

급성 전방십자인대 손상 시 자기공명영상에서 나타나는 골멍과 전방십자인대 손상 정도의 관계

성균관대학교 의과대학 강북삼성병원 정형외과

정화재 · 신현규 · 고천석 · 김장환

The Relationship between Bone Bruise in MR-Imaging and the Degrees of Acute Anterior Cruciate Ligament Injury

Hwa-Jae Jeong, Hun-Kyu Shin, Chun-Suk Ko, Jang-Hwan Kim

Department of Orthopedic Surgery, Kangbuk Samsung Hospital,
Sungkyunkwan University School of Medicine, Seoul, Korea

Purpose: The aim of this retrospective study was to evaluate the relationship between appearance and size of bone bruise and severity of anterior cruciate ligament (ACL) injury with magnetic resonance imaging (MRI), furthermore, to identify the mechanism of ACL injury by analyzing the footprint of bone bruise.

Materials and Methods: Sixty-five subjects who was taken an MRI within 6 weeks after acute ACL injury were studied. All MRI showed ACL injury and associated bone bruises. Bone bruises were analyzed using Costa-Paz classification based on appearance and location and also scored using Kornaat bone bruise grading system based on size and location. The severity of the ACL injury was graded using a 4-point system (ie, grade 0-3) with oblique coronal MRI.

Results: There was statistically significant correlation between Costa-Paz classification of bone bruises in lateral femoral condyle and grade of ACL injury. There were more type 2 lesions in partial tear group (grade 1, 2), however, type 3 lesions of Costa-Paz classification in complete tear group ($P=0.037$). Significant positive correlations were observed between Kornaat total bone bruise score and grade of ACL injury ($P=0.014$). Most common ACL injury mechanism was pivot shift injury. Other mechanisms were clip valgus injury, phantom foot injury, and hyperextension injury.

Conclusion: It is highly suggested that appearance and size of bone bruise is related to severity of ACL injury after acute ACL injury. The foot print of bone bruise provides valuable clues to identify ACL injury mechanism.

KEY WORDS: Anterior cruciate ligament, Bone bruise, Costa-Paz classification, Kornaat total bone bruise score, Mechanism of ACL injury

서 론

* Address reprint request to

Hun-Kyu Shin

Department of Orthopedic Surgery, Kangbuk Samsung Hospital,
108, Pyung-dong, Jongro-gu, Seoul 110-746, Korea
Tel: 82-2-2001-2168, Fax: 82-2-2001-2176
E-mail: coolhkshin@hanmail.net

* 본 논문의 요지는 2011년도 대한정형외과학회 추계학술대회에 발표되었음.

접수일: 2011년 11월 30일 게재심사일: 2012년 1월 31일

게재승인일: 2012년 2월 13일

전방십자인대는 슬관절 내 인대 손상 중 50% 이상을 차지할 정도로 가장 흔하게 손상 받는 인대이다. 이러한 전방십자인대 손상의 진단 시 자기공명영상(magnetic resonance imaging, MRI)은 비침습적이며 민감도와 특이도가 높아 보편적으로 사용되는 진단 방법이며, 이전에는 발견되지 않았던 다양한 병리 소견의 관찰을 가능하게 하였다.^{1,2)} 슬관절 손상 환자에 있어 자기공명영상에서 발견되는 골멍의 변화소견은 1989년 Mink와 Deutsch³⁾에 의해 처음으로 보고되었으며, Rosen 등⁴⁾에 의해 잠재성 골멍변(occult osseous

lesion)으로 명명되었다. 이러한 잠재성 골병변 또는 골멍은 급성 전방십자인대 손상 환자의 자기공명영상에서 90% 이상 발견되는 것으로 알려져 있다.^{5,6)} 그 동안 골멍 분석을 통한 여러 연구가 시행되어 왔으며, 급성 전방십자인대 손상 환자에서 슬관절 외측부의 골멍이 흔히 동반됨은 잘 알려진 사실이다.^{3,7,8)} 또한 골멍의 발생 기전에 대해서도 Speer 등⁹⁾과 Vellet 등¹⁰⁾이 연구 결과를 발표한 바 있으며, Kaplan 등¹⁰⁾은 축회전 손상(pivot shift injury)으로 전방십자인대 손상기전을 설명하였고, 이 때 특징적인 양상의 골멍이 형성됨을 발표한 바 있다.

이전까지의 전방십자인대 손상과 동반된 골멍에 대한 연구는 외상성 슬관절 손상 시 골멍의 여부가 전방십자인대 재건술 후 통증 및 재활에 미치는 영향이 있는지 여부나,^{11,12)} 골멍이 조기 퇴행성 관절염으로 진행되는 위험인자로서의 의의⁵⁾에 대한 연구였다. 이전 연구들이 대부분 골멍이 발견된 이후의 질병의 경과나 예후에 대한 것이었던 반면 골멍의 크기 및 형태가 이를 유발한 전방십자인대 손상 정도 및 원인과 관계가 있는지에 대한 연구는 드물다.

수상 당시 슬관절에 가해진 힘에 의해 슬관절의 전위가 발생하며, 이 힘에 의해 슬관절 내에 전방십자인대 손상뿐만 아니라 연골 및 연골하골의 손상이 발생한다. 이 때 발생한 골멍의 범위 및 깊이가 슬관절에 가해진 힘과 비례하므로,^{13,14)} 저자들은 급성 전방십자인대 손상 환자의 자기공명영상에 나타난 골멍을 분석하여 골멍의 형태 및 크기가 전방십자인대의 손상 정도와 연관성이 있을 것이라고 가정하고 이를 분석해 보고자 하였으며, 자기공명영상에서 나타나는 골멍의 발자취(footprint)를 통해 전방십자인대의 손상기전에 대해서 대부분을 차지하는 축회전 손상기전뿐만 아니라 전방십자인대를 손상시키는 다른 손상기전에 대하여 알아보하고자 하였다.

대상 및 방법

1. 대상

2007년 1월부터 2011년 5월까지 외상성 슬관절 동통으로 강북삼성병원 정형외과에 내원하여 슬관절 자기공명영상에서 전방십자인대 손상으로 진단된 167명의 의무기록을 후향적으로 분석하였다. 수상일로부터 6주 이내의 급성기⁷⁾에 자기공명영상을 촬영한 133명의 환자 중 골멍이 선명하지 않거나 관찰되지 않은 환자 및 외부병원에서 자기공명영상을 촬영한 환자의 경우는 자기공명영상 촬영 방법이 달라 측정결과에 영향을 미칠 수 있어 대상자에서 제외되었다. 또한 단순 방사선검사서 전방십자인대 견열 골절과 비골 골두 골절을 제외한 슬관절 주위 골절이¹⁵⁾ 있거나 급성 슬관절 탈구로 진단된 환자 68명을 제외한 65명을 본 연구의 대상자로 하였다. 수상 후 자기공명영상 검사까지의 기간은 1일부터 40일까지로 평균 11.82일(11.82±10.78)이었다.

대상 환자의 연령 및 성별 분포는 14세에서 70세의 연령 분포를 가지는 평균 31.54±12.32세였고, 남자가 53예(81.5%), 여자가 12예(18.5%)였다. 수상 슬관절은 좌측 28예(43.1%), 우측 37예(56.9%)이었다. 손상의 원인은 스포츠 손상이 55예(83.6%)로, 이 중 축구가 21예(31.3%), 스키가 10예(14.9%)로 가장 많았으며, 비스포츠 손상으로서는 교통사고 10예(16.4%)가 관찰되었다(Table 1).

2. 평가

모든 예에서 1.5 Tesla unit의 자기공명영상기기(Intera, Philips Healthcare, Best, Netherlands)를 이용하여 T1, T2, proton 시상영상(sagittal plane), T2, proton 관상영상(coronal plane), T2 축상영상(oblique axial) 및 전방십자인대 관상사면영상(anterior cruciate ligament [ACL]

Table 1. Baseline Characteristics of the Study Subjects

Parameter	Study Subjects
No. of case	65
Age (years)	31.54 ± 12.32 (14-70)
Gender (male/female)	53/12
Injured knee (right/left)	37/28
Interval from injury to MRI study (days)	11.82 ± 10.78 (0-40)
Cause	
Sports	55 (83.6%)
Soccer	21 (31.3%)
Ski	10 (14.9%)
Others	24 (36.9%)
Traffic accident	10 (16.4%)

MRI: magnetic resonance imaging.

oblique coronal view)을 얻었으며, slice 두께는 4 mm, 전방십자인대 관상사면영상의 경우 3 mm 두께로 촬영하였다. 촬영방법은 환자를 양외위로 눕히고 슬관절을 자연스럽게 신전시킨 상태에서 슬관절용 표면코일을 이용하여 실시하였다.

우선 전방십자인대의 손상 정도는 자기공명영상에서 전방십자인대 주행방향으로 기울어진 전방십자인대 관상사면영상에서 손상 정도에 따라 1, 2, 3등급으로 나누었다.¹⁶⁾ 1등급은 50% 미만의 부분 파열을 보인 경우, 2등급은 50% 이상의 부분 파열, 3등급은 완전 파열로 등급화하였다.

골멍은 Lee와 Yao¹⁵⁾가 기술한 바와 같이, 단순 방사선촬영에서 정상 소견을 보이며, 슬관절 자기공명영상 T2 영상에서 골내(intraosseous) 골음영의 불규칙한 증가 소견과 T1 영상 및 proton 영상에서 동일부위의 반점모양의 골음영 감소 소견으로 병변을 판단하였고, 해부학적 위치는 대퇴골 및 경골의 내과와 외과, 비골 총 5개 부위로 분류하였다.

골멍의 형태는 Costa-Paz 분류¹⁷⁾를 통해 제 1, 2, 3 형으로 나누었다. 제1형은 골수강 내 미만성 신호 강도의 변화가 있으면서 인접 관절 연골면으로부터 떨어져 있는 망상형(reticular shape)의 골병변으로 정의하였으며, 제2형은 인접 관절 연골면에 연결된 국소성 신호 강도의 변화로, 제3형은 피질골 관절면 정상 윤곽의 파괴 또는 함몰이 있는 경우로 정의하였다.

골멍의 크기는 Kornaat 등^{18,19)}이 제안한 골멍 점수 방식을 이용하여, 해부학적 위치에 따라 골멍의 크기를 각각 등급화한 뒤 합산하여 점수화하였다. 골멍 크기의 측정법은 골멍이 관절면으로부터 신호 강도의 변화를 보이는 연골하골까지의 최대 거리로, 2차원적 최대 직경을 측정하여 관절면으로부터 5 mm 미만을 1등급, 5 mm 이상 2 cm 이하를 2등급, 2 cm 초과 직경을 보인 경우를 3등급으로 분류하였다. 5개의 위치에서 각각 측정된 등급을 합한 총점을 “총 골멍 점수”로 정의하였다(Fig. 1).

자기공명영상에서 나타나는 골멍 발자취에 따른 손상기전의 분류는 환자의 수상 당시 병력 청취 기록 및 손상기전에 따른 골멍 발자취에 대한 기존 문헌^{20,21)}을 참고하였으며, 축회전 손상, 과신전 손상(hyperextension injury), 편타 외반 손상

(clip valgus injury) 및 일반적인 스키 손상인 유령발 손상(phantom foot injury)으로 손상기전을 분류할 수 있었다. 축회전 손상의 경우는 대퇴골 외과 중간부 및 경골 외과 후방부에 골멍이 존재하는 경우, 과신전 손상의 경우는 대퇴골과 경골 전방부에 접촉성 골손상 형태를 보이는 경우, 편타 외반 손상은 직접 타격에 의해 발생한 비골 골두와 대퇴골 외과 외측부의 골멍과 내측 측부인대의 견인 손상에 의한 대퇴골 내과의 골멍이 존재하는 경우로 정의할 수 있으며, 유령발 손상의 경우는 대퇴골 외과와 경골 외과 및 경골 내과의 후방부에 골멍이 있는 경우로 분류하였다. 슬관절 자기공명영상을 통한 측정은 2명의 정형외과 전문의가 시행하였고, 오차를 줄이기 위해 교차 판독을 시행하였으며, 동일한 측정 결과치를 얻을 수 있었다.

3. 통계분석

전방십자인대 손상 등급에 따른 Costa-Paz 분류의 분포 차이는 교차 분석을 이용하였는데, 전방십자인대 부분 파열군(1, 2 등급)과 완전 파열군(3 등급)에서의 대퇴골 외과 및 경골 외과 골멍의 Costa-Paz 분류 등급 차이를 Fisher's exact test를 통해 검정하였다.

또한 Kornaat 총 골멍 점수와 전방십자인대 손상과의 관계는 전방십자인대 손상에 따른 1, 2, 3등급군에서 Kornaat 총 골멍 점수의 평균치 비교를 일원배치 분산분석법(one-way ANOVA)을 통해 검정하였고, Turkey 방법으로 사후 분석을 하였다. 통계 분석을 위해 IBM SPSS Statistics 19.0(International Business Machines Corp., Armonk, NY, USA)을 이용하였고 모든 통계 결과는 P-value가 0.05 미만인 경우 통계적으로 유의한 것으로 해석하였다.

결 과

슬관절 자기공명영상에서 전방십자인대의 손상 정도는 등급에 따라 1등급 13예(20.0%), 2등급 31예(47.7%), 3등급



Fig. 1. Kornaat total bone bruise scoring system in same patient. Coronal image showing bone bruise. (A) In lateral femoral condyle, maximum diameter of bone bruise is 3.48 cm, grade 3 lesion. (B) In medial femoral condyle maximum diameter 1.94 cm, grade 2 lesion. (C) In medial tibia plateau maximum diameter 1.45 cm, grade 2 lesion; Total bone bruise score of this patient is 7.

21예(32.3%)가 관찰되었으며, 1등급과 2등급을 합한 부분 파열 군이 44예(67.7%), 완전 파열 군이 21예(32.3%)로 관찰되었다. 이와 함께 동반된 모든 골멍에 대해 Costa-Paz 분류를 시행하였다(Table 2).

전방십자인대 손상 정도에 따른 부분 파열 군과 완전 파열 군에서 대퇴골 외과에 나타난 골멍의 Costa-Paz 분류와 두 군간 차이가 있는지 알아본 결과, 부분 파열 군(n=44)에서 Costa-Paz 분류 제2형이 많았고(n=26), 완전 파열 군(n=21)에서는 제3형이 많았다(n=12, P=0.037). 반면 경골 외과에서 나타난 골멍의 Costa-Paz 분류 분포와 전방십자인대 손상 정도와는 통계적으로 관련이 없었다(P=1.000).

Kornaat 총 골멍 점수는 전방십자인대 손상 등급에 따라 유의한 차이를 보였는데(F=4.538, P=0.014), 전방십자인대 손상 1등급 군의 총 골멍 점수 평균은 4.36±0.92점, 2등급 군은 6.24±2.19점, 3등급 군은 6.48±2.09점으로 나타났다. Tukey 방법으로 사후 분석을 한 결과 전방십자인대 손상 2등급 군과 3등급 군에서는 유의한 차이가 없었다(P=0.902, 95% CI=-1.07-1.54). 그러나 전방십자인대 손상 1등급 군 및 2등급 군(P=0.025, 95% CI=0.20-3.56), 그리고 전방십자인대 손상 1등급 군 및 3등급 군(P=0.015, 95% CI=0.34-3.88) 간에는 통계학적으로 유의한 차이가 있었다(Table

3)(Fig. 2).

또한 전방십자인대 손상과 동반된 골멍의 위치 분석 결과, 전체 골멍의 개수는 148개로, 1예 당 2.28개의 골멍이 관찰되었다. 대퇴골 외과에 60개(40.54%), 경골 외과에 60개(40.54%), 대퇴골 내과에 8개(5.40%), 경골 내과에 13개(8.78%), 비골에 7개(4.72%)로 나타났으며, 대퇴골 외과 및 경골 외과에 120개(81.08%)의 골멍을 보여, 대부분의 골멍이 슬관절 외측부에 분포하였다. 동반 손상으로 내측 측부인대 손상 20예(30.77%), 내측 반월상 연골판 손상 15예(23.08%), 외측 반월상 연골판 손상 12예(18.46%), 내측 및 외측 반월상 연골판 손상 7예(10.77%), 외측 측부인대 손상 5예(7.7%)의 빈도 순으로 관찰되었으며, 비골 골절은 2예(3.08%)에서 관찰되었으나, 후외측방 구조물 손상(posterolateral corner injury)은 관찰되지 않았다.

이를 토대로 골멍 발자취를 통해 알아본 손상기전의 빈도는 축회전 손상 49예(75.4%), 편타 외반 손상 9예(13.8%), 유령발 손상 6예(9.2%), 과신전 손상 1예(1.5%) 순이었으며(Fig. 3, 4, 5, 6), 손상기전 별 원인으로 축회전 손상 중 스포츠 손상이 48예(97.9%), 편타 외반 손상 중 교통사고가 8예(88.9%)로 가장 많았다. 축회전 손상의 경우 49예 중 대퇴골 외과 중간부에 모든 예에서, 경골 외과 후방에 48예에서 골멍

Table 2. Grade of ACL & Bone Bruise in LFC & LTP

		LFC (n=60, 40.5%)	LTP (n=60, 40.5%)	MFC (n=8, 5.4%)	MTP (n=13, 8.8%)	Fibula (n=7, 4.7%)
ACL injury Grade 1 (n=13, 20.0%)	Type 1	1	9	1	2	0
	Type 2	10	2	2	2	0
	Type 3	1	0	0	0	1
Grade 2 (n=31, 47.7%)	Type 1	2	15	4	2	1
	Type 2	16	11	0	1	1
	Type 3	11	3	0	0	1
Grade 3 (n=21, 32.3%)	Type 1	2	9	1	4	3
	Type 2	5	7	0	2	0
	Type 3	12	4	0	0	0

Type 1, 2, 3 is classified by the Costa-Paz classification

ACL: anterior cruciate ligament, LFC: lateral femoral condyle, LTP: lateral tibial plateau,

MFC: medial femoral condyle, MTP: medial tibial plateau.

Table 3. Kornaat Total Bone Bruise Score According to Anterior Cruciate Ligament Grading

	Kornaat total bone bruise score	P-value
ACL injury		
Grade 1	4.36±0.92*†	< 0.05
Grade 2	6.24±2.19*	
Grade 3	6.48±2.09†	

Oneway ANOVA with post hoc analysis by Turkey method.

*P=0.025, compared anterior cruciate ligament injury grade 1 group with grade 2 group

†P=0.015, compared grade 1 group with grade 3 group

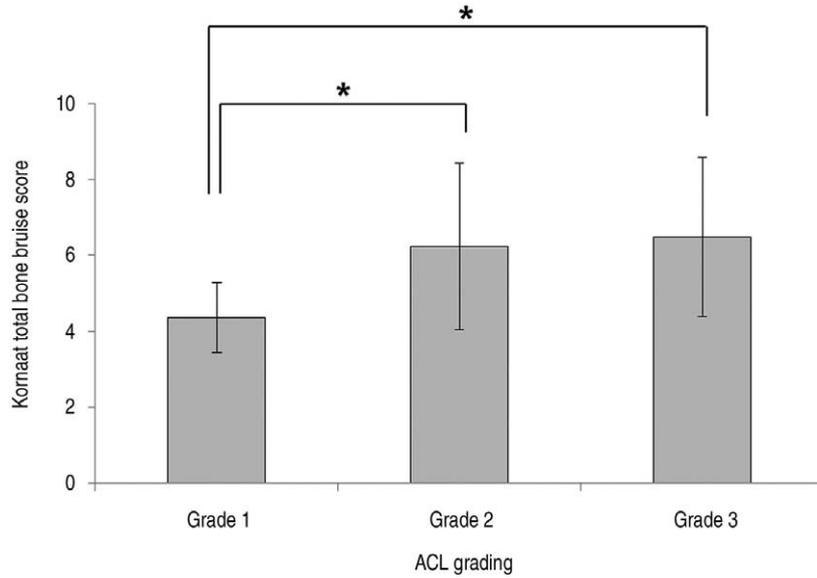


Fig. 2. Kornaat total bone bruise score according to anterior cruciate ligament (ACL) grading. * $p < 0.05$

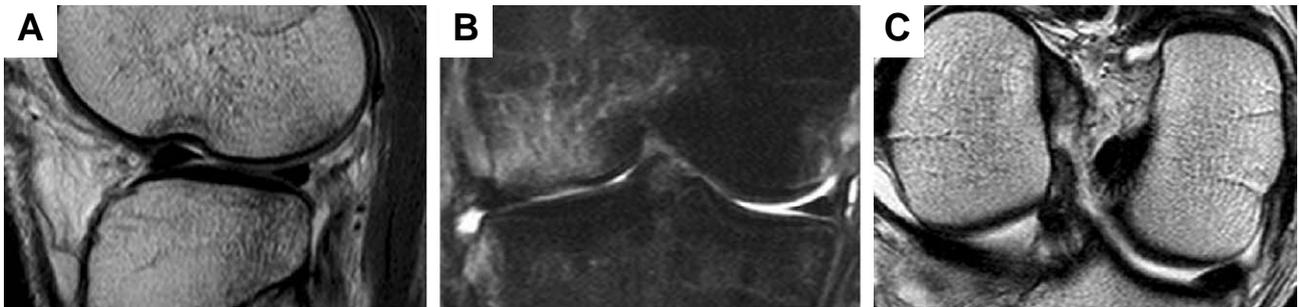


Fig. 3. Pivot injury of the knee sustained during a soccer game. (A, B) Magnetic resonance (MR) image of Costa-Paz classification type 3 lesion abutting femoral articular surface and type 2 lesion in lateral posterior tibia plateau; Kornaat total bone bruise score 7 (lateral femoral condyle score 3, lateral tibia plateau score 2, medial femoral condyle score 1, medial tibia plateau score 1). (C) Oblique coronal T2 weight MR image shows anterior cruciate ligament (ACL) discontinuity, grade 3 ACL injury.

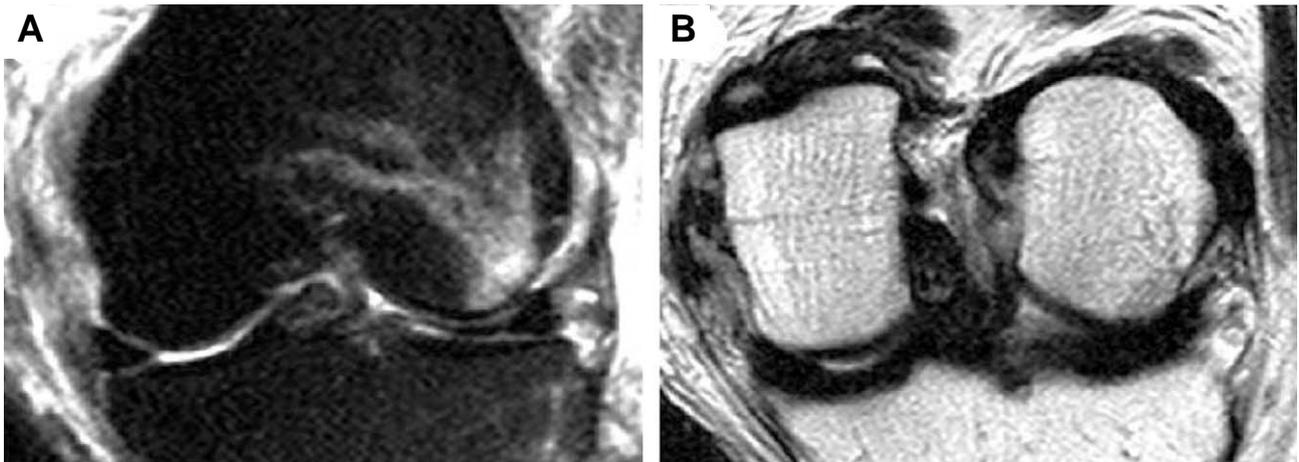


Fig. 4. Clip valgus injury of the knee sustained during traffic accident. (A) Magnetic resonance (MR) image reveals bone bruise of lateral femoral condyle and medial collateral ligament injury secondary to the clip valgus injury; Costa-Paz classification type 2 lesion; Kornaat score 3 in lateral femoral condyle. (B) Oblique coronal T2 weight MR image shows marked thinning and bowing of the anterior cruciate ligament (ACL) with preserved continuity, grade 2 ACL injury.

이 관찰되었다. 편타 외반 손상의 경우 9예 중 대퇴골 외과에 8예에서 골멍이 관찰되었고, 내측 측부인대 건열 손상으로 인한 대퇴골 내과 부착부에 골멍이 3예, 경골 내과 부착부에 3예에서 골멍이 관찰되었다. 또한 이와 동반하여 비골에 4예에서 골멍 또는 골절이 관찰되었다. 유평발 손상기전에서는 6예 모두에서 경골 외과에 골멍이 관찰되었고 대퇴골 외과 및 경

골 내과에서 골멍이 관찰되었으나 대퇴골 내과 및 비골에는 골멍이 관찰되지 않았다. 과신전 손상 1예에서는 대퇴골 내과 및 경골 내과 전방부에서 골멍이 관찰되었다(Table 4).

Table 4. Location of Bone Bruise according to the Mechanism of Injuries

		Pivot (n=49)	Clip (n=9)	Phantom foot (n=6)	Hyperextension (n=1)
Lateral compartment	LFC	49	8	3	0
	(A/C/P)	(0/49/0)	(0/8/0)	(0/0/3)	(0/0/0)
	LTC	48	6	6	0
	(A/C/P)	(0/0/48)	(1/3/2)	(0/0/6)	(0/0/0)
Medial compartment	MFC	4	3	0	1
	(A/C/P)	(0/3/1)	(0/3/0)	(0/0/0)	(1/0/0)
	MTC	6	3	3	1
	(A/C/P)	(0/0/6)	(1/0/2)	(0/0/3)	(1/0/0)
Fibula		3	4	0	0

LFC: lateral femoral condyle, LTC: lateral tibial condyle, MFC: medial femoral condyle, MTC: medial tibial condyle, A/C/P: anterior/central/posterior sector of condyle or plateau.

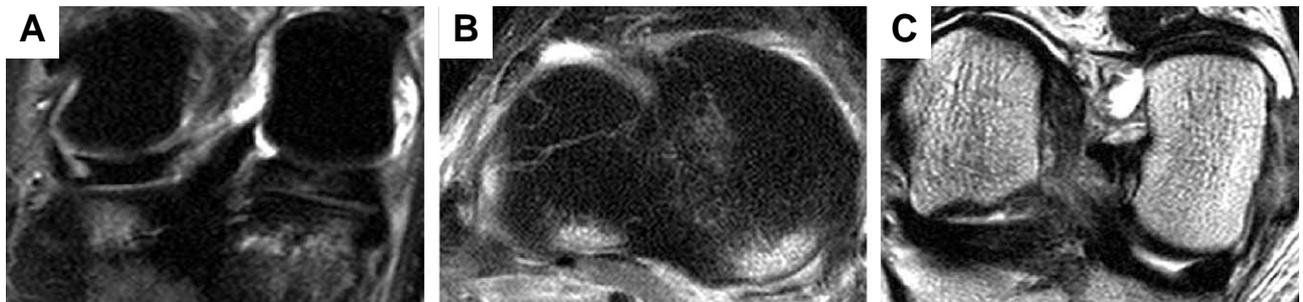


Fig. 5. Phantom foot injury of the knee sustained during ski. (A, B) Magnetic resonance (MR) image shows bone bruises of posterior aspect of medial and lateral tibia plateau; Costa-Paz classification type 2 lesion; Kornaat total bone bruise score 3 (medial plateau score 2, lateral plateau score 1). (C) Oblique coronal T2 weight MR image shows marked thinning and bowing of the anterior cruciate ligament (ACL) with preserved continuity, grade 2 ACL injury.

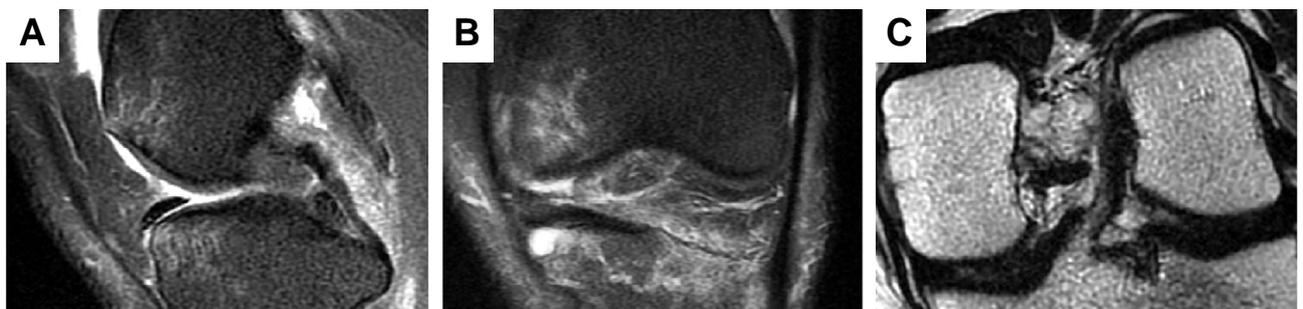


Fig. 6. Hyperextension injury of the knee sustained during traffic accident that car bumper hitting the anterior knee joint. (A, B) Magnetic resonance image reveals kissing bone marrow contusions of medial aspect of the anterior tibia and femur secondary to the hyperextension injury, Costa-Paz classification type 2 lesions. (C) Oblique coronal T2-weight image shows swollen anterior cruciate ligament with diffusely increased signal intensity. Ligament continuity and both femoral and tibial attachment site are preserved, grade 1 injury.

고 찰

본 연구는 골멍의 형태 및 크기를 Costa-Paz 분류 및 Kornaat 골멍 점수를 이용하여 골멍을 정량화 한 다음 전방십자인대의 손상 정도와의 관계를 분석하고, 또한 골멍의 위치 및 발자취를 이용하여 이미 잘 알려진 손상기전인 축회전 손상 이외 다른 기전에 대하여 밝혀보고자 하였다.

그 동안의 전방십자인대 손상과 동반된 골멍에 대한 연구로, 골멍이 전방십자인대 재건술 후 재활에 미치는 영향을 조사한 Bin 등¹¹⁾과 Szkopek 등¹²⁾은 골멍이 술 후 재활 치료 및 통증에 큰 영향이 없다고 발표한 바 있으며, 이와 대조적으로 Frobell 등³⁾은 피질골의 함몰 골절이나 이와 동반된 넓은 범위의 골멍의 경우, 수상 당시의 연골 및 관절면에 강한 압박력이 가해졌음을 시사하는 소견으로서, 골병변이 심할 수록 추시 과정에서 골연골 결손이나 조기 퇴행성 관절 질환으로 발전할 가능성이 높다고 발표한 바 있다. 하지만 우리가 아는 한 골멍의 형태 및 크기와 전방십자인대 손상 정도와의 연관성에 대한 연구는 발표된 바 없다.

본 연구에서는 전방십자인대 손상과 동반된 골멍이 대퇴골 외과에 Costa-Paz 제2형의 경우에는 1, 2등급의 전방십자인대 부분 파열이 주로 관찰되었고, 반면 제3형의 경우엔 완전 파열이 더 많이 관찰되어, 전방십자인대 손상 정도와 대퇴골 외과의 골멍의 형태가 연관성이 있었다. 반면, 경골 외과에 Costa-Paz 등급과 전방십자인대 손상 정도와는 통계적으로 관련이 없었는데, 이는 반월상 연골판 기능 중 하나인 부하전 (load transmission)와 충격 흡수(shock absorption) 기능에 의하여 경골 외과의 골멍 생성이 저해되어 이런 결과와 나왔을 것으로 사료된다. 따라서 슬관절 외상 환자의 자기공명영상에서 대퇴골 외과에 Costa-Paz 제3형과 같이 관절면 윤곽의 파괴 또는 함몰이 일어난 골멍이 관찰된 경우에는 전방십자인대의 완전 파열의 가능성이 높음을 염두 해야 할 것으로 생각된다.

또한 Kornaat가 제안한 골멍 점수를 토대로 대퇴골 외과와 내과, 경골 외과와 내과, 비골에서 발생한 골멍을 관절면으로부터 최대 직경을 측정하여 등급화하고 이를 합산하여 본 결과, 전방십자인대 파열의 등급이 높을수록 총 골멍 점수가 증가하였다. 이는 수상 당시 슬관절에 미치는 축성 압박력 또는 전위를 일으키는 힘이 커질수록 자기공명영상에서 골멍이 크고, 넓은 부위의 연골면에 손상을 일으킨다는 기존의 연구 결과를 토대로,^{13,14)} 저자들은 슬관절에 가해지는 힘의 크기가 증가할수록 Kornaat 골멍 점수가 증가할 것이라고 가정하였다. 우리가 예측한대로 본 연구에서는 슬관절에 발생하는 골멍의 크기를 반영한 Kornaat 골멍 점수에 비례하여 전방십자인대의 손상 등급이 높아졌다.

본 연구에서 148개의 골멍 중 대퇴골 외과 및 경골의 외과에 120개(81%)의 골멍이 집중되었는데, 이는 전방십자인대 손상 시 주로 슬관절 외측부에 골멍이 분포한다는 이전 결과

와 일치하는 소견이었다.^{4,9)} Murphy 등⁸⁾도 전방십자인대 완전 파열 시 94%에서 경골 후외측 고평부와 91%에서 대퇴골 외과에 골멍을 관찰하였다고 하였다. 이렇게 전방십자인대 손상 환자에서 자기공명영상에서 관찰되는 슬관절 외측부의 골멍은 중요한 임상적 의미를 지니는데, 전방십자인대가 자기공명영상에서 잘 보이지 않거나 자기공명영상 판독 시 간과된 경우, 경골 후외측 고평부와 대퇴골 외과 중간부위에 발생한 골멍은 전방십자인대의 손상을 강하게 시사한다. 위와 같은 경골 후외측 고평부 및 대퇴골 외과 중간부에 발생한 골멍은 경골이 고정된 상태에서 상대적인 대퇴골의 외회전 시 또는 대퇴골에 대하여 상대적인 경골의 내회전 시 아탈구된 대퇴골과 경골의 충돌에 의해서 발생되게 되며, 소위 축회전 손상에 의해 발생한다고 알려져 있다.¹⁰⁾ 본 연구에서도 65명의 환자 중 대퇴골 외과 중간부위에 49예(75.4%), 경골 외과의 후외측부에 48예(73%)의 골멍을 보인 49예(75.4%)를 축회전 손상에 의해 전방십자인대가 손상되었다고 판단하였고, 축회전 손상이 가장 많은 빈도를 보이는 전방십자인대 손상 기전임을 확인할 수 있었다.

전방십자인대의 손상기전은 축회전 손상 이외에도 다양한 기전에 의해 발생하는데, 이때 자기공명영상에서 보여지는 골멍의 발자취는 앞서 연구되었듯이 수상 시 탈구 및 아탈구된 대퇴골과 경골의 충돌점을 보여주는 접촉 골손상(kissing contusion)으로, 대퇴골과 경골에 발생한 골멍의 위치와 환자의 병력 청취를 종합하면 환자가 잘 기억하지 못하는 수상 당시의 손상기전도 유추해 낼 수 있다. 전방십자인대 손상기전은 크게 접촉성 손상과 비 접촉성 손상으로 나눌 수 있는데,²²⁻²⁴⁾ 과신전 손상의 경우 접촉성 손상과 비 접촉성 손상이 모두 가능하며, 접촉성 손상의 경우 발이 지면에 고정되어 있는 상태에서 경골 전방에 직접적인 타격에 의해 발생하며, 비 접촉성 손상의 경우 세계 공을 차는 운동 시 슬관절이 과신전되면서 간접적인 힘에 의해 전방십자인대가 손상된다. 따라서 과신전 손상의 경우 자기공명영상에서 대퇴골과 경골 전방부에 접촉성 골멍의 형태를 보이게 된다.²⁰⁾ 본 연구에서는 접촉성 과신전 손상이 1예 관찰되었는데, 교통사고에 의하여 차량의 앞 범퍼에 슬관절을 부딪히면서 경골 전방부의 연부 조직에 손상이 생겼고, 대퇴골 내과와 경골 내과의 전방부에 접촉성 골멍이 관찰되었다. 1예에서만 관찰되었기에 통계적인 의미를 찾기는 어렵지만 과신전 손상은 많은 빈도를 차지하는 손상기전은 아닌 것으로 판단된다. 또 다른 손상기전으로는 대표적인 스키 손상인 유명발 기전²¹⁾을 들 수 있다. 이 때는 스키어가 중심을 잃고 뒤로 주저앉으면서 과굴곡된 슬관절에 갑작스런 내회전이 가해지면서 전방십자인대 손상이 일어나게 된다. 유명발 기전으로 발생한 골멍의 형태에 대하여 그동안 발표된 문헌이 없는 바, 저자들은 환자의 병력을 참고하여, 손상기전인 슬관절의 과굴곡 및 경골의 내회전에 따른 슬관절 후방부, 즉 경골 외과(6예)와 내과(2예) 및 대퇴골 외과(2예)의 후방부에 골멍이 있는 총 6예(9.2%)를 유명발 손

상으로 분류하였다. 이렇듯 슬관절의 후방부에 접촉성 골멍이 생긴다고 미루어 추측할 수 있으나, 대상환자 수가 적어 추가적인 연구가 필요하다. 또 다른 손상기전인 편타 외반 손상은 슬관절 외측부에 직접적인 충격이 가해지는 접촉성 손상으로 순수한 외반력에 의해 전방십자인대와 내측 측부인대의 손상이 발생하게 된다. 이러한 편타 외반 손상 시에는 직접적 타격을 받은 슬관절의 외측부에 골멍이 발생하며, 외반 스트레스에 의한 내측 측부인대 건인 손상과 함께 내측 측부인대의 대퇴골 부착부위에 골멍이 발생한다.²⁰⁾ 본 연구에서는 9예(13.8%)를 편타 외반 손상으로 분류하였으며, 알려진 바와 일치하게 이 중 8예에서 내측 측부인대 손상을 동반하였으며, 3예에서 대퇴골 내측 측부인대 부착부에 골멍이 관찰되었고, 4예에서 직접적인 타격을 받은 비골 골두에 골절 및 골멍을 관찰할 수 있었다. 본 연구를 통해 잘 알려져 있는 전방십자인대 손상기전인 축회전 손상 이외에도, 자기공명영상에서 전방십자인대 손상과 동반된 골멍 발자취의 분석을 통해 전방십자인대의 다른 손상기전을 관찰할 수 있었다.

본 연구의 제한점으로는 단면적이며 후향적인 연구이기 때문에 골멍이 전방십자인대 손상 환자의 예후에 어떤 영향을 미칠 지에 대한 의견을 제시하지 못했다는 점이다. 또한 연구 대상자의 수가 적어, 드물게 관찰되는 소견들, 예를 들면 과신전 손상 등에 대한 통계적 분석을 하기가 어려웠다. 그러므로 향후 전향적인 관찰 및 더욱 많은 환자들을 대상으로 한 추가적인 연구가 필요할 것이다. 그럼에도 불구하고 본 연구는 골멍을 형태와 크기에 따라 분류하고 그에 따른 차이를 분석하였으며 손상기전을 예측하고 후향적으로 확인하는 과정을 통해 골멍이 가지는 임상적 의의에 대해 고찰했다는 점에서 의미가 있으며, 이는 임상 현장에서 전방십자인대 손상 환자의 정확한 진단 및 치료에 도움이 될 수 있을 것으로 판단된다.

결 론

급성 전방십자인대 손상 시 자기공명영상에서 대퇴골 외과에 관찰되는 골멍의 Costa-Paz 분류와 대퇴골, 경골, 비골에 나타난 모든 골멍의 크기를 합한 점수인 Kornaat 총 골멍 점수는 전방십자인대의 손상 정도와 연관성이 있어 급성 전방십자인대 손상 정도를 예측하는데 도움이 되리라 사료되며, 전방십자인대의 손상과 동반된 골멍의 발자취를 분석함으로써 수상 당시의 상황을 잘 기억하지 못하는 환자의 경우 수상 기전을 유추할 수 있는 단서를 제공하여 전방십자인대 손상의 진단과 치료에 도움을 줄 수 있을 것이라고 판단된다.

REFERENCES

1. Fischer SP, Fox JM, Del Pizzo W, Friedman MJ, Snyder SJ, Ferkel RD. Accuracy of diagnoses from magnetic resonance imaging of the knee. A multi-center analysis of one

- thousand and fourteen patients. *J Bone Joint Surg Am.* 1991;73:2-10.
2. Lee JK, Yao L, Phelps CT, Wirth CR, Czajka J, Lozman J. Anterior cruciate ligament tears: MR imaging compared with arthroscopy and clinical tests. *Radiology.* 1988;166:861-4.
3. Mink JH, Deutsch AL. Occult cartilage and bone injuries of the knee: detection, classification, and assessment with MR imaging. *Radiology.* 1989;170:823-9.
4. Rosen MA, Jackson DW, Berger PE. Occult osseous lesions documented by magnetic resonance imaging associated with anterior cruciate ligament ruptures. *Arthroscopy.* 1991;7:45-51.
5. Frobell RB, Roos HP, Roos EM, et al. The acutely ACL injured knee assessed by MRI: are large volume traumatic bone marrow lesions a sign of severe compression injury? *Osteoarthritis Cartilage.* 2008;16:829-36.
6. Vellet AD, Marks PH, Fowler PJ, Munro TG. Occult post-traumatic osteochondral lesions of the knee: prevalence, classification, and short-term sequelae evaluated with MR imaging. *Radiology.* 1991;178:271-6.
7. Graf BK, Cook DA, De Smet AA, Keene JS. "Bone bruises" on magnetic resonance imaging evaluation of anterior cruciate ligament injuries. *Am J Sports Med.* 1993;21:220-3.
8. Murphy BJ, Smith RL, Uribe JW, Janecki CJ, Hechtman KS, Mangasarian RA. Bone signal abnormalities in the posterolateral tibia and lateral femoral condyle in complete tears of the anterior cruciate ligament: a specific sign? *Radiology.* 1992;182:221-4.
9. Speer KP, Spritzer CE, Bassett FH 3rd, Feagin JA Jr., Garrett WE Jr. Osseous injury associated with acute tears of the anterior cruciate ligament. *Am J Sports Med.* 1992;20:382-9.
10. Kaplan PA, Walker CW, Kilcoyne RF, Brown DE, Tusek D, Dussault RG. Occult fracture patterns of the knee associated with anterior cruciate ligament tears: assessment with MR imaging. *Radiology.* 1992;183:835-8.
11. Bin SI, Cho WS, Shin MJ, Baek SK, Kim KY. The occult osseous lesions on magnetic resonance imaging associated with acute anterior cruciate ligament tears. *J Korean Orthop Assoc.* 1995;30:70-6.
12. Szkopek K, Warming T, Neergaard K, Jørgensen HL, Christensen HE, Krogsgaard M. Pain and knee function in relation to degree of bone bruise after acute anterior cruciate ligament rupture. *Scand J Med Sci Sports.* Published online Apr 8, 2011; doi: 10.1111/j.1600-0838.2011.01297.x.
13. Borrelli J, Jr., Tinsley K, Ricci WM, Burns M, Karl IE, Hotchkiss R. Induction of chondrocyte apoptosis following impact load. *J Orthop Trauma.* 2003;17:635-41.
14. Milentijevic D, Rubel IF, Liew AS, Helfet DL, Torzilli

- PA. An in vivo rabbit model for cartilage trauma: a preliminary study of the influence of impact stress magnitude on chondrocyte death and matrix damage. *J Orthop Trauma*. 2005;19:466-73.
15. Lee JK, Yao L. Occult intraosseous fracture: magnetic resonance appearance versus age of injury. *Am J Sports Med*. 1989;17:620-3.
 16. Hong SH, Choi JY, Lee GK, Choi JA, Chung HW, Kang HS. Grading of anterior cruciate ligament injury. Diagnostic efficacy of oblique coronal magnetic resonance imaging of the knee. *J Comput Assist Tomogr*. 2003;27:814-9.
 17. Costa-Paz M, Muscolo DL, Ayerza M, Makino A, Aponte-Tinao L. Magnetic resonance imaging follow-up study of bone bruises associated with anterior cruciate ligament ruptures. *Arthroscopy*. 2001;17:445-9.
 18. Kornaat PR, Ceulemans RY, Kroon HM, et al. MRI assessment of knee osteoarthritis: Knee Osteoarthritis Scoring System (KOSS)--inter-observer and intra-observer reproducibility of a compartment-based scoring system. *Skeletal Radiol*. 2005;34:95-102.
 19. Kornaat PR, Kloppenburg M, Sharma R, et al. Bone marrow edema-like lesions change in volume in the majority of patients with osteoarthritis; associations with clinical features. *Eur Radiol*. 2007;17:3073-8.
 20. Sanders TG, Medynski MA, Feller JF, Lawhorn KW. Bone contusion patterns of the knee at MR imaging: footprint of the mechanism of injury. *Radiographics*. 2000;20 Spec No:S135-51.
 21. Eun SP. Prevention of alpine ski injuries. *J Korean Orthop Soc Sports Med*. 2002;1:109-14.
 22. Boden BP, Dean GS, Feagin JA, Jr., Garrett WE, Jr. Mechanisms of anterior cruciate ligament injury. *Orthopedics*. 2000;23:573-8.
 23. Faunø P, Wulff Jakobsen B. Mechanism of anterior cruciate ligament injuries in soccer. *Int J Sports Med*. 2006;27:75-9.
 24. Shelbourne KD, Rowdon GA. Anterior cruciate ligament injury. The competitive athlete. *Sports Med*. 1994;17:132-40.

초 록

목적: 급성 전방십자인대 손상 환자의 자기공명영상(magnetic resonance imaging, MRI)에서 나타난 골멍의 형태 및 크기와 전방십자인대의 손상 정도와의 관계를 알아보고 골멍의 발자취(footprint)를 조사해 손상기전을 알아보고자 하였다.

대상 및 방법: 급성 전방십자인대 손상 6주 이내의 급성기에 자기공명영상을 촬영하여 골멍이 나타나는 65명을 대상으로 하였다. 골멍의 형태는 Costa-Paz 분류에 따라, 골멍의 크기는 Kornaat의 방식으로 측정하였다. 자기공명영상의 전방십자인대 관상사면영상(anterior cruciate ligament [ACL] oblique coronal view)에서 손상 정도를 등급화 하였다.

결과: Costa-Paz 분류에 따른 대퇴골 외과의 골멍 형태와 전방십자인대 손상 정도의 관계를 알아본 결과, 부분 파열군(1, 2 등급)에서 제2형이 많고, 완전 파열군(3 등급)에서 제3형이 많았다($P=0.037$). Kornaat 총 골멍 점수는 전방십자인대 손상 등급에 따라 차이를 보였으며($P=0.014$), 손상기전은 축회전 손상(pivot shift injury)이 가장 많았고 편타 외반 손상(clip valgus injury) 등이 뒤를 이었다.

결론: 급성 전방십자인대 손상 시 골멍의 형태와 크기는 전방십자인대의 손상 정도와 관련이 있었고, 골멍의 발자취를 통해 손상기전을 유추할 수 있어 급성 전방십자인대 손상의 진단 및 치료에 도움이 되리라 사료된다.

색인 단어: 전방십자인대, 골멍, Costa-Paz 분류, Kornaat 골멍 점수, 전방십자인대 손상기전