

最近のトピックス

細やかな運動調節機構

— 歯根膜咀嚼筋反射の場合 —

新潟大学歯学部 口腔生理学教室

山村 千 絵

脊椎動物の骨格筋には速筋として瞬発力を発揮する筋と遅筋として持久力に関係する筋の二種類存在することが古くから知られていた。また、その色により前者は白筋、後者は赤筋として区別されている。赤筋にはミトコンドリアなどを多く含んだ赤筋線維が多く存在するが、同時に白筋線維も混在している。ひとつの筋にこのような性質を異にする筋線維が混在していることは、組織化学が応用されることにより一層明らかになった。また白筋線維は大型の運動神経細胞並びに太い運動神経に支配され、大きな張力を発生できること、赤筋線維は小型の運動神経細胞並びに細い運動神経に支配され、小さな張力しか発生できないことも知られている。

反射や随意運動時の筋活動の調節は運動単位（一個の運動神経と、それによって支配される筋線維群を合わせたもの）を機能的基本単位として行われているが、運動単位もまたいくつかの型に分化していて、ひとつの筋に異なった性質をもったものが混在していることになる。

ところで咀嚼時の positive feedback に関する歯根膜咬筋反射¹⁾について、近年更に詳細な解析が行われている。著者らは、切歯、臼歯と歯種が異なれば、それに起因する咀嚼筋への反射効果も様々に変化することをすでに明らかにした²⁾。さらにこの反射を個々の運動単位レベルで解析することにより、咀嚼運動の細やかな調節機構を考える上で実に興味深い事実を発見した。

各筋に引き起こされる反射性制御の効果は、全体としてはある一つの方向を示している。しかし各筋に属する多くの運動単位、一つ一つに及ぼされる反射効果を調べると、各々が異なった様子を呈したり、あるいは協調的な性質を示す場合がある。著者らは運動単位を大きさに応じて分類し、それぞれの制御様式について解析を進めていった。

運動単位ごとの細やかな制御に関しては、脊髓レベルではある程度解析が行われている。1957年 Henneman がサイズの原理³⁾（収縮を開始して張力が低い時に興奮するのは小型の運動単位であり、収縮が強まるにつれて

大型のものが興奮してくる）を提唱して以来、随意運動時の運動単位の活動様式はおおむねこれに従うとされてきた。しかし反射性調節時にはサイズの原理からの説明では不完全な現象も存在するとの報告がある。たとえば皮膚神経からの入力による四肢筋の制御の場合である⁵⁾。

咀嚼筋ではサイズの原理が成り立つのであろうか。随意運動時、等尺性に徐々に強くかみしめていくと、閉口筋では最初、小さい運動単位のみが活動しているが、かみしめを強めていくと大きな運動単位も活動を開始してくる。サイズの原理が成り立つ。またリズムミカルなタッピングを行わせた場合には大きな運動単位の発火閾値が下がり、ゆっくりかんだ場合と比べて低い咬合圧の時から活動を開始することも知られている⁴⁾。これは勢いをつけてかんだ方が強い咬合圧が出せるという事実とも関係してくる。速筋、遅筋の概念から考えてみても大きな運動単位は早い運動の切り替え時にうまく対応して働いていることがわかる。効率の良い運動を行うためにひとつの筋の中で分業体制が整っているのである。

一方、咀嚼筋の反射性制御とサイズの原理との関係については未だ報告がなかった。そこで著者らは、直径30～50 μ の細い双極針電極を用いて咀嚼筋より筋電図を記録し、個々の運動単位ごとに歯根膜咀嚼筋反射の制御機構について解析を行った。その結果小さい運動単位ほど興奮反射が、大きい運動単位ほど抑制反射が出現しやすいことがわかり、サイズの原理が成り立つことが明らかになった⁶⁾。反射の作用方向も随意運動と協調していることになる。

このような咀嚼運動の細やかな調節機構について更に解析を進めていくためには、生理学的手法のみでは限界があり、情報工学の技術を必要とする。なぜなら、生体にある程度強い運動を発現させた時には多くの運動単位が同時に活動するため、単一運動単位の同定が難しくなるからである。しかし運動単位の客観的に有効な同定手段は未だ確立されていない。同時にいくつかの運動単位が記録された場合には情報工学的な構造解析により Decomposition を行う方法が有力候補として考えられる。本学工学情報工学科ではテンプレート波形による学習波形を用いて、ニューラルネットを構築することにより、運動単位を分離同定する処理法を今まさに研究開発中である。こういったデータ処理の道程が実験室でオン

ラインで行えるようになることがこの分野の研究の発展のために必須であろう。

文 献

- 1) Funakoshi, M. and Amano, N.: Periodontal jaw muscle reflexes in the albino rat., J.Dent.Res., 53: 598-605, 1974.
- 2) Inai, C., Ishii, M., Ono, K., Kosugi, S. and Shimada, K.: Periodontal jaw reflexes which regulate masseter and temporal motor units in the rat and man., Jpn.J.Physiol., 39: s116, 1989.
- 3) Henneman, E.: Relation between size of neurons and their susceptibility to discharge., Science, 126: 1345-1347, 1957.
- 4) Goldberg, L.J. and Derfler, B.: Relationship among recruitment order, spike amplitude, and twitch tension of single motor units in human masseter muscle., J.Neurophysiol., 40: 879-890, 1977.
- 5) Kanda, K., Burke, R. E. and Walmsley, B.: Differential control of fast and slow twitch motor units in the decerebrate cat., EXP. Brain Res., 29: 57-74, 1977.
- 6) Inai, C. and Shimada, K.: Differential control of large and small motor unit activity in the jaw closing muscles by periodontal input., Jpn.J. Physiol., 40: s210, 1990.