

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 5 月 27 日現在

機関番号：16101

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2012～2014

課題番号：24390436

研究課題名(和文)咀嚼の質を測る：食品表現型、感覚、脳活動からの総体的アプローチ

研究課題名(英文)Quality of mastication: Approach from food phenotype, sensation, and brain activity

研究代表者

市川 哲雄 (ICHIKAWA, Tetsuo)

徳島大学・ヘルスバイオサイエンス研究部・教授

研究者番号：90193432

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,500,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、我々が提唱した咀嚼の質(Quality of Mastication: QoL)の概念の妥当性を示すために、咀嚼の質を測るパラメータを網羅的に探索し、咀嚼の質が与える影響を中枢および末梢から検討するとともに、咀嚼の質を向上させるための補綴歯科治療の評価法の開発を目的とした。

新たな18項目からなる質問票の作成、咀嚼過程および嚥下直前の食塊の物性の変化、一口量を減らす咀嚼行動変容法の提案、感覚能の評価と感覚刺激による前頭前野への影響などを調査した。咀嚼を評価する場合、これまで重要視されてきた咀嚼能率だけでは不十分で、咀嚼の質に相当する部分における補綴治療前後の評価の重要性が示唆された。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this study was to validate the concept "Quality of Mastication (QoL)" I have proposed before. We surveyed materials and methods to measure "QoM" exhaustively, examined the influence of "QoM" on brain and gnathological functions, and then tried to establish the assessments of QoM on prosthetic dentistry.

The following results were obtained: development of a new questionnaire with 18 question items, chronological changes of food bolus properties through mastication process and just before swallowing, a proposal of behavior modification to reduce one mouthful volume, the difference of tactile ability between teeth and implants, and influence of various stimulations on cerebral blood flows of prefrontal area. It proves that concept of masticatory efficiency alone is not enough to evaluate mastication, but the evaluation on the part of QoM is required before and after prosthodontic treatments.

研究分野：歯科補綴学

キーワード：咀嚼の質 質問表 光トポグラフィー 食品テクスチャー 下顎運動 筋電図 一口量

1. 研究開始当初の背景

補綴領域の極めて重要なテーマに咀嚼機能の客観的な評価がある。多くの場合、咀嚼能力、とくに咀嚼能率の観点からの評価およびその評価法の開発に焦点が当てられてきた。これは我々の領域の治療が歯の再建であるため、咬合面形態とその支持組織に依存する咀嚼能力が注目されたのは至極当然である。

しかし、超高齢社会の到来によって、咀嚼を、摂食・嚥下過程の一断面として捉える視点の必要性が提案され、我々は早くからこのような視点で研究を行ってきた(Hongama, Ichikawa et al. J Prosthodont Res. 2011, 市川ら 日本歯科医学会誌 2000, 2009)。

さらに、「口腔と全身」、QoL 向上という観点から議論されるようになってきている現在、咀嚼を、食べたいものをより快適に食事ができる、栄養摂取からあるいは消化吸収にとってよりよい咀嚼とはないかという観点から考える必要がある。そこで我々は食品をどのくらい効率的に破砕できるか、食塊形成できるのかという咀嚼能力とは違ったスケール、「その人にとって精神的、肉体的にどのくらい適切な食べ方か」、つまり、咀嚼の質(QoM: Quality of Mastication)という仮想の概念を提唱した(日本顎口腔機能学会 2011)。

この概念提案の背景には、物理的な咀嚼機能の回復(補綴処置)が必ずしも栄養の改善に結びついていないこと(Nowjack-Raymer RE, et al. AJ Dent Res 2003;82: 123-126 など)、咀嚼の速さが栄養、代謝に影響を与えること(Sasaki S, et al. Int J Obes Relat Metab Disord. 2003;27:1405-10)などの間接的な報告および自らの臨床経験などから、咀嚼が従来の咀嚼能率、能力だけでは測れない事項があることを痛感し、咀嚼の質 QoM の概念とその定量的評価の必要性を提案した。

一方、現在までエビデンスに基づく医療(EBM)が基本とされているが、さらには、個別化医療(Personal Medicine)、たとえば、薬の効果のように個々の患者に感受特性にあった与薬をする治療方法が提案され、盛んに研究が進められている。栄養も「ニュートロゲノミクス(栄養遺伝子学)」という概念が提唱され、個人にあった食品やサプリメント摂取の有効性がいわれている。咀嚼機能の回復、維持もこのような個別化された栄養摂取と同様なスタンスに立つことも重要であると考えられる。咀嚼の質、咀嚼の個性という概念を持って、咀嚼の意義を再検討する必要があると考えられる。咀嚼と脳機能との研究も積極的に行われるようになってきているが、咀嚼の質、咀嚼の個性、感覚を考慮して検討する必要がある。

咀嚼は、食物を粉砕するための咬合面、粉砕されたものを嚥下するための食塊形成、その量と速度とその栄養、その過程での味、触覚、嗅・視覚などの感覚が最終的な食品・

食事の表現形(phenotype)となって、中枢や全身の代謝などに影響を与えるものであり、総合的に評価しなければならないと考えられる。言い換えれば、咀嚼は、粉砕・食塊形成する動作、その間での感覚が咀嚼の満足度あるいは全身への影響になるものとする。

2. 研究の目的

本研究は、我々が提唱した咀嚼の質(QoM)という概念の妥当性を示すために、咀嚼の質(QoM)を測るパラメータを網羅的に探索し、咀嚼の質が与える影響を中枢および末梢から検討するとともに、咀嚼の意義を全身レベルで確立し、補綴治療時の咀嚼指導方法の改善、咀嚼の質を向上させるための補綴治療法の開発、評価に役立たせることを目的とする。また、この網羅的な解析を通して、新たな補綴治療の効果を判定する方法を模索した。

3. 研究の方法

(1) 食行動質問票の作成

咀嚼の質を測る質問票を、以下の手順で作成した。

一般青年の食行動についての実態調査

肥満症患者に自身の食行動や食に関する「ずれ」や「くせ」を気付かせ行動変容を促す目的で作成された吉松の食行動質問票の55項目の設問の中で、唯一得点化されないNo.46の設問内容のみ、咀嚼困難を表す「よく噛めない」に変更したものを使用した。徳島大学歯学部学生125名(男性59名、女性66名、23.2±2.2歳、BMI 20.1±3.1)を対象としてこの食行動質問票を用いて食行動についての調査を行った。質問票調査で得られた回答は得点化し、再テスト法により信頼性を、クローンバックの係数により内的整合性を、抽出された存在的な因子を基に検証的な因子分析である共分散構造分析を行い、観測変数である各質問項目の得点と存在因子との関係性を確認した。りんご、米飯、せんべい、魚肉ソーセージの4種類の一口量を実食させ、咀嚼回数を測定し、得点との関連を調査した。

食行動質問票の作成と信頼性・妥当性の検討

上記調査結果に基づき、短縮版の食行動質問票を作成した。徳島県の歯科医師・歯科衛生士、介護福祉施設職員・介護支援専門員協会会員、兵庫県の病院勤務看護師を対象にこの食行動質問票調査を行った。Visual Analogue Scale(以下一口量VAS値と略す)により自己一口量のイメージも同時に調査した。これらより、この短縮版質問票の信頼性と妥当性について検討し、その有効性を評価した。(徳島大学病院臨床研究倫理審査委員会:承認番号1029)

(2) 咀嚼の質と食品テクスチャー

咀嚼の質が食品の表現系である食塊の物性にどのように影響を与えるか、咀嚼の質を

上げる手段として、一口量に注目し、その影響が食塊にどのように影響を与えるかを、以下の手順で作成した。

テクスチャーの異なる食品4種を自由に咀嚼嚥下させ、各被験者がそれぞれの試料食品を嚥下するまでの咀嚼回数を記録した。その上で、嚥下に至るまでの指示した咀嚼回数(25%、50%、75%、100%、125%)で口腔内の食塊を吐き出させ、食塊のテクスチャー測定を行った。硬さ、凝集性、付着性の食塊のテクスチャーはTPA(texture profile analysis)によって数値化した。同様な過程での下顎切歯部下顎運動と咬筋および側頭筋筋電図を測定し、咀嚼運動の変化を観察した。(徳島大学病院臨床研究倫理審査委員会:承認番号1381)

さらに、徳島大学歯学部口腔保健学科学生15名(女性、 20.2 ± 0.5 歳、BMI 20.2 ± 2.2)を対象に米飯(サトウのごはん)、魚肉ソーセージ(日水)、ピーナッツ(千日堂)の実食による一口量(重量)、咀嚼回数、食塊物性の測定を行った。一口量を基準に、0.5口量、1.5口量、一口量の-50%(半分の回数)を咀嚼させ、それぞれの食塊を嚥下直前に回収し、TPAで、硬さ、付着性、凝集性を計測した。(徳島大学病院臨床研究倫理審査委員会:承認番号1029)

(3) 歯、インプラントの感覚能の文献考察
咀嚼の質において感覚が非常に重要であり、受圧側の歯とインプラントの機械的感覚能の違いを文献考察とメタアナリシスによって検討を行った。

(4) 感覚と脳活動との関係

咀嚼の中核、認知機能への影響を検討するために、以下の検討を行った。脳機能活動には、前頭前野(10野、左右46野)の脳血流量をウェアラブル光トポグラフィ装置(WOT-100、日立ハイテクノロジーズ)で計測した。本装置はより日常に近い環境で近赤外分光法(NIRS: Near Infrared Spectroscopy)を用いて微弱な光で前額部の脳機能进行评估する装置である。

タスクは、以下の通りである。

味覚刺激: 甘味、酸味、苦味、旨味、塩味の5味覚の溶液(DELICO, Osaka, Japan)を舌上に滴下した。被験者は若年成人の5名であった。

振動刺激: マイクロバイブレータ(150 Hz, 60m/s^2)を、臼歯部で挟む、前歯部で挟む歯、口唇で挟む、手(合谷、掌中央)、親指と人差し指で挟む、足(内側踝)に付着させ、5分間振動させた。被験者は若年成人の5名であった。

一定の咬合力発現指示

自作の咬合力計をある一定の力で噛ませた。ただし、その一定限度範囲外になると、光刺激を付与する場合、音刺激を付与する場合、全くフィードバックがない場合の3つの条件下で測定した。被験者は若年成人の1名であった。

(徳島大学病院臨床研究倫理審査委員会:承認番号1780)

(5) その他の咀嚼の質の測定
顔面運動の顔表面の温度計測(サーモグラフィ)を行った。

4. 研究成果

(1) 食行動質問票の作成

再テスト法により級内相関係数0.6以上の項目は52項目(0.633-0.933)であった。さらに、因子分析により、因子負荷量0.5以上の上位6項目を採択し、第1因子(0.595-0.753)を「食認知」、第2因子(0.520-0.690)を「食生活」、第3因子(0.503-0.713)を「摂食行動」とした。クローンバックの係数は、第1因子が0.832、第2因子が0.802、第3因子が0.750であった。3因子すべてで肥満度が高くなるほど得点が高かった。また3因子すべてにおいて「やせ」、「普通」、「肥満」の肥満度3群間で有意差があった。

以上の結果から3因子18項目からなる短縮版の食行動質問票を作成し、845名(男性147名、女性698名、 41.1 ± 12.6 歳、BMI 22.0 ± 3.5)の調査結果を得た。3因子のクローンバックの係数は「食認知」が0.735、「食生活」が0.755、「摂食行動」が0.762と高い内的整合性を確認した。3因子の因子付加量は「食認知」と「食生活」では0.370~0.726で、「摂食行動」は2項目をのぞいて0.532~0.761であった。性別では「食生活」と「摂食行動」で男性の得点が有意に高く、年齢では「食生活」で若年者の得点が有意に高かった。職種では「食生活」で看護師の得点が有意に高く、これらの分析結果より内的妥当性を確認した。基準関連妥当性について、一口量VAS値の大きい群で「摂食行動」の得点が高いことがあった。構成概念妥当性の検討ではBMI25以上の「肥満」群の得点が3因子すべてで有意に高く、さらに食べ方を表現する各質問項目に対してBMI、一口量VAS値ともに有意な正の相関が認められた。

以上のことから、肥満症患者の食行動変容を目的に作成された質問票は健康な一般青年の調査で3因子18項目に集約された。新たに作成したこの食行動質問票は、医療介護に従事する一般壮年への調査で、青年から壮年まで幅広い年代で利用できる信頼性の高い質問票であることが確認された。「食認知」「食生活」「摂食行動」の3つの食行動、とくに肥満度や一口量と関連する「摂食行動」を評価する上で有効な質問票であることが示された。この質問票はメタボリックシンドロームのリスクとなる食行動を含め咀嚼の質を簡便に評価するうえで有用と考えられた。

(2) 咀嚼の質と食品テクスチャー

咀嚼の進行に伴う食塊テクスチャーの変化について、硬さは、4種の食品すべてで咀嚼の進行とともに小さくなった。その減少の

割合はクラッカーで最も大きく、米飯で最も小さかった。いずれの減少もほぼ直線的であったが、わずかながら 25-50%区間で他の区間より減少率が大きい傾向にあった。被験者間のばらつきは、すべての段階においてクラッカーで最も大きかった。凝集性は米飯を除くすべての食品で咀嚼の進行に伴ってほぼ直線的に増加したが、米飯ではほとんど変化しなかった。付着性はクラッカーで大きく増加し、その割合は咀嚼後半で大きくなる傾向にあった。また、被験者間のばらつきもクラッカーで最も大きかった。他の被験食品ではわずかに上昇がほとんど変化しなかった。硬さ、凝集性、付着性の3つのテクスチャー要素ともクラッカーが最も大きく変化し、米飯はあまり変わらなかった。クラッカーは咀嚼が進むにつれて付着性の上昇を示したが、被験者15人中3人は100%時点の食塊において最大の付着性を示し、100%から125%にかけて付着性の低下を示した。1人は75%時点の食塊が最大の付着性を示し、75%から125%にかけて付着性の低下を示した。

咀嚼の進行に伴う食塊テクスチャー値の変動係数の変化は、咀嚼開始直後の25%咀嚼回数時点では、硬さ、凝集性、付着性のうち最も変動係数が大きいのは付着性であった。硬さ、凝集性の変動係数は咀嚼の進行に伴って変化しなかったが、付着性は小さくなる傾向にあった。

一口量と咀嚼回数の関係では、一口量の多い者はよく噛んでいないことが判明した。さらにもととの個人の一口量に関わらず、一口量を減らすことが実質的に食事の際の咀嚼回数を増加させる方法であることが検証された。また一口量を減らすことで、ピーナッツのような硬い食品では、柔らかくまとまりやすい嚥下に適した食塊の形成につながることを示唆された。

(3) 歯、インプラントの感覚能の文献考察
インプラントが天然歯あるいは従来の補綴装置を介した感覚と差があるかどうかの観点から、文献考察を行った。圧覚に関して、インプラントのほうが天然歯よりも閾値が高いとする研究は16件で、低いとする研究は1件であった。咬合接触覚に関して、インプラントのほうが天然歯よりも閾値が高いとする研究は2件、両者に差がないとする研究は3件、判別できないものが1件であった。触覚に関して、患者の反応の有無を検討したものは2件あり、すべてにおいてインプラントのほうが天然歯よりも反応回数が少なかったとする研究であった。

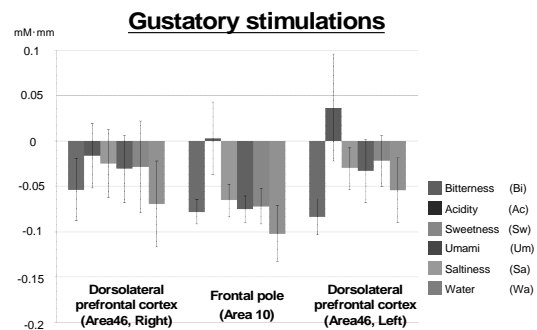
メタアナリシスの検討も、触覚閾値は4~20倍、厚さ弁別能は1.2~2.3倍であった。

(4) 感覚と脳活動との関係

振動刺激

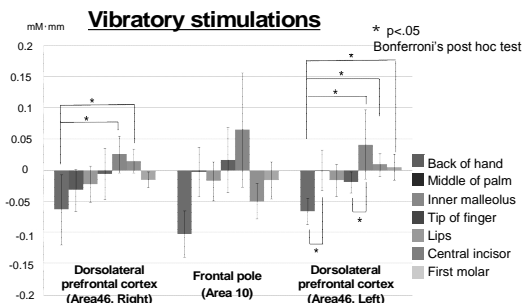
各振動刺激に対する前頭前野の脳活動を下記に示す。四肢刺激より口腔刺激の方が、脳血流量が変化する傾向が見られた。ペンフィールドのマップに示されるような感覚野

の広さに対応した効果が前頭前野に認められたのかもしれない。



味覚刺激

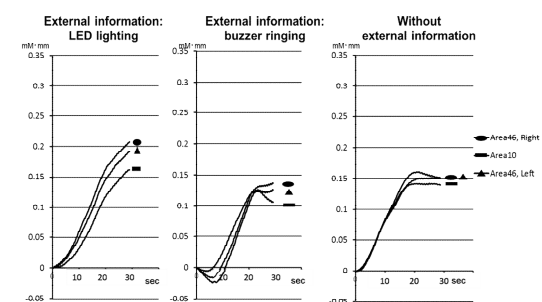
各味覚刺激に対する前頭前野の脳活動を下記に示す。味覚刺激による影響は必ずしも一定傾向は認められにくく、平均的には味覚刺激に差による脳活動の差は認められなかった。これは、味覚が、味覚受容体の個体差大きさ、味覚に対する嗜好などの影響が大きいことが考えられる。



一定の咬合力発現指示

各外部刺激を与えた場合、外部刺激を与えなかった場合のいずれにおいても前頭前野の脳血流量は上昇した。特に46野は10野と比べて脳血流量が上昇する傾向が認められた。とくに視覚に対する影響が大きいことが示唆された。

Modulation of occlusal force



咀嚼の質(QoM)を測るパラメータを網羅的に探索し、質問票の作成、咀嚼過程および嚥下直前の食塊の物性、一口量を減らす咀嚼行動変容、感覚能の評価と様々な感覚刺激による前頭前野への影響などを網羅的に調査した。その結果、従来補綴歯科治療で重要視

されてきた咀嚼能率はあくまで食品破碎だけの問題で、それ以外の部分、つまり我々が提唱した咀嚼の質(QoM)に相当する部分が重要で、今後の補綴治療時の咀嚼の質の術前評価および術後評価の必要性が示唆された。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計6件)

Goto T, Nakamichi A, Watanabe M, Nagao K, Matsuyama M, Ichikawa T. Influence of food volume per mouthful on chewing and bolus properties. *Physiol Behav.* 2015; 141: 58-62. 査読有
doi:10.1016/j.physbeh.2015.01.007.

Higaki N, Goto T, Ishida Y, Tmotake Y, Ichikawa T. Do sensation differences exist between dental implants and natural teeth?: a meta-analysis. *Clin Oral Implants Res.* 2014;25:1307-1310. 査読有
doi: 10.1111/clr.12271.

Nakamichi A, Matsuyama M, Ichikawa T. Relationship between mouthful volume and number of chews in young Japanese females. *Appetite.* 2014;83: 327-332. 査読有
doi: 10.1016/j.appet.2014.08.009.

東岡 紗知江, 比嘉 仁司, 本田 剛, 中道 敦子, 本釜 聖子, 永尾 寛, 市川 哲雄. スダチのにおい刺激および温熱刺激による唾液分泌促進補助法の考案. *老年歯科医学* 2014;29: 3-10. 査読有

檜垣 宜明, 後藤 崇晴, 友竹 偉則, 西中 英伸, 今井 守夫, 檜原 司, 市川 哲雄. インプラントの感覚能に関する文献的考察 天然歯との比較. *日本口腔インプラント学会誌* 2013;26:272-280. 査読有

中道 敦子, 後藤 崇晴, 東岡 紗知江, 松山 美和, 市川 哲雄. 一般青年の食行動についての実態調査. *日本咀嚼学会雑誌* 2012;22:26-35. 査読有

〔学会発表〕(計4件)

Higaki N, Goto T, Ishida Y, Nagao K, Ichikawa T. Effects of vibratory and gustatory stimulations on cerebral blood flows. The 3rd ASEAN plus and TOKUSHIMA Joint International Conference. 2014年12月04日~2014年12月05日 Makasar (Indonesia)

Toko S, Ichikawa T, Nakamichi A,

Honda T, Nagao K. Properties of Food Bolus for Assessing. Quality of Mastication. 38th annual conference of the European prosthodontic association. 2014年09月25日~2014年09月27日. イスタンブール(トルコ)

東岡 紗知江, 比嘉 仁司, 本田 剛, 本釜 聖子, 永尾 寛, 市川 哲雄. スダチのにおい刺激による咀嚼嚥下促進補助法の開発 刺激剤と刺激方法の検討. 第24回日本老年歯科医学会総会・大会. 2014年06月13日~2014年06月14日. 電気ビルみらいホール(福岡県・福岡市)

東岡 紗知江, 比嘉 仁司, 本田 剛, 本釜 聖子, 永尾 寛, 市川 哲雄, 堀内 政信. 咀嚼過程における摂取食品のテクスチャー変化. 平成24年度日本補綴歯科学会中国四国支部学術大会 2012.9.1-9.2 広島市南区民文化センター (広島県・広島市)

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕
出願状況(計0件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
出願年月日:
国内外の別:

取得状況(計0件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
出願年月日:
取得年月日:
国内外の別:

〔その他〕
ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

市川 哲雄 (ICHIKAWA, Tetsuo)
徳島大学・大学院ヘルスバイオサイエンス
研究部・教授
研究者番号: 90193432

(2) 研究分担者

永尾 寛 (NAGAO, Kan)
徳島大学・大学院ヘルスバイオサイエンス

研究部・准教授
研究者番号：30227988
(平成25年度より追加)

(3)研究分担者
渡邊 恵 (WATANABE, Megumi)
徳島大学・病院・講師
研究者番号：40380050

(4)研究分担者
誉田 栄一 (HONDA, Eiichi)
徳島大学・大学院ヘルスバイオサイエンス
研究部・教授
研究者番号：30192321

(5)研究分担者
本釜 聖子 (HONGAMA, Seiko)
徳島大学・大学院ヘルスバイオサイエンス
研究部・助教
研究者番号：60380078
(平成25年度より削除)

(6)研究分担者
中道 敦子 (NAKAMICHI, Atsuko)
徳島大学・大学院ヘルスバイオサイエンス
研究部・講師
研究者番号：20567341
(平成25年度より削除)

(7)連携研究者
伊藤 照明 (ITO, Teruaki)
徳島大学・大学院ソシオテクノサイエンス
研究部・准教授
研究者番号：90284306