

大腿切断者における押し込み反力計による断端の硬さの客観的評価法

The objective assessment of the soft tissue hardness by indentation method in transfemoral amputation

三ツ本 敦子 (Atsuko Mitsumoto) 指導：村岡 慶裕

1. 背景および目的

大腿義足ソケット製作時に重要となる断端軟部組織の硬さは、製作者の主観に大きく影響している。生体軟部組織の硬さの計測手法は、押し込み試験やシミュレーション等、様々な手法が試みられているものの未確立である。そこで本研究は、断端軟部組織の硬さを客観的かつ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について、信頼性と妥当性の検討を行った。

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を得て実施した。

2. 押し込み反力計の信頼性の検討

(1) 計測機器 特殊計測社製の押し込み硬さ測定装置（以下、TK-HS100）を用いた。本装置は、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を同時に計測できる。これまでに足底²⁾や筋³⁾の硬さの計測に用いられている。

(2) 方法 TK-HS100に対し、3種の検討が行われた。①異なる押し込み角度（条件：0, 5, 10度）と異なる速度（条件：120, 180, 240, 300, 360mm/min）による計測値への影響を調べた。②TK-HS100と万能試験機の測定値を比較し、精度の検証を行った。③検者4名が徒手にてTK-HS100を操作した時の級内相関係数ICC (1,5) ICC (2,4) を求め、検者内・検者間信頼性を検討した。

全実験で硬さが異なる3種のシリコンサンプルを用いた。計測は標準化周波数50Hzにて、10Nに達するまで押し込み試験を行った。荷重と変位の関係（以下、荷重-変位線図）から各試行の回帰直線の傾きの平均値を求め、各条件において傾きの差の検定を行った。実験②ではPearsonの相関係数を求めた。有意水準は、5%とした。

(3) 結果および考察 ①押し込み角度の増加に伴い、押し込み量にオフセットが加わるが、回帰直線の傾きに差はなかった。押し込み速度の増減は、回帰直線の傾きに差はなかった。②TK-HS100と万能試験機の回帰直線の傾きに差が認められたが、標準偏差は極めて小さく0.1以下であった。両者間に0.99以上の強い相関がみられた。③ICC (1,5) は、全ての検者において0.99以上 ($p<0.01$)、ICC (2,4) も0.99以上 ($p<0.01$) となり、非

常に高い値を示した。従って、TK-HS100の徒手計測は、回帰直線の傾きにおいて高い再現性と十分な計測精度を有することが明らかとなった。

3. 生体軟部組織の定量化と妥当性の確認

大腿部と断端の軟部組織の硬さを測定した。

(1) 方法 被験者は健常成人4名と中断端以上の大腿切断者4名である。ベッド上で安静背臥位および腹臥位にて、硬さの測定を行った。測定点は、大腿部（健側）の大腿直筋と大腿二頭筋長頭の走路上それぞれ3点ずつ（断端はそれぞれ2点ずつ）である。押し込み試験5試行分の荷重-変位線図から、荷重9Nまでの回帰直線の傾きの平均値が算出された。測定点それぞれの平均値は、被験者の左右肢間の差に着目した2wayANOVAが行われた。有意水準は5%とした。

(2) 結果および考察 健常成人の被験者における左右肢の軟部組織の硬さの違いは、触診では判別不能であったが、荷重-変位線図の回帰直線の傾きの平均値は左右肢間に有意な差が生じた。従って、触診で判別が困難な硬さの違いでも、本手法により定量的な判別が可能となることが示唆された。大腿切断者の被験者における全ての測定点において、回帰直線の傾きの平均値の差が明らかとなり、定量的に断端と健側の硬さの相違を示すことができた。

4. まとめ

TK-HS100による徒手計測において、荷重-変位線図の回帰直線の傾きは、センサ部の押し込み角度や押し込み速度に依存せず、高い再現性と検者内・検者間信頼性を有した。健常者と大腿切断者において、触診で判別不可能な軟部組織の硬さの差異を定量的に示すことができ、大腿切断者において、断端と健側間の硬さの差も定量的に示すことができた。

<参考文献>

- 1) 岩崎利昭, 山崎信寿: 足表面の押し込み硬さの計測. 人間工学, 27 (Supplement) : 74-75, 1991
- 2) 内山孝憲, 大杉健司, 村山光義: (19) 押し込み反力計測による筋の硬さの評価: 等尺性収縮力依存性と筋疲労の影響 (4部生体理解のためのシステム化技術). バイオメカニズム, 18 : 219-227, 2006