

つの進化は、調理により食物が軟らかく加工され、噛むという機械的な粉砕が必要なくなってきたことと合致します。

Lucus ら (2006) は、口腔内での食物の物理処理は腸での消化処理よりずっと重要であると指摘しています。一般的に、消化器官を研究する際には胃や腸での消化に重きが置かれますが、咀嚼による物理的な消化の進化にも目を向ける必要があります。進化の過程でヒトを含む哺乳動物は食物の物理的性状に適応するため、歯の形状およびその大きさを変化させてきました。歯としては一番小さいのですが、切歯はその形と生える方向（植立方向）からその動物が食べる食物を想像できるそうです。大型の類人猿が使っている道具のほとんど、そして人類が古い時代に使った簡素な道具の多くは、食物の収集と調理に便利な形に作られてきました。現代人の顎顔面形態はほぼそりし、脆弱であり、そのため咀嚼力は弱い、というのが歯学を含めての定説となっています。しかし一方で、ヒトの歯のエナメル質の厚みや歯根面積の大きさは、弱いと考えられる咀嚼力には不似合いで、他の霊長類と比べても咀嚼力が大きいことを示唆しています。すなわち、ヒトは咀嚼力を発揮するのに効率的な形の頭とあご（顎）をもって、小さい筋力で、他の霊長類と同等の咀嚼力を発揮できるというわけです。ヒトの歯の形態はこれに適応しているわけで、その体の大きさを考慮すると、咀嚼にとって大変効率のよい形態をしていることとなります。

## 4 嚥下とこれに適した食塊の物性

食品学的には咀嚼は消化の第一歩です。まず咀嚼により食物を嚥下や消化に適した物性に調整します。口の中で食物を咀嚼し食塊を形成するまでの過程を明らかにすることは、食品学にとって重要なテーマです。初期の研究の一つは Hutchings and Lillford (1988) によるもので、咀嚼と食塊形成を3つのパラメータ（食物の組成・滑らかさ・時間）で評価しています。これらは食物が口腔内で処理される過程の順序を基準に考えられたものです。

### 1) 食塊

咀嚼の重要な機能の一つは単に食物を粉砕することだけでなく、基本的には唾液を主体とした液体と混ぜ合わせて食片を凝集性のある塊にまとめることです。これがいわゆる嚥下に適した**食塊**です。口に入れた食物にはご飯・ジャガイモ・ニンジン・肉など物性の異なる食材が混在しています。このままでは飲み込むのが困難なので、歯を使って切る・叩きつぶす・すりつぶす、などの物理的な操作でこれらを細かな食片にします。残念ながら細かくしただけではまだ飲み込めません。咀嚼運動では食片に

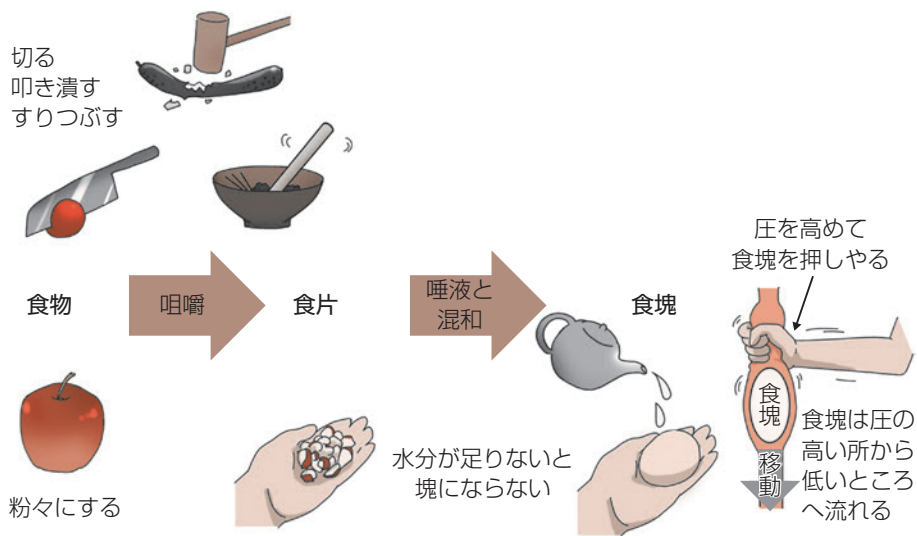


図 4-13 食物・食片・食塊

唾液を混ぜて少し粘りけのある液体に近づけます。食物が粉碎されると味や香りが出てきます。食物の味やテクスチャーが口腔感覚で感じられ、脳に伝えられて咀嚼に影響を及ぼします。唾液中のムチンは食物と混ぜられ、嚥下が容易になるように食物に凝集性をあたえ、滑りをよくします。咀嚼が進むと、食片が食物の粘着力によってまとめられ食塊となります（図 4-13）。

## 2) 食塊の移送

食物は胃・腸などの消化管の中をどろどろに溶けた液状の栄養物として流れます。しかし、口に入ったばかりの食物はその時点ではかなり乾燥していて、食物を粉碎して食片として口から咽頭に移送するのは結構大変です。咀嚼は唾液と混ぜて食塊を作ること、口から始まる消化器官内を食物がスムーズに流れるようにしています。

食塊は口の中で作られます。液体でない限り口の中の食塊はそのままではのど（咽頭）になかなか動いてくれません。その証拠に、高齢者など舌の力が衰えた人は飲み込むとき頭を後ろに傾けて、重力を利用して食塊を後ろに送っています。普通、食塊は唇・舌・頬・口蓋の筋が食塊を絞るようにして咽頭に送り出します。咽頭は筋でできた袋みたいなもので、筋が咽頭の上を絞り、下の方の力を抜けば、圧の差ができるので、食塊はその圧の差にしたがって下に押しやられます（図 4-13、右）。若い人で筋力が強ければこの圧が強いので十分咀嚼しなくても嚥下できます。しかし、高齢者や寝たきり者では困難となることがあります。嚥下時に食塊を滑らかに流すためには十分粉碎し、唾液と混ぜる必要があります。試しに一口量の食物をずーっと噛み続け

てください。いつの間にか口の中から食べ物がなくなっていないですか。食物がどろどろになって、液体のように流れていったのです。

### 3) 嚥下に適した物性

ほとんどの食材で生（なま）の食物片を互にくっつけるのは困難です。ある種の葉は表面が超疎水性（水となじみにくい性質）で、明らかに接着性はありません。したがって、粉碎しても互にくっつきません。たとえば、生のほうれん草を刻んでみます。単に細かくしても塊になりません。しかし、口の中で咀嚼すると、粉碎されたほうれん草に唾液が混じり、互にくっつくようになります。この食塊として「ひとかたまり」にまとまったことを口腔感覚が感知したとき嚥下は誘発されます。

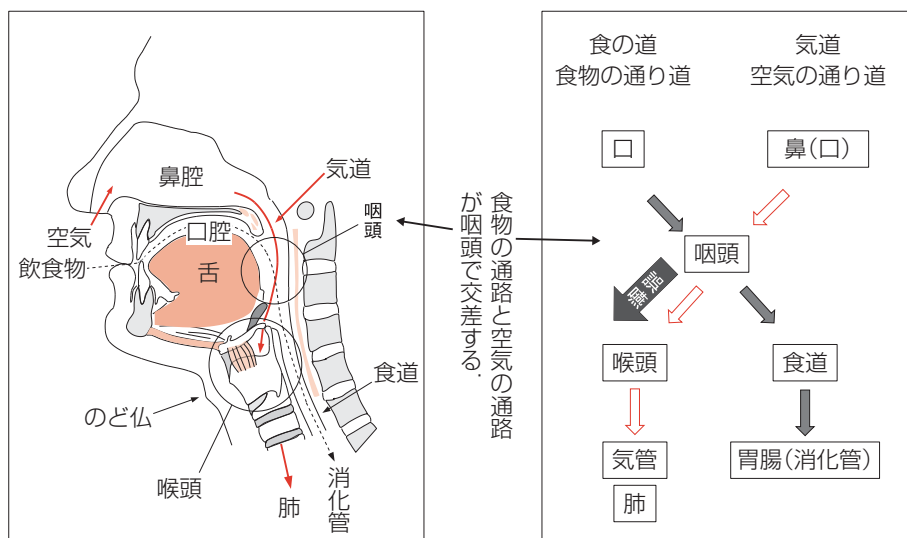
嚥下の誘発には食塊が感覚受容器を刺激することが必要です。Peyronら（2011）は麦のフレークシリアルを使って食片／食塊の物性変化とこれらの食物の感覚特性を研究しています。その研究の中で、もろさ brittleness／クリスプ性 crispness／乾燥性 dryness／砂のような grittiness／硬さ hardness／淡泊さ lightness／粘着性 stickiness などのテクスチャプロファイルの中で、**粘着性**が嚥下の直前にもっとも感受性の高い感覚で、粘着性こそが食物の咀嚼中に嚥下を誘発する主な感覚であると結論しています。

### 4) むせと誤嚥

急いで食事をした時、または考えごとをしながらコーヒーを飲んでいる時、これらの食物や飲み物が食道でなく、喉頭の方に流れてむせた経験はありませんか。咽頭は飲食物や唾液などの分泌物の通路であると同時に、空気の通路（気道）の一部でもあります（図4-14）。このため、本来食道に移送される飲食物や分泌物が誤って気道に入ることがあります。専門的には食物などが喉頭に流れ込んだとしても声門を越えない場合には‘喉頭侵入’または‘喉頭流入’とよび、声門を越えて気管に入った場合を‘誤嚥’とよんでいます（図4-15）。

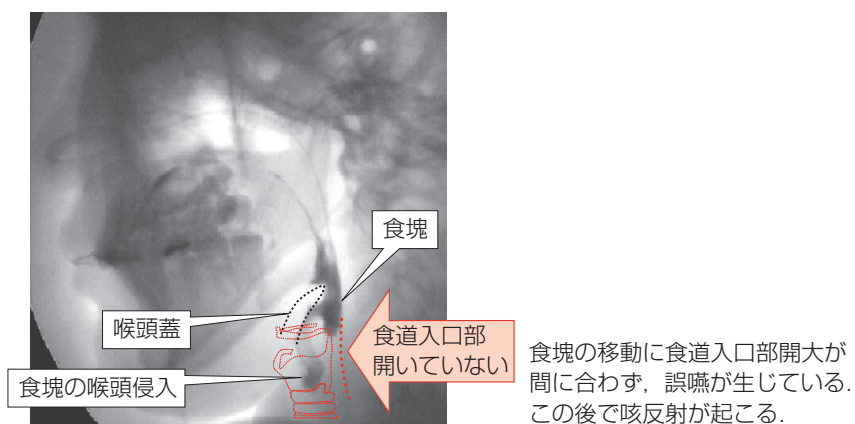
健康で若い人でも誤嚥することはありますが、むせることで食物や水は喉頭・気管からはき出され、事なきを得ます。でも、高齢でむせる力が弱くなったり、そもそもむせが出ない場合には、食物や水が気管からさらに肺の方へ進むことがあります。口の中を通った食物や水は、口の中の細菌を肺まで一緒に運び、最悪の場合には肺炎を引き起こすことがあります。これを誤嚥性肺炎とよび、最近では高齢者の死亡原因の上位に上がっています。

気管に入らないまでも、気管の入り口を詰まらせることもあります。子どもや高齢者ははき出す力が弱いので、餅などをのどに詰まらせると最悪の場合窒息することも



(左図；山田好秋：よくわかる摂食・嚥下のメカニズム 第2版. p.85, 医歯薬出版, 2013)

図 4-14 食物と空気の通り道



(山田好秋：よくわかる摂食・嚥下のメカニズム 第2版. p.135, 医歯薬出版, 2013)

図 4-15 誤嚥

あります。

## 5) 経管栄養

健常者の多くにとっては、嚥下は意識しないで自動的に実行されるあたりまえの動作で、あまり問題（障害）を起こすことはありません。しかし、高齢者・乳児・嚥下障害患者・術後回復期の患者，などでは嚥下は困難で危険を伴う動作です。嚥下できなければ口から食べて栄養を摂ることができず，チューブを使って液状の栄養物を胃

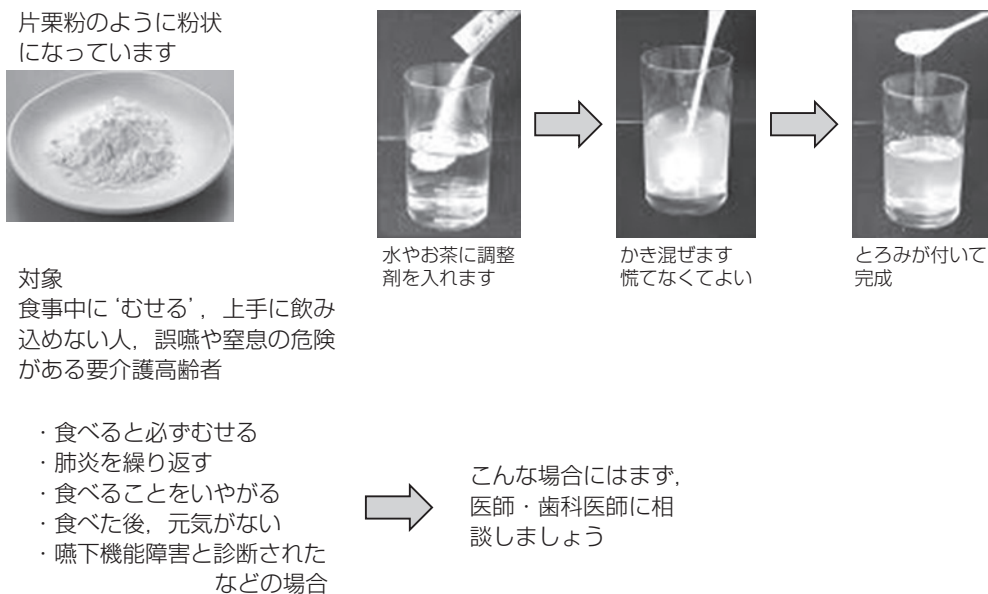


図 4-16 調整食品（とろみ剤）





や腸に流し込むこととなります。これを**経管栄養**とよびます。この方法でないと栄養補給ができない場合には仕方ありませんが、この方法はむやみに使うと口から食べる喜びを奪うこととなります。目が覚めたら病室で鼻からチューブが入れられ、何やら液体が流し込まれている自分を想像してみてください。悲しくなると思います。経管栄養でないと栄養がとれない場合でも、口から水などをなめて楽しむだけでも生活の質は向上します。

## 6) とろみ剤（調整食品）

飲み込む機能に障害をもった人たちの生活の質を守るため、栄養だけでなく味や安全を損なわない、質の高い食品の開発が進んでいます。そのおかげで近年ではこれらの要件を勘案した食品や調理方法がたくさん出回っています。

水などの液体は誤嚥しやすいのですが、とろみを付けると飲み込みやすくなります。日本では昔から片栗粉がとろみを付ける食材として使われてきましたが、患者さんに適したとろみを付けられるように、粉末に加工した商品があります。主に増粘多糖類でできた調整食品で、一般には**とろみ剤**とよばれます（図 4-16）。

とろみ剤の多くは粉末ですから水・牛乳・ジュース・スープなどの液状の食材にスプーンなどで混ぜながら少しずつ加えてゆきます。液体が熱湯など熱いとダメになるので気をつけてください。混ぜると数分で安定したとろみがつけられます（図 4-17）。

とろみの強さ	++++	++++	+++++	+++++
とろみのイメージ	フレンチドレッシング状	とんかつソース状	ケチャップ状	マヨネーズ状
イメージ図				
使用量の目安 水・お茶 100mlあたり		← 1g →	← 2g →	← 3g →

(日本介護食品協議会：ユニバーサルデザインフード—とろみの目安表示例. [http://www.udf.jp/about\\_udf/section\\_05.html](http://www.udf.jp/about_udf/section_05.html) accessed 2015-8-10)

図 4-17 とろみの目安

とろみ剤自体には味はありません。素材の味や香りを活かしたとろみ付けに利用できます。また、健康な人がとろみ剤を使った料理を食べてもおいしさを感じないか、むしろおいしくないかもしれません。しかし、飲み込みに問題のある患者さんにとってはむせずに飲み込めることで安心して食事ができますし、安心から生まれる別のおいしさがあります。おしっこが近くなるのがいやだと言って水を控える高齢者がいますが、熱中症など、水分の不足が高齢者では特に問題となっています。高齢者の水分不足には十分注意してください。

#### 参考文献・図書

- 1) Oka K, Sakurae A, Fujise T, Yoshimatsu H, Sakata T, Nakata M : Food texture differences affect energy metabolism in rats. J Dent Res, 82 (6) : 491-494, 2003.
- 2) 日本咀嚼学会 編：咀嚼の本. 口腔保健協会, 東京, 2006.
- 3) Szczesniak AS and Kleyn DH : Consumer awareness of texture and other food attributes. Food Technol, 17 : 74-79, 1963.
- 4) 松本幸雄：食品の物性とは何か. 弘学出版, 東京, 1993.
- 5) 熊谷 仁, 熊谷日登美, 荻原知明：食品工学における物性そして水. 日本食品工学会誌, 9 (2) : 79-89, 2008.
- 6) 松本伸子, 松元文字：食べ物の味. 調理科学, 10 (2) : 97-101, 1977.
- 7) Wrangham R 著, 依田卓巳 訳：火の賜物—ヒトは料理で進化した. NTT 出版, 東京, 2010.
- 8) Stedman HH, Kozyak BW, Nelson A, Thesier DM, Su LT, Low DW, Bridges CR, et al : Myosin gene mutation correlates with anatomical changes in the human lineage. Nature, 428 : 415-418, 2004.
- 9) Lucas PW, Ang KY, Sui Z, Agrawal KR, Prinz JF, Dominy NJ : A brief review of the recent evolution of the human mouth in physiological and nutritional contexts. Physiol Behav, 89 (1) : 36-38, 2006.
- 10) 佐々木啓一：咬合面とは その機能と形態. 日補綴会誌 Ann Jpn Prosthodont Soc, 5 : 3-7,