

## 大腿切断者における断端軟部組織の硬さの特徴

三ツ本敦子<sup>1)</sup> 丸山 貴之<sup>2)</sup> 中村 隆<sup>1)</sup>

キーワード 大腿義足ソケット, 定量評価, 押し込み反力計

## 抄録

大腿義足ソケットの適合を高めるためには、断端軟部組織を適度に圧迫し、固定することが必要である。その圧迫の程度は、断端軟部組織の硬さが1つの指標となっているが、その硬さの評価は主観的に行われているのが現状であり、指標の定量的なエビデンスが無い。今回、我々は大腿軟部組織の定量化を試み、健常者群の大腿軟部組織の硬さと大腿切断者群の断端と健側の軟部組織の硬さを計測し、比較を行った。その結果、健常者群における大腿部の軟部組織の硬さは、利き脚、非利き脚間で有意な差は見られなかったが、大腿切断者群の断端は、健側に比べ弾性モデル係数が有意に小さく、軟らかい傾向にあることが明らかとなった。また、断端軟部組織の硬さは、遠位より近位の弾性モデル係数が有意に小さく、軟らかい傾向があった。

## 1. はじめに

大腿ソケットの適合を高めるためには、ソケット内で断端の軟部組織を適度に圧縮し、断端を安定に固定する必要がある<sup>1)</sup>。軟部組織の圧縮は、断端周径よりソケットの周径を小さくすることで得られ、断端周径とソケットの周径差をコンプレッション値という。このコンプレッション値は、断端軟部組織の硬さや筋組織の硬さと大きく関係するといわれている<sup>2)</sup>が、現在行われている触診による硬さの評価やコンプレッション値の決定、そして硬さとコンプレッション値の関係性を示す定量的なエビデンスは無い。

そもそも生体軟部組織の硬さは、標準的な計測手法が確立していない<sup>3)</sup>。我々はこれまで、抽象的な指標であった断端軟部組織の硬さを定量的に評価するために、簡易な押し込み反力計を用いた計測手法の検討と信頼性の検証を行ってきた<sup>4)</sup>。今回、大腿切断者の断端軟部組織の定量化を試み、大腿切断者の断端の硬さについて大腿切断者の健側および健常者の大腿部の硬さと比較することにより、その特徴を明らかにしたので報告する。

## 2. 対象者

被験者は男性の片側大腿切断者14名(平均年齢 $46.4 \pm 15.2$ 歳)である。断端長の平均は $245.0 \pm 32.8$ mmであった。切断原因は14名中8名が外傷、6名が疾病であり、義足

使用歴は中央値7年(最短0.2年, 最長41.0年)であった。対照群として、健常者6名(平均年齢 $35.3 \pm 13.9$ 歳)の大腿部を計測した。

本研究は、国立障害者リハビリテーションセンター倫理審査委員会の承認(28177)を得て、被験者に十分な説明を行い、研究の同意を得た後に実施された。

## 3. 方法

## 3-1 計測機器

組織の硬さを定量化するために、株式会社特殊計測社製の押し込み硬さ測定装置TK-HS100<sup>5)</sup>を使用した。この装置は、体表面の硬さを計測する目的で開発され、センサ先端を体表面に当てて押し込むと、変位(mm)と荷重(N)が同時に計測できる。

## 3-2 硬さの定義

本研究での硬さを定義するために、事前に硬さのモデル化を検討し、弾性モデルに近似することにした<sup>6)</sup>。変位5mmに至るまでの変位(mm)と荷重(N)の関係を線形回帰したときの傾き係数を弾性モデル係数と定義し、本研究における硬さとした。弾性モデル係数は、値が大きいと硬いことを示し、値が小さいと軟らかいという指標となる。

2021年10月4日受付

Characteristics of the soft tissue hardness of the residual limb on transfemoral amputees

1) 国立障害者リハビリテーションセンター研究所義肢装具技術研究部 〒359-8555 埼玉県所沢市並木4-1

Department of Prosthetics and Orthotics, Research Institute, National Rehabilitation Center for Persons with Disabilities  
4-1 Namiki, Tokorozawa-shi, Saitama, 359-8555 Japan

Atsuko MITSUMOTO (義肢装具士), Takashi NAKAMURA (義肢装具士)

2) 国立障害者リハビリテーションセンター学院義肢装具学科

Takayuki MARUYAMA (義肢装具士)

### 3-3 計測と解析

被験者は、ベッド上にて安静背臥位ならびに腹臥位になり、計測を行った。計測部位は、大腿直筋上および大腿二頭筋上の計測点を想定し、次のように設定した。

健常者と大腿切断者の健側の上前腸骨棘と脛骨粗面を結んだ直線上、近位 25% (近位) と 50% (中間位) を、そして坐骨結節と腓骨頭を結んだ直線上の近位 25% (近位) と 50% (中間位) とした (図 1)。大腿切断者の断端は、上前腸骨棘または坐骨結節から断端末の内外側中間部を結び、健側の計測部位を転写させた位置とした。

押し込み硬さ試験はサンプリング周波数 50Hz で 7 試行計測し、後半 5 試行の変位 (mm) と荷重 (N) から弾性モデル係数を算出し、個々の平均値を代表値とした。健常者は左右肢 (利き脚と非利き脚) に有意な差が見られなかったため平均値を代表値とした。

統計解析は、IBM SPSS ver.23.0 を使用し、Kruskal-Wallis 検定と Mann-Whitney 検定を用いて、同じ計測部位での大腿切断者の断端と健側、健常者の弾性モデル係数の平均値の比較、ならびに大腿切断者の近位と中間の弾性モデル係数の平均値を比較した。有意水準は 5% 未満とした。

## 4. 結果

### 4-1 大腿切断者の断端と健側、健常者の弾性モデル係数の平均値の比較

同じ計測部位にて大腿切断者と健常者の弾性モデル係数の平均値を比較したものを図 2 に示す。大腿直筋上の近位の弾性モデル係数 (図 2a) の平均値は、断端の弾性モデル係数が最も小さく、健常者と健側の弾性モデル係数の平均値に比べ有意な差が見られた ( $p < 0.01$ )。しかし、大腿直筋上の中間位の弾性モデル係数の平均値 (図 2b) は、3 つのグループ間で差は見られなかった。

大腿二頭筋上の弾性モデル係数の平均値 (図 2c, d) は、近位と中間位のどちらも健常者と健側に比べ大腿切断者の値が有意に小さかった。

### 4-2 大腿切断者の近位と中間位の弾性モデル係数の平均値の比較

大腿切断者の断端と健側における近位と中間位の弾性モデル係数の平均値を図 3 に示す。同側肢で計測部位の違いに着目すると、断端と健側の弾性モデル係数の平均値は、大腿直筋上と大腿二頭筋上ともに、近位が中間位に比べ有意に小さかった (図 3e, g, h :  $p < 0.01$ , 図 3f :  $p < 0.05$ )。

## 5. 考察

今回、市販の装置を用いることで、断端の硬さの特徴を定量的に示すことができた。その結果、近位に着目すると大腿切断者の断端は、健側や健常者に比べ弾性モデル係数が有意に小さく、すなわち、断端は健側や健常者に比べて軟らかい特徴を持つことが明らかになった。また、断端の軟部組織の硬さは、遠位より近位の弾性モデル係数が有意に小さく、よって軟部組織の硬さは近位に向かうほど軟らかい傾向があった。

体表面から押し込む装置を用いて健常者の大腿部の軟部組織の硬さを計測もしくは推定した過去の報告は、軟部組織の硬さと筋収縮強度の相関を示した研究<sup>7)</sup> や、軟部組織の厚さと硬さから筋力を推定した計測した研究<sup>8)</sup> 等があり、健常者の筋組織の特性を軟部組織の硬さで表現していた。大腿切断者の断端軟部組織の硬さを定量化した過去の研究<sup>9)</sup> は、断端長の中間点で断端の前後と内外側の 4 点に渡り計測されているが、健常者や健側の軟部組織の硬さと比較した報告や同側肢の近位点と遠位点で硬さを比較した報告はこれまでなく、軟部組織の硬さを定量化する標準的手法の確立や臨床導入には至っていない。

今回の結果では、断端の大腿直筋上の中間位における弾性モデル係数は標準偏差が大きく、健側や健常者群と有意な差は表れなかった。この計測部位は断端末に近く、軟部組織が少ないことから骨端への底づきの可能性が考えられ、今後、骨端の位置と軟部組織の厚みも考慮する必要があると思われる。

一般的にソケットコンプレッション値は、断端が軟らかいほど高く設定し、また近位から遠位に向かってコンプ

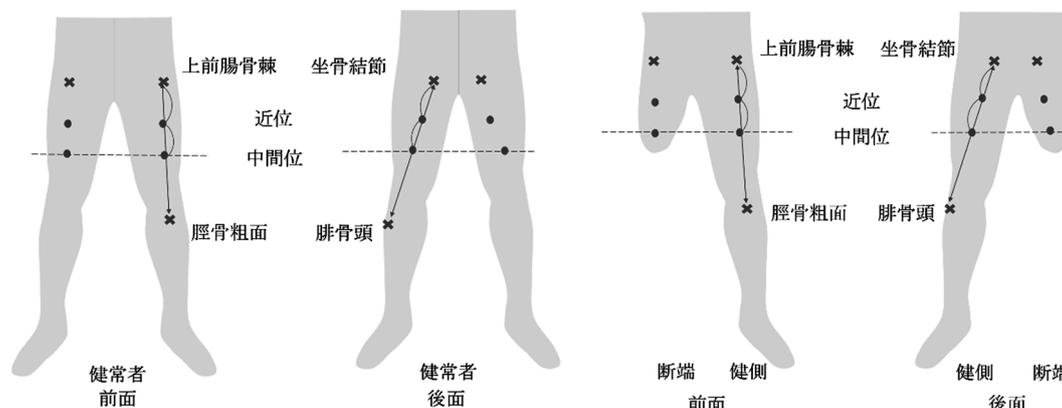


図 1 計測部位の設定

三ツ本ほか：大腿切断者における断端軟部組織の硬さの特徴

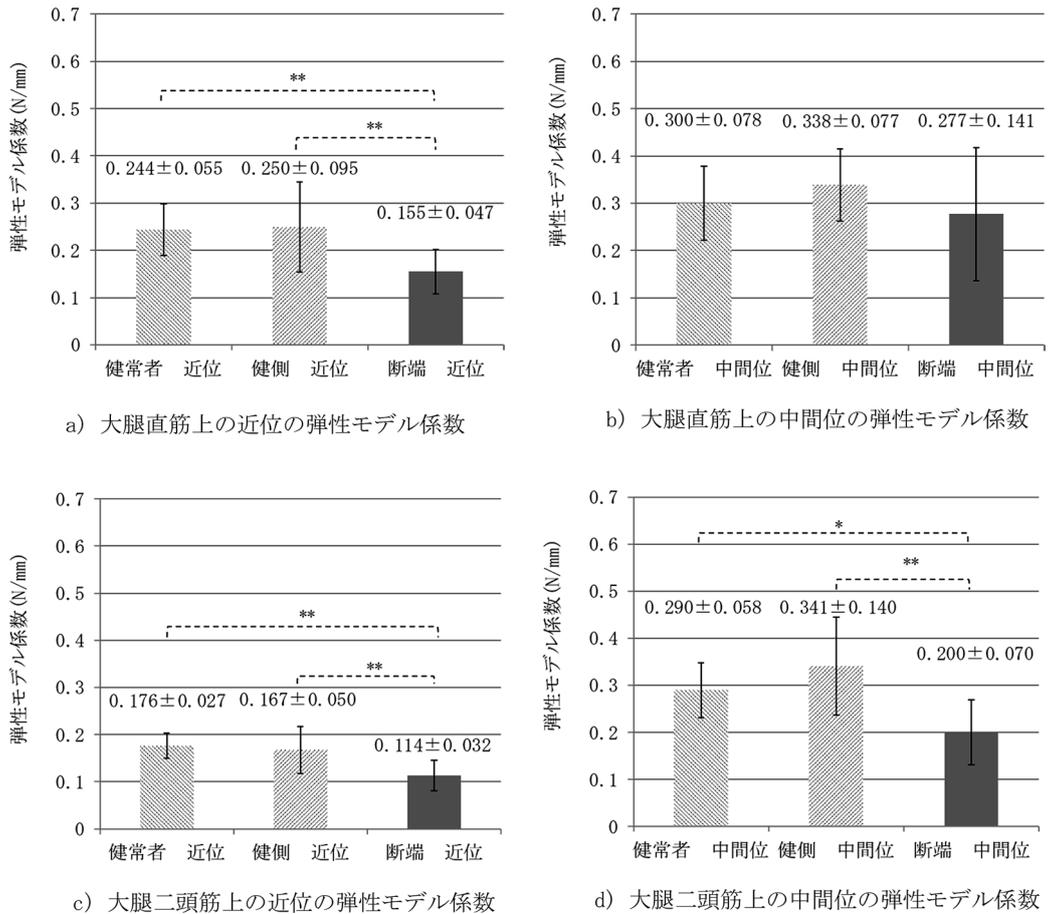


図 2 大腿切断者 14 名と健常者 6 名の弾性モデル係数 (N/mm) の平均値の比較

\*:  $p < 0.05$ , \*\*:  $p < 0.01$ .

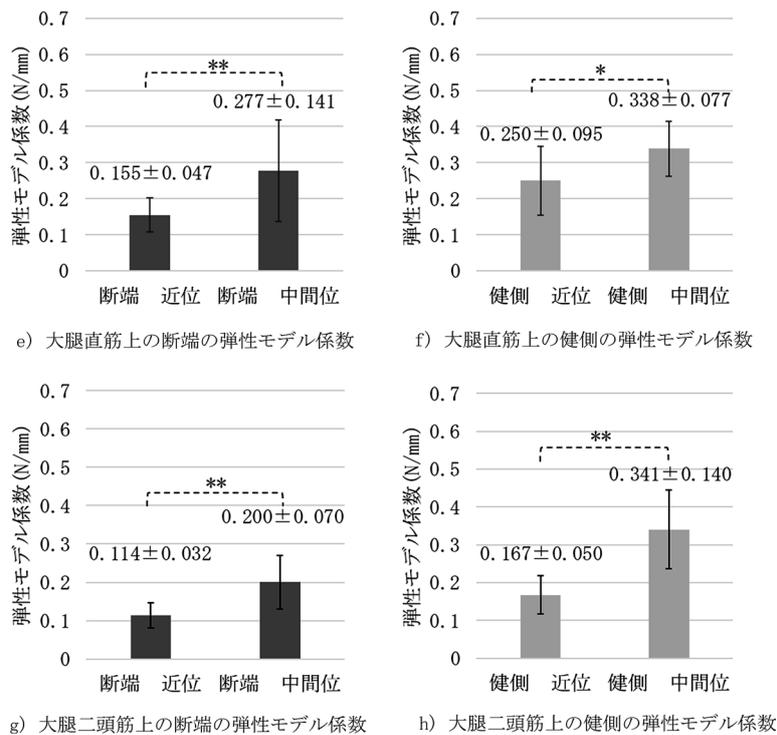


図 3 大腿切断者の断端と健側における近位と中間位の弾性モデル係数の平均値の比較

\*:  $p < 0.05$ , \*\*:  $p < 0.01$ .

レッション値を低くする。このことは、今回の計測結果と矛盾せず、コンプレッション値と断端の硬さとの関係を定量的に明らかにできる可能性が示唆された。

断端が健側に比べて軟らかく、さらに近位が相対的に軟らかくなっていた要因は、切断による筋・脂肪組成の変性や厚み、量の変化、術式が影響していると思われるが、本研究データのみでは考察に限界がある。個人の軟部組織の硬さを追跡調査することや断端の内部情報との関係性を明らかにすることにより、ソケットの適合とコンプレッション値の解明につなげていきたい。

本研究は、JSPS 科研費 JP17K01608 の助成を受けたものである。

## 文 献

- 1) 澤村誠志 他. 第IV章 義足. 義肢学. 第3版. 126-130, 医歯薬出版, 2015.
- 2) 澤村誠志. 第4章 義足. 切断と義肢. 第2版. 274-312, 医歯薬出版, 2016.
- 3) 米津貴久 他. 筋の硬さに関する研究小史. Sports-medicine 26 (10), 4-7 (2014).
- 4) 三ツ本敦子 他. 徒手式押し込み反力計の操作が軟部組織モデルの硬さの測定値に与える影響. PO アカデミージャーナル 24 (2), 101-108 (2015).
- 5) 押し込み硬さ測定装置. URL: <http://tokushu-keisoku.jp/files/tk-hs100.pdf> (2021年6月8日参照)
- 6) 三ツ本敦子 他. 押し込み反力計測による大腿切断者の断端の硬さの評価に関する検討. 日本義肢装具士協会学術大会講演集 22, 192-193 (2015).
- 7) 高梨 晃 他. 軟部組織硬度計を用いた弾性値評価. 理学療法科学 26 (5), 667-671 (2011).
- 8) 村木里志 他. 筋の厚さ(量)と硬さ(質)から筋力を推定する方法の開発. 第24回健康医科学研究助成論文集. 126-133, 2009.
- 9) Malinauskas, M. et al. Noninvasive measurement of the stiffness of tissue in the above-knee amputation limb. J. Rehabil. Res. Dev. 26 (3), 45-52 (1989).

**Abstract** : To increase the femoral prosthesis socket fitting, it is necessary to fix the residual limb soft tissue moderately. The hardness of the residual limb soft tissue is one of factors for the fabrication of a transfemoral prosthetic socket, but there is no quantitative evidence of the factor working. In this study, we tried to quantify the hardness of the soft tissue on the thighs of six non-amputee subjects and on the residual limb of fourteen transfemoral (TF) amputee subjects. An indentation test was carried out on the soft tissue of both subject groups. There are four measurement points (A proximal and distal point on each thigh and residual or sound limb). The elasticity model coefficient (index of the hardness) and its average were calculated on each point. As result, there was no significant difference in the index of the hardness of the soft tissue of the thigh in the dominant leg and the non-dominant leg on the non-amputee subjects. However, the index of the hardness on the residual limb of TF amputee subjects was significantly smaller than that of the non-amputee subjects and sound leg of amputee subjects. In addition, the index of the proximal points of the residual limb tended to have a different hardness from the distal points.

**Key words** : transfemoral prosthetic socket, quantitative evaluation, indentation test