



# Sawbones 모형에서 비구 횡 골절 정복의 시뮬레이션

변성은 · Cyril Mauffrey\* · 유제현<sup>†</sup> · 박창원<sup>‡</sup> · 황지효<sup>\*‡</sup>

CHA 의과학대학교 분당차병원 정형외과학교실, Department of Orthopaedic Surgery, Denver Health Medical Center, University of Colorado\*,  
한림대학교 의과대학 성심병원 정형외과학교실<sup>†</sup>, 한림대학교 의과대학 강남성심병원 정형외과학교실<sup>‡</sup>

## Simulation for Reduction of Transverse Acetabular Fractures in Sawbones Models

Seongeun Byun, M.D., Ph.D., Cyril Mauffrey, M.D., FACS, FRCS\*, Jehyun Yoo, M.D., Ph.D.<sup>†</sup>,  
Changwon Park, M.D.<sup>‡</sup>, Jihyo Hwang, M.D., Ph.D.<sup>\*‡</sup>

Department of Orthopaedic Surgery, CHA Bundang Medical Center, CHA University, Seongnam, Korea,  
Department of Orthopaedic Surgery, Denver Health Medical Center, University of Colorado\*, Denver, CO, USA,  
Department of Orthopaedic Surgery, Hallym University Sacred Heart Hospital, College of Medicine, Hallym University<sup>†</sup>, Anyang,  
Department of Orthopaedic Surgery, Hallym University Kangnam Sacred Heart Hospital, College of Medicine, Hallym University<sup>‡</sup>, Seoul, Korea

Received June 30, 2019  
Revised August 7, 2019  
Accepted October 11, 2019

### Correspondence to:

Jihyo Hwang, M.D., Ph.D.  
Department of Orthopaedic Surgery,  
Hallym University Kangnam Sacred  
Heart Hospital, College of Medicine,  
Hallym University, 1 Singil-ro,  
Yeongdeungpo-gu, Seoul 07441,  
Korea  
Tel: +82-2-829-5165  
Fax: +82-2-837-1728  
E-mail: [hwangjihyo7309@gmail.com](mailto:hwangjihyo7309@gmail.com)

Financial support: None.  
Conflict of interests: None.

**Purpose:** The transversely oriented fracture lines are very difficult to reduce during operations, even after clear exposure of the fracture site, in acetabular fractures. The purpose of this study is to verify the quality of reduction between the different subtypes (transtectal, juxtatectal, and infratectal) of transverse fractures. This study also determined the proper type of clamps to use and the proper zone for achieving accurate reductions in Sawbones models.

**Materials and Methods:** Six fractures in 3 different subtypes of transverse fractures were artificially created. Ten different reduction clamps were applied for reduction of the fractures. Twelve holes around the fracture were drilled for the maintenance of the clamps. The fracture displacements were measured at the extra-articular area and the intra-articular joint portion. The pictures of the intra-articular fracture displacements were taken by a camera and these were uploaded and analyzed by the TraumaCad<sup>®</sup> computer program (Brainlab).

**Results:** The reduction quality was poor in order of transtectal, juxtatectal and infratectal. The intra-articular opening was more prominent in the transtectal subtype. The safe zone, when giving consideration of the neurovascular bundles, was a quadrilateral surface of the ilium. Drill holes are useful for maintenance of the reduction clamps. Reduction clamps with points (Weber clamp) were the best for maintenance and accurate reduction. Regarding the concerns of placement of clamps, the middle to posterior combination was the best. The upper hole among the posterior holes in the ilium was the most likely to well reduce the intra-articular opening.

**Conclusion:** Transtectal was the more complicated subtype in the aspect of reduction quality. The Weber type reduction clamp was the best for reduction by centrally located holes in the quadrilateral surface and posteriorly located iliac holes in transverse acetabular fractures. The upper hole, among the posterior holes in the ilium, was the best for reduction of the fracture displacements in the intraarticular portion of acetabulum.

**Key Words:** Transverse acetabular fracture, Reduction clamp, Sawbones

## 서론

정형외과 영역에서 비구 골절은 가장 어려운 골절 분야 중의 하나로, 정복 방법에 있어서 다른 장골(long bone)의 그것과는 많이 다를 수 있고 이러한 이유로 collinear clamp처럼 특수한 clamp가 사용되기도 한다. 앞서 말한 비구 골절의 정복이 어려운 여러 가지 이유 중 한 가지는 주변에 중요한 혈관과 신경이 근처에 존재하고 있다는 점이고 또 다른 이유는 C-arm의 도움으로도 골절의 형태 및 정복 정도를 정확히 평가하기가 어렵기 때문에 골절 부위가 완전히 노출이 된 이후에도 골절 정복이 쉽지 않다는 점이다. 비구 골절 선의 방향은 종 방향(vertical)이나 횡 방향(transverse)으로 진행할 수 있는데, 이 중에서도 횡 방향 골절의 경우가 종 방향 골절에 비해 수술적 접근이 어렵고 또한 골절의 정복이 더 어려울 수 있다. 이러한 비구의 횡 방향 골절은 여러 가지 아형(subtype)으로 나뉘게 되는데 여기에는 순수 횡 골절(pure transverse fracture), 후벽 골절을 동반한 횡 골절(transverse fracture with posterior wall fracture), T-형 골절(T-type fracture), 전주 골절과 동반된 후 반 횡 골절(anterior column with posterior hemi-transverse fracture) 등이 포함된다. 이러한 횡 방향 골절의 정복 시 수술의 접근 방법은 대개 외과적의 선호도에 따라 결정이 되는 편이지만, 최근에는 변형된 Stoppa 접근법(modified Stoppa approach)이 기존의 장서혜 접근법(ilio-inguinal approach)에 비해 수술 시 시야가 보다 넓게 보장되고 혈관과 신경 손상의 가능성이 적다는 이유로 좀 더 대중적으로 사용되고 있다.<sup>1)</sup> 본 연구에서 시행한 Sawbones 모형

을 통한 가상 정복 실험은 기존에 시도되지 않았던 것이라는 점에서 더욱 의의가 있을 것으로 생각되며, 이를 통해 비구의 횡 골절이 발생한 경우 어떤 clamp가 유용하게 사용될 수 있고, 어느 위치가 골절의 정복에 보다 더 유리하며, 비구의 횡 골절의 아형마다 정복의 정도 및 방법에 있어서 어떤 차이가 있는지 알 수 있다는 점에서 매우 흥미롭다고 할 수 있다.

## 대상 및 방법

연구에 사용된 Sawbones (Pacific Research Laboratories, Vashon, WA, USA) 모형은 천추를 포함한 남성 골반(full male pelvis including sacrum)의 solid foam을 사용하였고 이 Sawbones에 순수 횡 골절을 만들어 진행했으며 여기에는 횡 골절의 아형인 transtectal, juxtatectal 및 infratectal type이 포함되었다.<sup>2)</sup> 각 아형 골절은 각각 여섯 개씩을 만들었고, 가상의 골절 선은 정립화된 것이 없어 저자들의 주관에 따라 결정을 하였으며 가급적이면 비교에 의미를 부여하기 위해 같은 형태의 골절을 만들려고 노력하였다. Transtectal 골절은 비구의 체중부하 관절 면(weight bearing dome, roof area)을 관통하는 골절 선을 만들었고, juxtatectal은 관절 지붕(roof)과 cotyloid fossa 중간 부위를 관통하는 골절 선을, infratectal 골절은 관절 지붕 하방을 지나는 골절 선을 만들었다. 골절 선은 실톱(coping saw)을 사용하여 생성하였고 절단 면은 70° (transtectal), 45° (juxtatectal), 0° (infratectal)를 유지하였다(Fig. 1). 이렇게 각 아형별로 인공 골절 선을 만든 이후, 여기에 각각의 clamp를 적용시켰다. 장사방향 표

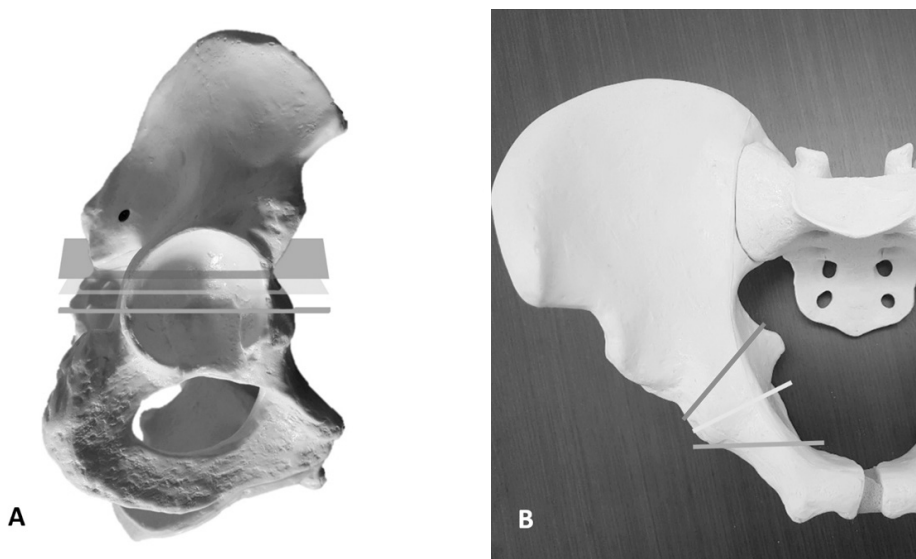


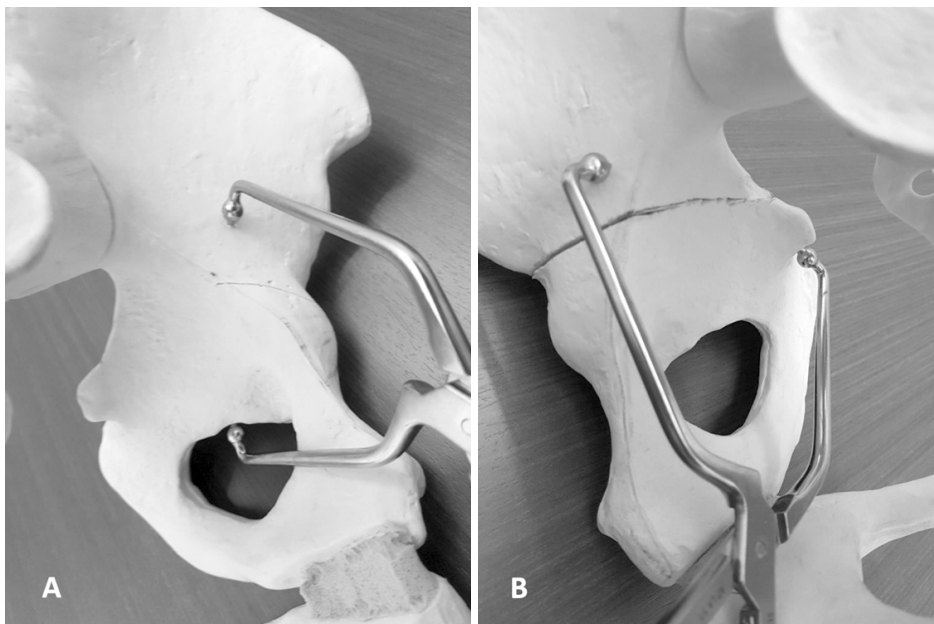
Fig. 1. (A) The upper plane (transtectal), middle plane (juxtatectal), and lower plane (infratectal) are depicted. (B) The angle of cutting plane was 70°, 45°, and 0°, respectively.

면(quadrilateral surface)과 장골(ilium)이 이루는 둔각 및 Sawbones의 표면이 매끄럽기 때문에 좌골 극(ischial spine)이나 폐쇄 공(obturator foramen)에 걸쳐야지만 clamp가 유지되었고(Fig. 2) 이는 실제 임상에서는 접근이 어려운 부위 이기에 이를 해결하기 위해 인위적인 구멍을 만들어 clamp의 tine (가지)이 걸릴 수 있게 만들었다. 이 구멍은 골절 선과 평행으로 만들었고 장사방향 표면에는 골절 선과 폐쇄 공 상연(upper margin)의 중간 부위에 만들었으며, 전방(anterior), 중앙(middle), 후방(posterior)에 일정한 간격으로 만들었다. 장골 부위에서는 골반 테두리(pelvic brim)에서 5 mm 떨어진

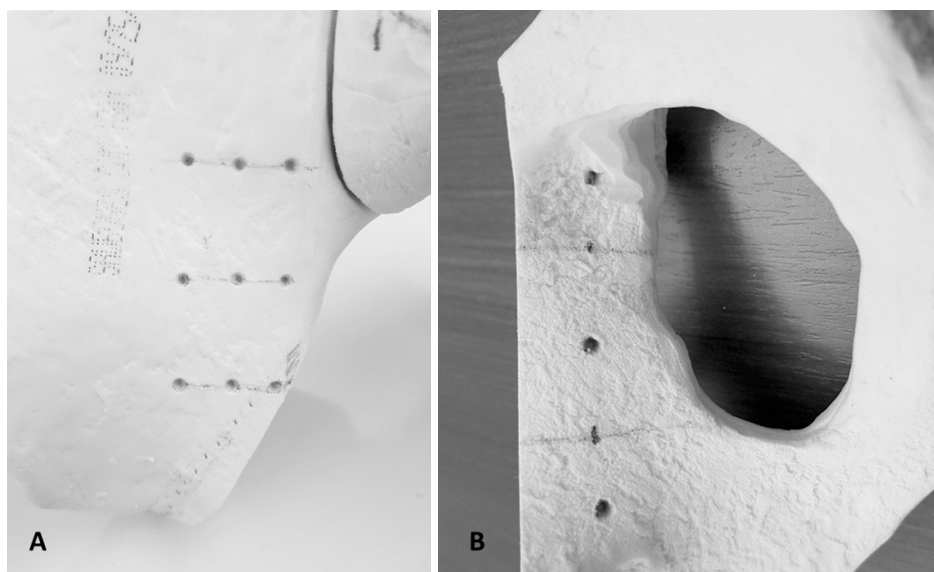
진 곳에 같은 크기의 구멍을 같은 간격으로 만들었고 골반 테두리에서 멀어지는 방향으로 10 mm씩 일정한 간격으로 기저(bottom), 중앙(middle), 상방(upper) 구멍으로 명명하였다. 이렇게 생성한 구멍의 총 개수는 장사방향 표면에 3개, 장골에 9개이고 이를 통해 총 27개의 clamp 위치 조합이 만들어졌다(Fig. 3).

본 연구에 사용한 clamp는 Pelvic reduction instrument set (Synthes, West Chester, PA, USA)이고 이 중에 총 10개의 clamp가 사용되었다(Fig. 4).

골절의 전위 정도는 관절면 밖(extra-articular portion)



**Fig. 2.** In the trial of reduction without holes, the upper margin of the obturator foramen (A) and the ischial spine (B) was a good placement for the maintenance of clamps.



**Fig. 3.** Twelve holes were created. Nine holes in the flat surface in the iliac fossa (A), and the other three holes in the quadrilateral surface (B).

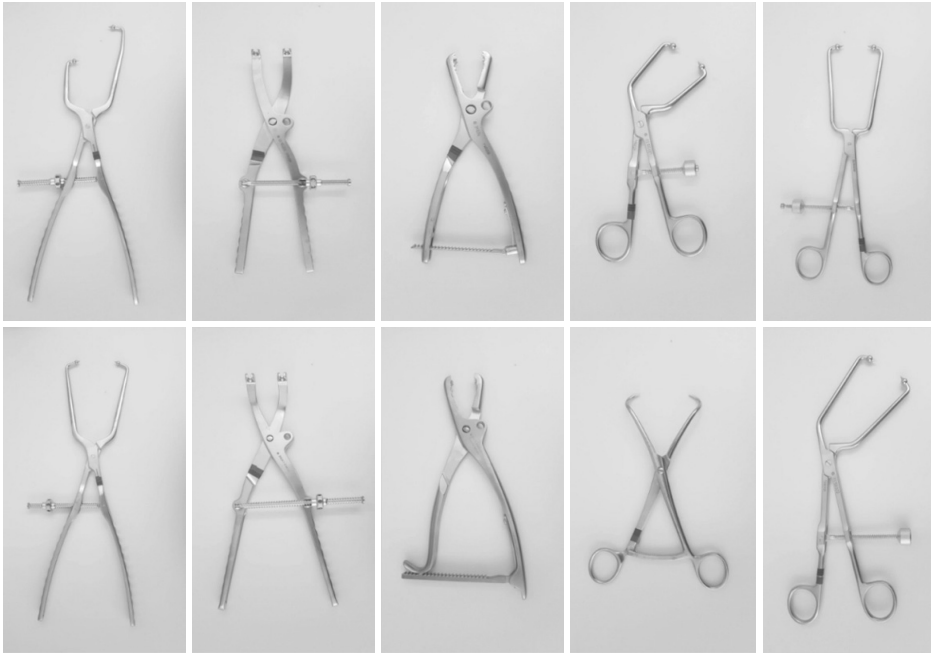


Fig. 4. Different types of pelvic reduction clamps (Synthes).

과 관절면 안(intra-articular portion)에서 각각 측정하였고, 수술 부위인 관절 밖 전위의 경우는 전위가 가장 많은 부위를 측정하였으며, 관절 내 전위는 전방, 중앙 및 후방 각각의 수치의 평균으로 계산하였다. 전위가 뚜렷한 경우(macroscopic displacement)는 자(ruler)를 이용하였으며 전위가 미세한 경우(microscopic displacement)는 사진을 촬영한 이후 TraumaCad® (ver. 2.5; Brainlab, Petach-Tikva, Israel)라는 컴퓨터 프로그램을 이용하였다. 이때 정확한 수치를 얻기 위해 2 mm 간격이 표시된 VascuTape® ruler sticker (LeMaitre Vascular Inc., Burlington, MA, USA)를 Sawbones에 붙여서 사진 촬영을 하였다(Fig. 5). 정복의 정도는 세 부류로 정의하였는데 ‘양호(good)’는 해부학적 정복이 되고 clamp가 잘 유지되는 경우로 하였고, ‘우수(fair)’는 틈(gap displacement)이나 층(step displacement)이 1 mm 이상 5 mm 미만으로 정의하였으며, 불량(poor)은 틈이나 층이 5 mm 이상이며 clamp 유지가 안되는 경우로 정의하였다. 이를 통해 관절 면의 평균 전위는 횡 골절의 각각의 아형 골절에서 각각 어떤 차이가 있는지 비교하였다. 컴퓨터 결과 자료를 포함한 모든 검사 결과는 대조군을 통한 비교가 아니어서 기술 통계(descriptive statistics)를 사용하였다(IBM SPSS Statistics ver. 25; IBM Corp., Armonk, NY, USA).

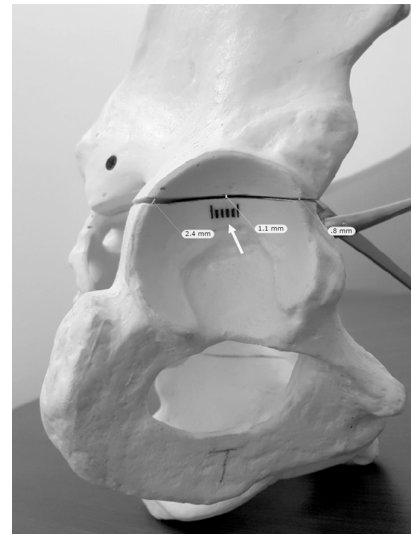
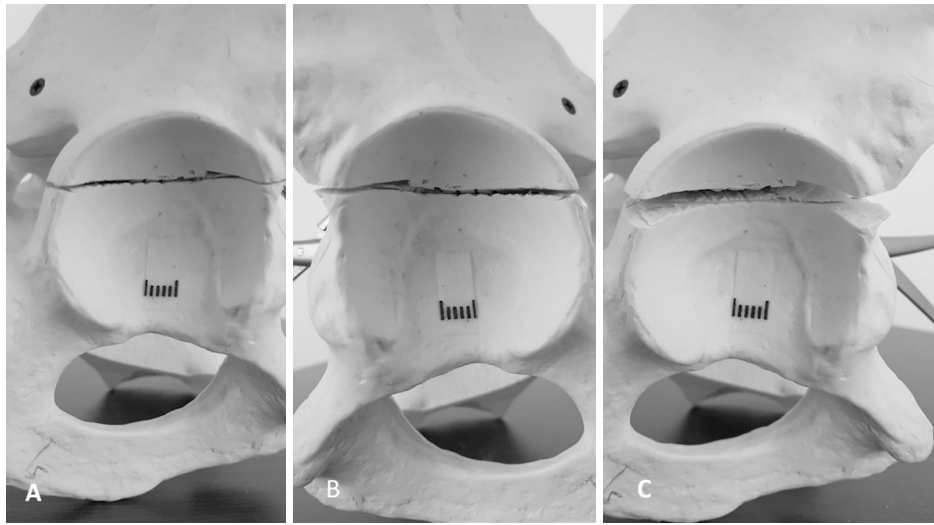


Fig. 5. The displacement of the fracture gap was measured by TraumaCad® (Brainlab), and the VascuTape® ruler sticker (LeMaitre Vascular) (arrow) was used as a marker. The average displacements from the three points (anterior, middle, and posterior) were calculated.

## 결 과

Sawbones 모형에서 골절 선 정복에 유용한 위치는 좌골 극이나 폐쇄 공 상연에서 장골 와(iliac fossa)의 약간 평편한 부위였다(Fig. 2). 장사방향 표면과 장골을 통한 정복의 시도에서는 이 두 해부학적 구조물이 이루는 각(140°)이 둔각인 점과 표면이 매끄러웠기 때문에 pointed clamp를 포함한 어





**Fig. 6.** Intra-articular joint fracture displacements were increased with the different holes in transtectal subtype. The middle to upper posterior hole (A), middle to middle posterior hole (B), and middle to bottom posterior hole (C).

**Table 1.** Reduction Quality of Different Holes at Different Subtypes

Subtype	Holes		Reduction quality
	Quadrilateral surface	Ilium	
Infratectal	Anterior	Anterior	All poor
		Middle	
		Posterior	
	Middle	Anterior	Fair (5) Fair (6) Good (6)
		Middle	
		Posterior	
	Posterior	Anterior	All poor
		Middle	
		Posterior	
Juxtatectal	Anterior	Anterior	All poor
		Middle	
		Posterior	
	Middle	Anterior	Fair (2) Good (1), fair (5) Good (5), fair (1)
		Middle	
		Posterior	
	Posterior	Anterior	All poor
		Middle	
		Posterior	
Transtectal	Anterior	Anterior	All poor
		Middle	
		Posterior	
	Middle	Anterior	Fair (4) Good (4), fair (2)
		Middle	
		Posterior	
	Posterior	Anterior	All poor
		Middle	
		Posterior	

떠한 clamp를 사용한다 하더라도 유지가 어려웠다. 따라서 정복을 위해서 장사방향 표면과 장골에 drill을 통해 구멍을 만들었고, 이렇게 구멍을 만든 이후 모든 종류의 clamp를 적

**Table 2.** Average Intra-Articular Opening in Different Holes at the Ilium in Transtectal Fractures

Transtectal	Holes		Average gap displacement (mm)
	Quadrilateral surface	Posterior holes at ilium	
1	Middle	Upper	1.43
2	Middle	Upper	1.93
3	Middle	Upper	2.93
4	Middle	Upper	0.70
Total	Middle	Upper	1.74

용시켰을 때 그 중에서도 pointed ball clamp와 Weber clamp가 어느 정도 정복이 잘 이루어지는 편이었다. 하지만 pointed ball clamp인 경우는 ball size (6.5 mm)가 너무 커서 구멍이 있더라도 잘 유지가 되지는 않았다.

정복 clamp를 적용시켰을 때 실제 수술 시야인 관절 외 부위가 관절 내 부위보다 정복이 잘 되는 것을 알 수 있었다. 정복 clamp의 위치는 장사방향 표면의 중앙과 장골의 후방 위치가 각각의 아형에서 골절 선의 정복이 가장 양호하였는데, 장골의 후방 구멍 중에서도 가장 위쪽(upper)에 위치한 구멍이 골절 선 정복에 가장 유리하였고, 이 위치가 transtectal 아형의 경우에서도 관절 내 전위가 가장 적은 것을 알 수 있었다. Transtectal 아형인 경우는 골절 정복에 있어서 가장 최적의 clamp와 최적의 위치에 적용을 하더라도 관절 내 골절 선이 열리는 현상(intraarticular opening)이 관찰되었는데 (Fig. 6), 이때 관절 외 정복이 잘 되었다 하더라도 관절 내 열림이 평균 1.74 mm로 측정되었다. 정복이 양호하다고 판단된 경우는 infratectal 아형이 6부위, juxtatectal 아형이 5부위,

transtectal 아형이 4부위에서 관찰되었다(Table 1, 2).

## 고 찰

비구 횡 골절은 비구 골절에서 비교적 흔하며 대부분 교통 사고와 같은 고에너지 손상 시 발생한다. 이때 골절 선이 비구의 체중부하 면을 관통하기 때문에 대부분의 횡 골절에서는 수술적 치료를 요하게 되고, 특히 transtectal 아형은 수술적 치료에 있어서나 연구에 있어서 많은 관심의 대상이 되고 있다.<sup>3-5)</sup> 적은 전위일지라도 이 부위의 부정확한 정복은 외상 후 관절증이라는 합병증을 동반하기에 보존적 치료보다는 수술적 치료를 시행하는 경우가 대부분이다.<sup>6)</sup> 이 연구에서 저자들은 실제 임상이 아닌 Sawbones 모형에서도 정복이 어렵고 정복 clamp의 사용도 제한적인 것을 알게 되었다. 특히 transtectal 아형의 경우 다른 아형과는 달리 관절 내 열림 현상이 발생하는 것을 알 수가 있었는데, 이는 실제 골절의 정복 시에 변형된 Stoppa 접근법을 하는 경우 관절 내 골절의 상태는 C-arm을 보더라도 잘 확인이 되지 않는 부위라는 점을 고려하였을 때 본 연구의 가장 큰 의의라고 할 수 있겠다.

골절 정복을 하는 데 있어서 정복 이전에 수술 부위의 접근도 매우 중요하다고 할 수 있는데, 이 접근에 있어서 혈관과 신경 등의 구조물들이 가장 수술을 어렵게 만드는 요소 중 하나이다. 이와 관련하여 대퇴 동맥의 혈전(femoral artery thrombosis)이 비구 횡 골절 수술 이후에 증례 보고된 바 있으며,<sup>7)</sup> 신경 손상에 대한 연구도 보고된 바 있다.<sup>8)</sup> 변형된 Stoppa 접근법은 기존의 장서혜 접근법에 비해 중간창(middle window)을 만들 필요가 없어 서혜 관(inguinal canal)이나 대퇴 신경(femoral nerve), 외 장골 혈관(external iliac vessel)의 손상이 적고 비교적 골절 부위 노출이 양호하여 많이 선호되고 있는 접근법이다.<sup>1,9,10)</sup> 이 접근법은 후주 골절(posteropr column fracture)이나 후벽 골절(posterior wall fracture)을 제외한, 전주 골절(anterior column fracture), 전벽 골절(anterior wall fracture), 후 반 횡 골절을 동반한 전주 골절(anterior column with posterior hemitransverse fractures), 양주 골절(both column fractures), 횡 골절(transverse fractures), 그리고 T-형 골절 등의 거의 모든 비구 골절에서 유용하게 쓰여질 수 있다. 저자들은 이러한 접근법에서 혈관과 신경의 손상을 최소화할 수 있는 정복 clamp의 비교적 안전한 위치를 제시하였다고 생각되고, 그럼에도 많은 정복 clamp들이 이러한 골절 선을 정복하기에 혹은 유지하기에 어려운 점이 많았기에 실제 임상에서도 정복이 어려운 경우에

저자들의 연구에서처럼 anchor 역할을 할 수 있는 구멍을 생성하여 clamp를 적용시키는 것도 좋은 방법이라고 생각된다.

이전에도 골절 선의 정복에 있어서는 많은 연구가 있었는데<sup>11-14)</sup> 몇 가지 보고들을 살펴보자면 Yildirim 등<sup>15)</sup>은 유한 요소법(finite element analysis)을 통해서 횡 골절의 고정 방법 다섯 가지를 비교하였으며 양주 골절을 모두 고정하지 않아도 후주 골절 고정 및 전주의 나사 고정이 상당히 고정력이 좋다고 보고한 바 있고, 반대로 Shazar 등<sup>16)</sup>은 합성 골반 골 모형(synthetic pelvic bone model)에서 전주 및 후주의 동시 고정이 수술 후 정복 손실을 예방할 수 있는 가장 좋은 고정 방법이라고 보고하였다. Ruggieri 등<sup>17)</sup>은 비구의 횡 골절 군, 즉 횡 골절, 후벽 골절을 동반한 횡 골절 그리고 T-형 골절의 임상 결과를 1986년 처음으로 보고하였고, 그 이후에 횡 골절의 임상 결과에 대한 보고가 서서히 발표되기 시작하였다.<sup>11,18-21)</sup> 앞서 언급했듯이 횡 골절은 정복이 부정확한 경우 외상 후 관절증을 야기할 가능성이 높기에 예후가 가장 안 좋은 골절 형태로 알려져 있고 그중에서도 특히 체중부하 관절 면의 분쇄(comminution of the dome)는 더욱 예후가 좋지 않은 것으로 알려져 있다.<sup>19)</sup> 게다가 만약 이 부위에 1 mm 이상의 층(step-off displacement)이 발생한다면 이 부위에 걸리는 압력이 상당히 증가한다는 것이 실제 생체 실험에서 밝혀져 있다.<sup>5)</sup>

마지막으로 본 연구의 제한점을 생각해보고자 한다. 첫째로는 실제 생체 실험이 아닌 Sawbones 모형을 통한 실험이라는 것으로, 이는 임상을 대변할 수 없으며 근육과 신경 혈관을 전혀 고려하지 않은 것이라는 제한점이 있다. 이를 해결하기 위해서는 혈관과 신경, 근육이 내재한 Sawbones 모형이나 cadaver를 이용한다면 좀 더 유용한 결과를 기대할 수 있을 것으로 생각된다. 둘째는 실험을 이용하여 균일한 각도와 면을 유지하는 골절 선을 만드는 것이 어려웠다는 것인데, 이는 비구 횡 골절 아형의 정확한 정의가 부족한 것에서 기인한다. 셋째로는 본 연구에서 사용되는 단순한 형태의 인위적인 골절 선만으로는 분쇄 골절을 동반한 자연적인 골절 선을 모두 대변하기에는 상당히 제한적이라는 것이다. 마지막으로 Sawbones 모형의 수가 부족하며 한 연구자(J.H.)에 의해서만 측정이 되었다는 점을 들 수 있겠다.

## 결 론

비구 횡 골절의 정복을 위해서는 Weber 형태와 같은 정복 clamp (reduction clamps with points)가 가장 효과적이고 가

장 양호한 정복을 위해서는 장사방형 표면과 장골에 구멍을 통해 정복을 하는 것이었다. 이때 정복 시 가장 양호한 위치는 장사방형 표면의 중앙과 장골의 후방 조합이 최상이었으며 특히 transtectal 아형인 경우는 후방에서도 가장 위쪽 위치가 관절 내 전위가 가장 적었다. 따라서 임상의 경우 transtectal 아형의 경우는 관절 내 열림 현상을 항상 염두에 두고 정복을 시도하는 것이 합병증 발생을 최소화할 수 있는 최선의 방법으로 생각된다.

## 요 약

**목적:** 여러 가지 비구 골절 중에 횡 골절의 아형별로 정복 정도를 비교하고 어떠한 형태의 정복 clamp가 유용하며, 어느 위치에서의 정복이 가장 양호한가를 Sawbones 모형에서 알아보고자 하였다.

**대상 및 방법:** 각각의 아형 골절을 여섯 개씩 만들고 열 개의 다른 정복 clamp를 사용하였다. 골절 선 근처에 12개의 구멍을 만들고 전위를 측정하였다. 관절 내 전위는 사진 촬영한 이후 TraumaCad® 컴퓨터 프로그램을 사용하여 측정하였다.

**결과:** Infratectal, juxtatectal, transtectal 아형 순으로 정복 정도가 양호하였으며, 외상 후 관절증을 야기할 수 있는 관절 내 전위 정도는 transtectal에서 가장 크게 측정되었다. 정복 clamp의 위치는 장사방형 표면의 중앙과 장골 후방의 조합이 가장 양호하였으며 transtectal 아형에서는 그 중에서도 후방의 상부 위치가 관절 내 열림 현상을 줄이는 데 효과적이었다.

**결론:** 여러 가지 비구 횡 골절 아형 중에서도 transtectal 아형의 정복이 가장 어려웠고, Weber 형태의 정복 clamp를 이용하여 장사방형 표면의 중앙과 장골의 후방 구멍에 위치하여 정복하였을 때 관절 내 열림 현상을 줄이면서 정복하는 가장 좋은 방법이었다.

**색인 단어:** 비구 횡 골절, 정복 clamp, Sawbones

## ORCID

변성은, <https://orcid.org/0000-0002-2182-9614>  
Cyril Mauffrey, <https://orcid.org/0000-0003-2132-3418>  
유제현, <https://orcid.org/0000-0002-0777-1575>  
박창원, <https://orcid.org/0000-0003-2555-3974>  
황지효, <https://orcid.org/0000-0002-9141-9856>

## References

1. Fan L, Jin YJ, He L, Lü Z, Fan HH: [Modified Stoppa approach in treatment of pelvic and acetabular fractures]. Zhongguo Gu Shang, 25: 810–812, 2012. Chinese.
2. Letournel E: Acetabulum fractures: classification and management. Clin Orthop Relat Res, (151): 81–106, 1980.
3. Hak DJ, Hamel AJ, Bay BK, Sharkey NA, Olson SA: Consequences of transverse acetabular fracture malreduction on load transmission across the hip joint. J Orthop Trauma, 12: 90–100, 1998.
4. Thomas KA, Vrahas MS, Noble JW Jr, Bearden CM, Reid JS: Evaluation of hip stability after simulated transverse acetabular fractures. Clin Orthop Relat Res, (340): 244–256, 1997.
5. Malkani AL, Voor MJ, Rennirt G, Helfet D, Pedersen D, Brown T: Increased peak contact stress after incongruent reduction of transverse acetabular fractures: a cadaveric model. J Trauma, 51: 704–709, 2001.
6. Chiboub H, Lamrani O, Kharmaz M, el Yazidi A, Wahbi S, el Manouar M: [Transverse and T fractures with fracture of the posterior wall of the acetabulum. Results of orthopedic and surgical treatment. Apropos of 52 cases]. Ann Chir, 52: 913–917, 1998, French.
7. Ziran NM, Johnson JL, Morgan SJ, Smith WR: Femoral artery thrombosis after internal fixation of a transverse acetabular fracture in a patient with osteogenesis imperfecta type I. Patient Saf Surg, 2: 1, 2008.
8. Lehmann W, Hoffmann M, Fensky F, et al: What is the frequency of nerve injuries associated with acetabular fractures? Clin Orthop Relat Res, 472: 3395–3403, 2014.
9. Isaacson MJ, Taylor BC, French BG, Poka A: Treatment of acetabulum fractures through the modified Stoppa approach: strategies and outcomes. Clin Orthop Relat Res, 472: 3345–3352, 2014.
10. Iqbal F, Uddin AA, Younus S, Zia OB, Khan N: Surgical outcomes of acute acetabular transverse fracture using ilioinguinal and Stoppa approach. J Acute Dis, 6: 278–283, 2017.
11. Gross T, Jacob AL, Messmer P, Regazzoni P, Steinbrich W, Huegeli RW: Transverse acetabular fracture: hybrid minimal access and percutaneous CT-navigated fixation. AJR Am J Roentgenol, 183: 1000–1002, 2004.
12. Kistler BJ, Smithson IR, Cooper SA, et al: Are quadrilateral surface buttress plates comparable to traditional forms of transverse acetabular fracture fixation? Clin Orthop Relat Res, 472: 3353–3361, 2014.
13. Liu H, Li L, Wu X, Xu H, Zhang R: [Biomechanical research of different internal fixations using locking reconstruction plate for acetabular transverse fracture]. Zhongguo Xiu Fu Chong Jian Wai Ke Za Zhi, 29: 1084–1087, 2015. Chinese.
14. Fahmy M, Abdel Karim M, Khaled SA, Abdelazeem AH, El-

- nahal WA, Elnahal A: Single versus double column fixation in transverse fractures of the acetabulum: a randomised controlled trial. *Injury*, 49: 1291–1296, 2018.
15. Yildirim AO, Alemdaroglu KB, Yuksel HY, Öken ÖF, Ucaner A: Finite element analysis of the stability of transverse acetabular fractures in standing and sitting positions by different fixation options. *Injury*, 46 Suppl 2: S29–S35, 2015.
16. Shazar N, Brumback RJ, Novak VP, Belkoff SM: Biomechanical evaluation of transverse acetabular fracture fixation. *Clin Orthop Relat Res*, (352): 215–222, 1998.
17. Ruggieri F, Zinghi GF, Montanari G, Benghi M: Transverse fractures of the acetabulum. *Ital J Orthop Traumatol*, 12: 25–40, 1986.
18. Øvre S, Madsen JE, Røise O: Transitional transverse acetabular fractures: differences between fractures with a large posterior-superior fragment and the inverse T-fracture—a report of 10 unusual cases. *Acta Orthop*, 76: 803–808, 2005.
19. Oh CW, Kim PT, Park BC, et al: Results after operative treatment of transverse acetabular fractures. *J Orthop Sci*, 11: 478–484, 2006.
20. Giordano V, do Amaral NP, Pallottino A, Pires e Albuquerque R, Franklin CE, Labronici PJ: Operative treatment of transverse acetabular fractures: is it really necessary to fix both columns? *Int J Med Sci*, 6: 192–199, 2009.
21. Li XG, Tang TS, Sun JY: Results after surgical treatment of transtectal transverse acetabular fractures. *Orthop Surg*, 2: 7–13, 2010.