

# 荷重下での等尺性収縮トレーニングによる大腿四頭筋の筋輝度の変化

野村陽子<sup>1)</sup>, 福田大輔<sup>1,2)</sup>, 兼岩淳平<sup>1,2)</sup>, 棚次恵梨<sup>1)</sup>, 山下龍太<sup>1)</sup>, 工藤慎太郎<sup>2,3)</sup>

1) 医療法人社団有隣会 東大阪病院 リハビリテーション部

2) 森ノ宮医療大学保健医療学部理学療法学科

3) 森ノ宮医療大学大学院保健医療学研究科

**キーワード：**筋力トレーニング・超音波画像診断・筋輝度

## はじめに

臨床において、筋力トレーニングの運動負荷量を設定する指標として1回反復最大負荷(1RM: one repetition maximum)などが用いられる。しかし虚弱高齢者など対象者によっては、安全性や再現性の観点から最大筋力の測定が困難であり、運動負荷量や回数は治療者の主観や経験によって決定されることが多い。そこで、筋力トレーニングの負荷量や回数を簡易的に定量化することで、安全かつ定量的に負荷量を決定できるのではないかと考えた。

近年、筋力トレーニング後の骨格筋の状態を超音波画像診断装置により確認できることが報告されている。池添は、若年者と比較して高齢者では筋輝度は有意に高いことを報告しており<sup>1)</sup>、高齢者においては筋内の非収縮組織の割合が増加することがその原因として考えられる。小林らは、健康若年男性においては筋力トレーニング直後に上腕二頭筋の筋輝度が有意に増加したと報告しており<sup>2)</sup>、運動直後の筋輝度の増加は筋の炎症状態を反映したものである<sup>2)3)</sup>。このように超音波画像から測定された筋輝度は、骨格筋の質的因子の指標として用いられる。しかし荷重下での筋力トレーニングの負荷量と筋輝度の変化の関係は不明である。本研究の目的は、荷重下にて高負荷をかけた筋力トレーニングで骨格筋の質的因子がどのように変化するかを検討することとした。それにより筋力増強に必要な運動負荷量を決定する指標として筋輝度を活用できないかを検討したいと考えた。

## 方法

対象は下肢に整形外科的疾患の既往を有さない健康男性20名(年齢 $28.5 \pm 6.5$ 歳, 身長 $170.4 \pm 4.0$ cm, 体重 $63.4 \pm 7.6$ kg, BMI $21.8 \pm 2.7$ )。問診時に下肢に疼痛の訴えのあるもの、手術歴のあるものは対象から除外した。なお全ての対象者に対して本研究について説明し、文書にて同意を得た。この研究計画は当院の倫理委員会の承認を得た。

測定機器として超音波画像診断装置Noblus(日立メディコ)

のBモードを使用, 5~18MHzの可変式リニアプローブと自作した固定装置を用いた。対象筋は右大腿四頭筋(RF: 大腿直筋, VI: 中間広筋)とし, 測定部位は右大腿長の50%の高さで上前腸骨棘と膝蓋骨直上を結んだ線上とした。測定方法は, 皮膚面に対してプローブを垂直に保持し, 筋肉を圧迫せず皮膚に軽く触れるように短軸走査で固定し, 運動前後の超音波縦断画像を記録した。測定課題は, 端坐位(膝関節屈曲 $90^\circ$ )の状態から殿部を10cm挙上した状態で, 体幹の角度を開始肢位から前後傾 $10^\circ$ 以内とし, 同肢位を保持できる最大時間まで大腿四頭筋の等尺性収縮を実施する課題とした。なお, 測定肢位を保持できているかは大転子にマーカを貼付し, 大転子の高さや体幹角度を随時測定し, 測定課題から外れる場合は統一した声掛けを行った。運動開始直前, 運動終了直後, 運動終了後15分後の安静座位にてそれぞれ超音波画像を記録した。記録された画像から画像処理ソフト(ImageJ)を用いて, RFとVIの平均輝度(EI: Echo Intensity)を算出した。統計学的分析には, 一元配置分散分析を用いた。有意水準は5%未満とした。

## 結果

RF-EIは運動前 $35.28 \pm 10.88$ , 運動終了時 $36.00 \pm 10.50$ , 終了15分後 $36.81 \pm 11.60$ で増加傾向であるが有意差は認めなかった。VI-EIは運動前 $46.12 \pm 14.03$ , 運動終了時 $39.82 \pm 14.80$ , 運動終了15分後 $38.18 \pm 15.04$ で運動前と運動終了時, 終了15分後の間で有意差を認めた( $p < 0.05$ )。

## 考察

池添<sup>4)</sup>は筋力トレーニング直後の筋は筋線維の微細損傷,あるいは組織間液増加や血流増加によって腫脹するとしており, 筋線維の微細損傷による炎症反応として筋輝度は上昇することから, 筋輝度上昇をmuscle damageの指標として用いている。本研究においても運動後の筋輝度は上昇すると仮説を立てており, RF-EIは上昇する傾向がみられた。これは先行研究を支持する結果であると考えられる。

しかし VI-EI は運動前と比較して、運動直後と終了 15 分後に有意に低下した。加賀谷は、静的運動では強度が高くなるほど筋収縮に伴う筋内圧の上昇が血流増加を抑制する<sup>5)</sup>と報告している。中間広筋は周囲を大腿骨、大腿直筋、内側広筋、外側広筋に囲まれており筋内圧が上昇しやすい構造であると考えられる。そのため本研究では、最大努力での等尺性収縮を行った中間広筋は筋内圧が上昇し十分な血流増加が生じず、運動強度に対して筋腫脹が進行せず、筋輝度が上昇しなかったことが考えられる。また、浅層に位置する大腿直筋が比較的高輝度であったため、超音波減衰によるアーチファクトが生じ、深層に位置する中間広筋はより低輝度像を示したということも考えられる。

以上のことから、深層筋の筋輝度を評価指標として用いる場合は浅層筋の影響を考慮する必要があると考えられる。今後は異なる対象筋、運動課題、収縮様式、即時変化と経時変化の違いについて検討が必要であり、筋輝度を用いた質的因子の評価の有用性については更に検討が必要と考えられる。

本研究の意義としては、超音波画像診断装置を用いて、安全かつ定量的な運動負荷設定を行うための基礎データとなるものとする。

## 文 献

- 1) 池添冬芽：高齢者の介護予防のための運動療法—グローバル・スタンダードの確立を目指して—。理学療法学 40：631–634, 2013
- 2) 小林拓也・他：筋力増強運動における運動速度と収縮様式の違いが骨格筋の微細損傷に及ぼす影響。理学療法学 41：275–281, 2014
- 3) Chen HL et al: Muscle damage protection by low-intensity eccentric contractions remains for 2 weeks but not 3 weeks. Eur J Appl Physiol. 112(2):555–565, 2012
- 4) 池添冬芽：超音波エコーを用いた筋肉の評価と理学療法への応用。理学療法ジャーナル 50(2):203–213, 2016
- 5) Kagaya et al.: Blood flow during muscle contraction and relaxation in rhythmic exercise at different intensities. Ann. Physiol. Anthropol. 11:251–256, 1992