

관절경적 매듭 묶음과 Anchor

한양대학교 의과대학 구리병원 정형외과학교실

박태수·김종현·최충혁

평균 수명의 증가에 따른 고령화와 산업화 사회에 따른 삶의 질 향상과 함께 스포츠 손상, 재해 및 교통사고로 인한 근골격계 손상은 크게 증가하는 추세를 보이고 있으며, 이에 대한 수술적 치료 방법 중의 하나인 관절경 수술은 최근 일반화되고 있는 경향이 있다. 이때 사용되는 매듭 묶음(knot tying)의 정확한 술기와 적절한 anchor의 선택은 성공적인 치료 결과를 얻는데 필수적인 영향을 미친다.

본 논문에서는 관절경 술식에서 유용하게 사용되는 여러 가지 매듭과 anchor에 대한 각각의 소개 및 특징을 알아보고자 한다.

1. 매듭 묶음

목을 봉합사의 나누어진 두 가닥을 "봉합사 가닥(suture limb)"이라 하고, 그중 움직이지 않고 이를 중심으로 매듭이 지어지는 봉합사 가닥을 "축(post)"(Figure 중 회색부분), 나머지 가닥을 "고리(loop)"(Figure 중 흰색부분)라 하며 이는 축의 둘레로 매듭이 지어지는 부위를 각각 칭한다.

봉합사는 braided polyester 같은 비흡수성 봉합사와 monofilament polydioxane 같은 흡수성 봉합사로 대별할 수 있으며, 전자는 유연성이 높고 후자에 비하여 상대적으로 매듭의 고정력(holding power)이 커서 영구적인 고정이 가능하다는 장점이 있는 반면, 후자는 미끌어지는 매듭(sliding knot)시 매끈한 표면으로 말미암아 쉽고 빨리 묶을 수 있다는 장점이 있지만 재질이 단단하여 단단한 매듭을 만들기 힘들고 전자에 비하여 일반적으로 약하다는 단점이 있다. No. 2 braided polyester의 두 가닥(double strand)은 약 30 pound에서, No. 1인 경우에도 25 pound에서 각각 파열되어 그 강도는 크게 차이가 나지 않는다. 최근 나온 Panacryl은 꼬여진 흡수성 봉합사이지만, 3개월이 지나면 그 강도는 80%, 1년후에도 20%가 각각 남아 있으며, 시술 후 발생할 수 있고 동통의 원인이 되는 활액막염에 대해서는 아직 논란이 있다.

매듭을 만들고 통과시키는데는 적어도 2개 이상의 도관(cannula)이 필요하며, 특히 투명한 도관을 사용함으로써 봉합사와 매듭을 볼 수 있고, 매듭 내에 연부조직이 끼어서

발생할 수 있는 불완전한 매듭을 방지할 수 있다.

수술 시야에서 봉합사의 한쪽 끝을 잡고 통과시키기 위해서는 crochet hook(Linvatec), suture ring grasper(Linvatec) 등이 유용하게 사용되고, 봉합사를 통과시키기 위해서는 suture punch나 suture hook device를 이용한 suture shuttle device(Linvatec)가 쓰인다.

Knot pusher 혹은 puller는 일단 만들어진 매듭을 수술 부위로 운반해 주는, 관절적 수술 시 매듭을 밀어넣는 손가락의 역할을 하는 기구로서 single-hole knot pusher(Linvatec), double-hole knot pusher(Arthrex), slotted(Mitek, Westwood, MA), mechanical spreader(Arthrotek, Warsaw, IN) 및 one-hole knot pusher(6th Finger, Arthrex) 등 다양하게 소개되고 있다. 이 중 single-hole knot pusher는 밀고 당김이 동시에 가능하고, double-hole knot pusher는 봉합사의 꼬임을 방지하는 장점이 있다.

매듭은 기본적으로 2가지 양상이 있으며 미끌어지는 매듭(sliding knot)과 미끌어지지 않는 매듭(nonsliding knot)이 있다. 미끌어지는 매듭에는 Duncan loop(일명 Hangman's knot)(Fig. 1), Roeder knot(Fig. 2), Tennessee slider(Fig. 3), SMC knot[®](Fig. 4) 및 Dan's knot(Fig. 5) 등이 있고, 미끌어지지 않는 매듭에는 관절경 술식으로는 어려운 square knot(Fig. 6)와 널리 쓰이는 Revo knot(Fig. 7) 등이 있다. 미끌어지는 매듭을 이용할 때는 수술부위의 조직과 anchor 사이에서 봉합사 두 가닥의 끝이 자유롭게 움직여야 하고, 축에 해당하는 실(post strand)의 길이가 충분히 짧아야 하며, 다른 방향으로의 반 매듭(half hitch)에 의한 보강이 필요하다. 봉합사 두 가닥의 끝이 자유롭게 미끌어지지 않으면 미끌어지지 않는 매듭을 사용해야 한다. 특히 한 anchor의 single eyelet을 통해 여러 봉합사들을 사용할 때는 첫 번째 봉합사는 미끌어지는 매듭이 가능하지만 나머지는 미끌어지지 않는 매듭을 사용해야 한다¹⁾.

어떤 매듭을 선택하든지 한 도관에는 반드시 한 짝의 봉합사만이 있어야 하고, 여러 짝의 봉합사를 사용할 때는 매듭을 묶기 전에 다른 도관을 통해 일시적으로 보관하여 엉킴을 방지하여야 한다. 또한 도관의 끝이 매듭을 묶을 부

위의 직상방에 위치함으로써 연부조직이나 그 부스러기 (debris)가 매듭 사이에 끼는 것을 방지할 수 있다. 그리고 도관 밖에서는 매듭이 꼬이는 것을 방지하고 봉합사의 가닥이 매듭을 묶는 과정에서 서로 교차(cross)하지 않도록 함으로써 매듭이 불완전하게 묶여지거나 잠기는 것 (locking)을 방지하도록 하여야 하며, 이는 knot pusher로 봉합사의 각 끝을 밀어넣어 봄으로써 확인할 수 있다.

첫 고리를 묶을 때(loop tie)에는 고리의 긴장도를 유지하는 것이 중요하며 이는 매듭의 고정력에 결정적으로 영향을 미친다. 술자가 직접 보면서 매듭이 수술 부위에 도달하여 잘 묶여지고 단단한 매듭을 이루었는지 확인하는 것이 필요하며, 이후 매듭 상방 3~4 mm에서 봉합사를 잘라준다.

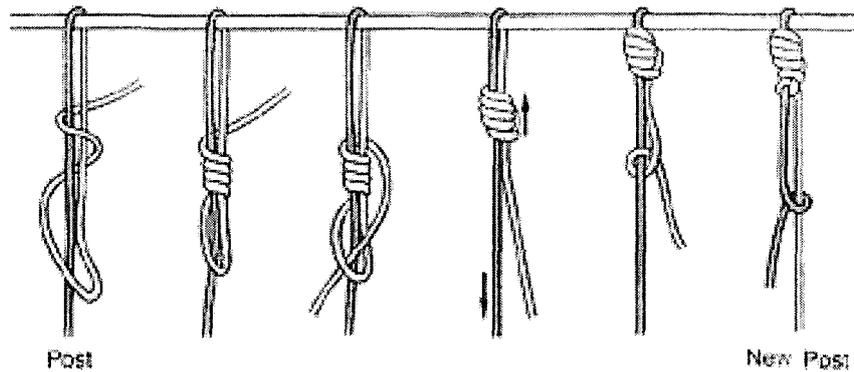


Fig. 1. Duncan loop

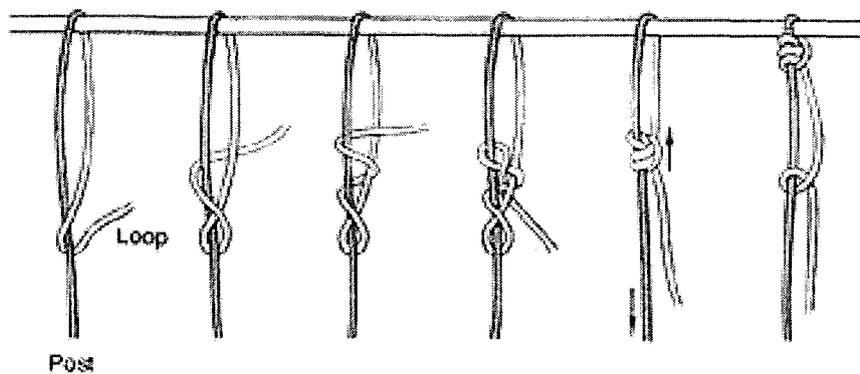


Fig. 2. Roeder knot

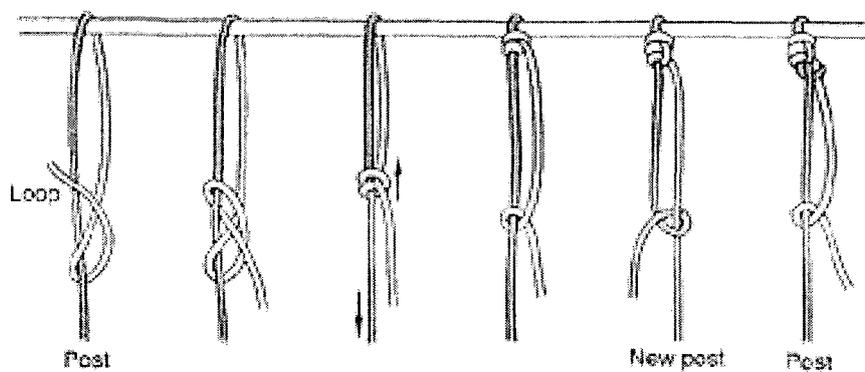


Fig. 3. Tennessee Slider

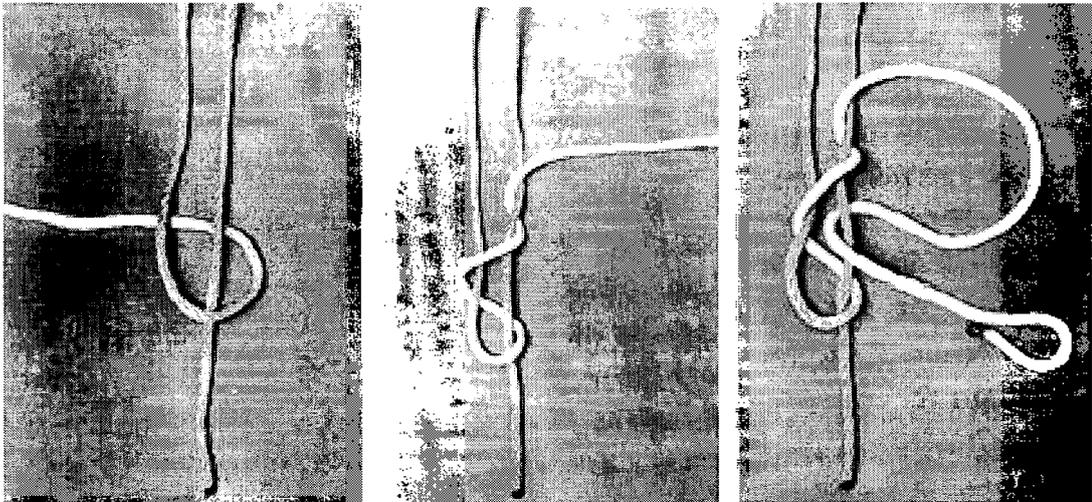


Fig. 4. SMC knot:

- A. Make an underhand throw with the loop stand under both the loop and the post stands
- B. Make a second underhand throw with the loop stand under the post stand
- C. Make an underhand throw with the loop stand under the post stand behind the second throw

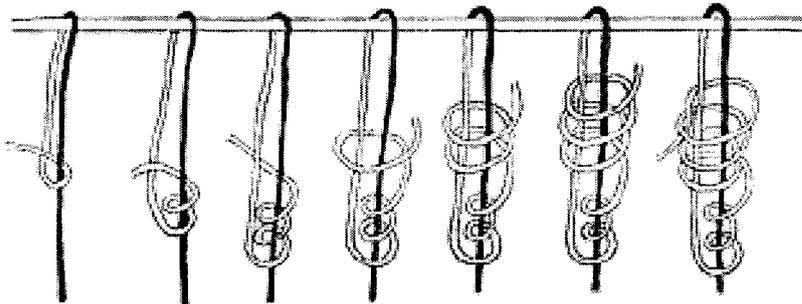


Fig. 5. Dann's knot

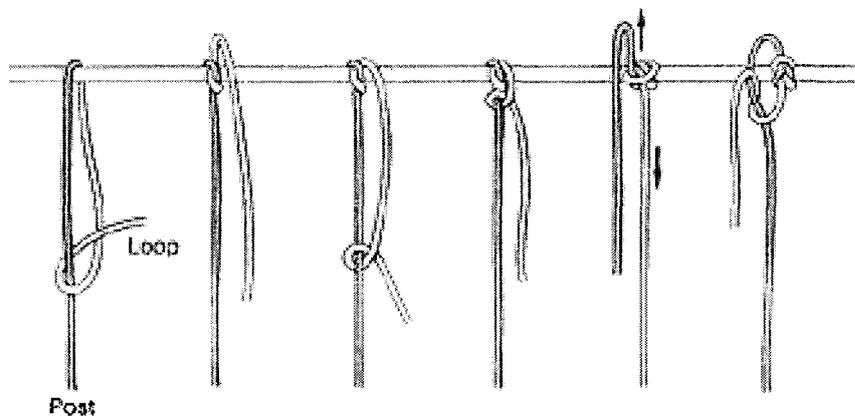


Fig. 6. Square knot

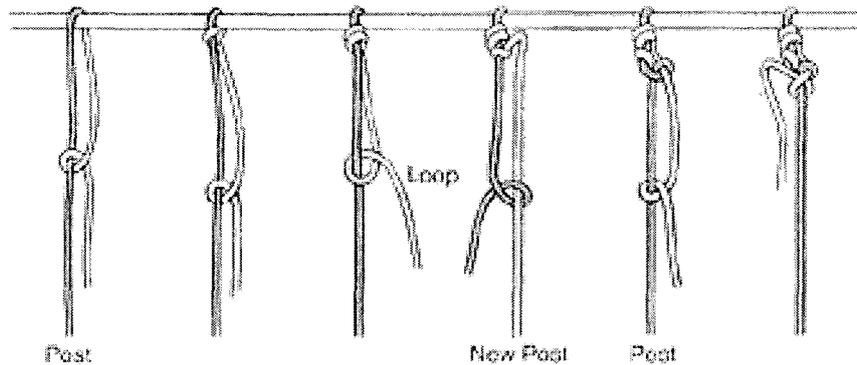


Fig. 7. Revo knot

Table 1. Anchors according to company

Metallic	Non-metallic	Company
Mitek G2, G4, Fastin Superanchor, Fastin RC	Panalok Panalok RC	Mitek
Mini-Revo, Ultrafix Super-Revo, Ultrafix RC	UltraSorb	Linvatec
Fastak Corkscrew	Bio-Fastak, ESP Biocorkscrew	Arthrex
Statak		Zimmer
	TAG Wedge, TAG Rod 2	Acufex
Umbrella Harpoon 4.5 Prototype D1, D2 catera. D3 3.5 Prototype D4, D5, D6	LactoSorb	Arthrolex DePuy
	AnchorSew	Surgical Dynamics
OBL OBL RC		OBL

II. Anchor

건이나 인대를 골에 쉽고 견고하게 고정시키기 위하여 고안된 anchor는 크게 suture anchor, knotless suture anchor 및 tissue tack으로 나눌 수 있으며, 그 크기, 모양, 성분, 삽입기술 및 방사선 비투과성(radiopacity) 유무 등 용도 및 제조회사에 따라 다양하게 개발되어 왔다(Table 1).

1. Suture anchor

Suture anchor는 형태에 따라 press-fit plug anchor(예: Mitek anchor), predrilled screw(예: Linvatec Revo screw) 및 non-predrilled com-

pressing screw(예: Arthrex Corkscrew) 등으로, 성분에 따라 금속 성분(metallic) anchor 및 체흡수성(biodegradable) anchor 등으로 나눌 수 있다.

Anchor에 따라 봉합사 크기의 용적(suture size capacity)이 다르며 이는 nonscrew anchor의 drill hole의 크기 및 screw anchor의 minor diameter 크기와 연관이 있다(Table 2). 큰 anchor는 load-to-failure value가 큰 이점이 있는 반면 그 만큼 골 결손이 크다는 것을 알아야 한다. Barber 등¹¹⁾에 따르면 돼지(porcine)의 신선 대퇴골을 이용하여 골간 피질골(평균 두께: 3~4 mm), 골간단 피질골(평균 두께: 1~2 mm) 및 골간단 부위의 망상골 내 홈(bone trough)에 다양한 anchor를 삽입한 후 견인력(pullout force)을 측정하였다(Fig. 8-10). 골간 피질골은 상완골 혹은 대퇴골 간부의

Table 2. Drill hole size in millimeters

Anchors	Major	Minor	Drill	Suture
DePuy D1 4.5	4.5	2.7	2	
DePuy D2 4.5	4.5	2.7		2
DePuy D3 4.5	4.5	2.7		2
DePuy D4 3.5	3.5	2.0		2
DePuy D5 3.5	3.5	2.0		2
DePuy D6 3.5	3.5	2.0		2
Mainstay 2.7	2.7	1.5		0
Mainstay 3.5	3.5	2.0		2
Mainstay 4.5	4.5	2.4		5
ROC EZ 2.8			2.8	2
ROC EZ 3.5			3.5	2
ROC XS 3.5			3.5	2
Ultrafix RC	Variable		2.9	5
Ultrafix MiniMite Variable			2.4	2
MicroMitek 1.3			1.3	4-0
Panalok 3.5			3.5	2
Tacit 2.0	2.0	1.2		2-0
Umbrella Harpoon Variable			3.4	5
PeBA 2.8	2.8			2
PeBA 4.0	4.0			5(3)
PeBA 6.5		6.5		5(3)
Stryker 1.9	1.9	1.4		2
Stryker 2.7	2.7	1.7		2
Stryker 3.4	3.4	2.6		5
Stryker 4.5	4.5	2.6		5

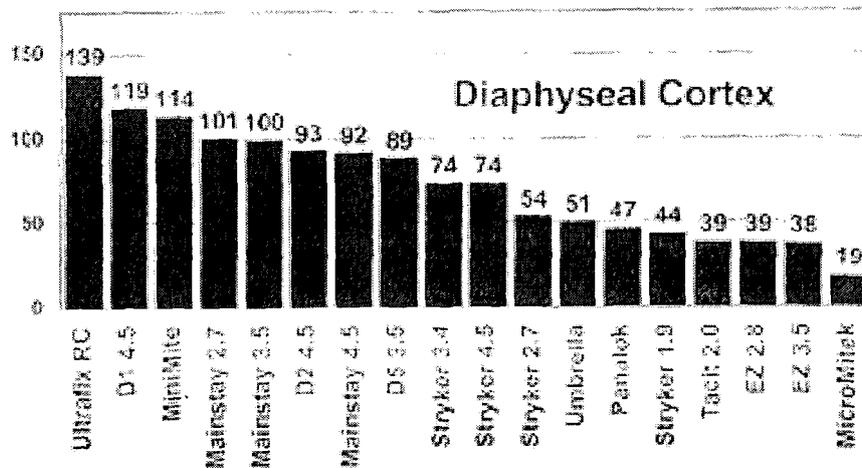


Fig. 8. Pullout force in pounds; diaphyseal cortex

피질골과, 골간단 피질골은 견갑골의 전방 관절와와, 망상골 내의 홈은 회전근 개의 채부착 부위와 각각 유사한 환경을 나타낸다. anchor의 파손양상(failure mode)은 anchor의 뽑힘(pullout), eyelet wire suture의 절단(cutout), wire suture의 절단 등으로 나타나며, 골간에서는 wire 파손(44%)이, 망상골 내 홈에서는 anchor의 뽑힘(50%)이, 골간단 피질골에서는 anchor의 뽑힘(40%) 및 wire 파열(37%)이 각각 호발하였다(Table 3).

견을 통하여 봉합사를 통과시켜 매듭을 만들때 anchor,

견, 봉합사 등에서 파손이 일어날 수 있고^{6,8)} 그 중 가장 약한 부위는 봉합사-견 연결부위이다²⁾. 그리고 골 tunnel 보다 suture anchor가 일정하게 튼튼한 양상을 나타낸다⁹⁾. 그러나, 예를 들어 125 pound의 견인력이 큰 anchor를 선택하여 봉합을 하더라도 봉합사의 파열은 anchor 파손이 일어나기 전에 먼저 연부 조직을 통하여 발생하고, 그 중 No. 2 봉합사를 사용한 경우 30 pound의 힘이 부하되면 파열이 여기서 먼저 발생한다는 점도 각 과해서는 안된다¹⁾.

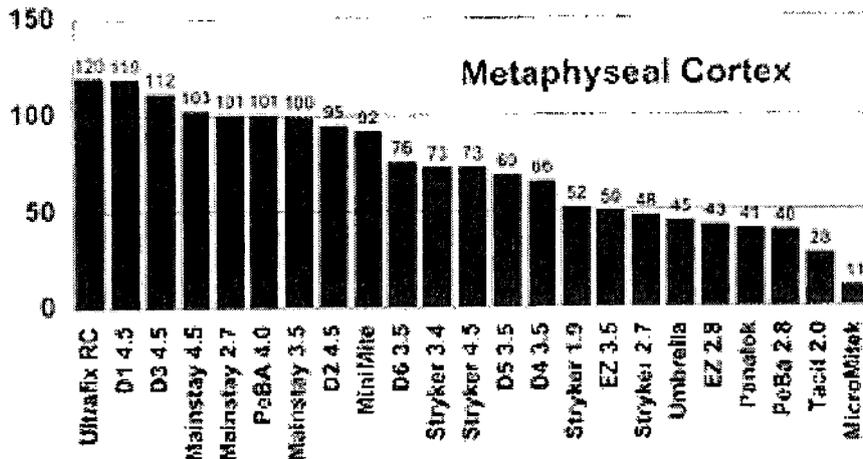


Fig. 9. Pullout force in pounds: metaphyseal cortex

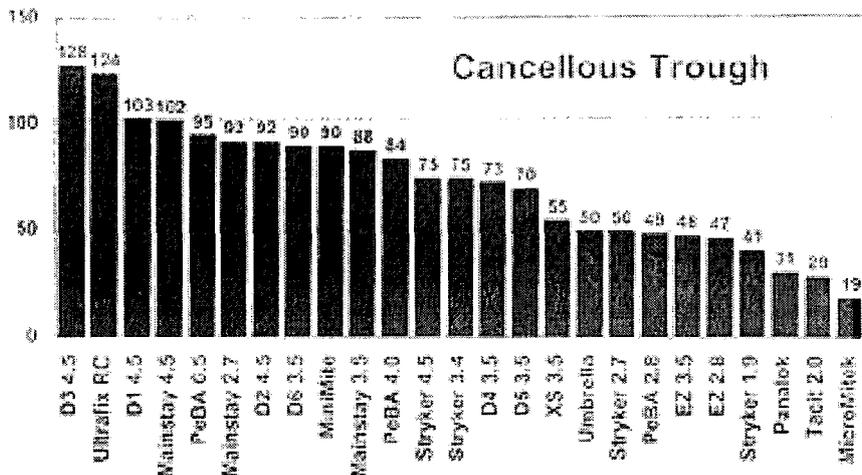


Fig. 10. Pullout force in pounds: cancellous trough

Table 3. Mode of failure

	Pullout	Wire break	Eyelet cutout
Diaphysis	24%	44%	32%
Cancellous	50%	30%	20%
Metaphysis	40%	37%	23%

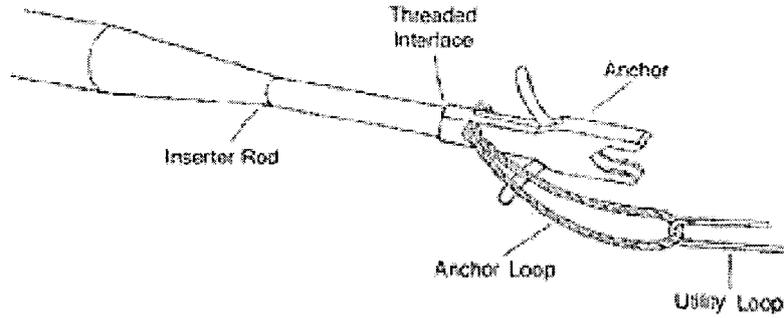


Fig. 11. Knotless suture anchor design

2. Knotless suture

Knotless suture anchor(Fig. 11)는 실용 고리(utility loop)가 있어 연부조직을 끝에 고정시킬 때 긴장도(tensioning)를 조절하기 쉽고 매듭을 만들 필요가 없는 장점이 있지만, anchor를 끝에 삽입할 때 anchor의 고리 방향을 조절하여 고리가 꼬이는 일이 없어야 하며, anchor의 arc가 고리를 중심으로 양쪽에 한개씩 위치해야 하고, anchor는 적당한 크기의 망치로 쳐서 조심스럽게 골 내로 삽입함으로써 고리 및 연부조직 등의 파열을 방지하여야 하는 등 정확한 술기를 요한다.

3. 체흡수성 Anchor 및 tack

정형외과에서 사용되는 체흡수성 내고정물(implant) 종류는 봉합사, staple, tack, anchor, interference screw, 반월상 연골 봉합사 사용되는 기구 및 screw 등 실로 다양하다. 이들은 용도에 따라 흡수되는 기간이 각각 다른 물질들을 이용하거나 또는 서로 적당한 비율로 섞여 만들어지며, 다음과 같은 구성 물질로 이루어진다.

1. Polyglycolide(PGA) and copolymers:

- 예; polyglycolide-co-trimethylene carbonate(PGA-co-TMC), poly-(D,L-lactide-co-glycolide) (PDLLA-co-PGA) 및 poly-(L-lactide-co-glycolide) (PLLA-co-PGA)
- 2. Poly-(L-lactide)(PLLA), poly-(D,L-lactide)(PDLLA)
- 3. Polydioxanone(PDS)
- 4. Trimethylene carbonate(TMC)
- 5. Polyorthoester(POE)
- 6. Poly-ε-caprolactone(PCL)
- 7. PLLA/tricalcium phosphate
- 8. PLLA/hydroxyapatite

이들 중 특히 PGA와 PLLA 그리고 그 혼성 중합체

(copolymer)가 가장 많이 사용되고 있지만, 전자는 염증 반응의 부작용이 많이 보고되면서^{3,4,6,7,9)} 그 사용 빈도는 감소되는 추세다. 이들의 장점으로서는 내고정물을 제거할 필요가 없고, 재수술시 내고정물로 인한 문제점이 적으며, 방사선적 영상 특히 자기공명영상에서는 그 영상의 왜곡이 적다. 그러나 단점 또한 적지 않아서 골반유으로는 골흡수, 관절 외 연부조직 반응으로는 퇴화된 부스러기로 인한 염증 반응, 그리고 관절내 활액막의 반응으로는 내고정물이 퇴화되기 전에 이완된 내고정물의 조각이나 마모된 부스러기로 인한 활액막의 염증 및 유착들이 각각 보고되고 있으며¹⁰⁾, 특히 내고정물의 두부(head)가 관절내 들어간 경우 파열되어 유리체로 돌아다니며 관절 손상을 일으키고 활액막 염을 발생시킬 수 있다.

결론적으로 관절경 수술은 관절경 기계와 술식의 발전으로 말미암아 정형외과에서 그 사용영역을 넓혀가고 있으며 치료결과 또한 눈부신 향상을 거듭하여 왔다. 봉합사, 매듭 묶음 및 anchor의 적절한 선택은 관절경 수술 결과에 직접적인 영향을 미치므로 이에 대한 풍부한 지식과 정확한 술기의 기술은 매우 중요하다고 사료된다.

REFERENCES

- 1) Barber FA and Herbert MA: Suture anchors-update 1999. *Arthroscopy*, 15, 719-725, 1999.
- 2) Barber FA, Herbert MA and Click JN: Suture anchor strength revisited. *Arthroscopy*, 12:32-38, 1996.
- 3) Berg EE and Oglesby JW: Loosening of a biodegradable shoulder staple. *J Shoulder Elbow Surg*. 5:76-78, 1996.
- 4) Bostman OM: Intense granulomatous inflammatory lesion associated with absorbable internal fixation devices made of polyglycolide in ankle fractures. *Clin Orthop*, 278:178-199, 1992.
- 5) Carpenter JE, Fish DN, Huston LJ and Goldstein SA: Pull-out strength of five suture anchors. *Arthroscopy*, 9: 109-113, 1993.

- 6) **Edwards DJ, Hoy G, Saies AD and Hayes MG:** Adverse reactions to an absorbable shoulder fixation device. *J Shoulder Elbow Surg*, 3:230-233, 1994.
- 7) **Fraser RK, Cole WG:** Osteolysis after biodegradable pin fixation of fractures in children. *J Bone Joint Surg*. 74-B,929-930, 1992.
- 8) **Hecker AT, Shea M, Hayhurst JO, Myers ER, Meeks LW and Hayes WC:** Pull-out strength of suture anchors for rotator cuff and Bankart lesion repairs. *Am J Sports Med*, 21:874-879, 1993.
- 9) **Hollinger JO and Battistone GC:** Biodegradable bone repair materials synthetic polymers and ceramics. *Clin Orthop*, 207:290-305, 1986.
- 10) **Kim SH and HA KI:** The SMC knot-a new slip knot with locking mechanism. *Arthroscopy*, 16, 563-565, 2000.
- 11) **Nottage WM and Licurance RK:** Arthroscopic knot tying techniques. *Arthroscopy*, 15:515-521, 1999.
- 12) **Shea KP, O'Keefe RM Jr and Fulkerson JP:** Comparison of initial pull-out strength of arthroscopic suture and staple Bankart repair techniques. *Arthroscopy*, 8:179-182, 1992.
- 13) **Weiler A, Hoffmann RFG, Schaelin AC, Helling H-J and Sudkamp NP:** Biodegradable implants in sports medicine. The biological base. *Arthroscopy*, 16:305-321, 2000.