

原 著

咀嚼側および咀嚼回数の偏向状態の計測を試行する

河野正司, 小林 梢, 水橋庸子, 市川伸彦, 木竜 徹¹, 黒崎康文¹明倫短期大学 附属歯科診療所, ¹新潟大学工学部

Trial Measurement of Chewing Strokes and Sides during Mastication

Shoji Kohno, Kozue Kobayashi, Youko Mizuhashi, Nobuhiko Ichikawa, Tohru Kiryu¹, Yashufumi Kurosaki¹Meirin College Dental Clinic, ¹Niigata University Faculty of Engineering

ヒトの食物の粉碎・咀嚼から食塊形成を経て嚥下に至る過程は、一側で数回噛むと咀嚼側を変えて反対側の歯列で噛み、また咀嚼側を乗り換えながら咀嚼が進行していく。一方、顎口腔器官に異常状態が生じると、食物の咀嚼回数と咀嚼側の偏向が生じることが考えられる。

そこで診療室のチェアサイドで、咀嚼側の偏向状態を簡便かつ正確に計測できるシステムを開発し、咀嚼側偏向と顎口腔器官の健康状態および口腔内組織の衛生状態との関係を明らかにすることは、患者さんの歯科治療方針の決定に大きく資すると考え、チェアサイドで容易に使用可能な咀嚼回数および咀嚼側測定装置の開発を試みた。

キーワード：口腔機能診断, 咀嚼回数, 咀嚼側の偏向

Keywords: Diagnosis of Oral Disease, Chewing Strokes, Chewing Side

I. はじめに

1. 咀嚼回数と健康・歯科疾患との関係

咀嚼行動は、食物を摂取して粉碎し、唾液と混和して食塊形成する一連の過程であり、この間に観察できる咀嚼回数は、食品の量、性状に加え、現在歯数、唾液分泌能等の歯・口腔環境の影響を受けている。

咀嚼能力は現在歯数が多ければ高くなるであろうが、現存する歯の健康状態に問題が存在しないなど、一定の状態にあることが前提となろう。この前提の元では、咀嚼能力が高ければ一定の食物を咀嚼する回数は減少する、逆相関の現象を見せている^{1,2)}。

しかし現在歯数が減少すると、咀嚼能力の低下による代償行為として咀嚼回数が増加する可能性が認められる³⁾。

一方、「よく噛めない」という咀嚼器官に何らかの原因が存在すると、咀嚼回数の減少が生じてくる。う蝕や歯周病罹患歯の存在、咬合異常などによって、咀嚼回数は減少して咀嚼能力が低下することは容易

に想像できる。

このように咀嚼回数の減少は咀嚼能力の低下を招来し、栄養摂取に悪影響を与える一方で、「早食いである」「よく噛まないで飲み込む」といった咀嚼回数の低下を示す食行動は肥満に繋がることも指摘されている⁴⁾。

2. 咀嚼側の偏向と健康・歯科疾患との関係

雑食性であるヒトの歯列・咬合は、下顎が外側から内側へ動き一側の上下臼歯列を使って食物を粉碎しながら、固有口腔の舌背上に食物を移送する形態を示している⁵⁾。

食物の粉碎・咀嚼から食塊形成を経て嚥下に至る一連の過程を観察すると、一側で数回噛むと咀嚼側を変えて反対側の歯列で噛み、また咀嚼側を乗り換えながら咀嚼が進行していく。決して一側の歯列のみを使って咀嚼するのではなく、左右側の歯列を交互に使用しながら嚥下に至っている⁶⁾。

すなわち、ヒトの咀嚼は左右両側の歯列を交互に

使って行われている。このように交互に咀嚼側を変更するヒト固有の咀嚼行動である「自由咀嚼」に対して、片側歯列における歯牙欠損や習癖などのために、左右側のどちらか一侧でしか咀嚼しない咀嚼側の偏向状態を示す「片側咀嚼」が存在している。

片側咀嚼を長期間続けていると、顎態と顔面の形状に歪みが生じて顔面は咀嚼の行い難い側に変形し、口唇が傾斜するなどの形態変化がみられる。

さらに咀嚼機能の面において、自由咀嚼と片側咀嚼の間には種々の差異がみられる。被検者を116名とした報告によると、初回嚙下までの咀嚼回数は、自由咀嚼が片側咀嚼より10%程度少なく、片側咀嚼は自由咀嚼より多くの咀嚼回数を要することが明らかとなっている²⁾。

3. 咀嚼の偏向状態と顎口腔器官の異常

左右歯列を交互に乗り換えた自由咀嚼が何らかの原因で困難になると、片側歯列を多用する咀嚼側の偏向した食品粉碎行動をとると考えられる。

咀嚼が一側に偏向すると、粉碎食品が口腔前庭部に貯留・残留し、口腔内の自浄作用が低下してくる^{2,6)}。この現象によって、全身的な抵抗力が低下している高齢者では、う蝕や歯周病などの歯の疾患の発症のみでなく、誤嚥性肺炎発症のリスクが高まってくる⁷⁾。

このように咀嚼側の偏向状態が顎口腔器官の種々な異常状態と関連があることから、咀嚼時の咀嚼回数と咀嚼側の偏向から、口腔組織の衛生状態の維持に資する情報が得られると考えられる。

そこで診療室のチェアサイドで、咀嚼側の偏向状態を簡便かつ正確に計測できるシステムを開発し、咀嚼側偏向と顎口腔器官の健康状態および口腔内組織の衛生状態との関係を明らかにすることは、患者さんの歯科治療方針の決定に大きく資すると考えられる。

II. 咀嚼回数および咀嚼側計測法について

咀嚼回数の計測法については種々のものが考えられるが、計測の正確さに加えて、被験者の咀嚼行動を阻害しない、さらには診療室のチェアサイドで簡便に使用できる術式であることが求められる。

1. 考えられる計測法

1) 目視あるいは自己申告法

被験者自ら咀嚼回数を数え申告する、あるいは観

察者が目視による下顎運動観察から回数測定する¹⁾ことができる。しかし、種々の外乱による影響を受けやすく、客観性に乏しく信頼度が低い。さらに咀嚼側の判定が困難である欠点がある。

2) 下顎運動記録法

咀嚼時の下顎運動を歯列に装着した測定装置により記録することで、正確な咀嚼回数を得られる。しかし、顎運動測定には図1のごとく歯列に大きな計測装置を装着する必要がある。この装置は利便性に欠け、臨床の場での使用が咀嚼行動の障害になる可能性もある。

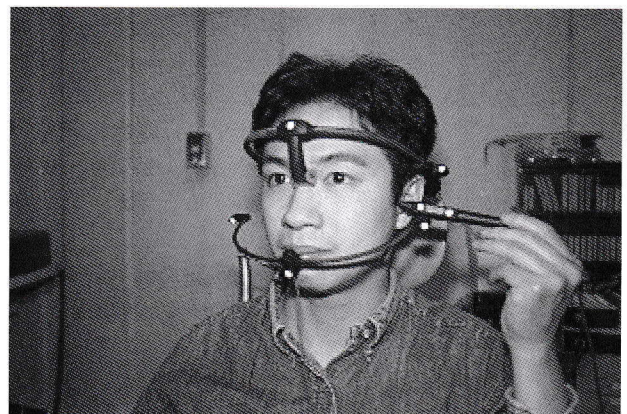


図1 下顎運動測定法

運動記録の基準となる上顎と、それに対して運動する下顎それぞれに測定装置を装着する必要がある。咀嚼行動の障害になる可能性がある。

簡便な方法として、外耳道に挿入したイヤホンにより下顎運動を記録し、そこから咀嚼回数を計測する方法も試みられている⁸⁾。これによれば、被験者の拘束は少なく咀嚼回数の計測可能であるが、咀嚼側の判定は困難であろう。

3) 顎運動の作動源から咀嚼回数を求める

下顎運動は上下顎間に走行する咀嚼筋の活動によって行われていることから、咀嚼時に下顎を動かしている閉口筋の活動を記録することで、咀嚼回数の測定は可能となるであろう(図2)。

2. 咬筋活動記録より咀嚼回数を求める

咀嚼時に下顎の作動源となっている閉口筋のうち、顔面表層に存在する咀嚼筋である左右側咬筋の活動電位を表面筋電図として記録し、筋活動電位波形のピーク数から咀嚼回数を計測する方法である(図2)。

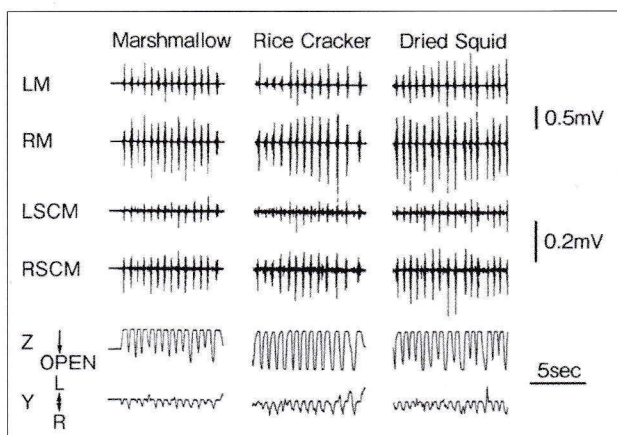


図2 食品咀嚼時の筋電図および下顎運動記録

硬さの異なる食品、マシュマロ、せんべい、さきいかを右側で咀嚼した記録を示す。食品の硬度は右方に向かうに従い増加するが、それに伴い筋活動の振幅も増大して大きな咬合力を発揮している。この現象は左右側咬筋 (LM RM) と同様に胸鎖乳突筋 (LSCM, RSCM) にも認められている。

下段に示す咀嚼運動の閉口時記録に同期して、筋電図上には大きなピークが出現している。このピーク数が咀嚼回数を示している。

LM: 左側咬筋, RM: 右側咬筋, LSCM: 左側胸鎖乳突筋, RSCM: 右側胸鎖乳突筋

Z: 切歯点運動上下方向, Y: 左右方向

活動電位を示す筋電図の振幅値は、咬筋の作業側 > 非作業側であると考えられるから、咀嚼側の判定も可能となる。

咬筋の筋電図記録は、測定時に被験者の咀嚼行動を阻害することがなく、無拘束の状態で、不要な恐怖感を与えることもなく実施できる長所を持つ。

III. 咬筋筋電図からの計測法⁹⁾

本研究は新潟大学工部倫理委員会の承認を得て実施した。

1. 咬筋表面筋電図 (SEMG) の記録⁹⁾

筋電図の記録は、明倫短期大学附属歯科診療所特診室で、被験者が歯科用チェアに座位を保った状態で行った。

アーチファクトの影響を抑えるためにエタノールで皮膚表面を拭い後、左右側咬筋の皮膚表面上に筋繊維方向に沿って電極間隔 1 cm で、2-bar アクティブ電極 (DELSYS/DELSYS DELSYS 社製) を専用の両面テープで貼付した (図3)。



図3 左右側咬筋の皮膚表面上に筋繊維方向に沿って電極を貼付して、表面筋電図を導出する。

計測には、USB接続A/Dコンバータ (16 [bit], 2048[Hz], National Instruments社製) で作成した筋電図計測ユニットを用いた (図4)。計測した筋電波形は、タブレットPC (Compaq Tablet PC TC1100, Hewlett Packard社製, Windows XP) 上に表示・記録し、解析はLabVIEW 8.2 (National Instruments社製) ソフトにより、またRMS波形分析にはMATLAB6.2 (Math Works社製) を用いた。

LabVIEWは計測・解析表示を一貫して、1つのソフトウェアで行えるという利点があり、本システムにおける操作性の向上が期待できる。

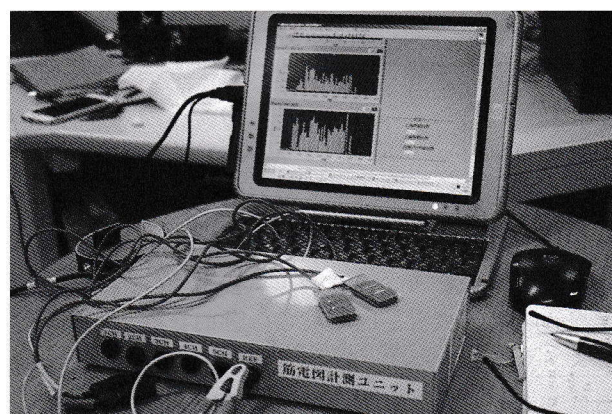


図4 筋電図計測ユニット (図中前方) により筋電位を増幅記録し、計測した筋電波形はタブレットPCで表示・保存する。

2. RMSの求め方⁹⁾

記録した筋電の原波形 (図5上2段) から、二乗平均平方根 (RMS: Root Mean Square) 波形 (図5下2段) を求め、咀嚼側と咀嚼回数を計測する方法をとった。

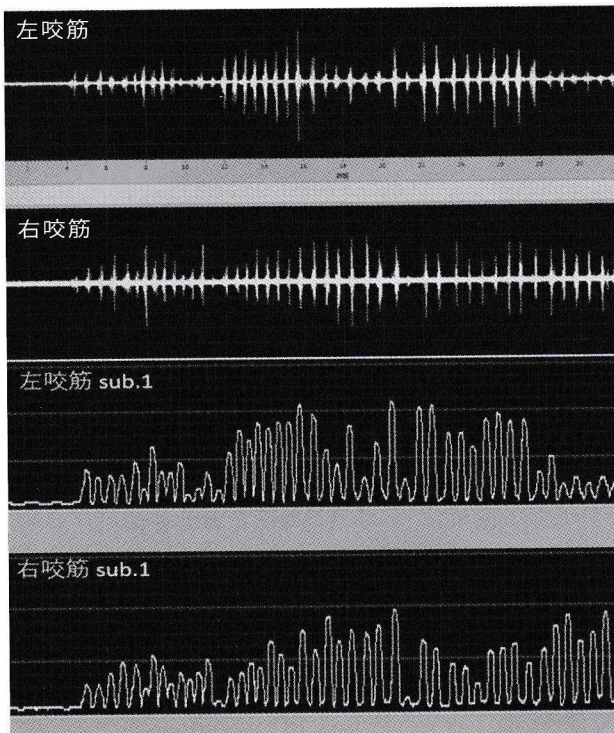


図5 記録した筋電の原波形（上2段）から、二乗平均平方根（RMS：Root Mean Square）波形（下2段）を求め、咀嚼側と咀嚼回数を計測する方法をとった。

解析対象区間でのSEMGを3次のバンドパスフィルタ（10-100 [Hz]）にかけ、ノイズを除去後、振幅情報であるRMSを式（1）で求めてRMS時系列を算出した。

$$\text{RMS}(m) = \sqrt{\frac{1}{L} \sum_{i=1}^L \text{emg}^2 \{M(m-1) + 1\}} \quad (1)$$

$$m = 1, 2, \dots, \text{int}\left(\frac{N-L}{M}\right) + 1$$

L : 解析区間長

M : シフト長

次に、左右咬筋でストローク毎の筋活動率を比較するため、算出されたRMS波形に閾値を設けてピークを検出し、ピークをもとにボトムを定め、ひとつのストロークを切り出した。

続いて最大随意収縮時（100% MVC：Maximal Voluntary Contraction）に対する筋活動率を式（2）により算出する。

$$\text{筋活動率} = \frac{\text{RMS 波形ピーク値}}{100\% \text{MVC}} \times 100 \quad (2)$$

筋活動率を左右咬筋でそれぞれ算出し、比較して値が大きい方を咀嚼側と判定する。

得られた咀嚼側ごとの咀嚼回数は、左右側のRMS波形と共にPCのモニタ上に表示した（図6）。

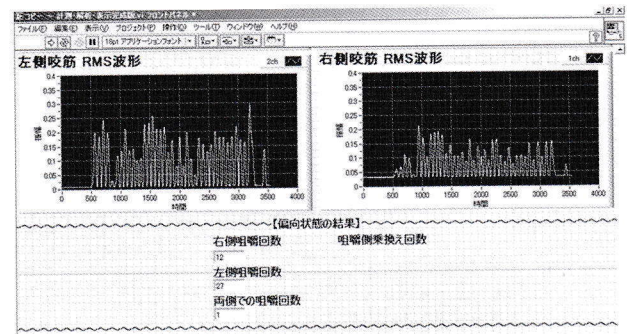


図6 左右側咬筋のRMS波形と共に、求めた咀嚼側ごとの咀嚼回数を画面上に表示した。

3. 計測法の簡易検定⁹⁾

本システムの精度を検証するために、咀嚼中の性状がほとんど変化せず、安定した咀嚼行動が行えると思われるチューイングガムを試験食品に選び、咀嚼側と回数を指定して咬筋筋電図を記録、前述の方法を使用して分析・検定した。

1) 検定方法

被験者は健常な成人男性7名、女性3名の計10名とし、事前に実験プロトコルにより実験に伴うリスク、いかなる時でも被験者の意志で実験を中止できることを説明し、承諾の上で同意書に署名をもらった。

試技の内容はSTEP1：右側だけで30回咀嚼、STEP 2：左側だけで30回咀嚼、STEP 3：咀嚼側を指示した30回咀嚼の3種類である。

2) 咀嚼側判定率

咀嚼側の判定率は（3）の式により求めた。

$$\text{判定率} = \frac{\text{筋活動率より判定した咀嚼側}}{\text{実際に指示した咀嚼側}} \times 100 \quad (3)$$

全被験者のSTEP1での平均判定率は96.1[%]だった。また、STEP2は98.2[%]、STEP3でも95.7[%]だった(表1)。

表1 判定率[%]

Subject	STEP1	STEP2	STEP3	Total
1	100	97	97	98
2	100	94	100	98
3	100	100	97	99
4	100	100	100	100
5	100	97	100	99
6	100	100	90	96.7
7	61	100	93	84.6
8	100	100	97	99
9	100	94	83	92.3
10	100	100	100	100
Mean	96.1	98.2	95.7	96.7

3) 検定結果

試技別の判定率では、表1から有意に低いものはなく、高精度かつ安定した結果が得られた。被験者別の判定率では、平均判定率の最も高い被験者4、10と最も低い被験者7では15.4[%]の差があった。これは、STEP1における被験者7の計測したデータに見られたノイズが原因と考えられる。試技や被験者によって、多少のばらつきはあるものの、このばらつきは許容できる範囲内であり、システムとして有用である。

チューイングガムは咀嚼中の性状がほとんど変化せず、安定した咀嚼行動ができることから、良好な結果が得られたと考えられる。しかし、日常摂取する食品は、咀嚼行動により粉碎されることで物理的性状が変化することから、他の被験食品を用いて本システム精度や有用性を検証する必要がある。

文 献

1. 本間 済, 河野正司, 武川友紀 et al.: 煎餅を用いた食塊形成能力からみた咀嚼能力評価法, 顎口腔機能学会雑誌, 10 (2): 151-160, 2004
2. 本間和代, 河野正司, 本間 済, 櫻井直樹: 自由咀嚼と片側咀嚼の機能的差異の検討, 補綴誌, 49: 459-468, 2005
3. 葎原明弘, 岩崎正則, 伊藤加代子: H22年度厚生労働科学研究補助金(循環器疾患等生活習慣病対策総合研究事業)研究分担報告書「咀嚼回数に関する基礎的検討」, 「咀嚼回数に関する疫学調査(新潟県上越市)」
4. 安藤雄一, 花田信弘, 柳澤繁孝: 「ゆっくりとよく噛んで食べること」は肥満予防につながるか?, ヘルスサイエンス・ヘルスケア, 8 (2): 54-63, 2008
5. 渡部厚史: 側方滑走運動による上下顎大臼歯間の接触間隙の変化, 補綴誌, 39: 517~529, 1995
6. 河野正司: 「咀嚼機能を支える臨床咬合論」一欠損補綴とインプラントのために一, p.198, p.216, 医歯薬出版, 東京, 2010
7. 米山武義, 吉田 光由, 佐々木 英忠, 橋本 賢二, 三宅 洋一郎, 向井 美恵, 渡辺 誠, 赤川 安正: 要介護高齢者に対する口腔衛生の誤嚥性肺炎予防効果に関する研究, 日本歯科医学会誌, 20: 58-68, 2001
8. 朝日新聞Digital 2014-10-22: 「かんだ回数, イヤホンで計測, ロッテガムが大学と共同開発」
9. 黒崎康文: 咀嚼の偏向状態を評価するチェアサイドフィーバックシステムの構築, 平成27年度卒業論文 新潟大学工学部福祉人間工学科