

회전근 개 파열에 대한 관절경적 봉합술 중 일열 봉합술의 유용성

인제대학교 의과대학 상계백병원 정형외과학교실

염 재 광*

Arthroscopic Rotator Cuff Repair by Single Row Technique

Jae-Kwang Yum, M.D., PhD.*

Department of Orthopaedic Surgery, Sanggye Paik Hospital, Inje University, Seoul, Republic of Korea.

The goal of rotator cuff repairs is to achieve high initial fixation strength, minimize gap formation, maintain mechanical stability under cyclic loading and optimize the biology of the tendon-bone interface until the cuff heals biologically to the bone. Single row repairs are least successful in restoring the footprint of the rotator cuff and are most susceptible to gap formation. Double row repairs have an improved load to failure and minimal gap formation. Transosseous equivalent repairs (suture bridge technique) have the highest ultimate load and resistance to shear and rotational forces and the lowest gap formation. Even though the superior advantages of double row and transosseous equivalent repairs, those techniques take longer surgical time and are more expensive than single row repairs. Therefore single row repairs can be useful in bursal side partial thickness or small size full thickness rotator cuff tear.

Key Words: Shoulder, Rotator cuff tear, Arthroscopic single row repair

서 론

회전근 개 파열에 대한 봉합 수술의 목적은 봉합 초기에 고정력을 높이고 건-골 사이의 간격 형성을 최소화하며 반복적인 부하에 기계적인 안정성을 유지시키고 회전근 개의 끝이 뼈에 부착되어 치유될 때까지 건-골 사이의 치유 환경을 최적화시키는 것이다. 궁극적으로 보면 성공적인 회전근 개 봉합은 견관절의 통증을 없애고 근력을 향상시키며 관절 운동 범위를 정상으로 회복시킨다. 우리는 최근까지 회전근 개 파열에 대한 봉합 방법의 변화를 지켜봐 왔으며 제일 오래된 개방적 봉

합, 그 이후에 최소 절개(mini-open) 봉합에서부터 완전 관절경적 봉합까지 두루 경험을 해 왔다. 특히 관절경으로만 회전근 개를 봉합하는 경우에서도 많은 변화가 있었는데 초기에는 일열 봉합(single row repair)을 주로 사용하였으나 여러 가지 단점을 보완하기 위해서 최근에는 이열 봉합(double row repair)이나 교량형 봉합(suture bridge technique = transosseous equivalent fixation) 등이 사용되고 있다^{3-7,12-13,17-18,20,23-25,27,30,33-37}. 이 종설에서는 위에 열거한 관절경적 회전근 개 봉합 술기들을 서로 비교하고 분석해서 각각 술기들의 장단점을 살펴보고 일열 봉합이 아직 유용한

*통신저자: 염 재 광

서울특별시 노원구 상계 7동 761-1

인제대학교 상계백병원 정형외과

Tel: 02) 950-1026, Fax: 02) 934-6342, E-Mail: yumccf@hanmail.net

술기인지 알아보고자 한다.

회전근 개 봉합 술기 변화의 적응증

회전근 개 봉합 방법의 변화 및 발전이 이뤄지게 된 것은 회전근 개 봉합의 실패 및 재파열에 대한 보고가 많아지면서 시작되었다^{8,14-16}. 관절경적 봉합 수술이 어렵고 그 기법을 배우는 기간이 길어서 초기 관절경적 봉합은 회전근 개의 해부학적 부착부(footprint)를 완전히 재건하지 못하여 불안정하고 생역학적으로 약한 봉합이 될 수밖에 없었다¹¹. 그 이후 관절경적 술기에 적응하고 발전하면서 회전근 개 봉합의 목표가 바뀌었는데, 그것은 개방적 수술에서나 가능한 것으로 여겨졌던 해부학적 부착부를 완전히 복원시키는 봉합이다.

회전근 개의 해부학적 부착부(footprint)

최근 해부학적 연구에서 극상건의 대결절 부착 부위에 대한 연구 결과를 보고하였는데²⁵ 전후방으로 25 mm 그리고 내외측 방향으로는 14 mm여서 결과적으로 그 면적은 350 mm²로 보고하였다. 이러한 해부학적 부착 부위에 대한 정보는 중요한 의미를 부여하는데 파열된 회전근 개를 좀 더 넓은 면적으로 봉합하면 건-골 치유의 기회가 그만큼 많아진다는 의미를 가진다.

봉합 실패의 기전

봉합 후 초기 실패의 원인은 다양한데, 나사못이 뼈에서 빠져 나오는 경우, 봉합 실패, 봉합한 매듭이 풀리거나 느슨해지는 경우 등이 있다¹¹. 좀 더 튼튼한 봉합사가 출현하면서 봉합 실패는 주로 봉합사-건의 경계면에서 생기게 되었고 이를 극복하기 위해서는 개방적 봉합에 쓰이던 Mason-Allen 봉합을 필요로 하였으나 관절경적으로 이 봉합을 시행하기는 쉽지 않았으며 결과적으로 봉합 실패는 나사못 고정의 실패와 봉합사-건 경계면에서의 실패로 압축되었다.

봉합 방법에 따른 생역학적 연구 결과

많은 연구에서 경 골 봉합(transosseous repair)과 일열 봉합보다 이열 봉합 및 교량형 봉합이 해부학적 부착부의 재건 범위가 넓고 실패에 견디는 힘이 높다고 보고되었지만 이러한 연구들에서도 맹점이 있는데 그것은 첫째로 이러한 연구들이 사체나 동물들에서 시행되어 인체에서도 똑 같은 결과가 나타나리라는 보장이 없으며 둘째로 이러한 연구는 봉합 후 일정한 시간이 지나서 실험한 것이 아니고 봉합 후 즉시 실험을 시행한

것이 대부분이라서 조직의 치유에 대한 결과를 얻기는 어렵다는 점이다. 그럼에도 불구하고 이러한 생역학적 연구는 성공적인 건 봉합의 요건을 밝혀내고 조직 치유의 환경을 최적화하는 방법을 알아냄으로써 치료에 도움을 줄 수 있다. 그러면 각각의 봉합 방법을 비교하여 장단점을 알아보자.

1. 경 골 봉합 vs 일열 봉합

Ahmad 등¹¹은 개방적 경 골 봉합과 관절경적 일열 봉합에서 건-골 경계면에서의 움직임은 정도를 비교하였는데 경 골 봉합에서 움직임이 더 적었다고 보고하였고 Apreleva 등²¹은 극상건 부착부를 3차원적으로 분석한 결과 경 골 단순 봉합이 원래 부착부의 85%를 재건하는 반면 관절경적 일열 봉합은 65% 정도여서 경 골 단순 봉합이 극상건의 3차원적 모양에 가장 유사하게 재건할 수 있는 방법이라고 보고하였다. 또한 Cummins 등¹⁰과 Park 등²⁶도 이와 유사한 결과를 보고함으로써 관절경적 일열 봉합보다는 고식적인 경 골 단순 봉합이 봉합 실패에 견디는 힘이 더 좋고 건-골 경계면의 움직임도 적으며 원래 부착부의 재건 범위도 더 넓고 봉합한 건에 대한 압력도 더 좋은 것으로 결론이 내려지게 되었다.

2. 경 골 봉합 vs 일열 봉합 vs 이열 봉합

Sano 등²⁹은 관절경적 일열 봉합 및 이열 봉합 그리고 경 골 봉합에서 힘을 받는 분포도(stress distribution)를 측정하였는데 경 골 봉합에서는 힘이 건이 뼈에 붙는 부위에만 집중되었고 점액낭쪽은 없었으며 일열 봉합 및 이열 봉합에서는 나사못이 박혀있는 부위의 점액낭쪽에 힘이 집중되었다고 보고하였다. 이러한 결과로 일열 및 이열 봉합에서 나사못 부위에 힘이 집중되는 현상 때문에 나사못을 사용하는 봉합에서 실패 확률이 높을 것이라고 추정하였다.

3. 일열 봉합 vs 이열 봉합

Kim 등¹⁹은 일열 및 이열 봉합에서 반복적인 부하(cyclic loading), 간격 형성(gap formation), 실패 부하량(failure load) 등을 측정하였는데 이열 봉합이 더 우수한 것으로 보고하였으며 Mazzocca 등²²은 4가지의 봉합 방법에 대한 생역학적인 연구 결과 이열 봉합이 원래 부착부 재건에 더 우수한 것으로 보고하였다. 또한 Ma 등²¹은 이열 봉합에서의 간격 형성은 일열 봉합 중 massive cuff 봉합과 거의 같은 정도였으며 최대 인장력(ultimate tensile load)도 이열 봉합

에서 287 N으로 일열 봉합의 어느 것보다도 우수한 것으로 보고하였다.

4. 이열 봉합 vs 교량형 봉합

Siskoksy 등³¹⁾은 상기 두가지 봉합 방법에 대하여 반복적 부하, 최대 인장력(ultimate tensile load) 및 간격 형성 등을 측정하여 비교하였는데 최대 인장력은 교량형 봉합에서 380 N, 이열 봉합에서는 285 N으로 나타났다. 또한 간격 형성은 통계학적인 유의성이 없는 것으로 보고하였다.

상기 봉합 방법들을 정리해 보면 관절경적 일열 봉합의 최대 인장력은 275~300 N이고 회전근 개의 원래 부착부의 재건이 미약하고 간격 형성에 취약하다. 이열 봉합의 최대 인장력은 300~350 N이며 해부학적 부착부의 재건이 일열 봉합보다는 우수하며 간격 형성도 더 적다. 교량형 봉합의 최대 인장력은 350~400N으로 가장 우수하며 회전력이나 전단력에 가장 잘 견디고 해부학적 부착부 재건이 거의 완벽하며 간격 형성도 거의 없는 것으로 나타났다.

회전근 개 봉합 후 조기 임상적 결과

Sugaya 등³²⁾은 일열 봉합 및 이열 봉합 수술 후 평균 35개월 정도 추시하여 그 결과를 비교 분석하였는데 통계학적인 유의성이 없는 정도로 결과가 비슷한 것으로 보고하였으나 MRI상으로 회전근 개의 수술 후 모양이 그대로 유지되는 가를 비교한 결과 이열 봉합이 더 우수한 것으로 보고하였으며 Cole 등⁹⁾은 일열 봉합보다는 이열 봉합 군에서 건관절의 운동범위 회복이 더 빨랐고 결과도 더 좋았다고 보고하였다.

회전근 개 봉합의 알고리즘(algorithm)

우선 회전근 개 파열에 대한 다양한 수술 방법의 숙지가 중요하며 파열 형태에 따른 봉합 위치를 정확하게 파악하는 것이 수술 결과를 좋게 하는 관건이라 할 수 있다. 또한 파열된 건의 전방 및 후방의 유착을 잘 박리하여 건에 받는 장력이 가장 적은 상태로 봉합해야 하며 건의 관상면과 축상면으로 받는 힘의 균형이 이루어져야 한다. 그리고 관절경적 봉합시 가장 튼튼한 봉합 방법으로 느슨하지 않게 건을 봉합하는 것도 중요하다.

급성 파열인 경우에 부분층 파열이든 완전 파열이든 원래 부착부 중 일부가 남아있는 파열(전후방으로 파열이 12 mm 이하)에서는 일열 봉합으로도 좋은 결과를 얻을 수 있을 것으로 사료되며 만성 파열에서 처럼 조

직의 상태가 나쁘거나 15 mm 이상의 파열에서는 이열 봉합이나 교량형 봉합을 시행해야 봉합 실패가 적을 것으로 사료된다.

간혹 파열된 건이 원래의 위치로 당겨지지 않아서 원래의 부착부보다 조금 내측으로 상완골 두의 관절연골 가까이 봉합하는 경우가 있는데 이러한 경우에는 회전근 개의 기능은 호전될 수 있으나 봉합 부위가 치유될 가능성은 더 떨어지는 것으로 보고되고 있다.

요 약

최근 발표되는 회전근 개 파열에 대한 봉합 방법들을 실험한 논문들을 볼 때 여러가지 면에서 이열 봉합이나 교량형 봉합이 생역학적으로 더 우수하고 원래의 회전근 개 부착부 재건이 가능하다고 하나 수술 시간이 좀 더 오래 걸리고 삽입하는 나사못의 개수도 많아 수술료가 비싸다는 단점도 가지고 있다. 따라서 전후방으로 파열이 12 mm 이하, 점액낭층 부분층 파열 등에서는 일열 봉합으로도 좋은 결과를 얻을 수 있을 것으로 사료되며 만성 파열에서 처럼 조직의 상태가 나쁜 경우 그리고 15 mm 이상의 파열에서는 이열 봉합이나 교량형 봉합을 시행해야 봉합 실패가 적을 것으로 사료된다.

REFERENCES

- 1) **Ahmad CS, Stewart AM, Izquierdo R, Bigliani LU:** *Tendon-bone interface motion in transosseous suture and suture anchor rotator cuff repair techniques. Am J Sports Med, 33: 1667-1671, 2005.*
- 2) **Apreleva M, Ozbaydar M, Fitzgibbons PG, Warner JP:** *Rotator cuff tears: The effect of reconstruction method on three-dimensional repair site area. Arthroscopy, 18: 519-526, 2002.*
- 3) **Bicknell RT, Harwood C, Ferreira L:** *Cyclic loading of rotator cuff repairs: An in vitro biomechanical comparison of bioabsorbable tacks with transosseous sutures. Arthroscopy, 21: 875-880, 2005.*
- 4) **Brady PC, Arrigoni P, Burkhart SS:** *Evaluation of residual rotator cuff defects after in vivo single- versus double-row rotator cuff repairs. Arthroscopy, 22: 1070-1075, 2006.*
- 5) **Buess E, Steuber KU, Waibl B:** *Open versus arthroscopic rotator cuff repair: A comparative view of 96 cases. Arthroscopy, 21: 597-604, 2005.*
- 6) **Chhabra A, Goradia VK, Francke EI:** *In vitro analysis of rotator cuff repairs: A comparison of arthroscopically inserted tacks or anchors with open transosseous repairs. Arthroscopy, 21: 323-327, 2005.*
- 7) **Cicak N, Klobucar H, Bicanic G, Trsek D:** *Arthroscopic transosseous suture anchor technique for rotator cuff repairs. Arthroscopy, 22: 565.e1-565.e6, 2006.*

- 8) **Cole BJ, Alford JW, Hayden K, Pylawka T, Lewis PB:** Arthroscopic rotator cuff repair: Prospective evaluation at minimum 2-year follow-up. *J Shoulder Elbow Surg*, 16: e22, 2007.
- 9) **Cole BJ, ElAttrache NS, Anrabi A:** Arthroscopic Rotator Cuff repairs: An anatomic and biochemical rationale for different suture-anchor repair configurations. *Arthroscopy*, 23: 662-669, 2007.
- 10) **Cummins CA, Appleyard RC, Strickland S, Haen P, Chen S, Murrell GAC:** Rotator cuff repair: An ex-vivo analysis of suture anchor repair techniques on initial load to failure. *Arthroscopy*, 21: 1236-1241, 2005.
- 11) **Cummins CA, Murrell GAC:** Mode of failure for rotator cuff repair with suture anchors identified at revision surgery. *J Shoulder Elbow Surg*, 12: 128-133, 2003.
- 12) **Curtis AS, Burbank KM, Tierney JJ, Scheller AD, Curran AR:** The insertional footprint of the rotator cuff: An anatomic study. *Arthroscopy*, 22: 603-609, 2006.
- 13) **Fealy S, Rodeo SA, MacGillivray JD, Nixon AJ, Adler RS, Warren RF:** Biomechanical evaluation of the relation between number of suture anchors and strength of the bone-tendon interface in a goat rotator cuff model. *Arthroscopy*, 22: 595-602, 2006.
- 14) **Galatz LM, Ball CM, Teeley SA, Middleton WD, Yamaguchi K:** The outcome and repair integrity of completely arthroscopically repaired large and massive rotator cuff tears. *J Bone Joint Surg Am*, 86: 219-224, 2004.
- 15) **Gazielly DF, Gleyze P, Montagnon C:** Functional and anatomical results after rotator cuff repair. *Clin Orthop Relat Res*, 304: 43-53, 1994.
- 16) **Harryman DT 2nd, Mack LA, Wang KY, Jackins SE, Richardson ML, Matsen FA 3rd:** Repairs of the rotator cuff: Correlation of functional results with integrity of the cuff. *J Bone Joint Surg Am*, 73: 982-989, 1991.
- 17) **Ide J, Maeda S, Takagi K:** A comparison of arthroscopic and open rotator cuff repair. *Arthroscopy*, 21: 1090-1098, 2005.
- 18) **James Davidson JF, Burkhart SS, Richards DP, Campbell SE:** Use of preoperative magnetic resonance imaging to predict rotator cuff tear pattern and method of repair. *Arthroscopy*, 21: 1428.e1-1428.e10, 2005.
- 19) **Kim DH, ElAttrache NS, Tibone JE:** Biomechanical comparison of a single-row versus double-row suture anchor technique for rotator cuff repair. *Am J Sports Med*, 34: 407-414, 2006.
- 20) **Lee S, Mahar A, Bynum K, Pedowitz R:** Biomechanical comparison of bioabsorbable sutureless screw anchor versus suture anchor fixation for rotator cuff repair. *Arthroscopy*, 21: 43-47, 2005.
- 21) **Ma CB, Cumerford L, Wilson J, Puttitz CM:** Bio-mechanical evaluation of arthroscopic rotator cuff repairs: Double-row compared to single-row fixation. *J Bone Joint Surg Am*, 88: 403-410, 2006.
- 22) **Mazzocca AD, Millett PJ, Guanche CA, Santangelo SA, Arciero RA:** Arthroscopic single-row versus double-row suture anchor rotator cuff repair. *Am J Sports Med*, 33:1861-1868, 2005.
- 23) **McBirnie JM, Miniaci A, Miniaci SL:** Arthroscopic repair of full-thickness rotator cuff tears using bioabsorbable tacks. *Arthroscopy*, 21: 1421-1427, 2005.
- 24) **Meier SW, Meier JD:** The effect of double-row fixation on initial repair strength in rotator cuff repair: A biomechanical study. *Arthroscopy*, 22: 1168-1173, 2006.
- 25) **Nho SJ, Yadav H, Pensak M, Dodson CC, Good CR, MacGillivray JD:** Biomechanical fixation in arthroscopic rotator cuff repair. *Arthroscopy*, 23: 94-102, 2007.
- 26) **Park MC, Cadet ER, Levine WN, Bigliani LU, Ahmad CS:** Tendon-to-bone pressure distributions at a repaired rotator cuff footprint using transosseous suture and suture anchor fixation techniques. *Am J Sports Med*, 33: 1154-1159, 2005.
- 27) **Rebuzzi E, Coletti N, Schiavetti S, Giusto F:** Arthroscopic rotator cuff repair in patients older than 60 years. *Arthroscopy*, 21: 48-54, 2005.
- 28) **Ruotolo C, Fow JE, Nottage WM:** The supraspinatus footprint: An anatomic study of the supraspinatus insertion. *Arthroscopy*, 20: 246-249, 2004.
- 29) **Sano H, Yamashita T, Wakabayashi I, Itoi E:** Stress distribution after rotator cuff repair: Suture anchors vs. transosseous suture fixation, Presented at the American Academy of Orthopaedic Surgeons, Chicago, IL, March 22-26, 2006.
- 30) **Sauerbrey AM, Getz CL, Piancastelli M, Iannotti JP, Ramsey ML, Williams GR Jr:** Arthroscopic versus mini-open rotator cuff repair: A comparison of clinical outcome. *Arthroscopy*, 21: 1415-1420, 2005.
- 31) **Siskosky MJ, ElAttrache NS, Chu E, Tibone JE, Lee TQ:** Biomechanical evaluation of the "transosseous equivalent" rotator cuff repair technique using the PushLock for lateral fixation compared to the double-row technique, Presented at the Annual Meeting of the American Academy of Orthopaedic Surgeons, San Diego, CA, February 14-18, 2007.
- 32) **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*, 21: 1307-1316, 2005.
- 33) **Verma NN, Dunn W, Adler RS:** All-arthroscopic versus mini-open rotator cuff repair: A retrospective review with minimum 2-year follow-up. *Arthroscopy*, 22: 587-594, 2006.
- 34) **Warner JJP, Tetreault P, Lehtinen J, Zurakowski D:** Arthroscopic versus mini-open rotator cuff repair: A cohort comparison study. *Arthroscopy*, 21: 328-332, 2005.

- 35) **White CD, Bunker TD, Hooper RM:** *The strength of suture configurations in arthroscopic rotator cuff repair. Arthroscopy, 22: 837-841, 2006.*
- 36) **Wolf EM, Pennington WT, Agrawal V:** *Arthroscopic side-to-side rotator cuff repair. Arthroscopy, 21: 881-887, 2005.*
- 37) **Wolff AB, Magit DP, Miller SR, Wyman J, Sethi PM:** *Arthroscopic fixation of bursal-sided rotator cuff tears. Arthroscopy, 22: 1247.e1-1247.e4, 2006.*

초 록

회전근 개 파열에 대한 봉합 수술의 목적은 봉합 초기에 고정력을 높이고 건-골 사이의 간격 형성을 최소화 하며 반복적인 부하에 기계적인 안정성을 유지시키고 회전근 개의 끝이 뼈에 부착되어 치유될 때까지 건-골 사이의 치유 환경을 최적화시키는 것이다. 일열 봉합은 원래의 회전근 개 부착부에 건을 완전히 부착시키는 면적이 제일 적고 간격 형성에 취약하다. 이열 봉합은 고정 실패를 방지하는 힘이 일열 봉합보다는 우수하고 간격 형성도 더 적으며 교량형 봉합은 최대 인장력이 가장 크며 전단력 및 회전력에 강하고 간격 형성도 제일 적다. 이러한 것을 볼 때 이열 봉합 및 교량형 봉합이 일열 봉합보다 우수한 점이 많지만 수술 시간이 좀 더 오래 걸리고 삽입하는 나사못의 개수도 많아 수술료가 비싸다는 단점도 가지고 있다. 따라서 일열 봉합도 회전근 개의 점액낭측 부분층 파열이나 작은 완전 파열에 쓰여질 수 있는 아직은 유용한 방법으로 사료된다.

색인 단어: 건관절, 회전근 개 파열, 관절경적 일열봉합술