

Effects of Initial Graft Tension during Anterior Talofibular Ligament Reconstruction on Ankle Kinematics, Laxity, and In-situ Forces of the Reconstructed Graft

Am J Sports Med. 2020 Mar; 48(4): 916-922. doi: 10.1177/0363546520902725

Yuzuru Sakakibara, Atsushi Teramoto, Tetsuya Takakagi, Satoshi Yamakawa, Hiroaki Shoji, Yohei Okada, Takuma Kobayashi, Tomoaki Kamiya, Mineko Fujimiya, Hiromichi Fujie, Kota Watanabe, Toshihiko Yamashita

要旨 前距腓靭帯は、足関節の安定性に関わる重要な靭帯である。前距腓靭帯の損傷後に慢性的な足関節の不安定性が残存した場合、前距腓靭帯再建手術が必要となるが、その際に再建靭帯にかかる適切な張力について研究した報告はなかった。本論文では、再建靭帯にかかる張力の違いが、足関節のキネマティクス、制動性、術後の靭帯張力に及ぼす影響と適切な再建靭帯初期固定張力を明らかにした。

1. 対象と方法

新鮮凍結靭帯標本 12 足を対象とした。関節運動を評価する機械は、Fujie らの開発した 6 自由度関節ロボットシステムを使用した¹⁾。試験は 2 つ行なった。1 つ目に足関節の他動底背屈運動を底屈 30° から背屈 15° の範囲で行なった。その際の距骨の前後方、内がえし外がえし、内外旋変位をロボットのセンサーで記録しキネマティクスとして評価した。またその際の前距腓靭帯及び再建靭帯にかかった張力をロボットのデータから重ね合わせの原理を使用して計測した¹⁾。2 つ目に負荷試験を行なった。前後方 60N、内がえし外がえし 1.7Nm、内外旋 1.7Nm の負荷を足関節底屈 30°、底屈 15°、底背屈 0°、背屈 15° それぞれの肢位で行い、その際の距骨の距離・角度移動量をロボットのセンサーで記録し制動性として評価した。試験の手順は正常足関節 (Intact)、前距腓靭帯切離 (Anterior talofibular ligament transection: ATFLT)、初期固定張力を 10N、30N、50N、70N と変えた前距腓靭帯再建術 (Anterior talofibular ligament reconstruction: ATFLR10N, 30N, 50N, 70N) の順に行なった。

2. 結果

他動底背屈運動

底屈 30° から背屈 15° での足関節キネマティクスを図 1 に示した。A: 前後方変位, B: 内がえし外がえし変位, C: 内外旋変位である。ATFLT では前後方、内外旋において Intact と異なるキネマティクスを示したが、初期固定張力の異なる全ての前距腓靭帯再建において、底背屈時のキネマティクスは Intact と有意差を認めなかった。

再建靭帯にかかる張力は初期固定張力の増加に伴い増大し、Intact と比較して ATFLR30N, 50N, 70N

では有意に増大を認めたが、ATFLT10N では、Intact と比較して有意差を認めなかった (図 2)。負荷試験

足関節底屈 30°、底屈 15°、0°、背屈 15° それぞれの肢位で前後方、内がえし外がえし、内外旋負荷を加えた際の距骨の制動性を図 3 に示した。A: 前後方制動性, B: 内がえし外がえし制動性, C: 内外旋制動性である。ATFLT では Intact と比較して、前後方、内がえし外がえし、内外旋の制動性の有意な低下を認めたが、初期固定張力の異なる全ての前距腓靭帯再建において、前後方、内がえし外がえし、内外旋の制動性は Intact と比較して有意差を認めなかった。

3. 考察

本研究では、前距腓靭帯再建術時の初期固定張力が、10N, 30N, 50N, 70N の全ての条件で、他動底背屈運動時のキネマティクスと負荷試験時の足関節制動性は、正常足関節のものと有意差を認めなかった。しかし再建靭帯にかかる張力は、初期固定張力が 30N 以上の条件で、正常足関節と比較して有意に増大を認めていた。過去の研究で、慢性的足関節不安定症に対する解剖学的前距腓靭帯再建術の有用性の報告は認めているが、再建靭帯の初期固定張力の影響について調査した報告は本研究が初めてである。30N 以上の初期固定張力で前距腓靭帯再建術を行なった場合、キネマティクスと制動性は正常足関節を模した機能改善が見込まれる可能性がある一方、再建靭帯には過剰な張力がかかっているため、関節面にかかる圧力の増大、再建靭帯の再断裂などの合併症が生じやすくなる可能性がある。本研究の結果を応用して、初期固定張力が 10N の前距腓靭帯再建を行うことで、慢性的足関節不安定症に対する手術治療成績の改善が期待できると考えられる。

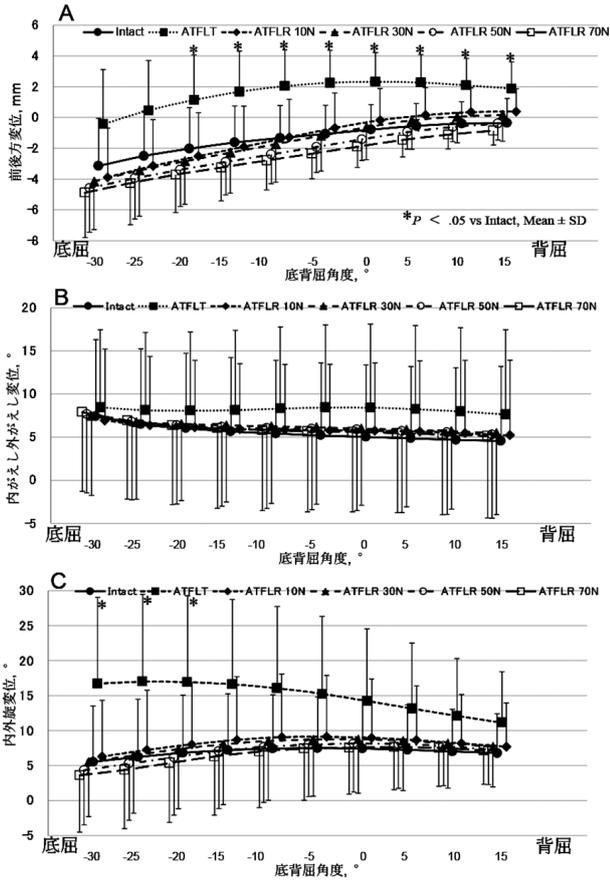


図1 他動底背屈時の足関節キネマティクス
 A: 前後方 B: 内がえし外がえし C: 内外旋
 全ての初期固定張力の靭帯再建で、Intactと比較してキネマティクスに有意差を認めなかった。

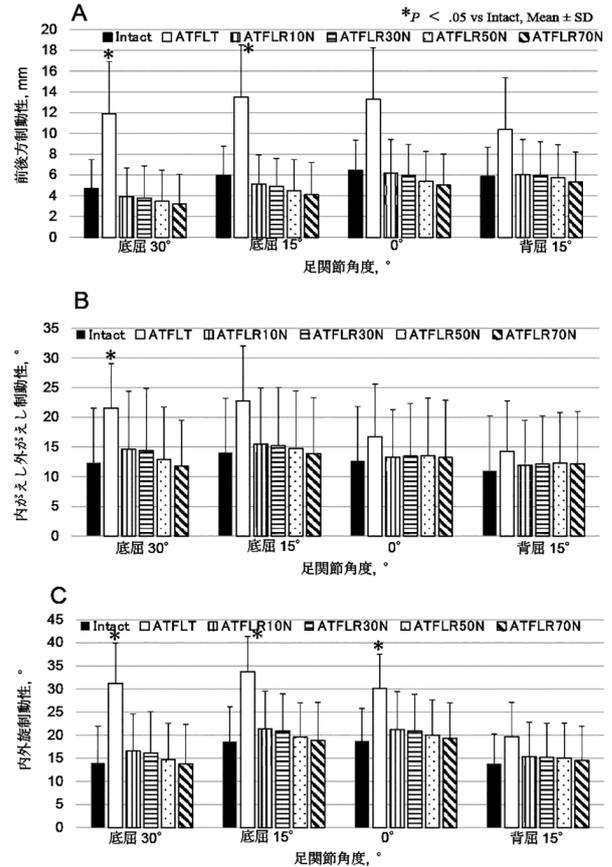


図3 負荷試験時の足関節制動性
 A: 前後方 B: 内がえし外がえし C: 内外旋
 全ての全ての初期固定張力の靭帯再建で、Intactと比較して制動性に有意差を認めなかった。

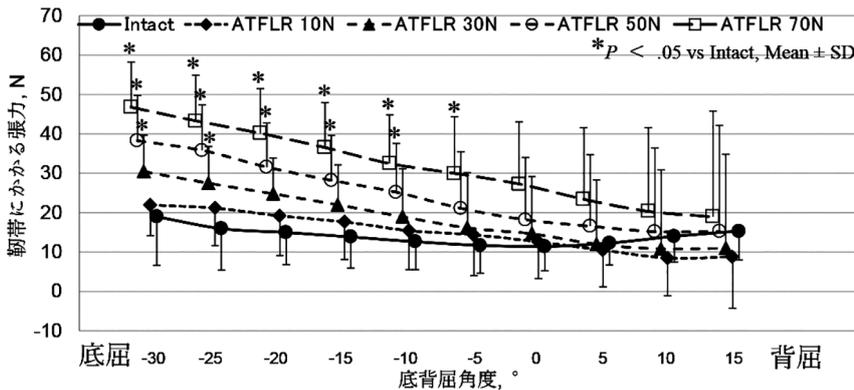


図2 正常靭帯及び再建靭帯にかかる張力
 初期固定張力10Nの再建では正常靭帯と比較して有意差を認めなかったが、30N以上の再建術では、Intactと比較してかかる張力が有意に増大していた。

参考文献

1. Fujie H, Livesay GA, Woo SL, Kashiwaguchi S, Blomstrom G. The use of a universal force-moment sensor to determine in-situ forces in ligaments: a new methodology. J Biomech Eng 1995; 117: 1-7.

榊原 醸

略歴

2018年 札幌医科大学大学院医学研究科 卒業

2018年 道立江差病院整形外科 医長