

## 下肢筋力測定・訓練器を用いた腓腹筋受動的トルク測定 (第2報)

### — 超音波による検討 —

○梨本 智史(なしもと さとし)(PT)<sup>1)</sup>, 渡邊 博史(PT)<sup>1)</sup>, 江玉 睦明(PT)<sup>2)</sup>, 田中 正栄(PT)<sup>3)</sup>, 古賀 良生(MD)<sup>4)</sup>, 大森 豪(MD)<sup>5)</sup>, 遠藤 和男(MD)<sup>5)</sup>, 縄田 厚<sup>6)</sup>

<sup>1)</sup> 新潟医療センター リハビリテーション科

<sup>2)</sup> 新潟医療福祉大学 医療技術学部

<sup>3)</sup> 新潟県健康づくりスポーツ医科学センター

<sup>4)</sup> 二王子温泉病院

<sup>5)</sup> 新潟医療福祉大学 健康科学部

<sup>6)</sup> アルケア株式会社 医工学研究所

### 目 的

これまで筋の伸張性の指標に他動的関節可動域が用いられてきた<sup>1)~2)</sup>が、他動的関節可動域は痛みや伸張刺激に対する慣れなどの影響を受けるため、組織の伸張性の評価には不適切という指摘もある<sup>3)~5)</sup>。そのため近年、筋の伸張性の客観評価として受動的トルクが推奨されている。受動的トルクとは他動的に関節をある角度まで動かしたときに生じる抵抗をトルクとして数値化したものである。受動的トルクはBIODEXやMYORETなどの筋力測定装置で測定される<sup>6)~7)</sup>が、機器が高額・大型で外来診療やスポーツ現場での簡便な測定は困難である。

我々は簡便に腓腹筋の受動的トルクを測定するため、下肢筋力測定・訓練器(以下、QTM)を応用した測定方法

を考案し、BIODEXの測定値との相関の高さを報告した<sup>8)</sup>。しかし、考案した方法におけるトルク値と実際の腓腹筋の伸張との関係は明らかではなかった。

今回、QTMでのトルク値と実際の筋伸張量との関連を、超音波画像診断用装置(以下、超音波)を用いて検討したので報告する。

### 対象と方法

対象は下肢疾患の既往のない健常成人18名とした(男性9名:  $21.3 \pm 1.0$ 歳, 女性9名:  $22.2 \pm 0.6$ 歳)。

#### 1. QTMの概要<sup>9)</sup>(図1)

QTMは本体部に歪みゲージが内蔵され、円筒部にかかる圧縮力をデジタル評価できる機器である。重量約3.4kg



図1.

左: QTMの外観

右: 本研究で使用した垂直位の固定台に設置したQTM

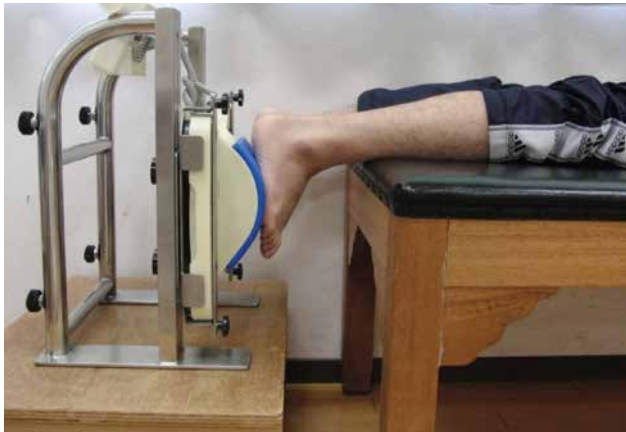


図2. QTMでの腓腹筋受動的トルクの測定方法



図3. 超音波による腓腹筋内側頭の伸張量測定

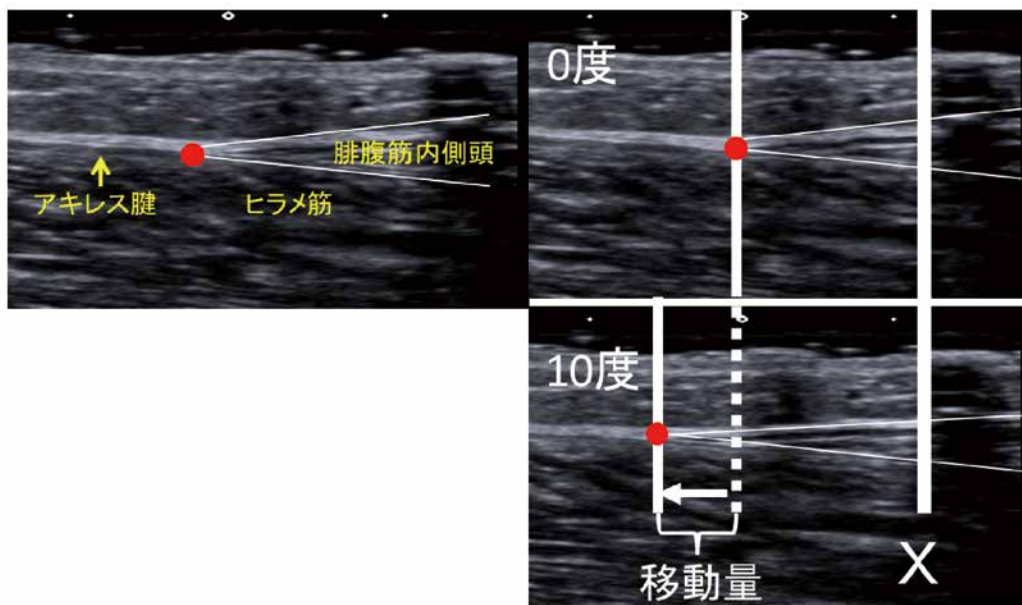


図4.

左：超音波による腓腹筋内側頭筋腱移行部の描出

下腿中央部やや遠位で表層の筋膜と深層の筋膜が交わりアキレス腱に移行する筋腱移行部（●）が確認される。

右：超音波画像による筋腱移行部の移動量測定

足関節背屈0度、10度それぞれで腓腹筋内側頭筋腱移行部（●）から皮膚に貼付した反射マーカー（X）までの距離を計測した。その差から筋腱移行部の移動量（←）を算出し、下腿長で除して正規化した。

と携帯が可能である。本研究では、上下に高さ調整可能な固定台に取り付け、垂直位でQTMを使用した。

## 2. QTMによる受動的トルクの測定（図2）

測定肢位を腹臥位とし、膝関節は伸展0度・足関節は背屈0度・10度とした。床面に垂直に設置したQTMを第5中足骨頭付近に接触させ、足尖が底屈方向に戻ろうとする力を測定した。測定値と触診で求めた外果から第5中足骨頭までの長さの積を受動的トルクとした。

## 3. 筋の伸張量の測定（図3）

筋の伸張量は先行研究<sup>6), 7), 10)</sup>に習い超音波による腓腹筋内側頭筋腱移行部の移動量とした。画像測定はBモード超音波装置（Viamo 東芝メディカルズ株式会社；7.5MHz

のリニア型プローブ）を用いた。下腿中央部やや遠位で表層の筋膜と深層の筋膜が交わりアキレス腱に移行する筋腱移行部を確認し、背屈0度、10度それぞれで腓腹筋内側頭筋腱移行部から皮膚に貼付した反射マーカーまでの距離を画像解析ソフト（Image J NIH）にて計測した（図4）。その差から筋腱移行部の移動量を算出し、下腿長で除して正規化した。なお、超音波画像測定は同一検者が実施した。

## 4. 検討内容

トルク測定、筋の伸張量測定ともに測定回数を1回とし、背屈0度と10度でのQTMによるトルク値の変化量と筋腱移行部の移動量との相関を検討した。統計学的検討はピアソンの相関分析を用い、有意水準は5%未満とした。

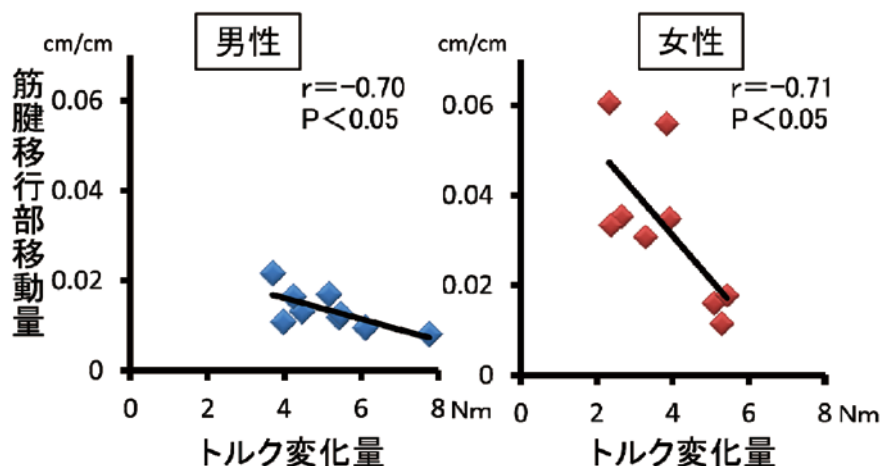


図5. 筋腱移行部移動量とトルク変化量の関係  
男女ともにトルクの変化量と筋腱移行部の移動量との間に有意な負の相関を認めた。

なお、本研究における筋腱移行部移動量の測定方法は、検者内誤差が小さいこと (n=7, ICC:0.88)、また測定中、腓腹筋内側頭に筋電図電極を貼布し、筋の防御性収縮の影響がないことを確認した。

## 結 果

筋腱移行部移動量は男性 $0.013 \pm 0.004$ cm/cm、女性 $0.033 \pm 0.017$ cm/cm、トルクの変化量は男性 $5.1 \pm 1.3$ Nm、女性 $3.8 \pm 1.2$ Nmであった。筋腱移行部移動量とトルクの変化量の相関係数は男性 $-0.70$ 、女性 $-0.71$  (共に $P < 0.05$ ) で有意な負の相関を示した (図5)。

## 考 察

本研究結果では、男女ともに受動的トルクの変化量と筋腱移行部の移動量に負の相関がみられた。従って、背屈0度と10度での受動的トルクの変化量が大きい人ほど筋腱移行部の移動量が小さいことが示唆される。これは、関節を動かした際の抵抗感が大きい人ほど、筋が伸びにくいという臨床的な印象と一致する。

先行研究ではストレッチングにより、受動的トルクが低下すると筋腱移行部の移動量は大きくなる<sup>11)</sup>ことや腱の伸びやすさは受動的トルクに影響しない<sup>12)</sup>ことが報告されており、QTMにて、受動的トルクの変化量を測定することで筋の伸張性を評価できると考えられる。

今後はメディカルチェックへの応用や、受動的トルクと障害発生との関連を検討していきたいと考えている。また、受動的トルクの変化量と筋腱移行部の移動量の間には、大きな性差が見られたことから、筋量や筋の厚さの影響についての検討も必要と考えている。

## ま と め

- QTMでのトルク値と筋伸張量との関連を、超音波を用いて検討した。
- 筋腱移行部移動量とトルクの変化量の関係は男女ともに有意な負の相関を示した。
- 今回の結果からQTMにて、受動的トルクの変化量を測定することで筋の伸張性を評価できると考えられた。

## 参考文献

- 1) 鳥居俊. スポーツ障害予防のための整形外科的メディカルチェック 中学・高校運動部員を対象としたスポーツ障害予防のための整形外科的メディカルチェック. 臨床スポーツ医学 1996; 13 (10) : 1087-1093.
- 2) 戸島美智生, 鳥居俊, 渡邊裕之他. 発育期男子サッカー選手の脊椎アライメント, 下肢筋タイトネスと腰痛との関連性. 日本臨床スポーツ医学会誌 2010; 18 (2) : 320-327.
- 3) McHugh MP, Kremenec IJ, Fox MB et al. The role of mechanical and neural restraints to joint range of motion during passive stretch. Med Sci Sports Exerc 1998; 30 (6) : 928-932.
- 4) Sale D, Quinlan J, Marsh E et al. Influence of joint position on ankle plantarflexion in humans. J Appl Physiol 1982; 52 (6) : 1636-1642.
- 5) 市橋則明, 伊吹哲子, 中村雅俊. 関節可動域制限に対する理学療法の方. 理学療法 2012; 29 (1) : 17-26.
- 6) Morse CI, Degens H, Seynnes OR et al. The acute effect of stretching on the passive stiffness of the human gastrocnemius muscle tendon unit. J Physiol 2008; 586 : 97-106.
- 7) Nakamura M, Ikezoe T, Takeno Y et al. Acute and prolonged effect of static stretching on the passive stiffness of human gastrocnemius muscle tendon unit in vivo. J Orthop Res 2011; 29 (11) : 1759-1763.
- 8) 梨本智史, 渡辺博史, 松岡潤他. 下肢筋力測定・訓練器を用いた腓腹筋受動的トルク測定. スポーツ傷害 2013; 18 : 14-17.

- 9) 縄田厚, 穂丸舞, 岩崎徹治他. セッティング式筋力測定・訓練器による膝伸展筋力と筋力発揮パターンの解析. 運動・物理療法 2008 ; 19 (4) : 279 - 284.
- 10) Magnaris CN, Paul JP. In vivo human tendon mechanical properties. J Physiol 1999 ; 521 : 307 - 313.
- 11) Nakamura M, Ikezoe T, Takeno Y et al. Time course of changes in passive properties of the gastrocnemius muscle-tendon unit during 5 min of static stretching. Man Ther 2013 ; 18 (3) : 211 - 215.
- 12) Kubo K, Kanehisa H, Fukunaga T. Is passive stiffness in human muscles related to the elasticity of tendon structures? Eur J Appl Physiol 2001 ; 85 : 226 - 232.