

앞십자인대 정강뼈 부착부 찢김골절에서 Bioabsorbable suture anchor를 이용한 고정법의 생체역학적 평가

The biomechanical evaluation of strength of bioabsorbable suture anchor fixation for anterior cruciate ligament tibial avulsion fractures

*곽대순¹, 인용², 문찬웅², 오택열³, #한승호¹

*D.S. Kwak¹, Y. In², C.W. Moon², T.Y. Oh³, #S.H. Han¹(hsh@catholic.ac.kr)

¹ 가톨릭의대 해부학교실·응용해부연구소, ² 가톨릭의대 정형외과학교실, ³ 경희대학교 테크노공학대학

Key words : Tibial avulsion fracture, Anterior cruciate ligament, Bioabsorbable suture anchor, Knee, Ligament fixation

1. 서론

무릎 관절의 앞십자인대(anterior cruciate ligament)의 손상은 주로 인대 실질부에 발생하나 경우에 따라 넙다리뼈(femur) 부착부, 정강뼈(tibia) 부착부에서도 발생할 수 있다. 정강뼈 부착부 손상은 앞십자인대가 정강뼈 몸쪽 관절면의 일부인 뼈조각과 함께 분리되는 손상이 있을 수 있는데, 이를 정강뼈 찢김골절(견열골절; tibial avulsion fracture)이라 한다. 앞십자인대의 정강뼈 찢김골절은 뼈조각의 분리 정도에 따라 분류할 수 있는데, 제 1형(Type I)은 뼈조각이 절반 이상 분리되지 않고 몸쪽 정강뼈 관절면에 붙어있는 경우이며, 제 2형(Type II)은 뼈조각의 분리 정도가 절반에서 2/3 까지를 말한다. 제 3형(Type III)은 가장 심각한 경우로 앞십자인대가 뼈조각과 함께 완전히 분리된 상태를 말한다¹. 제 1형 또는 경미한 제 2형까지는 펴(신전; extension) 상태의 석고 고정과 같은 보존적 치료 방법으로 치유될 수 있다고 보고되고 있으나 뼈조각이 들려져 있는 중증의 제 2형 이상 손상은 수술적 치료를 요구한다고 알려져 있다^{1,2}.

수술적 치료방법은 환자의 연령과 손상 정도에 따라 다르지만 나사못을 이용한 선행성 고정법(antegrade screw fixation)과, 역행성 고정법(retrograde screw fixation), 와이어나 봉합사를 이용한 견인봉합술(pull-out suture) 등이 보편적으로 사용되어 왔다. 그러나 나사못을 이용하는 경우 뼈조각이 부서질 수 있고, 나사못 머리가 돌출되어 움직임 장애를 유발 할 수 있다. 또한 뼈조각이 작은 경우에는 사용할 수 없으며 골절 유합 후에는 나사못을 제거하는 2차 수술이 필요하다. 견인봉합술의 경우 성장판(epiphyseal plate)이 닫히지 않은 성장기 환자에게는 적용하기 곤란하거나 제한적으로 적용되는 문제점이 있다.

이 연구에서 사용한 생체흡수형 앵커(Bioknotless, DePuy Mitek, MA)는 어깨관절 불안정성 수술(Bankart repair)에 사용되어 정립된 치료 방법이다. 생체흡수형 앵커를 사용한 앞십자인대 찢김골절의 고정법은 저자들에 의해 시험적으로 적용되어 임상적 안정성을 검증받았다³. 무릎 관절에 사용시 정강뼈의 앞면층에 고정되어, 성장판이 닫히지 않은 성장기 환자에도 사용할 수 있으며, 시간이 지나면 몸속에 흡수되므로 고정장치를 제거하기 위한 2차 수술도 필요하지 않으며, 뼈조각이 분쇄되어있는 경우에도 사용할 수 있다. 이 연구에서는 생체흡수형 앵커를 사용한 고정법의 역학적 특성을 분석하고 전통적인 고정법과 비교하여 생체흡수형 앵커를 이용한 고정법의 역학적 안정성을 검토하고자 한다.

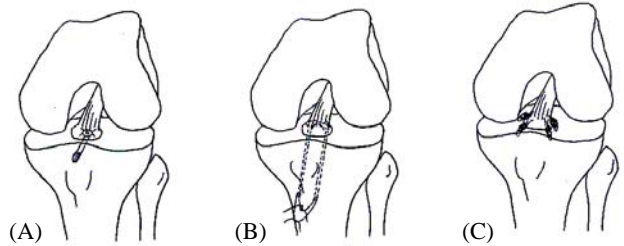


Fig. 1 Schematic diagrams of anterior cruciate ligament fixation method for tibial avulsion fracture. (A) antegrade screw fixation. (B) pull-out suture fixation. (C) suture anchor fixation.

2. 재료 및 방법

앞십자인대 정강뼈 부착부 찢김골절에 적용하는 고정법의 생체역학적 평가를 위해 7 표본(남 : 3, 여 : 4)의 신선사체(fresh cadaver)에서 적출된 14 개의 무릎관절을 사용하였다. 시험에 사용된 기증시신은 무릎관절의 외상 및 병증이 없는 표본을 선정하였으며, 평균 연령은 남 62.3세(53-67세), 여 49.5세(33-60세)이다.

시험편의 제작은 무릎 관절을 중심으로 넙다리뼈와 정강뼈를 절단한 후, 가쪽/안쪽결인대(fibular/tibial collateral ligament), 앞십자인대, 뒤십자인대(posterior cruciate ligament)를 제외한 모든 연조직을 제거하였다. 결인대와 십자인대는 시험편이 시험기에 장착되기 까지 무릎의 구조적 안정성을 확보하기 위해 보존하였으며 본 시험 수행 직전 절단하였다. 앞십자인대의 정강뼈 부착부를 뼈절단기(osteotome)를 사용하여 제 3형 찢김골절을 발생시킨 후 선행성 나사못 고정술, 견인봉합술, 생체흡수형 앵커고정술을 각각 적용하여 시험편을 준비하였다. 각각의 고정법은 고정장치가 삽입되는 몸쪽 정강뼈 부분의 뼈 밀도 및 강도에 따라 다른 크기의 결합강도를 나타낸다. 그러므로 각 시험편의 몸쪽 정강뼈 부분의 뼈 밀도 및 강도를 고려하지 않으면 시험에서 얻은 고정법의 결합강도는 상대적으로 비교할 수 없다. 이 문제를 해결하기 위해 좌/우측 무릎을 1 조의 시험편으로 구성하였다(Table 1). 1 개의 사체에서 적출된 좌측 또는 우측 무릎에 생체흡수형 앵커고정술이 사용된 경우 나머지 우측/좌측 무릎에는 나사못 고정술 또는 견인봉합술을 사용하여 동일 사체의 좌-우 무릎에 각각 다른 수술법을 적용하고 시험하여 상대적 비교값을 평가기준으로 사용하였다.

각각의 고정법으로 제작된 시험편은 만능재료시험기(5567, Instron, MA)를 사용하여 인장하중을 부하하여 고정법의 결합강

도를 측정하였다. 수술 후 초기 안정성을 평가하기 위해 20 N의 하중을 10 회 반복하는 예비하중(pre-cyclic load)을 부하하였으며, 이후 완전 파단에 이를 때 까지 하중을 지속적으로 증가시켜 시험하였다. 결합력의 평가는 10 회 부하된 예비하중에서 초기 하중을 제외한 2 번째에서 10 번째 예비하중이 부하되면서 변형된 늘임량(loosening)을 측정하였다. 시험기에서 얻어지는 하중-변위 곡선에서 초기 항복하중을 산정하여 한계하중(limit strength)으로 측정하였다(Fig. 1).

Table 1 Configuration of specimens

ID	Sex	Age	Fixation method	
			Knee 1 (L or R)	Knee 2 (R or L)
01	F	60	Bioabsorbable	Antegrade screw
02	F	49	suture anchor	
03	M	53	Bioabsorbable	Pull-out suture
04	F	33		
05	F	56		
06	M	73	suture anchor	
07	M	67		

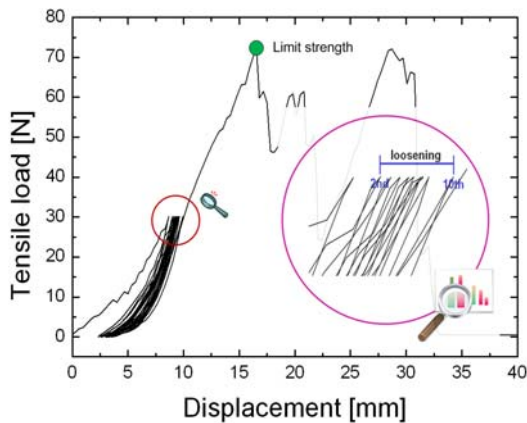


Fig. 2 Load-displacement curve and measured parameters

3. 결과

동일한 사체의 양쪽 무릎관절에 각각 다른 고정법을 적용하여 제작한 시험편의 시험결과를 아래 표에 나타냈다(Table 2).

Table 2 Comparison of test results

ID	Age	Sex	Limit strength			Loosening		
			Anchor [N]	Screw [N]	ank/scw [%]	Anchor [mm]	Screw [mm]	ank/scw [%]
01	60	F	64.08	113.85	56.28	0.69	0.90	76.67
02	49	F	73.05	90.33	80.87	0.27	0.92	29.15
Average			-	-	68.56	-	-	52.91

ID	Age	Sex	Limit strength			Loosening		
			Anchor [N]	Suture [N]	ank/sut [%]	Anchor [mm]	Suture [mm]	ank/sut [%]
04	53	M	159.07	142.65	111.51	0.61	0.83	72.69
05	33	F	72.38	52.99	136.59	1.02	1.87	54.60

06	56	F	92.27	71.26	129.49	0.56	0.59	95.56
07	73	M	83.87	68.33	122.75	0.46	0.85	54.76
08	67	M	71.80	88.47	81.16	0.21	0.41	50.11
Average			-	-	116.30	-	-	65.54

선행성 나사못 고정법과 생체흡수형 앵커 고정법의 비교에서는 앵커를 이용한 고정법이 나사못을 이용한 고정법의 약 69% 크기의 결합강도를 보여 나사못을 이용한 고정법이 높은 결합강도를 가지고 있음을 알 수 있었다. 초기 안정성을 나타내는 늘임량(loosening)에서는 앵커를 이용한 고정방법이 나사못을 이용한 고정법의 약 53% 크기의 변위를 나타내 앵커를 이용한 고정방법의 초기 안정성이 우수한 것으로 나타났다.

봉합사를 이용하는 견인봉합술과 생체흡수형 앵커 고정법의 비교에서는 앵커를 이용한 고정법이 봉합사를 이용한 고정법의 약 116% 크기의 결합강도를 나타내 생체흡수형 앵커 고정법이 상대적으로 높은 결합강도를 가지고 있음을 알 수 있었다. 초기 안정성 부분에서는 앵커 고정법이 견인봉합술의 약 66%에 해당하는 변위를 나타내 초기 안전성 부분에서도 생체흡수형 앵커 고정법이 우수한 결과를 나타냈다.

4. 결론

앞집자인대 정강뼈 부착부 찢김골절의 고정법으로 생체흡수형 앵커를 이용한 고정법의 생체역학적 평가 결과 다음과 같은 결론은 얻었다.

결합력에 있어서는 나사를 이용한 고정법 보다 작은 결합강도를 나타냈지만, 견인봉합술 보다 우수한 결과를 나타냈다. 초기 안정성을 의미하는 반복하중에 의한 늘임량에서는 나사못 고정법 및 견인봉합술 보다 우수한 결과를 나타냈다. 따라서, 생체흡수형 앵커는 앞집자인대 정강뼈 부착부 찢김골절 고정술에 사용되기에 충분한 강도 특성과 우수한 초기 안정성을 가지고 있어 생체역학적 요구조건을 만족할 수 있다고 판단된다.

참고문헌

1. Meyers M.H. and McKeever F.M., "Fracture of the Intercondylar Eminence of the Tibia", J Bone Joint Surg Am., 52, 1677-1684, 1970.
2. Claton T.O., DeLee J.C., Sanders B. and Neidre A., "Knee ligament injuries in children", J Bone Joint Surg Am., 61, 1195-1201, 1979.
3. In Y., Kim J.M., Woo Y.K., Choi N.Y., Moon C.W. and Kim M.W., "Arthroscopic fixation of anterior cruciate ligament tibial avulsion fractures using bioabsorbable suture anchors", Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc., 16, 286-289, 2008.