

아킬레스건 손상 후 고정기간에 따른 기계적 수용기의 변화

가톨릭대학교 의과대학 서울성모병원 정형외과

유종민 · 정진화 · 윤기식 · 주인탁

The Change of the Mechanoreceptors of Injured Achilles Tendon According to the Immobilization Periods

Jong-Min Yoo, M.D., Jin-Wha Chung, M.D., Ki-Syck Yoon, M.D., In-Tak Chu, M.D.

Department of Orthopaedic Surgery, Seoul St.Mary's hospital, Catholic University of Korea, Seoul, Korea

=Abstract=

Purpose: This study was designed to determine the quantitative changes of the numbers of the mechanoreceptors in the experimentally tenotomized Achilles tendon of rabbits as compared with short-term immobilization and long-term immobilization.

Materials and Methods: 14 white rabbits were used. After tenotomizing the right Achilles tendon, the subjects were divided into 2 groups according to the periods of immobilization. The left side of each Achilles tendon of the rabbits were used as controls. The tendons were stained with a modified gold-chloride method.

Results: The number of mechanoreceptor was significantly decreased in the tenotomized Achilles tendon group than the control group ($p < 0.01$). There was no statistical difference between the two experimental groups in the numbers of the mechanoreceptors ($p > 0.01$).

Conclusion: The injured Achilles tendons may more vulnerable to injury because of the decreased numbers of mechanoreceptors, but no difference between the periods of immobilization. It may suggest that post-operative immobilization period may not affect on the outcome of operative treatment from the viewpoint of mechanoreceptors.

Key Words: Mechanoreceptor, Achilles tendon, Immobilization

서 론

아킬레스건 파열은 최근 스포츠 및 레저 활동이 증가하면서 그 발생빈도가 증가하는 추세에 있으나 그 치료방법은 다양하며 많은 논란이 있다. 크게 외과적 치료와 보존적

치료로 나눌 수 있으며, 수술적 치료가 절대적으로 필요하다고 주장하는 견해¹⁻³⁾와 수술 없이도 보존적 치료로 충분하다고 주장하는 견해⁴⁾가 있다. 여러 문헌들과 이 두 치료간의 결과를 종합해 볼 때 수술적 치료가 그 결과면에서 선호^{5,6)}되고 있으며, 보존적 치료는 대안으로서 여겨지고 있다. 아킬레스건의 수술 후 대개는 고정을 시행하는데, 그것은 아킬레스건으로 가해지는 힘에 의한 복원된 건의 재파열이나, 신장이 우려되기 때문이다. 그러나 장기간 고정으로 인해 관절강직, 근 위축, 재활기간의 증가, 유착에 의한 건의 활주효과감소⁷⁾, 골다공증 등이 야기될 수 있는 여러 문제점으로 인하여 가능한 조기에 능동적 운동이 제안되고 있다. 최근의 연구에서도 동물실험으로 수술 후 조기

Received March 16, 2010 Accepted May 13, 2010

• In-Tak Chu, M.D.

Department of Orthopaedic Surgery, Seoul St. Mary's Hospital,
505 Banpo-dong, Seocho-gu, Seoul, 137-040, Korea
TEL: +82-2-2258-2837 FAX: +82-2-535-9834
E-mail: itchu@hanmail.net

에 고정을 제거하면 초기장력이 증가되고 근섬유위축도 빨리 회복된다고 보고하고 있다^{8,9)}. 본 실험에서는 아킬레스건을 절단 후 수술한 토끼를 대상으로 단기간 고정을 시행한 군과 장기간 고정을 시행한 군에서 신경조직학적인 측면에서 기계적수용기의 형태와 수의 차이를 알아보고 그 상관관계를 알아보고자 하였다.

대상 및 방법

실험동물로는 생후 3~6개월의 체중 2.0~3.0 kg인 흰색 토끼 14마리를 각각 7마리씩 나누어 아킬레스건 절단 후 수술하여 2주간 고정할 군을 A군, 6주간 고정할 군을 B군으로 나누었다. 그리고 토끼의 우측 족관절은 수술을 시행할 실험군으로, 좌측 족관절은 각각의 대조군으로 사용하였다. 실험 첫날에 토끼의 이개장맥에 kg당 50 mg ketamine hydrochloride를 주사하여 마취시키고, 고정틀에 복외위로 고정하여 14마리 토끼의 우측 족관절 부위에 2 cm의 종절개를 가하여 아킬레스건을 노출시킨 후, 종골 기시부 0.5 cm 직상방에서 건을 절단하였다. 그리고 modified Kessler 방법으로 절단된 아킬레스건을 연결하고 피부조직을 봉합하였다. 수술한 쪽의 족관절을 60도 족저굴곡시킨 상태에서 경피적으로 K-강선을 종골에서부터 족관절을 통과하여 경골의 피질골 앞쪽으로 삽입하여 고정하였다. 모든 실험대상군은 창상감염을 예방하기 위하여 수술 후 3일간 kannamycin 10 mg/kg을 근육내주사하였다. A군에서는 수술 후 2주간 K-강선으로 고정된 다음 제거하였고, B군에서는 수술 후 6주간 K-강선으로 족관절을 고정된 다음 제거하였다. 그리고 각 군에서 K-강선을 제거한 6주 후에 도살하였다. 조직은 우측과 좌측 족관절 모두에서 아킬레스건의 기시부에서 근육건 접합부까지를 절제하여 modified gold-chloride 염색법으로 염색하였다. 조직절편을 88% formic acid와 레몬즙을 1:3의 비율로 섞은 용액에 15분간 담근 후 1% gold-chloride 용액(Sigma[®], U.S.A)에 암실

에서 20분간 담갔다가 꺼내었다. 이것을 다시 암실에서 25% formic acid 용액에 15~16시간 고정된 후 종축방향으로 40 μm의 두께로 각 절편당 5개씩 냉동절편을 취하여 광학현미경(Olympus[®], AHBS-514)하에서 ×40, ×100, ×250의 배율로 관찰하였다. 기계적수용기의 분류는 Freeman과 Wyke의 분류방법⁶⁾을 사용하였다. 기계적수용기의 수는 연속된 절편에서 동일한 위치에 계속적으로 나타나는 경우를 1개로 계산하였으며, 한 개의 절편에서만 나타나는 경우라도 모양이 명확하거나 신경축삭이 연결되어 있는 경우 1개로 계산하였다. 현미경하 관찰은 1인이 2회 반복하여 시행하였으며 2회 평균값으로 기계적 수용기의 수를 정하였다.

기계적수용기의 증감에 대한 검증은 반복측정자료 분석 방법(repeated measure of analysis)을 이용하였으며, 통계 처리는 SAS 프로그램을 이용하였다.

결 과

실험군과 대조군에서 조직학적 소견상 제1형, 제2형은 관찰되었으나, 제3형의 기계적수용기는 대조군 1예에서만 관찰되었다. 제4형인 자유신경 종말은 광학현미경상으로는 신경가지와 감별이 어렵고 다른 기계적수용기와의 기능적 차이 때문에 본 연구대상에서 제외하였다. 실험군 중 2주 고정군에서 제1형이 평균 0.143개, 제2형이 0.429개, 제3형은 발견되지 않아 총 0.572개의 기계적수용기가 관찰되었다(Table 1). 6주 고정군에서는 제1형이 0.429개, 제2형이 1개, 제3형이 0.143개로 총 0.715개의 기계적 수용기가 관찰되었다(Table 2). 통계적으로 2주 고정 실험군에서 대조군보다 기계적수용기가 전체적으로 감소한 결과를 보였으며 통계적으로 유의하였다($p < 0.01$). 6주 고정 실험군에서는 통계적으로 유의하지는 않았지만 실험군에서 대조군보다 기계적수용기의 수가 감소하는 결과를 보였다($p < 0.01$). 2주 고정 실험군과 6주 고정 실험군의 기계적 수용기의 합

Table 1. Numbers of Mechanoreceptors of Group A ($p < 0.01$)

	Control groups			Operative groups		
	Type 1	Type 2	Type 3	Type 1	Type 2	Type 3
A group fix for two weeks	1	0	2	0	1	0
	2	2	1	0	0	0
	3	0	1	0	1	0
	4	0	1	0	1	0
	5	0	1	1	0	0
	6	0	1	0	0	0
	7	1	0	0	0	0
total	3	3	7	1	3	0

Table 2. Numbers of Hechanoreceptors of Group B ($p>0.01$)

	Control groups			Operative groups		
	Type 1	Type 2	Type 3	Type 1	Type 2	Type 3
B group fix for six weeks	1	0	0	0	0	0
	2	0	0	0	0	0
	3	0	1	0	0	0
	4	1	0	1	0	0
	5	1	0	0	1	0
	6	1	0	1	1	0
	7	1	0	0	0	0
Total	4	1	1	2	2	0

Table 3. Average Numbers of Mechanoreceptor of Group A and B ($p>0.01$)

Group A	Average		Group B	Average	
	Control groups	Operative groups		Control groups	Operative groups
Type 1	0.429	0.143	Type 1	0.429	0.286
Type 2	1	0.429	Type 2	0.143	0.286
Type 3	0	0	Type 3	0.143	0

은 대조군의 기계적 수용기의 합에 비하여 통계학적으로 유의하게 감소하였다($p<0.01$). 또한 2주 고정 실험군과 6주 고정 실험군 사이의 비교에서는 기계적수용기의 수에 차이가 없었으며 통계적으로 유의하지 않았다($p>0.01$, Table 3).

고 찰

아킬레스건의 파열에 대한 치료는 1575년 Ambroise Pare¹⁰⁾에 의해 처음 보고된 이후 수술적 치료와 보존적 치료에 대한 많은 논란이 있어 왔으며, 수술적 치료방법이 보다 좋다는 보고^{1,2,11)}와 보존적 치료가 수술적 치료보다 낫다는 보고¹²⁾ 또한 있다. 반면에, Nistor¹¹⁾는 수술적 치료와 비수술적 치료 사이에 차이가 없다고 하는 등 어떤 치료법이 효과적인지에 대하여는 아직 논란이 많다. 파열의 치료에 있어서 많은 논란이 있지만 수술적 치료 후에는 일반적으로 얼마간의 석고고정의 기간이 필요하다는 견해가 지배적이다. 조기운동은 파열된 건의 복구부위에 힘이 가해져, 늘어나거나 재파열될 가능성¹³⁾으로 인하여 술 후 조기에 기능적 치료를 시행하는 데 있어서 걸림돌로 생각되었다. 문헌들에서도 술 후 고정기간에 대해서는 명확하게 그 방침이 정립되어 있지 않다. 많은 외과의들은 술 후 6주간의 단하지 석고고정을 권장하고 있으며⁴⁾, 그 범위는 4주에서 9주까지 다양하며, 일부는 초기 장하지 석고고정에서 단하지 석고고정으로의 전환을 권장하기도 하였다. 그러나 장기간 고정의 결과로 근섬유의 위축, 섬유성 결체조직 증식으로 인한 주변 조직과의 유착, 관절강직, 불용성 골다공증, 재활기간의 증가로 인한 사회적 손실 등 많은 단점들이 있으

며⁷⁾, 이로 인해 조기운동이나 기능적 치료가 제시되었다¹⁴⁾.

Thomas 등¹⁵⁾은 수술 후 기능적 치료는 장기고정으로 인한 단점을 피할 수 있고, 운동역학적인 연구에서도 정상측의 아킬레스건과 비교해 볼 때 그 내구성에 유의한 차이가 없다고 보고했다. 또, Randal 등¹⁶⁾은 수술 후 조기운동이 재파열율을 증가시키지 않으며, 아킬레스건의 강도와 족관절 운동의 빠른 회복을 촉진할 수 있다고 보고했다. 따라서 본 실험에서는 아킬레스건 수술 후 기계적수용기의 관점에서 단기간 고정과 장기간 고정의 차이를 비교하여 그 상관관계를 알아보려고 하였다.

기계적수용기는 체내의 모든 관절주위 조직 및 인대 내에서 발견되며, 그 기능은 관절에 가해지는 생리적 자극을 중추신경계에 전달하여 관절의 운동범위와 관절낭의 긴장도를 조절하고 관절의 퇴행성 변화 및 불안정성을 방지하는 방어적 근육반사에 중요한 역할을 한다^{2,16,17)}. 1967년 Freeman과 Wyke⁶⁾에 의해 관절에서 발견되는 기계적수용기로 제1형은 Ruffani 소체, 제2형은 Pacini 혹은 Vater-Pacini 소체, 제3형은 Golgi 건 기관이라 불리며, 동통을 감지하고 혈관운동을 조절하는 제4형은 자유신경종말이라고 한다. Ruffani 소체는 크기가 $100\times 40\ \mu\text{m}$ 정도이고 구형이며 자극에 천천히 반응하고 낮은 역치를 갖는다. 관절의 정적인 위치나 관절 내 압력변화 및 움직임의 속도나 강도 변화에 반응하여 관절의 굴곡과 신전 시에 작용하는 것으로 알려져 있다. Pacini 소체는 크기가 $280\times 120\ \mu\text{m}$ 이며 원형으로, 인체의 슬관절에서 가장 많으며 이는 빠르게 반응하여 낮은 한계치를 가지고 있고 운동의 시작이나 끝에서 작용하는 동적인 수용기로 알려져 있다. Golgi 건 기관은 형태학

적으로 Pacini 소체와 매우 유사하지만 크기가 더 크고 (600×100 μm), 방추형이며 매우 늦게 반응하고 높은 역치를 갖고 있다. 제4형인 자유신경종말은 진정한 의미의 기계적 수용기는 아니며 그 크기는 2~5 μm로 매우 작고 광학현미경상 신경가지와 구분이 힘들어 형태학적 변화를 관찰하기 어렵다.

본 실험에서는 2주 고정 실험군에서 기계적수용기의 수가 대조군보다 감소하였으며, 이는 아킬레스건의 물리적인 손상 후 기계적 수용기가 감소한다는 것을 알 수 있었으며, 6주 고정 실험군에서는 기계적수용기의 감소가 없었다. 이는 6주 고정군의 대조군에서 기계적수용기를 찾기 힘들었던 것이 주된 원인으로 생각되며 2주 고정 실험군과 6주 고정 실험군 전체의 기계적수용기 수는 대조군 전체의 기계적수용기와 비교할 때 통계적으로 유의하게 감소하였다 ($p < 0.01$). 그러나 2주 고정된 군과 6주간 고정된 군 사이에 기계적 수용기의 수는 통계적으로 유의하지 않았다 ($p > 0.01$).

결 론

아킬레스건 손상 후 관절의 운동이나 위치, 방향, 속도 등을 감지하는 기계적수용기의 수는 감소하나, 고정기간에 따른 기계적수용기의 차이는 보이지 않았다. 따라서 아킬레스건 파열을 수술한 후 장기간 고정을 하는 것이 기계적수용기의 수를 늘려주는 것은 아니라고 생각된다. 그러나 이 실험적 결과는 본 연구가 염색에 의해 광학현미경으로 그 형태를 관찰하여 기계적수용기의 수를 측정하여 그 정확도에 한계가 있는 바, 향후 기계적수용기 종류별 특이한 항체를 사용하는 면역 형광방법이나 유전자를 이용한 방법으로 정확한 수용체의 수를 측정하여 그 상관관계를 밝혀야 할 것으로 사료된다.

REFERENCES

1. Kellam JF, Hunter GA, McElwain JP. Review of the Operative Treatment of Achilles tendon rupture. *Clin Orthop.* 1985;201:80-3.

2. Kennedy JC, Alexander LJ, Hayes KC. Nerve supply of the human knee and its functional importance. *Am J sports Med.* 1982;10:329-35.
3. Wills CA, Washburn S, Caiozzo V. Achilles tendon rupture. A Review of the Literature Comparing Surgical versus Nonsurgical Treatment. *Clin Orthop.* 1986;207:156-63.
4. Zimny ML, Orge M, St, Schutte MJ. Notes on technic. A modified gold-chloride method for the demonstration of nerve endings in frozen sections. *Stain Technol.* 1985;305-6.
5. Amer O, Lindholm A. Subcutaneous rupture of the Achilles tendon. A study of 92 cases. *Acta Chir Scand.* 1959;293 Suppl: 7-51.
6. Freeman MAR, Wyke BD. The innervation of the knee joint : An anatomical and histological study in the cat. *J Anat.* 1992;74:247-50.
7. Lehto M, Duance VC, Restall D. Collagen and fibronectin in a healing skeletal muscle injury. *J Bone Joint Surg.* 1985;67: 820-8.
8. Maxwell LC, Mooky MR, Enwemeka CS. Muscle atrophy continues after early cast removal following tendon repair. *Ana Rec.* 2005;233:376-86.
9. Rancharan JE, Wyke BD. Articular reflexes in the knee joint; aen electromyographyc study. *Am J Physiol.* 1972;223: 1276-80.
10. Pare A. Quoted by Ljungqvist R: Subcutaneous partial rupture of the Achilles tendon. *Acta Orthop Scand.* 1967;113 Suppl.
11. Nistor L. Surgical and Non-surgical Treatment of Achilles Tendon Ruptures. *J Bone Joint Surg.* 1981;63:394-9.
12. Lea RB, Smith L. Non-surgical Treatment of Tendon Achilles Ruptures. *J Bone Joint Surg.* 1972;54:1398-407.
13. Jacobs D, Martens M, Van audekercke R, Mulier JC, Mulier FR. Comparison of conservative and operative treatment of Achilles tendon rupture. *Am J sports Med.* 1978;6:107-11.
14. Carter TR, Fowler PJ, Blokker C. Functional postoperative treatment of Achilles tendon repair. *Am J Sports Med.* 1992; 20:459-62.
15. Thomas RC, Peter JF, Cathy Blokker. Functional post-operative treatment of Achilles tendon repair. *Am J Sports Med.* 1992;20:459-62.
16. Randal LT, Gary ML, John G, Lane. Early motion after repair of Achilles tendon ruptures. *Foot Ankle Int.* 1995;16:705-9.
17. Skinner HB, Barrack RL, Buckley SL. Proprioception in the anterior cruciate deficient knee. *Am J sports Med.* 1989; 17:1-6.