

III. 咀嚼障害評価法のガイドライン

—主として咀嚼能力検査法—

1. 咀嚼能力について

咀嚼は顎口腔系機能の主要な部分を占めており、科学的咬合治療においては、咀嚼能力の客観的な評価パラメータが必要となる。

咀嚼能力という言葉は、食物を粉碎する能力という意味から、捕食から食物を飲み込むまでの過程全部を含めた能力の意味までいろいろな意味で使用されている。英文においても同様である。ちなみに Glossary of Prosthodontic Terms の第7版では Masticatory Efficiency : the effort required achieving a standard degree of comminution と定義されている¹⁾。

1) これまでの研究における定義

これまでの研究者たちによる言葉の用法を類似用語として比較してみると下記のようなになる。

[類似用語]

咀嚼能力 (ability of mastication)²⁾ : 顎口腔系が食物を切断・破碎・粉碎し、唾液との混和を行いながら食塊を形成して、嚥下動作を開始するまでの一連の能力 (後略)。

咀嚼値 (masticatory performance)^{3,4)} : 10 メッシュの篩を通過した量のパーセント。

咀嚼能率測定 (masticatory performance)²⁾ : 規格化された試験条件で到達できる食物粉碎度の測定。

咀嚼能率 (masticatory efficiency)^{2~4)} : $20 / (\text{摂取全試料の } 78\% \text{ が } 10 \text{ メッシュの篩を通過するまでに要する咀嚼回数}) \times 100^{3,4)}$ 。物理的あるいは生化学的に基準とされる食物粉碎度を得るために必要とされる能力²⁾。

咀嚼効率 (masticatory efficiency)⁵⁾ : 同じ程度に粉碎するために必要とした健全歯列者の平均的な咀嚼回数と、被験者が必要とした咀嚼回数との比 (百分率)。

咀嚼方程式⁶⁾ : $y = 10^{-at}$ (y : 篩上%, t : 咀嚼回数)。

咀嚼指数⁶⁾ : 上記の咀嚼方程式における a。

咀嚼効率⁶⁾ : a/a_0 (a_0 : 健常者の咀嚼指数)。

Masticatory performance : 粒子の大きさの分布⁷⁾。

咀嚼を評価するうえでは、まず消化における位置づけを考慮する必要がある。咀嚼能率が全体的な消化能力に影響しない (歯があってもなくても消化に影響しない) という報告⁸⁾もされている。一方では歯の欠損が長期にわたると胃粘膜に及ぼす影響が大きくなるとの報告⁹⁾もある。また咀嚼効率が食品の

嗜好にあまり影響しないという報告¹⁰⁾も存在する。口腔の粉碎能力が消化にどの程度貢献するかには議論があるということである。しかし、食物を嚥下にまでいたらせる能力は生命の維持に欠かせないものである。

嚥下について考慮すると、摂食嚥下障害の観点からは、嚥下閾 swallowing threshold が着目されている。この意味で咀嚼能力を評価するには、食物を口に取り込んでから嚥下にいたるまでの過程すべてを含めて考慮すべきであろう。

広義の咀嚼は、食物の口腔内への“取り込み”，噛み砕くことによる“表面積の増加”，“内容物の抽出”，“唾液との混和”，“食塊形成”のすべての過程を含むものと考えることができる。

2) 本ガイドラインにおける咀嚼能力

ここまでの議論を総合して本ガイドラインにおける用語を

咀嚼能力：捕食から嚥下閾にいたるまでの全体の能力

咀嚼能率：物理的な粉碎混和能力

とする。

2. 咀嚼能力検査法

咀嚼には食物を摂取してから、食塊にし、嚥下するまで、摂食、咬断（切断）、粉碎、混合、食塊形成、嚥下などのさまざまな機能があり、また各機能は独立した物ではなく、相互に関連し、影響し合っているため、各機能を客観的、定量的に評価、判定するにはさまざまな問題を含んでいる。

咀嚼能力の検査法には、大きくわけて、咀嚼能力を咀嚼する咀嚼試料より直接判定する方法¹¹⁾と咀嚼に関与するほかの要素より間接的に測定する方法とがある。現状では、咀嚼能力を総合的に評価する単一の方法はなく、それぞれの機能要素を評価する以下に述べるような方法が存在する。

1) 直接的検査法

咀嚼能力を直接測定する方法には、咀嚼された咀嚼試料の状態を客観的数値として表す方法と、咀嚼能率判定表により摂食能力を主観的に評価する方法がある。

(1) 咀嚼試料の粉碎粒子の分布状態から判定する方法

この方法は粉碎性のある咀嚼試料を咀嚼させ、その粉碎粒子の分布状態を重量、および表面積により測定し、咀嚼能率を評価、判定する方法である。

その代表的な方法が篩分法であり、篩分法とは一定量の咀嚼試料を一定回数咀嚼させ、粉碎された咀嚼試料の粒子を口腔内より採取し、各種の篩で粉碎度に応じ篩分けをすることにより、咀嚼効率を測定する方法^{3,6)}である。

しかし、篩分法は咀嚼させる咀嚼試料、咀嚼回数、使用する篩の大きさおよび数、そして分析法により咀嚼能率を表す値が異なってくるため、どのような方法を選択するかという問題がある。また個人内変動の大きさも問題となる¹²⁾。

また、篩分法のほかに、粉碎粒子の分布状態を測定する方法として、沈降法¹³⁾、光遮断法¹⁴⁾などがある。

(2) 咀嚼試料の内容物の溶出量から判定する方法

この方法は咀嚼によって起こる咀嚼試料の成分変化を測定することにより、咀嚼能力を評価、判定する方法であり、咀嚼における粉碎、咬断、混合などの機能を複合的に評価しているといわれているが明確ではない。

咀嚼試料としては、チューインガム^{15,16)}、グミゼリー^{17,18)}、米¹⁹⁾、ATP 顆粒剤²⁰⁾などが使用され、咀嚼によって流出する糖^{15,16)}、ゼラチン¹⁷⁾、グルコース¹⁸⁾、澱粉¹⁹⁾、色素などの量を比色法および重量により測定することで、咀嚼能率を評価、判定している。

(3) 咀嚼試料の穿孔状態から判定する方法

咀嚼における咬断（切断）能力を評価する方法は少なく、ポリエチレンフィルムを噛ませ、穿孔した面積を電氣的に測定することにより咬断（切断）能力を評価、判定する方法²¹⁾がみられるだけである。

(4) 食品の混合状態から判定する方法

上記（2）のガムを用いた方法も食品の混合と考えることができるが、特に混合状態に着目した方法²²⁾も開発されている。

(5) 咀嚼能率判定表から判定する方法

この方法は義歯装着者などの咀嚼機能を摂取可能な食品により、総合的に評価、判定する方法であり、特別な設備装置を必要とせず、臨床の場において簡便に行うことが可能である。

食品アンケートによる判定法としては「山本式総義歯咀嚼能率判定表（咬度表）」²³⁾が一般的に知られており、34種類の食品と木綿糸、テグス糸が選択されている。この咬度表を基礎として、さまざまな調査、改良が行われている。

さらに、種々のアンケート調査より、独自の咀嚼機能判定表が考案され、咀嚼（機能）スコア^{24,25)}のように評価の数値化もなされている。

この方法は咀嚼機能のすべてを評価しているともいえるが、患者の主観的な判断に頼っており、また、選択する食品により結果が異なる場合もあり、定量的で、客観性の高い評価法の確立が望まれている。

2) 間接的検査法

咀嚼能力の間接的検査法は咀嚼に関与しているほかの要素、すなわち、顎運動、筋活動、咬合接触状態、そして咬合力などより咀嚼能力を評価、判定する方法である。間接的検査法は咀嚼能力を直接測定していないため、咀嚼能力の直接的検査法との関連性を明確にする必要があり、咀嚼能力を正確に表している要素はいまだみつかっておらず、種々の要素より咀嚼能力を総合的に評価しているのが現状である。

(1) 咀嚼時の下顎運動より判定する方法

咀嚼試料を咀嚼し、そのときの切歯点運動を測定し、運動経路、運動のリズム、そして運動速度などを分析することにより、咀嚼能力を評価、判定する方法である。

運動経路については、その移動量（垂直的、前後的、側方的）、運動の安定性、運動パターンが、そして運動リズムについては、開口相時間、閉口相時間、咬合相時間、サイクルタイムが測定され、分析されている。そして咀嚼能力と相関性が高いのは、運動経路および運動のリズムの安定性^{26,27)}といわれている。

(2) 咀嚼時の筋活動より判定する方法

筋電図を用いて咀嚼能力を評価、判定する方法は、一般に咀嚼筋筋電図のバースト波形出現の規則性

を分析することにより行われている。すなわち、咀嚼筋筋電図より得られる筋放電持続時間、間隔、周期の変動係数、平均変化量を算出し、これをパラメータとして咀嚼リズムの安定性を評価し、咀嚼能力の判定を行っている。

そして、咀嚼能力と関連が深いのは、咀嚼初期の筋放電持続時間と咀嚼中期における咀嚼リズムの安定性²⁸⁾といわれている。

(3) 咬合接触状態より判定する方法

咀嚼能力と咬合接触状態との関係については、以前より注目されており、特に、咬頭嵌合位（中心咬合位）の咬合接触状態が重要視され、咬合接触面積、咬合接触点数、そして咬合面の大きさなどが測定され、咀嚼能力との関連性が検討されている。

その結果、咬合接触状態と咀嚼能力との間には、高い相関性が存在するという報告²⁹⁾もあるが、逆に相関性が低いという報告もあり、その評価は一定していないのが現状である。また、相関性が高いという報告においても、その変動幅が大きいため、咬合接触状態の測定だけで咀嚼能力を評価、判定することの危険性が指摘されている。さらに、個人内での評価には有効であるが、個人間の評価には問題があるという報告³⁰⁾もある。

(4) 咬合力より判定する方法

全部床義歯装着者に対して、咀嚼能力を咬合力により評価、判定しようという試みもなされている。

最大咬合力が高いほど、食品の摂取可能率が大きい傾向がみられ、最大咬合力と咀嚼能力との関連性が高いという報告³¹⁾もあるが、最大咬合力が咀嚼能力へ及ぼす影響は小さいという報告³²⁾もあり、咬合力と咀嚼能力との関係は明確ではない。

3) 咀嚼試料について

咀嚼能力を評価、判定するために使用される咀嚼試料（食品および人工試料）はどのような咀嚼機能を評価するかによって異なってくる。

使用されている主な咀嚼試料としては、粉碎能力に対してピーナッツ、生米などが、咬断（切断）、混合能力に対してチューイングガム、グミゼリーなどが、粉碎、混合能力に対して ATP 顆粒剤などが、咬断（切断）能力に対して、ポリエチレンフィルム、かまぼこなどが、そして混合能力に対して米飯などが用いられている。

しかし、咀嚼の諸機能は互いに影響しあっており、また、咀嚼試料の物性もおのおの異なっているため、単品の咀嚼試料により複雑な咀嚼機能を評価、判定することには限界がある。そして、物性の異なる複数の咀嚼試料を使用することも提唱されている。

4) 応用範囲

これまで記したように、各種咀嚼能力の各種検査法は咀嚼機能の一側面を測っているにすぎない。したがって、数値は客観的であるが、適用対象・使用目的に合った検査を用いる必要がある。特に高齢者・要介護者などは摂取可能食品が限定されるので、咀嚼能率判定表による検査が有効³³⁾となる。さらに、嚥下を含めた咀嚼能力を検査するには、嚥下障害のスクリーニングに用いられる水のみ検査³⁴⁾のような嚥下項目を含めた検査法の開発が必要となる。

表 咀嚼能力の基準値

試験方法	試験食品	基準値	対象	文献番号
粉砕度	ピーナッツ	咀嚼値 (95% 信頼区間) 77.77~81.65%	正常歯列者 74 名	35)
粉砕度	生米	10 mesh 咀嚼能率 (95% 信頼区間) 88.0~109.6%	正常歯列者 74 名	35)
溶出糖量	チューインガム 5g	50 回咀嚼 変動 8.4%	正常歯列者 10 名 残留糖量の平均値との比 率を咀嚼混合効率	15)
溶出糖量	ロッテ社製 ジューシーフ レッ シュガム 3.18+0.02g	100 回の咀嚼 溶出量 (95% 信頼範囲) 1.427±0.10g 相対誤差 7.01%	個性正常咬合者 20 名	16)
溶出糖量	ロッテ社製キシリトールガム	40 回咀嚼, 溶出量: 男子 0.68+0.18g, 女子 0.62+0.12g.	高校生 男子 127 名, 女子 126 名	36)
グルコース の溶出量	グミゼリー咀嚼時 20 sec 咀嚼	グルコースの溶出量 7.21 mg/dl sd 1.18	正常歯列者 20 名	18)
アンケート 調査	35 品目五群	点数化し咀嚼スコアとした。100 点満点	総義歯装着者 39 名	25)
アンケート 調査	100 種類の食品についてアンケート 調査。20 種類を抽出し咀嚼 スコア算出	100 点満点で 50 以上を満足のい く総義歯の作製基準とする	総義歯装着者 110 名	24)

3. 臨床判断・評価・診断のための基準値

咀嚼には、摂食、咬断（切断）、粉砕、混合、食塊形成、嚥下などのさまざまな機能が存在し、これらの機能を評価、判定するため、さまざまな検査方法が考案されている。しかし、咀嚼障害を総合的に、客観的に、そして定量的に評価、判定するため目的を明確にして適用することが重要である。この条件下で、咀嚼障害評価法としての咀嚼能力の評価の基準値となり、食品・分析装置が標準的なものを別表に示す。

4. 結論

咀嚼能力の検査法において、方法論的にある程度確立され、臨床応用が可能な方法は、粉砕能力を評価、判定する篩分法である。篩分法には Manly 法と石原法があり、Manly 法は咀嚼試料ピーナッツ 3g、咀嚼回数 20 回、10 mesh の篩を使用し、対数確率法則により、石原法は生米 2g、咀嚼回数 30 回、10 mesh の篩を使用し、指数法則により、咀嚼効率を算出している。

また、義歯装着者を対象とした咀嚼能率判定表（咬度表）を使用した評価方法は、摂食より嚥下までの咀嚼能力をある程度総合的に、そして簡単に判定できるため、臨床の場において、使用できる可能性が高いと思われる。

これまでに紹介した各種検査法は、それぞれ特定の条件下では、咀嚼のある面の機能を客観的に、定量的に評価することができるので、適用条件を配慮のうえ採用する必要があるだろう。

5. 文 献

- 1) The Glossary of Prosthodontic Terms. J Prosthet Dent 81 : 39-110, 1999.
- 2) 日本補綴歯科学会. 歯科補綴学専門用語集, 東京 : 医歯薬出版, 2001.
- 3) Manly RS, Braley LC. Masticatory performance and efficiency. J Dent Res 29 : 448-462, 1950.
- 4) 覚道幸雄. 床義歯の生理学, 東京 : 学建書院, 1976.
- 5) 長谷川成男, 坂東永一監修. 臨床咬合学事典, 東京 : 医歯薬出版, 1997.
- 6) 石原寿郎. 篩分法による咀嚼能率の研究. 口病誌 22 : 207-255, 1955.
- 7) Bates JF, Stafford GD, Harrison A. Masticatory function : a review of the literature, III. Masticatory performance and efficiency. J Oral Rehabil 3 : 57-67, 1976.
- 8) 山田一郎, 押谷誠之助, 玉川和隆ほか. 消化吸收より見た咀嚼に関する実験的研究. 京大口科紀要 7 : 234-239, 1967.
- 9) 濱田泰男. 歯牙欠如による咀嚼障碍の持続が体重及び胃粘膜に及ぼす影響に関する実験的研究. 歯学 53 : 284-301, 1965.
- 10) Gunne HJ, Wall AK. The effect of new complete dentures on mastication and dietary intake. Acta Odontol Scand 43 : 257-268, 1985.
- 11) 野首孝祠, 五十嵐順正, 榎本昭二ほか. 咀嚼機能の客観的評価とそのデータベース構築. 歯医学誌 18 : 75-86, 1999.
- 12) 三浦不二夫, 入江通暢, 井上直彦ほか. 咀嚼能率の研究 II. 咀嚼能率測定値の個人内変動について. 日矯歯誌 21 : 142-146, 1962.
- 13) 手塚三郎. 咀嚼能率に関する研究—沈降法を応用した咀嚼能率測定装置の考案—. 補綴誌 27 : 833-847, 1983.
- 14) 小松 修. 咀嚼能率に関する基礎的研究光遮断方式測定装置の補綴学的応用. 日大口腔科学 13 : 353-362, 1987.
- 15) 小沢 至, 橋本 讓. チューインガムによる咀嚼混合能力の測定について. 補綴誌 3 : 52-55, 1959.
- 16) 羽田 勝. チューインガムによる咀嚼能力の測定—測定方法の統計学的分析—. 広大歯誌 9 : 252-258, 1977.
- 17) 山本 誠. 全部床義歯装着者の咀嚼能率. 咀嚼筋活動および下顎運動による咀嚼機能評価. 阪大歯学誌 38 : 303-331, 1993.
- 18) 田中 彰, 志賀 博, 小林義典. グミゼリー咀嚼時のグルコースの溶出量の分析による運動機能および咀嚼筋活動の定量的評価. 補綴誌 38 : 1281-1294, 1994.
- 19) 今井太郎. 比色法を用いた咀嚼能率の簡易測定法の開発. 補綴誌 23 : 603-612, 1979.
- 20) 増田元三郎. ATP 顆粒剤を用いた吸光度法による新しい咀嚼能力測定法. 日口科誌 30 : 103-110, 1981.
- 21) 小沢 至. ポリエチレンフィルムによる咀嚼切断能力の研究. 口病誌 26 : 274-297, 1959.

- 22) Hayakawa I, Watanabe I, Hirano S et al. A simple method for evaluating masticatory performance using a color-changeable chewing gum. *Int J Prosthodont* 11 : 173-176, 1998.
- 23) 山本為之. 総義歯臼歯部人工歯の配列について(2)―特に反対咬合について―. *補綴臨床* 5 : 395-400, 1972.
- 24) 佐藤裕二, 石田栄作, 皆木省吾ほか. 総義歯装着者の食品摂取状況. *補綴誌* 32 : 774-779, 1988.
- 25) 平井敏博, 安斎 隆, 金田 洸ほか. 摂取可能食品アンケートを用いた全部床義歯装着者用咀嚼機能判定表の試作. *補綴誌* 32 : 1261-1267, 1988.
- 26) 志賀 博, 小林義典. 咀嚼運動の分析による咀嚼機能の客観的評価に関する研究. *補綴誌* 34 : 1112-1126, 1990.
- 27) 松尾 卓, 志賀 博, 小林義典. グミゼリー咀嚼時における咀嚼能率と咀嚼運動の安定性との関係. *補綴誌* 41 : 686-697, 1997.
- 28) 長澤 亨, 津留宏道, 森田之大. 1 歯欠損患者における可撤性局部床義歯と固定性架工義歯の咀嚼機能の比較に関する研究 2. 咀嚼筋筋電図について. *補綴誌* 16 : 22-27, 1972.
- 29) 平沼謙二. 咬合面積並びにその咀嚼効率に及ぼす影響. *補綴誌* 1 : 17-36, 1957.
- 30) Wilding RJC. The association between chewing efficiency and occlusal contact area in man. *Arch Oral Biol* 38 : 589-596, 1993.
- 31) 内田達郎, 下山和弘, 長尾正憲ほか. 全部床義歯装着者の咀嚼能力とその変化の評価を目的とした摂取状況調査表の検討. *補綴誌* 36 : 766-771, 1992.
- 32) Hatch JP, Shinkai RSA, Sakai S et al. Determinants of masticatory performance in dentate adults. *Arch Oral Biol* 46 : 641-648, 2001.
- 33) Demers M, Bourdages J, Brodeur JM et al. Indicators of masticatory performance among elderly complete denture wearers. *J Prosthet Dent* 75 : 188-193, 1996.
- 34) 窪田俊夫, 三島博信, 花田 実ほか. 脳血管障害における麻痺性嚥下障害―スクリーニングテストとその臨床応用について―. *総合リハ* 10 : 271-276, 1982.
- 35) 小石好孝. 咀嚼粉碎能率に関する実験的研究―日本人青年男子について―. *歯科医学* 37 : 427-460, 1955.
- 36) 松田秀人, 高田和夫, 橋本和佳ほか. ガムを用いた咀嚼能力測定を試み. *日咀嚼誌* 10 : 95-99, 2001.