



北海道公立大学法人
札幌医科大学
Sapporo Medical University

札幌医科大学学術機関リポジトリ *ikor*

SAPPORO MEDICAL UNIVERSITY INFORMATION AND KNOWLEDGE REPOSITORY

Title	アキレス腱皮下断裂縫合術後の早期運動療法
Author(s)	青木, 光広
Citation	札幌医科大学保健医療学部紀要,第 4 号: 11-15
Issue Date	2001 年
DOI	10.15114/bshs.4.11
Doc URL	http://ir.cc.sapmed.ac.jp/dspace/handle/123456789/6556
Type	Journal Article
Additional Information	
File Information	n13449192411.pdf

- ・コンテンツの著作権は、執筆者、出版社等有します。
- ・利用については、著作権法に規定されている私的使用や引用等の範囲内で行ってください。
- ・著作権法に規定されている私的使用や引用等の範囲を越える利用を行う場合には、著作権者の許諾を得てください。

アキレス腱皮下断裂縫合術後の早期運動療法

青木 光広

札幌医科大学保健医療学部理学療法学科

要 旨

腱縫合法の進歩と後療法に対する知識の蓄積により、アキレス腱皮下断裂縫合後に早期運動療法が導入されてきた。本報告ではアキレス腱縫合法の進歩とそれに伴う後療法の発展の足跡を文献的に考察し、我々が導入した術後の早期自動運動・早期荷重療法の結果と有用性を説明し、臨床および実験研究に関する今後の展望を述べた。

＜索引用語＞アキレス腱断裂、腱縫合術、早期運動療法

1 はじめに

アキレス腱に皮下断裂が発生する原因は、腱へ分布する血行の減少と腱の虚血およびムチン変性が基盤として存在し、さらに繰り返し加わるストレスによる腱の微小外傷が変性を増強して発生すると推測されている¹⁾。アキレス腱皮下断裂は全症例の約75%がスポーツ競技者（以下アスリート）に発生し、30歳より40歳の男性に多く、瞬発動作時にアキレス腱に急激な負荷が加わり発生する特徴がある²⁾。

診断は病歴より特徴的な受傷機転と破断音があり、理学所見よりアキレス腱の圧痛と腫張および断裂部位に腱の不連続部が存在することよりなされる。Thompsonテストが陽性で、超音波検査で断裂部位が明らかとなる。アキレス腱断裂の詳細な病態はMagnetic Resonance Imaging（以下MRI）検査のT2像で明らかとなる。

治療には保存治療と手術治療が用いられる。保存治療は高齢者、活動の低い症例、手術創を好まない症例に適応となり、装具やギプス固定が主に用いられる。いずれにせよ、理学療法の開始時期は受傷4～6週後となり、腱の成熟と筋肉機能の回復には長期間を必要とし、一般的にはスポーツ開始時期は受傷後6カ月以降となる。また、手術療法と比較して、回復後の足関節底屈筋力は有意に低いことが知られている³⁻⁵⁾。アキレス腱断裂の手術療法は若年から壮年者まで活動的なアスリートで、早期回復を希望する症例に対して行われる。縫合時に腱の緊張を調整して短縮を防ぐことにより理論的に受傷前の

筋収縮力が維持される。

本論文ではアキレス腱皮下断裂に対する手術方法の変遷と、術後の後療法の進歩について文献的考察を行い、我々の経験に基づいた知見を述べる。

2 従来のアキレス腱縫合と外固定の併用療法

ここでは従来より広く行われているアキレス腱縫合法であるKirschmayer法を紹介する（図1）。10cmの弓状皮切を加えて下層の腱膜を剥離し腱断裂部位を展開する。パラテノンに損傷しないように腱を#2ポリエステル糸で縫合する。縫合法は単純であり、腱の緊張度は反対側のアキレス腱と同様に調節する。術後は足関節を軽度屈曲位で大腿ギプスを1週間、その後下腿ギプスを3～5週間行うのが一般的である。外固定の除去後より足関節の自・他動運動と部分荷重を開始するが、その際に足関節の背屈は制限する。全荷重は術後8週より開始し、片足爪先立ちは術後16週より24週で許可しスポーツ

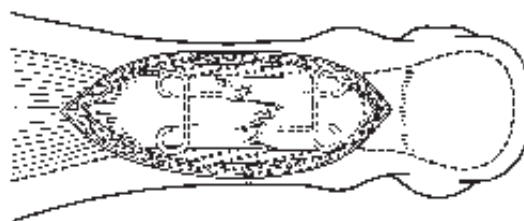


図1：Kirschmayer法によるアキレス腱縫合。

従来より行われてきた伝統的治療法である。

へ復帰する。この方法を用いた場合、10%前後の再断裂例が報告されている^{3,4)}。

3 アキレス腱縫合法の進歩と早期運動療法の導入

アキレス腱縫合後に行われる後療法も、屈筋腱縫合後に行われる後療法と同様に進歩した⁶⁾。1987年にBeskinらは腱を3本の束にまとめて重ね合わせて縫合するthree bundle法を開発し(図2)、術後に機能的な可動域訓練を行った後にギプス固定を行う方法を提唱した。これにより可動域が早期に改善し、機能回復も早まったとしている⁷⁾。さらに、1995年にMandelbaumらはKrackowの4-strand腱縫合を(図3)²⁾、1997年にFernandez-FairenらはLeeds-Keio人工靱帯を用いた腱再建を行い、早期可動域訓練と部分荷重の有用性を報告した⁸⁾。また、1994年にSolvebornらが、1995年にTroopらがアキレス腱縫合後の早期運動を推奨した^{9,10)}。彼等は通常の方法で腱を縫合し、術後に免荷を行いながら足関節の早期運動を行っている。

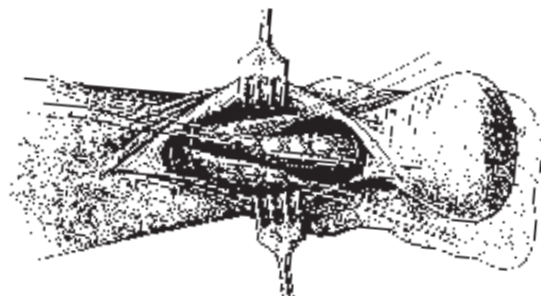


図2：three bundle法による腱縫合、文献7より引用。
Beskinにより開発された方法である。

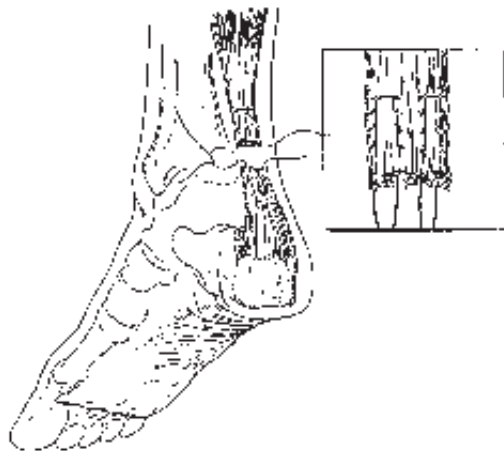


図3：Krackowの4-strand腱縫合、文献2より引用。
Myersonらが推奨する方法で、早期自動運動が可能である。

4 強固なアキレス腱縫合と早期運動・早期荷重療法

1998年に我々はSilfverskioldらにより開発された強固なクロスステッチ法を22例のアキレス腱縫合に導入し(図4)^{11,12)}、術後の早期自動運動・早期荷重を試みた。結果は良好で皮膚障害、神経障害がなく腱は治癒し、他の手術治療と比較して患肢の機能が早期に回復した。つまり生じた部分再断裂を2例(9%)に認めたが、2週間のギプス固定を行うことで問題なく治癒した。

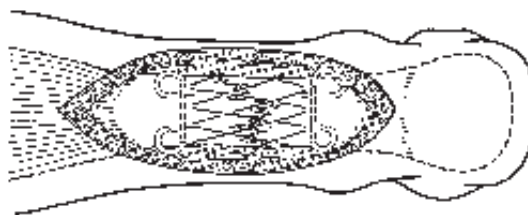


図4：クロスステッチ法による腱縫合、文献12より引用。
この方法を導入することにより、早期自動運動・早期荷重が可能となった。

我々が用いた早期運動療法プログラムでは、術後2日より足関節の自動運動を開始し、足関節の伸展が0度以上に回復した術後1-2週の時点で、サポーターを装着し1/4部分荷重を開始した(表1)。縫合部に疼痛と不安がないことを確認し術後2-3週で全荷重を許可した。術後8週で両足での爪先立ちを許可した。術後12週で片足での爪先立ちを確認し、スポーツ復帰を許可した。可動域の回復及び全荷重時期は症例により多少の差があるが、大多数の例でプロトコル通りに経過した。

表1：早期運動・荷重療法のプロトコル

(文献12より引用)

後経過期間	0-1日	1-3日	1-2週	2-3週	6-8週	10-14週
足関節の保護	…シーネ固定…	…軟性装具…				
足関節自動運動		足関節自動伸展 (背屈0度まで)	足関節自動伸展 (背屈0度以上)	足関節自動屈伸 (全可動範囲)		
荷重歩行			部分荷重 (体重の1/4)	全荷重 (かかとを上げない)	全荷重 (両足でかかとを上げる)	全荷重とスポーツ復帰 (片足でかかとを上げる)

5 アキレス腱縫合部のMRI所見

早期運動・早期荷重療法がアキレス腱縫合部の腱組織にどのような影響を及ぼしたかについてMRI像を用いて経時的に観察した。MRI画像のスライス幅は4mmとし、腱内のT2高信号域の変化と腱の肥大を矢状面と横断面で観察した(図5)。

その結果、縫合部における腱内の高信号域は平均6.9週で中等度信号となり、12.6週で低信号に変化した。14症例における術後12-20週でのMRI上での腱縫合部の横断面積は平均 $296.8 \pm 55.2 \text{ mm}^2$ であり、健常側のおおよそ3倍であった(表2)。14症例中の9症例の腱縫合部はすべて低信号であったが、14症例中の5症例の腱縫合部にT2高信号域が残存していた。しかし、このT2高信号域は周囲を厚いT2低信号域で取り囲まれていた¹²⁾。

6 考察および展望

アキレス腱皮下断裂の治療原則は罹病期間を短縮すること、足関節の機能回復を促進すること、および合併症を予防することである。これまで述べてきた様に、強力な腱縫合法の開発と後療法の進歩により治療期間は次第に短縮し、合併症なく飛躍的に早くスポーツ復帰が可能となった。

MRI像で腱縫合部の横断面積が増加していることは、たとえそこに単位面積当たりの機械特性が低い瘢痕組織があっても、腱全体の破断張力が増加していることを意味している。早期自動運動と荷重歩行を取り入れた後療法により、腱縫合部瘢痕組織の膠原線維が急速に増成し張力を獲得したと考えられる¹²⁾。

アキレス腱皮下断裂の治療をさらに発展させる可能性が幾つか考えられる。第一に腱の治療を促進する至適ストレス条件を見つけることである。腱縫合部に加わるストレスが小さければ腱の治療は遅れ、ストレスが大きすぎる場合は腱が破断する¹³⁾。腱縫合部の線維芽細胞が合成する膠原線維が最も活発に改変する条件を明らかにし、的確にストレスを加えなければならない。第二に人工生体材料による腱縫合部の補強である。近年、吸収性人工生体材料が開発され欧州を中心に臨床応用が始まっている。また、豚小腸粘膜下層の膠原線維を選択的に抽出する技術が開発された。これらを腱縫合部の補強として用いることにより、より強力な理学療法の導入が可能である。移植された不必要な膠原線維はマクロファージに捕食されたり浸潤した自己の線維芽細胞とともに改変される^{14,15)}。第三に腱の修復部位に成長因子を投与して、生物学的に腱の治療を促進する方法である。b-FGF, TGF- β などが代表的な成長因子であり、ウイルス、リ

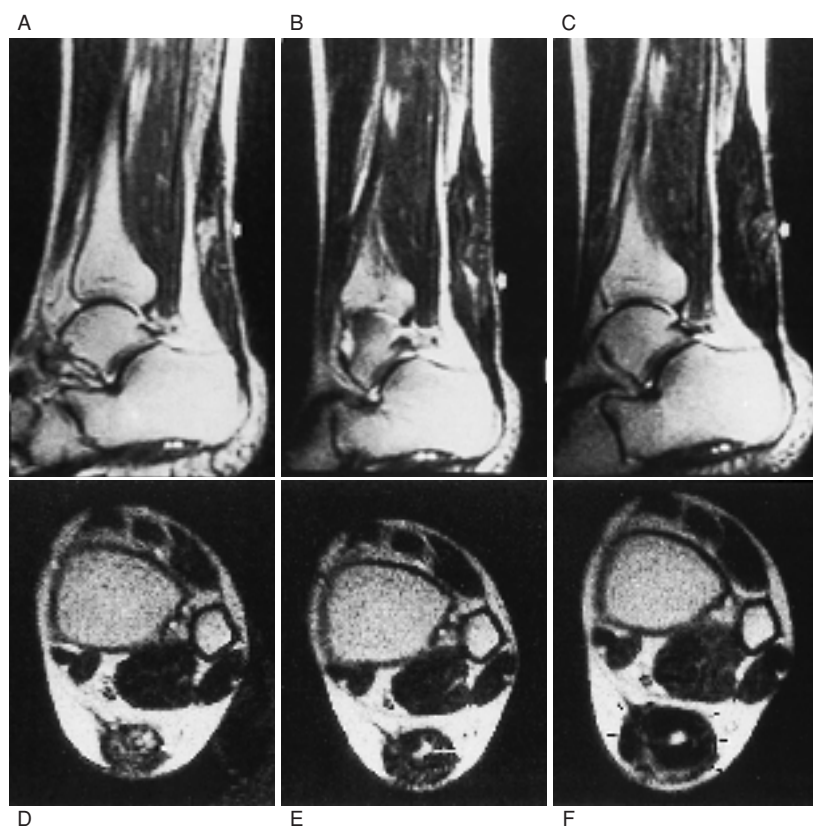


図5：クロスステッチ法による腱縫合後のT2-MRI像。A, Dは術後4週；B, Eは術後8週；C, Fは術後12週を経過した像。文献12より引用。4週では腱縫合部位にT2高信号域があり、肉芽組織の存在を意味する。8週ではT2等信号域があり、線維組織の存在を意味する。12週ではT2低信号域が広がり腱線維の成熟と肥大を意味している。

表2：アキレス腱縫合部のMRI所見（文献12より引用）

症例	T2-強調矢状面		T2-強調横断面	
	縫合部の 等信号域の発現 (週)	縫合部の 低信号域の発現 (週)	縫合部の横断面積 術後12-20週 (mm ²)	縫合部の遺残高信号域 術後12-20週
1	6	16	274	+
2	8	12	283	+
3	3	12	256	
4	4	8		
5	16	20	258	
6	5	18	315	+
7	10	16	389	
8	4	8	212	
9	9	13	332	+
10		6	344	
11	[3]	[6]		
12	6	12	333	
13		12	216	
14				
15		14	352	
16	7	12	244	
17				
18	[4]	[10]	[263]	
19	6	10	347	+
20	6			
21				
22				
Mean	6.9	12.6	296.8	
SD	3.4	3.8	55.2	
Min	3	6	212	
Max	16	20	389	

空白部の資料なし、[] は不全断裂のため集計より除外。

ボゾームなどの担体を利用して至適時期に局所投与が可能である¹⁶⁾。以上の要素を考慮した今後の研究が期待される。

7 おわりに

多くのアキレス腱皮下断裂がスポーツ愛好家に発生し、スポーツ整形外科医や理学療法士は彼等の要求に応じて速やかに治療し、早期に彼等をスポーツ復帰させる必要がある。各々の競技者は自分達に見合った競技レベルでスポーツを行っており、一様に早期復帰を希望している。我々が行うべきことはこの要求を十分に満たし、他の方法に比較してより短期間にスポーツ復帰が可能な治療法を考案することである^{2,12)}。

文 献

- 1) Kannus P, Jozsa L: Histological changes preceding spontaneous rupture of a tendon: A controlled study of 891 patients. J. Bone Joint Surg. 73A : 1507-1525, 1991
- 2) Mandelbaum BR, Myerson MS, Forster R: Achilles tendon ruptures: a new method of repair, early range of motion, and functional rehabilitation. Am. J. Sports Med. 23 : 392-395, 1995
- 3) Inglis AE, Scott WN, Sculco TP, et al: Ruptures of the tendo achillis-an objective assessment of surgical and non-surgical treatment. J. Bone Joint Surg. 58A : 990-993, 1976
- 4) Nistor L: Surgical and non-surgical treatment of Achilles tendon rupture. J. Bone Joint Surg. 63A : 394-399, 1981
- 5) Shields CL Jr, Kerlan RK, Jobe FW, et al: The Cybex II evaluation of surgically repaired Achilles tendon ruptures. Am. J. Sports Med. 6 : 369-372, 1978
- 6) Aoki M, Kubota H, Pruitt DL, et al: Biomechanical and histologic characteristics of canine flexor tendon repair using early postoperative mobilization. J. Hand Surg. 22A : 107-114, 1997
- 7) Beskin JL, Sanders RA, Hunter SC, et al: Surgical repair of Achilles tendon ruptures. Am. J. Sports Med. 15 : 1-8, 1987
- 8) Fernandez-Fairen M, Gimeno C: Augmented repair of Achilles tendon ruptures. Am. J. Sports Med. 25 : 177-181, 1997
- 9) Solveborn SA, Moberg A: Immediate free ankle motion after surgical repair of acute Achilles tendon ruptures. Am. J. Sports Med. 22 : 607-610, 1994
- 10) Troop RL, Losse GM, Lane JG, et al: Early motion after repair of Achilles tendon ruptures. Foot Ankle Int. 16 : 705-709, 1995
- 11) Silfverskiold KL, May EJ: Flexor tendon repair in zone II with a new suture technique and an early mobilization program combining passive and active flexion. J. Hand Surg. 19A : 53-60, 1994
- 12) Aoki M, Ogiwara N, Ohta T, et al: Early active motion and weight bearing after cross-stitch Achilles tendon repair. Am. J. Sports Med. 26 : 794-800, 1998
- 13) Kubota H, Aoki M, Pruitt DL, et al: Effect of motion and tension on injured flexor tendons in chickens. J. Hand Surg. 21A : 456-463, 1996
- 14) Rehm KE, Schultheis KH: Bandersatz mit polydioxanon. Unfallchirurgie 11 : 264-273, 1985
- 15) Badylak S, Arnoczky S, Plouhar P, et al: Naturally occurring extracellular matrix as a scaffold for musculoskeletal repair. Clin. Orthop. 367 : s333-s343, 1999
- 16) Lou J, Manske PR, Aoki M, et al: Adenovirus-Mediated gene transfer into tendon and tendon sheath. J. Orthop. Res. 14 : 513-517, 1996

Development of early rehabilitation after achilles tendon repair

Mitsuhiro AOKI

Department of Physical Therapy, School of Health Sciences, Sapporo Medical University

Abstract

With the development of tendon repair techniques and postoperative rehabilitation, early motion exercise has been introduced after Achilles tendon repair. In this report, literature on the development of Achilles tendon repair was reviewed, and early active motion and weight bearing rehabilitation techniques introduced by the author were explained. Further, in view of these developments, expected future progress in clinical and research work was also described.

Key words: Achilles tendon, Tendon repair, Early mobilization