

# レジスタンストレーニングが 骨格筋ミトコンドリアに及ぼす影響

東 京 大 学 北 岡 祐

## Mitochondrial Adaptations to Resistance Training in Skeletal Muscle

by

Yu Kitaoka

*Department of Sports Sciences,  
Graduate School of Arts and Sciences,  
The University of Tokyo*

### ABSTRACT

It is well known that exercise training induces mitochondrial biogenesis in skeletal muscle. More recent studies have demonstrated that exercise also alters mitochondrial quality through the processes of fission and fusion. In this study, we investigated the effect of electrical stimulation-induced resistance training, which induces muscle hypertrophy, on the expression of proteins related to mitochondrial dynamics in rat skeletal muscle. We found that 4 weeks of resistance training increased protein levels of mitofusin 2 (Mfn2) and optic atrophy 1 (Opa1), whereas protein levels of fission protein 1 (Fis1) and dynamin related protein 1 (Drp) were not altered. These results indicate that resistance training induces mitochondrial fusion, which may lead to an expanded mitochondrial reticular network along with muscle hypertrophy. It has been generally assumed that resistance training has little effect on skeletal muscle mitochondria. However, our results suggest that resistance exercise training may

## increase mitochondrial function without changing mitochondrial content in skeletal muscle.

### 要 旨

運動は骨格筋ミトコンドリアの量を増加させるだけでなく、質的な変化をもたらす可能性が近年の研究により示唆されている。本研究では、ラットを実験動物として用いた電気刺激モデルを採用し、レジスタンストレーニングが骨格筋のミトコンドリアに及ぼす影響について検討することを目的とした。4週間のトレーニングによって、ミトコンドリアの融合に関与する *mitofusin 2 (Mfn2)* および *optic atrophy 1 (Opa1)* タンパク質量が有意に増加した一方で、ミトコンドリアの分裂に関与する *fission protein 1 (Fis1)* および *dynamamin related protein 1 (Drp) 1* タンパク質量に変化はみられなかった。これらの結果は、レジスタンストレーニングは骨格筋ミトコンドリアの融合を促進し、その機能を高める可能性を示唆している。

### 緒 言

近年の研究において、持久的なトレーニングによって骨格筋のミトコンドリアの量が増加するだけでなく、その形態に変化が起こることや、ダメージを受けたミトコンドリアの分解が選択的に進むことが報告されている<sup>1)</sup>。一方で、レジスタンストレーニングが骨格筋においてタンパク質合成を高め、筋肥大をもたらすことはよく知られているが、これまで行われてきたミトコンドリアに関する研究の多くは持久的トレーニングに関するものであり、レジスタンストレーニングが骨格筋のミトコンドリアに及ぼす影響についての研究は少ない。過去に行われた研究において、ミトコンドリア量を反映するマーカーとして測定されたクエン酸シンターゼやコハク酸デヒドロゲナーゼ等の酵

素活性にはレジスタンストレーニングによる変化はみられなかったことから、レジスタンストレーニングが酸化系のエネルギー代謝に及ぼす影響は小さいと考えられてきた<sup>2,3)</sup>。しかしながら近年では、レジスタンストレーニングによって骨格筋ミトコンドリアの呼吸機能が高まったという報告もされている<sup>4,6)</sup>。これらの先行研究は、レジスタンストレーニングが必ずしも骨格筋ミトコンドリアの量的な変化を伴わず、質的な変化をもたらす可能性を示唆している。

本研究では、特にミトコンドリアの品質管理機構において重要な役割を果たすダイナミクス（分裂と融合）に着目し、レジスタンストレーニングが骨格筋ミトコンドリアに及ぼす影響について検討することにした。ミトコンドリアの分裂には *fission protein 1 (Fis1)* と *dynamamin related protein 1 (Drp) 1*、融合には *mitofusin 2 (Mfn2)* と *optic atrophy 1 (Opa1)*、のそれぞれ2つのタンパク質が重要な役割を果たすことが知られており、これら4つのタンパク質量を測定することによって、ミトコンドリアの形態的な変化を推測することができると思われる（図1）。