

最近のトピックス

咀嚼時の咬合力調節機構

新潟大学歯学部口腔生理学講座
山田 好秋, 山村 健介

我々が食事をするときには、食卓には硬い食品や柔らかい食品などいろいろな物性を持った食品が組み合わされてならべられ、これらを口に運び咀嚼し、嚥下する。この咀嚼の過程で食物は上下の歯列により粉碎される。この時、食物は咀嚼筋にたいして物理的負荷として作用する。しかもこの負荷は食品の物性が多様であればあるほど刻一刻と変化する。

咀嚼運動は呼吸や歩行運動と同様に意識しなくても半自動的に行われるリズムカルな周期運動である。咀嚼時、閉口筋は食物をかみ砕くために食品負荷に打ち勝つだけの張力を発生し、かつ口腔諸器官を壊さないように時には張力の発生を抑制しなければならない。この末梢性調節機構には開口反射や咬筋歯根膜反射に代表される顎反射の関与が提唱されてきた。

これまで、顎反射は非動物または麻酔動物で実験されてきた。しかし、咀嚼中枢の研究が進むにつれ、非動物または麻酔下のような静的条件下で誘発される反射が、咀嚼運動のような動的条件下ではそのまま作動しないのではないかとの指摘が最近なされている。我々はこの点に着目し、ヒトとよく似た咀嚼パターンを持つウサギを実験モデルとして無麻酔・無拘束下に下顎運動軌跡・筋電図・中枢神経細胞活動を記録する手法を開発し、自然咀嚼時の咬合力調節機構を研究してきた。その結果、以下の結論を得た。

- ①顎二腹筋が関与する能動的な開口反射は咀嚼時には抑制されており、咬合力の調節にはあまり寄与しない。
- ②咀嚼中枢は食品の物理的性状（テクスチャー）に関わりなく、咀嚼周期を一定に保つように作動している。
- ③咬合力は歯根膜により受容された食品のテクスチャーに応じて長潜時の反射により調節される。
- ④硬い食品を噛んだときには、歯根膜を介して誘発される短潜時の閉口筋抑制性反射が作動し、咬合力を調節している。

以上まとめると、咀嚼運動は脳幹網様体にある咀嚼中枢が上位中枢により活性化され、基本的な咀嚼パターンを発生する。このパターンに従い、咀嚼筋が活動しリズムカルな咀嚼運動が遂行される。この際、食品のテクスチャーは閉口時に歯根膜により受容され、上位中枢に伝達され、閉口筋にフィードバックされる。ここでは多分

大脳皮質が関与する長潜時反射により、必要な咬合力を発生させているのであろう。軟らかで均一な食品を咀嚼する際には、歯根膜には咀嚼運動に一致した周期的な圧変化が加わり、これは運動軌跡にも筋電図にも安定した周期運動として反映される。しかし、硬い食品を咀嚼する際には、歯列に加わる負荷が各周期ごとに変化するもので短潜時の抑制性反射により閉口筋の発生する咬合力を瞬時に調節している。

以上、これまでの研究結果を中心に咬合力の反射性抑制機構について解説したが、次に現在進行中の咬合力発生における γ 運動神経の関与を示唆する研究結果を紹介する。

咀嚼時に生ずる末梢性感覚情報には大きく歯根膜からのものと咀嚼筋筋紡錘からのものがあげられる。我々はこのうち筋紡錘からのものに着目して前述の無麻酔・無拘束のウサギより、咀嚼時の単一筋紡錘感覚神経細胞活動の記録を行なっている。筋紡錘は周知の通り伸展受容器であって、筋が伸長されたときに発火する。例えば、麻酔下の動物で顎を受動的に開閉口方向に動かした場合には、開口時にのみ筋紡錘は発火する。しかし、実際の咀嚼時には筋紡錘は開口時のみならず閉口時にも発火する。さらに閉口時の発火頻度は食物の性状によって異なり、硬い食物を咀嚼したときの方が高い発火頻度を示すことが明らかになった。筋紡錘の発火によって下顎張反射と呼ばれる閉口反射が誘発される。開口時には、閉口筋運動神経は咀嚼中枢から抑制性の入力を受けているため、開口時の筋紡錘の発火は下顎張反射を生じない。これに対して閉口時には閉口筋運動神経は咀嚼中枢から興奮性の入力を受けており、下顎張反射が起きやすい状態になっていると考えられる。つまり、硬い食物を咀嚼した際には、閉口時により強い下顎張反射が生じることになり、咀嚼力を増強させることとなる。閉口時の筋紡錘の発火の背景には錘内筋の収縮をつかさどり筋紡錘の感度を調節している γ 運動神経活動がある。この点について、現在最も認められているのが、ロンドン大学のTaylor教授らの提唱したTemporal template説である。

Taylor教授らは γ 運動神経はあらかじめ設定された運動の目標値に従って活動していると仮定している。これによれば、食物と歯の接触によって閉口運動が阻害された場合には、錘外筋と錘内筋の収縮に意図せぬ差が生じる。この結果筋紡錘の発火が生じ、前述の下顎張反射が誘発され、より強い閉口筋活動が起こり、咬合力が増強される。つまりこの機構だけである程度の咬合力調節ができる。歯根膜感覚を失った無歯顎者でも食品の性状

に応じてかなりの咬合力調節を反射性に行うことができることもこの説を支持する間接的な証拠となっている。しかし、実際の咀嚼時に γ 運動神経がどのように活動しているのかについては、現在のところほとんど分かっていない。これは、覚醒動物から直接咀嚼時の γ 運動神経活動を記録することが困難であるために、筋紡錘の発火活動の観察など間接的な方法を用いて γ 運動神経活動を推測する方法を採らざるを得ないからである。この点について明らかにすることが今後の課題である。

参考文献

- Haraguchi, Yamada, et al.: Brain Res. Bull., 35: 93-95, 1994.
Yamada and Haraguchi: Brain Res., 669: 86-92, 1995.
Yamada and Yamamura: Brain Res., in press.
Taylor, Appenteng and Morimoto: Can. J. Physiol. Pharmacol., 59: 636-644, 1981.