

MRI・エコー・elastographyと 臨床所見の経過を軸にアキレス腱断裂保存療法 について検討した多面的な研究

**A multifocal retrospective study of non-operative treatment of acute
Achilles tendon rupture based on the findings of MRI US, elastography
and clinical signs**

平井利樹*1, 米田 實*2, 島 大輔*1

キー・ワード：Achilles tendon rupture, non-operative treatment, early accelerated rehabilitation
アキレス腱断裂, 保存療法, 早期加速リハ

〔要旨〕 本研究は、新鮮アキレス腱皮下断裂の保存療法における安全な足関節の運動開始時期、更にリモデリングに伴う腱の形態変化について検討することを目的とした。対象は当院で保存療法を施行した120例120足とし、治療過程で定期的に画像・臨床所見を観察した。検討項目はエコー下 Thompson testと肉眼での Thompson test, Dynamic MRI, 弾性率, 体積, 腱長とした。エコー下 Thompson testでの伸長性消失と肉眼での陰性化は全例で初期固定後4週までに認められ、3-4週時点ではDynamic MRIでも腱断端の離開は認められなかったことから、同時期に足関節運動を開始できると考えられた。初期固定後2-3週で弾性率が健側の1/2に達していた。3-4週時点では全例で荷重や足関節の自動運動を行っても腱断端間の離開はおこらないことが示唆された。腱長は健側と比較して延長が認められたが、断裂部だけの变化ではなく弾性率や体積の変化と同様に、腱全体で起こるリモデリング過程での1つの変化であると考えられた。画一的なプロトコルではなく症例に応じた初期固定と足関節運動開始時期の設定が重要であり、安全な保存療法の要諦は固定開始から初期（4週以内）の段階で断裂部の腱断端間離開を防ぐことにあると考えられた。

緒 言

アキレス腱断裂は中高年のスポーツ愛好家を中心に、発生頻度の高いスポーツ外傷であり、その治療法については手術療法、保存療法ともに数多くの方法が報告されている¹⁾。保存療法は手術療法と比較して再断裂率などの治療成績が劣ると報告されてきたが^{1,2)}、近年では早期加速リハビリテーションプロトコル（以下、早期加速リハ）を用いることで再断裂率に差はないというエビデンス

レベルの高いRCT・meta-analysisが続出して報告されており³⁻⁵⁾、適切な管理下での保存療法の治療成績は手術療法に劣らないことがコンセンサスとなってきた。

しかし手術療法と比較して再断裂率が高いという報告も散見され^{1,2)}、保存療法ではその一部に不良例が含まれるという報告も見受けられる⁶⁾。その要因として保存療法に伴う腱のリモデリング過程についての知見が乏しく、どの時期にどの程度の力学的強度を有すれば足関節の運動を行っても腱断端が離開しないかについて一定の見解が得られていないこと、更に腱断端間の状態の特に初期固定を開始してから早期での多様性を無視して画一的なプロトコルで治療が行われていることが問

*1 米田病院リハビリテーション科

*2 米田病院整形外科

Corresponding author：米田 實 (minoru2831@gmail.com)

表 1 早期加速リハビリプロトコール
 腱断端間の接触状態や伸長性に応じて順延.

	固定・荷重	ROM 訓練	リハビリ内容	画像検査
初期 固定時	B/Kcast 画像上断端が接触する肢 位 踵荷重意識し FWB (腱断端接触不十分なら 2 ~ 4 週 NWB)			全例に MRI・エコー
1 週	装具装着 (ヒールパッド 4~5 段で 開始)		深部静脈血栓症予防運動 ・ 下肢患部外トレーニング ・ 抗凝固剤予防投与 (BMI>26, 年齢>40, D ダイマー値上昇, エコー での静脈血栓の存在)	毎週全例エコー 必要に応じて MRI
2 週	装具ヒールパッド 4 (or 5) 段継続 (夜間サンドイッチギプ ス) 以降は画像所見により順 延	自動介助底屈運動開始 (背屈禁止・リハスタッ フ監視下) 画像所見により順延		
3 週		自動背屈運動開始 (背屈 0° まで)		
4 週	ヒールパッド 3 段へ	自動背屈運動 (制限なし)		
5 週	ヒールパッド 2 段へ		・ 座位 heel raise 開始	全例に MRI・エコー
6 週	ヒールパッド 1 段へ		・ 座位 heel raise を積極 的に継続	
7-8 週			・ 立位両側 heel raise 開 始	8 週まで毎週エコー
4 6 ヶ月	徐々に装具除去 画像所見に応じて踵荷重 を意識した通常歩行	画像所見に応じて他動背 屈運動 (徐々に下腿三頭筋スト レッチ)	スポーツ復帰考慮 画像による腱リモデリン グ状況を確認してからが 安全	8 週~4 ヶ月まで 2 週に 1 回エコー 4 ヶ月時点で全例 MRI・ エコー 5・6・9 ヶ月・1 年で全例 エコー 必要に応じて随時 MRI

題ではないかと指摘されている⁷⁾。腱のリモデリングについては、組織学的な報告はみられるが^{8,9)}、超音波画像診断装置 (以下, エコー) による初期の断裂部の状態やその後の変化に着目した報告や、腱の弾性率などの力学的性状について定量的な評価を行った報告は乏しい。また手術療法と比較して腱の延長が起こることが多い可能性を指摘した報告もあるが⁶⁾、手術療法でも同様に腱の延長が起こることも明らかになってきており^{10,11)}、リモデリングに伴う腱の形態的な変化についても十分に明らかとはなっていない。そこで本研究ではアキレス腱断裂後の特に固定開始から早期の変化を画像・臨床所見で定期的に観察し、初期の断裂部の変化や経過に伴う力学的強度の変化から、安全な足関節運動開始時期、更にリモデリングに伴う腱の形態変化について検討することを目的とした。

■ 対象および方法

1) 対象

2013 年 2 月から 2020 年 1 月までに、受傷後 5 日以内に当院を受診し初期固定を行った新鮮アキレス腱皮下断裂 120 例 120 足 (性別: 男性 70 例, 女性 50 例, 部位: 右 45 例, 左 75 例, 年齢: 14-79 歳, 平均 41.3 歳) を対象に後向き研究を行った。ただし腱の治療過程に影響を及ぼすことがあると考えられる基礎疾患や病歴を有する例は除外した。

2) 方法

120 例全例に当院の早期加速リハを用いた保存療法を施行した (表 1)。当院のリハビリプロトコールは初期固定後 2 週から足関節運動を開始しており、先行研究で早期加速リハを用いて良好な治療成績が得られたと報告している研究においても 10 日-4 週で足関節運動を行っているため^{3,4)}、当院で施行しているプロトコールも早期加速リハと定義した。初期固定時から全例の MRI・エコー、

Thompson testなどの臨床所見を観察し、腱断端の接触状態に応じて固定肢位・荷重を決定、その後も腱断端間の接触と力学的連続性、さらに腱断端間の伸長性の消失に応じて早期加速リハを施行した。初期固定は腱断端が十分に接触する肢位でのB/K cast固定とした。自然下垂位(+ α を含む)で十分な接触が得られた例は接触が確認された角度から更に2-3°底屈を強めて固定し、踵荷重での全荷重歩行を許可とした。初期固定後1週以降のプロトコールは表1に示す通りであり、足関節自動運動はエコー・臨床所見で断裂部の力学的連続性と伸長性の消失を確認後に開始した。初期固定時に自然下垂位で腱断端の接触が不十分な例は最大底屈位で固定、患肢免荷での歩行とし、約1週後にMRIにて腱断端間の接触状態を再評価してその後の固定・免荷期間を決定した。エコーは全例に初期固定時-8週まで毎週、その後4ヶ月まで2週毎、5・6・9ヶ月、1年に施行し(平均16.6回)、MRIは全例に初期固定時、6週、4ヶ月で施行し必要に応じて随時追加した(平均6.5回)。

3) 治療成績の検討

当院の再断裂率と、手術療法での同様の早期加速リハによる近年の代表的なRCTの再断裂率を比較検討した。初期固定後6ヶ月・1年時点で患者立脚型評価法として近年用いられることが多くなっているAchilles Tendon Total Rupture Score(以下、ATRS)¹²⁾と患側片脚Heel rise test(以下、HR)を施行、6ヶ月と1年の成績を比較検討した。また初期固定肢位の違いによるATRSとHRの成績も比較検討した。

4) エコーを用いた評価

①断裂部の動的観察とThompson testによる伸長性の消失時期

初期固定後1-4週にエコー下のThompson testで観察される力学的連続性が徐々に獲得されていく中で、腱断端の中枢部と末梢部の動きが一致せず弾力性を有している状態を「伸長性」と定義し、その伸長性が消失する時期を確認した。また肉眼と触診でのThompson testも同時に観察し、エコー下による伸長性消失時期と肉眼と触診での陰性化時期を比較した(エコー下のThompson testでの力学的連続性と肉眼と触診でのThompson testを同時期に観察できた97例を対象)。

②弾性率の計測

2018年10月から弾性率を1回以上計測するこ

とができた26例(性別:男性17例,女性9例,部位:右16例,左10例,年齢16-62歳,平均30.4歳)を対象に、Shear wave elastographyで初期固定時-8週まで毎週、10週、3ヶ月-6ヶ月まで毎月、9ヶ月、1年で弾性率の計測を行った。初期固定時-1年まで通して計測を行えた症例はないため、各時期で計測できた症例の平均をその時期の弾性率として算出した。計測肢位は、腹臥位にて足関節より遠位をベッドから出した状態で足関節脱力肢位とした(プロトコール上足関節背屈運動開始までは固定肢位で計測)。計測部位は、断裂部、断裂部より3cm近位部、3cm遠位部、健側の患側と同等位置3ヶ所とした。3部位とも長軸像を3回ずつ計測、その平均を算出し各部位における相関を調べた。また健側の断裂部同等位置と初期固定後1年の患側断裂部を比較検討した。

5) MRIを用いた評価

①Dynamic MRI

初期固定後1-4週にMRI検査を1回以上施行した12例(性別:男性7例,女性5例,部位:右5例,左7例,年齢:24-60歳,平均39.8歳)を対象に、エコー下での伸長性が消失した時点で固定肢位と足関節を可能な限り背屈させた肢位をMRI矢状画像で比較し、腱断端間離開の有無を確認した。

②体積の計測

初期固定時、6週、4ヶ月、6ヶ月、1年でMRI検査を施行した13例(性別:男性5例,女性8例,部位:右2例,左11例,年齢:15-71歳,平均41.8歳)を対象に体積の計測を行った。MRI横断画像を、画像解析ソフトAZE Virtual Placeを用いて踵骨隆起から上方10cmの範囲のアキレス腱の体積を計測、各時期で計測できた症例の平均を算出した。患側の各計測時期で比較し、また健側と患側の各計測時期を比較検討した。

③腱長の計測

初期固定後6週、4ヶ月、6ヶ月、1年でMRI検査を施行した33例(性別:男性20例,女性13例,部位:右8例,左25例,年齢:19-79歳,平均44.4歳)を対象に腱長の計測を行った。MRI矢状画像を用いて、ヒラメ筋が腱に移行する部分から踵骨隆起上面までの距離を計測し、各時期で計測できた症例の平均を算出した(図1)。また健側も同様に計測を行い、患側1年と比較検討した。

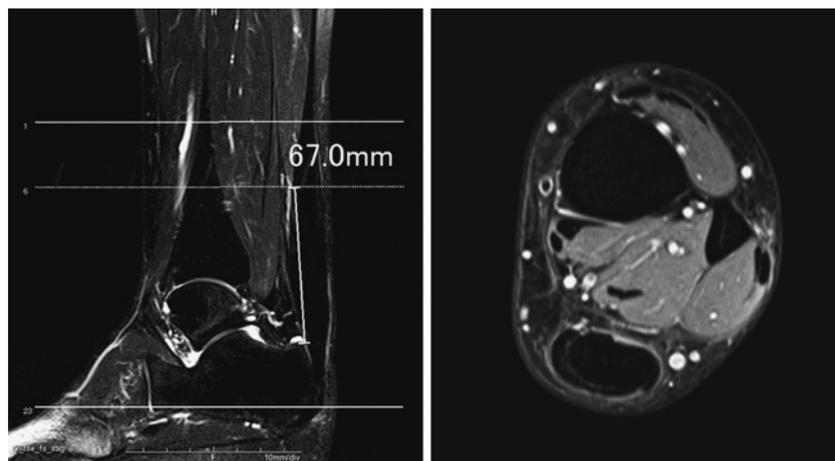


図1 MRIを用いた腱長の計測
矢状画像を用いてヒラメ筋が腱に移行する部分から踵骨隆起上面までを計測した。

6) 使用機器

MRI：Siemens社1.5T Espree または1.5T Avantoで撮像したT2強調脂肪抑制像の矢状画像，横断画像を使用した。エコー：コニカミノルタ社SONIMAGE HSIを使用し，探触子はリニア型で送信周波数は18MHzプローブとした。弾性率の計測には，エコー：SuperSonic Imagine社超音波画像診断装置 Aixplorerを使用し，探触子はリニア型で送信周波数は10MHz，上限弾性率800kPa，ROI4mm，深度3.5cm，gain90%に設定した。

7) 統計処理

IBM SPSS Statistics 25を使用し，当院の再断裂率と先行研究の再断裂率の比較にFisherの直接確率法，ATRS・HR結果の比較，弾性率の健側断裂部同等位置と初期固定後1年の患側断裂部の比較，体積の健側と患側の各計測時期の比較にMann-WhitneyのU検定，弾性率の患側各部位3ヶ所の相関をSpearmanの順位相関係数，患側体積の各計測時期の比較にKruskal-Wallis検定を用い，有意水準はいずれも5%未満とした。

結 果

1) 治療成績

再断裂は2/120例(1.7%)が初期固定後3ヶ月以降4ヶ月未満で発生したが，手術療法で同様の早期加速リハを用いたRCTと比較したところ有意差は認められなかった。初期固定肢位の内訳は，自然下垂位(+ α を含む)90/120例(75.0%)，最大底屈位30/120(25.0%)であり，固定肢位の違い

によるATRS・HRを比較したところ，6ヶ月・1年ともに有意差は認められなかった(図2)。また初期固定後6ヶ月と比較し1年ではATRS・HRともに有意に改善した(ATRS： $p<0.01$ ，HR： $p<0.05$ ：図3)。

2) エコーを用いた評価

①断裂部の動的観察とThompson testによる伸長性の消失時期

治療早期のエコー下Thompson testでの伸長性は，4週で97/97例(100%)全例で消失が認められ，肉眼でのThompson test陰性化時期と比較したところ，エコー下で伸長性が消失するとそれとおおよそ一致して肉眼でも陰性化が認められた(図4)。

②弾性率の計測

断裂後の弾性率は，初期固定時-1年にかけて徐々に数値の上昇が認められた(図5~7)。また患側各部位3ヶ所の数値の上昇はいずれも高い正の相関が認められた(断裂部vs3cm近位部 $r=0.947$ $p<0.05$ ，断裂部vs3cm遠位部 $r=0.935$ $p<0.05$ ，3cm近位部vs3cm遠位部 $r=0.947$ $p<0.05$)。健側の断裂部同等位置の弾性率($n=12$)は 257.8 ± 24.5 kPa，3cm近位部($n=12$)は 228.8 ± 23.2 kPa，3cm遠位部($n=12$)は 287.9 ± 39.3 kPaであった。患側断裂部の弾性率は初期固定後3週で健側の1/2を超えていた。また健側の断裂部同等位置と初期固定後1年の患側断裂部を比較すると患側で有意に弾性率が高かった($p<0.05$)。

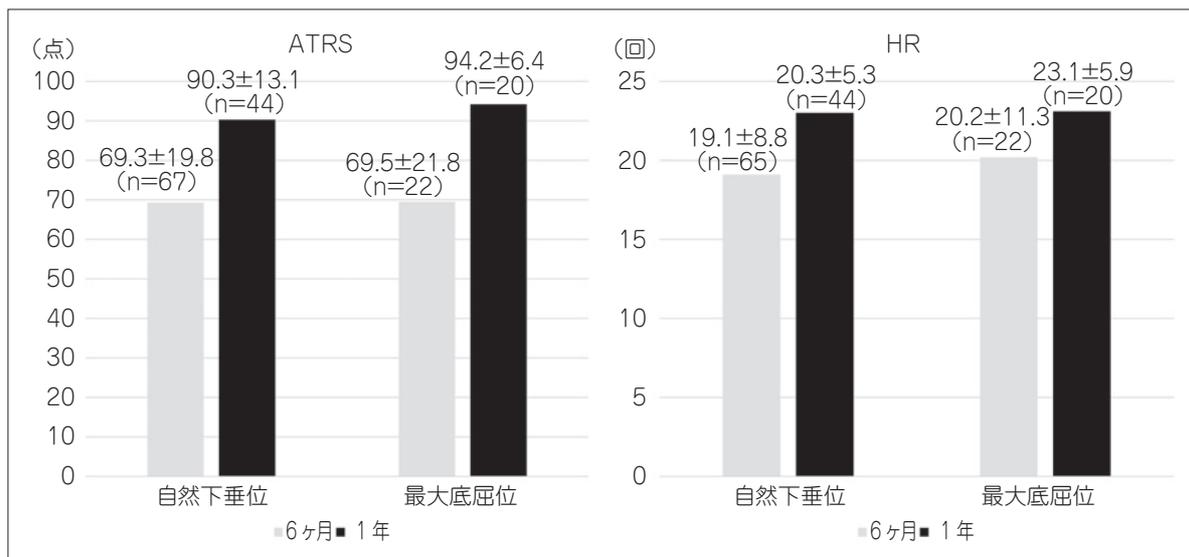


図2 初期固定肢位の違いによる ATRS・HR の比較
ATRS・HR とともに 6ヶ月・1年時点で有意差は認められなかった。

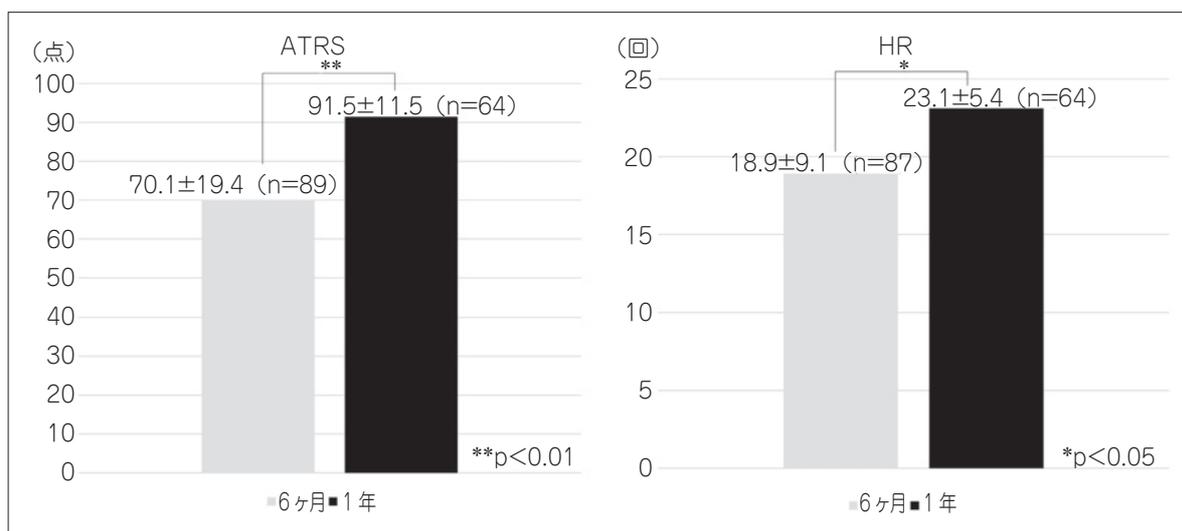


図3 ATRS・HR の比較
6ヶ月時点と比較し1年時点で有意な改善が認められた。

3) MRI を用いた評価

①Dynamic MRI

エコー下 Thompson test で伸長性が消失した時点で Dynamic MRI を 12 例に施行したところ、全例で腱断端の離開や伸長性は認められなかった。

②体積の計測

断裂後の体積は、初期固定時-6ヶ月にかけては数値の上昇が認められたが、6ヶ月から1年にかけては低下が認められた(図8)。初期固定時と比較して4ヶ月以降で有意な体積の増加が認められ

た(4ヶ月, 1年: $p < 0.05$, 6ヶ月: $p < 0.01$)。また健側体積 (6.59cm^3) と比較したところ、初期固定後6週以降では有意な増加が認められた ($p < 0.05$)。

③腱長の計測

初期固定後6週-1年にかけて伸びる例 23/33 例、縮む例 10/33 例、平均 $2.3 \pm 5.0\text{mm}$ の延長が認められた。また健側と比較して初期固定後1年では $21.0 \pm 12.0\text{mm}$ の延長が認められた。

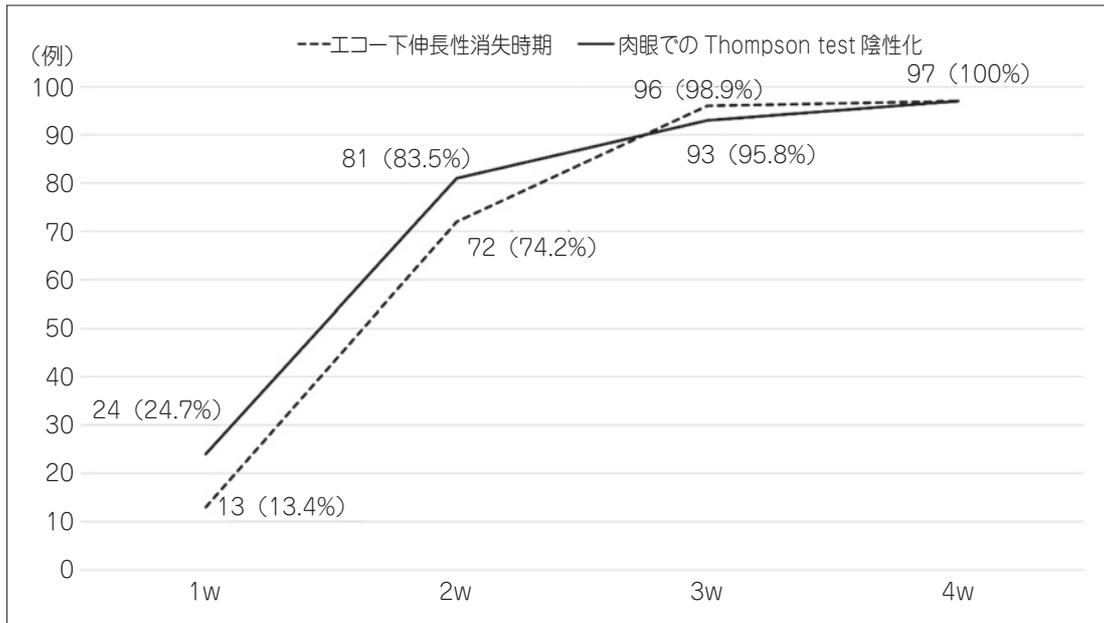


図 4 Thompson test のエコー下伸長性消失時期と肉眼での陰性化時期の比較
エコー下 Thompson test で断裂部の伸長性が消失するとそれとおおよそ一致して肉眼でも Thompson test の陰性化が認められた。

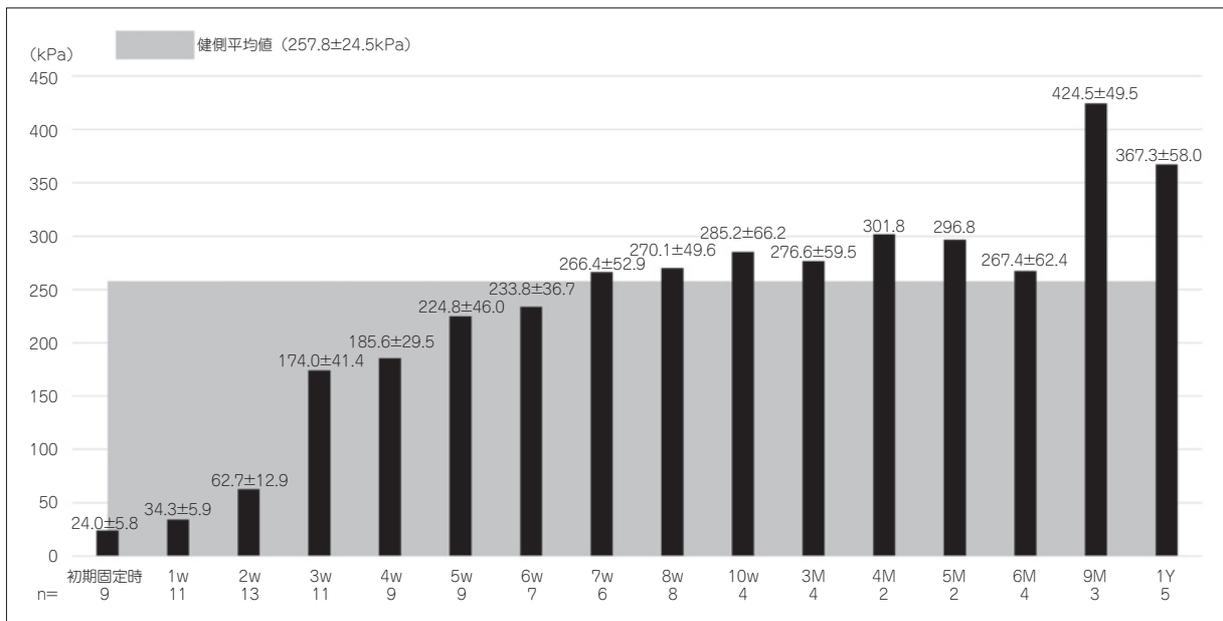


図 5 断裂部の弾性率の経時的变化
初期固定時から徐々に数値が上昇し 1 年時点では約 370kPa であった。

考 察

後ろ向きに行った今回の研究で、エコー下 Thompson test での伸長性は、初期固定後 3 週で約 99%，4 週で全例消失した。また肉眼での Thompson test も伸長性の消失とおおよそ一致して初期固定後 4 週までに全例で陰性化が確認でき

た。先行研究でも Thompson test の陰性化は平均 2.7 週であったと報告されている^{13,14)}ことから断裂部の一定の強度の力学的連続性は初期固定後 4 週までに得られると考えられる。本研究では、伸長性の消失と肉眼での陰性化を確認後に Dynamic MRI でも断裂部の接触状態を観察し腱断端の離開は認められなかった。つまり伸長性の消

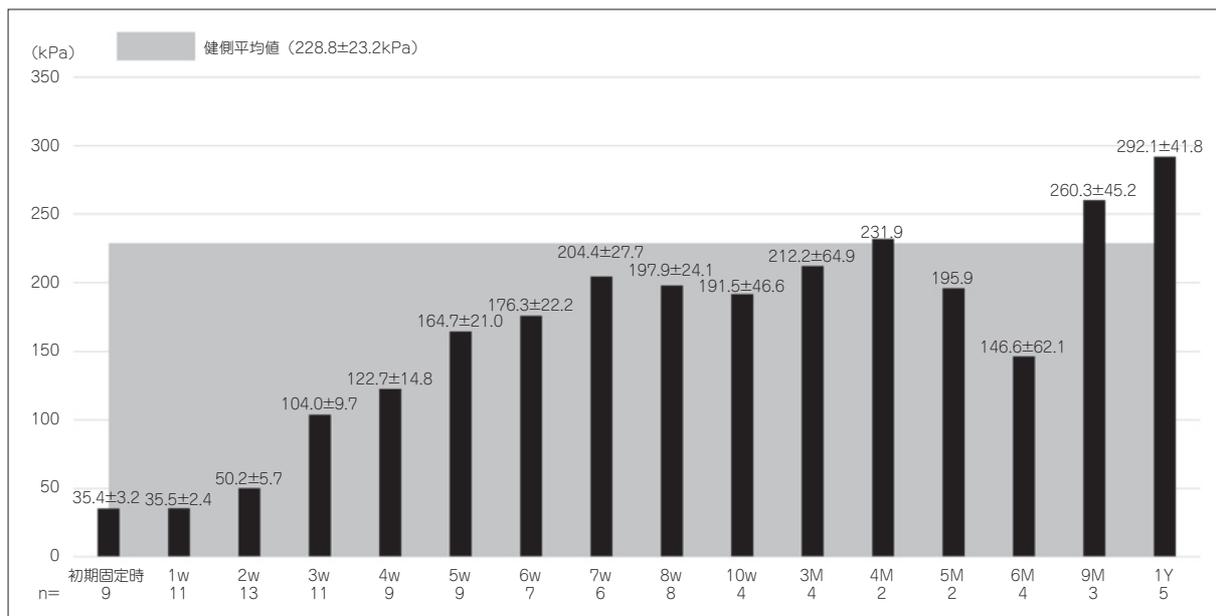


図 6 3cm 近位部の弾性率の経時的変化
初期固定時から徐々に数値が上昇し 1 年時点では約 290kPa であった。

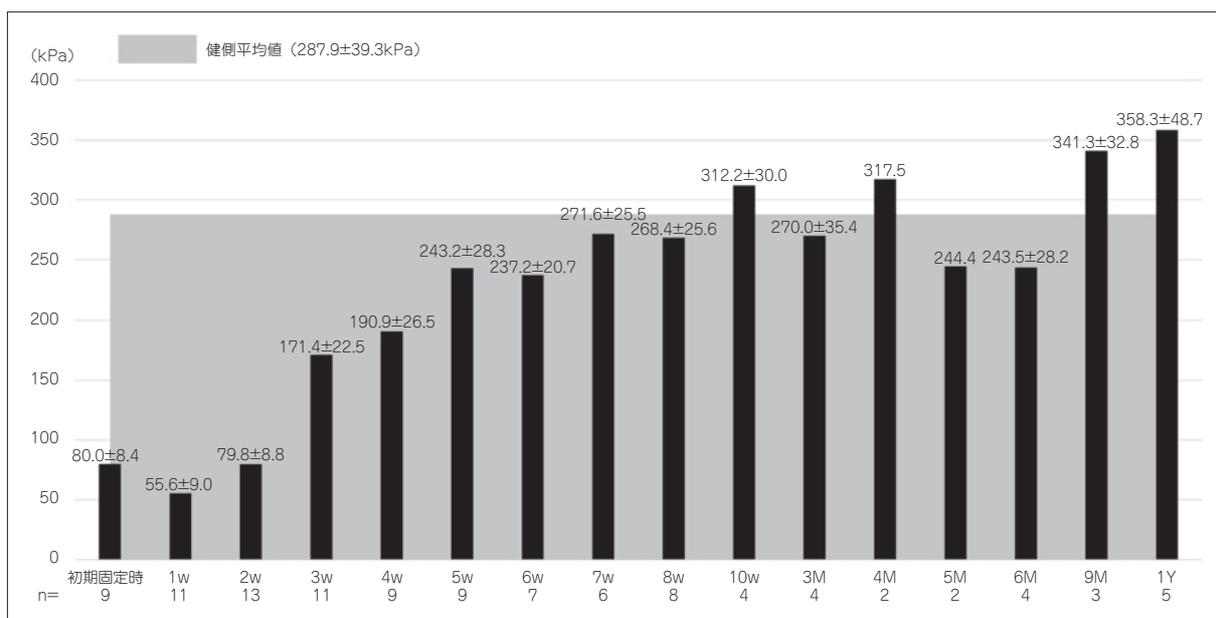


図 7 3cm 遠位部の弾性率の経時的変化
初期固定時から徐々に数値が上昇し 1 年時点では約 360kPa であった。

矢と肉眼での陰性化を確認後に足関節の自動運動を行うことで腱断端は離開せず、初期固定時に断裂部の接触を確認しそれを維持すれば、初期固定後 3-4 週時点で足関節自動底背屈運動を安全に開始できると考えられる。また同時期の弾性率をみると、初期固定後 2-3 週にかけて一気に数値が上昇し正常腱の約 1/2 以上の値に達していた。

この時期は合成されたコラーゲンが III 型から I 型へと変化する時期であり⁸⁾、弾性率の増大はコラーゲン線維の成熟とその引っ張り強度増大と強く関連していると考えられ、初期固定後 3-4 週以降では足関節自動運動による負荷では腱断端は離開しないと考えるべきである。

初期固定後 1 年の弾性率と体積は健側と比較し

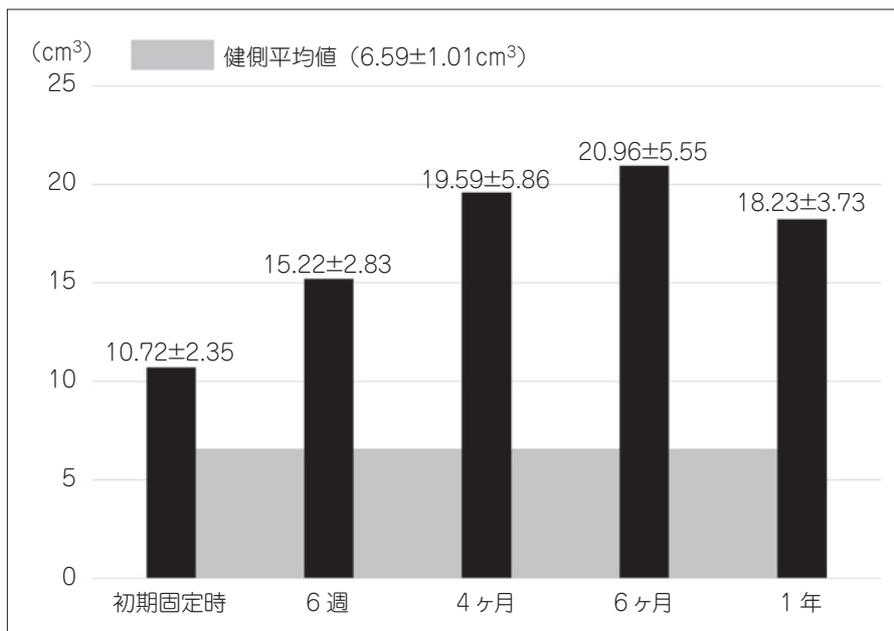


図8 体積の経時的変化
初期固定時から徐々に数値が上昇し1年時点では約18.23cm³であった。

て有意に増加する結果が得られた。先行研究でも横断面積や厚さ，幅が健側と比較して増加すると報告されており^{15,16)}，弾性率についても strain elastography を用いた計測でも，健側より数値が上昇すると報告されている¹⁷⁾。つまり断裂後のリモデリングとともに，細くて軟らかい組織から太くて硬い組織へと変化していき体積でも健側を大きく上回っていきと考えられる。この変化は，一度損傷した腱が再度強度を獲得していく中でのリモデリングに伴って起こる変化であり，断裂後のアキレス腱は正常腱に戻っていくのではなく，断裂後に硬さと太さで強度を補っていくと考えられる。

弾性率は初期固定時から1年にかけて数値が変化し，体積，腱長の数値も同じく初期固定後1年まで数値が変化していく結果が得られた。ウマ・ウサギ・ラットの腱損傷後の自然治癒過程についての先行研究では，損傷後8週，26週，および12ヶ月のそれぞれで正常レベルと一致しない腱の生体力学的性質をもたらすと報告している⁹⁾。つまり腱のリモデリング過程は少なくとも1年までは継続しており，弾性率，体積，腱長の変化もリモデリングが継続していることを示していると考えられる。

スポーツの復帰時期について本研究では，初期固定後4-6ヶ月にかけて復帰に向けた動作を開始

するプロトコルで治療を行い，4ヶ月以降にスポーツ動作を行った中に再断裂した例は認められなかったことから再断裂のリスクのみで考えると，4ヶ月時点でのスポーツ復帰も可能とも言えそうである。弾性率に着目すると，4ヶ月以降では健側と同等以上の数値を示し体積も健側や患側の初期固定後6週と比較して大幅に増加している。つまり腱の硬さと太さのみの観点ではあるが4ヶ月時点では健側と比べて同等かそれ以上の強度を期待でき，4ヶ月時点ではスポーツ復帰に向けた動作を開始できる強度に至っているのではないかと考えられる。しかし初期固定後3-6ヶ月時点で再断裂の危険信号（安田徴候）を呈してくる症例が一定比率あること¹⁸⁾ やスポーツ復帰に必要な筋力が得られているかどうか¹⁹⁾ も重要な視点である。即ち筋力など総合的な評価の上でスポーツ復帰について検討する必要があるが，体積や弾性率の結果は，初期固定後4-6ヶ月では，腱自体はスポーツ動作を開始するのに耐えられる強度に達していることを示していると考えられる。

腱長については健側と比較して，平均21.0 ± 12.0mmの延長が認められた。先行研究では腱のelongationによる足関節の機能低下が指摘されており²⁰⁾，保存療法だけでなく手術療法でも腱の延長が起こることが明らかとなってきた^{10,11)}。ここでこの腱長の変化が腱断端間でのelongation

なのかどうか問題となる。Tantalum beads を埋め込んだの先行研究では腱が損傷を受けていない部分でも腱長の変化が起こり、経時的な腱の伸びと1年間の力学的特性との間に相関関係はなかったと報告されている¹¹⁾。本研究の弾性率も、断裂部、断裂部の3cm近位部と遠位部の全体で上昇し各部位で高い正の相関が認められ健側より有意に増加しており、体積も断裂部だけでなく全体で健側よりも大きくなっている。つまりアキレス腱は断裂後に腱全体でリモデリングしていくと考えられ、腱の長さの変化は断端間で起こる elongation というよりは、体積や弾性率の変化と併行して腱全体で起こるリモデリング過程での変化が主体と考えられる。また患側の経時的な変化に着目してみると、初期固定後6週-1年にかけて平均 2.7 ± 4.8 mmの延長で、中には短縮する例もあり先行研究の報告と同様に¹¹⁾多様なバリエーションが認められた。一方で本研究の結果から考えると、断裂部での離開は初期固定後3-4週以内に起こりやすいと考えられるため、断裂部での離開を抑制するためには初期固定後3-4週以内に断裂部の伸長性の消失と肉眼での陰性化を確認してから足関節運動を行うのが安全と考えられる。また腱断端間が十分に接触する肢位で初期固定ができ、それがその後も維持できた例では初期固定直後から荷重を行ったが、その全例で初期固定後4週までに伸長性消失が認められた。一方で、初期固定時に接触が不十分であった例30/120例(25.0%)では、その後4週以内であるが腱断端間の離開防止のために最大底屈位固定と免荷を行ったが、指示を守らなかった2例で腱断端間の離開がみられた(その後免荷を維持することで良好な経過をたどった)。即ち初期の腱断端の接触状態に応じた固定や免荷を行うことも重要であると思われる。一方で初期固定時から腱断端間の接触が充分であれば(90/120例75.0%)、伸長性の時期を経て3-4週以内に足関節自動底背屈運動には十分な力学的連続性が獲得できるとも言えよう。早期加速リハでは画一的なプロトコルではなく症例に応じた初期固定と足関節運動開始時期の設定が重要と思われ、伸長性が消失するまで腱断端の接触を保つことで再断裂や腱の延長を抑制することができると考えられる。さらに、MRIやエコーを用いなくても全例最大底屈位固定と免荷を4週行ってThompson testによる十分な底屈が確認できればその時点か

ら荷重や足関節運動を安全に進めることができるとも言える。

本研究の限界としては、弾性率を計測できた症例数が少ないため各時期で計測できた症例の平均をその時期の弾性率としていることであり、初期固定後6ヶ月で数値が一旦低下する点も症例数が少ないことが影響していると考えられる。6週以内での腱延長の有無の評価ができていないことが挙げられる。またアキレス腱断裂の形態は一様でなく、例えば断裂部が長軸上で広がっている(mop likeなど)例もみられ、そのような例にはどう対応すべきかは、本研究だけでは示せなかった。

結 語

1. 腱断端の接触状態に応じた初期固定を行い、Thompson testのエコー下での伸長性の消失と肉眼での陰性化を確認することで初期固定後3-4週以内に足関節自動底背屈運動を安全に開始できると考えられた。

2. 初期固定後3週時点では、再生腱の弾性率が健側の1/2以上に達し、4ヶ月では健側と同等以上になる。

3. リモデリングに伴う腱の延長は断裂部での延長ではなく、腱全体で起こるリモデリング過程での変化と考えられた。

利益相反

本論文に関連し、開示すべき利益相反はなし。

文 献

- 1) Wu Y, Mu Y, Yin L, et al. Complications in the Management of Acute Achilles Tendon Rupture A Systematic Review and Network Meta-analysis of 2060 patient. *Am. J. Sports Med.* 2019; 47: 2251-2260.
- 2) Khan RJ, Fick D, Keogh A, et al. Treatment of acute Achilles tendon ruptures. A meta-analysis of randomized, controlled trials. *J. Bone Joint Surg. Am.* 2005; 87: 2202-2210.
- 3) Twaddle BC, Poon P. Early motion for Achilles tendon ruptures: is surgery important? A randomized, prospective study. *Am. J. Sports Med.* 2007; 35: 2033-2038.
- 4) Willits K, Amendola A, Bryant D, et al. Operative versus nonoperative treatment of acute Achilles

- tendon ruptures; a multicenter randomized trial using accelerated functional rehabilitation. *J Bone Joint Surg. Am.* 2010; 92: 2767-2775.
- 5) Soroceanu A, Sidhwa F, Aarabi S, et al. Surgical versus nonsurgical treatment of acute Achilles tendon rupture: a meta-analysis of randomized trials. *J. Bone Joint Surg. Am.* 2012; 94: 2136-2143.
 - 6) Heikkinen J, Lantto I, Flinkkila T, et al. Soleus Atrophy Is Common After the Nonsurgical Treatment of Acute Achilles Tendon Ruptures: A Randomized Clinical Trial Comparing Surgical and Nonsurgical Functional Treatments. *Am. J. Sports Med.* 2017; 45: 1395-1404.
 - 7) 米田 實, 平井利樹. 新鮮アキレス腱皮下断裂での早期加速リハ保存療法の経験と、とくに臨床所見・MRI・エコー下の時系列での所見の多様性とその考察. *日足外会誌.* 2019; 40: 95-102.
 - 8) 安東祐子, 黒瀬智之, 宇佐見清吾, 他. ラットアキレス腱切断後の修復過程について. *広大保健学ジャーナル.* 2006; 6: 32-42.
 - 9) Galloway MT, Lalley AL, Shearn JT. The Role of Mechanical Loading in Tendon Development, Maintenance, Injury, and Repair. *J. Bone Joint Surg. Am.* 2013; 95: 1620-1628.
 - 10) Aufwerber S, Edman G, Silbernagel KG, et al. Changes in Tendon Elongation and Muscle Atrophy Over Time After Achilles Tendon Rupture Repair. *Am. J. Sports Med.* 2020; 48: 3296-3305.
 - 11) Schepull T, Kyist J, Andersson C, et al. Mechanical properties during healing of Achilles tendon ruptures to predict final outcome: A pilot Roentgen stereophotogrammetric analysis in 10 patients. *BMC Musculoskeletal Disorders.* 2007; 8: 116.
 - 12) Nilsson-Helander K, Thomeé R, Silbernagel KG, et al. The Achilles Tendon Total Rupture Score (ATRS) Development and Validation. *Am. J. Sports Med.* 2007; 35: 421-426.
 - 13) 古府照男. アキレス腱断裂に対する装具療法. *Orthopaedics.* 2003; 16: 17-24.
 - 14) 原田豪人, 藤原正利, 和田山文一郎, 他. アキレス腱断裂新鮮例に対する保存的治療の成績と問題点. *中部整災誌.* 2010; 53: 539-540.
 - 15) 奥脇 透. 超音波検査を利用したアキレス腱断裂の保存療法. *整・災外.* 2006; 49: 891-899.
 - 16) 青木光広. Cross-stitch 法によるアキレス腱縫合術—手術方法, 後療法および MRI 所見—. *整・災外.* 2006; 49: 901-905.
 - 17) 林 光俊. アキレス腱断裂の保存療法—MRI, カラードプラ, エラストグラフィを用いた経時的経過を主として—. *関節外科.* 2017; 36: 52-59.
 - 18) 平井利樹, 米田 實, 永田和平. 新鮮アキレス腱皮下断裂の治療中期で発生する MRI での高信号領域 (安田徴候) について. *日足外会誌.* 2020; 41: 122-125.
 - 19) 今屋 健, 内山英司, 深井 厚, 他. アキレス腱縫合術後の足関節機能と動作の獲得時期について—ヒールレイズの評価方法の標準化—. *臨床スポーツ医学.* 2017; 25: 215-221.
 - 20) Silbernagel KG, Steele R, Manal K. Deficits Heel-Rise Height and Achilles Tendon Elongation Occur in Patients Recovering From an Achilles Tendon Rupture. *Am. J. Sports Med.* 2012; 40: 1564-1571.

(受付：2021年7月28日, 受理：2022年6月2日)

A multifocal retrospective study of non-operative treatment of acute Achilles tendon rupture based on the findings of MRI US, elastography and clinical signs

Hirai, T^{*1}, Yoneda, M^{*2}, Shima, D^{*1}

^{*1} Department of Rehabilitation, Yoneda Hospital

^{*2} Department of Orthopaedic Surgery, Yoneda Hospital

Key words: Achilles tendon rupture, non-operative treatment, early accelerated rehabilitation

[Abstract] This study is focused on the prevention of tendon elongation during the non-operative treatment of Achilles tendon rupture. We studied the MRI, US and clinical findings of 120 patients treated at our hospital. The items examined are change in elasticity between the tendon stumps on dynamic US, dynamic MRI, elastic modulus, volume, and length. The US-based Thompson test, the appearance of a negative Thompson test and disappearance of mechanical elasticity on dynamic US are achieved by 4 weeks and are closely connected to each other. When the difference in elasticity between the tendon stumps diminished, the dynamic MRI did not show elongation between the tendon stumps, suggesting that ankle movement could be started safely at that time. It was suggested that separation between the tendon stumps did not occur, even if load and automatic movement of the ankle joint were performed 3-4 weeks after the initial fixation. This study suggests the importance of the prevention of tendon stump detachment within 3 to 4 weeks after initial fixation in case of non-operative treatment of Achilles tendon rupture.