절이 있어 추가적인 골반

CT를 시행 받은 16명의 대상 환자의 임상적 특성은 Table 2에 요약하였다(Table 3). 모든 환자는 젊은 남자 환자였으며(평균 연령 21.8±2.9), 응급실 내원 시 초기 수축기 혈압은 123±12 mmHg, 이완기 혈압은 71±9 mmHg 으로, 쇼크 상태인 환자는 없었다. 골절 부위는 장골이 8개로 가장 많았고, 하부 치골 가지 7개, 비구 5개, 상부 치골 가지 4개, 천골 4개, 천장 관절 분리 4개, 치골 결합 분리 1개였다.

골반골 골절에 대하여 보존적 치료를 받은 환자는 12명이었고, 외부고정장치를 사용해 폐쇄고정을 받은 환자가 1명 이었으며, 관혈적 정복술을 받은 환자는 3명 이었다. 외부 고정술을 받은 환자는 치골결합(symphysis pubis) 및 엉치엉덩뼈관절(sacroiliac joint) 분리 환자였으며, 관혈적 정복술을 받은 3명 중 1명은 Tile 분류 상 B3, 그리고 2명은 C3인 환자였다. 복부 CT와 골반 CT 판독을 비교한 결과, 복부 CT의 절편두께가 5 mm로 골반 CT의 1 mm 보다 훨씬 두껍고 3차원 재구성 영상이 없었음에도 불구하고, 단 1명의 환자에서도 추가적인 골반골 골절이나 골절 분절이 진단되지 않았다(Table 2, Fig. 1).

Tile 분류에 따른 골절 분류 역시 복부 CT와 골반 CT

Table 1. Tile's classification of pelvic bone fracture

Type	Definition
Type A	Stable pelvic bone fracture A1 Avulsion fracture of the innominate bone A2 Stable iliac wing fracture or stable minimally displaced ring fracture A3 Transverse fracture of the coccyx and sacrum
Type B	Partially stable pelvic ring injury (rotationally unstable, vertically stable) B1 Open book injury ? unilateral B2 Lateral compression injury B3 Bilateral type B injuries
Type C	Unstable pelvic ring injury C1 Unilateral C2 Bilateral, one side type B, one side type C C3 Bilateral type C lesions

Table 2. Parameters of abdomen CT and pelvic bone CT.

	MX 8000		Sensation 4		Brilliance 64	
	복부 CT	골반 CT	복부 CT	골반 CT	복부 CT	골반 CT
초점크기 (mm)	5×2.5	5×2.5	5×2.5	5×2.5	64×0.625	64×0.625
절편두께 (mm)	5	3	5	3	5	1
절편증가 (mm)	5	1.5	5	3	5	0.5
회전시간 (sec)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.75	0.75
튜브전압 (kVp)	120	120	120	140	120	120
튜브전류 (mA)	195~233	150~231	115~145	118~178	128~255	120~255

관독 결과를 비교했을 때, 두 검사법에서의 분류는 일치하였다(Table 3, kappa 1.0, $p < 0.001$). 외상으로 인해 복부 CT 검사 상 발견된 급성 외상성 골반골 골절의 평가에 있어서 복부 CT 후 시행한 3차원 재구성 골반 CT는 추가적인 정보를 제공하지 않았다.

IV. 고 찰

복부 CT는 여러 가지 장점들로 인해 외상 환자의 평가에 있어서 매우 유용한 검사로 자리매김 했다. 급성 외상성 골반골 골절의 평가에 있어서도 CT의 역할은 확대되고 있다. 첫째, 급성 외상성 골반골 골절의 평가에 있어서 CT 영상은 일반 방사선 검사로는 진단하기 힘든 골절을 진단할 수 있다. 특히 비구 골절과 후방 골반 고리(posterior pelvic ring) 골절이 일반 방사선 영상으로 진단하기 힘든 경우가 많은데, 한 연구에 의하면 Wedegartner 등은, 대상 환자의 17%에서 CT 축상(axial) 영상이 일반 방사선 영상에서 보이지 않는 비구 골절과 후방 골반 고리(posterior pelvic ring) 골절을 진단했다고 보고하였다.(8) 이번 연구의 대상은 아니었으나, 본 연구 기간 중 복부 CT와 골반골 일반 방사선 검사를 시행 받았던 25명의 환자를 분석한 결과 이들 중, 3명의 환자(12%)는 일반 방사선 영상에서는 골절이 관찰되지 않으나 복부 CT 영상에서는 골반골 골절이 관찰되었다. 둘째, 혈액학적으로 안정적인 골반골 외상 환자의 평가에 있어서 CT 검사는 일반 방사선 검사를 대신할 수 있다.(4) 혈액학적으로 불안정하여 CT 검사가 불가능한 상황에서는 여전히 전후 골반 방사선 촬영이

골반골 골절의 진단을 위해 가장 효과적인 방법이다. 그러나 혈액학적으로 안정적인 환자에 있어서 일반 골반 방사선 촬영의 관계적 검사는 더 이상 권장되지 않는데, 이는 일반 골반 방사선 영상이 비구와 후방 골반 고리 골절의 진단에 있어서 정확성이 떨어지고, 얻을 수 있는 정보가 한정적이기 때문이다.(9,10) 이와 같은 이유들로 골반 CT는 급성 외상성 골반골 골절의 평가에 매우 유용하고 정확한 검사이며, 응급실 내에서 그 사용이 증가할 것으로 예상된다.

CT 프로토콜은 검사 부위 및 목적에 따라 매우 다양하며 병원마다 약간의 차이가 있을 수 있으나, 대부분의 경우 복부 CT와 골반 CT를 따로 촬영하고 있다. 통상적인 복부 CT는 아래쪽으로 골반골까지 포함하기 때문에 몸통 부위 외상 환자에서 복부 CT 검사를 시행하면 일반 방사선 검사에서 보이지 않았거나 미처 예상치 못한 골반골 골절이 발견되기도 한다. 국군수도병원 영상의학과와 복부 CT 프로토콜과 골반 CT 프로토콜을 비교해 보면, 대부분의 변수들은 차이가 없었으며, 축상 영상의 경우 절편두께가 복부 CT 5 mm에 비해 골반 CT가 3 mm 혹은 1 mm로 간격이 더 얇았다. 따라서 두 CT간 축상 영상을 비교해 보면 골반 CT 영상이 복부 CT bone setting 영상보다 해상도가 높았다. 그러나 복부 CT 촬영 후 골반골 골절이 진단되어 추가적인 골반 CT를 시행 받았던 본 연구 대상 환자군에 있어서, 절편간격이 더 촘촘한 골반 CT가 급성 외상성 골반골 골절의 진단에 있어서 절편두께가 5 mm인 복부 CT와 차이가 없었다. 그러므로 단순히 골반골절의 진단을 위해서 추가적인 골반 CT를 시행하는 것은 바람직

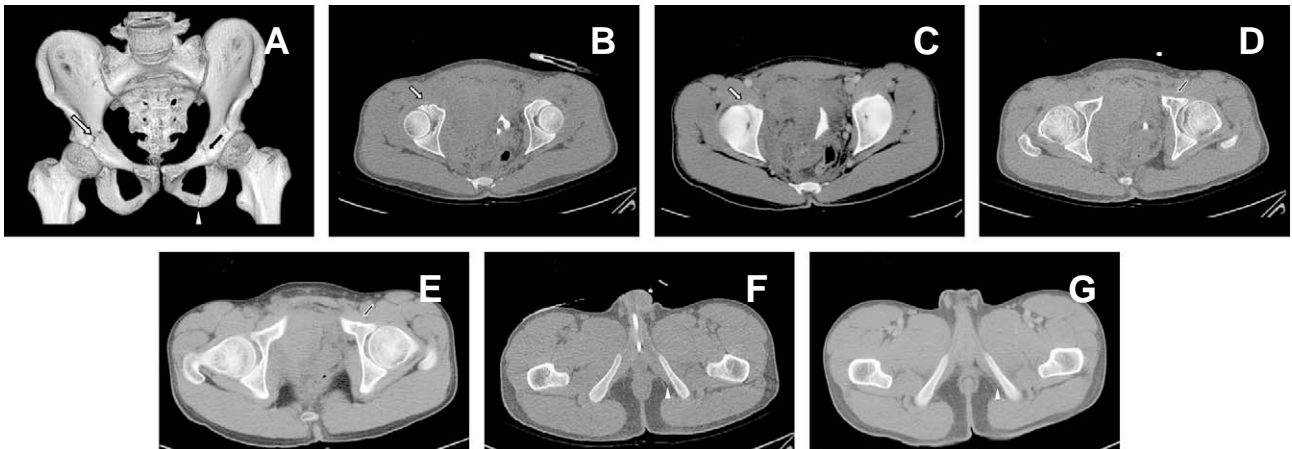


Fig. 1. (A) 20-years-old man injured by motor vehicle accident. 3D reconstruction image of pelvic CT shows right acetabular roof fracture (white arrow), left superior pubic ramus fracture (black arrow) and left inferior pubic ramus fracture (arrowhead). Axial images of pelvic CT and abdomen CT in same patient with figure 1a. Axial image of pelvic CT (B) and abdomen CT (C) showing right acetabular roof fracture. Axial images of pelvic CT and abdomen CT in same patient with figure 1a. Axial image of pelvic CT (D) and abdomen CT (E) showing left superior pubic ramus fracture. Axial images of pelvic CT and abdomen CT in same patient with figure 1a. Axial image of pelvic CT (F) and abdomen CT (G) showing left inferior pubic ramus fracture.

하지 않은 것으로 사료된다.

추가적인 CT 검사를 시행함에 있어서 임상에는 환자에게 발생하는 비용이나 검사 시간 외에, 환자의 방사선 피폭량이 증가한다는 것도 반드시 고려해야 한다.(1) 현재 응급실 내에서 시행하는 2~3번의 CT 검사로 인해 피폭되는 30~90 mSv 정도의 저선량 피폭에 의해 평생암발생도가 증가하는지는 논란의 여지가 있다.(11,12) 그러나 저선량 방사선 피폭의 위험에 대한 논란을 차치하고서라도, 방사선 방어의 기본 원칙 ALARA (as low as reasonably achievable)에 따라,(13) 가능하면 방사선 피폭을 최소화하는 것이 바람직하다.

본 연구 대상 환자에서는 3차원 재구성 영상을 통해 추가적인 진단이 되거나 치료 방향에 변화를 가져온 사례는 없었다. 그러나 서론에서 언급한 대로 3차원 재구성 CT 영상이 골반골 골절 분절의 상대적인 위치에 대한 뛰어난 공간 정보를 제공하여 상당수의 환자에서 치료 방향이 바뀌었다는 연구 결과도 있다.(2) 그러므로 임상에서의 판단에 따라 3차원 영상이 꼭 필요하다고 판단되는 사례(복합 골절, 후방 골반 고리 골절 및 비구 골절 등)가 있다면, 추가적인 골반 CT를 처방하기 보다는 이미 촬영한 복부 CT를 이용한 3차원 재구성을 요청하는 것이 바람직할 것으로 사료된다. 특히, 복부 CT의 원천 영상을 이용하면, 1 mm 이하의 간격으로 영상을 재구성 할 수 있으므로, 3차원 재구성 골반 CT 영상에 버금가는 영상을 얻을 수 있다. 이러한 영상 재구성은 원천 영상이 남아있어야 가능한데, 각

병원의 정책과 CT 기종의 용량에 따라 다르지만 보통 2~3일 정도 원천 영상을 보관한다. 따라서, 응급실 체류 중에는 필요하면 언제든지 3차원 영상 재구성이 가능하다고 할 수 있다.

기술적으로 복부 CT 원천 영상으로 골반부 3D 영상을 얻을 수 있음에도 불구하고 실제 현실에서는 골반 CT를 추가로 시행하는 이유는 아마도 병원마다 그리고 의사마다 다른 여러 가지 이유가 있을 수 있을 것이다. 후향적 연구의 한계 상 연구 기간 중 복부 CT를 시행한 이후에 추가적인 골반 CT를 처방했던 의사들의 처방 사유를 조사하지 못했다. 그러나 복부 CT 원천 영상으로 골반골 3D 영상이 가능하다는 사실을 인지하지 못해 추가로 처방한 경우가 있었으리라 추정된다. 앞으로 임상 각 과와 영상의학과 간에 상호 협력과 정보 교환을 통해, 복부 CT 후 불필요한 골반 CT의 추가 시행을 줄이기 위한 실제적인 노력이 필요할 것으로 사료된다.

본 연구는 많은 제한점이 있다. 첫째, 모든 대상 환자나 젊은 성인 남자였다는 점이다. 둘째, 본 연구 대상에 포함된 환자들은 초기에 혈액학적으로 불안정한 경우가 없었는데, 혈액학적으로 불안정한 급성 외상성 골반골 환자의 경우 두 가지 CT 검사를 모두 시행 받지 않고 둘 중 한 가지 CT 검사만 시행 받거나 일반 골반 방사선 검사만 받았을 가능성이 높다. 따라서, 본 연구에서는 중증도가 높은 환자는 대상에서 제외되는 선택 편견이 작용했을 가능성이 높다. 셋째, 대상 환자수가 적어 일반화 하는데 무리가 있다.

Table 3. Detailed clinical information of 16 patients who underwent pelvic CT with 3D reconstruction after abdomen CT

Patient Number	Sex/Age	Injury mechanism	Fracture location by Pelvic CT and ADCT*	Tile's classification by Pelvic CT and ADCT*	Treatment
1	M/22	Motor vehicle	Acetabulum, Ilium / SA [†]	C3 / C3	operative
2	M/21	Fall down	Inferior ramus, Ilium / SA [†]	A2 / A2	conservative
3	M/20	Fall down	Acetabulum, Ilium / SA [†]	B3 / B3	operative
4	M/27	Fall down	Sup. and inf. rami, Sacrum / SA [†]	B1 / B1	conservative
5	M/23	Fall down	Sup. and inf. rami, Sacrum / SA [†]	A2 / A2	conservative
6	M/30	Slip down	Ilium / SA [†]	A1 / A1	conservative
7	M/22	Pedestrian	Inf. ramus, Ilium / SA [†]	A2 / A2	conservative
8	M/22	Pedestrian	Ilium, Acetabulum, SI [†] joint separation / SA [†]	C3 / C3	operative
9	M/21	Motor vehicle	Ilium, Acetabulum / SA [†]	C3 / C3	conservative
10	M/19	Fall down	Acetabulum / SA [†]	C3 / C3	conservative
11	M/19	Fall down	Sup. and inf. rami / SA [†]	A2 / A2	conservative
12	M/20	Fall down	SI [†] joint separation, Sacrum / SA [†]	B1 / B1	conservative
13	M/21	Pedestrian, crushing	SI [†] joint and symphysis pubis separation / SA [†]	B1 / B1	CREF [‡]
14	M/21	Pedestrian, crushing	Inf. ramus, Ilium / SA [†]	A2 / A2	conservative
15	M/19	Motor vehicle	SI [†] joint, Inf. ramus / SA [†]	C3 / C3	conservative
16	M/21	Fall down	Sup. ramus, Sacrum / SA [†]	B3 / B3	conservative

* ADCT: abdomen CT, [†]SA: Same as pelvic CT, [‡]Sacroiliac, [§]CREF: closed reduction with external fixator

V. 결 론

몸통 부위 외상으로 이미 복부 CT를 시행 받고 급성 외상성 골반골 골절을 진단 받은 혈액학적으로 안정된 환자에서 3차원 재구성 골반 CT는 추가적인 정보를 제공하지 않았다. 이미 복부 CT에서 골반골 골절이 진단된 환자에서 3차원 재구성 영상이 꼭 필요할 것으로 추정되는 경우에는 복부 CT의 3차원 재구성 영상을 요구함으로써, 불필요한 방사선 피폭, 비용, 환자 이송 등을 피할 수 있을 것으로 사료된다.

REFERENCES

- 1) Brenner DJ, Hall EJ. Computed tomography--an increasing source of radiation exposure. *N Engl J Med* 2007;357:2277-84.
- 2) Falchi M, Rollandi GA. CT of pelvic fractures. *Eur J Radiol* 2004;50:96-105.
- 3) Chmelova J, Mrazkova D, Dzupa V, Baca V, Grill R, Pleva L. [The role of plain radiography in pelvic trauma in the era of advanced computed tomography]. *Acta Chir Orthop Traumatol Cech* 2006;73:394-9.
- 4) Rice PL, Jr., Rudolph M. Pelvic fractures. *Emerg Med Clin North Am* 2007;25:795-802.
- 5) Tile M. Classification of fractures of the pelvis and acetabulum. In: Tile M (ed) *Fracture of the pelvis and acetabulum*. 2nd ed. London: Williams & Wilkins, 1995; 66-101.
- 6) Tachibana T, Yokoi H, Kirita M, Marukawa S, Yoshiya S. Instability of the pelvic ring and injury severity can be predictors of death in patients with pelvic ring fractures: a retrospective study. *J Orthop Traumatol* 2009;10:79-82.
- 7) World Medical Association declaration of Helsinki. Recommendations guiding physicians in biomedical research involving human subjects. *JAMA* 1997;277:925-6.
- 8) Wedegartner U, Gatzka C, Rueger JM, Adam G. [Multislice CT (MSCT) in the detection and classification of pelvic and acetabular fractures]. *Rofo* 2003;175:105-11.
- 9) Kreitner KF, Mildenerger P, Rommens PM, Thelen M. [Rational diagnostic imaging of pelvic and acetabulum injuries]. *Rofo* 2000;172:5-11.
- 10) Obaid AK, Barleben A, Porral D, Lush S, Cinat M. Utility of plain film pelvic radiographs in blunt trauma patients in the emergency department. *Am Surg* 2006;72:951-4.
- 11) Tubiana M, Arengo A, Averbek D, Masse R. Low-dose risk assessment. *Radiat Res* 2007;167:742-4; author reply 4.
- 12) Tubiana M, Arengo A, Averbek D, Masse R. The debate on the use of linear no threshold for assessing the effects of low doses. *J Radiol Prot* 2006;26:317-24.
- 13) McCollough CH, Primak AN, Braun N, Kofler J, Yu L, Christner J. Strategies for reducing radiation dose in CT. *Radiol Clin North Am* 2009;47:27-40.