



대퇴골 원위부 골절의 역행성 골수강내 금속정 고정술 시 후방 각 변형을 일으키는 요인

이호형 · 정지호[✉] · 김민수 · 김범수

제주한라병원 정형외과

Factors Affecting Posterior Angulation in Retrograde Intramedullary Nailing for Distal Femoral Fractures

Hohyoung Lee, M.D., Ji-Ho Jeong, M.D.[✉], Min-Su Kim, M.D., Bum-Soo Kim, M.D.

Department of Orthopedic Surgery, Cheju Halla General Hospital, Jeju, Korea

Received November 4, 2017
Revised (1st) December 5, 2017
(2nd) January 21, 2018
Accepted January 30, 2018

✉Correspondence to:

Ji-Ho Jeong, M.D.
Department of Orthopedic Surgery,
Cheju Halla General Hospital, 65
Doryeong-ro, Jeju 63127, Korea
Tel: +82-64-740-5410
Fax: +82-64-743-3110
E-mail: jihojeong76@gmail.com

Financial support: None.

Conflict of interests: None.

Purpose: To analyze the factors that cause a posterior angulatory deformity in the retrograde intramedullary nailing of distal femoral fractures.

Materials and Methods: Fifty-five patients with distal femur fractures who were treated with retrograde intramedullary nailing were enrolled in this study. They were followed-up for at least one year postoperatively. The posterior angulatory deformity was evaluated according to the fracture location, pattern, and insertion point and the insertion point was compared with the ideal point derived from the radiographs of 100 normal adults. The correlation between the posterior angulation and the entry point of the nail was analyzed.

Results: The posterior angulation was similar in terms of the fracture location; a meaningful difference was noted among the fracture patterns ($p=0.047$). The posterior angulation was significantly greater when the entry point was located more posteriorly, accepting a malreduced state ($p=0.012$).

Conclusion: Posterior angulation was smaller in the transverse fracture and the posterior location of the entry point from the apex of the Blumensaat's line increased the posterior angulation.

Key Words: Fracture, Distal femur, Retrograde intramedullary nailing

서론

골수강내 금속정 고정술은 대퇴골 골절에 유용한 치료법이지만 합병증으로 골절부 각 형성에 의한 부정유합이 다양한 빈도로 보고되고 있으며,¹⁻⁴⁾ 역행성 골수강내 금속정 또한 합병증으로 골절부 각 형성이 보고되고 있다.⁵⁻⁹⁾ Ricci 등¹⁰⁾은 대퇴 골절에 대한 골수강내 금속정 고정 수술 후 생길 수 있는 각 형성 발생의 인자로서 근위부나 원위부 골절, 불안정성

골절을 제시한 바 있다. 저자들은 역행성 골수강내 금속정 삽입 수술 후 후방 각 형성이 발생하는 부정유합을 경험하여 이에 대한 원인 분석을 하고자 하였다. 후방 각 형성을 일으키는 인자를 찾기 위해 골절 위치, 유형 및 적절 금속정 삽입 구 위치에 대한 분석을 시행하였다.

대상 및 방법

1. 연구 대상

2000년 7월부터 2015년 6월까지 역행성 골수강내 금속정 고정 수술을 받았던 환자 중 최소 12개월 이상 추시가 가능하였던 대퇴골 간부 및 원위부 골절 환자 55예(55명)를 대상으로 방사선적 평가를 하였다. 본 연구에서 사용되었던 역행성 골수강내 금속정은 DFN® (Synthes, Oberdorf, Switzerland), T2 Stryker (Stryker, Kalamazoo, MI, USA), Ace Supracondylar nail (Depuy, Leeds, UK), IC supracondylar nail (Stryker)이었다.

환자의 평균 나이는 54세(22-81세)였으며, 남자 28명(50.9%), 여자 27명(49.1%)이었다. 수상 원인은 교통사고가

34예, 추락이 4예였으며, 미끄러짐이 17예였다. AO/ASIF 분류에 따른 대퇴골 골절 분류에서, 골절의 해부학적 위치에 따라 대퇴골 간부 골절(32 type)이 26예로 32-A가 16예, 32-B가 6예, 32-C가 4예였다. 간부-골간단 이행부 및 대퇴골 원위부 골절(33 type)은 29예로 33-A가 24예였으며, 33-C가 5예였다. 개방성 골절은 6예가 있었는데, Gustilo Anderson type II가 4예, IIIA 1예, IIIB 1예였다. 골절 유형은 횡골절(transverse) 24예, 사형 골절(oblique) 11예, 나선형 골절(spiral) 10예, 분쇄형 골절(comminuted) 10예였다.

이상적인 골수강내 금속정 삽입점에 대한 판단을 위하여 수술 시 흔히 사용되는 측면 사진상의 Blumensaat's line 정점(apex)이 측면의 대퇴 골수강의 중심을 지나는 선과 일치하는지 여부를 알고자 골절이 없는 정상인 100명에서 대퇴골의 측면 방사선 사진상 대퇴골 골수강의 중심을 지나는 선과 Blumensaat's line 정점과의 거리를 측정하여 평균값을 구하였다(Fig. 1). 대상자의 평균 연령은 59세(44-87세)로 남자 61세, 여자 59세였다.

역행성 골수강내 금속정의 삽입 위치(Fig. 2)에 따라 Blumensaat's line의 정점을 기준으로 골수강내 금속정 삽입 중심점까지의 거리가 3 mm 이상 전방에 위치한 환자를 전방 삽입군으로, 3 mm 이상 후방에 삽입한 군을 후방 삽입군으로, 나머지는 중심 삽입군으로 분류하였다.

본 연구는 제주한라병원 의학연구윤리 심의 위원회의 승인을 받아 진행되었다(승인번호 2017-L15-01).

2. 수술 방법

환자를 방사선 투과 수술대에서 양와위 자세로 눕힌 뒤, 45도 각도의 삼각대를 슬와부 및 대퇴부에 받쳐 슬관절을 약

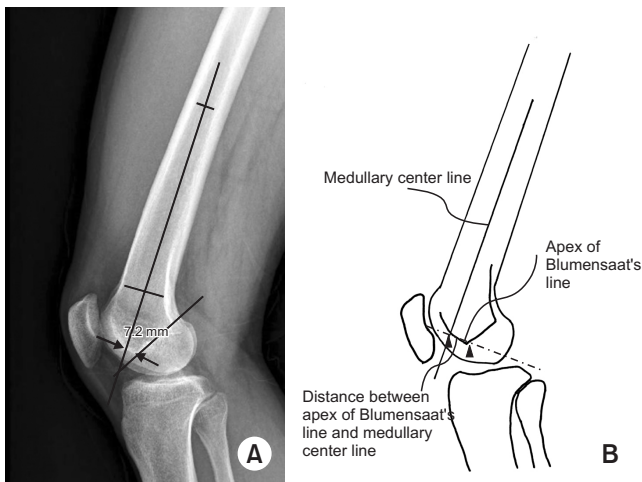


Fig. 1. Method of measuring the distance between the intramedullary center line and apex of the Blumensaat's line: (A) practical measurement, (B) schematic drawing.

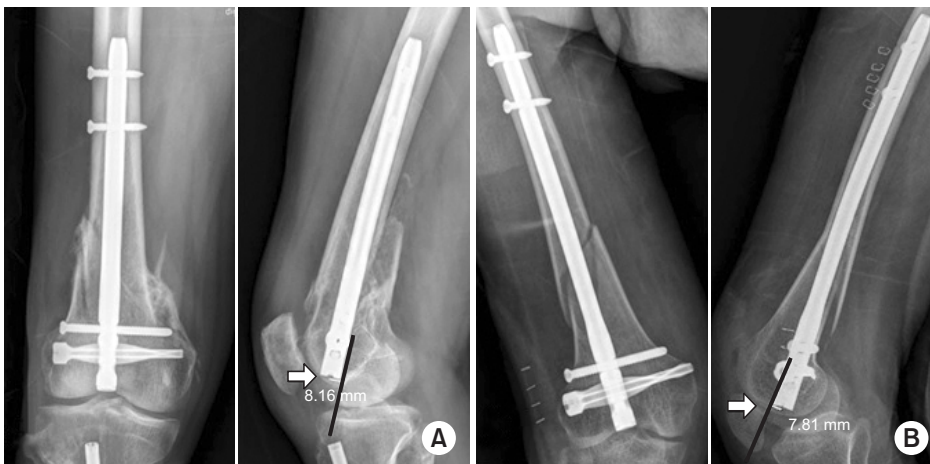


Fig. 2. Entry point of the retrograde intramedullary nail, which could affect the posterior angulation of the fracture: (A) The 8.16 mm anterior location of entry point with no posterior angulation of fracture site was observed. (B) The 7.81 mm posterior location of entry point with posterior angulation.

45도 굴곡 상태로 유지하였다. 슬개건의 중앙에 종결개를 가한 뒤, 분리된 슬개건 사이로 접근하여 대퇴골의 과간 절흔에 도달하였다. 영상증폭 장치 감시하에 관상면상 삽입점을 과간 절흔의 중심부에, 시상면상 삽입점을 Blumensaat's line의 정점에 위치하도록 하였으며, 9 mm 확공기로 원위 골편을 확공하였다. 도수정복 후 유도 강선을 근위 골편까지 삽입하였으며, 근위 골편은 가능한 한 확공하지 않고 10-13 mm 두께의 금속정을 삽입하였다. 원위부 고정은 교합나사 혹은 교합날을 사용하여 2개 이상 삽입하였으며, 근위부 교합나사 또한 자유도수법으로 1개 혹은 2개를 삽입하였다.

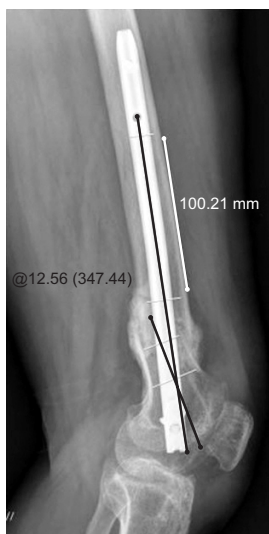


Fig. 3. Method for measuring the posterior angulation of the fracture site: That could be measured from the angle between an intramedullary center line of the distal fragment and that of the proximal fragment. This patient had malunion of 12.6° posterior angulation.

3. 수술 후 관리 및 추시

술 후 2주까지 장하지 부목 고정 및 하지 직거상 운동을 하였으며, 술 후 2주부터 부목 제거 후 수동적 관절 운동을 시행하였다. 술 후 6주째부터 목발을 이용한 부분 체중 부하 보행과 능동적 슬관절 운동을 하였다. 평균 추시 기간은 28개월(12-96개월)이었으며, 추적 관찰 시 대퇴골 및 슬관절의 평면 방사선 촬영을 시행하여 시상면상 골절부 후방 각 변형을 확인하였다.

4. 연구 방법 및 통계적 평가

대상자들의 수술 후 2개월 이내에 촬영한 측면 방사선 사진들 중에서 가장 정측면 사진에 근접한 사진을 골라 후방 각 변형을 측정하였다. 후방 각의 측정은 측면 사진상 근위골편에서는 골절면과 그로부터 10 cm 근위부의 골수강내 중심을 잇는 선을 긋고 원위골편에서는 골절면과 과상부(supracondylar region)의 골수강내 중심을 잇는 선을 그어 두 선이 이루는 각도로 측정하였다(Fig. 3).

방사선 사진을 통해 골절 해부학적 위치에 따라(Fig. 4) 간부 골절군과 원위부 골절군으로 나누었는데 원위부 골절군은 간부-골간단 이행부와 그보다 원위부에 발생한 골절을 원위부 골절군으로 분류하여 시상면상 후방 변형을 독립표본의 T 검정(independent samples t-test)으로 비교 분석하였다.

골절 유형(Fig. 5)에 따른 시상면상 각 변형의 차이는 일원배치 분산분석(one-way ANOVA)으로 알아보았다.

정상인 100명에서 대퇴골의 측면 방사선 사진상 대퇴골 골수강의 중심을 지나는 선과 Blumensaat's line 정점과의 거리 측정 결과 중심선이 전방에 위치한 것을 알게 되어 역행성



Fig. 4. Fracture level as a factor that could affect the posterior angulation of the fracture: (A) supracondylar level (AO 33 type), (B) distal one third level of femoral shaft (AO 32 type).



Fig. 5. Fracture pattern as a factor that could affect the posterior angulation of a fracture: (A) transverse type, (B) oblique type, (C) spiral type, and (D) comminuted type.

골수강내 금속정의 삽입 위치에 따라 전방 삽입군과 이외의 중심 삽입 및 후방 삽입 환자들은 비전방 삽입군으로 나누어 각 군 간의 후방 각 변형 정도를 독립표본의 T 검정으로 비교 분석하였다.

삽입 위치에 따른 시상면상 각 변형 정도는 단순선형 회귀 분석(simple linear regression analysis)으로 상관관계를 분석해보았다.

통계적 분석은 IBM SPSS Statistics ver. 19 (IBM Co., Armonk, NY, USA)를 이용하였으며, $p < 0.05$ 인 경우 통계적인 의미가 있는 것으로 판단하였다.

결 과

대퇴골 간부의 원위 1/3 골절(AO type 32) 26예에서 평균 $2.6^\circ \pm 4.1^\circ$ 의 후방 각 변형을 보였으며 대퇴골 과상부 골절 및 과간 골절을 포함한 원위부 골절(AO type 33) 29예에서는 평균 $3.1^\circ \pm 3.9^\circ$ 의 후방 각 변형을 나타내어 독립표본의 T 검정

상 골절의 해부학적 위치에 따른 후방 각 형성의 차이는 보이지 않았다($p = 0.708$) (Table 1).

골절의 유형에 따른 시상면상 후방 각 변형은 분산 분석 시 유의하게 차이가 있었다($p = 0.047$). 횡골절에서는 평균 $1.1^\circ \pm 2.1^\circ$ 의 후방 각을, 사형 골절, 나선형 골절, 분쇄형 골절에서는 각각 평균 $4.0^\circ \pm 2.9^\circ$, $4.7^\circ \pm 4.9^\circ$, $5.5^\circ \pm 6.8^\circ$ 의 후방 각 변형을 보였다. 횡골절 24예의 후방 각(평균 $1.1^\circ \pm 2.1^\circ$)과 그 외의 골절형 31예의 후방 각(평균 $4.6^\circ \pm 4.5^\circ$)의 비교 분석에서 횡골절형이 다른 골절형들에 비해 후방 각 형성이 유의하게 작았다($p = 0.006$).

정상인 100명에서 대퇴골 측면 사진상 대퇴 골수강 중심선과 Blumensaat's line 정점 간 거리 측정 결과, 남자 50명의 측면 사진상 대퇴 골수강 중심선은 Blumensaat's line 정점으로부터 평균 7.4 mm (3–13 mm) 전방에 위치하였고, 여자 50명에서는 평균 7.0 mm (4–11 mm) 전방에 위치하여 전체 100명에서 평균 7.2 mm (3–13 mm) 전방에 위치했다(Table 2).

Table 1. Posterior Angulation of a Distal Femoral Fracture according to the Fracture Level and Pattern

Factor	Posterior angulation (°)	p-value
Fracture level		0.708*
Shaft (AO/ASIF 32 type)	2.6±4.1	
Supracondylar or intercondylar fracture (AO/ASIF 33 type)	3.1±3.9	
Fracture pattern		0.047 [†]
Transverse	1.1±2.1	
Oblique	4.0±2.9	
Spiral	4.7±4.9	
Comminuted	5.5±6.8	
Entry point		0.005*
Anterior	1.3±0.7	
Non-anterior		
Center	1.5±0.7	
Posterior	9.5±1.4	

Values are presented as mean±standard deviation. *p-value by independent samples t-test. [†]p-value by ANOVA.

전방 삽입군은 24예로 평균 6.7 mm (3–11 mm) 전방에 골수강내 금속정이 삽입되었고 중심 삽입군은 21예였으며 후방 삽입군은 10예로 평균 8.5 mm (3–12.5 mm) 후방으로 삽입점이 위치하였다. 전방 삽입군 24예 중 4예에서 후방 각 형성을 보여 평균 1.3°±0.7°의 후방 각 형성이 있었고 중심 삽입군 21예 중 5예에서 평균 1.5°±0.7°, 후방 삽입군 10예 중 전 예에서 평균 9.5°±1.4°의 후방 각 형성을 보였다(Table 1).

정상인 100예의 골수강 중심선이 전방에 위치한 것으로 확인되어 환자를 24예의 전방 삽입군과 31예의 비전방 삽입군(중심 삽입군 및 후방 삽입군)으로 나누어 각 군 간의 후방 각 형성의 차이를 독립표본의 T 검정으로 분석하였는데 의미 있는 차이를 나타내었다(p=0.005) (Table 1).

역행성 골수강내 금속정의 삽입점과 시상면상 후방 각의 두 변수 간의 회귀계수는 -0.315이었으며, 금속정의 삽입점이 Blumensaat's line의 정점을 기준으로 후방에 위치할수록 후방 각이 유의하게 증가하였다(p=0.012).

고 찰

대퇴 간부 골절 중 험부 아래의 원위 대퇴골 간부 골절과 과상부 및 과간 골절은 전향적 골수강내 금속정 고정술 시 원위 교합나사로 견고한 고정이 어려워 수술이 힘든 반면 역행성 골수강내 금속정은 골절 원위부의 고정력이 우수하여

Table 2. Shortest Distance between Apex of the Blumensaat's Line and Intramedullary Center Line of One Hundred Normal Koreans

Variable	Age (yr)	The shortest distance (mm)
Male (50 cases)	60 (31-87)	7.4 (3-13)
Female (50 cases)	58 (33-82)	7.0 (4-11)
Total (100 cases)	59 (31-87)	7.2 (3-13)

유용성이 있다.^{11,12)}

그러나 역행성 골수강내 금속정 고정술 역시 부정유합이 주요 합병증으로 보고되고 있다.^{10,13)} 부정유합은 회전 변형이 가장 많으며, 관상면에서는 내전 부정유합이, 시상면에서는 후방 각 변형이 많고, 특히 골수강내 금속정 고정술 시 금속판 고정술보다 후방 각 형성이 더 많다는 보고가 있다.¹⁴⁾ 본 연구에서도 19예에서 후방 각 변형이 있었는데 평균 5.6° (0°–14°)였으며, 10° 이상인 경우는 4예였다. 골절 시 비복근과 슬괵근에 의한 원위 골편의 전인은 후방 각 형성의 원인으로 알려져 있다.¹⁴⁾ 수술 후 후방 각 형성은 슬관절의 과신전을 초래하게 되어 불량한 예후를 가져올 수 있으며 그 원인 인자에 대한 연구를 통하여 후방 각 형성을 방지하도록 하는 것은 유용한 연구가 될 수 있으리라 판단되어 본 연구를 진행하게 되었다.

과상부 골절의 경우는 비복근과 슬괵근의 전인으로 인하여 원위 간부의 골절에 비해 후방 각 형성이 더 잘 될 것으로 예상되어 본 연구에서는 골절 환자를 원위부의 과상 골절군과 원위 간부 골절의 두 군으로 나누어 후방 각 형성의 차이를 비교하였으나 통계적인 차이는 없는 것으로 나타났다. 이는 수술 시 골수강내 금속정의 삽입을 위해 슬관절을 굴곡하여 수술하게 되는데 이것이 비복근과 슬괵근의 전인을 차단하여 후방 각 형성을 방지하는 효과를 가져온 것으로 판단된다.

골절의 형태에 따른 후방 각 형성의 차이가 있는지를 살펴 보았는데 황골절은 다른 유형의 골절(사형 골절, 나선형 골절, 분쇄형 골절)에 비해 저 에너지 손상에 의해 발생되며,¹⁵⁾ 특히 골절면이 비교적 수평에 가까워 골절 정복과 유지가 쉬운 형태의 골절이다. 본 연구에서 황골절이 다른 유형의 골절보다 후방 각 변형이 통계적으로 유의하게 작았는데 이는 예상과 같이 정복 유지가 쉬운 형태였기 때문으로 판단된다. 그러나 사형 골절, 나선형 골절, 분쇄형 골절 간 후방 각 변형의 차이는 의미 있는 차이가 없었다. 이는 이들 골절은 골절 정복과 유지가 쉽지 않은 골절이기 때문으로 여겨진다.

수술 시에는 측면 영상에서 Blumensaat's line의 정점이면 서 전후면 영상에서 과간 절흔 내에 대퇴 골수강 중심선의 연

장선이 만나는 지점에 삽입구를 위치시키는 방법을 사용하게 되는데 수술 시 원하는 지점에 삽입구를 정확히 만들지 못하였으나 용납하고 수술을 진행하는 수가 종종 발생한다. 본 연구에서도 10예의 경우에서 삽입점이 후방에 위치하였는데 이는 부정확한 정복을 용인하고 수술을 진행한 결과였으며 전 예에서 후방 각 형성이 나타나는 결과를 보였다.

정상인 100예의 골수강 중심선이 Blumensaat's line의 정점보다 전방에 위치한 것으로 확인되어 본 연구에서 치료한 환자들을 전방 삽입군과 비전방 삽입군으로 나누어 비교한 결과 비전방 삽입군에서 유의한 정도의 후방 각 형성을 나타내는 것이 확인되었다. 또한 단순 선형 회귀 분석결과 삽입점이 후방에 위치할수록 후방 각 형성이 증가하는 경향을 보였다. 따라서 역행성 골수강내 금속정의 적정 삽입점 선정은 부정유합 방지에 매우 중요할 것으로 판단된다.

역행성 골수강내 금속정의 이상적인 삽입점은 전후 방사선 사진상 골수강의 중심을 잇는 선이며 동시에 측면 방사선 사진상 골수강의 중심을 잇는 선이 되는 지점일 것이다. Krupp 등¹⁶⁾은 사체 연구에서 골수강 중심선이 후방삽자인대의 6.2-12 mm 앞에 위치한다고 보고하였고, Carmack 등¹⁷⁾은 후방삽자인대의 6.2 mm 앞쪽 및 과간 절흔의 2.67 mm 내 측이 중심선이라 보고한 바 있다. 본 연구에서도 정상인 100명에서 대퇴골의 측면 방사선 사진상 대퇴골 골수강의 중심을 지나는 선과 Blumensaat's line 정점과의 거리를 측정해 본 결과 Blumensaat's line 정점으로부터 평균 7.2 mm 전방에 골수강의 중심선이 지나는 것을 확인하였다. 이는 앞서 기술한 타 저자들의 결과와 같은 계측 결과였다. 이를 토대로 저자들은 역행성 골수강내 금속정 삽입 시 측면 영상에서 삽입점을 Blumensaat's line보다는 전방 7 mm 전후로 위치시키는 것을 추천하는 바이다.

본 연구의 한계점은 후향성 연구로서 환자의 측면 방사선 사진을 완벽한 측면 사진으로 구하지 못한 경우 가장 근접한 사진을 찾아 연구하였으며 대퇴골 회전에 따라 각 형성이거나 거리 측정의 왜곡이 나타날 수 있는 점을 완전히 배제하지 못했던 것이다.

결론

대퇴골의 원위부 골절, 원위 대퇴 간부 골절에서 역행성 골수강내 금속정 고정술 시 골절의 해부학적 위치는 수술 후 후방 각 형성의 차이를 나타내지 않았고 횡골절 유형에서 후방 각 변형이 의미 있게 적었으며 삽입점이 Blumensaat's line

의 정점을 기준으로 후방에 위치 시 후방 각 형성의 의미 있는 증가를 보였다. 또한 정상 성인의 골수강내 중심선이 Blumensaat's line의 정점보다 앞쪽 7.2 mm에 위치하는 것으로 나타나 이를 토대로 후향성 골수강내 금속정 수술 시 골절 유형에 따른 각별한 주의와 삽입점의 정확한 선정이 성공적인 수술에 매우 중요할 것으로 생각된다.

요약

목적: 역행성 골수강내 금속정을 이용한 원위 대퇴 골절 치료 시 시상면상 후방 각 형성에 영향을 미치는 요인을 분석하고자 하였다.

대상 및 방법: 역행성 골수강내 금속정 고정술 후 최소 12개월 이상 추시가 가능하였던 55예를 대상으로 후향적으로 분석하였다. 술 후 방사선 영상으로 골절 위치 및 유형에 따른 후방 각 변형의 정도를 비교 분석하였으며, 정상 성인 100명의 대퇴골 측면 사진을 이용한 이상적 삽입점을 찾고 이를 실제 골수강내 금속정의 삽입점과 비교하여 삽입 위치에 따른 후방 각 변형의 정도를 분석하였다.

결과: 골절 위치에 따른 후방 각 형성의 차이는 없었으며 골절 유형에 따른 후방 각 형성에 유의한 차이가 있었다($p=0.047$). 골절 정복이 불완전한 상태를 용납하고 수술하여 삽입점이 후방으로 위치할수록 후방 각 형성이 유의하게 증가하였다($p=0.012$).

결론: 대퇴골 원위부의 횡골절은 다른 유형에 비해 후방 각 형성이 적었으며, 골수강내 금속정 삽입점을 Blumensaat's line 정점으로부터 후방에 위치시킬수록 후방 각 형성이 증가함을 알 수 있었다.

색인 단어: 골절, 대퇴골 원위부, 역행성 골수강내 금속정

ORCID

이호형, <http://orcid.org/0000-0002-4849-5888>

정지호, <http://orcid.org/0000-0002-5300-3411>

김민수, <http://orcid.org/0000-0001-7298-0472>

김범수, <http://orcid.org/0000-0002-3282-8617>

References

1. Karpos PA, McFerran MA, Johnson KD: Intramedullary nailing of acute femoral shaft fractures using manual traction without a

- fracture table. *J Orthop Trauma*, 9: 57–62, 1995.
2. Kempf I, Grosse A, Beck G: Closed locked intramedullary nailing. Its application to comminuted fractures of the femur. *J Bone Joint Surg Am*, 67: 709–720, 1985.
3. Majkowski RS, Baker AS: Interlocking nails for femoral fractures: an initial experience. *Injury*, 22: 93–96, 1991.
4. Wolinsky PR, McCarty E, Shyr Y, Johnson K: Reamed intramedullary nailing of the femur: 551 cases. *J Trauma*, 46: 392–399, 1999.
5. Moed BR, Watson JT: Retrograde intramedullary nailing, without reaming, of fractures of the femoral shaft in multiply injured patients. *J Bone Joint Surg Am*, 77: 1520–1527, 1995.
6. Moed BR, Watson JT, Cramer KE, Karges DE, Teefey JS: Unreamed retrograde intramedullary nailing of fractures of the femoral shaft. *J Orthop Trauma*, 12: 334–342, 1998.
7. Patterson BM, Routt ML Jr, Benirschke SK, Hansen ST Jr: Retrograde nailing of femoral shaft fractures. *J Trauma*, 38: 38–43, 1995.
8. Sanders R, Koval KJ, DiPasquale T, Helfet DL, Frankle M: Retrograde reamed femoral nailing. *J Orthop Trauma*, 7: 293–302, 1993.
9. Swiontkowski MF, Hansen ST Jr, Kellam J: Ipsilateral fractures of the femoral neck and shaft. *J Bone Joint Surg Am*, 66: 206–268, 1984.
10. Ricci WM, Bellabarba C, Lewis R, et al: Angular malalignment after intramedullary nailing of femoral shaft fractures. *J Orthop Trauma*, 15: 90–95, 2001.
11. Acharya KN, Rao MR: Retrograde nailing for distal third femoral shaft fractures: a prospective study. *J Orthop Surg (Hong Kong)*, 14: 253–258, 2006.
12. Ostrum RF: Treatment of floating knee injuries through a single percutaneous approach. *Clin Orthop Relat Res*, (375): 43–50, 2000.
13. Whittle AP: Fractures of the lower extremity. In: Canale ST, Beaty JH ed. *Campbell's operative orthopaedics*. 11th ed. Philadelphia, Mosby Elsevier: 3085–3236, 2008.
14. O'Brien PJ, Meek RN, Blachut PA, Broekhuijsen H: Fractures of the distal femur. In: Bucholz RW, Heckman JD, Court-Brown CM ed. *Rockwood and Green's fractures in adults*. 6th ed. Philadelphia, Lippincott Williams & Wilkins: 1915–1967, 2006.
15. Gozna ER: Biomechanics of long bone injuries. In: Gozna ER, Harrington IJ, Evans DC ed. *Biomechanics of musculoskeletal injury*. Baltimore, Williams & Wilkins: 1–29, 1982.
16. Krupp RJ, Malkani AL, Goodin RA, Voor MJ: Optimal entry point for retrograde femoral nailing. *J Orthop Trauma*, 17: 100–105, 2003.
17. Carmack DB, Moed BR, Kingston C, Zmurko M, Watson JT, Richardson M: Identification of the optimal intercondylar starting point for retrograde femoral nailing: an anatomic study. *J Trauma*, 55: 692–695, 2003.