

最近のトピックス

咀嚼を考える  
Further insights into masticatory movements

新潟大学大学院医歯学総合研究科 口腔生命科学専攻  
摂食環境制御学講座 口腔生理学分野  
山田 好秋、黒瀬 雅之、山村 健介  
Division of Oral Physiology  
Department of Oral Biological Science  
Niigata University Graduate School of Medical  
and Dental Sciences  
Yoshiaki Yamada, Masayuki Kurose,  
Kensuke Yamamura

栄養の口腔摂取という概念からすると咀嚼と嚥下は切り離して考えることはできない。咀嚼も嚥下も食物摂取・咀嚼・食塊の口腔内移送・嚥下で構成される一連の摂食行動の一部である<sup>1,2)</sup>。しかし、Magendie<sup>3)</sup>が口腔期・咽頭期・食道期で構成される嚥下の概念を打ち立てて以来、嚥下は咀嚼から切り離されて研究されてきた<sup>4,5)</sup>

一方、高齢社会を迎え、咀嚼や嚥下機能の障害が注目され、嚥下造影 (videofluorography:VF) の有効性が認められるにつれ、VF による摂食行動の研究が盛んになった<sup>6)</sup>。新潟大学歯学部にはかなり以前より顎関節を撮影するために高性能のレントゲンビデオ装置が設置されていた。この装置は嚥下造影 (Videofluorography) に最適であり、これまでも嚥下に関する多くの研究成果を生み出してきた<sup>7-9)</sup>。

私たち現代人の食事は調理され、軟らかな食物が増えたため、一回の食事に要する咀嚼回数が減少していると

指摘がある。事実、日本人の主食である米飯は、一粒一粒は小さく軟らかで、茶漬けで食べればほとんど噛まずに食べられる。しかし、よく噛んで食べる人でも、ご飯粒を全てモチのようにすりつぶしてから飲み込んでいるわけではない。健常者の場合、米飯を噛まずにそのまま飲み込むことは通常はない。必ず一回はこれを噛み、舌でかき混ぜて食物の性状を調べている。そして、この性状を調べること(口腔内認知機構)が、美味しさを感じることもつながっている。調理により消化の良い食物が増えても、これを味わうためには口の中で食物を移動させることが必要で、さらに味や食感を楽しむ行為としての「噛む動作」は「食物の安全を確認する動作」でもあり、省くことはできない。

咀嚼は歯列を使って食物を粉碎し嚥下に適した物性に処理する運動であり、歯科医療従事者にとって口腔機能の代名詞的に取り扱われ、歯列を回復することが歯科医療の重要な治療ととらえられてきた。しかし、歯列の回復に注目が集まった結果、咬合や咀嚼運動の制御機構の解明に研究の主眼が置かれ、いつしか負荷としての食物が置き去りにされた感がある。咀嚼の意義は食物の粉碎だけでなく、唾液と食塊を混和することで嚥下に適した物性に調整する機能も重要である。また、視覚を使えない口腔内で食物の物性や位置を認知し、これを口腔前方から咽頭へ移送する際の食塊処理機構を知ることは重要であるが、その研究は遅れていた。

最近、我々は日本人の主食である米飯を試験食品として摂食行動を観察し、興味ある知見を得たのでここに紹介する<sup>8)</sup>。実験は棒状に成形した米飯を被験者に自由に摂取・咀嚼・嚥下するように指示し、VF にて 25 コマ / 秒の速度で記録後、VF のコマごとに下顎開閉運動(切歯間距離)、舌運動・嚥下関連事象・食塊量およびその動きとして計測し、時系列解析した。

食物摂取時の口腔運動

安静時、ヒトは口唇を閉じ、下顎を安静咬合位に保つ(図2- )。食物を手にしてこれを摂取しようとする時、まず随意運動で手にした食物を口に近づける。すると、手の動きに同期して口唇が開き(図2- ),舌が食物を迎え入れるかのように舌尖を口唇の近くまで突出させる(図2- )。やがて舌尖が食物と口唇の位置で接触するまで接近すると舌は突出を止め、今度は食物を口腔内へ誘導するかのように後退し始める。一口量の食物が口腔内に取り込まれたと判断すると、下顎は閉口し同時に切歯で食物を咬断する。この過程をVFで観察した結果、一口量は個人間で差があるものの、個人個人の一口量は

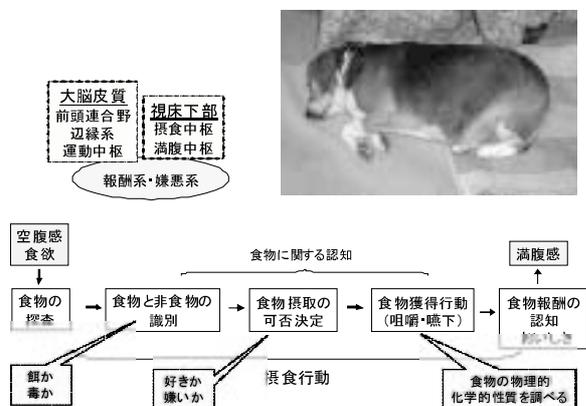


図 1

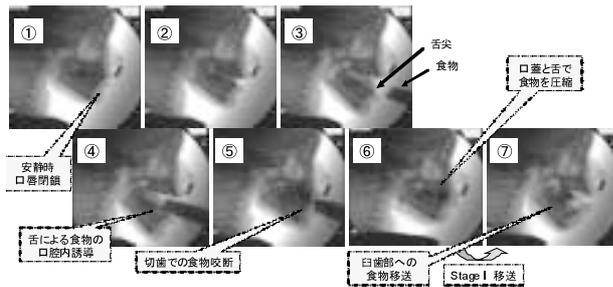


図 2

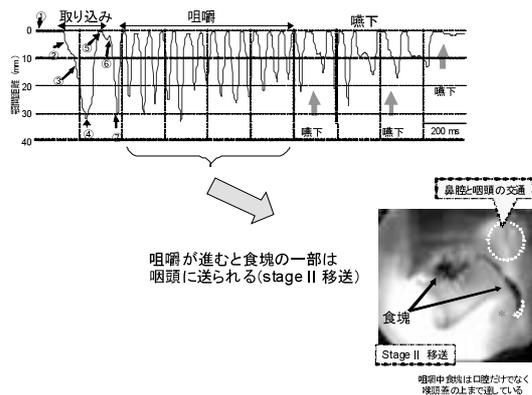


図 3

一定していることがわかった。おそらく一口量は、食物の口腔内摂取時に舌が食物を口腔内に誘導する際の舌の移動量として舌の固有受容器で計測されるのであろう。舌はその運動機能だけでなく、その運動性と組み合わせられた感覚器官としても重要な組織であることが伺える。しかし、この口腔運動も個人の経験に基づき実行されるものであり、試験食品の種類によっては異なる結果が出ると予想される。

切り取られた食塊は舌がこれを受け取り再び口腔内の食物認知が行われる。まず、舌と口蓋前方で食物を圧縮しその物性を評価する(図2-)。図3に図2の画像に対応した下顎運動軌跡を時系列表示した。 から までの食物摂取・stage I 移送過程において、食物を圧縮してその物性を評価する過程は、大きく開口し食物を切り取った( - ) 閉口過程から少し開口し、すぐに小さな閉口過程( ) がこれに続くことが観察される。プリンや豆腐のような軟らかな食物であればそのまま舌と口蓋で圧縮して粉碎するが、ある程度硬ければこれを臼歯部に移送する(stage I 移送: 図2-)。この過程を下顎開閉運動で観察すると下顎の開閉運動に舌運動が組み合わせられた口腔運動であることが理解できる。

Stage I 移送の後、食物は上下の歯列により粉碎処理すなわち咀嚼される。もっとも、食物を見た瞬間から硬いと判断され、かつ実際に口唇や舌に触れた感覚で十分

硬いと判断された食物はすぐに臼歯部に運ばれ、ここで粉碎処理される( )。舌と口蓋による食物認知ならびに粉碎機序については Arai and Yamada<sup>7)</sup>により以前に報告されているが、咀嚼という概念は必ずしも歯列による粉碎だけでなく舌と口蓋による粉碎にも広げておく必要をあらためて強調しておきたい。

### 咀嚼

咀嚼時には舌は、下顎の開閉運動に伴いリズムカルに動く。舌は閉口相では犬歯後方に食塊を保持し、咬合相にかけて歯列咬合面で食物を粉碎する。この間、粉碎された食物の一部は咀嚼中に口腔から中咽頭へ移送される(stage II 移送)。Stage II 移送は単発的な事象ではない。VFでの観察の結果、stage II 移送は舌と口蓋がリズムカルな咀嚼運動に伴いその敏感な感覚機能と繊細な運動機能を駆使して実行されることが明らかとなった。その過程の中で、咀嚼中の食物の一部が十分粉碎されたと判断されると、まず舌尖が切歯乳頭部に接触し、閉口相の後半に口蓋の切歯付近で食塊の一部を集める。咬合相では舌背が下降し、舌背は咬合平面に対して平坦となる。開口相初期には、舌は硬口蓋に向け上後方に押しつけられ、食塊を中咽頭に押し出す。このようにして、咀嚼された食物の一部は中咽頭に送られ嚥下が誘発されるまでここに溜められる。この stage II 移送が繰り返される結果、中咽頭に食塊が集積し、やがて嚥下が誘発される。しかし、嚥下に先立ちどの程度の食塊が中咽頭に集積するかは個人間で異なると共に、食物の物性によっても異なる。

従来、咀嚼の間、食塊は口峡で境される口腔内で処理され、食塊が少しでも咽頭に送り込まればこれが刺激となって嚥下が誘発されると考えられてきた。しかし、この概念は健康診断で経験されるように、主に液体をコップから口腔内に摂取する際の嚥下を想定したものである。咀嚼時の嚥下をVFで観察する機会が増えるに従いこの概念は大きく変化した。すなわち、咀嚼の途中でも食塊の物性によってはその一部は中咽頭まで達しており、咀嚼運動は口腔だけでなく咽頭腔を含む広い範囲を使って実行されることを理解してほしい。

何回かの咀嚼の後嚥下に十分な量の食物が咀嚼されたと判断されると口腔咽頭期に移行する。しかし、重要なことは一口量の食物は1回の嚥下でそのすべてが口腔から食道へ送り込まれるのではなく、口腔内の食塊は2-3回に分けて嚥下される(図2: 上向き大きな矢印)という事実である。しかも、米飯咀嚼の場合には一口量に対して嚥下回数が3回を超えることはなかった。

最後に、ここに紹介したように、VFを使用して摂食時の口腔内運動を観察すると従来筋電図や下顎運動記録装置で観察してきた運動とは異なる負荷としての食塊動態や軟口蓋・舌などの記録困難な組織の運動も同時に観

察できる。昨年度に VF を新しい機種に更新し，パソコンとの連動も容易になった。この分野への内視鏡の導入も進んでおり，今後さらに研究が進むことを期待したい。

### 図の説明

#### 図 1 . 摂食・嚥下の神経機構

摂食行動は主に動機である食欲により駆り立てられ栄養が補給されるまで持続する。この間，咀嚼は食物の粉碎や唾液との混和を通して嚥下に適した物性に加工する処理過程であるが，同時に食物の安全を確認する口腔内認知過程でもある。

#### 図 2 . 食物の口腔内摂取過程

VF にて記録した米飯自由摂食時の口腔内摂取過程。  
～ までは図 3 に示す下顎運動の時系列表示に付した番号と一致する。食物摂取時には舌が重要な役割を演じている。

#### 図 3 . 米飯自由摂取時の摂食行動全過程

米飯自由摂取時の下顎運動軌跡。開口量は VF 記録から計測し，時系列に変換した。自由摂取時の一口量は 2 - 3 回の嚥下により口腔から咽頭に送り込まれる。嚥下前であっても咀嚼の進行に伴い食塊の一部は中咽頭に移送されている (stage II 移送)。

### 参考文献

- 1 . Thexton AJ, Crompton AW. The control of swallowing. In: Linden RA, editor. The scientific

- basis of eating. Basel; Larger, p. 168-222. 1998.
- 2 . Ootaki S, Yamamura K, Inoue M, Amarasena JK, Kurose M, Yamada Y. Activity of peri-oral facial muscles and its coordination with jaw muscles during ingestive behavior in awake rabbits. Brain Res, 1001: 22-36, 2004.
- 3 . Magendie F. MD Thesis, Paris. Cited in Magendie F. Precis elementaire de Physiologie; Tome 2. Paris, 1808, 1936.
- 4 . Curtis DJ, Cruss DF, Dachmann AH, Maso E. Timing in the normal pharyngeal swallow. Invest Radiol; 19: 523-529, 1984.
- 5 . Logemann JA, Bytell DE. Swallowing disorders in three types of head and neck surgical patients. Cancer, 44: 1095-1105, 1979.
- 6 . Palmer JB, Rudin NJ, Lara G, Crompton AW. Coordination of mastication and swallowing. Dysphagia, 7: 187-200, 1997.
- 7 . Arai E, Yamada Y. Effect of the texture of food on the masticatory process. Jpn J Oral Biol; 35: 312-322, 1993.
- 8 . Okada A, Honma M, Nomura Y, Yamada Y. Oral behavior from food intake until terminal swallow. Physiol Behav, 90: 172-179, 2007.
- 9 . Honma M, Okada A, Nomura S, Inoue M, Yamada Y. Relation between Bolus Size and Hyoid Movement during Normal Ingestion in Humans. J Oral Biosci, 49 (3):180-189, 2007.