

## Suture anchor의 선택과 매듭결속법

대구가톨릭의과대학 정형외과학교실

최 창 혁

### 서 론

Suture anchor는 현재 전관절불안정성 및 회전근 개 복원술을 위해서 가장 보편적으로 쓰이고 있으며, 이의 적절한 선택과 안정적인 고정을 위한 매듭방법의 적용에 따라 효과적인 수술이 가능하다. 이때 사용되는 부위 및 용도에 따라 suture anchor의 디자인 및 성상이 결정되며, 현재 사용되고 있는 anchor의 종류는 크기에 따라 methallic suture anchor와, 좁은 부위에 충분한 숫자의 anchor를 안정적으로 삽입할 수 있는 mini-anchor등이 있으며, 금속으로 인한 문제를 줄이기 위한 biodegradable anchor, 그리고 매듭결박으로 인한 어려움을 줄이기 위해 개발된 knotless anchor등이 사용되고 있다<sup>15,16)</sup>.

### Anchor의 선택

Suture anchor는 크기와 모양, 파악력(holding strength) 및 삽입방법등에 따라 다양한 선택이 가능하다. Suture anchor는 삽입되는 양상에 따라 press-pit plug (Mitek anchor<sup>®</sup>)로 사용하거나, predrilling 후 삽입 (Revo screw<sup>®</sup>)하기도 하며, 비교적 연질의 뼈에는 drilling 없이 바로 삽입(corkscrew, Arthrex<sup>®</sup>)할 수도 있다. suture anchor의 이점은 쉽고 빠르게 삽입할 수 있으며, bone tunnel을 이용하는 것보다 보다 확실한 고정이 가능하여 일관된 결과를 얻을 수 있으며, 재활 치료 중 cyclic loading으로 인한 봉합이완을 줄일 수 있고, anchor가 골조직에 파묻히기 때문에 돌출되어 생기는 문제가 없다는 점등이다. Mini-anchor의 이점은 최근 기술적인 발달로 충분한 고정력을 얻을 수 있으며, 좁은 영역에 여러 개의 anchor를 사용할 수 있어 보다 효과적인 고정이 가능하다는 점이다. biodegradable anchor의 이점은

초기에 안정적인 고정력을 얻을 수 있으며 내고정물을 제거할 필요가 없으며, 2~3년 후에는 재수술이 용이하며, MRI 추 시 관찰하는데 장애가 없다는 점등이다. knotless anchor는 관절경적 수술의 가장 힘든 과정중의 하나인 매듭결박을 할 필요 없이, 안정적이고 low-profile의 고정이 가능하다는 이점이 있다.

### Suture anchor의 생역학

성공적인 anchor의 이용을 위해서는 다양한 suture anchor의 파손력(failure strength), 파손양상(failure mode)을 이해하는 것이 중요하며, eyelet의 크기와 통과시킬 수 있는 봉합사의 수, anchor의 최대 및 최소 지름, 그리고 anchor 삽입 시 drill hole의 크기 등이 각각의 특성을 결정하게 된다. 이때 screw anchor는 drill hole이 클수록 파손력이 커지며, Nonscrew anchor의 경우 파손력이 작아지는 양상을 보인다. Barber 등<sup>2)</sup>의 조사에 의하면 screw anchor의 경우 주로 eyelet cutout이, nonscrew anchor의 경우 anchor pullout으로 나타났다. Barber 등<sup>3)</sup>은 추가로 25종류의 anchor를 골간, 골간단 및 해면골에 삽입하여 파손양상을 anchor pullout, eyelet wire suture cutout, wire suture breakage 등의 양상으로 나누어 관찰한 바, 주된 파열의 양상은 골간에서는 wire break였으며, 골간단 및 해면골에서는 anchor pullout이 주된 양상이었다. Suture anchor는 bone tunnel에 비해 보다 튼튼하고 안정적인 결과를 볼 수 있으며, 대부분의 suture anchor는 부하에 대한 파손력이 충분하여 No. 2 Ethibond의 파손 부하인 30 lb이상을 견딜 수 있다. 따라서 파열은 주로 봉합사-건 관계에서 발생하며 봉합사의 파손이나 봉합사가 건을 찢는 양상으로 나타나게 된다<sup>4)</sup>.

### Arthroscopic knot의 종류

관절경하 매듭결박은 2가닥의 봉합사를 지주 및 고리로 이용하여, sliding 및 nonsliding매듭을 사용하게 된다.

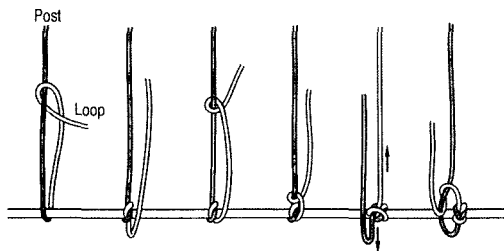
\* Address correspondence and reprint requests to  
Chang-Hyuk Choi, M.D.  
Department of Orthopaedic surgery, Cathoic University  
3056-6 Daemyung 4dong, Namge, Daegu, Korea  
Tel: 82-53-650-4276, Fax: 82-53-626-4272  
E-mail: chchoi@cu.ac.kr

대표적인 sliding는 Square knot, Revo매듭 등이 있으며, nonsliding매듭은 Duncan, Roeder, Tennessee, 및 SMC매듭 등 다양한 방법들이 있으며, 이중 각각 1가지 정도의 매듭방법에 익숙해 있어야 성공적인 관절경적 수술을 할 수가 있다.

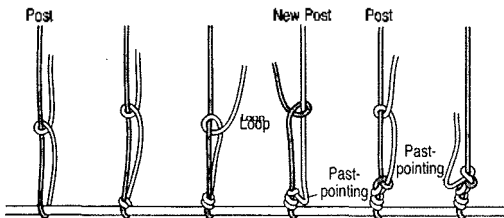
1. Nonsliding Knots

1) Square Knot의 특징은 매듭의 긴장력을 유지하기 힘들어 관절경하에서 시행하기 힘들며, 일차 매듭이 만들어져도 다음 묶음에서 장력을 주기가 매우 어렵다는 단점이 있으나, 적절하게 묶어지면 가장 단단한 매듭과약력(Knot-holding capacity)을 갖는다.

매듭을 만드는 방법은 지주에 위쪽걸침고리(overhand loop)를 만들고 Single hole knot pusher에 고리를 대고 관절까지 밀어 넣은 다음, Knot pusher를 잡아당기고 같은 쪽 실로 아래쪽걸침고리(underhand loop)를 만들어 knot pusher로 밀어 넣는다. 이때 지주가 되는 실은 knot pusher로 밀고, 고리를 만든 실은 당겨서 매듭의 긴장력을 유지한 채 고리를 추가한다.



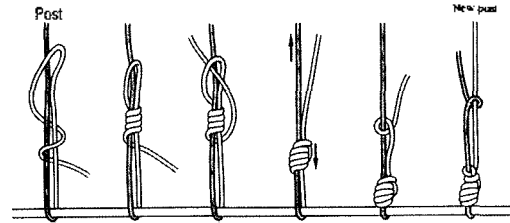
2) Revo Knot의 특징은 square knot와 달리 먼저 같은 방향의 half hitches를 두번 시행하고 Knot pusher로 긴장력을 주어, past-pointing이 되도록 하여 강한 장력을 얻도록 한 후 반대방향의 고리를 만들어 밀어넣는다는 점이며, 다시 고리의 방향과 지주를 바꾸어 매듭을 만드는 작업을 2회 반복한다.



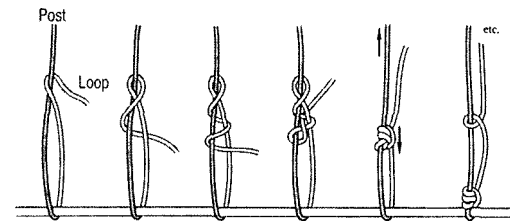
2. Sliding Knot

1) Duncan Loop (Hangman's Knot)의 특징은 봉

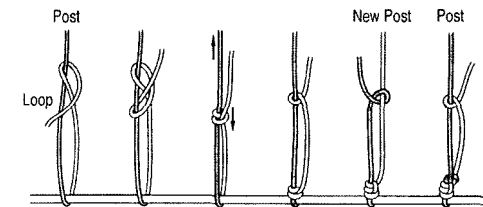
합사의 비틀림이나 연부조직의 뒤얽힘이 없을 때 시행할 수 있는 Nonlocking sliding매듭이다. 지주를 둘러싼 가닥(Wrapping limb)을 당겨 긴장을 줌으로써 미끄러짐이 발생하지 않도록 하며, 이때 지주가닥의 방향이 바뀌지 않아 속박(locking)은 생기지 않는다.



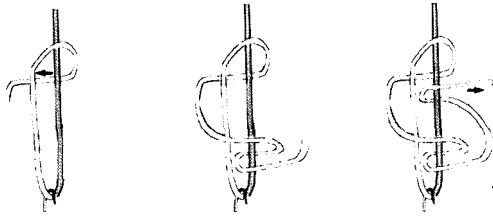
2) Roeder Knot는 Duncan loop의 변형이며, 지주를 둘러싼 가닥을 당겨 긴장을 줌으로써 미끄러짐이 생기지 않도록 하며, 이때 술자에서 먼 방향인 매듭의 하방에서 지주가닥의 방향이 바뀌며 속박(distal locking)이 생기게 된다.



3) Tennessee Slider knot는 Roeder knot의 변형된 형태로서 지주를 둘러싼 가닥을 당겨 긴장을 줌으로써 미끄러짐이 생기지 않도록 하며, 이때 매듭의 중간부분에서 지주가닥의 방향이 바뀌며 속박(middle locking)이 생기게 된다.



4) SMC Knot 역시 지주를 둘러싼 가닥을 당겨 긴장을 줌으로써 미끄러짐이 생기지 않도록 하며, Tennessee knot와 마찬가지로 매듭의 중간부분에서 지주가닥의 방향이 바뀌며 속박이 생기게 된다. low profile의 knot를 만들 수 있으며, 추가로 2번의 half-hitch로 적절한 안정력을 얻을 수 있다.



### 성공적인 Knot tying의 조건

관절경 하에서 Suture anchor의 사용 시 필수단계는 적절한 삽입위치 및 drill hole의 선정, anchor 삽입과 함께 봉합사를 봉합해야 할 연부조직에 충분히 통과시키고, 적절한 긴장을 유지한 채로 매듭을 묶어주는 것이다. 관절경적 관찰 및 시술을 위한 도구를 통과시키는 cannula는 투명하게 보이는 것이 좋으며, 이를 통해 premature knot나 꼬이는 등의 문제를 피할 수 있으며, 주로 8.5 mm cannula를 쓰며, 필요시 10 mm까지 쓸 수 있다. 그 외에 suture punch, hook, 등의 기구와 grasper shuttle device등을 사용하여 용이하게 매듭을 만들어 통과시킬 수 있으며, 매듭을 묶어주기 위하여 매듭결속기구를 사용할 수 있다. 이때 봉합사의 충분한 길이가 확보되어야 어려움 없이 묶어줄 수 있다.

### Knot tying 방법

견고한 고정을 위해서는 안정되게 매듭을 묶어주어야 하며 묶기 전 anchor가 제 위치에 적절히 자리잡도록 몇 차례 당겨주게 됩니다. 매듭안정성(knot security)은 같은 방향으로 묶어줄 때가 가장 약하며, reverse half hitch 및 post switching 시에는 35N-50N의 안정성을 가지며, 최대한의 생리적 부하를 효과적으로 견디기 위해서는 각 anchor의 간격을 1 cm, 그리고 2개의 봉합사를 통과 시킨 anchor를 쓰는 것이 좋다<sup>6)</sup>.

관절경하에서 매듭을 묶을 때 유의할 점은 다음과 같다.

- 1) 한 개의 삽입관에는 한 쌍의 anchor suture를 두어 실이 꼬이는 것을 방지한다.
- 2) Sliding으로 봉합할 수 있는지 혹은 nonsliding knot가 필요한지 결정한다.
- 3) 보조자가 삽입관을 봉합사 방향과 평행하게 유지시켜 준다.
- 4) 삽입관 안에서 실이 꼬이거나 연부조직이 끼이지 않도록 knot pusher로 확인한다.
- 5) 삽입관 밖에서 보조자가 실을 가지런히 하여 다시 꼬

이는 것을 방지한다.

- 6) knot pusher를 이용하여 Post-strand의 위치 및 연부조직의 상태를 확인한다. 이때 anchor의 hole이 loop의 방향과 각을 이루거나, loop가 anchor를 가로 지르도록 하지 않아야 한다.
- 7) 건이나 관절순쪽의 봉합사 가닥을 지주로 삼아 매듭을 묶을 때 건에 매듭이 형성되거나 pseudolabrum이 형성되도록 하며, 팔을 움직이거나, 견인봉합사(traction suture)등을 이용하여 봉합할 조직의 긴장을 완화시킨다.
- 8) 봉합 시 매 회 지주 가닥을 바꿔가며 knot pusher를 이용하여 봉합한다.
- 9) 지주(를) 바꿔가며 봉합 시 knot pusher로 실 및 연부조직의 상태를 확인한다.
- 10) 봉합된 실은 3 mm정도를 남기고 절단한다.

### knot tying의 생역학

매듭이 효과적으로 작용하려면 매듭안정성(knot security)과 고리안정성(loop security)이 유지되어야 한다. 이때 매듭안정성은 부하가 가해질 때 매듭이 미끄러지지 않도록 저항하는 것을 말하며, friction, internal interference 및 slack between throws등의 3요소에 의해 결정된다. 고리안정성은 매듭이 묶일 때 견고한 봉합 고리를 유지하는 능력을 말한다<sup>11)</sup>. Loutzenheiser 등<sup>12)</sup>은 매듭을 묶은 후 3 mm이상의 고리의 전이(loop displacement)가 있을 경우 매듭안정성이 유지되지 않은 것으로 판단된다고 하였으며, monofilament보다는 braided suture를 쓰며 RHAPs(reversing half-hitches on alternative posts)를 추가함으로써 안정성을 향상시킬 수 있다 하였다<sup>12)</sup>.

sliding knot tying 시 봉합고리가 커져 느슨하게 되는 현상이 나타나게 되는데, 이는 회전근 개나 Bankart 병변 수복 시 조직을 견고하게 유지하지 못하는 원인이 된다. Duncan loop 같은 non-locking knot는 지주가닥을 감싸는 wrapping limb이 조여지며 knot의 slippage를 방지하기 때문에, 가해지는 힘을 wrapping limb이 견딜 때까지 고리가 느슨해지는 현상이 나타나며, Roeder knot나 SMC knot, Nicky's knot등 self-locking mechanism을 가진 매듭의 경우에도 wrapping limb을 당겨 긴장력을 가할 때 지주가닥을 비틀어 속박(locking)을 유발시킴으로써 미끄러짐을 방지하지만 어느 정도의 loop expansion은 피할 수 없다고 하였으며, 이때 고리의 안정성을 증가시키기 위해서는 RHAPs가 유용하다고 하였다<sup>10,11)</sup>. Chan 등<sup>7)</sup>의 연구에서도 Maximum KHC(knot holding capacity)를 얻기 위해서는 stacked half-hitch knots와 함께 3번의 RHAPs를 하

여야 한다고 하였고, Elkousy 등<sup>8)</sup>은 Sliding knot와 sliding locking knot에 3번의 half stitch를 추가하면 square knot와 비슷한 정도의 고리안정성을 얻을 수 있다고 하였으며, Ilahi<sup>9)</sup>등의 cyclic test에서도 매듭안정성을 얻기 위해서는 지주교체(post swich)와 고리걸침을 바꿔주는 것(loop reversal)이 가장 중요하다고 하였다. 이때 End spilitting knot tightener를 쓰면 hand-tied knots 정도의 견고한 매듭안정성을 얻을 수 있으며 이는 single hole knot pusher나 double diameter knot pusher 보다 효과적이다<sup>13)</sup>. Mishra 등<sup>14)</sup>은 매듭안정성을 결정하는 가장 중요한 요소는 봉합사의 종류라고 하였으며, Monofilament absorbable suture가 반복부하에 가장 약하다고 하였다.

Burkhart 등<sup>5)</sup>의 연구에 의하면 조직고정을 위해서는 매듭안정성뿐만 아니라 고리안정성이 공히 중요하며, single hole knot pusher 보다 Double diameter knot pusher가 효과적이며, 이는 hand-tied loop와 비슷한 효과를 보인다고 하였다. Lo 등<sup>11)</sup>은 sliding knot를 사용할 때 3개의 RHAPs를 가할 경우 매듭안정성과 고리안정성을 호전 시킬 수 있다고 하였다.

### 결 론

새로운 anchor와 매듭결속방법이 꾸준히 개발되고 있으며, 이는 수술 시 보다 용이하게 문제를 해결하는데 도움을 줄 수 있다. 효과적인 봉합사 매듭이 될 수 있기 위해서는 strength of suture anchor, soft tissue strength, 봉합사가 건을 통과하는 방법, 매듭결속법 및 봉합사재료, 그리고 수술 후 재활치료에 대한 고려가 필요하다. 이때 술자는 매듭모양의 차이, 매듭의 강도, 매듭의 특징 그리고 sliding & nonsliding suture knot 양상의 이점 및 단점을 잘 이해하고 적절히 시행할 수 있어야 한다.

### REFERENCES

- 1) Barber FA, Herbert Ma and Click JN: Suture anchor strength revisited. *Arthroscopy*. 12: 32-38, 1996.
- 2) Barber FA, Herbert MA and Click JN: Internal fixation strength of suture anchors. *Arthroscopy* 13:355-362, 1997.
- 3) Barber FA and Herbert MA: Suture anchors- Update 1999. *Arthroscopy*. 15:719-725, 1999.

- 4) Burkhart SS, Diaz Pagan JL, Wirth MA and Athanasiou KA: Cyclic loading of anchor-based rotator cuff repairs: confirmation of the tension overload phenomenon and comparison of suture anchor fixation with transosseous fixation. *Arthroscopy*. 13: 720-724, 1997.
- 5) Burkhart SS, Wirth MA, Simonick M and Salem D et al.: Loop security as a determinant of tissue fixation security. *Arthroscopy*. 14:773-776, 1998.
- 6) Burkhart SS, Wirth MA, Simonich M and Salem D et al.: Knot security in simple sliding knots and its relationship rotator cuff repair: how secure must the knot be? *Arthroscopy*. 16:202-207, 2000.
- 7) Chan KC, Burkhart SS, Thiagarajan P and Goh JC: Optimization of stacked half-hitch knots for arthroscopic surgery. *Arthroscopy*, 17:752-759, 2001.
- 8) Elkousy HA, Sekiya JK, Stabile KJ and McMahon PJ: A Biomechanical comparison of arthroscopic sliding & sliding locking knots. *Arthroscopy*. 21:204-210, 2005
- 9) Ilahi OA, Younas SA, Alexander J and Noble PC: Cyclic testing of arthroscopic knot security. *Arthroscopy*, 20:62-68, 2004.
- 10) Kim SH, Ha KI: The SMC knot: a new slip knot with locking mechanism. *Arthroscopy*. 16:563-565, 2000.
- 11) Lo IKY, Burkhart SS, Chan KC and Athanasiou K: Arthroscopic knots: Determining the optimal balance of loop security and knot security. *Arthroscopy*. 20:489-502, 2004.
- 12) Loutzenheiser TD, Harryman DT II, Ziegler DW and Yung SW: Optimizing arthroscopic knots using braided or monofilament suture. *Arthroscopy*, 14:57-65, 1998.
- 13) Milia MJ, Peindl Rd and Conor PM: Arthroscopic knot tying: the role of instrumentation in achieving knot security. *Arthroscopy*. 21:69-76, 2005.
- 14) Mishra DK, Cannon WD Jr, Lucas DJ and Belzer JP: Elongation of arthroscopically tied knots. *Am J Sports Med*. 26:113-117, 1997
- 15) Steve L, Andrew M, Kelly B and Robert P: Biomechanical comparison of bioabsorbable sutureless screw anchor versus suture anchor fixation for rotator cuff repair. *Arthroscopy*. 21: 43-47, 2005.
- 16) Thal R: A knotless suture anchor: Technique for use in arthroscopic Bankart repair. *Arthroscopy*. 17:213-218, 2001.