

アキレス腱縫合術後における 連続片脚ヒールレイズ獲得について必要な 因子の検討

Study of factors required for continuous single-leg heel rise after Achilles tendon rupture repair

田中龍太*¹, 今屋 健*¹, 眞田高起*², 深井 厚*²
本田英三郎*², 藤島理恵子*¹, 中山誠一郎*¹, 志田峻哉*¹

キー・ワード：Achilles tendon, single-leg heel rise, return to sports
アキレス腱, 片脚ヒールレイズ, スポーツ復帰

〔要旨〕 我々はアキレス腱縫合術後、5カ月でのスポーツ復帰を目標としており、その際の筋力回復の評価として連続片脚ヒールレイズを用いている。そこで、スポーツ復帰には術後4カ月での連続片脚ヒールレイズの獲得が必要であり、その因子を明らかにすることを本研究の目的とした。

対象は、当院において片側アキレス腱縫合術（内山法）を施行した105例（平均年齢40.1±13.9歳、男性64例、女性41例）である。検討項目は、患者背景、Simmondsテスト健患比、Thompson Simmondsテスト健患比、膝伸展位と膝屈曲位での足関節自然下垂角度健患比、しゃがみ動作獲得時期、下腿最大周径健患差とした。従属変数は術後4カ月での連続片脚ヒールレイズ25回の達成の可否にし、目的変数は検討項目とし、多重ロジスティック回帰分析を行い、ROC曲線からカットオフ値を求めた。

結果は、しゃがみ動作獲得時期（オッズ比：0.87）と膝屈曲位での足関節自然下垂角度健患比（オッズ比：1.06）が抽出され、カットオフ値はしゃがみ動作獲得時期10.5週と膝屈曲位での足関節自然下垂角度健患比69.5%であった。

アキレス腱縫合術後に連続片脚ヒールレイズを獲得するには、最大背屈可動域を獲得すると共にアキレス腱や下腿三頭筋の緊張が健側の約70%必要であることが示唆された。

はじめに

当院では、年間約100例のアキレス腱縫合術を施行し、安全で確実に競技復帰ができることを目標にリハビリテーションを進めている¹⁾。アキレス腱縫合術後のリハビリテーションはこれまでに報告されているが²⁾、可動域や筋力評価などの明確な評価方法、評価基準が確立されていないのが現状である。そこで我々はアキレス腱縫合術後の評価として、可動域には正座股位やしゃがみ込み股位の動作獲得の可否を用い、アキレス腱や下腿三頭

筋の筋や腱の緊張、腱延長に関しては、トンプソンテストや足関節自然下垂角度による健側との比較をし、それらの経時的変化や動作獲得時期に対する報告を行ってきた^{1,3)}。その中で、アキレス腱の機能回復を判断する1つの指標として片脚での踵上げ動作（Heel Rise；以下HR）に着目し、片脚HRの獲得を1つの目標としてリハビリテーションを実施している。臨床では段階的に両脚HR、片脚HR、連続片脚HRの獲得を進め、片脚HR獲得とジョギング動作、連続片脚HR獲得とスポーツ復帰との相関関係を明らかにしてきており⁴⁾、片脚HRが競技復帰へ必要不可欠な因子であると考えている。我々の先行研究⁴⁾から、連続片脚HR獲得時期は術後平均約4カ月であり、この時期の連続

*¹ 関東労災病院中央リハビリテーション部

*² 関東労災病院スポーツ整形外科

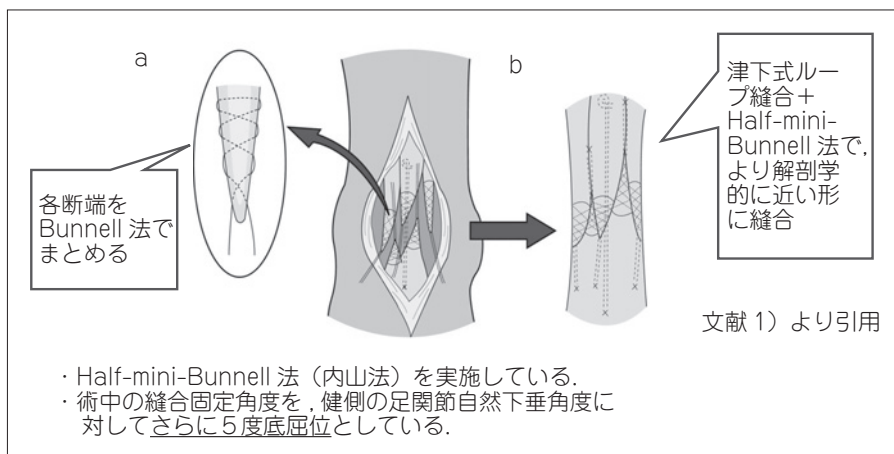


図1 当院でのアキレス腱縫合術

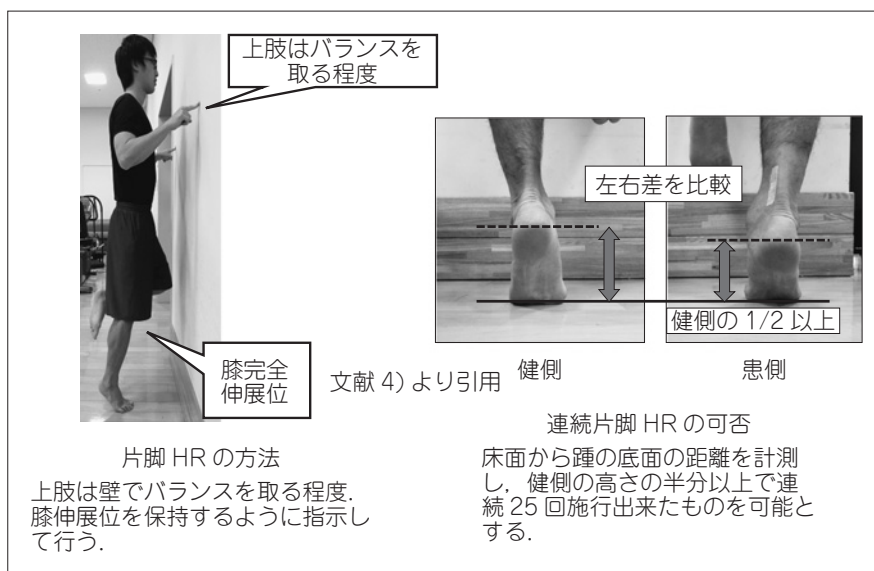


図2 片脚HRの方法と連続片脚HRの可否

片脚HR獲得の可否がその後の競技復帰時期を左右する。そこで今回、競技復帰に関係性の高い連続片脚HR獲得のために、下腿三頭筋の筋力に影響を及ぼす可能性が考えられる年齢、スポーツレベルなどの患者背景や足関節の可動域などのアキレス腱の機能との関連を検討した。さらに、カットオフ値を求めることで術後のリハビリテーションを進める上での明確な目標設定を構築することが出来ると考え、若干の知見を得たので報告する。

■ 対象

対象は2017年7月～2018年12月に初回受傷後3週間以内に片側のアキレス腱縫合術を施行した169例のうち、経過観察が可能であった105例

(平均年齢 40.1 ± 13.9 歳, 男性 64 例, 女性 41 例)である。手術方法はHalf-mini-Bunnell法(内山法)を用い、全例腹臥位膝関節90度屈曲位で、健側の足関節底屈角度のさらに5度底屈位での角度となるようにアキレス腱断裂部を縫合した^{1,5)}(図1)。

また、連続片脚HRの可否は、患側片脚HRの高さが健側片脚HRの高さの1/2以上とし、連続で25回行えたものを可とした(図2)。

本研究は後ろ向きの研究であり、関東労災病院倫理委員会の承認の下、実施した。(承認番号: 2019-18)

■ リハビリテーション

当院では、手術後5日目にギプスから歩行ギブ

表1 当院におけるアキレス腱縫合術後のリハビリプログラム

術後5日：歩行ギプス下でのFWB歩行
2週：ギプス除去，ROM訓練
3週：座位での踵上げ（Heel Rise：以下HR）訓練
5-6週：両脚HR訓練
8-9週：装具除去，片脚HR訓練
10-12週：その場ジョギング～ジョギング
3-4カ月：ジャンプ・ステップ
5-6カ月：競技復帰

表2 当院におけるスポーツレベル分類

レベル0	：スポーツ活動なし
レベル1 (L1)	：レクリエーションレベル （週末運動）
レベル2 (L2)	：部活動，市大会レベル （週3回程度，サークル，市リーグ）
レベル3 (L3)	：県大会レベル （一般体育学生，県リーグ）
レベル4 (L4)	：地域リーグ，地方・全国大会レベル （国体，インカレ，インターハイレベル）
レベル5 (L5)	：プロ，オリンピックレベル （プロリーグ，実業団リーグ）

スに変更し可及的な全荷重歩行を指導し退院する。術後2週から装具に変更し可及的に可動域や自動運動の拡大を行っていく。術後3週から座位でのHR，術後5-6週から立位で両脚HRを，術後8-9週から片脚HRを開始する。片脚HR獲得後ジョギングを開始し，連続片脚HR獲得後，ジャンプ動作やステップ動作などのスポーツ動作練習へ移行し，競技復帰へと進んでいく（表1）。

■ 方 法

過去の我々の研究から，連続片脚HR平均獲得時期は術後4カ月であることがわかっている。術後4カ月で獲得可能な群（以下，良好群）と不可能な群（以下，不良群）の2群に分類し，これを従属変数とした。そして以下の「検討項目」を目的変数にし，多重ロジスティック回帰分析（尤度比検定の変数増加法）を用いて検討した。また，抽出された因子に対して「Receiver Operating Characteristic」曲線（以下，ROC曲線）を用いてカットオフ値を算出した。データ解析は，統計ソフトSPSS version 25.0-for Windowsを使用した。それぞれ有意水準は5%未満とした。

検討項目

1. 年齢

2. 性別
3. スポーツレベル（表2）
4. BMI
5. Simmondsテスト（図3a）

腹臥位にて膝伸展位で足部をベッド端に出し，足関節を十分に脱力させた状態で下腿後面の筋腹を把持した時の足関節底屈方向への振れ幅を計測する。健側を100%としその程度を健患比で計測する。

評価の目的：下腿三頭筋を中心に下腿後面の筋緊張やアキレス腱の緊張，腱周囲の硬さや腱の滑走を評価する。

6. Thompson Simmondsテスト（図3b）

腹臥位にて膝関節90度屈曲位で足関節を十分に脱力させた状態で，下腿後面の筋腹を把持した時の足関節底屈方向への振れ幅を計測する。健側を100%としその程度を健患比で計測する。

評価の目的：ヒラメ筋を中心に筋緊張やアキレス腱の緊張，腱周囲の硬さや腱の滑走を評価する。

7. 膝伸展位での足関節自然下垂角度（伸展下垂角度）の健患比（図4a）

腹臥位にて足部をベッド端に出し，十分に脱力させた状態で足関節の自然底屈角度を測定する。健側との健患比を用いる。

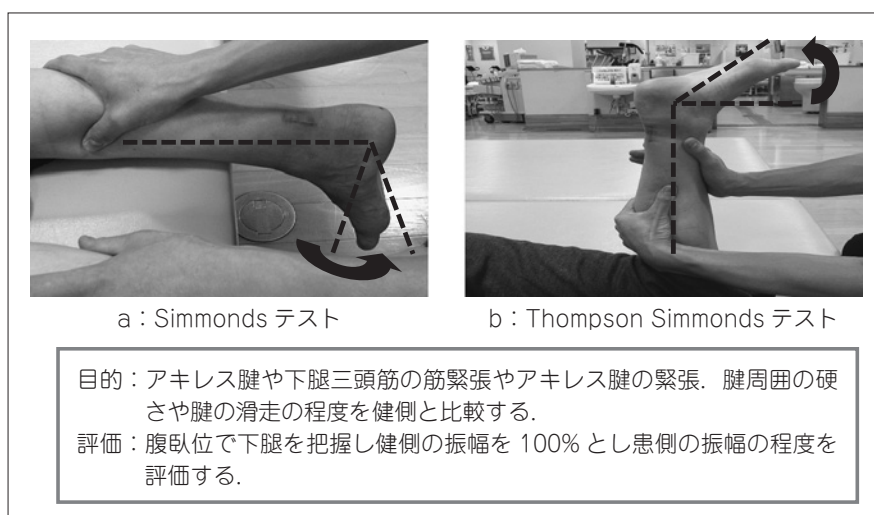


図 3 Simmonds と Thompson Simmonds テスト

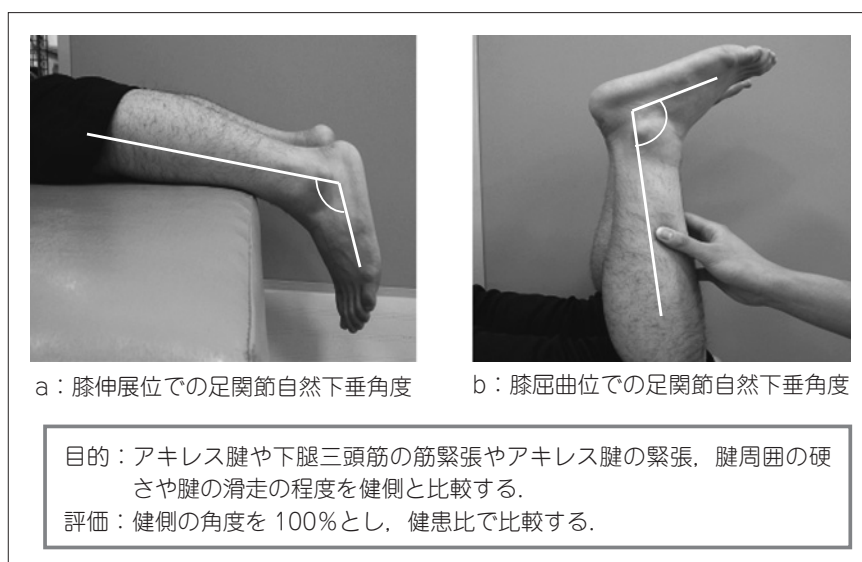


図 4 足関節自然下垂角度

評価の目的：下腿三頭筋を中心に下腿後面の筋緊張やアキレス腱の緊張、腱周囲の硬さを評価する。

8. 膝屈曲位での足関節自然下垂角度(屈曲下垂角度)の健患比(図 4b)

腹臥位にて膝関節 90 度屈曲位で足関節を十分に脱力させた状態で足関節の自然底屈角度を測定する。健側との健患比を用いる。

評価の目的：ヒラメ筋を中心に筋緊張やアキレス腱の緊張、腱周囲の硬さを評価する。

9. シャガみ動作獲得時期

自他動による深背屈角度の評価として用い、シャガみこみの可否を調査する。元々シャガみこ

みが出来ない患者に対しては健側と同様の動作が出来る時期を確認した。

10. 下腿最大周径健患差

膝関節 90 度屈曲位で下腿最大部分の周径を測定し、健側との周径差を測定した。

■ 結果

良好群 69 例(平均年齢 37.7 ± 11.5 歳, 男性 41 例, 女性 28 例)と不良群 36 例(平均年齢 44.5 ± 16.2 歳, 男性 23 例, 女性 13 例)であり、屈曲下垂角度の健患比(オッズ比: 1.06)とシャガみ動作獲得時期(オッズ比: 0.87)が抽出された。カットオフ値は、屈曲下垂角度の健患比は 69.5% (感度:

表 3 良好群と不可能であった不良群の患者背景

	良好群 (69 例)	不良群 (36 例)
①平均年齢 (歳)	37.7 ± 11.5	44.5 ± 16.2
②性別	男性 : 41 女性 : 28	男性 : 23 女性 : 13
③スポーツレベル (例)	L0 : 9 L1 : 35 L2 : 8 L3 : 14 L4 : 2 L5 : 1	L0 : 8 L1 : 18 L2 : 3 L3 : 3 L4 : 2 L5 : 2
④ BMI	23.9 ± 3.6	25.3 ± 4.2
⑤ Simmonds テスト (%)	90.5 ± 10.0	90.0 ± 10.4
⑥ Thompson Simmonds テスト (%)	80.3 ± 10.8	72.0 ± 21.0
⑦ 伸展下垂角度の健患比 (%)	71.9 ± 17.5	58.0 ± 15.8
⑧ 屈曲下垂角度の健患比 (%)	70.3 ± 14.7	56.1 ± 17.6
⑨ シャガみ動作獲得時期 (週)	10.6 ± 3.0	13.1 ± 6.1
⑩ 下腿最大周径健患差 (cm)	1.3 ± 0.9	1.4 ± 1.0

*⑤, ⑥と⑦, ⑧は健側を 100 とした場合の %

表 4a 多重ロジスティック回帰分析による結果

	B	標準誤差	Wald	自由度	有意確率	オッズ比	95% 信頼区間	
							下限	上限
シャガみ動作獲得時期	-0.137	0.053	6.632	1	0.001	0.872	0.786	0.968
屈曲下垂角度の健患比	0.055	0.015	13.129	1	0.000	1.057	1.026	1.089

不良群 : 0 良好群 : 1

モデル χ^2 検定 $p < 0.01$; Hosmer-Lemeshow 検定 $p = 0.973$; 判別的中率 72.8%

表 4b ROC 曲線を使用し, 算出されたカットオフ値

	カットオフ値	感度	1-特異度	陽性適中率 (%)	陰性適中率 (%)	AUC (%)
シャガみ動作獲得時期	10.5 週	0.62	0.389	63.8	61.1	61.2
屈曲下垂角度の健患比	69.5%	0.55	0.139	55.1	86.1	73.0

0.551, 1-特異度 : 0.139, 陽性的中率 : 55.1%, 陰性的中率 : 86.1%, AUC : 73.0%), シャガみ動作獲得時期は 10.5 週 (感度 : 0.618, 1-特異度 : 0.389, 陽性的中率 63.8%, 陰性的中率 61.1%, AUC : 61.2%) であった (表 3, 表 4a, 4b)。

その他の検討項目については抽出されなかった。

考 察

我々は, アキレス腱縫合術後の機能改善の評価には, 下腿三頭筋の筋力評価が必須であると考えている。これまで等速性筋力評価による報告^{2,6,7)}や, 等尺性筋力評価による報告⁸⁾, 徒手筋力検査⁹⁾で使用されている踵上げ動作での筋力評価による報告¹⁰⁾がそれぞれ見られるが, 我々は簡便で且つ, 臨床に即した評価である踵上げ動作での評価を用いている。この評価は, 下腿三頭筋の能力以外にも足指や足部の機能, さらに下肢から体幹機能の

バランスも必要とされるが, 下腿三頭筋の能力を測る上では非常に有用であると考えている。そのため, 我々は術後にこの能力を獲得する為のリハビリテーションを展開し進めている。

Woo ら¹¹⁾は, 術後の早期からの運動療法は靭帯や腱に優れた力学性質を持ち, 癒着も生じにくくすることを報告しており, 我々はリハビリテーションを進めるにあたっては, 「アキレス腱の滑走を阻害しない環境作り」として主にアキレス腱周囲の癒着の予防・除去を積極的に行っている^{1,12)}。アキレス腱縫合術後のアキレス腱周囲の癒着は必発であり, 太田ら¹³⁾は術後の軟部組織や脂肪体, Kager's fad pad などの硬化を, 倉田ら¹⁴⁾は術後組織の粘弾性の低下を報告しているが, これらの癒着や弾性の低下が可動域制限や痛みを引き起こす 1 つの要因であると我々は考えている。また癒着を残存させた状態での過度な可動域訓練は腱縫合部にも過剰なストレスを与え, 腱の延長を引き起

こす可能性があると考えている。そのため、癒着の防止や除去を積極的にはかりながら、左右差のない可動域を獲得することで、良好なアキレス腱の滑走の下、積極的な筋力訓練が可能になると考えている。我々は、Simmonds テストや Thompson Simmonds テストの反応の程度と足関節自然下垂角度によって、アキレス腱や下腿三頭筋の筋や腱の緊張の左右差を評価し臨床で応用している^{1,12)}。そして我々の先行研究からも、片脚 HR が可能になるための因子に Thompson Simmonds テストの反応の程度と背屈可動域が必要であることを明らかにし、これまでの考え方を裏付けてきたと考えている¹⁵⁾。

本研究の結果から、連続片脚 HR の獲得因子としてしゃがみ動作の獲得時期と膝屈曲位での足関節自然下垂角度が抽出された。しゃがみ動作は、自他動による最大背屈角度の獲得評価として、膝屈曲位での足関節自然下垂角度はヒラメ筋を中心とした筋の緊張やアキレス腱の腱張の評価として我々は用いている。Silbernagel ら¹⁶⁾ や Kangas ら¹⁷⁾ は、腱延長は下腿三頭筋の筋力発揮を阻害することを報告しており、可動域獲得時に過度の腱延長を出現させない工夫がリハビリテーションを進めるにあたっては重要である。また、高橋ら¹⁸⁾ や Carmont ら¹⁹⁾ は、術後に足関節自然下垂角度の左右差の拡大は腱延長と筋力低下を引き起こす関係を報告している。しかし、足関節自然下垂角度の左右差のない状態を意識しすぎると、背屈角度の獲得に遅延を引き起こし、癒着による痛みを引き起こすことをこれまでの臨床の中で経験してきた。そのため、足関節自然下垂角度の左右差の出現を我々は必要な現象であるとしてとらえている。そこで、背屈角度の獲得と共に足関節自然下垂角度をどの程度まで許容し、臨床を進めていくかを明らかにする必要があった。今回の結果により、完全背屈角度の獲得目標時期が 10.5 週、膝屈曲位での足関節自然下垂角度が健側の約 70% までという許容程度を示すことが出来た。

術後早期からの可動域獲得は、下腿三頭筋の筋力訓練へスムーズに移行でき、結果として早期の筋力回復を可能とする。しかし、早期の可動域訓練は縫合部を含めた腱や筋の延長リスクが伴うため、術創部やその周囲の癒着除去をはかりながらリハビリテーションを行うことが重要である。このアプローチの結果、10.5 週で完全背屈可動域を

獲得するとともに、膝屈曲位での自然下垂角度比が健側の 70% 以内に留めることが可能となり、この状態が下腿三頭筋の筋力を十分発揮できる環境であることを本研究で明らかにすることができた。これにより、我々は競技者を安全で確実にスポーツ復帰へ導くことが可能になったと考えている。

本研究の限界としては、筋力評価において筋力測定器を用いた評価でないため、下腿三頭筋の客観的な筋力評価として乏しい点があげられる。また、片脚 HR 時の客観的な機能面の評価以外に、痛みや不安の訴えなどの主観的因子に対する検討が未実施であること。そして、影響因子である膝屈曲位での足関節自然下垂角度に対しては、ヒラメ筋に関与する筋や腱の緊張による影響が強いことが考えられるが、筋緊張の低下か腱延長か、またその両方による影響かの画像評価による精査が行えていないことがあげられる。不良群の 4 カ月以降の機能的改善の有無に関する追跡調査や、片脚 HR の最大挙上時の左右差との関係についての詳細な検討を今後の課題として考えている。

まとめ

- ・当院でのアキレス腱縫合術後の連続 HR 獲得因子について調査した。

- ・術後 4 カ月での連続 HR 獲得の可否により 2 群に分け、多重ロジスティック回帰分析を行い、ROC 曲線よりカットオフ値を算出した。結果、しゃがみこみ獲得時期と膝屈曲位での足関節自然下垂角度健患比が抽出された。

- ・しゃがみ動作獲得時期は 10.5 週、膝屈曲位での足関節自然下垂角度健患比は 69.5% が 4 カ月時点で獲得、維持出来ていることが必要であることがわかった。

謝辞

本研究や臨床を行うにあたって多大なるご指導を賜った、稲浪脊椎・関節病院の内山英司先生、コンディション・ラボの園部俊晴先生に深謝致します。

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) 園部俊晴, 今屋 健, 勝木秀治. 第 III 部 下肢. In: 内山英司, 岩増弘志(監修). 改訂版スポーツ外傷・

- 障害に対する術後のリハビリテーション. 第3版. 神奈川: 運動と医学の出版社; 342-378, 2013.
- 2) 佐藤謙次, 鈴木 智, 脇元幸一. アキレス腱断裂の理学療法の加速的アプローチ. 理学療法. 2003; 20: 444-448.
 - 3) 田中龍太, 今屋 健, 藤島理恵子, 他. 当院でのアキレス腱縫合術における機能回復の経過について. 日本臨床スポーツ医学会誌. 2015; 23: S225.
 - 4) 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—HRの評価方法の標準化—. 日本臨床スポーツ医学会誌. 2017; 25: 215-222.
 - 5) 内山英司. 筆者の治療の変遷. In: アキレス腱断裂の治療. 第1版. 神奈川: 運動と医学の出版社; 1-10, 2016.
 - 6) 神谷智昭, 渡邊耕太, 山下敏彦, 他. FiberLoopを用いたアキレス腱縫合術後の筋力評価と臨床成績の関係. 北海道整形災害外科学会雑誌. 2014; 55: 342-343.
 - 7) 太附広明, 矢野秀典, 稲村厚志, 他. アキレス腱縫合術後早期における筋力・ROM・ADLの回復と相互の関連性について. 理学療法学. 1994; 21: 215.
 - 8) 遠原真一, 占部 憲, 成瀬康治, 他. 当院におけるアキレス腱皮下断裂縫合術後の足関節底屈筋力推移についての検討. 東日本整形災害外科学会雑誌. 2010; 22: 446.
 - 9) Helen J. Hislop, Dale Avers, Marybeth Brown, 他. 第6章 下肢の筋力テスト. In: 津山直一, 中村耕三 (翻訳). 新・徒手筋力検査法. 第9版. 東京: 協同医書出版社; 244-245, 2014.
 - 10) 中川拓也, 岡 徹, 末吉 誠, 他. アキレス腱断裂縫合術後のHR獲得時期について. 理学療法京都. 2012; 41: 134-135.
 - 11) Woo SL, Inoue M, McGurk-Burleson E, et al. Treatment of the medial collateral ligament injury. II: Structure and function of canine knees in response to differing treatment regimens. Am J Sports Med. 1987; 15: 22-29.
 - 12) 田中龍太, 園部俊晴, 今屋 健. 3下肢 7) 足関節—アキレス腱断裂. In: 片寄正樹, 小林寛和, 松田直樹 (編). 急性期治療とその技法 (スポーツ理学療法プラクティス). 第1版. 東京: 文光堂; 205-214, 2017.
 - 13) 太田憲一郎, 中宿伸哉. アキレス腱断裂縫合術後症例における足趾自動運動時の Kager's fat pad の動態. 愛知県理学療法学会誌. 2014; 26: 79-81.
 - 14) 倉田 勉, 小口 敦, 矢内宏二, 他. アキレス腱断裂術後における筋腱複合体の粘弾性低下と底屈筋力, 自覚的評価. 日本臨床スポーツ医学会誌. 2010; 18: S155.
 - 15) 田中龍太, 今屋 健, 勝木秀治, 他. アキレス腱縫合術後の片脚 HR 獲得のための因子の検討. 理学療法学. 2019; 46: 6-6.
 - 16) Silbernagel KG, Steele R, Manal K. Deficits in heel-rise height and Achilles tendon elongation occur in patients recovering from an Achilles tendon rupture. Am J Sports Med. 2012; 40: 1564-1571.
 - 17) Kangas J, Pajala, oasi A, Ohtonen P, et al. Achilles Tendon Elongation After Rupture Repair: A Randomized Comparison of 2 Postoperative Regimens. Am J Sports Med. 2007; 35: 59-64.
 - 18) 高橋達也, 土屋明弘, 蟹沢 泉, 他. アキレス腱縫合術後の足関節自然底屈角 (下垂角) と足関節機能の相関についての検討. 日本臨床スポーツ医学会誌. 2015; 23: S255.
 - 19) Carmont MR, Grävare Silbernagel K, Brorsson A, et al. The Achilles tendon resting angle as an indirect measure of Achilles tendon length following rupture, repair, and rehabilitation. Asia Pac J Sports Med Arthrosc Rehabil Technol. 2015; 2: 49-55.

(受付: 2019年12月25日, 受理: 2020年8月4日)

Study of factors required for continuous single-leg heel rise after Achilles tendon rupture repair

Tanaka, R.^{*1}, Imaya, T.^{*1}, Sanada, T.^{*2}, Fukai, A.^{*2}
Honda, E.^{*2}, Fujishima, R.^{*1}, Nakayama, S.^{*1}, Shida, S.^{*1}

^{*1} Central Department of Rehabilitation Medicine, Kanto Rosai Hospital

^{*2} Department of Sports Orthopedic Surgery, Kanto Rosai Hospital

Key words: Achilles tendon, single-leg heel rise, return to sports

[Abstract] This study was aimed to determine the factors required to evaluate muscle strength recovery with continuous single-leg heel rise performed 5 months after Achilles tendon rupture repair to return to sports.

A total of 105 patients (mean 40.1 ± 13.9 years; 62 men, 43 women) who had undergone unilateral Achilles tendon rupture repair (Uchiyama method) at our hospital participated in this study. The outcome measures were patient background, the ratio of the Simmonds and Thompson-Simmonds tests between the affected and the unaffected sides (AS/US), AS/US Achilles tendon ankle resting angle (ATARA) at knee extension and flexion, time of crouching movement acquisition (crouching time), and maximum lower leg circumference. Multiple logistic regression analysis was performed to identify significant risk factors, and the receiver operating characteristic curve was used to calculate the cutoff values. Crouching time (odds ratio [OR]: 0.87) and ATARA at knee flexion (OR: 1.06) were found to be significant factors required to achieve continuous single-leg heel rise. The cutoff values were 10.5 weeks for crouching time and 69.5% ATARA at knee flexion. These results suggest that to acquire continuous single-leg heel rise after repair, the maximum dorsiflexion range and Achilles tendon and triceps surae muscle tension should be maintained at about 70% on the unaffected side.