대한견 • 주관절학회지 제 12권 제 2호
J. of Korean Shoulder and Elbow Society
Volume 12, Number 2, December, 2009

회전근 개 파열의 봉합에서 UU 봉합법은 변형된 MA(Mason-Allen) 봉합법을 대치할 수 있는가?
- UU 봉합법과 변형된 MA 봉합법의 생역학적 비교-

울산대학교 의과대학 울산대학교병원 정형외과, 공과대학 기계자동차 공학부**, 뉴욕대학 관절병센터*

Darren J Friedman* · 고상훈 · 박기봉 · 전형민 · 김태원 · 임현우** · 염영진**

Is the UU Stitch Really Alternative to Modified MA (Mason-Allen) Stitch for Rotator Cuff Repair?
- Biomechanical Comparative Study of UU to Modified MA Stitch -

Darren J Friedman, M.D.*, Sang-Hun Ko, M.D., Ki-Bong Park, M.D., Hyung-Min Jun, M.D., Tae-Won Kim, M.D., Hyun-Woo Lim, Young-Jin Yum, PhD**,**

*Department of Orthopedic Surgery, Ulsan University Hospital, University of Ulsan College of Medicine, School of Medical and Automotive Engineering**
*South Korea, NYU Hospital for Joint Diseases, NYU School of Medicine**

Purpose: In arthroscopic rotator cuff repairs there are generally weak link in tendon suture interface, arthroscopic rotator cuff repairs can have higher retear rates than open repairs. The purpose of this study was to compare the strength of UU (Ulsan University) suture than open modified MA (Mason-Allen) suture when suture anchored into bone.

Materials and Methods: The human supraspinatus tendons were harvested from the shoulder of the cadaver and split in 2 times, producing four tendons per one shoulder, for a total of 24 specimens. Two suture configurations (UU, MA) were randomized and checked on each set of tendons. Specimens were cyclically loaded under force control between 5 and 30 N at 0.25 Hz for fifty cycles. Each specimen was loaded to failure under displacement control at 1 mm/sec. Cyclic elongation, peak to peak displacement, stiffness, ultimate tensile load, mode of failure were checked.

Results: No significant difference was found between two suture configuration with respect to peak to peak displacement, cyclic elongation, and stiffness. With regard to ultimate failure load, there were no significant difference statistically between the UU suture and modified MA suture (109.4 N, 110.6 N). The most common mode of failure between both sutures was suture pull-out through the tendon.

Conclusion: The UU suture and modified MA suture produced similar biomechanical properties.

Key Words: Shoulder, Rotator cuff repair, Biomechanics, UU suture, Modified Mason-Allen suture

※통신저자: 고 상 훈
울산광역시 동구 전하동 290-3
울산의대 울산대학교병원 정형외과 의국
Tel: 052) 250-7129, Fax: 052) 235-2823, E-Mail: shkoshko@naver.com

접수일: 2009년 10월 2일, 1차 심사완료일: 2009년 10월 18일, 게재확정일: 2009년 11월 25일
*이 논문은 울산대학교병원 (생의과학연구소 학술연구비)의 지원을 받아 연구 되었음(연구과제 번호 09-01).
*This work was funded by Ulsan Univeristy Hosiptal (Biomedical Research Center Fund, UUH-2009-01).
*본 논문은 2009년 제 53차 대한정형외과학회 추계학술대회에서 구연 발표하였습니다.

서 론

최근 관절경 하 회전근 개 봉합은 개선된 수술 기구와 진보된 관절경 술기와 더불어 점진적으로 일반화되어 가고 있다[5-9,11,14,17]. 관절경 하 회전근 개 봉합의 초기 실패는 건 봉합간 접촉면에서의 연결이 약해짐으로 인하여 생길 수 있다[1,4,6].

일반적으로 개방적인 방법에 의해 시행되는 변형된 MA 봉합은 생역학적으로 강력한 봉합으로 알려져 있다. 그러나 관절경 하에서는 이러한 봉합을 만드는 것이 어려우므로 관절경 하에서 튼튼한 봉합을 만드는 것은 대부분의 경우에 제한적이 될 수 밖에 없다[3,4]. 회전근 개 봉합 후 재파열이 발생하면 파열된 부위에 간격이 형성되므로 근력의 약화가 초래된다[16]. 관절경 하 봉합은 개방적 방법에 의한 회전근 개 봉합보다 높은 실패율을 가진다[2]. 봉합된 회전근 개의 재파열이 발생하면 불가피하게 통증의 악화가 발생하고, 시간이 지날수록 기능이 악화될 수 있다[2]. 특히 광범위한 범위의 회전근 개 파열에서 관절경 하 봉합 후에 높은 재파열율을 객관적 평가로 증명할 수 있다[1,2].

회전근 개 봉합 후에 실패 (재파열)가 발생하는 대다수의 원인은 봉합된 건을 통해서 봉합사가 빠지는 것(suture pulling)이며[1], 회전근 개 파열을 봉합하고 난후에 가장 약한 부분은 건 봉합 접촉면이다[13]. 그리고 그 외의 실패의 원인은 매듭의 이완 또는 봉합나사못의 파열이나 뽑힘 등이 실패의 원인이 될 수 있다[1]. 최근 관절경 하에서 시행할 수 있고 건 조직을 더 강하게 봉합할 수 있는 술기에 대한 관심이 증가하고 있다[12,15].

변형된 MA 봉합은 지금까지 사용되고 있는 다른 봉합 방법과 비교하여 건조직을 강하게 봉합할 수 있는 표준적인 봉합법으로 여겨지고 있다[3,4,12,15]. 변형된 MA 봉합은 생체 외에서의 실험적인 연구에 의하여 단순봉합과 매트리스 봉합보다 생역학적으로 더 튼튼한 것으로 알려져 왔다[12].

Bunnel, Krackow, 그리고 매트리스 봉합과 비교했을 때 변형 MA 봉합은 회전근 개 조직의 건 괴사를 단순봉합과 같은 정도로 유발하는 것으로 밝혀졌다[3,4]. 그러나 변형된 MA 봉합의 제한점은 관절경하에서 시행하기 어렵다는 것이다[4].

이미 보고된[12] MC 봉합법 (Massive Cuff stitch)는 일열 회전근 개 봉합의 강도를 상당히 증가시킬 수 있으며, 변형된 MA 봉합에 비교할 만한 생역학 강도 특성을 보인다. 이 봉합은 두개의 봉합사를 이용하여 한 개의 봉합사는 수평 매트리스 연결 고리 (loop)를 만들고, 또 다른 한 개의 봉합사를 이용하여 단순 수직 연결 고리를 만드는 것으로 이루어진다[14]. 단순 수직 연결 고리는 수평 매트리스 연결 고리의 내측을 지난다. 서로 교차하는 연결 고리는 변형된 MA 봉합법과 유사하다. 즉 단순 수직 연결 고리가 봉합된 회전근 개 건을 통해 건이 찢어지면서 빠져 나오지 않도록 하기 위하여 수평 매트리스 연결 고리가 제지 고삐 (check-rein)로서 작용한다. 이러한 MC 봉합법의 장점은 관절경 하에서 쉽게 시행할 수 있다는 것이다. 이것은 또 다른 형태의 변형된 MA 술기로 Scheibel과 Habermeyer에 의해 보고되었다[15,17].

그러나 MC 봉합법은 각각의 한 땀 (stitch)에 3개의 매듭을 가지며 한 매듭은 수평 매트리스 연결 고리(loop)에서, 2개의 매듭은 2개의 단순 수직 연결 고리에서 생긴다. 저자들은 봉합된 회전근 개 조직에 많은 매듭이 있다면 매듭 충돌 (knot impingement)의 발생 가능성이 더 클 것이라고 생각한다. 저자들은 매듭없이 봉합할 수 있는 변형된 ML 봉합법을 제안하였다[10].

저자들이 제안한 변형된 ML 봉합법은 회전근 개 파열의 관절경 하 봉합에서 단순 수직 고리를 수평 매트리스 고리에 서로 연결하여 관절경 하에서 더 편리하게 사용될 수 있도록 단순하게 변형한 방법이다. 중범위 크기의 전층 회전근 개 파열에서, 2년 이상 추시상 양호한 결과를 얻었으며 저자는 이러한 변형된 ML 봉합법은 회전근 개 파열의 봉합에서 실패를 줄일 수 있는 방법으로 생각한다[10]. 이 변형된 ML 봉합법을 또다시 더 편리하게 사용할 수 있도록 Tension-band suture (장력대 봉합법)와 유사하게 저자들이 modification한 것이 UU 봉합법이다.

이 연구의 목적은 저자들이 제안한 UU 봉합법과 일반적으로 가장 강력하다고 알려진 변형된 MA 봉합법 간의 생역학 강도를 비교하는 것이며 최근 이용 가능한 가장 강한 봉합 재료를 이용하여 시행하였다. 저자들의 가설은 변형된 MA 봉합법과 UU 봉합법이 비슷한 생역학적 강도를 가질 것이라는 것이다.

재료 및 방법

사체에서 한 구의 견관절을 떼어서 인체 극상근 건을 채취하여 절반으로 나눈 후 이것을 다시 절반으로 나누어, 사체의 한 견관절에서 네 개의 건을 만들어서 총 24개의 검체를 얻었다. 두 봉합 형태 (UU 봉합: Ulsan University, 변형 MA 봉합: Mason-Allen)을 무작위로 시행하여 건의 각 집합에 대해 확인하였다. 검체는 0.25Hz에서 5~30N (Newton) 사이의 조절되는 외력 하에서 50 횟수의 주기 부하 (cycling loading)를 받게 하였다. 각 검체는 초당 1 mm의 조절되는 전이 (controlled displacement) 하에서 파열될 때까지 부하를 받았다. cyclic elongation (주기 이완), peak to peak displacement (전이), stiffness

(기울기), ultimate tensile load (최대 인장력), mode of failure (파열 양상) 등을 측정하고 기록하였다.

생역학 실험 전에, 사체는 영하 80도에서 냉동하였다. 각 검체는 실험 전 하루 밤 동안 해동을 시켰다. 사체에서 6구의 견관절이 slatted되었으며, 인간 극상근 건을 채취하여 1구당 4개의 건을 만들었으며, 최종 24건을 준비하였다. 검체의 평균 연령은 사망 당시 79 ± 15세였다. 분할된 모든 극상근 건은 육안적으로 이상 여부를 확인하였으며, 최초 7구였으나 1구에서 회전근 개 파열이 발견되어 이 연구에서 제외하였다. 모든 검체는 실험 중에 생리 식염수의 간헐적인 분무를 통해 습기를 유지하였다 (Fig. 1).

두 봉합 형태 (UU, MA 봉합)은 무작위로 각각의 건 검체에 대하여 시행하였다. 회전근 개 파열 모델은 각각의 근상근 건 검체에 수평 형태로 절단을 시행하여 형성시켰다. 모든 극상근 건 봉합은 관절경적 비슬라이딩 매듭 묶기 기술을 사용하여 개방적 방법으로 시행하였으며, 항상 polyester braded와 long chain polyethylene 봉합사 (No. 2 Fiberwire: Arthrex, Naples, Florida)을 사용하였다. 저자들은 처음에는 비슬라이딩 매듭을 사용하여 수작업으로 모든 관절경적 매듭 묶기를 시행하였으며, 반매듭 교대 (reverse half hitches)와 지주 교환 (alternating post)을 시행하여 총 6 throws (꼬임)를 만들었으며 이는 관절경 하에서 이루어지는 것과 같은 방식으로 시행되었다. 4.5 mm 생흡수성 건 고정 나사 (Biotenodesis screw, Arthrex, Naples, Florida)를 박아서 대 조면 (greater tuberosity)과 관절면 (articular surface of humeral head)의 접점에 위치시켰다.

본 연구에서 사용된 맞춤 죔쇠 (custom-made clamp)는 분할된 인간 극상근 건을 실험 중 잡고 있는 역할을 하였다. 죔쇠는 모든 실험에서 사용한 MTS Q Test/5 (Material Testing System, Eden Prairie, MN)의 crosshead에 실험 검체를 올려 놓고 단단히 고정하는 역할을 하였다 (Fig. 2). 2개의 서로 다른 봉합 형태를 시행한 각각의 견관절 검체는 상완골 간부의 축과 135도가 되도록 위치시켰으며 상완골 간부는 기계장비에 금속 고정물을 이용하여 단단히 고정하였다.

주기 부하 시험은 봉합된 회전근 개의 피로도에 대한 성능을 증명하기 위해 우선 시행되었다. 5N의 예비하중을 봉합된 검체에 대하여 시행하여, 전 인장력 (pre-tension)으로 적용하였다. 건봉합-골은 0.25 Hz에서 5에서 30N까지 주기 부하를 50회 적용 받았다. 50회 주기에서 30N의 상한 외력을 시행하는 것은 이전에 보고된 연구에 따라서 선택하였다[12]. 조건 이완 (condition elongation)은 첫 주기의 최고점과 50회째 주기의 최고점 사이에서 최고점 간 전이 (displacement)의 차이로 정의하였고, peak-to-peak 전이는 48회, 49회, 50회의 최소 및 최고 사이의 차이의 전이값의 평균으로 정의하였다[12].

봉합된 각각의 인간 극상근 건은 초당 1 mm의 속도로 조절되는 전이 하에서 파열될 때까지 부하를 받았으

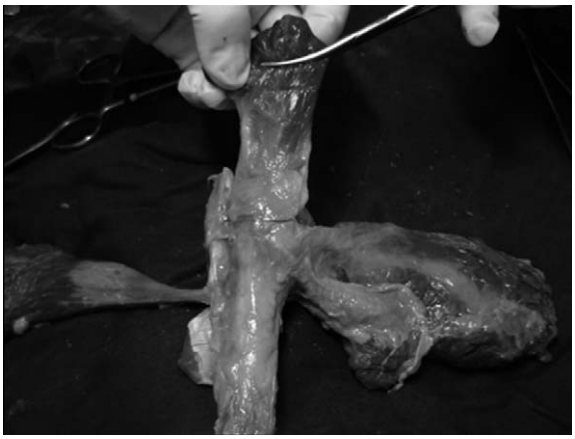

Fig. 1. The human cadaver shoulder was dissected and separated to each rotator cuff tendon (12 o'clock for the supraspinatous tendon, 3 o'clock for infraspinatous tendon and 9 o'clock for the biceps tendon).

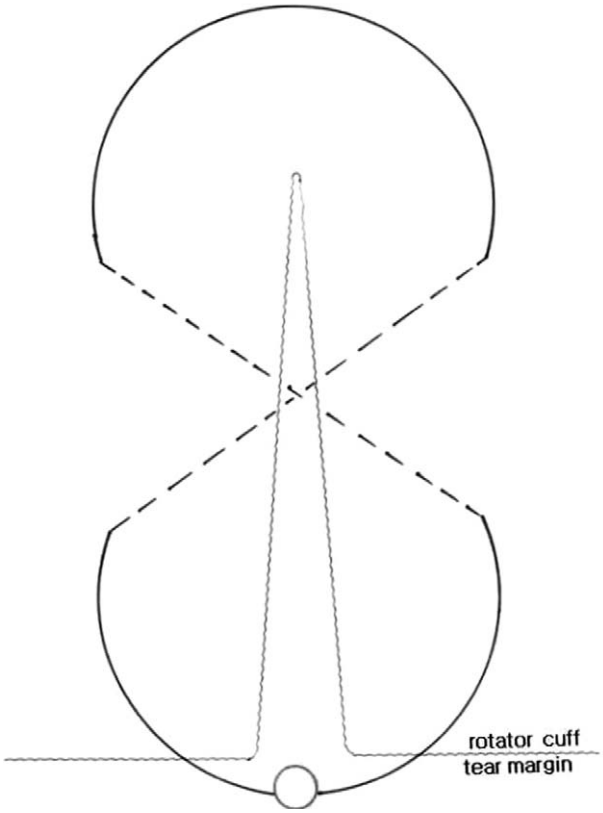

Fig. 2. The diagram of UU (Ulsan University) suture is looking like as tension-band suture.

며 파열될 때까지 부하 (N)와 전이 (mm)를 기록하였다. 저자들은 파열될 때의 최대 장력을 최대 인장력 (ultimate tensile force)으로 정의하였고, 기울기 (stiffness)는 부하 전이 곡선의 초기에서 평평한 부분을 선택하여 부하 전이 곡선의 경사로 정의하고 측정하였다. 파열 양상 (mode of failure)은 봉합된 각각의 인간 극상근 건에 대해 봉합 파괴 (suture break) 또는 건에서 봉합의 빠짐 (suture pull-out), 봉합 나사 빠짐 (anchor pull-out)으로 기록하였다[12, 17].

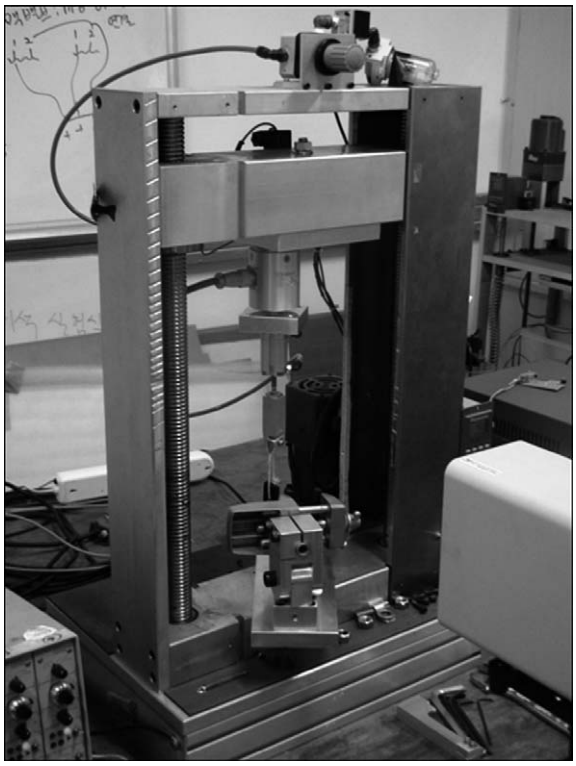

Fig. 3. The MTS Q Test/5 (Material Testing System, Eden Prairie, MN) and the laser extensometer were positioned for experiments.

각 검체는 주기 부하 실험과 파열 부하 실험을 포함한 2가지의 형태에 대해 실험을 하였으며 두 봉합 형태 간의 차이를 결정하기 위해 조건 전이 (conditioning elongation), peak-to-peak 전이 (peak to peak elongation), 최대 인장력 (ultimate tensile load), 기울기 (stiffness)에 대해 통계학적인 분석을 시행하였다. 통계방법은 student-t 검정과 Mann-Whitney rank sum test를 시행하여 각각의 봉합법 (UU, MA)에 대해 비교하였으며, 통계학적 의의는 $p<0.05$로 정하였고 결과는 평균 및 표준 편차로 기록하였다.

결 과

총 24개의 검체에 대하여 UU (Ulsan University) 봉합과 변형 MA (Mason-Allen) 봉합을 시행하였다. 주기 부하 검사의 경우 UU 봉합은 변형 MA 봉합과 비교하여 비슷한 평균값의 조건 전이(condition elongation)와 peak-to-peak 전이 값을 가졌고 (Table 1, 2), 두 개의 봉합법 사이에서 통계학적인 차이는 없었다 ($p<0.05$). 파열 부하 검사의 경우, 변형 MA 봉합은 UU 봉합에 비해 더 큰 최대 장력 값을 가졌다 (Table 3,4). 두 개의 봉합법 사이에서 파열 부하 검사를 비교했을 때, 통계학적인 차이는 없었으며 ($p<0.05$), stiffness의 경우에서도 UU 봉합과 변형 MA 봉합 간에 통계학적으로 의미 있는 차이는 역시 없었다.

Table 1. Conditioning elongation and peak-to-peak elongation on UU suture

Sample No.	Conditioning elongation (mm)	Peak-to-peak elongation (mm)
1	1.8	0.7
2	1.9	0.8
3	2.0	0.9
4	2.9	2.1
5	1.9	0.6
6	1.9	0.8
7	2.2	1.0
8	1.9	0.8
9	1.8	0.7
10	2.1	0.9
11	2.0	0.9
12	2.0	0.8
Mean	2.0	0.9
SD	0.3	0.4

Table 2. Conditioning elongation and peak-to-peak elongation on modified Mason-Allen suture

Sample No.	Conditioning elongation (mm)	Peak-to-peak elongation (mm)
1	1.3	0.9
2	1.9	0.8
3	2.0	1.0
4	1.8	0.6
5	2.0	1.1
6	2.4	0.9
7	1.8	0.9
8	1.9	1.0
9	2.7	1.6
10	1.7	0.9
11	2.0	1.0
12	1.9	0.6
Mean	1.9	0.9
SD	0.3	0.3

UU 봉합과 변형 MA 봉합 간의 조건 전이의 비교는 변형 MA 봉합에 비해 UU 봉합의 조건 전이가 증가됨을 보여주지만, Mann-Whitney rank sum test를 사용하여 비교할 경우 통계학적으로 차이는 없었다 ($p<0.05$). peak-to-peak 전이의 비교는 UU 봉합에 비해 변형 MA 봉합에서 증가함을 보이지만, 역시 통계학적으로 차이는 없었다 ($p<0.05$).

파열 양상은 각 두 봉합법에서 유사하였다. 2개의 검체는 매듭 자체에서 파열되었으며, 여기에서는 하나는 UU 봉합에서, 하나는 변형 MA 봉합에서 관찰되었다. 역시 2개의 검체는 봉합사 자체에서 파열되었는데, 여기에서도 하나는 UU 봉합에서, 하나는 변형 MA 봉합에서 관찰되었다. 다른 모든 검체에서는 봉합-건 접촉면 (suture tendon interface)에서 봉합 빠짐(suture pull-out)으로 파열되었다.

검체의 나이에 따른 잠재적인 변이에 대한 통계 검정에서 조건 전이, peak-to-peak 전이, 최대 장력과 기울기 (stiffness) 결과에서 어떠한 의미 있는 영향도 미치지 않았다.

고 찰

새롭게 개발된 봉합 술기는 그 결과에 있어서 임상적 및 방사선학적으로 양호해야 하며, 또한, 생역학적 실험을 통해 기존에 널리 인정되고 사용되는 봉합 술기와 비교하여 유사 혹은 더 양호한 결과를 보여야 한다. 저자들이 제안한 UU 봉합법과 일반적으로 가장 강력하다고 알려진 변형된 MA 봉합법 간의 생역학 강도는

Table 3. Ultimate tensile load and stiffness on UU suture

Sample No.	Ultimate tensile load (N)	Stiffness (N / mm)	Mode of failure
1	129.8	27.7	Suture failure
2	68.5	11.0	Anchor failure
3	99.4	25.6	Tendon pull-out
4	121.5	45.5	Tendon pull-out
5	151.6	55.0	Tendon pull-out
6	69.9	15.3	Tendon pull-out
7	90.0	10.4	Tendon pull-out
8	140.6	26.1	Tendon pull-out
9	126.0	28.9	Tendon pull-out
10	106.0	24.9	Knot failure
11	89.8	25.7	Tendon pull-out
12	119.7	25.1	Tendon pull-out
Mean	109.4	26.8	
SD	26.6	12.8	

Table 4. Ultimate tensile load and stiffness on modified MA suture

Sample No.	Ultimate tensile load (N)	Stiffness (N / mm)	Mode of failure
1	109.4	10.7	Suture failure
2	40.9	10.9	Tendon pull-out
3	110.6	27.9	Knot failure
4	125.9	39.0	Tendon pull-out
5	155.9	58.9	Tendon pull-out
6	56.9	14.4	Tendon pull-out
7	99.7	12.1	Tendon pull-out
8	154.9	25.9	Tendon pull-out
9	138.9	25.9	Tendon pull-out
10	117.9	23.9	Tendon pull-out
11	97.5	14.9	Anchor failure
12	121.7	25.1	Tendon pull-out
Mean	110.9	24.1	
SD	34.7	13.9	

최근 이용 가능한 가장 강한 봉합 재료를 이용하여 시행하였을 때 의미있는 차이가 없었다. 변형된 MA 봉합법과 UU 봉합법이 비슷한 생역학적 강도를 가진다고 생각된다.

UU 봉합법은 회전근 개 파열의 관절경 하 봉합에서는 사용할 수 없는 변형된 MA봉합법을 관절경 하에서 더 편리하게 사용될 수 있도록 단순하게 변형한 방법이다. 저자들은 변형된 ML 봉합법을 사용한 선행연구 결과로서 중범위 크기의 전층 회전근 개 파열에서, 2년 이상 추시상 양호한 결과를 얻었으며 저자들은 이러한 변형된 ML 봉합법은 회전근 개 파열의 봉합에서 실패를 줄일 수 있는 방법으로 생각한다[10]. 이러한 변형된 ML 봉합법을 좀더 편리하게 관절경 하에서 사용할 수 있도록 저자들이 변형한 방법이 바로 UU 봉합법이다.

인체 조직에 봉합을 시행하고 이에 대한 피로 실험 (cyclic loading test)과 인장 실험 (load to failure test)을 위해서 균일한 외력 및 주기 부하를 가할 수 있는 장치가 필요하며, 검체의 변형을 정량적으로 측정하기 위해 mm 단위의 정밀한 측정 장치가 요구된다. 또한 주어진 데이터를 분석하고 관리하기 위해 공동 연구가 필요하다. 첫 번째 요구된 장치는 공동 연구진에 의해 자체 개발될 수 있었으며, 정량적 측정을 위한 장치는 공동 연구진이 보유하고 있는 레이저 측정 장치를 사용할 수 있었고, 데이터 분석은 공동 연구진에 의해서 수행될 수 있었다.

본 논문의 결과에서 UU 봉합법은 변형된 MA 봉합법과 비교하여 주기 부하에 대한 저항력과 파열이 유발되는 최대 인장력이 두 봉합법에서 유사함을 보여주었으며, 이는 임상적인 의미가 있었다. Peak-to-peak 전이도 두 봉합법에서 임상적인 차이가 없었으며 이는 UU 봉합법은 변형된 MA 봉합법과 유사하게 이완(loosening)될 수 있으며, 반복적인 부하에 의한 피로 실험에서 유사한 간격으로 이완 될 수 있다는 것을 알려준다. UU 봉합법의 최대 인장력은 변형된 MA 봉합법과 유사하였으며, 이는 UU 봉합법과 변형된 MA 봉합법을 서로 비교하였을 때 술후 활동도에 대한 동일한 정도의 실패율을 증명할 수 있다.

본 논문에 사용한 두 가지 봉합 방법에서 변형된 MA 봉합법과 비교하여 UU 봉합 술기는 peak-to-peak 전이와 최대 인장력에 있어서 역학적으로 유사함을 발견하였다. 변형된 MA 봉합법과 같이 UU 봉합법은 회전근 개의 봉합에서 생역학적인 강도를 강화할 수 있으며, UU 봉합법은 변형된 MA 봉합법과 비교할만한 peak-to-peak 전이와 조건 전이 (condition displacement)를 가진다.

관절경 하 MA 봉합 (Arthroscopic Mason-Allen suture)은 동일한 봉합 나사를 통하여 2개의 수직으로 위치하는 매듭을 사용하였으며, 변형된 MA 봉합과 유사한 형태라고 주장되었다[15]. 이러한 관절경 하 MA 봉합의 개념이 흥미롭지만, 생역학적인 특성은 아직 알려지지 않았다[14]. 광근개 (MC, Massive Cuff) 봉합은 양의 극하근 건 모델을 이용하여 생역학 실험이 시행된 경험이 발표되었으며 최대 인장력은 단순 봉합에 비해 3배 강하였고 변형 MA 봉합법과는 유사하였음을 보고하였다[12].

저자들은 현 연구에서 사체 견관절에서의 회전근 개 봉합 모델을 사용하였으며, 저자들의 연구는 인간 회전근 개 검체를 사용하였기 때문에 임상적으로 더 쉽게 생체에 적용할 수 있을 것으로 생각된다. 저자들의 연구의 한계는 생체내에서 임상적으로 봉합되는 것처럼 모든 봉합이 캐뉼라를 통하여 관절경 하에서 시행되지 않고 개방적 방법을 사용하였다는 것이다. 저자들이 사용한 사체 실험의 또 다른 한계는 검체의 연령으로 상대적으로 고령이었으며 (평균 79세), 또 다른 단점은 생체 내 조직 치유를 설명하지 못한다는 것이다. 저자들은 봉합된 회전근 개 건의 치유 잠재력의 변화를 평가하기 위하여 동물 모델에서 UU 봉합법과 변형된 MA 봉합법을 비교하려고 한다. 본 연구의 장점 중 하나는 견관절의 상견갑근 건을 채취하여 한 쌍의 검체에 대해 무작위 형식으로 추출하여 두 가지 형태의 봉합을 시행하여 평가하였다는 것이며, 저자들은 검체에 위치하는 위치 고정 표시자를 사용하여 독립된 건- 봉합 공간의 외력에 대한 전이 형태를 측정하였다. 매듭은 술기 편차를 감소시키기 위하여 한 명의 정형외과의 (Ko S.H.)에 의해 시행되었으며, 비 활주 매듭법 (Revo knots)을 사용하였고, 모든 비 활주 매듭에서 RHAP (Reverse Half hitches and Alternating Post)와 같이 관절경 하에서 시행되는 방법을 사용하였다는 것이 장점이 될 수 있다.

본 저자들은 이열 봉합 (double row suture repair)이 수술 초기에 봉합 강도가 더 강하다고 생각하지만, 기술적인 어려움이 있다고 생각된다. 저자들은 이열 봉합의 시행이 기술적으로 어렵다면 UU 봉합의 사용을 추천할 수 있다고 생각되며, UU 봉합은 회전근 개의 봉합에 있어서 생역학적인 강도의 특성을 우수하게 개선시킬 수 있다.

결 론

UU 봉합은 관절경 하에서 회전근 개 봉합에 사용할 수 있는 단순하고 훌륭한 방법일 수 있으며 관절경 하 회전근 개 봉합에서 변형 Mason-Allen 봉합에 필적할

수 있는 유사한 생역학적 대치방법으로 사료된다.

REFERENCE

1) **Cummins CA, Murrell GA:** *Mode of failure for rotator cuff repair with suture anchors identified at revision surgery. J Shoulder Elbow Surg, 12: 128-133, 2003.*
2) **Galatz LM, Ball CM, Teefey SA, Middleton WD, Yamaguchi K:** *The outcome and repair integrity of coletely arthroscopically repaired large and massive rotator cuff tears. J Bone Joint Surg Am, 86: 219-224, 2004.*
3) **Gerber C, Schneeberger AG, Beck M, Schlegel U:** *Mechanical strength of repairs of the rotator cuff. J Bone Joint Surg Br, 76: 371-380, 1994.*
4) **Gerber C, Schneeberger AG, Perren SM, Nyffeler RW:** *Experimental rotator cuff repair A preliminary study. J Bone Joint Surg Am, 81: 1281-1290, 1999.*
5) **Ko SH, Cho SD, Choe SW, et al.:** *The evaluation for the usefulness of arthroscopic miniopen repair which related with large and massive sized full-thickness rotator cuff tear and clinical results. J Korean Shoulder Elbow Soc, 9: 83-88, 2006.*
6) **Ko SH, Cho SD, Gwak CY, Eo J, Yoo CH, Choe SW:** *Use of massive cuff stitch in arthroscopic repair of rotator cuff tears. J Korean Shoulder Elbow Soc, 9: 181-188, 2006.*
7) **Ko SH, Cho SD, Lew SG, Park MS, Kwag CY, Woo JK:** *Comparison of arthroscopic versus mini open repair in medium and large sized full thickness rotator cuff tear -short term preliminary results-. J Korean Orthop. Soc. Sports Med, 3: 73-80, 2004.*
8) **Ko SH, Cho SD, Park MS, Woo JK:** *The use of bio suture anchor in the arthroscopic repair of medium sized full thickness rotator cuff tear in sports injury. J Kor Sports Med, 23: 180-185, 2005.*
9) **Ko SH, Cho SD, Ryu SO, Gwak CY, Park MS:** *Arthroscopic repair of full thickness rotator cuff tear. J Korean Shoulder Elbow Soc, 6: 161-166, 2003.*
10) **Ko SH, Lee CC, Friedman D, Park KB, Warner JJP:** *Arthroscopic single-row supraspinatus tendon repair with a modified mattress locking stitch: a prospective randomized controlled comparison with a simple stitch. Arthroscopy, 24: 1005-1012, 2008.*
11) **Ko SH, Rhee YG, Jeon HM, Lee CC:** *The usefulness of all arthroscopic repair with biceps incorporation in massive sized full thickness rotator cuff tears. J Korean Shoulder Elbow Soc, 10: 106-111, 2007.*
12) **Ma CB, MacGillivray JD, Clabeaux J, Lee S, Otis JC:** *Biomechanical evaluation of arthroscopic rotator cuff siitches. J Bone Joint Surg Am, 86: 1211-1216, 2004.*
13) **MacGillivray JD, Ma CB:** *An arthroscopic stitch for massive rotator cuff tears: The Mac stitch. Arthroscopy, 20: 669-671,2004.*
14) **Ma CB, Comerford L, Wilson J, Puttlitz CM:** *Biomechanical evaluation of arthroscopic rotator cuff repairs: double-row compared with single-row fixation. J Bone Joint Surg Am, 88: 403-410, 2006.*
15) **Scheibel MT, Habermeyer P:** *A modified Mason-Allen technique for rotator cuff repair using suture anchors. Arthroscopy, 19: 330-333, 2003.*
16) **Schneeberger AG, von Roll A, Kalberer, Jacob HA, Gerber C:** *Mechanical strength of arthroscopic rotator cuff repair techniques: an in vitro study. J Bone Joint Surg Am, 84: 2152-2160, 2002.*
17) **Sileo MJ, Ruotolo CR, Nelson CO, Serra-Hsu F, Panchal AP:** *A biomechanical comparison of the medified Mason-Allen stitch and massive cuff sitich in vitro. Arthroscopy, 23: 235-240, 2007.*

초 록

목적: 관절경 하 회전근 개 봉합에서 일반적으로 건-봉합간 접촉면 (tenon-suture interface) 에 약한부위 (weak link)가 형성되어 있어 관절경 하 회전근 개 봉합은 개방적 봉합술보다 높은 재파열율을 가진다. 이 연구의 목적은 봉합사를 뼈에 고정할 때 관절경으로 사용할 수 있는 UU (Ulsan University) 봉합과 개방적 변형 MA (Mason-Allen) 봉합의 강도를 비교하는 것이다.
대상 및 방법: 한 구의 사체 극상근 건을 채취하여 절반으로 나눈 후 다시 절반을 나누어 사체의 어깨 관절 한 구당 네 개의 건을 만들어 총 24개의 검체를 만들었다. 두 봉합 형태 (UU, MA)는 무작위로 선택하였으며 각각의 건에 시행하였다. 검체는 0.25 Hz에서 5~30N의 조절된 외력 하에서 50회 주기 부하 (cyclic loading)를 받았다. 각 검체는 초당 1mm의 전이가 되는 상황 하에서 파열이 발생할 때(ultimate tensile load)까지 부하를 받았다. 조건 이완 (condition elongation), peak-to-peak 전이(displacement), 기울기 (stiffness), 최대 인장력 (ultimate tensile load), 파열 양상 (mode of failure) 등을 기록하였다.
결과: 주기 부하 실험에서 두 봉합 형태 간 유의 있는 차이는 없었다. 최대 장력 실험에서 UU 봉합과 변형 MA (Mason-Allen) 봉합 간에 통계학적으로 유의한 차이는 없었다 (109.4 N, and 110.6 N). 양 봉합 형태에서 가장 흔한 파열 양상은 봉합의 빠짐 (suture pull-out)이었다.
결론: UU 봉합과 변형 MA 봉합은 유사한 생역학적 특성을 가진다.

색인 단어: 견관절, 회전근 개 봉합법, 생역학 실험, UU 봉합, 변형된 MA 봉합