

동종건을 이용한 단일다발 및 이중다발 전방십자인대 재건술의 비교 분석

인제대학교 의과대학 서울백병원 정형외과학교실, 인제대학교 의과대학 서울백병원 스포츠메디컬센터*

김덕원 · 이 강 · 김영우 · 양상진* · 서정국 · 김진구

Comparative Analysis of Double Bundle and Single Bundle ACL Reconstruction with Tibialis Anterior Allograft

Deok-Weon Kim, M.D., Kang Lee, M.D., Young Woo Kim, M.D., Sang-Jin Yang, M.S.*, Jeong-Gook Seo, M.D., Jin-Goo Kim, M.D.

Department of Orthopedic Surgery, Inje University Seoul Paik Hospital, Seoul, Korea
Sports Medical Center, Inje University Seoul Paik Hospital, Seoul, Korea*

Purpose: The purpose of this study is to analyze the merits and demerits of double bundle reconstruction and achieve improvements hereafter, by comparing the results of double bundle and single bundle reconstruction using tibialis anterior allograft.

Materials and Methods: Twenty seven patients were divided to undergo either double bundle(n=14) or single bundle(n=13) reconstruction with tibialis anterior allograft tendon. The evaluation methods were AP laxity with KT-2000 arthrometer, isokinetic knee strength measurements, pivot-shift test, IKDC subjective score, Lysholm knee score, Tegner activity score, radiographic evaluations with postoperative MRI, and second look arthroscopy.

Results: Lysholm knee score and Tegner activity score were significantly better in double bundle reconstruction. In pivot-shift test, single bundle reconstruction was evaluated as grade 0 in 10 of the knees, grade 1 in 1, and grade 2 in 2. Double bundle reconstruction was evaluated as grade 0 in 13, and grade 2 in 1. In second look arthroscopy, single bundle was evaluated as excellent in 6 of the knees, fair in 7, anteromedial bundle of double bundle reconstruction was excellent in 13 and fair in 1, and posterolateral bundle was excellent in 4, fair in 9, and poor in 1. There were no significant differences in other evaluations.

Conclusion: Favorable outcome may be expected with double bundle reconstruction of ACL. However there are still need for improvement in terms of reconstruction technique and rehabilitation protocol to reduce PL bundle injury.

KEY WORDS: Anterior cruciate ligament, Posterolateral bundle, Single bundle reconstruction, Double bundle reconstruction, Allograft

서 론

전방십자인대의 파열은 지속적인 슬관절의 불안정을 야기하고, 연골판 손상과 같은 추가 손상이 있을 수 있으며, 추후

관절연골의 퇴행성 변화로 진행될 수 있다^{8,10}. 지난 20년간 전방십자인대 재건술이 널리 시행되어 오면서 수술적 기법에 있어서 많은 발전이 있어 왔다. 최근 해부학적 연구들에 의하면, 전방십자인대는 서로 다른 기능을 가지는 전내측 및 후외측 다발로 구성되어 있음이 밝혀졌다^{17,19}. Gabriel 등⁹과 Zantop 등²⁰에 의하면, 전내측 및 후외측 다발은 상호협력(synergistic)하여 내회전력에 대해 슬관절을 안정화 시키는 데 기여하고, 특히 후외측 다발이 슬관절 신전 시에 전방 전위 및 내회전력의 안정화에 중요한 역할을 한다고 제시하였다.

현재까지 널리 시행되어 오고 있는 단일 다발 재건술은, 전내측 다발의 재건에 초점이 맞추어져 있어 전방 불안정성은 방지할 수 있으나 잔존하는 회전 불안정이 있고, 정상적인 슬

* Address reprint request to
Jin-Goo Kim, M.D.
Department of Orthopedic Surgery, Inje University Seoul Paik Hospital, 85 Joo dong 2-ga, Jung-gu, Seoul, 100-032 Korea
Tel: 82-2-2270-0028, Fax: 82-2-2270-0023
E-mail: boram107@hanmail.net

* 본 논문의 요지는 2008년도 대한관절경학회 춘계학술대회에서 발표되었음.

관절 역학의 복구를 기대하기가 어려우며^{26,27} 술후 퇴행성변화가 진행될 수 있고 술전 활동능력으로의 복귀도 높지 않은 것으로 알려져 있다. 최근의 메타 분석 연구들도 단일다발 재건술의 성공율을 69~90%로 다양하게 보고하고 있다. 이에 전내측 및 후외측 다발을 모두 재건하는 이중다발 전방십자인대 재건술이 최근 많은 술자들에 의해 시행되어 오고 있다^{3,5,9,14,17,28,29}. 그러나 이 술식 또한 저자마다 상이한 위치, 상이한 고정 방식 및 상이한 재할 치료 등으로 표준화된 방식이 제시되지 못하고 있으며 비등장적(nonisometric) 후외측 다발의 위치로 인한 이식건의 부분 파열 등의 문제점이 제기되고 있다³⁰. 따라서 현재까지 임상적으로 단일다발과 이중다발 재건술 중 어느 것이 보다 나은 기법이라고 확실히 정립되지 못하였다. 최근 발표되고 있는 이중다발 재건술 시술에서 사용되고 있는 자가 슬괵전은, 체형이 작은 동양인들의 경우 상대적으로 이식건이 질적으로나 양적으로 전내측 및 후외측 다발을 모두 재건하는데 충분하지 못한 경우가 많아, 본원에서는 이중다발 재건술시, 전경골건을 이용한 동종건 이식술을 시행하고 있다³¹.

이에 본 연구에서는 동일한 이식 건으로서 동종건을 이용한 단일다발 및 이중다발을 이용한 전방십자인대 재건술의 수술 결과를 관절경적, 방사선학적, 임상적으로 비교 분석하여 이중다발 재건술의 장점과 문제점을 분석하여 향후 개선점을 도출하고자 하였다.

대상 및 방법

1. 대상

2006년 3월부터 2007년 3월까지 본원에서 동종건을 이용한 전방십자인대 재건술을 받은 환자들 중 최소 1년 이상 경과 후 임상평가, 자기공명영상 검사 및 2차 관절경 검사를 시행 받은 27명의 환자를 대상으로 하였다. 단일다발 및 이중다발을 각각 13, 14명씩 시행하였으며, 성별은 모두 남성이었고, 평균 연령은 단일다발이 27세(19~60세), 이중다발은 25세(18~47세)이었다. 전방십자인대 재건술 후 2차관절경검사 시행까지 평균 14개월이 소요되었다. 전방십자인대 재건술과 함께 시행한 시술로, 단일다발에서 반월상 연골 부분 절제술이 4예, 반월상 연골 봉합술이 4예, 내측인대 봉합술이 1예,

자가 유래 연골 이식이 1예 있었으며, 이중다발에서는 반월상 연골 부분 절제술이 6예, 반월상 연골 봉합술이 5예, 반월상 연골 이식술이 3예, 자가 유래 연골 이식술이 1예 있었다.

2. 수술 술기

이중다발 재건술은 2개의 경골 터널과 2개의 대퇴 터널을 이용하는 Cha 등³²의 방법을 기본으로 하였다. 전내측 대퇴 터널을 우측 슬관절의 경우 10시(좌측의 경우 2시) 방향에 transtibial 술기를 통해 형성하였고 터널 직경은 8 mm, 후외측 대퇴 터널은 보조적인 전내측 portal (far accessory anteromedial portal)을 통해 9시(좌측의 경우 1시) 방향에 형성하였고 터널 직경은 6 mm로 준비하였다. 모든 수술에서 전경골건을 이용한 동종건 이식을 하였고, 고정 방법은, 전내측 다발은 대퇴골에서는 Rigidfix (DePuy Mitek Inc. Raynham, MA USA)를 이용하였고, 경골에서는 생흡수성 간섭 나사못과 staple을 이용하여 고정하였다. 후외측 다발은 대퇴골에서는 Endobutton (Smith&Nephew Inc. Andover, MA USA)을 이용하였고, 경골에서는 생흡수성 간섭 나사못과 Kurosaka 방식의 post-tic를 하였다. 단일다발 재건술은 이중다발 재건술의 전내측 다발 재건술과 동일한 위치에 동일한 고정방식으로 시술하였다.

3. 임상 평가

전후방 전위 정도는 수술 과정 및 방식에 대한 사전 정보가 없는 1명의 연구자가 KT-2000 관절계(MEDmetric, San Diego, CA USA)를 이용하여 슬관절을 30도 굴곡하여 30N의 힘으로 측정하였다. Pivot shift 검사는 검사자가 슬관절 회전 운동시, 전측과 비교하여 정도의 아탈구(subluxation) 혹은 미끄러짐(glide)이 느껴지는 경우를 1+, 명확한 아탈구(definite subluxation)이 있는 경우를 2+, 아탈구 및 잠김(momentary locking)이 있는 경우를 3+로 판단하였다³³. 근력 검사는 Biodex system III(Biodex Medical Systems, Shirley, NY USA)를 이용하여 사두박근 및 슬괵근의 등속성 최대우력(peak isokinetic torque)을 60도/초 및 180도/초의 각속도에서 전측과 비교 측정하였다. 이외에 Tegner 활동 점수, IKDC(International Knee

Table 1. Clinical evaluation

Tests	Mean ± SD	Mean ± SD	P-value
	Single Bundle	Double Bundle	
Lysholm knee score	87.23 ± 11.50	93.36 ± 9.92	0.033
IKDC* subjective score	80.55 ± 12.96	85.91 ± 13.78	0.105
Tegner activity score	5.23 ± 1.36	6.64 ± 2.21	0.048

(*IKDC : International Knee Documentation Committee)

Documentation Committee) 주관적 점수, 및 Lysholm 슬관절 점수를 측정하였다. 모든 검사는 술전, 술후 3개월, 6개월, 1년에 시행하였다.

4. 2차 관절경 검사

2차관절경 검사를 통한 이식건의 평가는 술후 1년~2년 째에 금속 제거술과 함께 시행 하였는데, Kondo 등¹⁹⁾ 이 이용한 방법으로, 이식건의 굵기와 장력에 이상이 없으면 A등급, 부분파열이 있거나 상대적으로 가는 이식건이 신장되어 있으면 B등급, 이식건의 완전한 파열 혹은 신장이 있으면 C등급으로 하고, 활액막화 범위가 완벽하면 A등급, 부분적이면 B등급, 거의 되지 않은 경우를 C등급 이라고 하였다. A등급은 2점, B등급은 1점, C등급은 0점을 주어, 2가지의 합이 4점일 때 우수(Excellent), 2,3점일 때 보통(Fair), 0,1점일 때 불량(poor)으로 간주하였다.

5. 술후 자기공명 영상 검사

술후 자기공명영상검사는 2차 관절경 검사 전, Siebold 등²⁰⁾이 발표한 자기공명영상 검사를 통한 터널의 확장의 정도를 측정하였다. 각각의 관상면 및 시상면에서 터널 기저부로부터 1센티미터 떨어진 부위에서의 터널의 너비를 구하여, 수술 당시 형성되었던 터널의 너비와 비교하였다.

Table 2. Anterior knee laxity with KT-2000

Method	Mean ±SD (mm)
Single Bundle	1.99 ± 1.06
Double Bundle	1.71 ± 1.34
p-value	0.583

Table 3. Isokinetic performance

Single Bundle	(Mean +SD)	Double Bundle (Mean+SD)	p-value
Extension deficit at 60 degrees	21.50 ± 17.40	16.12 ± 20.16	0.430
Flexion deficit at 60 degrees	17.65 ± 14.66	13.06 ± 21.09	0.239
Extension deficit at 180 degrees	17.28 ± 14.43	15.01 ± 19.19	0.616
Flexion deficit at 180 degrees	8.93 ± 11.44	13.37 ± 14.87	0.519

Table 4. Pivot shift test

Pivot shift grade	0	1	2	3
Single Bundle	10	1	2	0
Double Bundle	13	0	1	0

6. 통계

Lysholm 슬관절 점수, IKDC 주관적 점수, Tegner 활동 점수는 SPSS 11.0 을 이용하여 Mann - Whitney test를 시행하여 p-value 를 구하였고, Pivot shift검사와 2차 관절경 검사는 chi-square test를 시행하였으며, 자기공명영상 검사를 통한 터널 너비의 변화와 2차 관절경 검사상 이식건의 상태를 Spearmann coefficient를 구하여 비교하였다.

결 과

Lysholm 슬관절 점수는 평균값이 단일다발에서 87.23 ± 11.50, 이중다발에서 93.36 ± 9.92 이었고, IKDC 주관적 점수는 단일다발에서 80.55 ± 12.96, 이중다발에서 85.91 ± 13.78 이었으며, Tegner 활동 점수는 단일다발에서 5.23 ± 1.36, 이중다발에서 6.64 ± 2.21로 나타났으며, Lysholm 슬관절 점수와 Tegner 활동 점수는 이중다발 재건술이 통계학적으로 유의한 수준으로 나온 결과를 보여주었다(Table 1). KT-2000을 이용한 전후방 전위 정도는 이중다발이 단일다발 재건술 보다 우수한 결과를 보였으나 통계학적으로 유의한 차이는 없었다 (Table 2). Pivot shift 검사상, 단일다발에서 Grade 0이 10예, 1+가 1예, 2+가 2예 있었으며, 이중다발에서 Grade 0이 13예, 2+가 1예 있었다(Table 3). 60도 및 180도에서의 굴곡 및 신전 결손율은 단일다발과 이중다발 사이에 통계학적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다 (Table 4).

2차 관절경 검사시행상 단일다발에서 우수(excellent)가 6예, 그리고 보통(fair)이 7예 이었다(Fig. 1). 이중다발에서는 전내측 다발은 우수가 13예, 보통이 1예 있었고, 후외측 다발에서는 우수가 4예, 보통이 9예, 불량이 1예로 후외측 다발이 전내측 다발보다 손상이 많은 것으로 나타났다(Fig. 2) (Table 5).

술후 자기공명영상 검사상 대퇴터널의 너비가 수술 당시와 비교하여 전내측 터널에서 평균 49.92%, 후외측 터널에서 34.10% 증가된 것으로 나타났다. 술후 대퇴 터널의 확장과 2차 관절경 검사상 후외측 다발의 상태의 상관관계를 Spearman correlation coefficient를 구하였을 때 0.132로 유의한 관계는 없는 것으로 나타났다(p=0.654).

고 찰

최근까지 발표된 전방 십자 인대 이중다발과 단일다발 재건술을 비교하는 연구들을 살펴보면 전방 불안정성의 결과는 양군 간의 차이에 대한 결과가 다양하나, 대부분 회전 불안정성에 대하여서는 이중다발이 유의하게 우수한 것으로 나타내고 있다^{1),17,22,23)}.

본 연구에서는, 전방십자인대 재건술에 있어 단일 다발 재건술 및 이중 다발 재건술 모두 훌륭한 결과를 보여주고 있다. 양측 방법 모두 술전과 비교하여 전방 및 회전 안정성에 있어 의미 있는 향상이 있었으나, Tegner activity score 와 Lysholm 슬관절 점수, 그리고 pivot shift pattern에 있어 이중다발 시술이 유의하게 우수한 것으로 나타났다. 하지만

전후 불안정성과 근력 회복에 있어서는 양측에 차이가 없었다.

기존의 연구들이 이중다발 재건술에서 전내측 다발을 11시에서 10시30분(1시~1시30분) 방향 사이에 위치시킨 것에 반해, 본 연구에서는 Loh 등¹⁵⁾과 Jepsen 등¹⁶⁾의 연구에 따라, 단일 다발 및 모든 이중 다발 재건술의 전내측 다발의 대퇴 터널을 우측 슬관절의 경우 10시(좌측 2시)방향에 위치시켜 회전 안정력에 향상을 도모하고자 하였다. Streich 등²⁴⁾이 단일 다발 재건술을 10시(2시) 방향에 위치 시킬 경우, 11시(1시) 방향의 전내측 다발과 9시(3시)방향의 후외측 다발을 위치시킨 이중 다발 재건술과 비슷한 결과를 기대할 수 있다고 하였다. 본 연구에서는 이중 다발 재건술에서의 전내측 다발도 10시(2시) 방향에 위치시켜, 이중다발과 단일다발 재건술을, 후외측 다발의 존재를 제외한 모든 상황을 동일하게 하여, 후외측 다발의 존재가 경과에 미치는 영향을 보고자 하였다.

본 연구의 결과, 후외측 다발은 전내측 다발의 고정에 부가하여 회전 안정성에 기여한다고 할 수 있겠다. Kocher 등¹²⁾이 술후 환자 만족도에 전방 전위 정도 보다 pivot shift의 정도(grade)가 관련한다고 하였고, Jonsson 등¹³⁾이 pivot shift 검사 양성인 환자에서 장기 추시 결과, 골관절염 예측이



Fig. 1. Second look arthroscopy of 30 year old male who had undergone single bundle ACL reconstruction; Reconstructed graft with partial laceration and synovial coverage.

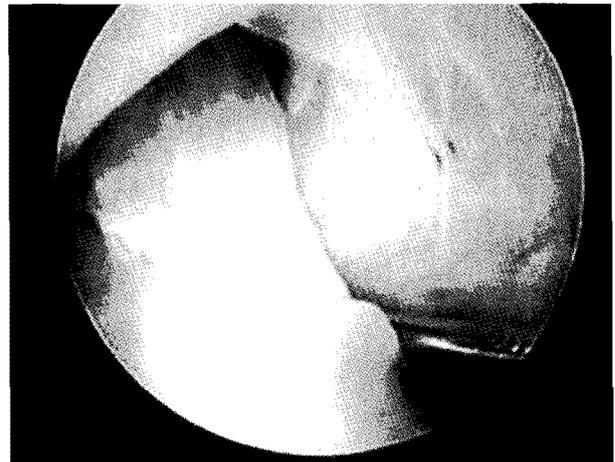


Fig. 2. Second look arthroscopy of 40 year old male who had undergone double bundle ACL reconstruction; AM bundle with no laceration or elongation with sufficient thickness and completely covered synovium, PL bundle with partial laceration and synovial coverage.

Table 5. Second look arthroscopy

Grade	Single bundle	Double bundle	
		AM bundle	PL bundle
Excellent	6	13	4
Fair	7	1	9
Poor	0	0	1

가능하다고 보고하였다. 이러한 보고를 근거로 할 때 전방십자인대 재건술의 목표 중, 회전 안정성의 회복은 중요한 요소라 하겠다. 그러나 아직까지 슬관절의 회전 불안정성에 대한 객관적 평가 방법이 미진하고 pivot shift 검사라고 하는 도수 검사에 의존해야 하는 점 때문에, 여러 연구마다 다양한 결과가 발표되는 것이 아닐까 사료된다.

저자들의 연구에서 2차 관절경 검사 시행상 단일다발과 이중다발의 전내측 다발을 비교할 때 같은 위치, 같은 동종건, 같은 고정 방식 등을 사용하였으나 이중 다발의 전내측 다발의 상태가 우수한 것으로 나타났다. 이러한 차이는 후외측 다발의 기능을 시사하는 소견으로 후외측 다발이 전방 십자인대의 슬관절 내 부하를 나누어 줌으로써, 전내측 다발에 집중되는 스트레스를 분산하는 효과가 있음을 시사한다 하겠다. 단, 후외측 다발 이식전의 상태가 전내측 다발보다 불량한 것을 고려할 때¹⁰⁾, 이러한 관찰은 이중 다발이 서로 기능적인 보완을 하는데 있어 후외측 다발에 좀더 많은 부하가 걸림을 시사한다. 따라서 이중 다발 재건술을 시행함에 있어 향후 후외측 다발의 과도한 스트레스의 집중을 해소하는 방안의 개발이 필요하다고 하겠다.

본 연구에서는 술후 자기공명영상 검사상, 50%에서 각각의 경골 터널이 경골 편평부 하방에서 서로 통해 있어 너비의 측정이 불가능하여 대퇴 터널의 너비만 측정하였다. 전내측 대퇴 터널과 단일다발 재건술에서의 대퇴 터널의 너비의 변화를 비교할 때 통계학적으로 유의한 차이는 없으나 평균값으로 볼 때 이중다발 재건술에서 터널의 너비변화가 적은 것으로 보아, 추후 술후 2년 째 추시 및 더 많은 환자를 대상으로 한 평가가 필요하겠다.

본 연구의 제한점은 환자의 숫자가 적고, 추시기간이 제한적이며, 회전운동에 대한 객관적 검사를 위한 도구가 마련되지 못하였으며, 후향적 연구라는 점을 들 수 있다. 또한 자가건을 이용한 재건술이 생물학적 치유면에서 동종건 이식에 비해 우수하다고 알려져 있으나 이중다발 재건술시 충분한 두께의 자가건을 얻지 못하는 경우가 있어 본 연구에서는 흔히 사용하는 자가 슬픽건 단일다발과 이중다발의 비교를 하지 못한 점을 들 수 있다.

결 론

동종건을 이용한 전방 십자인대 단일다발 및 이중 다발 재건술은 모두 임상적으로 만족할만한 결과를 보이고 있으나 Tegner활동도, Lysholm 점수 등에서 이중 다발 재건술이 의미 있게 좋은 결과를 보였다. 이차 관절경 검사 및 MRI 검사에 있어서 동일한 위치에 고정된 단일 다발 및 이중 다발 중 전내측 다발의 비교에서는 이중다발의 경우가 좀더 좋은 결과를 보였으나 후외측 다발의 손상이 많았다. 이중다발 재건술은 젊고 활동적인 환자에게서 좋은 결과를 기대할 수 있는 수술적 방법이나 후외측 다발의 손상을 줄일 수 있는 수술 및

재활 방법의 개선을 요한다.

REFERENCES

- 1) Amis AA and Dawkins GP: Functional anatomy of the anterior cruciate ligament. Fibre bundle actions related to ligament replacements and injuries. *J Bone Joint Surg Br*, 73(2): 260-7, 1991.
- 2) Anderson AF, Rennert GW, and Standeffer WC Jr: Clinical analysis of the pivot shift tests: description of the pivot drawer test. *Am J Knee Surg*, 13(1): 19-23; discussion 23-4, 2000.
- 3) Belisle AL, Bicos J, Geaney L, et al.: Strain pattern comparison of double- and single-bundle anterior cruciate ligament reconstruction techniques with the native anterior cruciate ligament. *Arthroscopy*, 23(11): 1210-7, 2007.
- 4) Cha PS, Brucker PU, West RV, et al.: Arthroscopic double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction: an anatomic approach. *Arthroscopy*, 21(10): 1275, 2005.
- 5) Fu FH, Shen W, Starman JS, Okeke N, and Irrgang JJ: Primary Anatomic Double-Bundle Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Preliminary 2-Year Prospective Study. *Am J Sports Med*, 2008.
- 6) Gabriel MT, Wong EK, Woo SL, Yagi M, and Debski RE: Distribution of in situ forces in the anterior cruciate ligament in response to rotatory loads. *J Orthop Res*, 22(1): 85-9, 2004.
- 7) Harner CD, Baek GH, Vogrin TM, Carlin GJ, Kashiwaguchi S, and Woo SL: Quantitative analysis of human cruciate ligament insertions. *Arthroscopy*, 15(7): 741-9, 1999.
- 8) Jacobsen, K: Osteoarthritis following insufficiency of the cruciate ligaments in man. A clinical study. *Acta Orthop Scand*, 48(5): 520-6, 1977.
- 9) Jarvela T, Moisala AS, Sihvonen R, Jarvela S, Kannus P, and Jarvinen M: Double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction using hamstring autografts and bioabsorbable interference screw fixation: prospective, randomized, clinical study with 2-year results. *Am J Sports Med*, 36(2): 290-7, 2008.
- 10) Jepsen CF, Lundberg-Jensen AK, and 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*, 23(12): 1326-33, 2007.
- 11) Jonsson H, Riklund-Ahlstrom K, and Lind J: Positive pivot shift after ACL reconstruction predicts later osteoarthritis: 63 patients followed 5-9 years after surgery. *Acta Orthop Scand*, 75(5): 594-9, 2004.
- 12) Kocher MS, Steadman JR, Briggs KK, Sterett WI, and Hawkins RJ: Relationships between objective assessment

- of ligament stability and subjective assessment of symptoms and function after anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med*, 32(3): 629-34, 2004.
- 13) **Kondo E and Yasuda K**: Second-look arthroscopic evaluations of anatomic double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction: relation with postoperative knee stability. *Arthroscopy*, 23(11): 1198-209, 2007.
 - 14) **Kondo E, Yasuda K, Azuma H, Tanabe Y, and Yagi T**: Prospective Clinical Comparisons of Anatomic Double-Bundle Versus Single-Bundle Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Procedures in 328 Consecutive Patients. *Am J Sports Med*, 2008.
 - 15) **Loh JC, Fukuda Y, Tsuda E, Steadman RJ, Fu FH, and 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*, 19(3): 297-304, 2003.
 - 16) **McDaniel WJ Jr and Dameron TB Jr**: The untreated anterior cruciate ligament rupture. *Clin Orthop Relat Res*, (172): 158-63, 1983.
 - 17) **Muneta T, Koga H, and Mochizuki T, et al.**: A prospective randomized study of 4-strand semitendinosus tendon anterior cruciate ligament reconstruction comparing single-bundle and double-bundle techniques. *Arthroscopy*, 23(6): 618-28, 2007.
 - 18) **Otsubo H, Shino K, Nakamura N, Nakata K, Nakagawa S, and Koyanagi M**: Arthroscopic evaluation of ACL grafts reconstructed with the anatomical two-bundle technique using hamstring tendon autograft. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 15(6): 720-8, 2007.
 - 19) **Sakane M, Fox RJ, Woo SL, Livesay GA, Li G, and Fu FH**: In situ forces in the anterior cruciate ligament and its bundles in response to anterior tibial loads. *J Orthop Res*, 15(2): 285-93, 1997.
 - 20) **Seon JK, Song EK, Bac BH, et al.**: Kinematic study following double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction. *Int Orthop*, 31(5): 623-8, 2007.
 - 21) **Siebold R**: Observations on bone tunnel enlargement after double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy*, 23(3): 291-8, 2007.
 - 22) **Siebold R, Dehler C, and Ellert T**: Prospective randomized comparison of double-bundle versus single-bundle anterior cruciate ligament reconstruction. *Arthroscopy*, 24(2): 137-45, 2008.
 - 23) **Streich NA, Friedrich K, Gotterbarm T, and Schmitt H**: Reconstruction of the ACL with a semitendinosus tendon graft: a prospective randomized single blinded comparison of double-bundle versus single-bundle technique in male athletes. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*, 16(3): 232-8, 2008.
 - 24) **Tejwani SG, Shen W, and Fu FH**: Soft tissue allograft and double-bundle reconstruction. *Clin Sports Med*, 26(4): 639-60, 2007.
 - 25) **Yagi M, Kuroda R, Nagamune K, Yoshiya S, and Kurosaka M**: Double-bundle ACL reconstruction can improve rotational stability. *Clin Orthop Relat Res*, 454: 100-7, 2007.
 - 26) **Yagi M, Wong EK, Kanamori A, Debski RE, Fu FH, and Woo SL**: Biomechanical analysis of an anatomic anterior cruciate ligament reconstruction. *Am J Sports Med*, 30(5): 660-6, 2002.
 - 27) **Yasuda K, Kondo E, Ichiyama H, Tanabe Y, and Tohyama H**: Clinical evaluation of anatomic double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction procedure using hamstring tendon grafts: comparisons among 3 different procedures. *Arthroscopy*, 22(3): 240-51, 2006.
 - 28) **Zantop T, Diermann N, Schumacher T, Schanz S, Fu FH, and Petersen W**: Anatomical and nonanatomical double-bundle anterior cruciate ligament reconstruction: importance of femoral tunnel location on knee kinematics. *Am J Sports Med*, 36(4): 678-85, 2008.

초 록

목적: 본 연구의 목적은 동종건을 통한 단일다발 및 이중다발 전방십자인대 재건술의 수술 결과를 관절경적, 방사선학적, 임상적으로 비교 분석하여 이중 다발 재건술의 장점과 문제점을 분석하여 향후 개선점을 도출하는데 있다.

대상 및 방법: 동종건을 이용한 전방십자인대 재건술을 시행 받은 환자들 중 최소 1년 이상의 관찰이 가능하였던 27명의 환자를 대상으로 전후방 전위 정도, Pivot shift 검사, 사두박근 및 슬괵근의 등속성 최대우력, Tegner 활동 점수, IKDC 주관적 점수, 그리고 Lysholm 슬관절 점수를 측정하였고, 술후 1년에서 2년사이에 자기공명영상 및 2차 관절경 검사를 시행하였다.

결과: Lysholm 슬관절 검사는 평균값이 단일다발에서 87.23 ± 11.50 , 이중다발에서 93.36 ± 9.92 ($p=0.033$), IKDC 주관적 검사는 단일다발에서 80.55 ± 12.96 , 이중다발에서 85.91 ± 13.78 ($p=0.105$), Tegner 활동 검사는 단일다발에서 5.23 ± 1.36 , 이중다발에서 6.64 ± 2.21 ($p=0.048$)이었다. Pivot shift검사상 단일다발에서 Grade 0 이 10예, 1+가 1예, 2+가 2예 있었으며, 이중다발에서 Grade 0이 13예, 2+가 1예 있었다. 60도 및 180도에서의 굴곡 및 신전 결손율은 단일다발과 이중다발사이에 통계학적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다. 2차관절경 검사 시행상 단일다발에서 우수(excellent)가 6례, 그리고 보통(fair)이 7례 있었다. 이중다발에서는 전내측 다발은 우수가 13예, 보통이 1예, 후외측 다발에서는 우수가 4예, 보통이 9예, 불량이 1예로 후외측 다발이 전내측 다발보다 손상이 많은 것으로 나타났다.

결론: 이중다발 재건술은 젊고 활동적인 환자에게서 좋은 결과를 기대할 수 있는 수술적 방법이나 후외측 다발의 손상을 줄일 수 있는 수술 및 재활 방법의 개선을 요한다.

색인 단어: 전방십자인대, 후외측 다발, 단일다발 재건술, 이중다발 재건술, 동종건