

운동선수의 만성 발목관절 불안정성에서 교량형 봉합술을 이용한 변형 Brostrom 술식 후의 기능평가

박지강, 박경진, 조병기, 임채욱

충북대학교 의과대학 정형외과학교실

Functional Evaluation after Modified Brostrom Procedure with Suture Bridge Technique for Chronic Ankle Instability in Athletes

Ji-Kang Park, Kyoung-Jin Park, Byung-Ki Cho, Chae-Wook Im

Department of Orthopaedic Surgery, Chungbuk National University College of Medicine, Cheongju, Korea

Purpose: Ligament reattachment technique using a suture anchor appears to show satisfactory functional outcomes and mechanical stability compared with conventional bone tunnel technique. This study was prospectively conducted in order to evaluate functional outcomes of modified Brostrom procedures using the suture bridge technique for chronic ankle instability in athletes.

Materials and Methods: Twenty eight athletes under 30 years of age were followed for more than two years after undergoing the modified Brostrom procedure using the suture bridge technique. Functional evaluation consisted of the foot and ankle outcome score (FAOS), foot and ankle ability measure (FAAM) score. Range of motion and time to return to exercise were evaluated using a periodic questionnaire. Talar tilt angle and anterior talar translation were measured through stress radiographs for evaluation of mechanical stability.

Results: FAOS improved significantly from preoperative mean 59.4 points to 91.4 points ($p<0.001$). Daily living and sport activity scores of FAAM improved significantly from preoperative mean 50.5, 32.5 points to 94.8, 87.3 points, respectively ($p<0.001$). Talar tilt angle and anterior talar translation improved significantly from preoperative mean 16.8°, 13.5 mm to 4.2°, 4.1 mm at final follow-up ($p<0.001$). Times to return to exercise were as follows: mean 10.2 weeks in jogging, 15.4 weeks in spurt running, 13.1 weeks in jumping, 11.5 weeks in walking on uneven ground, 9.1 weeks in standing on one leg, 7.2 weeks in tip-toeing gait, 8.4 weeks in squatting, and 10.6 weeks in descending stairs.

Conclusion: Modified Brostrom procedure using the suture bridge technique showed satisfactory functional outcomes for chronic ankle instability in athletes. Optimal indication and cost-effectiveness of the suture bridge technique will be studied in the future.

Key Words: Ankle, Instability, Athletes, Brostrom, Suture bridge

서 론

만성 발목관절 불안정성에 대한 가장 대표적인 수술법인 변형 Brostrom 술식에서 발목관절 외측 인대를 비골에 재부착시키

Received June 30, 2014 Revised July 27, 2014 Accepted July 28, 2014

Corresponding Author: Byung-Ki Cho

Department of Orthopaedic Surgery, Chungbuk National University Hospital, 776 1 Sunhawn-ro, Heungdeok-gu, Cheongju 361-711, Korea
Tel: 82-43-269-6077, Fax: 82-43-274-8719, E-mail: cbk@chungbuk.ac.kr

Financial support: None.

Conflict of interest: None.

는 술식은 저자들마다 차이가 있으며, 봉합나사를 이용한 변형 Brostrom 술식도 최근 가장 널리 시행되고 있는 방법 중의 하나이다. 술기상의 여러 가지 장점들 및 우수한 임상 결과와 더불어,¹⁻⁴⁾ 생역학적으로도 기존의 술식과 비교할 만한 인대 봉합부의 강도를 확보할 수 있는 것으로 보고되고 있다.⁵⁾ 그러나 일상생활에서 요구되는 발목관절의 안정도와 운동선수에서 필요한 안정도는 차이가 있을 것으로 생각되며,^{6,8)} 운동선수들은 더욱 견고한 안정성이 필요하기 때문에 관절운동 범위의 일부 제한이 생길지라도 동종건이식을 이용한 재건술이나 비해부학적 건이전술(tenodesis)을 통

한 재건술이 가장 이상적인 수술 방법으로 알려져 왔다.^{9,11)} 그러나 최근에는 운동선수에서의 만성 발목관절 불안정성에 대한 일차적인 수술 방법으로 변형 Brostrom 술식과 같은 해부학적 인대 재건술을 권장하는 보고가 많아지고 있다.^{7,12,13)} 저자들은 운동선수의 만성 발목관절 불안정성에서 봉합나사를 이용해 외측 인대를 쉽게 재부착시키는 동시에 좀 더 강한 고정력을 얻을 수 있는 방법으로, 봉합나사에 연결된 봉합사들을 교차시켜 다시 한번 고정함으로써 인대-골 부착부를 추가적으로 압박하고 접촉면적을 넓혀 균등하게 압력을 분산시키는 교량형 봉합술(suture bridge technique)이 하나의 대안이 될 수 있을 것이라 가정하였다.

본 연구에서는 운동선수의 만성 발목관절 불안정성에서 교량형 봉합술을 이용한 변형 Brostrom 술식 후의 기능적 결과를 전향적으로 평가해보고자 하였다.

대상 및 방법

1. 연구 대상

2009년 4월부터 2012년 5월까지 만성 발목관절 외측 불안정성 진단하에 충북대학교병원에서 변형 Brostrom 술식을 시행 받은 30세 이하의 운동선수 환자들 중 최소 2년 이상 추시가 가능하였던 28예를 대상으로 하였다. 모든 수술은 동일한 술자에 의해 이루어졌으며, 두 개의 봉합나사와 두 개의 비매듭 고정나사를 이용한 교량형 봉합술이 적용되었다(Fig. 1). 운동 종목으로는 육상선수가 16예, 농구선수가 6예, 축구선수가 3예, 태권도 선수가 3예였다. 편측 발목에서만 불안정성을 호소하는 환자들을 대상으로 하였으며, 발목 골절이나 뚜렷한 발목 주변 건 손상의 과거력이 있었던 환자들은 연구 대상에서 제외하였다. 술 전 모든 예에서 자기공명영상 검사를 시행하였으며 이학적 소견과 종합하여 만성 불안정성과 동반된 관절내 병변이 진단되는 경우, 관절경적 처치를 같이 시행하였다. 본 연구에서는 활액막 변연절제술이나 유리체 제거술과 같

은 단순한 관절경적 처치가 시행된 환자들만을 포함하였으며, 거골 콜연골 병변 또는 비골간 병변이 있는 환자들의 경우 다른 재활 프로그램을 적용받기 때문에 연구 대상에서 제외하였다. 28예의 환자들 중 전방 연부조직 충돌증후군이 9예, 관절내 유리체가 2예에서 동반되어 있었다.

최초 수상 후의 치료 병력은 석고 부목 치료를 받은 경우가 12예, 얼음 찜질이나 패치 등의 자가 치료가 11예, 한방 치료를 받은 경우가 3예, 특별한 치료를 받지 않은 경우가 2예였다. 환자들의 성별은 남자 21예, 여자 7예였다. 수술 시 환자들의 평균 연령은 23.2세(범위 17~28세)였고, 평균 추시 기간은 31.8개월(범위 24~60개월)이었다. 본 연구의 진행 계획과 환자 자료 분석에 대해 충북대학교병원 임상연구윤리위원회(Institutional Review Board)의 승인을 받았다.

2. 기능 평가 방법

기능적 결과의 평가는 foot and ankle outcome score (FAOS)¹⁴⁾와 foot and ankle ability measure (FAAM)¹⁵⁾ 점수를 이용하였다. FAOS는 술 전 및 술 후 6개월, 최종 추시 시에 측정되었으며 통증(9문항), 증상(7문항), 일상생활 능력(17문항), 스포츠 활동 능력(5문항), 삶의 질(4문항)의 5가지 세부 항목에 대해 환자 스스로 평가하게 하였다. FAAM 점수도 술 전 및 술 후 6개월, 최종 추시 시에 측정되었으며 일상생활 능력(22문항), 스포츠 활동 능력(8문항)에 대해 환자 스스로 평가하게 하였다. 평가는 본원에서 국문으로 번역한 자료를 이용하였고, 평가 항목에 대해 연구 대상자가 이해하기 어렵다는 질문을 하는 경우에만 공동 연구자가 개입하여 구체적인 설명을 추가하였다. FAOS는 총 42개, FAAM은 총 30개의 질문이 주어졌으며, 각 항목마다 불편감이나 증상의 정도를 극심(0점), 중증(1점), 중등도(2점), 경도(3점), 정상(4점)으로 평가하여 점수를 합한 뒤, 100점을 만점으로 설정하여 환산된 점수를 구하였다.

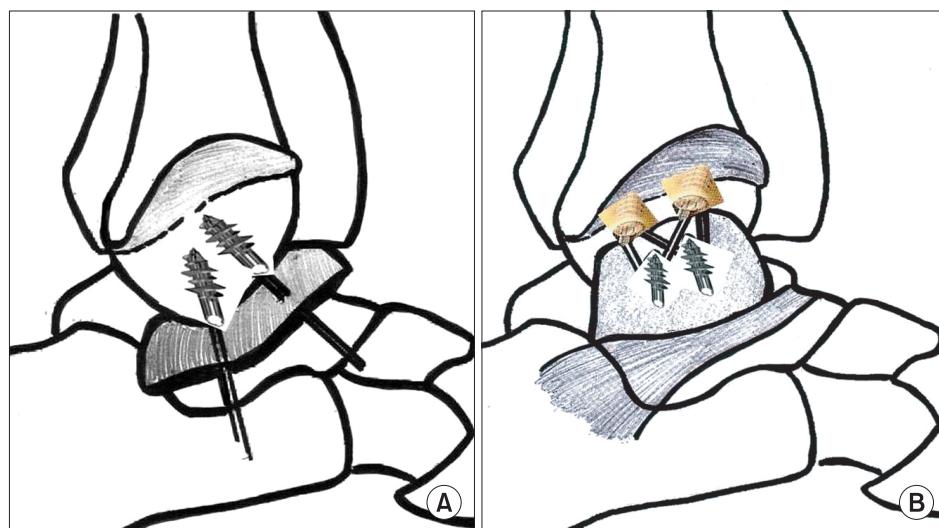


Figure 1. (A) Schematic drawing of the suture bridge technique describes the attachment of lateral ankle ligaments with two suture anchors. (B) Schematic drawing of the suture bridge technique describes the reinforcement using two knotless anchors.

8가지 운동 항목(가벼운 달리기 운동, 전력 달리기, 점프 뛰기, 불규칙한 노면에서 걷기, 한쪽 다리로 서있기, 첨족지 보행, 쪼그려 앓기, 계단 내려가기)에 대한 술 후 3개월, 4개월, 5개월, 6개월 째의 주기적인 설문과 관절운동 범위의 측정을 통해 발목 기능의 회복 시기를 평가하였다. 설문 조사는 공동 연구자의 질문에 대해 시각유추척도(visual analogue scale) 평가 방식을 이용해 특별한 불편감이나 통증 없이 해당 운동 항목이 가능한 경우를 0점, 심한 불편감이나 통증으로 해당 운동 항목이 불가능한 경우를 10점으로 표시하도록 하였다. 2점 이하로 응답하는 경우 그 정확한 시점에 대해 추가적인 질문이 이루어졌다.

발목관절의 기계적 안정성에 대한 방사선학적 평가로서 Telos 기기(Telos, Weiterstadt, Germany)를 이용해 150 N의 일정한 부하 하에서 전방전위 및 내반 스트레스 검사를 술 전, 술 후 3개월, 6개월, 최종 추시 시에 시행하였고, 거골 경사각과 거골 전방전위 정도에 대해 두 명의 정형외과 전문의가 3회 반복 측정한 뒤 평균치를 구하였다.

기능적 및 방사선학적 결과의 통계적 비교는 비모수 통계검정인 Mann-Whitney test (IBM SPSS Statistics 19.0; IBM Co., Armonk, NY, USA)를 통해 이루어졌으며, p-value가 0.05 이하일 때 통계적 의미가 있는 것으로 평가하였다.

3. 수술 및 재활 방법

발목관절 외과의 전방 및 원위 경계를 따라 곡선 절개를 가한 뒤, 하 신전지대(inferior extensor retinaculum)를 찾아내어 봉합사로 표시해 둔다. 관절낭에 절개를 가하여 반흔화된 전 거비 인대 (anterior talofibular ligament)를 비골 경계로부터 3 mm에서 이분 한다. 관절낭 절개는 비골건을 만나는 지점까지만 가하며, 비골건을 견인하여 종비 인대(calcaneofibular ligament)의 손상 유무를 별

도로 확인하지는 않는다. 외과의 전방 및 원위 경계로부터 골막을 외과 전후 직경의 1/2 정도까지 조심스럽게 박리하여 근위부로 견인한다. 비골 외과 전방부의 전 거비 인대 기시부와 전하방부의 종비 인대 기시부에 각각 한 개씩의 직경 3.5 mm Corkscrew 봉합나사(Arthrex, Naples, FL, USA)를 삽입하며, 이때 두 봉합나사의 삽입 각도는 동일한 시상면에서 관상면상 약 45도의 각을 주어 삽입하여 서로 충돌하지 않도록 유의한다. 또한 발목관절내 또는 후방의 비골구(retromalleolar groove)를 침범하지 않도록 유의한다. 이후 봉합나사에 연결된 봉합사를 전 거비 인대와 관절낭에 통과시켜 발목관절이 중립 및 5도 외반 자세를 유지한 상태에서 수평 석상 봉합(horizontal mattress suture)으로 비골에 견고하게 고정한다. 이때 매듭을 자르지 않고 두 봉합나사에 연결된 네 가닥의 봉합사를 남겨 둔다 (Fig. 2). 봉합나사 삽입부로부터 1 cm 근위부 외측면에 약 1 cm의 간격을 두고 비골에 두 개의 구멍을 뚫은 후, 각각의 봉합나사에서 한 개씩의 봉합사를 모아 교량형으로 교차시켜 비매듭 고정나사인 직경 2.9 mm PushLock (Arthrex) 2개를 이용해 고정시킨다. 이후 근위부의 잔여 조직과 비골 골막을 비흡수성 봉합사를 이용해 원위부의 관절낭에 중첩하여 봉합하고, 하 신전지대를 비골 골막에 봉합하여 보강해 준다.

수술 후 4주간 단하지 석고 부목 고정 및 비체중부하 목발 보행을 하였고, 이후 발목 보호대(elastic ankle bandage)를 착용한 상태로 관절운동 및 부분 체중부하 목발 보행을 시작하였다. 술 후 6주 이후부터 전 체중부하 보행을 허용하였고, 본원 스포츠 재활 클리닉에서 정기적인 비골근 강화운동 및 위치감각(proprioception) 훈련을 시작하여, 술 후 8주경부터 가벼운 달리기 운동을 허용하였다.

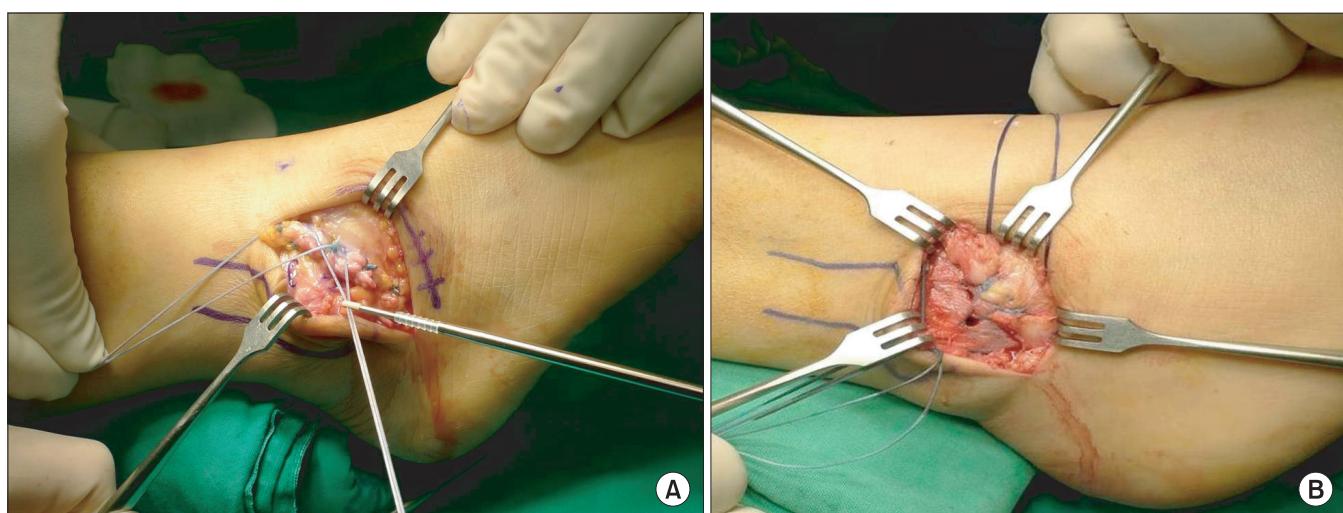


Figure 2. (A) Intraoperative photograph shows additional compression at ligament reattachment site with knotless anchors. (B) Intraoperative photograph shows the repair configuration after modified Brostrom procedure using the suture bridge technique.

결 과

FAOS는 술 전 평균 59.4점(범위 34~72점)에서 술 후 6개월째 85.5점(범위 65~94점), 최종 추시 시 91.4점(범위 81~99점)으로 유의하게 호전되었다($p<0.001$). 술 후 최종 추시 시 통증 항목은 89.2점, 기타 증상은 92.4점, 일상생활 능력은 94.5점, 스포츠 활동 능력은 88.4점, 삶의 질 항목은 92.4점으로 평가되었다(Table 1).

FAAM 점수의 일상생활 항목은 술 전 평균 50.5점(범위 38~74점)에서 술 후 6개월째 87.2점(범위 72~98점), 최종 추시 시 94.8점(범위 86~100점)으로, 스포츠 항목은 술 전 평균 32.5점(범위 18~56점)에서 술 후 6개월째 82.4점(범위 66~98점), 최종 추시 시 87.3점(범위 78~99점)으로 각각 유의하게 호전되었다($p<0.001$).

술 후 가벼운 달리기 운동은 평균 10.2주, 전력 달리기 운동은 평

균 15.4주, 점프 뛰기는 평균 13.1주, 불규칙한 노면에서 걷기는 평균 11.5주, 한쪽 다리로 서기는 평균 9.1주, 첨족지 보행은 평균 7.2주, 쪼그려 앓기는 평균 8.4주, 계단 내려가기는 평균 10.6주에 큰 불편감 없이 가능한 것으로 평가되었다(Table 2).

스트레스 방사선 검사상 거골 경사각과 거골 전방전위는 술 전 평균 16.8도, 13.5 mm에서 술 후 3개월째 2.8도, 3.6 mm로 유의하게 호전되었으며($p<0.001$) (Fig. 3), 술 후 6개월째 4.1도, 4.3 mm, 최종 추시 시 4.2도, 4.1 mm로 측정되었다(Table 3). 환측과 정상 측과의 비교 시, 술 후 거골 경사각과 거골 전방전위 모두 정상측과 유사한 범위 내로 호전되었다(Table 4).

발목관절의 운동 범위는 총 28예의 환자들 중 2예를 제외하고는 술 후 3개월째까지 거의 정상 범위로 회복되었으며, 최종 추시 시 1예의 환자에서만 10도 정도의 내번 제한이 남아 있었다.

Table 1. Functional Evaluation with Foot and Ankle Outcome Score

FAOS subscale	Preoperative	Postoperative 6 mo	Final follow-up
Pain	64.1±14.7	84.5±9.5	89.2±8.6
Symptom	58.5±12.2	85.2±8.8	92.4±8.8
ADL	71.5±10.3	87.3±6.7	94.5±5.2
Sport	38.6±14.6	82.5±10.2	88.4±10.5
QOL	64.2±12.5	88.2±10.4	92.4±7.5
Total	59.4±12.8	85.5±9.8	91.4±8.6

Values are presented as mean±standard deviation.

FAOS: foot and ankle outcome score, ADL: activities of daily living, QOL: quality of life.

Table 2. Times to Return to Exercise after Modified Brostrom Procedures Using the Suture Bridge Technique

Exercise	Times to return (wk)
Jogging	10.2±3.5
Spurt running	15.4±4.8
Jumping	13.1±4.1
Walking on uneven ground	11.5±3.6
Standing on one leg	9.1±3.2
Tip-toeing gait	7.2±2.5
Squatting	8.4±2.8
Descending stairs	10.6±4.2

Values are presented as mean±standard deviation.



Figure 3. (A) Postoperative stress radiograph shows the varus stability of ankle and the placement of suture anchors in fibula (white arrows: position of two knotless anchors). (B) Postoperative stress radiograph shows a stable anterior talar translation and the placement of suture anchors in fibula (black dots: position of two knotless anchors). AP: anteroposterior, LAT: lateral.

Table 3. Evaluation of Mechanical Stability with Ankle Stress Radiographs

Stress radiograph	Preoperative	Postoperative 3 mo	Postoperative 6 mo	Final follow-up
Talar tilt angle (°)	16.8±6.6	2.8±1.8	4.1±2.5	4.2±2.8
Anterior talar translation (mm)	13.5±4.8	3.6±2.5	4.3±2.4	4.1±2.2

Values are presented as mean±standard deviation.

Table 4. Comparison between Injured and Uninjured Ankle with Stress Radiographs

Side	Talar tilt angle (°)		Anterior talar translation (mm)	
	Preoperative	Final follow-up	Preoperative	Final follow-up
Injured side	16.8	4.2	13.5	4.1
Uninjured side	4.3	4.1	4.5	4.7
p-value	<0.001	0.988	<0.001	0.742

Values are presented as mean.

수술 중 봉합나사 간의 충돌에 의한 기기파손이 2예 있었고, 술 후의 합병증으로 국소 창상감염이 1예, 비흡수성 봉합사에 의한 장 기간의 피부자극이 2예 있었으나 평균 31.8개월의 추시상 불안정성의 재발 및 봉합나사의 파손이나 견인 등 기기와 관련된 합병증은 없었다.

고 찰

이상적인 발목관절 인대 봉합술은 수술 후 초기에 강한 고정력으로 봉합부의 인대-골간 간격을 최소화시키며, 반복적인 기계적 부하에 견딜 수 있는 충분한 강도를 나타내어 결과적으로 인대-골 조직의 생물학적 치유를 촉진시킬 수 있는 방법이라고 할 수 있다. 발목관절 외측 인대에 대한 해부학적 지식들에 비해, 보행 및 일상 생활에 필요한 발목관절의 물리적 안정성과 외측 인대에 가해지는 물리적 부하, 운동 시에 필요한 외측 인대의 내구력 등에 대한 생 역학적 연구 보고는 드물다. 이와 관련된 지식들이 좀 더 알려진다면 만성 발목관절 외측 불안정성에 대한 수술 및 재활 치료 시 어느 정도의 발목관절 안정성이 가장 효율적인지에 대한 유용한 자료가 될 수 있을 것으로 생각한다.

가장 흔하게 발생하는 스포츠 손상인 발목관절 인대 손상의 상당수가 적절한 초기 치료를 놓쳐 만성 발목관절 불안정증으로 진행하며 특히 운동선수는 발목관절 손상의 재발 빈도가 더 높기 때문에, 재활 계획과 스포츠 활동으로의 복귀, 치료 방법의 결정에 있어 세심한 주의가 필요하다.¹⁶⁾ 만성 발목관절 불안정성 진단하에 본원에서 수술적 치료를 시행 받은 운동선수들 중 많은 환자에게서 술 후 재활과정이 예상보다 늦어지는 경우를 경험하였다. 저자들은 인대 재부착 부위의 과도한 견고함이 관절운동 및 기능 회복에 악영향을 미쳤을 것이라 가정하였다. 그러나 대부분의 환자들이 술 후 3개월 내에 거의 정상적인 관절운동 범위를 회복하였고, 종목에 따른 차이는 있었으나 관절운동 범위와 스포츠 활동으

로의 복귀 시기와는 뚜렷한 상관관계를 발견할 수 없었다. 이에 저자들은 환자들과의 다양한 면담을 통해 수술 후 운동선수들이 스포츠 활동으로의 빠른 복귀를 원할 뿐만 아니라, 재부상에 대한 큰 두려움을 갖고 있으며 이것이 적극적인 재활 진행을 주저하게 만든다는 것을 알 수 있었다. 저자들은 불안정성 재발에 대한 염려 없이 좀 더 강한 인대 재부착부의 안정성을 확보하여 초기 재활을 가능하게 하는 새로운 수술 기법이 필요하다고 생각하였다. 인대나 뼈의 질(quality), 인대의 생리적 치유 능력 같은 몇몇 인자들은 술자의 능력 외적인 부분이지만 기존의 술식을 변형시키거나 좀 더 강한 봉합사들을 사용함으로써 인대 부착 부위의 견고함이 증가할 수 있다. 본 연구에서 소개된 교량형 봉합술은 봉합나사를 이용한 Brostrom 술식의 진화된 변형이며, 견관절의 회전근개 봉합술에서 기원하였다.

견관절에서 회전근개 봉합술의 발전에 따라 새로운 술식은 골-인대 봉합 부위의 생역학적 견고함을 극대화시키는 방향으로 진화 되어왔다.¹⁷⁾ 관절경하 회전근개 봉합술은 초기의 골 터널 술식에서 시작하여 일열 봉합술(single row repair), 이열 봉합술(double row repair)을 거쳐 최근의 교량형 봉합술로 이어졌다.^{17,18)} 교량형 봉합술은 골-인대 부착 부위 사이의 접촉면적과 접촉부 압력의 증가에 좀 더 효과적이어서 초기 고정력을 높이는 데 용이하다. 또한 봉합 부위의 간격 생성을 최소화하고 봉합나사 부위에 힘이 집중할 수 있게 해주며, 비틀림에 대한 저항을 주어 초기 재활을 가능하게 한다.¹⁹⁻²¹⁾ 여러 연구에서 교량형 봉합술이 생역학적으로나 생물학적 치유능력, 임상적 결과면에서 우수함이 보고되어 있으며,^{19,22)} 현재 교량형 봉합술은 회전근개 봉합의 표준 술식으로 받아들여지고 있다. 저자들은 이러한 견관절에서의 교량형 봉합술의 장점을 발목관절 인대 수술에 적용할 수 있을 것이라 생각하였다. 또한 회전근개 파열에서 시행된 교량형 봉합술의 가장 흔한 문제점인 근-인대 이행부의 재파열이 발목관절 인대 봉합술에서는 드물 것이라 가정하였다.

운동선수에서 시행된 변형 Brostrom 술식 후의 임상 결과에 있어 Lee 등¹³⁾은 일반인과 운동선수들 사이에 뚜렷한 차이가 없었다고 하였다. Li 등⁸⁾은 운동 선수들을 손상 이전의 스포츠 능력으로 회복시키는 데 변형 Brostrom 술식이 효과적인 치료 방법이라고 하였으며, 2년 추시상 Karlsson 점수는 95점이었고 94%의 환자에서 수상 전의 운동상태로 복귀가 가능하였다고 보고하였다.

만성 발목관절 불안정성 환자에 대한 수술 후의 임상 결과 평가법은 다양한 방식들이 보고되어 있으나, Karlsson 점수²³⁾ 및 Sefton 평가법²⁴⁾과 같은 기존의 평가법들은 발목관절의 강한 안정성을 요구하는 활동에 대한 평가 항목이 부족하여, 일반인과 운동선수 사이의 차이를 정확히 판별하기가 어렵다고 생각한다. 본 연구에서 사용된 FAOS와 FAAM는 타당도(validity)와 신뢰도(reliability)가 검증된 평가법으로 보고되어 있으며, 좀 더 세분화된 평가를 통해 발목관절 기능의 정확한 측정에 도움이 될 것으로 생각한다.

본 연구의 제한점으로는 교량형 봉합술의 장기 추시 내구성에 대한 결론을 내릴 수 없었고, 발목관절의 기계적 안정도를 스트레스 방사선 검사로만 계측함으로써 외측 인대를 비골에 재부착시키는 다른 술식들과의 생역학적 비교 분석이 없다는 점이다. 또한 봉합나사 간의 충돌을 최소화할 수 있는 최적의 봉합나사 삽입 위치에 대한 분석, 추가적인 봉합나사 사용에 따른 증가된 의료비용과 수술 시간 만큼의 임상결과 향상이 있었는지에 대한 비용대비 효율성 분석이 없었다는 점이다.

결 론

교량형 봉합술을 이용한 변형 Brostrom 술식은 운동선수의 만성 발목관절 불안정성에서 만족스러운 임상 결과를 얻고, 손상 전의 발목 기능을 회복하는 데 효과적인 치료 방법이라고 생각된다. 향후 최적의 봉합나사 삽입 위치 및 비용대비 효율성에 대한 분석이 필요할 것으로 생각된다.

REFERENCES

- Pederson B, Tesoro D, Wertheimer SJ, Coraci M. Mitek Anchor System: a new technique for tenodesis and ligamentous repair of the foot and ankle. *J Foot Surg.* 1991;30:48-51.
- Messer TM, Cummins CA, Ahn J, Kelikian AS. Outcome of the modified Broström procedure for chronic lateral ankle instability using suture anchors. *Foot Ankle Int.* 2000;21:996-1003.
- Cho BK, Kim YM, Kim DS, Choi ES, Shon HC, Park KJ. Comparison between suture anchor and transosseous suture for the modified-Broström procedure. *Foot Ankle Int.* 2012;33:462-8.
- Cho BK, Kim YM, Kim DS, Choi ES, Shon HC, Park KJ. Outcomes of the modified Brostrom procedure using suture anchors for chronic lateral ankle instability--a prospective, randomized comparison between single and double suture anchors. *J Foot Ankle Surg.* 2013;52:9-15.
- Giza E, Nathe R, Nathe T, Anderson M, Campanelli V. Strength of bone tunnel versus suture anchor and push-lock construct in Broström repair. *Am J Sports Med.* 2012;40:1419-23.
- Karlsson J, Bergsten T, Lansinger O, Peterson L. Reconstruction of the lateral ligaments of the ankle for chronic lateral instability. *J Bone Joint Surg Am.* 1988;70:581-8.
- Krips R, van Dijk CN, Lehtonen H, Halasi T, Moyen B, Karlsson J. Sports activity level after surgical treatment for chronic anterolateral ankle instability. A multicenter study. *Am J Sports Med.* 2002;30:13-9.
- Li X, Killie H, Guerrero P, Busconi BD. Anatomical reconstruction for chronic lateral ankle instability in the high-demand athlete: functional outcomes after the modified Broström repair using suture anchors. *Am J Sports Med.* 2009;37:488-94.
- Bahr R, Pena F, Shine J, Lew WD, Tyrdal S, Engebretsen L. Biomechanics of ankle ligament reconstruction. An in vitro comparison of the Broström repair, Watson-Jones reconstruction, and a new anatomic reconstruction technique. *Am J Sports Med.* 1997;25:424-32.
- Rieger HF. Reconstruction for lateral instability of the ankle. *J Bone Joint Surg Am.* 1984;66:336-9.
- Snook GA, Chrisman OD, Wilson TC. Long-term results of the Chrisman-Snook operation for reconstruction of the lateral ligaments of the ankle. *J Bone Joint Surg Am.* 1985;67:1-7.
- Hennrikus WL, Mapes RC, Lyons PM, Lapoint JM. Outcomes of the Chrisman-Snook and modified-Broström procedures for chronic lateral ankle instability. A prospective, randomized comparison. *Am J Sports Med.* 1996;24:400-4.
- Lee KT, Young KW, Bae SW, Lee JH. Analysis of affecting factors of modified Brostrom procedure in chronic ankle lateral instability. *J Korean Soc Foot Surg.* 2002;6:66-72.
- Roos EM, Brandsson S, Karlsson J. Validation of the foot and ankle outcome score for ankle ligament reconstruction. *Foot Ankle Int.* 2001;22:788-94.
- Martin RL, Irrgang JJ, Burdett RG, Conti SF, Van Swearingen JM. Evidence of validity for the Foot and Ankle Ability Measure (FAAM). *Foot Ankle Int.* 2005;26:968-83.
- Takao M, Miyamoto W, Matsui K, Sasahara J, Matsushita T. Functional treatment after surgical repair for acute lateral ligament disruption of the ankle in athletes. *Am J Sports Med.* 2012;40:447-51.
- Brady PC, Arrigoni P, Burkhardt SS. Evaluation of residual rotator cuff defects after *in vivo* single- versus double-row rotator cuff repairs. *Arthroscopy.* 2006;22:1070-5.
- Sugaya H, Maeda K, Matsuki K, Moriishi J. Functional and structural outcome after arthroscopic full-thickness rotator cuff repair: single-row versus dual-row fixation. *Arthroscopy.* 2005;21:1307-16.
- Cho NS, Lee BG, Rhee YG. Arthroscopic rotator cuff repair using a suture bridge technique: is the repair integrity actually maintained? *Am J Sports Med.* 2011;39:2108-16.
- Park MC, ElAttrache NS, Tibone JE, Ahmad CS, Jun BJ, Lee TQ. Part I: Footprint contact characteristics for a transosseous-equivalent rotator cuff repair technique compared with a double-row repair technique. *J Shoulder Elbow Surg.* 2007;16:461-8.

21. Park MC, Tibone JE, ElAttrache NS, Ahmad CS, Jun BJ, Lee TQ. *Part II: Biomechanical assessment for a footprint-restoring transosseous-equivalent rotator cuff repair technique compared with a double-row repair technique.* *J Shoulder Elbow Surg.* 2007;16:469-76.
22. Yi JW, Cho NS, Cho SH, Rhee YG. Arthroscopic suture bridge repair technique for full thickness rotator cuff tear. *Clin Orthop Surg.* 2010;2:105-11.
23. Karlsson J, Peterson L. *Evaluation of ankle joint function: the use of a scoring scale.* *The Foot.* 1991;1:15-9.
24. Sefton GK, George J, Fitton JM, McMullen H. Reconstruction of the anterior talofibular ligament for the treatment of the unstable ankle. *J Bone Joint Surg Br.* 1979;61:352-4.