

エリート・アスリートのアキレス腱断裂に対し内山法による修復後の復帰について **Return to play after Achilles tendon rupture in elite athlete by Uchiyama surgical repair technique**

始めに

2021年に発表されたアキレス腱断裂後の systematic review によれば、プロスポーツ選手の約 25%がそれぞれの競技に復帰できていない。復帰までの平均期間は 11 カ月であり、さらに復帰後のパフォーマンスは低下したと分析している。アキレス腱断裂後の復帰は有意に低く満足しうる臨床成績とは言えないという(1)。2011年以降に内山法(2)で行われた 16名のエリートアスリートのアキレス腱断裂後の復帰は 100% でその復帰時期は平均 23.5 週と好成績であった。臨床成績は適切な腱の長さや緊張に相関があるという(3)。そこで筋力回復の指標となる片脚 heel-raise(以下 HR)と HR 連続 20 回 (以下 20HR) 獲得時期、アキレス腱の長さの患健差として toe height distance (以下 THD) と heel raise height(以下 HRH) (図 1)を測定し検討したので報告する。

症例

症例は 2011 年から 2020 年までの全日本レベル、プロスポーツ選手といえるエリートアスリートのアキレス腱断裂に対し内山法 (2) を施行した 16 名である。種目は、サッカー男性 3 名、クラシックバレエ男性 3 名、バスケットボール女性 2 名、バドミントン女性 2 名、体操女性 2 名、アメリカンフットボール、陸上、ハンドボール、柔道は男性各 1 名。年齢の平均は 24.1 (18-37) 歳であった。(図 2)

手術方法

腱の長さ調節には健側の膝屈曲位での足関節底屈角度 (planter flexion angle: PFA) を参考に 5 度過底屈を目標にした (図 3)。内側約 4-5 cm の縦皮筋。長さ調節のため 1 号糸で津下縫合をかけ遠位断端に結節縫合する。断端は近位 3 束、遠位 2 束にまとめる。それぞれの一端を 2-0 ワヨラックス糸 (アキレス腱縫合専用糸) で Half Mini Bunnell 縫合する(図 4)。

リハビリスケジュール

5 日間の固定後、歩行ギプスに変更し荷重訓練を開始する。約 1 週間後に底屈制限はないが、背屈制限調節可能な内山式歩行装具に変更し (図 5)、ROM 訓練を開始する。3 週より座位 HR 開始、4 週で上半身負荷座位 HR、6 週より立位 HR 開始する。片脚 HR 可能となれば走行訓練開始。連続 20 回 HR 獲得で俊

敏性訓練を開始する。5 か月より元の練習レベル復帰を目指した。

結果

復帰時期は本人申告による元の練習復帰，もしくは試合復帰とした。復帰時期の平均は 23.3 (17-41) 週であった。22 歳女性、バスケットボール選手の 1 例は 10 週時点での MRI 検査で断裂縫合部中心部に広い高輝度陰影を認め，片脚 HR の獲得が 18 週と遅延した。復帰には 10 か月を要したが，バスケットボール 3×3 の日本代表候補に選出され 6 年間現役を続行している。この 1 例を除いた 94%は 7 か月以内に復帰していた。治癒が遷延したこの 1 例は以下の検討からは除外した。手術終了時の過底屈角度 (Δ) は健側に比べ平均 +3.6(0-6) 度であった。腹臥位で膝を 90 度に屈曲し，足関節の自然下垂状態で，母趾の高低差を測定したものを toe height distance (THD)とした。THD の平均は 0.4 (0-2) cmであった。片脚 HR での踵の拳上差を heel raise height(HRH)とした。HRH の復帰時期での健患差の平均は 0.5 (0-2) cmであった。片脚 HR 獲得時期は平均 10.8 (8.5-14) 週，連続 20 回 HR 獲得時期は 13 (10-18) 週であった。足関節可動域制限を残すものはなかった (表 2)。

考察

アキレス腱の機能は下腿三頭筋筋力を踵に伝達することである。つまりアキレス腱断裂の治療目的の主眼は足底屈筋力の回復である。筆者はエリートアスリートにとってアキレス腱断裂後のスポーツ復帰には筋力回復が最も重要な因子と考えている。Bäcker らも，アキレス腱断裂治療の目的は腱に適切な張力を回復することで，足底屈強度を得ると述べている (6)。2007 年にアキレス腱断裂に対し早期の荷重，ROM 訓練が可能となる様に Modified された手術方法で (内山法)，High level athlete であっても平均約 5 か月で復帰したと報告した。内山法は日本では既に多数施設で追試が行われており眞田らは平均 24.3 週，豊岡らは平均 22 週で復帰したと報告している (文献 7.8)。今回内山法で行った 16 名のエリートアスリートのアキレス腱断裂の復帰は 100%で復帰期間の平均は 23.3 週と systematic review に比べ良好な成績であった。1 例復帰の遅延があったが 15 例 97%は平均 22.3 週であり 7 か月以内に復帰していた。エリートアスリートであっても早期復帰可能となった要因は早期の筋力回復にあり，早期の筋力回復には腱の長さ調節と強固な固定による早期の ROM 訓練，早期荷重が重要と考えている。

A. 筋力評価について

Backer らによれば強度の測定は様々な方法で行われており一般的なコンセン

サスを得ていないため、比較を可能にするためより均一な方法を勧めている (5). 下腿三頭筋筋力評価は Daniels によれば、HR 連続 20 回以上であれば下腿三頭筋筋力は normal と評価している. 20HR 評価は最大筋力を示すものではないが臨床に即した簡便な測定方法といえ筋力回復の指標として適していると考えられる (9). 本件の片脚 HR の獲得時期は平均 10.8 (8.5-14) 週, 連続 20 回 HR 獲得時期は 13 (10-18) 週であった. 連続 20 回 HR 獲得時期と復帰期間には相関を認めていた (図 6) このことから, アキレス腱断裂後の術後評価には連続 20 回 HR の獲得時期の比較が有用である. 片脚 HR が獲得できれば前足部でのけり出しが可能といえることから走行開始の指標とした. 連続 20 回 HR が達成できれば, 耐久性を獲得できたといえるので俊敏性, 耐久性運動を開始できた.

B. 腱の長さ調整について

的確な筋力の伝達はアキレス腱の長さが適正に補正されていることが必要で, 腱が正常より延長していれば十分な筋力回復は望めない. 近年では筋力回復にはアキレス腱の長さ調節が重要であるとの認識が高まっている. Diniz らによる systematic review によれば腱の伸張が生体力学的パラメーターに影響を及ぼすと報告している (10). Silbernagel は「HRH の左右差はアキレス腱の腱長で説明できる. 腱の伸張を最小限に抑えることは機能の完全な回復を目指す上で重要な治療目標であると」述べている (11). Carmont は足底筋力の低下は腱の伸張により生じると考え, 角度と HRH とは相関するので 1 年後の評価に良いと述べている (12). つまり手術治療における筋力回復の大きなテーマは腱の長さ調整方法にある. しかし手術中に実際の腱の長さを測定するのは困難である.

そこで内山式縫合では腱の長さの正常化のため健側自然下垂底屈角度 PFA: α (図 3) を参考に行ってきた. 2007 年の発表では設定角度を PFA (α) と同程度を目標にした (2). ただしその後の調査で HRH に左右差が生じる症例を散見したため 2011 年以降は ($\alpha + 5$) 度を目標とした. また損傷した腱の長さ測定も容易ではない. 画像上の左右の比較のためには MRI 検査が有用ではあるものの, 同一肢位での健側の撮影が必要であり, 更に修復された腱は構造上の境界が不鮮明となるため測定の基点を定めるのが難しい等の問題がある. そこで術後の腱の長さの左右差の指標は HRH THD の左右差とした. HRH の健患差の平均は 0.5 (0-2) cm で, THD の健患差の平均は 0.4 (0-2) cm であったことから tendon elongation は少ないと評価した. THD と HRH は相関することから両者とも腱の長さの左右差を比較するには適した方法と考えた図 7. 過底屈角度 (Δ) は平均 +3.6 (0-6) 度であった. Δ と腱の長さとは相関は

症例数が少ないため最適な設定角度は不明であったが2週間固定後からのROM訓練であっても腱の延長が過大となることなく早期のリハビリが可能であった。

アキレス腱機能はHRであることからリハビリスケジュールもHRを指標としている。3週より坐位によるHRを開始した。徐々に上体の負荷を加え、6週より両脚立位HRを開始した。片脚HRが獲得できれば、前足部のけり出しが可能といえるので走行を開始した。連続HR20回獲得可能となれば耐久性も回復していると判断し運動制限は解除している。その結果連続20回獲得後平均9.2週で復帰していた。

結論

内山法であれば、固定期間は約2週間で早期のROM訓練、早期荷重を行っても腱の延長は少なかった。そのため筋力回復の指標となる連続HR20回は平均13(10-18)週で獲得し、エリートアスリートであっても早期の安定した復帰を獲得できた。

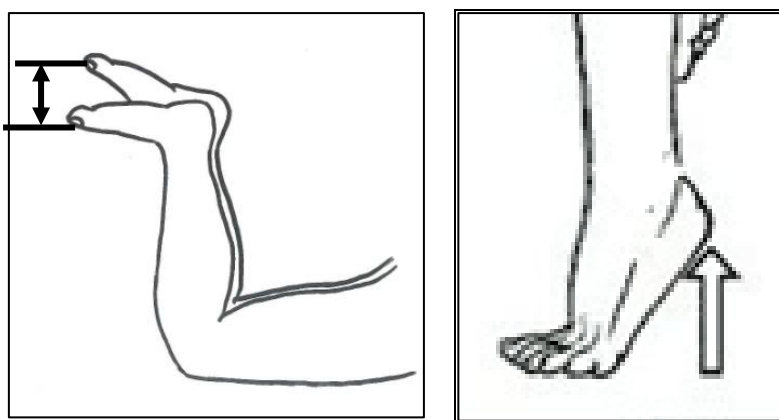


図1 toe height distance,(THD)と heel raise height (HRH)

case	age	sex	event	level	RT	Results after returning
1	23	M	football	JL	21	winning memmber
2	23	M	soccer	JL	21	winning memmber
3	26	M	soccer	JL	21	Ritired in 3 years
4	18	F	gymnastics	JL	21	Victory by event
5	24	F	gymnastics	JL	23	6th in all japan
6	22	F	basketball	JL	34	Japan national team player
7	19	F	basketball	JL	29	Japan national team player
8	28	F	badminton	JL	21	All Japan Senior champion
9	28	F	badminton	JL	23	3rd in all japan
10	29	M	classical ballet	prodancer	21	continued for 9 years
11	37	M	classical ballet	prodancer	17	Principal
12	27	M	classical ballet	prodancer	21	Principal
13	28	M	beach soccer	JL	17	Japan national team player
14	24	M	judo.	JL	21	2nd in all japan
15	18	M	athletics	JL	27	continued for 2 years
16	26	M	handball	JL	27	continued for 3 years

図 2. JL : Japan League RT : Return time(week)



図 3. 臙の長さ調節には健側の膝屈曲位での足関節底屈角度 (planter flexion angle: PFA) を参考に 5 度過底屈を目標にした

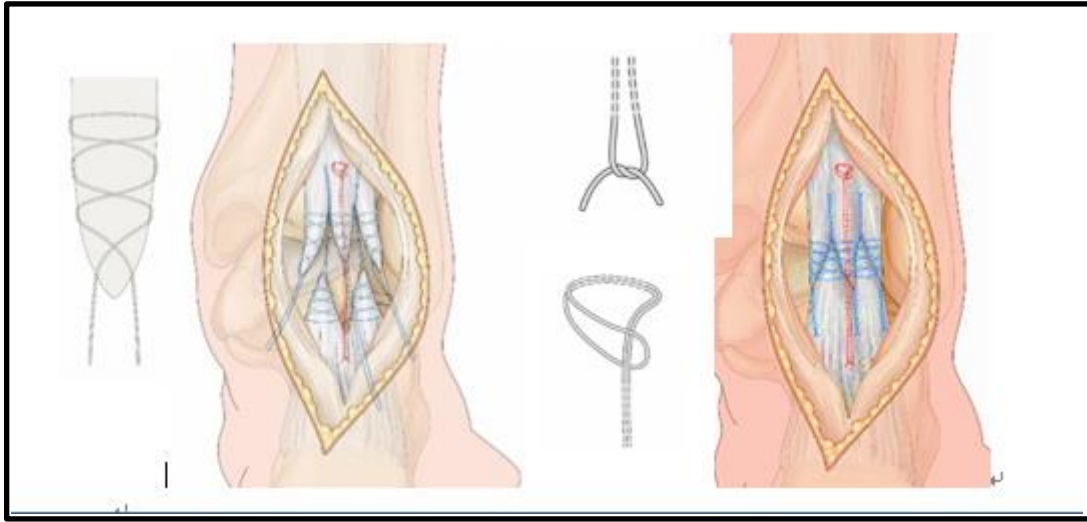


図4. 長さ調節のため1号糸で津下縫合をかけ、遠位断端に結節縫合する。断端は近位3束、遠位2束にまとめる。それぞれの一端を2-0ワヨラックス糸（アキレス腱縫合専用糸）でHalf Mini Bunnell縫合する



図5. 専用糸（松田医科工業）



図 5. 内山式歩行装具：底屈制限はないが，ダイヤルロック式の背屈制限調節可能

case	$\Delta(^{\circ})$	S-HR	20-HR	HRH(CM)	THD(CM)
1	5	18	28	2	0.5
2	2	11	18	1	0.5
3	4	10	12	0.5	0.5
4	3	10	14	1	0
5	2	14	14	-	-
6	4	8.5	12	0	0
7	5	10	12	0.5	0.5
8	5	10	10	2	2
9	6	15	17	0	0
10	0	10	11	0	0
11	4	9	10	0	0
12	5	9	16	1	1
13	-	10.5	-	-	0
14	0	11	13	-	1
15	5	9	12	0	0
16	5	9	11	0	0

表 2. S-HR:single-legged heel raise

20-HR:20continuous single-legged heel raise

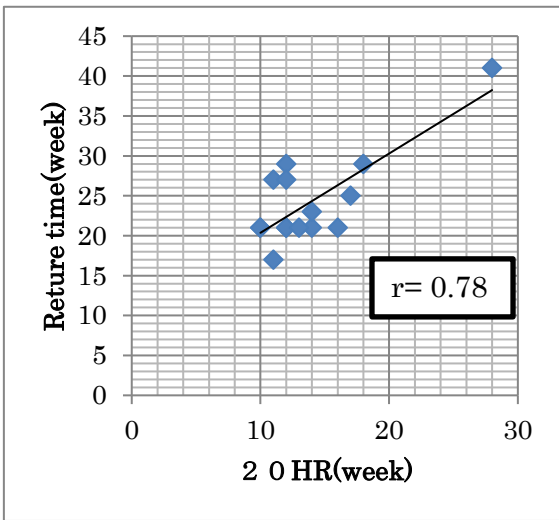


図6 復帰時期と20HR

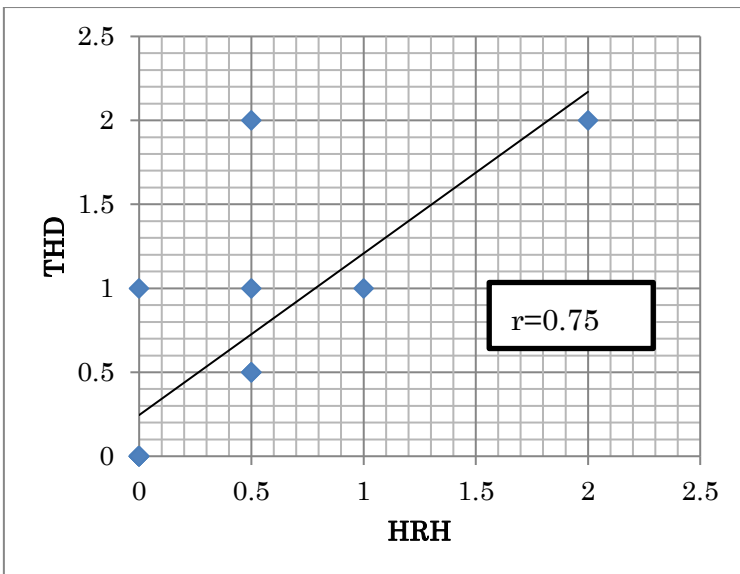


図7 THD と HRH の関係

文献

1. Johns W, Walley K, Seedat R, Thordarson D, Jackson B, Gonzalez T. Career Outlook and Performance of Professional Athletes After Achilles Tendon Rupture: A Systematic Review. *Foot Ankle Int* 2021 Apr;42(4):495-509.
- 2 Uchiyama E, Nomura A, Takeda Y, Hiranuma K, Iwaso H. A modified operation for Achilles tendon ruptures. *Am J Sports Med* 2007;35:1739–1743.
3. Maquirriain J. Achilles tendon rupture: avoiding tendon lengthening during surgical repair and rehabilitation. *Yale J Bio Med* 2011;84:289–300.
4. Tsuge K, Ikuta Y, Matsuishi Y. Intra-tendinous tendon suture in the hand—a new technique. *Hand*. 1975;7(3):250-255.
5. Bunnelle S. Treatment of tendons in compound injuries of the hand. *J Bone Joint Surg Am*. 1941;23:240-250.
6. Bäcker H C , Yenchak A J , Trofa D P , Vosseller J T. Strength Measurement After Achilles Tendon Repair. *Foot Ankle Spec* 2019 Oct;12(5):471-479.
- 6.
7. Toyooka S, Takeda H, Nakajima K., Correlation Between Recovery of Triceps Surae Muscle Strength and Level of Activity After Open Repair of Acute Achilles Tendon Rupture . *Foot & Ankle Int* 2017 Dec;38(12):1324-1330. doi: 10.1177/1071100717728686. Epub 2017 Sep 9.
8. Sanada T, Iwaso H, Fukai A, Honda E , Yoshitomi H. Comparison Study of Mini-Incision Versus Original Open Technique of the Half-Mini-Bunnell Achilles Tendon Repair. *The Journal of Foot & Ankle Surgery* 00 (2021) 1–8
9. Hislop HJ, Montgomery J, Connelly B, eds. Daniels and Worthingham's Mucle Testing: Techniques of Manual Examination. 6th ed. Philadelphia, PA: WB Saunders; 1995.
10. Diniz P, Pacheco J, Guerra-Pinto F, Pereira H, Ferreira C F, Kerkhoffs G.

Achilles tendon elongation after acute rupture: is it a problem? A systematic review.

Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc . 2020 Dec;28(12):4011-4030.

11. Silbernagel K G, 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 2021. Jul;40(7):1564-71.

12. [Carmont M R](#), [Silbernagel K G](#), [Brorsson A](#), [Olsson N](#), [Maffulli N](#), [Karlsson J](#).

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 Feb 20;2(2):49-55.

13. Xu X U, Gao S, Lv Y, Zhou F, Jiao C, Fan J X, Zhu T J .Duration of immobilisation after Achilles tendon rupture repair by open surgery: a retrospective cohort study. J Orthop Surg Res 2021 Mar 17;16(1):196.