

동종 반월상 연골 이식술 후 임상적 결과 및 운동력 회복

초당대학교 간호학과¹, 원광대학교 의과대학 정형외과학교실², 원광의과학연구소³

김광미¹ · 전철홍^{2,3} · 정기준^{2,3}

Meniscal Allograft Transplantation - Clinical Results and Recovery of Sports Activity -

Kwang Mee Kim, PhD¹, Churl Hong Chun, MD^{2,3}, Ki Joon Jeong, MD^{2,3}

¹Department of Nursing, Chodang University, Muan, ²Department of Orthopedic Surgery, Wonkwang University Hospital, Wonkwang University School of Medicine, ³Wonkwang Institute of Medical Science, Iksan, Korea

The purpose of this study was to evaluate the clinical results and recovery of sports activity in patients who received meniscal allograft transplantation. From December 1999 to May 2009, we selected 36 cases out of 38 cases who received meniscal transplantation using fresh frozen allograft. The mean age was 33.8 years (range: 17-50 years) and the mean follow up was 68.8 months (range: 12-142 months). Clinical results were evaluated with knee assessment scoring system (KASS), Lysholm knee score and International knee Documentation Committee. The information of quadriceps and hamstrings strength recovery was obtained using Tegner activity scale, Tegner activity score and Biodex system II (Biodex, USA), and it was used to evaluate the recovery of sports activity. The average KASS score was increased from 61.7 preoperatively to 83.8 postoperatively. The average Lysholm score was increased from 77.7 preoperatively to 87.7 postoperatively. Also, Tegner activity scale, Tegner activity score and the recovery of quadriceps and hamstrings increased at 1year after surgery. In knee joint position sense, the proprioception increased compared to preoperational count. We propose the meniscal allograft transplantation is one of a proper treatment after subtotal or total meniscectomy, which can significantly relieve pain and improve function of the knee joint.

Key Words: Knee joint, Meniscus, Allograft meniscal transplantation

서론

반월상 연골은 체중부하, 충격의 흡수, 슬관절의 윤활 작용, 안정성 제공 및 관절연골의 영양공급 등의 기능을 수행함으로써 슬관절 기능에 매우 중요한 구조물이다. 그러나 연골판

손상 시 아전 또는 전 전제술을 시행한 경우 반월상 연골판으로 전달되는 스트레스가 연골로 직접 전달되기 때문에 퇴행성 변화의 발생 가능성이 높다^{1,2)}. 이러한 반월상 연골 손상에 대한 치료로써 반월상 연골 봉합술, 동종 반월상 연골 이식술, 자가 슬개하 지방 또는 슬개건을 이용한 이식술 및 Scaffold와 세포 배양을 이용한 반월상 연골 이식술 등이 이용되고 있으며³⁾, 이 중 아전 또는 전 전제술을 시행 받은 후 지속적인 통증이 있는 환자에 대해 연골판 이식술이 시행되었다^{4,5)}. 연골판 이식술의 단기 추시 임상적 결과는 양호하다고 보고되고 있으며⁶⁾, 중기 추시상 통증을 줄일 수 있는 치료의 한 방법으로 권장되고

접수: 2010-9-9 수정: 2010-10-25 승인: 2010-12-1

책임저자: 전 철 홍

570-711, 전북 익산시 신원동 344-2번지

원광대학병원 정형외과

Tel: 063-859-1360, Fax: 063-852-9329

E-mail: cch@wonkwang.ac.kr

있다⁷⁸⁾. 그러나 운동력 회복에 대해서는 아직까지 보고된 바가 거의 없다.

이에 저자들은 동종 반월상 연골판 이식술을 시행한 후 임상적 결과와 운동력 회복정도를 알아보고자 하였다.

연구 방법

1. 연구 대상 및 수술방법

1999년 12월부터 2009년 5월까지 동종 반월상 연골판 이식술을 시행한 총 38예를 대상으로 하였다. 이 중 1예에서는 연골판 이식술 2년 후 양동이 손잡이형 파열이 발생하여 이식된 연골판에 대해 전절제술을 시행하였고, 1예에서는 연골판 이식술 1년 7개월 후 복합파열이 발생하여 아전절제술을 시행하여 본 연구에서 제외하여, 총 36예를 조사하였다. 모든 환자는 이식술 전 반월상 연골판 아전 혹은 전절제술을 시행받았다. 외측 반월상 연골판 24예, 내측 반월상 연골판이 12예였으며, 환자의 평균연령은 33.8세(범위: 17-50세)였고 남자가 26예, 여자가 10예였다. 평균 추시기간은 반월상 연골판 이식술 후 68.8개월(범위: 12-142개월)이었으며, 연골판 아전 혹은 전절제술 시행한 원인 질환으로 외상으로 인한 복합 파열이 23예, 오래된 양동이 손잡이형 파열 7예였고, 파열이 동반된 원판형 연골판 6예였다. 동반된 인대손상으로는 전방십자인대 파열이 14예, 후방십자인대 파열이 2예였으며, 이 중 후방십자인대 파열 1예에 대해서는 보조기를 이용한 보존적 치료 시행하였고, 전방십자인대 파열 14예와 후방십자인대 파열 1예에 대해서는 신선 동결 아킬레스 동종건(fresh frozen Achilles allograft)

을 이용하여 인대 재건술을 시행하였는데, 그 이유는 아킬레스 동종건을 이용한 전방십자인대 재건술 후 조직학적으로 좋은 결과가 보고되고 있으며⁹⁾, 최근 Sun 등¹⁰⁾은 평균 5.6년 추시상 동종건과 이식건을 이용한 전방십자인대 재건술 후 양군에서 모두 만족스러운 결과를 보여 이식건이 동종건을 대체 할 수 있을거라고 보고하고 있어 이를 토대로 환자의 동의 하에 아킬레스 동종건을 이용하였다. 그 후 외측 반월상 연골판은 6개월, 내측 반월상 연골판은 1년간의 재활치료 후, 동종 반월상 연골판 이식술을 시행하였으며, 동종 반월상 연골판 이식술을 시행하는 적절한 적응증으로 반월상 연골판 아전 혹은 전절제술을 시행 후 지속되는 관절면의 동통을 호소하고, 조기 연골 변화를 보이며, 정상적인 해부학적 정렬을 가진 안정된 슬관절을 선택하였다. 관절염 정도는 방사선 소견과 관절경 소견으로 판단하였고, Outerbridge 분류상 2등급 이하의 관절염을 보이는 환자를 대상으로 하였다. 연골판의 크기 측정을 위해 Pollard 방법¹¹⁾을 이용하였다. 이를 위해 단순 방사선 사진은 mm 표시된 자를 방사선 필름 카테터에 고정 후 정전·후면과 측면사진을 cone down 영상을 촬영하여 근골격계 방사선 전문의에 의뢰하여 이식 연골판의 크기를 결정하였으며, 동일한 크기의 신선 동결 동종 반월상 연골판(RTI[®], RTI Biologies, Inc., Alachua, FL, USA)을 이식하였다.

외측 반월상 연골판은 골교(bone bridge) 방법으로, 내측 반월상 연골판은 양 골 조각(double bone plug)방법으로 고정하였으며, 정리된 이식 연골판 변연부는 5 mm 간격으로 비흡수성 봉합사를 이용하여 모두 12-15개의 봉합을 실시하였다(Fig. 1).

술 후 1일째 0°에서 90°까지 수동적 관절운동과 대퇴사두근

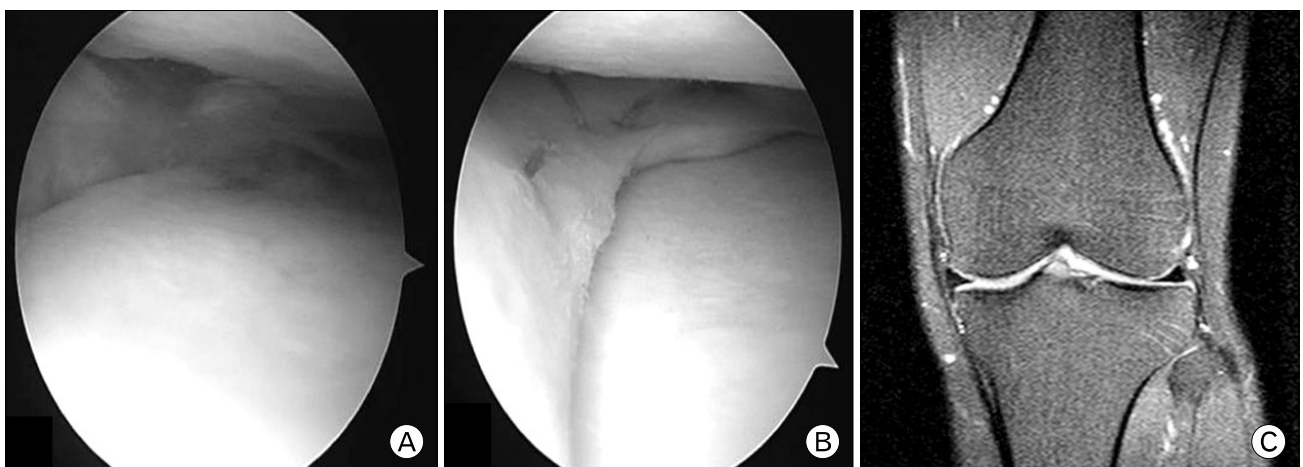


Fig. 1. Arthroscopic findings shows. (A) Total menisectomy state. (B) Postoperative finding of meniscal transplantation. (C) MRI at 21 months after meniscal transplantation shows no evidence of meniscal tear or extrusion.

및 슬관절의 근력 강화 운동을 시작하였다. 첫 6주간은 목발과 보조기 착용하에 부분 체중부하를 하였고 6주 이후에 보조기 제거 후 완전 체중부하를 실시하였다. 8주에서 12주까지는 목발 없이 완전 체중부하를 하였고, 능동적 관절운동 및 자전거 타기 운동을 시작하였으며, 12주 이후부터는 조깅과 달리기를 시작하며, 점차 근력 운동 강도를 높여 점진적인 스포츠 활동으로의 복귀를 허용하였다.

2. 평가 방법

슬관절의 임상적, 기능적 평가를 위해 수술 전과 최종 추사에서 Knee assessment scoring system (KASS)¹²⁾, Lysholm knee score, International knee Documentation Committee (IKDC), Tegner activity scale¹³⁾ 및 Tegner activity score을 측정하여 비교하였다. KASS은 슬관절 기능에 대해 주관적과 객관적인 데이터를 통해 평가하는 방법으로 수술 전과 비교하여 10점 이상 향상되었거나, 75점 이상인 경우 성공(successful)으로 평가하였으며, Lysholm knee score는 95점 이상이 우수, 84-94점이 양호, 65-83점이 보통, 65점 미만을 불량으로 정의하였다. IKDC의 경우는 주관적 평가, 임상 증상, 관절운동, 인대 안정성, 방사선적 기준에 따라 각각 A (normal), B (near normal), C (abnormal), D (severe abnormal)의 항목으로 구분하였다. Tegner activity score는 환자의 스포츠 활동력 정도를 측정한 것으로 10점을 최대 점수로 하였고, Tegner activity scale은 각각의 스포츠 활동력에 해당하는 등급으로 분류하였다.

Biodex System II (Biodex, New York, NY, USA)를 이용하여 슬관절 신전근과 굴곡근의 근력을 수술전에 건측 및 환측에 대해 측정하고 수술 후 1년째 다시 건측과 환측에 대해 측정하여 회복정도를 비교 평가하였으며, 90°/s 및 180°/s의 각속도에서 실시하였고 측정된 신전근 및 굴곡근의 최대 우력(peak torque)과 전체 일량(total work)의 건측에 대한 환측의 결손율(%)을 비교하여 분석하였다. 슬관절 위치 감각(assessment of knee joint position sense)에 대해서도 측정하였는데 이는 측정할 슬관절을 dynamometer의 축과 일치선이 되게 하고 대퇴부와 하지를 움직이게 않게 잘 고정시킨 뒤, 70° 굴곡과 30° 굴곡에서 시행하였으며, 환자에게 반바지를 입혀 피부로의 감각 입력을 최소화하고 눈가리개를 사용하여 눈의 정보를 차단하였으며 최대한 조용한 환경에서 평가를 시행하였다. 능동적 위치 감각 평가는 환자의 슬관절을 측정기에 의해 수동적으로 70°로 굴곡하게 하여, 이 위치를 5초간 유지한 후 수동적으로 슬관절을 완전 굴곡시킨 후, 능동적으로 신전시켜 다시 70° 굴곡 상태에 도달했다고 느끼면 멈춤 버튼을

누르게 하였고, 양측 슬관절에서 각각 3번 반복 시행하여 평균 값을 계산하였다. 30° 굴곡 상태에서도 동일한 방법으로 측정하였고, 수동적 위치 감각 평가는 능동적 위치 감각 평가와 방식은 동일하나 dynamometer에 의해 초당 2°씩 수동적으로 신전시키면서 시행하였다. 결과에 대한 통계 처리는 SPSS ver. 13.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용한 Wilcoxon signed test를 이용하여 p-value가 0.05 미만인 경우를 통계적으로 유의하다고 판정하였다.

결 과

1. 임상적 결과

KASS score는 술 전 평균 61.7점(범위: 34-80점)에서 술 후 평균 83.8점(범위: 61-95점)으로 호전되었으며($p<0.05$), Lysholm knee score는 술 전 평균 77.7점(범위: 48-79점)에서 술 후 평균 87.7점(범위: 63-97점), Tegner activity score는 술 전 평균 3.1점(범위: 2-5점)에서 술 후 평균 6.7점(범위: 4-8점)으로 향상되었다($p<0.05$) (Table 1). IKDC 점수는 수술 전 group C 22예, group D 14예이었으나, 추시 관찰상 group A 13예, group B 19예 group C 4예 group D 0예다(Table 2). Tegner activity scale은 6단계 7예, 5단계 17예, 4단계 9예, 3단계 3예로 조사되었다(Table 3). 최종 추시상 반월상 연골판 이식술을 시행하기 전과 동일한 스포츠로의 복귀가 26예(72.2%)에서

Table 1. Clinical results according to KASS, Lysholm knee score and Tegner activity score ($p<0.05$)

	Preoperative	Postoperative (last F/U)
KASS score	61.7 (34-80)	83.8 (61-95)
Lysholm knee score	77.7 (48-79)	87.7 (63-97)
Tegner activity score	3.1 (2-5)	6.7 (4-8)

KASS: knee assessment scoring system, F/U: follow-up.

Table 2. Clinical results according to IKDC

	Preoperative	Postoperative (last F/U)
Group A	0	13
Group B	0	19
Group C	22	4
Group D	14	0

IKDC: International Knee Documentation Committee, F/U: follow-up.

Table 3. Tegner activity scale

Activity scale	Recreational sports	No. of patient
VI	Tennis and badminton	7
V	Jogging	17
IV	Cycling	9
III	Swimming	3
0-II	Walking only	0

No.: number.

Table 4. Deficit percent of peak torque and total work: quadriceps and hamstrings ($p < 0.05$)

Group	Angular velocity (°/s)	Preoperative		Postop (1 y)	
		PT (%)	TW (%)	PT (%)	TW (%)
Quadriceps	90	48.2	56.4	18.1	17.4
	180	38.6	42.8	12.2	13.8
Hamstrings	90	37.6	47.8	13.2	16.2
	180	32.4	38.8	10.8	14.2

PT: peak torque, TW: total work.

가능하였으며, 33예의 환자가 수술 결과에 만족하였고, 3예에서 체중부하 시 통증을 호소하였다.

2. Biodex system을 이용한 슬관절 신전근과 굴곡근의 근력회복 평가 및 슬관절 위치 감각 평가

수술 전과 수술 후 1년째 Biodex system II을 이용한 대퇴사두근과 슬괵건의 근력회복 측정상 대퇴사두근의 경우 90°/s의 각속도에서 최대 우력의 결손은 수술 전 48.2%에서 수술 후 18.1%로 호전되었고, 전체 일량의 결손은 수술 전 56.4%에서 수술 후 17.4%로 호전되었다. 180°/s의 각속도에서 대퇴사두근의 최대 우력의 결손은 수술 전 38.6%에서 수술 후 12.2%로, 전체 일량의 결손은 수술 전 42.8%에서 수술 후 13.8%로 호전되었다. 슬괵건의 경우 90°/s의 각속도에서 최대 우력의 결손은 수술 전 37.6%에서 수술 후 13.2%로 호전되었고, 전체 일량의 결손은 수술 전 47.8%에서 수술 후 16.2%로 호전되었다. 180°/s의 각속도에서 슬괵건의 최대 우력의 결손은 수술 전 32.4%에서 수술 후 10.8%로, 전체 일량의 결손은 수술 전 38.8%에서 수술 후 14.2%로 호전되었다($p < 0.05$) (Table 4). 슬괵건/대퇴사두근 비율(hamstring/quadriceps ratio)은 90°/s 및 180°/s에서 각각 수술 전 0.52, 0.69에서 수술 후 1년째 0.64, 0.73으로 측정되었다.

능동적 슬관절 위치 감각평가는 70° 굴곡에서는 술 전에는 65.57° 였으나 술 후 1년 뒤에는 68.90°이었고, 30° 굴곡에서는 술 전에는 27.20°에서 술 후 1년 뒤에는 30.04°였다. 수동적

Table 5. Assessment of knee joint position sense using by Biodex system II (Biodex) ($p=0.062$)

	Preoperative (°)	Postoperative (1 y) (°)
Active 30° flexion	27.20	30.04
Active 70° flexion	65.57	68.90
Passive 30° flexion	27.02	32.20
Passive 70° flexion	64.17	72.27

슬관절 위치 감각평가는 70° 굴곡에서는 술 전에는 64.17° 였으나, 수술 후 1년 뒤에는 72.27° 였다. 30° 굴곡에서는 술 전에 27.02° 였으나, 수술 1년 뒤에는 32.20°였다(Table 5). 이에 술 후 위치 감각이 향상된 소견을 보였으나, 이러한 평균값의 차이는 통계학적으로 유의하지 않았다($p=0.062$).

고 찰

반월상 연골은 슬관절의 정상 기능을 유지하는데 중요한 역할을 한다. 이러한 반월상 연골에 일부분만 결손이 있어도 반월상 연골 기능에 영향을 미치게 된다. Fairbank²⁾는 반월상 연골 절제술 후에 관절의 퇴행성 변화를 일으킨다고 하였으며, Schimmer 등¹⁴⁾은 이러한 퇴행성 변화가 임상적 결과에 가장 중요한 요인이 된다고 하였다. 따라서, 현재 반월상 연골의 손상에 대한 치료는 봉합술, 부분 절제술 등의 연골을 보전할 수 있는 술기가 보편화되어 있다. 그러나 반월상 연골을 보전하기 힘든 경우 퇴행성 변화를 방지하기 위해서 반월상 연골 이식술이 시행되어져 왔으며, 추시 결과가 양호하다는 보고가 많이 되어져 왔다¹⁵⁻¹⁷⁾.

Milachowski 등¹⁸⁾이 단독 반월상 연골 이식술 후 86%의 성공률을 보고한 이래 단기 추시에서 좋은 결과들이 보고되고 있으며, 특히 통증완화 효과가 있는 것으로 알려져 있다¹⁹⁾. 또한 장기 추시에서는 Verdonk 등¹⁷⁾이 10년 추시상 내측 반월상 연골판 이식 실패가 28%, 외측 반월상 연골판 이식 실패가 16%로 양호한 임상적 결과를 보고 하였다.

반월상 연골의 성공적인 이식을 위해서는 적절한 크기의 이식물 선정과 정확한 해부학적 위치에 견고하게 고정하는 것이 중요하다. 이식 연골판 크기 측정 방법은 방사선 사진, 컴퓨터 단층촬영, 자기공명영상촬영 등이 있으나, 현재까지도 정확한 측정방법에 대해서는 일치된 보고가 없었다^{11,16,20,21)}. 최근 보고에서 자기공명영상 측정 기술이 보다 정확하다 하였으나, 실제 크기의 2 mm 이내로의 측정은 35%밖에 되지 않는다고 하였다²¹⁾. 연골판의 크기와 방사선 상 골 경계표 사이에

일관된 연관성이 증명되면서 정 전·후면 및 정 측면 방사선상 측정이 많이 이용되었으나, 연골판 길이 및 넓이가 경골 고평부의 넓이와 연관성이 다양하기 때문에 주의를 요한다고 하였다¹¹⁾. 본 연구에서는 연골판 크기와 관련된 합병증은 관찰되지 않았는데, 그 이유는 이식 연골판 크기를 방사선으로 측정할 때 확대에 의한 오차를 줄이기 위해 mm 표시된 자를 방사선 카세트에 부착 후 촬영하였고, 경골의 고평부 넓이를 정확하게 측정하기 위해서 cone down 영상을 촬영하여 측정하였으며, 또한 수술장에서 연골판의 크기를 재차 측정하였던 것이 중요했던 것으로 생각된다. 그러나 임상적인 결과로만 평가하였고, 추시 자기공명영상 검사를 모든 환자를 대상으로 시행하지 못했다는 것은 한계점으로 생각된다.

이식 연골판 고정 방법 중 연부 조직 고정방법은 정상 경골 접촉 압박력을 회복할 수 없으며, 골 조각 고정방법이 높은 하중 전달 및 안정성이 우수하다고 보고되었다^{4,15,22)}. Rodeo⁴⁾는 후각에 전달되는 하중이 높고, 퇴행성 변화와 파열이 잘 발생할 수 있기 때문에 골 조각 또는 골교 고정방법으로 견고한 고정을 해야 되고, 변연부를 관절막에 안정되게 고정해야 한다고 하였다. 특히 전방 십자인대 재건술을 내측 반월상 연골판 이식과 동시에 시행할 경우 경골 터널을 내측으로 이동하여 내측 이식 연골판의 전·후각의 골 조각이 중심에 위치하고, 외측 반월상 연골판을 동시에 이식할 경우 골교를 열쇠구멍 고정방법(key-hole method)으로 고정을 하는 것이 좋은 방법이라고 보고하였다. 본 저자들도 내측 반월상 연골판은 골 조각 고정방법으로, 외측 반월상 연골판은 골교 고정방법으로 견고한 고정을 얻을 수 있었으며, 변연부를 5 mm 간격으로 8개씩 관절막에 고정하였다. 이식 연골판의 성공적인 혈관화가 이루어지기 위해서는 술 전 부정 정렬이 교정이 되어야 하고, 관절 불안정성이 없어야 이식 연골판이 높은 하중을 견딜 수 있다고 하였다²³⁾. 본 연구에서는 술 전에 부정 정렬이 있는 경우 연골 이식술 적응증에서 제외하였으며, 동반된 전방십자인대 파열 및 후방십자인대 파열에 대해서는 반월상 동종 이식술 시행에 앞서 인대 재건술을 시행하였다.

동종 반월상 연골 이식술 후 운동력 회복을 보기 위해서 저자들은 수술 전과 수술 후 1년째에 Biodex dynamometer를 이용한 대퇴사두근과 슬괵건의 등척성 검사를 시행하였다. 슬관절에 병변이 존재하는 경우 이차적인 변화로 근력 약화가 발생할 수 있으며, 이는 치료에 따른 고정이나 통증 등에 의하여 환측 하지의 사용을 기피함으로써 더욱 약화를 초래할 수 있다²⁴⁾. Biodex dynamometer를 이용한 대퇴사두근과 슬괵건의 등척성 검사²⁵⁾는 양측 하지의 근력이 비슷해질 때 운동

복귀를 결정할 수 있는 기준이며, Tibone 등²⁶⁾은 양 하지의 근력 차이를 극복하는 것이 재활의 목표가 되어야 한다고 하였다. 그러나, 최대 우력이 직접적으로 슬관절의 기능을 나타내는 기준이 아니며, 슬관절의 신전근이나 굴곡근 중 어느 하나만이 슬관절 기능을 판단하는 기준이 될 수 없기 때문에 두 근육의 근력평가를 동시에 시행하여 운동 복귀 평가에 반영해야 한다²⁷⁾. 따라서 본 연구에서는 대퇴사두근과 슬괵건에 대해 저속 및 고속에 해당하는 90°/s의 각속도와 180°/s의 각속도에서 각각의 최대 우력과 전체 일량을 측정하여 동종 반월상 연골 이식 후에 향상된 근력 회복 소견을 관찰할 수 있었다. 그러나 위치 감각의 경우에는 술 전과 비교하여 향상되기는 하였으나 통계학적인 의의는 없었는데, Thijs 등²⁸⁾은 반월상 연골판 동종 이식술을 시행한 46예에 대해서 술 전과 술 후 6개월째의 위치 감각을 평가 하여 연골판 이식술 후 위치 감각의 향상을 보고하였고 이는 연골판 이식술을 통해 슬관절 운동학(kinetics)의 변화가 발생하고 슬관절 관절막 긴장도의 변화를 초래하여 술 후 초기에 위치 감각이 향상되었다고 보고하였다.

반월상 연골판 아전 또는 전절제술을 시행한 환자에서 동종 반월상 연골판 이식술은 슬관절의 기능 및 운동력 회복을 향상시키는 좋은 수술 방법으로 생각된다.

참 고 문 헌

1. Allen PR, Denham RA, Swan AV. Late degenerative changes after meniscectomy. Factors affecting the knee after operation. J Bone Joint Surg Br 1984;66:666-71.
2. Fairbank TJ. Knee joint changes after meniscectomy. J Bone Joint Surg Br 1948;30:664-70.
3. Mikic ZD, Brankov MZ, Tubic MV, Lazetic AB. Allograft meniscus transplantation in the dog. Acta Orthop Scand 1993;64:329-32.
4. Rodeo SA. Meniscal allografts: where do we stand? Am J Sports Med 2001;29:246-61.
5. Veltri DM, Warren RF, Wickiewicz TL, O'Brien SJ. Current status of allograft meniscal transplantation. Clin Orthop Relat Res 1994;(303):44-55.
6. Chun CH, Kim JW. Short-term follow up after meniscus allograft transplantation with clinical results and MRI findings. J Korean Knee Soc 2004;16:153-61.
7. Cole BJ, Carter TR, Rodeo SA. Allograft meniscal transplantation: background, techniques, and results. Instr Course Lect 2003;52:383-96.

8. Chun CH, Kweon SH. Mid to long-term results of meniscal allograft transplantation. *J Korean Orthop Soc Sports Med* 2009;8:19-25.
9. Chun CH, Han HJ, Lee BC, Kim DC, Yang JH. Histologic findings of anterior cruciate ligament reconstruction with Achilles allograft. *Clin Orthop Relat Res* 2004;(421):273-6.
10. Sun K, Tian SQ, Zhang JH, Xia CS, Zhang CL, Yu TB. Anterior cruciate ligament reconstruction with bone-patellar tendon-bone autograft versus allograft. *Arthroscopy* 2009;25:750-9.
11. Pollard ME, Kang Q, Berg EE. Radiographic sizing for meniscal transplantation. *Arthroscopy* 1995;11:684-7.
12. van Arkel ER, de Boer HH. Survival analysis of human meniscal transplantations. *J Bone Joint Surg Br* 2002;84:227-31.
13. Tegner Y, Lysholm J. Rating systems in the evaluation of knee ligament injuries. *Clin Orthop Relat Res* 1985;(198):43-9.
14. Schimmer RC, Brühlhart KB, Duff C, Glinz W. Arthroscopic partial meniscectomy: a 12-year follow-up and two-step evaluation of the long-term course. *Arthroscopy* 1998;14:136-42.
15. Garrett JC, Steensen RN. Meniscal transplantation in the human knee: a preliminary report. *Arthroscopy* 1991;7:57-62.
16. Kuhn JE, Wojtys EM. Allograft meniscus transplantation. *Clin Sports Med* 1996;15:537-6.
17. Verdonk PC, Demurie A, Almqvist KF, Veys EM, Verbruggen G, Verdonk R. Transplantation of viable meniscal allograft. Survivorship analysis and clinical outcome of one hundred cases. *J Bone Joint Surg Am* 2005;87:715-24.
18. Milachowski KA, Weismeier K, Wirth CJ. Homologous meniscus transplantation. Experimental and clinical results. *Int Orthop* 1989;13:1-11.
19. Wilcox TR, Goble EM. Indications for meniscal allograft reconstruction. *Am J Knee Surg* 1996;9:35-6.
20. Dienst M, Greis PE, Ellis BJ, Bachus KN, Burks RT. Effect of lateral meniscal allograft sizing on contact mechanics of the lateral tibial plateau: an experimental study in human cadaveric knee joints. *Am J Sports Med* 2007;35:34-42.
21. Shaffer B, Kennedy S, Klimkiewicz J, Yao L. Preoperative sizing of meniscal allografts in meniscus transplantation. *Am J Sports Med* 2000;28:524-33.
22. Alhalki MM, Howell SM, Hull ML. How three methods for fixing a medial meniscal autograft affect tibial contact mechanics. *Am J Sports Med* 1999;27:320-8.
23. de Boer HH, Koudstaal J. Failed meniscus transplantation. A report of three cases. *Clin Orthop Relat Res* 1994;(306):155-62.
24. Bin SI, Cho WS, Moon HS, Kim KY. Cybex evaluation of muscle strength following arthroscopic anterior cruciate ligament reconstruction. *J Korean Orthop Assoc* 1995;30:262-8.
25. Anderson MA, Gieck JH, Perrin DH, Weltman A, Rutt RA, Denegar CR. The relationships among isometric, isotonic, and isokinetic concentric and eccentric quadriceps and hamstring force and three components of athletic performance. *J Orthop Sports Phys Ther* 1991;14:114-20.
26. Tibone JE, Antich TJ, Fanton GS, Moynes DR, Perry J. Functional analysis of anterior cruciate ligament instability. *Am J Sports Med* 1986;14:276-84.
27. Chun CH, Kim KM, Jeong KJ, Han JK. Fibrin matrix autologous chondrocyte implantation in patients with cartilage defects of the knee: clinical results, MRI findings and recovery of sports activity. *J Korean Sports Med* 2009;27:215-22.
28. Thijs Y, Witvrouw E, Evens B, Coorevits P, Almqvist F, Verdonk R. A prospective study on knee proprioception after meniscal allograft transplantation. *Scand J Med Sci Sports* 2007;17:223-9.