

# 筋力運動における活動筋疲労困憊状態の自覚的疲労と筋疲労の関係性に関する検討

堀 篤史<sup>†</sup> 藤波 努<sup>††</sup>

<sup>†</sup> 北陸先端科学技術大学院大学 先端科学技術研究科 先端科学技術専攻 〒 923-1211 石川県能美市旭台  
<sup>††</sup> 北陸先端科学技術大学院大学 知識科学系 ヒューマンライフデザイン領域 〒 923-1211 石川県能美市旭台  
 E-mail: <sup>†</sup>{atushi1192,fuji}@jaist.ac.jp

**あらまし** 筋力トレーニングにおける活動筋の疲労度を適切に判定することは難しいとされている。そこで、自覚的運動強度と筋肉の生理的情報の関係性を調べることで主観的判断時における筋疲労の科学的特徴の調査を目的とする。

**キーワード** 筋疲労, 自覚的運動強度, 筋力運動, 筋電図

## 1. はじめに

近年、健康志向の高まりに伴い、フィットネスクラブやスポーツジムに通い、スポーツや運動をする人が多く見られる [1]。代表的な運動の一つに筋力トレーニング（以下、筋トレ）が挙げられる。筋トレでは、鍛える目的毎に推奨されているトレーニング方法論が存在する。筋肥大を目的としたトレーニング方法論の一つとして、筋肉を疲労困憊状態まで追い込むことで効果が最大されると言われている方法がある [2]。しかし、活動筋の適切な筋疲労困憊時を判断することは難しいため、筋トレを行うユーザの主観的判断により判定されている。筋疲労感の主観的判断には自覚的運動強度（RPE）が用いられるが、RPE と筋肉の疲労困憊状態に着目し、これらの明確な関係性については明らかにされていない。そこで本研究では、自覚的運動強度と筋肉の疲労困憊状態の関係性を調べるため、心拍数や筋酸素、筋の動き、筋放電量などの様々な生体データを測定し、筋肉疲労困憊状態の主観的判断時における活動筋の科学的特徴の調査を目的とする。

ここで、図 1 に沿って、二頭筋の伸展運動を例に自覚的疲労度と筋疲労の関係性が曖昧であるために起こるとされる非効果的運動の具体例を示す。ユーザ A, B が筋肥大を目的とし、筋肉を疲労困憊状態まで追い込もうとする場面を想定する。ユーザ A は、筋肉を鍛える意志がかなり高いが、筋肉が疲労困憊状態にもかかわらず運動を続けようとしているため、腕以外の筋部位も動員させて行おうとしている。そのため、適切なフォームで行うことができず、効果的に運動が行えていない。また、ユーザ B は意識が低く、諦めぐせがあるため、筋肉の疲労状態が限界まで達していないにもかかわらず、疲労を感じたところで運動をやめてしまったため、十分な運動量を確保できずに終わっている。そのため、ユーザ B も効果的に運動が行えていない。このように、自覚的疲労度と筋疲労の関係性が曖昧であるため、非効果的な運動を行うことが想定される。以上より、この関係の曖昧性を取り除くような科学的特徴の調査を目的とし、科学的特徴の発見を目指す。

以下、2 章にて、関連研究との比較を述べ、3 章にて、提案手法を説明する。最後に 4 章にて、まとめと今後の展望を述べる。

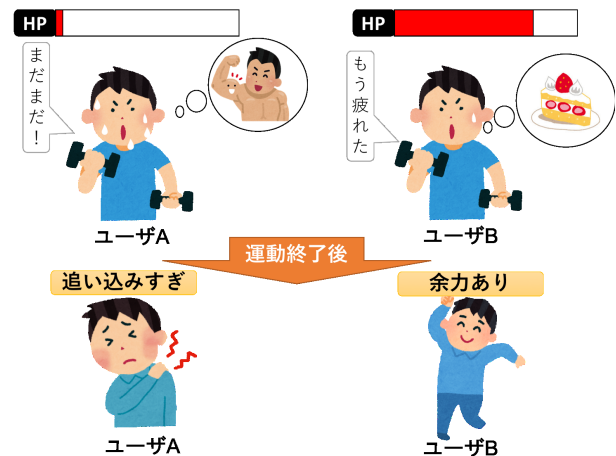


図 1 非効果的運動例

## 2. 関連研究

以下に、自覚的疲労と筋疲労の関係性について、本研究との差異を示す。

中谷らは、筋力運動における活動筋の自覚的疲労感を独自の S スケールを考案し、生理的強度との関係を検討するとともに、感じ方や性差、年齢、年代差、部位別に差が認められるかどうか検討した。また、S スケールを用いたトレーニングを行い、引力、筋持久力、筋活動量なども検討している。その結果、S スケールを筋力運動の指標として利用可能であると報告している [4]。さらに、S スケールを強度指標とした自重負荷による筋力トレーニングを用いたプログラムが、筋機能を中心とした体力測定項目を向上させる効果について検討している [5]。下肢の筋機能を評価項目で有意な向上が認められたと報告している。しかし、自覚的運動強度を用いて、筋疲労困憊状態に着目されていない。本研究では、活動筋の疲労状態、特に筋疲労困憊状態に着目し、自覚的疲労と筋疲労の関係性を明らかにすることを旨とする。

Robertson らは、筋トレに特化した自覚的運動強度として OMNI-RES scale を考案しており、物理的および生理的強度の

関係から上腕二頭筋の伸展運動や膝伸展運動において有効な指標を示していることを報告している [3]。しかし、OMNI-RES を用いて活動筋の筋疲労困憊状態に着目されていない。本研究では、活動筋の疲労状態、特に筋疲労困憊状態に着目し、自覚的疲労と筋疲労の関係性を明らかにすることを旨とする。

以上より、自覚的運動強度を筋疲労困憊状態に着目した報告はされていない。よって、提案する手法では、自覚的疲労と筋疲労の関係性を明らかにできるような生体データの調査し、自覚的疲労と筋疲労の関係性を明らかにすることを旨とする。

### 3. 自覚的疲労度と筋疲労の関係性の調査

#### 3.1 概要

本節では、自覚的疲労度と筋疲労の関係性の調査について述べる。提案する手法では、自覚的運動強度と筋電図を用いて自覚的疲労度と筋疲労を推定し、これらの関係の曖昧性を明らかにできるような生体データの調査を行う。具体的には、自覚的疲労度を自覚的運動強度を用いて推定し、筋疲労は筋電図を用いて推定を行う。これらの関係性を繋ぐようなデータを取得し、自覚的運動強度、筋電図、生体データの3つ要素から活動筋の適切な筋疲労困憊状態を推定する。

#### 3.2 自覚的疲労度の推定

ここでは、自覚的疲労度を推定するために用いる自覚的運動強度について述べる。

自覚的運動強度 (RPE) とは、運動時の主観的運動強度を数字で表したものである [4]。代表的な RPE に、Borg Scale が挙げられる。例えば、ウォーキングやジョギングなどのような沢山の酸素を取り入れて脂肪を燃焼させる有酸素運動を例にする。有酸素運動を効率的に進めるには、運動強度や持続時間など正しく設定する必要があるが、厳密に設定を行わずともこの運動強度を目安に用いることができるため、この手法が広く普及している。表1のように、0 から 10 の 11 段階評価で、1 段階ずつに最大筋力のおよそ 10 % 未満の力を発揮していると表されている。本研究では、筋トレにおける自覚的疲労の推定を行うため、筋トレに特化した自覚的運動強度の OMNI-RES010 scale を用いた測定を検討する。

表 1 OMNI-RES scale

指標	自覚度
0	extremely easy
1	
2	easy
3	
4	somewhat easy
5	
6	somewhat hard
7	
8	hard
9	
10	extremely hard

#### 3.3 筋疲労推定

ここでは、筋疲労を推定するため筋電図を用いた推定方法について述べる。

筋疲労を推定する方法の一つに筋電図が用いられる [4][5]。筋疲労の評価では、周波数解析が指標として広く用いられている。具体的には、筋疲労によって生じる特徴の一つである筋電図のパワースペクトルお低周波帯域へ移行を読み取ることで筋疲労推定を行う。この低周波への移行が起こる要因としては、運動単位動員の増加減少や筋繊維伝導速度変化など様々な要因が関係している。さらに、考えられる要因がとして、高周波を示す速筋繊維から動員されるため、筋の持続収縮により披露しやすい速筋繊維から働くなくなり、低周波帯に移行される。

本研究では、筋肉疲労を推定するため、上記で述べた筋電図を用いた周波数解析による測定を検討する。

#### 3.4 提案手法の検討

ここでは、自覚的運動強度と筋電図を用いて自覚的疲労度と筋疲労を推定し、これらの関係の曖昧性を明らかにできるような生体データの調査について述べる。自覚的疲労と筋肉疲労については、前節で述べた方法を検討しており、これらの関係性の曖昧性を明らかにできるような生体データの測定を考えている。筋肉に関する生体データとして、筋酸素や筋温度、筋音など様々な生体データを測定し、それらの相関関係や特徴を主観的判断の曖昧性を取り除くことができると考えられる。

以上のように、本研究では、様々な生体データを測定することで、それらのデータと自覚的疲労と筋疲労の3つのデータの相関関係や特徴を発見することを目指し、自覚的疲労と筋疲労の関係性に関する調査方法を検討する。

### 4. まとめと今後の展望

筋力運動における自覚的疲労と筋疲労の関係性に関する検討を行った。さらに、自覚的疲労と筋疲労それぞれの推定方法の検討とそれら関係性の曖昧性を明らかにできるような生体データの調査についても検討した。今後は、どのようなデータを測定すべきなのか判断し、それらを測定し、自覚的疲労と筋疲労の曖昧性の検討するための実験の設計を行う。将来的には、本研究で発見できる筋疲労に関するデータの相関関係や特徴は、筋トレユーザだけでなく、介護士や看護師などの筋疲労の測定にも活用することができると考えている。したがって、様々な肉体労働者の筋疲労を測定することを可能にし、疲労を考慮したよりよい労働環境で働くことができると期待できる。

#### 文献

- [1] フィットネスクラブの動向 - 経済産業省
- [2] Strength training methods and the work of Arthur Jones smith D, J Exerc Pyhsiol Online 2004;7:52-68
- [3] Concurrent validation of the OMNI perceived exertion scale for resistance exercise,Robertson et al.,2003
- [4] 筋力運動で用いる自覚的疲労スケールの開発とトレーニングへの応用, 中谷敏昭, 寺田和史, 上英俊, 塩見玲子, 白石晃, 灘本雅一, 2010
- [5] 活動筋の自覚的疲労感を強度の指標とした自重負荷トレーニングの有効性: 中高年者を対象とした無作為化対照試験による検討, 寺田和史, 塩見玲子, 上英俊, 灘本雅一, 中谷敏昭, 2012
- [6] 筋電と血流の同時計測による筋疲労推定, 仁田原千尋, 2006

- [7] 随意収縮および電気刺激による筋疲労後の筋電図学的解析, 佐藤寿晃, 森直樹, 千葉登, 2006