

단일 다발 전방 십자인대 재건술 후 대퇴골 터널의 위치와 대퇴골 터널 기울기의 상관관계

이주홍 • 박 혁[✉] • 정성엽

전북대학교 의학전문대학원 전북대학교병원 정형외과학교실, 임상의학연구소

Correlation between Femoral Tunnel Location in Three-Dimensional Computed Tomography and Femoral Tunnel Angle in Plain Radiographs after Single-Bundle Anterior Cruciate Reconstruction

Ju-Hong Lee, M.D., Hyuk Park, M.D.[✉], and Seong-Yup Jeong, M.D.

Department of Orthopedic Surgery, Chonbuk National University Hospital,
Research Institute of Clinical Medicine, Chonbuk National University Medical School, Jeonju, Korea

Purpose: The purpose of this study is to determine correlation between femoral tunnel angle in the coronal plane on a simple radiograph and femoral tunnel location in the sagittal plane on three-dimensional computed tomography (3D-CT).

Materials and Methods: The subjects included 42 patients who underwent 3D-CT after the operation out of 70 cases of anterior cruciate ligament reconstruction using quadriceps tendon-patellar bone autograft from April, 2009 to June, 2011. Measurement of the femoral tunnel angle was based on the anatomical axis of the femur in antero-posterior (AP) and Rosenberg views; femoral tunnel location was described as a proportional percentage on the medial surface of the lateral femoral condyle in the 3D-CT image; then the correlation between femoral tunnel angle and femoral tunnel location was analyzed retrospectively.

Results: Femoral tunnel angle was $41.5^\circ \pm 6.8^\circ$ (range: $29.7^\circ - 53.9^\circ$) on AP radiographs, and $34.9^\circ \pm 6.9^\circ$ (range: $23.8^\circ - 46.5^\circ$) on Rosenberg views. The femoral tunnel was located $36.9\% \pm 11.3\%$ from posterior, and $38.1\% \pm 6.5\%$ from proximal on the 3D-CT image. On plain AP radiographs, femoral tunnel angle and femoral tunnel location showed negative correlation ($p < 0.001$, $\rho = -0.498$), and, in comparison with Rosenberg view, they showed negative correlation ($p = 0.006$, $\rho = -0.416$). Twenty three patients (53.5%) had femoral tunnel in the anatomical location. Their femoral tunnel angle on AP radiographs was $43.3^\circ \pm 6.1^\circ$, while the femoral tunnel angle of patients who had femoral tunnel in non-anatomical locations was $38.4^\circ \pm 6.4^\circ$ ($p = 0.004$). In the Rosenberg picture, similar difference was observed between the two groups ($p = 0.012$).

Conclusion: On AP radiographs and Rosenberg views, femoral tunnel angle showed significant correlation with the femoral tunnel location on the 3D-CT image, and the group who had femoral tunnel location in the anatomical range showed a relatively higher femoral tunnel angle.

Key words: anterior cruciate ligament reconstruction, femoral tunnel angle, femoral tunnel location, three-dimensional computed tomography

서론

Received June 18, 2013 Revised October 15, 2013

Accepted December 23, 2013

[✉]Correspondence to: Hyuk Park, M.D.

Department of Orthopedic Surgery, Chonbuk National University Medical School, 20 Geonji-ro, Deokjin-gu, Jeonju 561-712, Korea

TEL: +82-63-250-1760 FAX: +82-63-271-6538 E-mail: hyukpark@jbnmu.ac.kr

비해부학적인 위치에 형성된 대퇴 터널이 전방십자인대 재건술 실패의 가장 흔한 원인 중 하나로 알려져 있다.^{1,2)} 최근 십자인대 재건술의 임상적 결과를 높일 것으로 생각되는 정상 해부학적 위

치료의 재건에 대한 관심이 높아졌다.

대퇴골 터널의 위치는 슬관절 운동역학 회복에 중요한 영향을 미치며,³⁻⁵⁾ 최근 보고되는 해부학적 및 생역학적 연구 결과들을 토대로 대퇴골의 해부학적 부착부에 이식건을 위한 골 터널을 정확히 위치시키는 것이 권장되고 있다.

전방십자인대 재건술 후 대퇴골 터널의 위치를 확인하는 가장 정확한 방법은 3차원 컴퓨터 단층 촬영(three-dimensional computed tomography, 3D-CT)으로 알려져 있다.⁶⁻⁸⁾ 그러나 3D-CT는 단순 방사선 사진에 비해 경제적인 부담이 있고, 검사 시행 과정이 불편하며, 보다 많은 방사선에 노출된다는 단점을 가지고 있어 최근 45° 굴곡 후전방 단순 방사선 사진을 이용하여 대퇴골 터널의 위치를 확인하는 방법이 제시되고 있다.⁹⁾

본 연구는 슬부 단순 방사선 사진에서 대퇴골의 해부학적 축에 대해 관상면상 대퇴골 터널의 기울기가 클수록 3D-CT의 시상면상 대퇴골 터널의 위치가 보다 해부학적인 위치에 존재할 것이라는 가설하에서 대퇴골 터널의 기울기와 3D-CT상에서 대퇴골 터널의 위치와의 연관성을 분석하였고 사용된 단순 방사선 사진 간

의 유용성을 평가하였다.

대상 및 방법

2009년 4월부터 2011년 6월까지 시행한 자가 대퇴사두건을 이용한 단일 다발 전방십자인대 재건술 70예 중 술 후 3D-CT 촬영을 시행한 42예(남자 36명, 여자 6명)를 대상으로 하였다. 평균 나이는 33.7 ± 12.2 세(15-46세)였다(Table 1). 120° 이상 슬관절을 굴곡한 상태에서 두 개의 전내측(anteromedial, AM) 삽입구와 Transportal Guide® (Arthrex, Naples, FL, USA)를 이용하여 우측 슬관절 기준 10시 또는 그 이하, AM 다발과 후외측(posterolateral, PL) 다발 사이, 그리고 대퇴외과의 후방 피질골로부터 약 4 mm 정도가 남게 대퇴골 터널을 만들었다. 이식물의 골편은 대퇴골 터널에 위치 후 7×20 mm 금속 간섭 나사를 이용하여 약 120° 굴곡 위에서 고정하였다. 본 연구는 전북대학교병원 연구윤리 심의위원회(institutional review board)의 승인(2012-10-003-001)을 받고 시행되었다.

Table 1. Patient Information

Variable	Value
Case (male/female)	42 (36/6)
Age (yr)	33.7 (15-46)
Acute (<3 ms)/chronic	29/13
Elapsed time to surgery (mo)	11.4 (0.3-175.0)
Follow-up (mo)	5.0 (2-19)

Values are presented as number or median (range).

1. 대퇴 터널 기울기

수술 후 전후방 및 체중부하 45° 굴곡 후전방 방사선 사진에서 대퇴골의 해부학적 축을 기준으로 대퇴골 터널 기울기를 측정하였다. 대퇴골의 해부학적 축은 대퇴 간부의 근위부와 원위부에 대퇴 과상간 축과 평행한 두 선을 긋고, 두 선의 중심을 이은 선으로 정의했고, 대퇴골 터널의 기울기는 대퇴골의 해부학적 축과 대퇴골 터널의 중심선이 이루는 각을 측정하였다(Fig. 1).

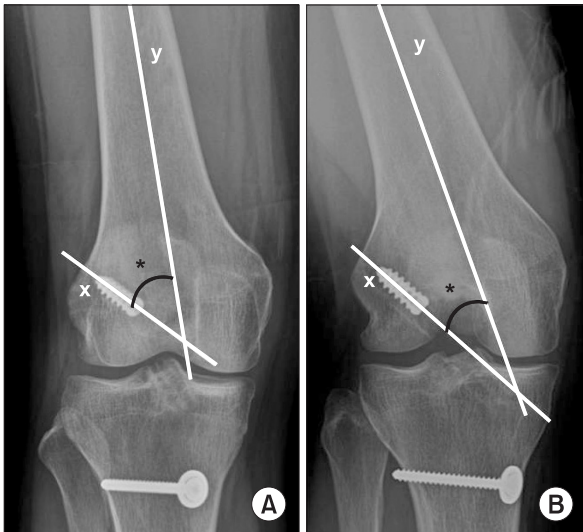


Figure 1. The femoral tunnel angle (*) is measured from the longitudinal axis of the femoral tunnel (x) and anatomical axis (y) of the femur on antero-posterior (A) and Rosenberg views (B).

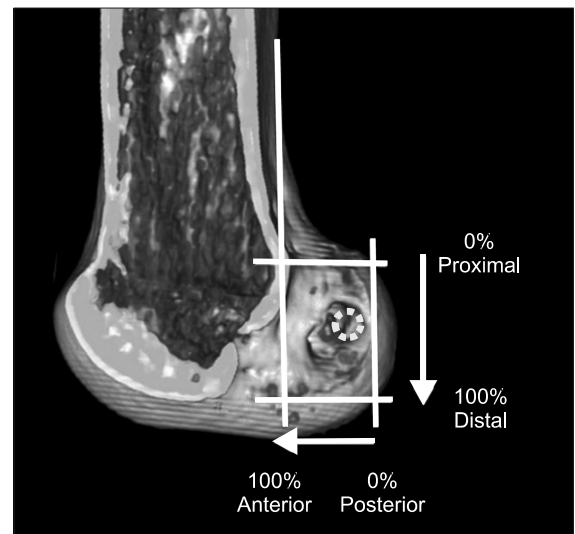


Figure 2. Femoral tunnel location was described as a proportional percentage (from proximal to distal and posterior to anterior) on the medial surface of the lateral femoral condyle in the three-dimensional computed tomography image. The circle showed position of the graft in femoral tunnel.

2. 3차원 컴퓨터 단층 촬영상 대퇴골 터널의 위치

Forsythe 등⁶⁾이 제시한 대퇴골 터널의 위치를 3D-CT상 기술하는 방법에 따라서 시상면에서 근위부에서 원위부를 백분율로 표시(proximal-distal [PD] position)하였고, 후방부에서 전방부를 백분율로 표시(posterior-anterior [PA] position)하여 2차원적인 위치를 나타내었다(Fig. 2). PD position은 대퇴과간 절흔의 가장 근위부에서 가장 원위부까지의 거리 중 대퇴골 터널의 위치를 백분율로 나타냈고 PD position의 방향은 대퇴골의 해부학적 축과 평행하였다. PA position은 대퇴골 외과 내측벽의 후방으로부터 대퇴과간 절흔의 가장 전방부까지의 거리 중 대퇴골 터널의 위치를 백분율로 계산한 것이다. 3D-CT에서 대퇴 터널 내에서의 이식물 위치는 간섭 나사의 후방에 이식물이 위치하는 공간의 중심을 기준으로 하였다(Fig. 2).

대퇴골 터널의 해부학적 범위는 Forsythe 등⁶⁾이 Anatomic Coordinate Axes Method를 이용하여 측정한 결과 평균 PA position은 AM 터널과 PL 터널이 각각 $23.1\% \pm 6.1\%$ (범위: 16.3%–36.4%), $15.3\% \pm 4.8\%$ (범위: 8.9%–24.3%)였고, 평균 PD position은 AM 터널과 PL 터널이 각각 $28.2\% \pm 5.4\%$ (범위: 20.1%–36.2%), $58.1\% \pm 7.1\%$ (범위: 50.2%–73.1%)였고, PA position과 PD position의 95% 신뢰구간인 11.9%–27.3%, 24.4%–63.0%를 해부학적 범위로 하여 본 연구의 환자를 분류하였다.

3. 통계 분석

연구 자료의 통계 분석은 SPSS Windows version 12.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA) 통계프로그램을 이용하였다. 통계적인 유의성을 결정하기 위해 대퇴골 터널의 기울기와 PD position, 대퇴골 터널의 기울기와 PA position을 Pearson 상관계수를 이용하여 분석하고, 방사선 사진상 대퇴골 터널 기울기에 따른 3D-CT에서 대퇴골 터널위치 분석을 위해 receiver operative characteristic (ROC) curve를 사용하였고, 유의수준은 0.05 이하로 하였다.

결 과

전후방 방사선 사진 상에서 대퇴골의 해부학적 축을 기준으로 대퇴골 터널 기울기는 평균 $41.5^\circ \pm 6.8^\circ$ (범위: 29.7° – 53.9°), Rosenberg

사진에서는 $34.9^\circ \pm 6.9^\circ$ (범위: 23.8° – 46.5°)였다. 3D-CT 영상에서 대퇴골 터널은 후방에서 $36.9\% \pm 11.3\%$, 근위에서 $38.1\% \pm 6.5\%$ 에 위치하였다. 전후방 방사선 사진에서 대퇴골 터널의 기울기와 대퇴골 터널의 PA position은 음의 상관관계($p < 0.001$, $\rho = -0.498$)를 보였지만, PD position은 통계적인 의미가 없었다($p = 0.351$, $\rho = -0.148$). Rosenberg 사진과의 비교에서도 PA position은 음의 상관관계($p = 0.006$, $\rho = -0.416$)를 보였고, PD position은 통계적 의미가 없었다($p = 0.174$, $\rho = 0.272$)(Table 2). 해부학적 위치에 대퇴골 터널이 존재한 환자는 23예(53.5%)로 전후방 방사선 사진상 대퇴골 터널의 기울기는 $43.3^\circ \pm 6.1^\circ$ 였고, 비해부학적인 위치에 존재한 환자에서의 기울기는 $38.4^\circ \pm 6.4^\circ$ 로 두 군 간에 차이를 보였다($p = 0.004$). Rosenberg 사진에서는 해부학적 위치에 존재하는 환자에서 기울기는 $36.5^\circ \pm 7.3^\circ$, 비해부학적 위치인 환자에서 기울기는 $31.5^\circ \pm 5.5^\circ$ 였고 두 군 간에 통계적 차이를 보였다($p = 0.012$)(Table 3).

ROC curve를 통한 분석에서 Rosenberg 사진에서 대퇴골 터널의 기울기는 34.3° 를 기준으로 기준보다 큰 경우 민감도 73.7%, 특이도 65%로 해부학적인 위치의 가능성이 높았고($p = 0.045$), 전후방 방사선 사진에서 기준점은 찾을 수 없었다($p = 0.38$).

고 찰

해부학적 전방십자인대 재건술은 전방십자인대를 원래의 용적, 콜라겐 방향과 해부학적 부착 위치를 복원함으로써 얻는 기능적인 회복을 의미한다.¹⁰⁾ Woo 등¹¹⁾은 전방십자인대 재건술 후 생역학 연구에서 단일 다발 재건술이 전방 안정성의 회복에는 효

Table 2. Relation between CT Position and Femoral Tunnel Angle on X-ray

CT position (%)	FTA in AP view		FTA in Rosenberg view	
	r	p-value	r	p-value
Femoral PA	-0.498	<0.001	-0.416	0.006
Femoral PD	-0.148	0.351	0.174	0.272

CT, computed tomography; FTA, femoral tunnel angle; AP, antero-posterior; PA, posterior to anterior; PD, posterior to distal.

Table 3. Femoral Tunnel Position on Three-Dimensional CT

Group	Within anatomic range (n=23)	Outside anatomic range (n=19)	p-value
CT femoral PA (%)	22.2±3.0	40.4±9.6	
CT femoral PD (%)	37.8±5.6	38.2±6.7	
FTA in AP view (°)	43.3±6.1	38.4±6.4	0.012
FTA in Rosenberg view (°)	36.5±7.3	31.5±5.5	0.025

Values are presented as mean±standard deviation. CT, computed tomography; PA, posterior to anterior; PD, posterior to distal; FTA, femoral tunnel angle; AP, antero-posterior.

과적이지만 회전 안정성을 복원하기 힘들다고 보고하였다. 그러나 최근 여러 논문에서 단일 다발 재건술을 해부학적 위치로 재건을 했을 경우 Lachman 및 측 이동 검사에서 보다 좋은 결과를 얻었고, 회전 안정성도 향상됨을 보고하고 있다.¹²⁻¹⁴⁾ 비해부학적 위치에 대퇴골 터널을 재건했을 경우 발생 가능한 합병증으로 Johnson 등¹⁵⁾은 해부학적 위치보다 전방에 대퇴골 터널이 형성되면 슬관절 굴곡 시 과부하가 발생하여 관절운동범위에 제한이 생긴다고 하였으며, Ristanis 등¹⁶⁾은 대퇴골 터널이 12시에 가깝게 수직방향으로 형성되면 회전 불안정성이 발생할 수 있다고 하였다. 또한 너무 후방에 대퇴골 터널이 형성되어도 대퇴골 후벽에 골절 위험성이 있어 이식건의 고정에 어려움이 발생할 수 있다.

본 연구에서는 전후방 슬관절 사진과 Rosenberg 사진상에서 대퇴골 터널의 기울기와 3D-CT상에서의 대퇴골 터널의 위치의 상관관계를 찾아 단순 방사선 사진으로 대퇴골 터널의 위치를 예측이 가능할 것이라는 가설하에 연구를 진행하였고, 연구 결과 해부학적인 위치에 대퇴골 터널이 형성된 환자에서 전후방 슬관절 사진과 Rosenberg 사진에서 대퇴골 터널의 기울기가 유의하게 증가하였다(Table 3). 이는 해부학적 터널을 기준으로 했을 때 대퇴골 터널의 기울기가 증가할수록 시상면상의 대퇴골 터널의 위치가 해부학적인 위치에 있으려는 경향을 확인할 수 있었다. 대퇴골 터널의 PA position과 대퇴골 터널의 기울기(전후방 슬관절 사진과 Rosenberg 사진)의 연관성을 분석한 결과 PA position은 통계적으로 유의한 음의 상관관계를 보였는데(Table 2), 이는 대퇴골 터널이 전방에 위치할수록 대퇴골 터널의 기울기가 작아진다는 의미이며, 대퇴골 터널의 기울기가 작아진다는 의미는 대퇴골 터널이 수직에 가깝게 형성되었다는 것을 말하며, Table 3을 참고할 때 시상면상 비해부학적인 위치에 대퇴골 터널이 형성되는 경향이 있다고 생각할 수 있다.

Bernard 등¹⁷⁾은 슬관절 측면 단순 방사선 사진으로 대퇴골 터널의 위치를 측정하였지만 여러 연구에서 측면 단순 방사선 사진만으로 대퇴골 터널의 위치를 확인하는 것은 신뢰도가 낮다고 보고하고 있다. Hoser 등¹⁸⁾도 CT와 단순 방사선 사진으로 골 터널의 위치를 비교한 논문에서 단순 방사선 사진으로 골 터널의 위치를 확인하는 것은 신뢰도가 낮고, 특히 비해부학적 위치에 재건되었을 경우는 대퇴골 천정 쪽에 터널이 위치하여 단순 방사선 사진에서 더 확인이 힘들다고 보고하여, 대퇴골 터널 위치의 신뢰도를 높이기 위해 CT를 사용한 방법들을 소개하고 있다. 본 연구에서는 3D-CT상에서의 대퇴골 터널의 위치의 기술은 Forsythe 등⁶⁾이 제시한 Anatomic Coordinate Axes Method를 따랐다. 이 방법은 슬관절을 90° 굴곡시킨 상태에서 3D-CT상의 대퇴골 터널 위치를 기술하여 관절경 시야와 유사하고 대퇴골의 해부학적 축과 평행 또는 수직인 축을 기준으로 하여 이해가 쉽다는 장점을 가지지만 과거에 사용되지 않은 방법으로 기존 연구들과의 비교가 힘들

다는 단점을 가진다. Bernard 등¹⁷⁾이 슬관절 측면 단순 방사선 사진에서 Blumensaat line을 기준으로 측정했던 것과 같은 방법으로 3D-CT상 대퇴골 터널 위치를 기술한 quadrant method가 있고, 이는 대퇴골의 해부학적 축과 다른 방향으로 기술만으로 위치의 이해가 어렵고, CT의 시상면상 Blumensaat line을 확인하는 것이 쉽지 않다는 단점을 가지고 있다.

Illingworth 등⁹⁾은 전방십자인대 재건술 후 골 터널의 위치를 평가하는 단순하고 효과적인 방법으로 Rosenberg 사진에서 대퇴골의 해부학적 축을 기준으로 한 대퇴골 터널의 기울기가 감소할수록, 즉 대퇴골 터널이 32.7° 이하일 때 시상면상에서 대퇴골 터널이 보다 전방에 위치하는 경향이 있고, 결국 비해부학적 위치에 대퇴골 터널을 재건했을 가능성이 높다고 제시하였다. 본 연구에서는 슬관절 단순 전후방 촬영과 Rosenberg 사진에서 측정한 대퇴골 터널 기울기 모두 감소할수록 비해부학적 위치에 대퇴골 터널을 재건했을 가능성이 높았으며, 대퇴골 터널이 해부학적으로 재건되었을 때 대퇴골 터널 기울기가 단순 전후방 촬영에서 평균 $43.3^{\circ} \pm 6.1^{\circ}$, Rosenberg 사진에서 평균 $36.5^{\circ} \pm 7.3^{\circ}$ 였다. Rosenberg 사진에서 34.3°보다 큰 경우 해부학적 위치에 대퇴골 터널을 재건했을 가능성이 높았으나 환자의 수가 적어 민감도와 특이도가 높지 않았으며 앞으로 보다 많은 환자를 이용한 분석이 필요할 것으로 생각된다.

본 연구는 현재까지 측정된 환자의 수가 적었다는 점, 측정방법 및 전방십자인대의 해부학적 위치의 불확실성으로 인한 한계를 가지고 있다. 전방십자인대 재건술에서 중요한 대퇴골 터널의 위치를 단순 방사선 사진으로 보다 쉽게 검사하고자 한 Illingworth 등⁹⁾의 논문에서 사용한 Rosenberg 사진은 대퇴골의 내회전이 적다는 장점을 가지지만 45° 굴곡 위를 일관되게 유지하는 것이 용이하지 않아 촬영자에 따라서 굴곡각도에 영향을 줄 수 있고, 결국 굴곡 각도가 촬영할 때마다 다르다면 대퇴골의 회전 및 대퇴골 터널의 각도에 영향을 줄 수 있어 최종 측정값의 신뢰도를 떨어뜨릴 수 있다. 따라서 단순 방사선 사진 촬영 시 재현성이 떨어지는 Rosenberg 사진보다 촬영이 쉽고 일관된 영상을 얻기 용이한 슬관절 단순 전후방 촬영에서 대퇴골의 해부학적 축을 기준으로 대퇴골 터널의 경사각을 측정하였다. 정확한 대퇴골 터널 위치를 확인하기 위해서는 3D-CT 촬영이 필요하겠지만 외래에서 촬영이 용이하고 경제적이다는 장점을 가진 전후방 슬부 방사선 사진을 시행하였고, 이는 대퇴골이 내회전된다는 단점을 가지지만 본 연구결과에서는 Rosenberg 사진에 비해서 대퇴골 터널 위치와 연관성이 유사하지만 근소하게 높았다.

다른 연구의 한계점으로 전방십자인대 재건술에서 해부학적 위치는 많은 연구가 진행 중이지만^{6-8,19)} 각 논문 간에 측정방법이 달라서 일관된 해부학적 위치를 찾는 데는 한계를 보였다. 본 연구에서는 Illingworth 등⁹⁾의 연구와 비교를 위해 Anatomic Coordinate Axes Method를 이용하여 전방십자인대의 해부학적 위치

를 측정하였고, 또한 같은 전방십자인대의 해부학적 범위를 기준으로 연구를 진행하였으나 일관된 전방십자인대의 해부학적 위치를 알기 위해서는 좀 더 많은 연구가 필요할 것으로 생각된다.

결 론

전후방 슬부 방사선 및 Rosenberg 사진에서 대퇴골의 해부학적 축을 기준으로 한 대퇴골 터널의 기울기는 3D-CT 영상에서의 대퇴골 터널 위치와 높은 연관성을 보였고, 해부학적 부착부 범위 내에 대퇴골 터널이 위치한 군에서 관상면상 대퇴골 터널 기울기가 상대적으로 증가하였다. 따라서 전후방 슬부 방사선 및 Rosenberg 사진에서 대퇴골 터널의 해부학적 위치 여부를 평가할 때는 관상면상의 대퇴골 터널 기울기 정도가 간접적인 기준이 될 수 있을 것으로 생각된다.

REFERENCES

- Scopp JM, Jasper LE, Belkoff SM, Moorman CT 3rd. The effect of oblique femoral tunnel placement on rotational constraint of the knee reconstructed using patellar tendon autografts. *Arthroscopy*. 2004;20:294-9.
- Wetzler MJ, Getelman MH, Friedman MJ, Bartolozzi AR. Revision anterior cruciate ligament surgery: etiology of failures. *Oper Tech Sports Med*. 1998;6:64-70.
- Heming JF, Rand J, Steiner ME. Anatomical limitations of transtibial drilling in anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med*. 2007;35:1708-15.
- Loh JC, Fukuda Y, Tsuda E, Steadman RJ, Fu FH, Woo SL. Knee stability and graft function following anterior cruciate ligament reconstruction: comparison between 11 o'clock and 10 o'clock femoral tunnel placement. 2002 Richard O'Connor Award paper. *Arthroscopy*. 2003;19:297-304.
- Yagi M, Wong EK, Kanamori A, Debski RE, Fu FH, Woo SL. Biomechanical analysis of an anatomic anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med*. 2002;30:660-6.
- Forsythe B, Kopf S, Wong AK, et al. The location of femoral and tibial tunnels in anatomic double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction analyzed by three-dimensional computed tomography models. *J Bone Joint Surg Am*. 2010;92:1418-26.
- Kopf S, Forsythe B, Wong AK, et al. Nonanatomic tunnel position in traditional transtibial single-bundle anterior cruciate ligament reconstruction evaluated by three-dimensional computed tomography. *J Bone Joint Surg Am*. 2010;92:1427-31.
- Lertwanich P, Martins CA, Asai S, Ingham SJ, Smolinski P, Fu FH. Anterior cruciate ligament tunnel position measurement reliability on 3-dimensional reconstructed computed tomography. *Arthroscopy*. 2011;27:391-8.
- Illingworth KD, Hensler D, Working ZM, Macalena JA, Tashman S, Fu FH. A simple evaluation of anterior cruciate ligament femoral tunnel position: the inclination angle and femoral tunnel angle. *Am J Sports Med*. 2011;39:2611-8.
- van Eck CF, Lesniak BP, Schreiber VM, Fu FH. Anatomic single- and double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction flowchart. *Arthroscopy*. 2010;26:258-68.
- Woo SL, Kanamori A, Zeminski J, Yagi M, Papageorgiou C, Fu FH. The effectiveness of reconstruction of the anterior cruciate ligament with hamstrings and patellar tendon. A cadaveric study comparing anterior tibial and rotational loads. *J Bone Joint Surg Am*. 2002;84:907-14.
- Bedi A, Musahl V, Steuber V, et al. Transtibial versus antero-medial portal reaming in anterior cruciate ligament reconstruction: an anatomic and biomechanical evaluation of surgical technique. *Arthroscopy*. 2011;27:380-90.
- Jepsen CF, Lundberg-Jensen AK, Faunoe P. Does the position of the femoral tunnel affect the laxity or clinical outcome of the anterior cruciate ligament-reconstructed knee? A clinical, prospective, randomized, double-blind study. *Arthroscopy*. 2007;23:1326-33.
- Sadoghi P, Kröpl A, Jansson V, Müller PE, Pietschmann MF, Fischmeister MF. Impact of tibial and femoral tunnel position on clinical results after anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy*. 2011;27:355-64.
- Johnson DL, Swenson TM, Irrgang JJ, Fu FH, Harner CD. Revision anterior cruciate ligament surgery: experience from Pittsburgh. *Clin Orthop Relat Res*. 1996;325:100-9.
- Ristanis S, Giakas G, Papageorgiou CD, Moraiti T, Stergiou N, Georgoulis AD. The effects of anterior cruciate ligament reconstruction on tibial rotation during pivoting after descending stairs. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2003;11:360-5.
- Bernard M, Hertel P, Hornung H, Cierpinski T. Femoral insertion of the ACL. Radiographic quadrant method. *Am J Knee Surg*. 1997;10:14-21.
- Hoser C, Tecklenburg K, Kuenzel KH, Fink C. Postoperative evaluation of femoral tunnel position in ACL reconstruction: plain radiography versus computed tomography. *Knee Surg*

Sports Traumatol Arthrosc. 2005;13:256-62.

19. Pinczewski LA, Salmon LJ, Jackson WF, von Bormann RB, Haslam PG, Tashiro S. Radiological landmarks for placement

of the tunnels in single-bundle reconstruction of the anterior cruciate ligament. J Bone Joint Surg Br. 2008;90:172-9.

단일 다발 전방 십자인대 재건술 후 대퇴골 터널의 위치와 대퇴골 터널 기울기의 상관관계

이주홍 • 박 혁[✉] • 정성엽

전북대학교 의학전문대학원 전북대학교병원 정형외과학교실, 임상의학연구소

목적: 단순 방사선 사진에서 대퇴골 터널 기울기와 3차원 컴퓨터 단층 촬영(three-dimensional computed tomography, 3D-CT)의 대퇴골 터널 위치의 상관관계를 알아보고자 한다.

대상 및 방법: 2009년부터 2011년까지 시행한 전방십자인대 재건술 후 3D-CT 촬영을 시행한 42예를 대상으로 하였다. 전후방 및 Rosenberg 사진에서 대퇴골의 해부학적 축을 기준으로 대퇴골 터널 기울기를 측정하였고 3D-CT에서 대퇴골 터널 위치를 표시하여 측정값 간의 연관성을 분석하였다.

결과: 전후방 방사선 사진에서 대퇴골 터널 기울기는 $41.5^{\circ} \pm 6.8^{\circ}$, Rosenberg 사진에서는 $34.9^{\circ} \pm 6.9^{\circ}$ 였다. 3D-CT 영상에서 대퇴골 터널 위치는 후방에서 $36.9\% \pm 11.3\%$, 근위에서 $38.1\% \pm 6.5\%$ 였다. 대퇴골 터널 기울기와 위치는 전후방 방사선 사진에서 음의 상관관계($p < 0.001$, $\rho = -0.498$), Rosenberg 사진에서도 음의 상관관계($p = 0.006$, $\rho = -0.416$)를 보였다.

결론: 전후방 방사선 및 Rosenberg 사진에서 대퇴골 터널 기울기는 3D-CT 영상에서의 대퇴골 터널 위치와 높은 연관성을 보였고, 해부학적 범위 내에 대퇴골 터널이 위치한 군에서 관상면상 대퇴골 터널 기울기가 상대적으로 증가하였다.

색인단어: 전방십자인대 재건술, 대퇴골 터널 기울기, 대퇴골 터널 위치, 3차원 컴퓨터 단층촬영

접수일 2013년 6월 18일 수정일 2013년 10월 15일 게재확정일 2013년 12월 23일

[✉]책임저자 박 혁

전주시 덕진구 건지로 20, 전북대학교 의학전문대학원 정형외과학교실

TEL 063-250-1760, FAX 063-271-6538, E-mail hyukpark@jbnu.ac.kr