

ストレス下における超音波画像装置を用いた 前距腓靭帯像の信頼性

玉井 侑¹⁾ 福田 翔¹⁾ 手島 遼太¹⁾
 藤森 南咲²⁾ 古谷 大作²⁾ 塩原 千絵²⁾
 小林 将也²⁾ 齋川 栄司²⁾ 小山 浩司^{1, 2)}

Measurements of reliability of stress ultrasound of the anterior talofibular ligament

Yu TAMAI¹⁾, Yasushi FUKUDA¹⁾, Ryota TEJIMA¹⁾, Misaki FUJIMORI²⁾, Daisaku FURUTA²⁾
 Chie SHIOHARA²⁾, Masaya KOBAYASHI²⁾, Eiji SAIKAWA²⁾, Koji KOYAMA²⁾

¹⁾ Graduate School of Tokyo Ariake University of Medical and Health Sciences

²⁾ Tokyo Ariake University of Medical and Health Sciences Department of Judo Therapy

Abstract : Introduction : Ankle sprains are the most frequent injury sustained by general and athletic populations. A previous epidemiological study reported that the most common ligament injury occurred in the anterior talofibular ligament (ATFL), followed by the calcaneofibular and posterior talofibular ligaments. A recent study reported that an ankle sprain involving the ATFL lengths was identified using stress ultrasound (SUS). However, the ankle position during measurement of ATFL on SUS varies. Therefore, the purpose of this study was to measure the extension distance of the ATFL through an anterior drawer test (ADT) and inversion stress test (INV) using SUS, and to examine intra-rater and inter-rater reliabilities using the Intraclass Correlation Coefficient (ICC), Standard Error of Measurement (SEM) and Minimal Detectable Change (MDC95). The frequency of given values were also measured to determine the reliability using the Spearman-Brown formula.

Methods : The study population for intra-rater reliability testing comprised 7 men and 6 women (16 feet), and for inter-rater reliability comprised 8 men and 6 women (14 feet). Both stress tests of the ATFL were performed at 0°, 15°, and 30° plantar flexion using a stress device. The ultrasound recordings for intra-rater reliability were performed three times at an average of 6.9-day intervals by one examiner. Inter-rater reliability recordings were performed by two examiners.

Results : The intra-rater reliability at 15° and 30° plantar flexion was higher than that at 0° plantar flexion in the ADT at rest and ADT under stress. In addition, SEM, MDC95 and the frequency of values reduced dependently. INV at rest and INV under stress were similar to those observed in the ADT. However, the inter-rater reliability at 30° plantar flexion was low for the INV under stress.

Conclusion : ICC, SEM and MDC95 of ATFL lengths measurement during stress ultrasound might affect the ankle position.

key words : Stress ultrasound, Anterior talofibular ligament, Measurement reliability

要旨 : 【背景・目的】 足関節捻挫は発生頻度の高い外傷である。足関節捻挫の受傷時には、外側靭帯である前距腓靭帯（以下 ATFL）、次いで踵腓靭帯および後距腓靭帯が損傷される。近年、ストレス検査と超音波画像装置による評価を併用した、ATFL長の検討が行われている。しかしながら、評価する際の足関節底屈角度が研究間で異なっており一致した見解が得られていない。そこで本研究では、ATFLに対してストレス下（前方引き出しテスト・内反ストレステスト）において超音波検査を併用し、各足関節角度（底屈0°, 15°, 30°）の検者内・

¹⁾ 東京有明医療大学大学院保健医療学研究科 E-mail address : koyama@tau.ac.jp

²⁾ 東京有明医療大学保健医療学部柔道整復学科

検者間信頼性を明らかにすること、さらにSpearman-Brown公式を用い高い信頼性を保証するために必要な測定回数を明らかにすることを目的とした。

【方法】 検者内信頼性の対象者は、男性7名、女性6名の16足、検者間信頼性は男性8名、女性6名の14足であった。ストレスは、テロスストレスデバイスを用い足関節底屈0°、15°、30°の3つの肢位による撮像を行った。検者内信頼性の評価は、同一検者が1回測定後、6-7日間（平均6.9日）の間隔を空けて再度測定を行う再検査法で行った。検者間信頼性の評価は、2名の検者により、同一被験者を測定した。

【結果】 前方引き出しテスト時は、足関節底屈0°と比較した場合、15°および30°でICCは高値を示し、SEM、MDC₉₅、測定回数も減少傾向であった。内反ストレステスト時も前方引き出しテストと同様の傾向であった。しかしながら、足関節底屈30°において検者間信頼性の結果のみ低値を示した。

【結論】 ストレス下における超音波画像装置を用いたATFL長の測定信頼性には、足関節の角度が影響を及ぼす可能性が示唆された。

キーワード：ストレステスト、超音波画像装置、前距腓靭帯、測定の信頼性

I. 緒言

足関節捻挫は、柔道整復師が臨床現場で経験する代表的な外傷であり、膝前十字靭帯損傷と比較し5倍以上の発生率であると報告されている¹⁾。足関節捻挫のうち内反捻挫の発生頻度が高く、受傷時には足関節の外側靭帯である前距腓靭帯（Anterior talofibular ligament；ATFL）、踵腓靭帯（Calcaneofibular ligament；CFL）および後距腓靭帯（Posterior talofibular ligament；PTFL）が損傷されることがあり、特にATFLは靭帯強度が弱いこと高頻度に損傷すると報告されている^{2,3)}。Khor et al.⁴⁾は急性足関節捻挫の患者にMRI検査を行ったところ各靭帯損傷の発生頻度はATFL損傷が75%、CFL損傷が41%およびPTFL損傷が5%であったと報告している。損傷の発生頻度が高いATFLの主な機能的役割として、距骨の前方変位と内反を制動している⁵⁾。

足関節捻挫の特徴として再発率が高いこと⁶⁻⁸⁾、さらに疼痛が残存していても早期からスポーツ活動などを行えることが多く、一般的に軽傷ととらえる傾向がある。そのためATFL損傷を伴う足関節捻挫では、十分な施術を行わない結果、足関節の構造に不安定性が残存し、足関節捻挫を有する患者の約30~40%に慢性足関節不安定症（Chronic ankle instability；CAI）を後遺するとされている^{9,10)}。CAIとは足関節捻挫を繰り返すことにより発症し、足関節に対し不安定感をもつ病態であり、1965年にFreeman¹¹⁾によって報告され、近年では機械的足関節不安定症と機能的足関節不安定症に分類されている。CAIを後遺すると長期的に様々な活動に対しネガティブな影響を与える可能性がある¹²⁾。そのためCAIの発生を防止するためにも、足関節捻挫に対する施術において、常に正確な靭帯損傷の評価が要求される。

近年、一定の制限下ではあるが柔道整復師による超音波画像装置の使用が認められており、臨床現場で急速に普及している。臨床現場において、実際に超音波画像装置を用いるには、その評価の高い信頼性が保証されな

ければならない。先行研究において超音波画像装置を用いたATFLの評価が数多く行われている。超音波画像装置を用いストレス下におけるATFLの測定の信頼性は高いこと¹³⁾、また吉田ら¹⁴⁾はATFLに対する距骨前方引き出しテストに超音波画像を併用する定量評価の有用性の報告など、超音波画像装置を用いたATFLの評価の信頼性は高いことが明らかにされている。しかしながら、吉田ら¹⁴⁾は足関節底屈20°、Sisson et al.¹³⁾は安静時0°、ストレス時30°、遠山ら¹⁵⁾は前方引き出しテストを軽度底屈位にて行うことが望ましいと報告しており、超音波画像装置を用いてATFLを評価する際の足関節底屈角度が研究間で異なっており一致した見解が得られていない。またATFLに対する徒手検査と超音波画像装置を組み合わせた報告では、定量的にストレスを加えることができる機器を用いず徒手による評価が多く、Fujii et al.¹⁶⁾は前方引き出しテストの信頼性や有効性が低いと報告している。

そこで本研究では、ATFLに対して定量的にストレスを加えることができる固定器具を用い、柔道整復師が行う徒手検査である前方引き出しテスト（ADT）および内反ストレステスト（INV）を行い、ストレス下における超音波検査によりATFL長の計測し、各足関節角度（底屈0°、15°、30°）の検者内および検者間信頼性を明らかにすること、さらにSpearman-Brown公式を用い高い信頼性を保証するために必要な測定回数を明らかにすることを目的とした。

II. 対象および方法

1. 対象

本研究の対象者は、足関節部に骨折および手術の既往がなく、過去半年間に足関節捻挫の既往がない健康成人とした。測定開始前に身体特性および過去の足関節捻挫の既往の有無に関するアンケート調査を行った。

検者内信頼性の対象者は13名16足（男性7名8足、女性6名8足；年齢21.8±0.6歳、身長164.2±8.0cm、体重

58.7±8.4kg, BMI 21.9±3.6kg/m², スポーツ歴7.5±3年)であった。

検者間信頼性の対象者は14名14足(男性8名8足, 女性6名6足; 年齢21.1±0.4歳, 身長170.7±7.2cm, 体重59.5±6.1kg, BMI 20.3±1.7kg/m², スポーツ歴8.6±3.7年)であった。

本研究は東京有明医療大学倫理審査委員会の承認を受け実施した(有明医療大倫理承認第227号)。対象者には実験に先立ち, 研究の趣旨を十分に説明し文章で同意を得て行った。

2. 方法

1) 使用機器

本研究では, 超音波画像装置LOGIQe (GE社製)を

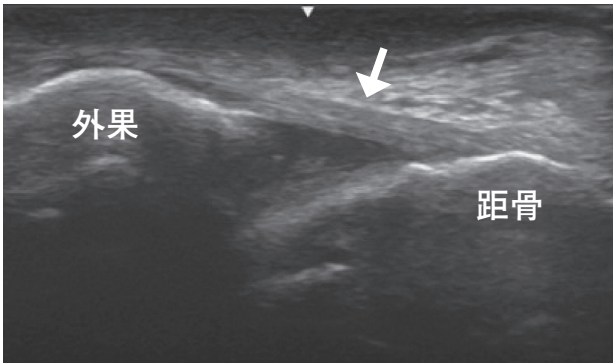


図1 前距腓靭帯像の超音波画像
腓骨(外果)と距骨間に線状の高エコー像(fibrillar pattern)を呈する前距腓靭帯が観察される(→)。

用い, Bモードにて撮像を行った。プローブはリニアタイプ(8-12MHz), ゲルはLOGIQLEANを使用し, 撮像条件は周波数8.0MHz, 深度4cm, 焦点1cm~2cmとした。ストレス下における超音波検査を行う際, 固定器具としてテロスストレスデバイス(Telos社製)を用いた。

2) 超音波画像装置によるATFL長の測定

本研究では, ATFL長の描出に関して吉田ら¹⁴⁾の研究と同様に距骨体外側の最突出部と外果前方の最突出部をそれぞれ距骨および外果のランドマークと規定し, ランドマーク間(外果-距骨間)の距離をATFL長とした(図1)。ATFL長の計測に関しては, 測定に関与していない第三者が超音波画像上の計測システムを用い0.01cm単位で行った。

3) ストレス下における超音波検査

ADT時はベッド上側臥位, 膝関節は屈曲させることで腓腹筋腱複合体からの緊張を減少させるため¹⁷⁾90°屈曲位とし, 圧力装置を脛骨下端に当てる。ストレスは先行研究¹³⁾と同様の125N(図2-a)とした。INV時はベッド上仰臥位, 膝関節はテロスストレスデバイスの構造上膝関節を屈曲させることが困難なため, 膝関節伸展位とし, 圧力装置を内果約3cm近位に当てる。ストレスは被験者の負担を考慮し先行研究¹³⁾よりも低ストレスである85N(図2-b)とした。両ストレステストとも足関節底屈位0°, 15°, 30°の3つの肢位による撮像を行った。なお, ATFLではADTおよびINV時の肢位においてストレスを加えていない状態を安静時

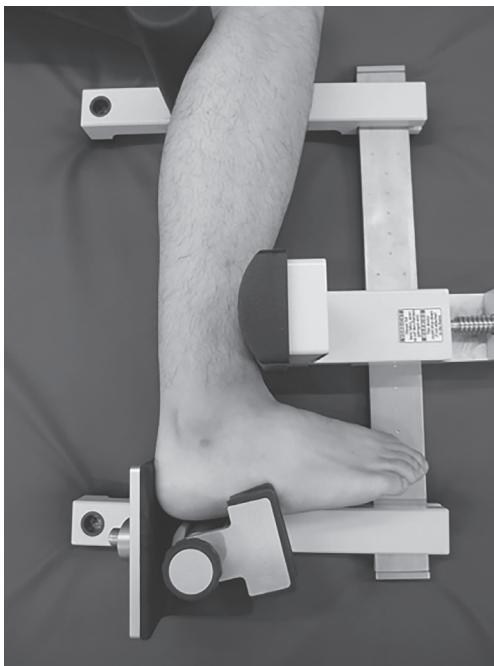


図2-a 前方引き出しテスト
圧力装置を脛骨下端に当て125Nにてストレスを加えた。

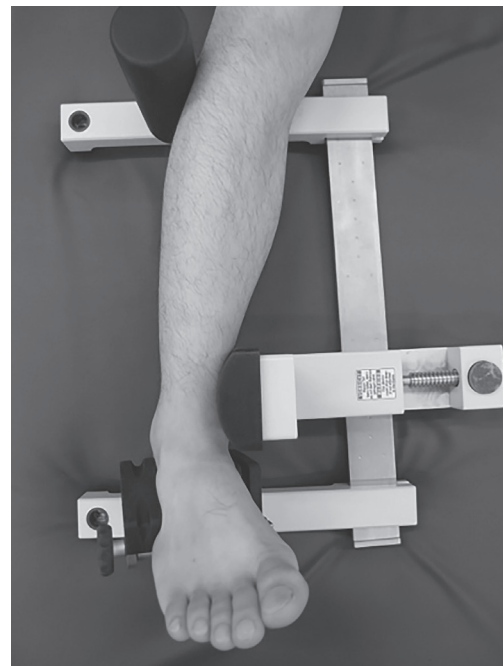


図2-b 内反ストレステスト
圧力装置を内果約3cm近位に当て85Nにてストレスを加えた。

として、安静時のADTをADT rest、ストレスが加わっている状態のADTをADT stressとし、安静時のINVをINV rest、ストレスが加わっている状態のINVをINV stressとした。

4) 信頼性の評価

検者内信頼性の評価のために、同じ被験者を対象に同一検者が1回測定後、6-7日間(平均6.9日)の間隔を空けて再度測定を行う再検査法で行った。検者は柔道整復師の資格を有し、超音波画像装置の操作歴は2年であった。

検者間信頼性の評価は、2名の検者(検者A・検者B)により、同一被験者を測定した。検者Aは柔道整復師の資格を有し、超音波画像装置の操作歴は3年であり、検者Bは超音波画像装置の操作歴1年であった。

検者内・検者間信頼性ともにATFLの描出回数を、先行研究¹⁸⁾と同様に3回とした。また各測定の間にはプローブを一度足部から離し、再度描出を行った。

5) 統計学的検討

ATFL長の計測における検者内・検者間の信頼性、再現性に関する係数は級内相関係数(Intraclass Correlation Coefficients: ICC)を用い、検者内信頼性にはICC(1, 3)を検者間信頼性にはICC(2, 3)を用いた。また検者内・検者間における絶対的信頼性の指標として標準誤差(Standard error of measurement: SEM)と最小可検変化量(Minimal Detectable Change: MDC)の95%信頼区間であるMDC₉₅を算出した。SEMは、 $SEM = S\sqrt{(1-ICC)}$ にて求め、MDC₉₅は、 $MDC_{95} = SEM \times 1.96 \times \sqrt{2}$ にて求めた。また目標とする信頼性の基準を桑原ら¹⁹⁾の「優秀」を目標とする係数値ICC(1, 3)、ICC(2, 3)が0.90以上を保証するためには、何回測定の平均を用いればよいかをICC(1, 3)、ICC(2, 3)で算出された単一測定値で求め、必要な測定回数をSpearman-Brown公式 $k = p_2(1-p_1)/p_1(1-p_2)$ を用い算出した。なお、信頼性の算出にはIBM SPSS Statistics ver. 23 for Windowsを使用した。

Ⅲ. 結 果

1. ADTの信頼性について

ADT restとADT stress時のATFL長の平均、ICC(1, 3)、ICC(2, 3)、SEM、MDC₉₅、測定回数はそれぞれ表1-4に示す。ADT restおよびADT stress時ともに足関節底屈0°と比較した場合、15°および30°でICCは高値を示し、SEM、MDC₉₅、測定回数も減少傾向であった。

2. INVの信頼性について

INV restとINV stress時のATFL長の平均、ICC(1, 3)、ICC(2, 3)、SEM、MDC₉₅、測定回数はそれぞれ表5-8に示す。INV restはADT時と同様に足関節底

屈0°と比較した場合、底屈15°および30°ではICCは高値を示し、SEM、MDC₉₅、測定回数も減少傾向であった。しかしながら、INV stress時の足関節底屈30°において、検者間信頼性の結果のみICCは低値を示した。INV rest時、INV stress時の検者内信頼性における足関節底屈0°の信頼性は桑原らの基準では要再考であった。

Ⅳ. 考 察

本研究では、ストレス下における超音波検査(ADT・INV)によりATFL長を描出し、各足関節底屈角度(0°、15°、30°)における検者内および検者間信頼性を明らかにすること、さらに高い信頼性を保証するために必要な測定回数の検証を行った。その結果、両テストとも安静時とストレス時におけるICCは足関節底屈0°よりも底屈することで高い信頼性を得ることができ、足関節底屈15°と30°では概ね1回の測定で十分に高い信頼性を得ることができるという結果であった。

本研究で足関節の底屈角度の増加に伴い、ICCの値が高値を示したことについて、超音波画像装置で得られる画像は、プローブの位置や入射角の影響を受けるため、再現性の高い画像を描出することは難しいとされている。しかしながら、吉田ら¹⁴⁾もATFLの描出の際、骨ランドマークの形状が容易に確認できるため、検者間の信頼性が向上したとしている。本研究においても、吉田ら¹⁴⁾と同様の距骨体外側の最突出部を骨ランドマークとしたこと、また足関節を底屈させることにより生じる距骨の前方変位により、超音波画像上において距骨体外側の最突出部がより明確に確認することができたためであると考えている。

また本研究で得られた級内相関係数、いわゆる相対的な信頼性の評価の値に関しては、先行研究¹³⁾では検者内信頼性における安静時(足関節底屈0°)のICCは0.93、ADT stress(足関節底屈角度不明)は0.94、INV stress(足関節30°)は0.96であり、検者間信頼性は安静時が0.77、ADT stress時が0.91、INV stress時が0.91あったと報告しており、本研究もほぼ同様な数値であったことから、信頼性の高い測定値を得られたと考えている。しかしながら、INV stress時の検者間信頼性の値は先行研究と比較し低値を示した。ADTでは被験者は側臥位のためプローブを上方から操作するが、INVでは側方から操作する。上方から操作する場合、足部にプローブを押し当てる形となり、プローブ走査は比較的安定するが、側方から操作する場合、重力やゲルによりプローブが滑りやすく、走査時に安定性を欠いたことが影響したのではないかと考えている。さらに先行研究と比較し臨床経験の年数による差などによってICCの値が低値を示し、K値が増大したと考えられる。

さらに本研究では、相対的信頼性だけでなく絶対的信

表1 ADT rest時の検者内信頼性

	ATFL 長 (cm)	ICC (1, 3)	95%CI	SEM (cm)	MDC ₉₅ (cm)	K
0°	1.40 ± 0.10	0.852	0.636 - 0.945	0.040	0.111	1.74
15°	1.54 ± 0.10	0.966	0.908 - 0.988	0.018	0.049	0.36
30°	1.64 ± 0.09	0.922	0.797 - 0.972	0.026	0.073	0.85

ICC：級内相関係数, 95%CI：95%信頼区間, SEM：標準誤差,
MDC₉₅：最小可検変化量の95%信頼区間, K：必要測定回数

表2 ADT rest時の検者間信頼性

	ATFL 長 (cm)	ICC (2, 3)	95%CI	SEM (cm)	MDC ₉₅ (cm)	K
0°	1.47 ± 0.20	0.740	0.377 - 0.908	0.100	0.276	3.51
15°	1.52 ± 0.22	0.813	0.527 - 0.935	0.094	0.260	2.3
30°	1.58 ± 0.22	0.833	0.554 - 0.943	0.090	0.250	2.005

ICC：級内相関係数, 95%CI：95%信頼区間, SEM：標準誤差,
MDC₉₅：最小可検変化量の95%信頼区間, K：必要測定回数

表3 ADT stress時の検者内信頼性

	ATFL 長 (cm)	ICC (1, 3)	95%CI	SEM (cm)	MDC ₉₅ (cm)	K
0°	1.42 ± 0.10	0.880	0.697 - 0.956	0.034	0.095	1.34
15°	1.56 ± 0.11	0.977	0.937 - 0.992	0.016	0.045	0.24
30°	1.66 ± 0.11	0.966	0.907 - 0.988	0.021	0.058	0.35

ICC：級内相関係数, 95%CI：95%信頼区間, SEM：標準誤差,
MDC₉₅：最小可検変化量の95%信頼区間, K：必要測定回数

表4 ADT stress時の検者間信頼性

	ATFL 長 (cm)	ICC (2, 3)	95%CI	SEM (cm)	MDC ₉₅ (cm)	K
0°	1.51 ± 0.23	0.759	0.416 - 0.915	0.114	0.316	3.18
15°	1.52 ± 0.24	0.818	0.505 - 0.939	0.104	0.287	2.22
30°	1.65 ± 0.29	0.908	0.743 - 0.970	0.090	0.247	1.01

ICC：級内相関係数, 95%CI：95%信頼区間, SEM：標準誤差,
MDC₉₅：最小可検変化量の95%信頼区間, K：必要測定回数

表5 INV rest時の検者内信頼性

	ATFL 長 (cm)	ICC (1, 3)	95%CI	SEM (cm)	MDC ₉₅ (cm)	K
0°	1.74 ± 0.06	0.537	0.087 - 0.808	0.021	0.058	8.63
15°	1.81 ± 0.07	0.949	0.865 - 0.982	0.016	0.044	0.54
30°	1.86 ± 0.08	0.935	0.830 - 0.977	0.020	0.057	0.70

ICC：級内相関係数, 95%CI：95%信頼区間, SEM：標準誤差,
MDC₉₅：最小可検変化量の95%信頼区間, K：必要測定回数

表6 INV rest時の検者間信頼性

	ATFL 長 (cm)	ICC (2, 3)	95%CI	SEM (cm)	MDC ₉₅ (cm)	K
0°	1.70 ± 0.20	0.571	0.110 - 0.836	0.134	0.371	7.51
15°	1.84 ± 0.35	0.923	0.779 - 0.975	0.098	0.272	0.83
30°	1.91 ± 0.30	0.932	0.801 - 0.978	0.078	0.216	0.73

ICC：級内相関係数, 95%CI：95%信頼区間, SEM：標準誤差,
MDC₉₅：最小可検変化量の95%信頼区間, K：必要測定回数

表7 INV stress時の検者内信頼性

	ATFL 長 (cm)	ICC (1, 3)	95%CI	SEM (cm)	MDC ₉₅ (cm)	K
0°	1.78 ± 0.05	0.530	0.077 - 0.804	0.035	0.098	8.87
15°	1.83 ± 0.07	0.986	0.962 - 0.995	0.008	0.023	0.14
30°	1.88 ± 0.08	0.967	0.910 - 0.988	0.014	0.039	0.34

ICC：級内相関係数, 95%CI：95%信頼区間, SEM：標準誤差,
MDC₉₅：最小可検変化量の95%信頼区間, K：必要測定回数

表8 INV stress時の検者間信頼性

	ATFL 長 (cm)	ICC (2, 3)	95%CI	SEM (cm)	MDC ₉₅ (cm)	K
0°	1.83 ± 0.27	0.819	0.451 - 0.942	0.116	0.321	2.21
15°	1.90 ± 0.29	0.930	0.719 - 0.979	0.078	0.216	0.75
30°	1.97 ± 0.32	0.638	0.102 - 0.875	0.192	0.533	5.67

ICC：級内相関係数, 95%CI：95%信頼区間, SEM：標準誤差,
MDC₉₅：最小可検変化量の95%信頼区間, K：必要測定回数

信頼性の指標であるSEMやMDC₉₅を算出し、各足関節角度におけるATFL長描出の信頼性の検討を行った。これは数多くの先行研究により²⁰⁻²²⁾、信頼性の検討を行う場合、相対的信頼性と絶対的信頼性の両方を検討することが重要であるとされている。その理由として、相対的信頼性は測定値間の一致についての情報は得られるが、誤差の量を得ることができない。一方、絶対的信頼性は誤差がどの程度混入しているかを検討することができる方法のためである。本研究のSEMは、すべてにおいて検者内信頼性に比較し検者間信頼性の方が大きいこと、また足関節底屈0°では他の角度より測定誤差が大きいことが明らかとなった。このことに関しても、ICCと同様、底屈角度

に伴う骨ランドマークの影響があるのではないかと推察した。MDC₉₅の結果は、検者内信頼性のADT rest時の足関節底屈0°で0.111cm、15°では0.049cm、30°では0.073cmであり、検者間信頼性ではADT rest時の足関節底屈0°で0.276cm、15°では0.260cm、30°では0.250cmであった。このことからこれらの値より大きな変化は真の変化と判断されることが示唆された。

本研究の限界点として、ストレス下における超音波検査時によるATFL長を計測し、各足関節角度（底屈0°、15°、30°）の検者内および検者間信頼性を明らかにすることを研究の目的としたが、サンプル数が少ないことがあげられる。また検者の超音波画像装置の操作歴があげら

れる。本研究では1～3年の超音波画像装置の操作歴であったが、先行研究¹³⁾は5年の操作歴および13年の臨床経験があった。超音波画像装置は他の画像モダリティーよりも一度に描出できる範囲が限られているため、検者の技量により得られる情報量が大きく左右される特徴がある。そのため本研究の検者の操作歴が短いことは、得られる情報に何らかの影響を及ぼしている可能性は否定できない。

今後、サンプル数を増やすこと、また検者の操作歴や臨床経験を考慮した検討を行っていく必要があると考えている。

V. 結 語

本研究では、ストレス下における超音波検査によりATFL長を描出し、各足関節底屈角度(0°, 15°, 30°)における検者内および検者間信頼性を明らかにすること、さらに高い信頼性を保証するために必要な測定回数の検証を行った。その結果、足関節底屈0°よりも底屈することで高い信頼性を得ることができ、足関節底屈15°, 30°では1回の測定回数で高い信頼性を保証できるということが確認できた。

謝 辞

本研究に参加して頂いた実験被験者の皆様。そして忙しい中研究に協力していただいたゼミの皆様には心から感謝申し上げます。

参考文献

- 1) Hootman JM, Dick R, Agel J. Epidemiology of Collegiate Injuries for 15 Sports : Summary and Recommendations for Injury Prevention Initiatives. *J Athl Train* 2007 ; 42 (2) : 311-319.
- 2) Funk JR, Hall GW, Crandall JR et al. Linear and quasi-linear viscoelastic characterization of ankle ligaments. *J Biomech Eng* 2000 ; 122 (1) : 15-22.
- 3) Siegler S, Block J, Schneck CD. The mechanical characteristics of the collateral ligaments of the human ankle joint. *Foot Ankle* 1988 ; 8 (5) : 234-242.
- 4) Khor YP, Tan KJ. The Anatomic Pattern of Injuries in Acute Inversion Ankle Sprains : A Magnetic Resonance Imaging Study. *Orthop J Sports Med* 2013 20 ; 1 (7) : 2325967113517078.
- 5) Sarrafian SK, Kelikian AS. Functional anatomy of the foot

and ankle. *Sarrafian's Anatomy of the Foot and Ankle : Descriptive, Topographic, Functional* 3rd ed. Lippincott Williams & Wilkins. 2011. Pp507-643.

- 6) McKay GD, Goldie PA, Payne WR et al. Ankle injuries in basketball : injury rate and risk factors. *Br J Sports Med* 2001 ; 35 (2) : 103-108.
- 7) Smith RW, Reischl SF. Treatment of ankle sprains in young athletes. *Am J Sports Med* 1986 ; 14 (6) : 465-471.
- 8) Yeung MS, Chan KM, So CH et al. An epidemiological survey on ankle sprain. *Br J Sports Med* 1994 ; 28 (2) : 112-116.
- 9) Freeman MA, Dean MR, Hanham IW. The etiology and prevention of functional instability of the foot. *J Bone Joint Surg Br* 1965 ; 47 (4) : 678-685.
- 10) Wikstrom EA, Hubbard-Turner T, McKeon PO. Understanding and treating lateral ankle sprains and their consequences : a constraints-based approach. *Sports Med* 2013 ; 43 (6) : 385-393.
- 11) Freeman MA. Instability of the foot after injuries to the lateral ligament of the ankle. *J Bone Joint Surg Br* 1965 ; 47 (4) : 669-677.
- 12) Houston MN, Van Lunen BL, Hoch MC. Health-related quality of life in individuals with chronic ankle instability. *J Athl Train* 2014 ; 49 (6) : 758-763.
- 13) Sisson L, Croy T, Saliba S et al. Comparison of ankle arthrometry to stress ultrasound imaging in the assessment of ankle laxity in healthy adults. *Int J Sports Phys Ther* 2011 ; 6 (4) : 297-305.
- 14) 吉田昌弘, 菅原一博, 吉田 真 ほか. 超音波画像装置による足関節前方引き出しテストの定量評価の再現性. *理学療法科学* 2010 ; 25 (4) : 499-503.
- 15) 遠山晴一, 安田和則, 金田清志. 前距腓靭帯損傷に対する前方引き出し試験時の足関節の動作解析. *日本臨床バイオメカニクス学会誌* 1996 Vol.17 : 445-449.
- 16) Fujii T, Luo ZP, Kitaoka HB et al. The manual stress test may not be sufficient to differentiate ankle ligament injuries. *Clin Biomech (Bristol, Avon)* 2000 ; 15 (8) : 619-623
- 17) Kovaleski JE, Norrell PM, Heitman RJ et al. Knee and ankle position, anterior drawer laxity, and stiffness of the ankle complex. *J Athl Train* 2008 ; 43 (3) : 242-248.
- 18) Koppenhaver SL, Parent EC, Teyhen DS et al. The effect of averaging multiple trials on measurement error during ultrasound imaging of transversus abdominis and lumbar multifidus muscles in individuals with low back pain. *J Orthop Sports Phys Ther* 2009 ; 39 (8) : 604-611.
- 19) 桑原洋一, 斎藤俊弘, 稲垣義明. 検者内および検者間のReliability (再現性, 信頼性) の検討. *呼吸と循環* 1993 ; 41 (10) : 945-952.
- 20) 伊藤秀幸, 諸井典子, 日高雅仁 ほか. 安静時における側副筋測定の検者間信頼性と臨床的有効最小誤差 - 超音波画像装置を使用して -. *理学療法科学* 2012 ; 27 (5) : 559-563.
- 21) 下井俊典, 谷 浩明. 最小可検変化量を用いた2種類の継ぎ足歩行テストの絶対信頼性の検討. *理学療法科学* 2010 ; 25 (1) : 49-53.
- 22) 下井俊典. 評価の絶対信頼性. *理学療法科学* 2011 ; 26 (3) : 451-461.