

자가 골-슬개건-골을 이용한 전방십자인대 재건술 시 수술 전 슬개건 길이의 예측

울산대학교 의과대학 강릉아산병원 정형외과학교실

최영준 · 이기원 · 이현일 · 황도연 · 조형권 · 강정호

Preoperative Prediction for Length of Patellar Tendon in Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Using Bone-Patellar Tendon-Bone Autograft

Young-Joon Choi, Ki-Won Lee, Hyun-Il Lee, Do-Yon Hwang, Hyung-Kwon Cho, Jeong-Ho Kang

Department of Orthopaedic Surgery, Gangneung Asan Hospital, University of Ulsan College of Medicine, Gangneung, Korea

Preoperative prediction of patellar tendon length is important during anterior cruciate ligament (ACL) reconstruction using bone-patellar tendon-bone (BPTB) autograft. Three methods of imaging analysis to predict patellar tendon length were compared in this study. One hundred and twenty-three patients who underwent ACL reconstruction using BPTB autograft by single surgeon during October 2002 through April 2011 were included. We measured the patellar tendon length from true and oblique lateral simple radiographs (classified according to degree of rotation) and magnetic resonance image (MRI). These values were compared with actual length measured during operation and assessed accuracy by calculating the coefficient of determination. The mean length of patellar tendon measured during operation and by true lateral and oblique lateral radiographs and MRI were 42.4 ± 0.45 mm (range, 32.0–54.0 mm), 41.7 ± 0.61 mm (range, 24.2–55.3 mm), 40.7 ± 0.57 mm (range, 24.8–51.5 mm), and 41.7 ± 0.52 mm (range, 28.7–56.0 mm), respectively. The correlation of patellar tendon length was the most strong between actual length and value from true lateral radiograph (coefficient of determination, $r^2=0.660$) according to simple linear regression analysis. R^2 values were 0.361 and 0.332 for oblique lateral radiograph and MRI compared to actual value, respectively. In conclusion, Patellar tendon length measured on true lateral radiograph was the best method to coincide with actual patellar tendon length among various preoperative prediction methods.

Keywords: Anterior cruciate ligament reconstruction, Bone-patellar tendon-bone graft, Patellar ligament

Received: May 23, 2013 Revised: October 15, 2013 Accepted: October 16, 2013

Correspondence: Hyun-Il Lee

Department of Orthopaedic Surgery, Gangneung Asan Hospital, University of Ulsan College of Medicine, 38 Bangdong-gil, Gangneung 210-711, Korea

Tel: +82-33-610-3243, Fax: +82-33-641-8050, E-mail: hyunil@gnah.co.kr

Copyright ©2013 The Korean Society of Sports Medicine

© This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

서론

전방십자인대 손상은 스포츠 인구 증가에 따라 증가하는 추세이며 보존적 치료 후에도 불안정성이 잔존하는 경우 시행되는 전방십자인대 재건술은 문헌에서 좋은 결과를 보고하고 있다^{1,2)}. 전방십자인대 재건술의 공여부로는 자가 슬괵건을 이용하거나 자가 대퇴사두근-슬괵골을 이용하는 등 여러 가지가 있으나 그 중에서도 자가 골-슬괵건-골을 이용한 재건술은 이식건의 장력이 강하고 골편을 이용한 고정력이 견고한 장점이 있어 널리 이용되고 있다³⁾. 하지만 슬괵건 길이의 개인별 편차로 인하여 길이가 너무 긴 경우는 이식건과 터널의 불일치가 발생할 수 있으며 이 때는 이식건을 회전시키거나 경골쪽에서 접어 단축시켜야 할 수도 있다⁴⁾. 반대로 너무 짧은 경우는 터널의 각도를 의도적으로 줄여야 할 수도 있다⁴⁾.

따라서 이런 문제점을 수술 전에 미리 예측하기 위해 자기공명영상(magnetic resonance image)이나 방사선 사진(X-ray)을 통해 슬괵건의 길이를 계측하기도 하지만 수술 시 채취한 슬괵건의 실측치와의 편차로 인하여 큰 도움이 안 되는 경우가 있다⁵⁾. 슬괵건은 한국인에서 30 mm에서 60 mm까지 다양하게 보고되고 있는 바⁶⁾ 정확한 슬괵건 길이를 예측할 수 있다면 미리 수술 계획을 수립하는 데 도움을 줄 수 있다. 전방십자인대의 평균 길이는 22.1 mm에서 39 mm로 보고되고 있으며^{7,8)} 자기공명영상에서 근사치를 예측할 수 있으므로 슬괵건의 길이를 더 정확하게 예측 가능하다면 전방십자인대 길이와의 차이를 추정하여 수술 중 발생될 문제점을 미리 준비할 수 있을 것이다. 따라서 저자들은 자가 골-슬괵건-골을 이용한 재건술 시 수술 전에 자기공명영상과 방사선 사진을 통해 계측한 슬괵건의 길이와 수술 시 실측한 슬괵건의 길이와의 상관관계에 대해 비교분석하고 슬괵건의 길이를 가장 정확히 반영하는 방법을 찾고자 하였다.

연구 방법

2002년 10월부터 2011년 4월까지 본원에서 한 명의 술자에 의해 자가 골-슬괵건-골을 이용한 전방십자인대 재건술을 시행받은 환자 424명(424예) 중 본원에서 단순방사선촬영 및 자기공명영상을 촬영한 환자 128명의 환자를 대상으로 하였다. 슬괵골 또는 슬괵건에 수술 기왕력이나 외상력이 있는 환자 5명은 배제하여 총 123명을 연구 대상으로 하였다. 여자가 20예, 남자가 103예였고, 수술 시 평균 나이는 32.3세(범위,

19-51세)이었다.

자가 골-슬괵건-골의 이식편은 슬괵골 중앙 1/3 부위에서 10 mm의 폭으로 약 2.5 cm 길이의 슬괵골과 3 cm 길이의 경골을 채취하였으며 슬괵골 골편에 슬괵건이 부착하는 지점에서 경골 골편에 슬괵건이 부착하는 지점 사이의 최단거리를 측정하여 이를 슬괵건 길이(실측치)로 기록하였다(Fig. 1). 십자인대 재건술은 경경골 기법(trans-tibial technique)을 사용하여 대퇴부 터널을 만들었으며 과거에는 등척점(isometric point)을 기준으로 하였으나 2011년부터는 경경골 기법은 그대로 유지한 채 가능한 한 해부학적인 위치에 가깝게 터널을 만들려는 노력을 하고 있다⁹⁾. 이식골편의 고정은 간섭나사를 이용하여 시행하였다.

단순방사선촬영은 전산화 방사선촬영 시스템을 이용하였고 자기공명영상은 두 종류(1.0 T Magnetom expert, Siemens, Erlangen, Germany, 및 3.0 T Achieva, Philips, Best, Netherland)의 기종으로 시행되었으며 의료영상 저장 전송 시스템(Picture archiving communication system)은 Petavision for clinics version 2.0 (Asan Medical Center, Seoul, Korea)을 이용하여 계측하였다. 영상의 계측은 2인의 정형외과 전문의에 의해 1달간의 간격을 두고 각각 2회씩 측정되었으며 그 평균치를 최종값으로 채택하였다. 단순방사선 측면 촬영은 누운 자세에서 슬관절을 30° 굴곡한 상태로 110 cm의 일정한 높이에서 X-ray가 통과하도록 촬영하였으며 정기적인 보정을 통하여 110 cm의 높이에서 촬영 후 실측치와 정확한 대비가 되도록 한 방사선 촬영장치를 이용하였다. 의료영상 저장 전송 시스템에서 측면 사진의 음영을 조절하여 슬괵건의 형태를 보일 수 있게 한 후 슬괵건의 후방측 경계부의 길이를 측정하였으며 이때 기준은 슬괵골의 하단에서 경골 조면 상단까지의 길이를 기록하였다. 이때 측면 사진이 정측면으로 찍히지 못하고 회전한 경우가 있어 회전의 정도에 따라 측정의 정확성이 변할 수 있는 점을 고려하기 위하여 영상상에서 대퇴골 내측 후과부와 외측 후과부 사이의 거리가 5 mm 미만인 경우를 정측면상, 5 mm 이상인 경우를



Fig. 1. The patellar tendon length was measured with ruler intraoperatively.

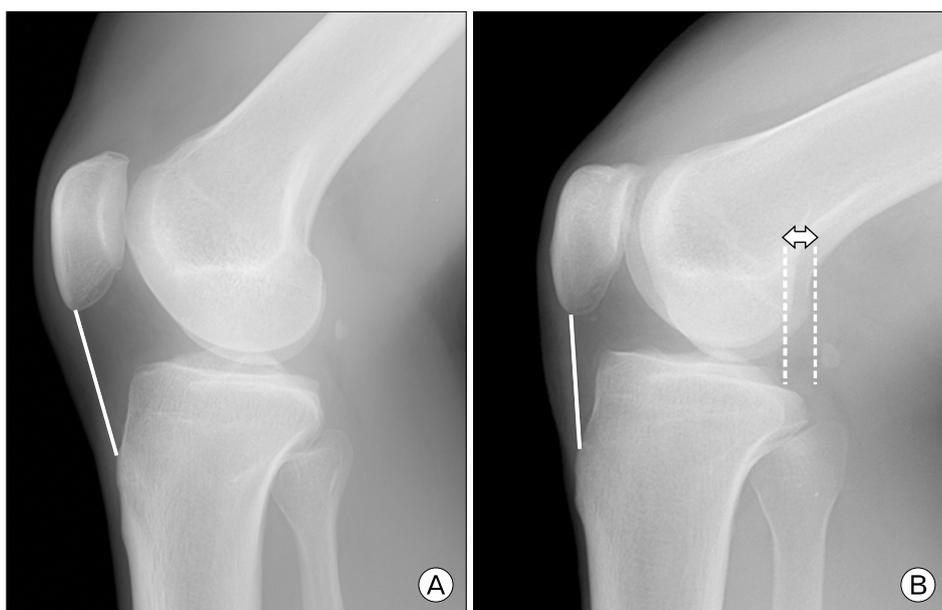


Fig. 2. The patellar tendon length was measured on both true lateral (A) and oblique lateral (B) radiograph. Oblique lateral radiograph was defined when there was distance over 5 mm (left right arrow) between medial and lateral posterior condyles.

사측면상으로 임의로 분류하고 각각의 영상에서 길이를 측정하였다(Fig. 2). 또한 수술 전 촬영한 자기공명영상 중 proton 밀도 강조 영상(proton density weighted image, repetition time, 2,731 ms; echo time, 20 ms) 시상면에서 슬개골의 종축의 길이가 가장 길게 보이는 영상을 선택한 후 역시 마찬가지로 슬개건의 후방 경계부의 길이를 측정하였으며 슬개골의 하단에서 경골 조면의 상단까지의 길이를 기록하였다(Fig. 3). 자기공명영상 시상면 영상은 관상면상 관절면에 수직이 되게 자른 영상을 사용하였다.

영상으로 측정된 슬개건의 각 길이를 수술 중 실측된 슬개건의 길이와 비교하는 통계적 검증은 SPSS ver. 14.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA)를 사용하였다. 각각의 상관 관계를 분석하여 상관계수(correlation coefficients, r), 결정계수(coefficient of determinant, r^2), 및 단순회귀분석을 계산하기 위하여 단순선형회귀분석(simple linear regression analysis)을 시행하였다⁵⁾. 결정계수는 종속변수의 전체 변동 중에 회귀모형에 의하여 설명된 변동의 정도를 의미한다. 영상 측정치에 대한 관찰자간의 신뢰도 및 관찰자 내 재현성을 평가하기 위하여 집단 내 상관 계수(intraclass correlation coefficients, ICCs)를 계산하였다. 집단 내 상관 계수는 0 (전혀 상관 관계 없음)에서 1 (완전 일치)까지의 값을 가지며, 0.00-0.39를 불량(poor), 0.40-0.74를 보통(moderate) 그리고 0.75-1.00을 우수(excellent)로 정의하였다.



Fig. 3. Proton density weighted sagittal magnetic resonance image demonstrate the measurement of patellar tendon length which is measured the inner aspect of patellar tendon from inferior pole to tibial tuberosity.

결 과

전체 123예의 수술 중 측정된 슬개건 길이(실측치)는 평균 42.4 ± 0.45 mm (범위, 32.0-54.0 mm)였다(Table 1). 수술 전 단순 측면 방사선 영상 측정값(측면치)은 평균 41.5 ± 0.54 mm (범위, 24.2-55.3 mm)이었으며 이중 정측면상인 경우는 74예로 이 74예의 슬개건 길이는 평균 41.7 ± 0.61 mm (범위, 24.2-55.3 mm)이었고 사측면상인 경우는 49예로 이때 슬개건 길이는 평균 40.7 ± 0.57 mm (범위, 24.8-51.5 mm)이었다. 자기공명

Table 1. The patellar tendon length measured with various methods

| Variables | Cases (n) | Mean±standard deviation (mm) | Range (mm) |
|--------------------------------------|-----------|------------------------------|------------|
| Intraoperative measurement | 123 | 42.4±0.45 | 32.0–54.0 |
| True lateral measurement | 74 | 41.7±0.61 | 24.2–55.3 |
| Oblique lateral measurement | 49 | 40.7±0.57 | 24.8–51.5 |
| Magnetic resonance image measurement | 123 | 41.7±0.52 | 28.7–56.0 |

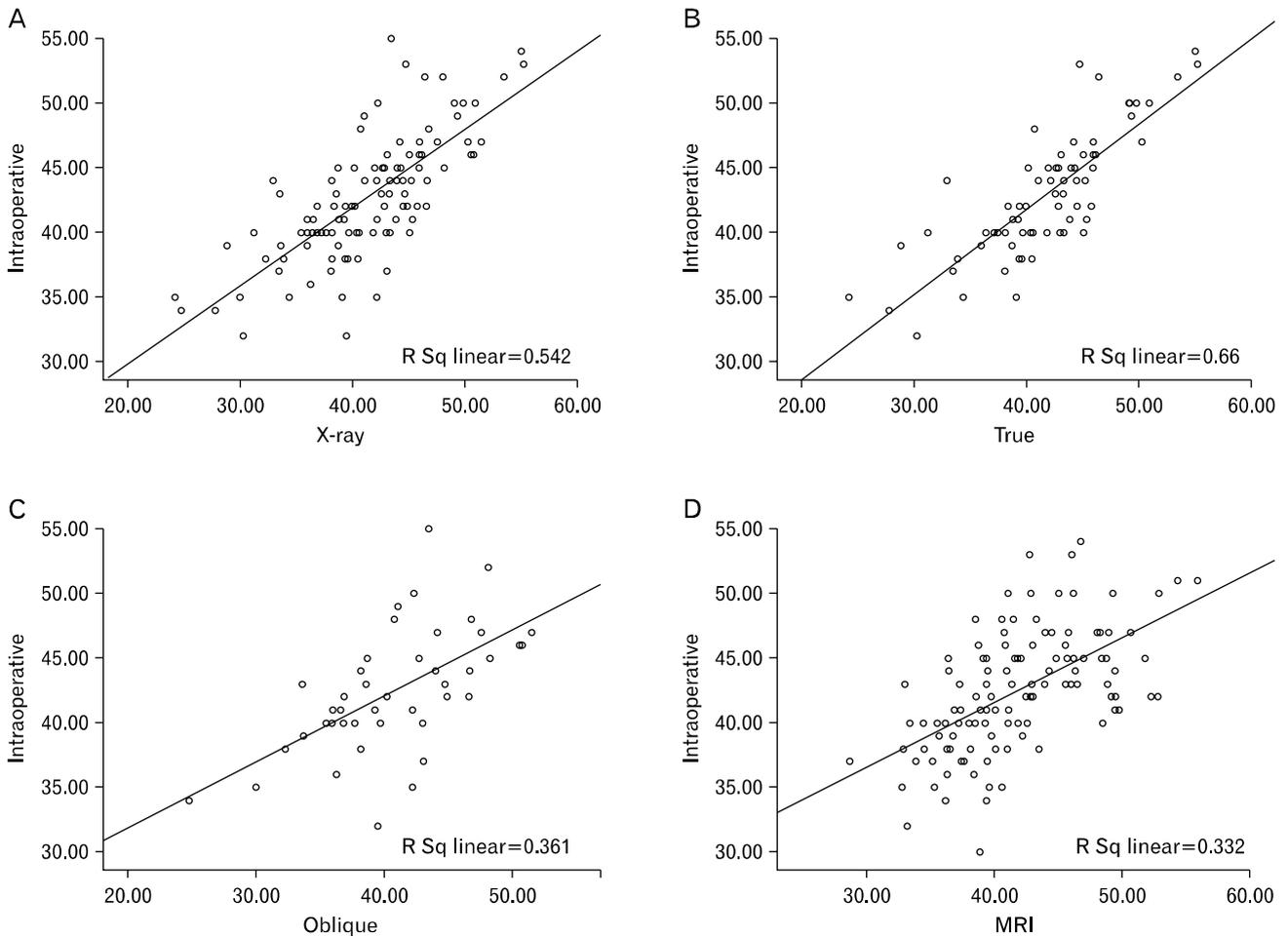


Fig. 4. The relationship between intra-operative and true lateral radiograph was most proportional, but between intra-operative and oblique lateral, magnetic resonance image (MRI) was less. The correlations between intra-operative data and the length from (A) X-ray including true lateral and oblique lateral view. (B) True lateral X-ray view. (C) Oblique lateral X-ray view, and (D) MRI view were drawn.

영상을 통해 측정된 슬개건 길이(자기공명영상 측정치)는 평균 41.7±0.52 mm (범위, 28.7–56.0 mm)였다(Table 1).

실측치와 단순직선회귀 분석상 X-ray 측면치와 자기공명영상 측정치 모두 비교적 선상 분포를 보였으나(Fig. 4) 자기공명영상 측정치에 비하여 X-ray 측면치의 상관계수 및 결정계수가 더 강한 양의 상관관계를 보였다(Table 2). X-ray 측면치를 촬영 시 회전 정도에 따라 나는 정측면상과 사측면상을 별도로

실측치와 회귀분석하였을 시 정측면치 및 사측면치의 상관계수 및 결정계수는 각각 $r=0.812$ ($r^2=0.660$) vs. $r=0.601$ ($r^2=0.361$)로 정측면치가 실측치와 가장 직선적인 회귀관계를 보였다(Table 2, Fig. 4). 즉 실측치의 변동은 정측면치의 변동에 의하여 66.6% 정도 설명된다고 해석할 수 있다. 단순회귀식(Fig. 4)을 구성하는 상수와 회귀변수는 Table 2에 표시하였다.

관찰자 간 신뢰도는 정측면 사진의 경우 평균 0.86, 사측면

Table 2. The simple linear regression analysis between patellar tendon lengths measured during operation and preoperative prediction methods

| Variables | Correlation coefficients (r) | Coefficient of determination (r ²) | Constant | Regression coefficient | p-value |
|--------------------------------------|------------------------------|--|----------|------------------------|---------|
| Lateral measurement | 0.736 | 0.542 | 17.81 | 0.602 | 0.000 |
| True lateral measurement | 0.812 | 0.660 | 15.510 | 0.656 | 0.000 |
| Oblique lateral measurement | 0.601 | 0.361 | 21.763 | 0.508 | 0.000 |
| Magnetic resonance image measurement | 0.576 | 0.332 | 21.548 | 0.500 | 0.000 |

Table 3. Inter-observer and intra-observer reliability (intraclass correlation coefficients value)

| Variables | True lateral radiograph | Oblique lateral radiograph | Magnetic resonance image |
|----------------------------|-------------------------|----------------------------|--------------------------|
| Inter-observer reliability | | | |
| Observer 1 | 0.852 | 0.849 | 0.850 |
| Observer 2 | 0.867 | 0.853 | 0.832 |
| Mean | 0.860 | 0.851 | 0.841 |
| Intra-observer reliability | | | |
| 1st reading | 0.901 | 0.899 | 0.894 |
| 2nd reading | 0.911 | 0.887 | 0.865 |
| Mean | 0.906 | 0.893 | 0.880 |

사진의 경우 0.851, 자기공명영상의 경우 평균 0.841로 우수한 일치도를 보였고, 관찰자 내 재현성 또한 정측면 사진의 경우 평균 0.906, 사측면 사진의 경우 평균 0.893, 자기공명영상의 경우 평균 0.880으로 모두 우수한 일치도를 보였다(Table 3).

고찰

전방십자인대 재건술에 사용되는 이식건중에 자가 골-슬개건-골은 이식물의 강도가 뛰어나고 간섭나사를 이용하여 견고한 고정이 가능한 장점이 있어 보편적으로 사용되어왔으며 만족할 만한 결과들이 보고되고 있다. 하지만 이미 보고된 바 있듯이 우리나라 성인의 슬개건의 평균길이는 42.6 mm인 반면 관절 내 전방십자인대의 길이는 약 30 mm 미만이어서 이식건-골터널 오류(graft-tunnel mismatch)가 발생할 수 있다⁶⁾. 이런 경우 경골부위의 골편이 경골터널의 밖에 위치하게 되어 수술실패의 한 원인이 되며¹⁰⁾ 이식건을 회전시켜 길이를 단축시키거나 경골 쪽에서 골편을 접어서 고정하거나 간섭나사 외에 추가적인 고정을 시행하는 방법 등을 사용해야만 한다. 그러나 수술 전에 슬개건의 길이를 미리 예측 할 수만 있다면 대퇴터널의 길이를 증가시키거나 위치를 이동시킴으로써 미리 이식건-골터널 오류를 예방 할 수도 있을 것이다¹¹⁾. 이에 저자들은 전방십자인대 재건술 시 보편적으로 시행되는 단순 방사선 검사와 자기공명영상 촬영을 통해 슬개건의 길이를 예측해 보고자 하였으며 그 측정치를 수술 시 측정된 슬개건의

실제 길이와 비교함으로써 그 예측치의 정확도를 확인하고 수술 계획을 세우는데 도움을 주고자 하였다.

본 연구를 통하여 단순방사선 검사가 자기공명영상보다 더 정확하게 실제 슬개건의 길이를 예측할 수 있음을 확인하였으며 특히 회전이 되지 않게 정면으로 찍힌 측면 사진에서 그 설명력이 66.6%로 가장 높았다. 이는 정측면으로 찍은 사진에서 측정된 슬개건의 길이를 통하여 실측치의 66.6%까지는 예측 가능하다고 해석할 수 있다. 가장 좋지 않은 상관관계를 보인 것은 자기공명영상으로 그 설명력은 33.2%에 그치지 못하였다. 단순방사선 검사 및 자기공명영상 모두 관찰자간 신뢰도 및 관찰자내 재현성 평가에서 우수한 일치도를 보여 정확도가 보다 높은 단순방사선 검사가 수술 전 예측 검사로 사용하는 데에 타당한 검사가 될 수 있을 것으로 생각된다. 수술 전 단순방사선 촬영이 정측면상 혹은 사측면상으로 무작위 적으로 촬영이 될 수 있는 점을 고려하여 정측면상에서 측정된 값이 더욱 정확하다는 사실을 주지하여야 할 것이다.

2001년 McAllister 등⁵⁾은 수술전 영상을 통해 슬개건의 길이를 예측하는 방법의 정확성을 보고한 바 있는데 사체 14구에서 30° 굴곡상태의 단순 측면 방사선 영상 및 자기공명영상을 촬영 후 슬개골의 하극(inferior pole)에서부터 경골 결절의 상단(superior aspect of tibial tubercle)까지의 길이를 측정하였다. 단순 측면 방사선에서 측정된 슬개건의 길이를 평균 47.5 mm로 보고하였고 실측한 길이와의 비교에서 결정계수 0.80으로 상당히 높은 일치도를 보고한 바 있다. 자기공명영상 측정

치의 결정계수는 0.43으로 낮게 분석되었으며 슬개건이 약간 사선으로 위치한 경우를 보정한 3D 보정 자기공명영상의 경우 결정계수가 0.65로 약간 상승함을 보고하였다. 자기공명영상 보다는 단순방사선 검사 측정치가 실측치와 상관성이 높은 점은 우리의 연구 결과와 같은 내용이지만 이 연구는 적은 수의 사체에서 연구가 이루어진 단점이 있다.

2009년 Chang 등¹²⁾은 55예의 슬관절에서 자기공명영상을 이용한 측정치를 수술 중에 실측한 길이와 비교하였고 자기공명영상을 이용하여 측정된 슬개건의 길이와 실측치와는 평균 1 mm 정도의 오차가 있었다고 보고했다. 실측치와의 일치도를 ICC 값을 계산하여 분석한 결과 0.96으로 매우 높게 보고한 바 있다. 다만 이 논문에서는 단순방사선 검사 측정은 시행하지 않아 자기공명영상 측정치와의 직접 비교는 이루어지지 않았다. 금번 연구에서는 이보다 많은 수의 환자인 123예의 수술환자에서 자기공명영상에서 측정된 슬개건의 길이와 수술 시 실측한 슬개건의 길이간의 상관관계에서 상관계수는 0.576, 결정계수는 0.332로 양의 상관관계는 있으나 정측면상의 단순방사선촬영보다는 상관관계의 강도가 낮았다. 이는 자기공명영상의 시상면과 슬개건이 주행하는 단면이 서로 일치하지 않아서 생기는 불일치라고 생각되었으며 또한 자기공명 영상이 3 mm 간격으로 촬영됨으로 인해 슬개골 하극의 가장 원위부를 반영하지 못했을 가능성도 있다고 생각된다. 또 하나의 생각해 볼 수 있는 이유로는 수술 중 측정하는 슬개건의 길이가 부정확하였을 수도 있는데 특히 경골 부위의 부착 부위는 상당히 넓은 단면적으로 부착되기 때문에 항상 같은 부분을 측정하려고 노력하였음에도 불구하고 일부 오차가 발생할 수 있으며 이런 오차가 자기공명영상 측정치와의 오차를 유발할 수 있었을 수도 있다. 자기공명영상 측정방법의 오차로는 생각되지 않는 데 이는 다른 여러 논문 및 금번 실험 모두에서 같은 방식으로 슬개건의 길이를 측정하였기 때문이다¹²⁻¹⁴⁾. 특히 한국인에서 측정한 여러 문헌을 살펴보면 자기공명영상에서 촬영한 슬개건의 길이는 평균 40.2 mm¹⁴⁾, 41.9 mm¹²⁾, 중국인의 경우 41.2 mm¹⁵⁾로 금번 논문의 평균 41.7 mm로 큰 차이는 없었다.

전방십자인대 재건술 술기에 대한 최근의 가장 큰 눈점은 단일 다발과 이중 다발 재건술의 결과에 대한 비교¹⁶⁾ 및 경경골 터널로 시행하는 기존의 등척점 대퇴 터널과 최근의 전내측 관절경 입구(anteromedial portal, AMP)로 시행되는 해부학적 대퇴 터널의 임상적 결과 비교일 것이다¹⁷⁻¹⁹⁾. 특히 AMP로 생성하는 해부학적 대퇴 터널의 경우 생역학적으로 더 우수하다는 내용이 보고되고 있으며^{18,20)} 일부 연구에서는 경경골

터널보다 재파열 방지, 불안정성의 감소, 조기 회복 및 임상적인 성적 측면에서 우수하다는 보고도 있어왔다^{17,21)}. 그러나 최근의 계통학적 리뷰에서는 아직 어느 방법이 더 우월하다는 보고를 내리기에는 성급하다는 내용도 있다^{19,22)}. 이는 두 방법의 임상적 결과가 큰 차이가 없다는 전향적 무작위 임상 실험 결과도 있기 때문이다. 또한 자가 골-슬개건-골 이식물을 이용하여 AMP 방식으로 재건술을 시행한 결과도 많이 보고되어 있으며 임상적 결과와 해부학적 정확성 등이 경경골 방식과 비교된바 있다^{17,22,23)}. 대퇴 과간 절흔이 타원형이 아니라 반원형인 점을 고려하면 해부학적 위치 혹은 등척점 위치를 사용함에 따라 재건된 전방십자인대의 관상면 및 시상면 상 경사도가 변하기 때에는 그 길이 또한 차이가 있을 수 있을 것으로 예상된다⁹⁾. 현재 임상에서는 아직까지 두가지 방법 모두 폭넓게 사용되는 중으로 수술전 예측한 슬개건 길이가 시술에 적절한 지에 대한 평가는 각 술자가 어떤 술식을 사용하느냐에 따라 축적되는 경험에 의거하여 적절히 설정하는 것이 필요할 것이다. 향후 정확한 사체 연구 혹은 컴퓨터단층촬영(computed tomography)나 자기공명영상을 이용한 삼차원적 측정 연구를 통하여 두 방법에서 관절내 이식건 길이차가 어느 정도 관찰되는지 후속 연구가 필요 할 것으로 생각된다. AMP 방식의 문제점은 대퇴골 터널의 경사도가 감소하면서 그 길이가 짧아진다는 점인데²⁴⁾ 슬개건이 비정상적으로 긴 경우 대퇴골 터널을 통한 길이 조절에 어려움을 겪을 수 있을 것이며 이는 결과적으로 생역학적인 관점이 아니라 이식의 성공에 또 다른 중요한 요소인 이식물의 고정력의 약화를 초래할 수 있으므로 수술 전에 슬개건의 길이를 정확히 예측할 수 있다면 이런 경우 수술 전에 슬괵근(hamstring tendon) 등 다른 이식물로 교체하는 계획을 세울 수 있을 것이다.

저자들은 본 연구의 결과를 바탕으로 현재는 가장 정확하게 예측할 수 있는 단순방사선 측면치를 이용하여 수술을 미리 계획하고 있다. 보통 슬개건이 예상보다 긴 경우 경골 측 골편이 경골 터널 입구 측으로 튀어나올 수 있는 가능성이 있어 이를 방지하고 최소한 1-2 cm의 깊이로 터널 내에 위치하도록 하는데 목적을 두고 있다. 이를 위하여 첫 번째로는 대퇴 터널을 더 깊게 형성하는 방법을 통하여 쉽게 이식건과 골편을 대퇴 근위부로 집어 넣어 경골 부위에서 튀어나오지 않게 하는 방법을 사용하고 있으며 첫 번째 방법이 여의치 않는 경우 두 번째 방법으로는 이식건을 360°까지 회전하는 방법을 통하여 슬개건을 짧게 만드는 노력을 하고 있다. 이런 노력에도 길게 튀어 나오는 경우 최후의 방법으로 경골 터널을 길게 하기 위하여 경골 터널의 위치를 본래의 해부학적 위치보다

더 후방에 위치시키는 방법을 사용할 수 있으나 이는 생역학적으로 불안정한 슬관절이 발생할 수 있어 사용을 자제해야 하며 실제로 이와 같은 방법으로 교정한 예는 없었다. 이런 방법도 불가능할 가능성이 있는 경우는 다른 이식물을 사용하는 방식도 고려해야 할 것이다.

본 논문의 한계점으로는 단순방사선촬영 시 슬관절 굴곡의 각도가 30°가 되도록 시도하였으나 실제로는 20°에서 50° 정도로 일정치 않아서 굴곡 각도에 따른 편차에 대해 고려하지 않았다는 점을 들 수 있으며 이는 추후 슬관절 굴곡각도에 따른 슬개건의 길이의 차이를 비교함으로써 더 정확한 수술 전 슬개건 길이를 예측할 수 있을 것으로 생각되었다. 다만 최근의 논문에 따르면 완전 신전 및 30° 굴곡 자세에서 찍은 단순방사선 검사에서 측정된 값이 통계적으로 유의한 차이가 없는 것으로 발표되어 굴곡 자세는 큰 영향을 미칠 가능성이 적을 것으로 예측할 수도 있다²⁵⁾. 두 번째 한계점으로 단순방사선 측면 사진상 그 회전 정도에 따라 정측면 및 사측면으로 구분하였는데 모든 환자에서 정측면 및 사측면 사진을 촬영하지 않고 이미 찍힌 측면 사진을 그 회전 정도에 따라 구분한 점이다. 이는 후향적 연구의 한계점으로 전향적으로 같은 사람에게서 정측면 사진과 사측면 사진을 촬영하여 통계적으로 유의한 차이가 나는지 비교 조사가 필요할 것으로 생각된다. 세 번째 한계점으로 단순방사선 검사 촬영 시 정확한 계측을 위한 표식자(marker)를 사용하지 않았으며 따라서 촬영 시 확대 비율에 따라 계측치에 다소 오차가 발생할 수 있는 점이다. 여러 단점에도 불구하고 본 논문의 강점으로는 한국인을 대상으로 실제 수술을 시행하는 적절한 연령 및 관절상태를 가진 환자를 대상으로 측정했다는 점에서 실제 수술에 쓰일 수 있는 기준치를 제시한 점과 많은 수의 환자를 대상(123예)으로 하여 신빙성이 높다는 점을 들 수 있다.

요약하면 자가 골-슬개건-골을 이용한 전방십자인대 재건술 시 이식건-골터널 오류를 예방하기 위해 수술 전 슬개건의 길이를 예측하는 것이 중요하며 사측면상의 단순방사선촬영과 자기공명영상을 통해 계측하는 방법은 수술 시 측정된 길이와 양의 상관관계가 있었으나 정측면상의 단순방사선촬영을 통해 계측한 방법이 가장 높은 상관관계를 보였다.

자가 골-슬개건-골을 이용한 전방십자인대 재건술 시 수술 전 슬개건 길이를 측정하는 방법 중 정측면상의 단순 측면 방사선에서 측정된 슬개건의 길이가 실제 슬개건의 길이를 가장 잘 반영하는 것으로 생각된다.

References

1. Lee JH, Bae DK, Song SJ, Cho SM, Yoon KH. Comparison of clinical results and second-look arthroscopy findings after arthroscopic anterior cruciate ligament reconstruction using 3 different types of grafts. *Arthroscopy* 2010;26:41-9.
2. Prodromos CC, Joyce BT, Shi K, Keller BL. A meta-analysis of stability after anterior cruciate ligament reconstruction as a function of hamstring versus patellar tendon graft and fixation type. *Arthroscopy* 2005;21:1202.
3. Delay BS, Smolinski RJ, Wind WM, Bowman DS. Current practices and opinions in ACL reconstruction and rehabilitation: results of a survey of the American Orthopaedic Society for Sports Medicine. *Am J Knee Surg* 2001;14:85-91.
4. Verma NN, Dennis MG, Carreira DS, Bojchuk J, Hayden JK, Bach BR Jr. Preliminary clinical results of two techniques for addressing graft tunnel mismatch in endoscopic anterior cruciate ligament reconstruction. *J Knee Surg* 2005;18:183-91.
5. McAllister DR, Bergfeld JA, Parker RD, Grooff PN, Valdevit AD. A comparison of preoperative imaging techniques for predicting patellar tendon graft length before cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med* 2001;29:461-5.
6. Choi YJ, Lee KW, Ahn HS, et al. The length of the patellar tendon in normal adults. *J Korean Knee Soc* 2010;22:39-45.
7. Odensten M, Gillquist J. Functional anatomy of the anterior cruciate ligament and a rationale for reconstruction. *J Bone Joint Surg Am* 1985;67:257-62.
8. Gil YC, Park JA, Yang HJ, Lee HY. Anatomy of the femoral attachment site of the anterior cruciate ligament and the posterolateral structures related to the stability of the knee joint. *Korean J Anat* 2008;41:57-65.
9. Bowers AL, Bedi A, Lipman JD, et al. Comparison of anterior cruciate ligament tunnel position and graft obliquity with transtibial and anteromedial portal femoral tunnel reaming techniques using high-resolution magnetic resonance imaging. *Arthroscopy* 2011;27:1511-22.
10. Yoon KH, Bae DK, Ha JH, Park HK, Kwon BK. Revision anterior cruciate ligament reconstruction: cause of graft failure and results of revision surgery. *J Korean Sports Med* 2005; 23:246-50.
11. Bin SI, Kim JC, Kim CM, Youn DJ. Clinical application of N+7 method for the solution of graft: tibial tunnel discrepancy in anterior cruciate ligament reconstruction. *J Korean Knee Soc* 2001;13:62-6.
12. Chang CB, Seong SC, Kim TK. Preoperative magnetic resonance assessment of patellar tendon dimensions for graft

- selection in anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med* 2009;37:376-82.
13. Shabshin N, Schweitzer ME, Morrison WB, Parker L. MRI criteria for patella alta and baja. *Skeletal Radiol* 2004;33:445-50.
 14. Yoo JH, Yi SR, Kim JH. The geometry of patella and patellar tendon measured on knee MRI. *Surg Radiol Anat* 2007;29:623-8.
 15. Wang H, Hua C, Cui H, et al. Measurement of normal patellar ligament and anterior cruciate ligament by MRI and data analysis. *Exp Ther Med* 2013;5:917-21.
 16. Li X, Xu CP, Song JQ, Jiang N, Yu B. Single-bundle versus double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction: an up-to-date meta-analysis. *Int Orthop* 2013;37:213-26.
 17. Alentorn-Geli E, Samitier G, Alvarez P, Steinbacher G, Cugat R. Anteromedial portal versus transtibial drilling techniques in ACL reconstruction: a blinded cross-sectional study at two- to five-year follow-up. *Int Orthop* 2010;34:747-54.
 18. Wang H, Fleischli JE, Zheng NN. Transtibial versus anteromedial portal technique in single-bundle anterior cruciate ligament reconstruction: outcomes of knee joint kinematics during walking. *Am J Sports Med* 2013;41:1847-56.
 19. Chalmers PN, Mall NA, Cole BJ, Verma NN, Bush-Joseph CA, Bach BR Jr. Anteromedial versus transtibial tunnel drilling in anterior cruciate ligament reconstructions: a systematic review. *Arthroscopy* 2013;29:1235-42.
 20. Lim HC, Yoon YC, Wang JH, Bae JH. Anatomical versus non-anatomical single bundle anterior cruciate ligament reconstruction: a cadaveric study of comparison of knee stability. *Clin Orthop Surg* 2012;4:249-55.
 21. Mandal A, Shaw R, Biswas D, Basu A. Transportal versus transtibial drilling technique of creating femoral tunnel in arthroscopic anterior cruciate ligament reconstruction using hamstring tendon autograft. *J Indian Med Assoc* 2012;110:773-5.
 22. Alentorn-Geli E, Lajara F, Samitier G, Cugat R. The transtibial versus the anteromedial portal technique in the arthroscopic bone-patellar tendon-bone anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2010;18:1013-37.
 23. Hantes ME, Zachos VC, Liantis A, Venouziou A, Karantanis AH, Malizos KN. Differences in graft orientation using the transtibial and anteromedial portal technique in anterior cruciate ligament reconstruction: a magnetic resonance imaging study. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 2009;17:880-6.
 24. Bedi A, Raphael B, Maderazo A, Pavlov H, Williams RJ 3rd. Transtibial versus anteromedial portal drilling for anterior cruciate ligament reconstruction: a cadaveric study of femoral tunnel length and obliquity. *Arthroscopy* 2010;26:342-50.
 25. Reeboonlap N, Pongpatarat W, Charakom K. A comparison of lateral radiograph of the knee in extended weight bearing and 30 degrees flexion to predict a patellar tendon length. *J Med Assoc Thai* 2012;95 Suppl 10:S158-62.