

## 博士論文の要旨及び審査結果の要旨

氏名 吉村将悟  
学位 博士(歯学)  
学位記番号 新大院博(歯)第490号  
学位授与の日付 令和3年3月23日  
学位授与の要件 学位規則第4条第1項該当  
博士論文名 **Masticatory behavior and masticatory performance are independently associated with BMI**  
(咀嚼行動と咀嚼能率は独立して BMI と関連する)

論文審査委員 主査 山村健介教授  
副査 小野高裕教授  
副査 井上誠教授

### 博士論文の要旨

近年、社会環境変化や食の多様化、日常的な運動不足により肥満人口は増加しており、日本だけでなく国際的な問題となっている。これまで「早食い」、「よく噛まずに丸呑み」などの食行動は、肥満のリスク因子であると報告されている。しかし、これらの報告は主観的評価に基づく報告であり、客観的な方法で咀嚼行動を評価して肥満との関連を分析した報告は少ない。また、咀嚼能力の一つである咀嚼能率と肥満に関する報告も少なく、その上咀嚼行動と咀嚼能率との関連も明らかになっていない。

本研究の目的は、このような背景を踏まえて、新規に開発されたウェアラブル型咀嚼回数計を用いて客観的に評価した咀嚼行動と咀嚼能率の関連性を探索し、それぞれがどのように肥満の指標である **Body Mass Index (BMI)** に影響するのか検証することである。

対象は健康成人 365 名 (男性 203 名、女性 162 名、平均年齢  $36.6 \pm 12.1$  歳) とした。咀嚼行動の計測には **bitescan®** (SHARP 社) を使用した。おにぎり 1 個 (100g、海苔巻きおにぎり、丸三社) を対象者に自由に摂食させ、咀嚼行動として咀嚼回数、咀嚼スピード、取込回数、咀嚼時間を計測した。咀嚼能率測定には咀嚼能率測定用グミゼリー (UHA 味覚糖社) と咀嚼能率測定用画像解析アプリケーションを用いた。また、体組成計 (RD-503、タニタ社) を用いて BMI を計測した。さらに、生活習慣に関する独自の自記式アンケートを用い、定期的な運動の有無、歩行速度が同性同年代より速いか、朝食摂取、平均睡眠時間について質問した。さらに、簡易自記式食事歴法質問票 (BDHQ、ジェンダーメディカルリサーチ社) を用いて、1 日あたりの摂取エネルギー量、炭水化物の摂取エネルギー量、脂質の摂取エネルギー量、調整済み総食物繊維量 (/1000kcal) を算出した。

まず、各測定項目の全体、男女別での平均値を算出し、**student's t** 検定により男女間の比較を行った。咀嚼行動と咀嚼能率との関連性、咀嚼と摂取エネルギーとの関連性、BMI と各計測項目との関連性の把握には **Pearson** の相関係数を用いた。生活習慣調査の回答結果にもとづき 2 群に分け、群内平均 BMI を算出し、**student's t** 検定にて 2 群間の比較を行った。さらに、咀嚼行動、咀嚼能率、生活習慣、栄養状態と BMI との関連性を検証するために重回帰分析を行った。有意水準は 5% とした。

咀嚼回数と取込回数、咀嚼スピード、咀嚼時間との間には有意な正の相関関係 ( $r=0.484$ 、 $0.367$ 、 $0.919$ ) を認めたが、咀嚼能率との間には有意な関連性は認められなかった。摂取エネルギーは、咀嚼回数、咀嚼能率との間に関連性を認めなかったが、取込回数、咀嚼時間との間には有意な弱い負の関連性 ( $r=-0.179$ 、 $-0.159$ ) を認め、取込スピードとは有意な弱い正の関連性 ( $r=0.169$ ) を認めた。BMI は咀嚼回数、取込回数、咀嚼時間、咀嚼能率との間には有意な弱い負の関連性 ( $r=-0.297$ 、 $-0.252$ 、 $-0.296$ 、 $-0.150$ ) を認めたが、咀嚼スピードの間には有意な関連性は認められなかった。ま

た、BMI は摂取エネルギーと炭水化物エネルギーとの間に有意な弱い正の関連性 ( $r=0.137$ ,  $0.137$ ) を認め、食物繊維摂取量とは弱い負の関連性 ( $r=-0.127$ ) を認めたが、脂質エネルギーとの間には有意な関連性を認めなかった。生活習慣調査の回答結果に基づく BMI 平均値の 2 群間比較では、女性において同年代より歩行速度が速いと答えた群ではそうでない群より BMI が小さくなることが認められた。

重回帰分析より、BMI は性別、咀嚼回数、咀嚼能率、歩行速度、取込回数とは負の関連性を認め、年齢とは正の関連性を認めた。すなわち、年齢が高いこと、男性であること、咀嚼回数が少ないこと、咀嚼能率が小さいこと、歩行速度が遅いこと、取込回数が少ないことはそれぞれ BMI が大きいことに繋がっていた。男女別の結果では、男女ともに年齢が高いこと、咀嚼回数が少ないことが BMI の大きいことに関連しており、女性ではそれに加えて歩行速度が遅いことが BMI を説明づける要因として挙げられた。

一般に咀嚼回数の増加は、GLP-1、グレリンなどの消化管ホルモンの血漿中濃度を上昇させ、満腹感の向上に繋がり、その結果として食物摂取量や摂取エネルギーが減少するとされている。また、取込回数の多さは一口当たりの摂取量（一口量）が少ないことを意味しており、一口量を減らすと一口当たりの咀嚼回数は減少するが、取込回数も増えるため総咀嚼回数は増加し、血糖値の上昇も緩やかになるとされている。より少ない一口量で食物を摂取し取込回数が増えることが間接的に咀嚼回数の増加、生体ホルモン分泌、満腹感に繋がり、必要以上に食物を摂取しなくなり、体重の増加が抑えられることで BMI 低値となる可能性が考えられた。咀嚼能率が低い場合、食物の粉碎がうまくいかず繊維質な野菜や焼いた肉類は消化されにくくなる。吸収されやすい脂質や炭水化物がより吸収され、ビタミンや食物繊維などの栄養素が体外に排出されやすくなるため、BMI 高値との関連が認められたものと考えられた。

本研究の結果、咀嚼回数と咀嚼能率は相互に関連を認めなかった。また、咀嚼回数と取込回数、咀嚼能率は独立して BMI と関連していた。

#### 審査結果の要旨

本研究は、従来から指摘されている「大食い」や「早食い」などの咀嚼行動と生活習慣病、特に肥満との関係を客観的・定量的に明らかにし、データに基づいたポピュレーションアプローチを講じるために開発されたウェアラブル型咀嚼回数計を用いて、咀嚼行動に関するパラメータ（咀嚼回数、取込回数、咀嚼スピード、咀嚼時間）と Body Mass Index (BMI) との関係を検証することを目的とした横断的研究である。また、同時に、最近健康との関連が注目されている「咀嚼能率」を計測し、「咀嚼行動」と「咀嚼能率」の相互関係ならびにそれぞれが BMI とどう関連するのかについても解析し検討を加えている。

若年者を中心とした 365 名に対して、おにぎり 1 個を完食するまでの咀嚼行動を咀嚼回数計を用いて記録し、咀嚼能力測定用グミゼリーを用いて咀嚼能率を測定した。体組成計を用いて BMI を計測し、関連因子を評価するために、生活習慣（定期的な運動、歩行速度、朝食摂取、睡眠時間）と栄養摂取状況に関するアンケート調査を行なった。データ解析にあたっては、男女別に、咀嚼行動と咀嚼能率、咀嚼と摂取エネルギー、BMI と各計測項目について、それぞれ相関性を検討した。また、生活習慣と BMI との関係については群間比較を行なった。さらに、咀嚼行動、咀嚼能率、生活習慣、栄養状態と BMI との関連性を検証するために重回帰分析を行った。

その結果、「咀嚼行動」のパラメータである咀嚼回数と取込回数、咀嚼スピード、咀嚼時間との間には正の相関関係を認めたが、咀嚼能率との間には関連性を認めなかった。摂取エネルギー量については、取込回数、咀嚼時間との間に負の相関、取込スピードとの間に正の相関を認めた。BMI については、咀嚼回数、取込回数、咀嚼時間、咀嚼能率との間に負の相関、摂取エネルギーと炭水化物エネルギーとの間に正の相関を認め、食物繊維摂取量との間には相関を認めた。生活習慣に関しては、女性で同年代より歩行速度が速い群の BMI が、そうでない群と比較して小さくなった。重回帰分析の結果、年齢が高い、男性である、咀嚼回数が少ない、咀嚼能率が小さい、歩行速度が遅い、取込回数が少ない、などが BMI 高値に関連する因子であることが明らかとなった。以上の結果より、咀嚼回数と咀嚼能率は相互に関連を認めないが、咀嚼回数と取込回数、咀嚼能率は、それぞれ独立して BMI と関連と結論づけている。

本研究の特徴として、咀嚼回数を計測する装置として新規ウェアラブルデバイスを使用したという点が挙げられる。実験条件としては規格化されたおにぎり一個を食べるというものであったが、本来は日常的な食事における咀嚼行動のモニタリングが可能な装置である。審査においては、装置の測定精度について確認されたが、すでに申請者のグループでは種々の食品や条件における咀嚼運動の検出精度を確立しているとのことであった。

一方、今回の被験者は若年健常者が中心であり、審査においては、従来の肥満研究の対象者とは異なることから、計測データの傾向や、パラメータ間の相互関係への影響が指摘された。これに対して、申請者からは、研究の限界として考慮しながら考察する必要があるとの回答が得られたが、本研究の結果に基づいて咀嚼行動の適正化に基づく肥満予防・改善のためのアプローチを開発していく場合、対象者の属性に注意すべきであるとともに、今回得られた **BMI** に影響する咀嚼行動関連因子や咀嚼能率の相互の関係性についてさらに究明する必要があるという指摘があった。

以上のような審査の結果を踏まえ、吉村将悟氏が提出した論文は歯学の発展に寄与するところがあり、同氏は歯学研究者としての資質を十分に備えていると認められたことから、博士の学位を授与するに相応しいと判断した。