

403. ラットヒラメ筋の持久運動による筋鞘膜内構造の変化

【キーワード】

持久運動・ラット・freeze-fracture法

豊明老人保健施設

兼松 美紀

名古屋大学医療技術短期大学部

河上 敬介

❖はじめに❖ 運動負荷による骨格筋線維の太さや筋線維タイプの変化に関する報告は多いが、筋の収縮特性の変化に関与すると考えられる筋鞘膜内構造の運動負荷による変化を調べた報告は我々の知る限りない。そこで、ラットを対象に70~80% $\dot{V}O_2$ maxに相当する持久的トレッドミル走を荷した時のヒラメ筋の筋鞘膜内構造の変化をfreeze-fracture法により調べた。

❖方法❖ 7週齢雌(Sprague-Dawley系)ラット32匹に2週間の走行練習を行い、走行実験に適さないラットを除外した20匹を対象とした。この20匹を運動群(10匹)と非運動群(10匹)に分けた。運動はベルト傾斜が+6°、速度が25m/minのトレッドミル走とし、1回の運動時間は90分、頻度は5回/週、トレーニング期間は12週とした。トレーニング期間終了の翌日、十分なネブタール麻酔下にてヒラメ筋を切り出し、2%グルタルアルデヒドで固定した後、筋腹中央部を試料として用いた。この試料は再固定した後、急速凍結し、freeze-fracture装置(Balzer社製BAF400型)を用いて割断、Pt-Cレプリカ作製に供した。レプリカの観察は透過型電子顕微鏡(日本電子社製100CX II)を用いて行った。運動群、非運動群の筋鞘P面(proto-plasmic face)のintramembrane particle(IMP)、caveola(CVL)、orthogonal array(OGA)の直径と密度を、20万倍に拡大した写真上で測定した。

❖結果❖ IMPの直径は、非運動群で平均7.9±1.9nm(n=2105)であったのに対し、運動群では7.2±1.6nm(n=2174)と有意に小さな値を示した(P<0.01)。IMPの密度は、非運動群で2484±548/μm²(n=93)であったのに対し、運動群では1721±511/μm²(n=112)と有意に低い値を示した(P<0.01)。なお、直径8nmより大きい径のIMP密度は運動群で381/μm²(n=112)と、非運動群(956/μm²(n=93))に比べて低かったのに対し、直径7nm以下のIMP密度は運動群では867/μm²(n=112)であり、非運動群(837/μm²(n=93))に

比べて高い値を示した。

運動群のCVLの平均直径は77.6±15.9nm(n=143)であったの 비해、非運動群では63.0±11.9nm(n=199)と大きな値を示した(P<0.01)。しかし、CVLの平均密度は、運動群(9.4±3.2/μm²(n=26))と非運動群(10.0±3.6/μm²(n=24))で有意な差は認められなかった。

OGAの平均密度は、非運動群では0.1±0.3/μm²(n=24)であったが、運動群では4.7±2.8/μm²(n=24)と大幅に高い値を示した(P<0.01)。

❖考察❖ IMPは、細胞膜内に存在する膜タンパクであり、細胞内外のイオン交換をつかさどる様々なイオンチャンネルやイオンポンプ、あるいは化学伝達物質の受容体の形態的表現と一般に考えられている。今回の実験では、運動群のIMPで、大きな径のIMP密度は低くなったが、小さな径のIMP密度は逆に高くなった。これらの変化は、筋収縮の頻度の増加にともない、細胞内外のイオン交換量増加の必要性により生じた結果と推測され、この小さな径のIMPはNa⁺チャンネルやK⁺チャンネル、またはNa⁺ポンプかもしれない。

CVLは、活動電位を細胞の内部まで速やかに伝播する役割を持つ横行小管の開閉部、筋線維の栄養補給に関連している小胞、細胞膜が機械的に伸張あるいは収縮刺激を受けたときの緩衝の役割を果たす窪み等の形態的表現と考えられている。今回の運動によるCVLの平均直径の増大は、横行小管開口部や栄養補給のための小胞の増大よりは、むしろ機械的刺激に対する緩衝作用のための窪みが大きくなったと考えられ、機械的刺激に対する緩衝作用の許容量の増大をもたらしていると考えられる。

運動群のOGA密度は非運動群に比べ大幅に高かった。このOGAは、膜浸透圧の調節、イオンの輸送、細胞間の連結や情報交換の役割を担っていると考えられており、運動負荷によりこれらの機能が高進したことが推測される。

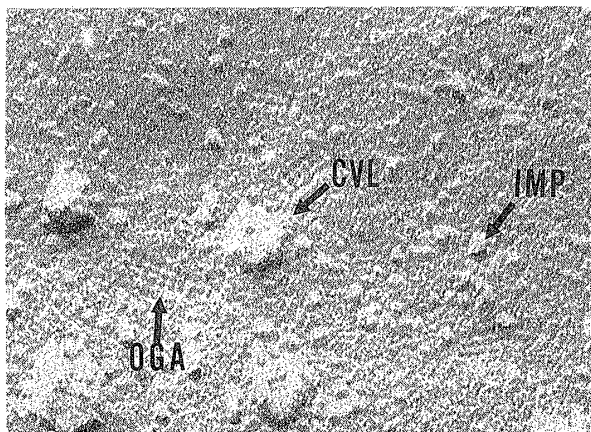


図. 運動群の筋鞘P面像

IMP: intramembrane particle、CVL: caveola、OGA: orthogonal array