



Title	全部床義歯装着者の咀嚼能力に関連する因子の多角的検討
Author(s)	岡田, 佳恵
Citation	大阪大学, 2026, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/105340
rights	
Note	やむを得ない事由があると学位審査研究科が承認したため、全文に代えてその内容の要約を公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

論文内容の要旨

氏 名 (岡 田 佳 恵)

論文題名 全部床義歯装着者の咀嚼能力に関連する因子の多角的検討

論文内容の要旨

【緒言】

世界的な高齢化に伴い無歯顎高齢者が増加するなか、全部床義歯による咀嚼能力の回復は、フレイルの予防や生活の質の維持・向上に寄与する重要な課題である。全部床義歯装着者の咀嚼能力には、患者の顎堤や義歯の状態、口腔機能に関するさまざまな因子が関与している。しかし、これらの多様な因子を同時に考慮し、咀嚼能力との関連を包括的に検討した研究は存在しない。

本研究では、全部床義歯の三次元形態および口腔機能の情報から、機械学習を活用し、咀嚼能力に関連する因子を多角的に検討することを目的とした。

【方法】

1. 対象者

2022年3月から2025年1月に大阪大学歯学部附属病院咀嚼補綴科を受診し、研究参加に同意した上下顎全部床義歯装着者を対象に、横断調査を実施した。調査対象者の包含基準は、義歯装着後3か月以上経過している者、咀嚼時の疼痛や義歯性潰瘍などの臨床症状や徴候がない者、および義歯の適合状態が良好な者とした。なお、本研究は、大阪大学大学院歯学研究科・歯学部および歯学部附属病院倫理審査委員会の承認を得て実施した（R1-E34-6）。

2. 調査項目

デスクトップ型スキャナーを用いて上下顎全部床義歯の三次元形態情報を取得し、顎堤形態、対向関係、および人工歯排列位置を評価した。また、口腔機能について、咀嚼能力、口腔湿潤度、および最大舌圧を評価した。咀嚼能力は、30回の自由咀嚼による咀嚼能力測定用グミゼリーの粉碎度を10段階（0～9点）で評価するスコア法を用いて測定した。口腔機能低下症の診断基準に基づき、スコア2以下を咀嚼能力低値、スコア3以上を正常値とした。すべての評価は、各対象者の来院時に、同一検者（YO）が行った。本研究では、咀嚼能力に関連する因子を検討するため、機械学習モデルを用いて、以下の分析1～4を行った。分析は、Python 3.11.9（Python Software Foundation, Beaverton, USA）を用いて、Jupyter Notebook（v7.1.0）上でコードを実行した。

3. 分析

分析1：対象者および各評価項目の概要

咀嚼能力低値群と正常値群の各評価項目について、記述統計による特性の把握および2群間の比較（カテゴリ変数：カイ二乗検定、連続変数：Mann-WhitneyのU検定）を行った。各評価項目に関して、変数の尺度に応じた2変量間の相関を検討した。

分析2：分類モデルの検証

分析には、咀嚼能力正常値群を陽性クラス、低値群を陰性クラスとする2値分類（1：正常値群、0：低値群）モデルを用いた。分類モデルは、scikit-learnのアルゴリズム選択ガイドに基づき、ロジスティック回帰、サポートベクターマシン、ランダムフォレスト、XGBoost、LightGBMの5種類とした。

はじめに、層化抽出法により、全データを、学習データとテストデータに、2：1の割合で分割した。次に、学習データに対しては、クラス不均衡の補正を目的として、オーバーサンプリング手法（Adaptive Synthetic Sampling：ADASYN）を適用した。少数クラスに対して、合成サンプルを生成し、少数クラスと多数クラスの分布を1：1になるよう補正した。さらに、ロジスティック回帰およびサポートベクターマシンに関しては、連続変数を標準化した。各モデルのハイパーパラメータは、ランダムサーチ法と5分割交差検証を用いて最適化した。

最適化した各モデルを用いてテストデータを分類し、その予測結果に基づきモデル性能を評価した。性能評価の指標として、正確度、適合率、再現率、F値、および受信者動作特性曲線下面積（Area Under the Curve：AUC）を用いた。5つの機械学習モデルのうち、AUCが最も高かったモデルを「最適モデル」とし、以下の分析に用いた。

分析3：最適モデルにおける各評価項目の重要度の検証

分析2で得られた最適モデルにおいて、各特徴量の予測への寄与度を評価するため、Shapley加法的説明（SHapley Additive exPlanations：SHAP）値を算出した。SHAP値は、ゲーム理論に基づく指標であり、特徴量が単独または他の特徴量と組み合わせた際に予測値へ与える影響を評価する方法である。テストデータにおける各特徴量のSHAP値の絶対値の平均値を、特徴量重要度とした。この分析により、モデル予測に対する特徴量重要度を評価した。

分析4：各評価項目における測定値と予測への寄与度との関係の検証

分析3において特徴量重要度が高かった上位4項目について、対象とする1つの特徴量の値を横軸、当該特徴量に対応する各症例のSHAP値を縦軸とする散布図（SHAP従属プロット）を作成した。SHAP従属プロットから、各特徴量の値の変化に伴う分類予測への寄与方向および寄与量について、定量的な関係性を確認した。さらに、ブートストラップ法（1,000回標本化）を用いて、SHAP値が正方向に変化する閾値の中央値および95%信頼区間を評価した。

【結果】

分析1：分析対象者57名（男性34名、女性23名、平均年齢79.7歳）のうち、咀嚼能力低値群は38名（67%）、正常値群は19名（33%）であった。年齢、最大舌圧、上顎顎堤高さに関して、咀嚼能力低値群と正常値群の間に有意差を認めた。いずれの変数においても、相関係数の絶対値が0.7を超える強い相関を認める組み合わせはなかった。

分析2：5つの機械学習モデルのうち、XGBoostが最も高いAUCを示した（AUC=0.85）。続いて、LightGBM（AUC=0.79）、ランダムフォレスト（AUC=0.74）の順であった。この結果から、XGBoostが最適モデルであると判断した。

分析3：最適モデルであったXGBoostにおいて、SHAP値に基づく特徴量重要度は、高いものから、最大舌圧（0.74）、上顎顎堤高さ（0.68）、口腔湿潤度（0.63）、オーバージェット（0.56）の順であった。

分析4：分析3において特徴量重要度が高かった最大舌圧、上顎顎堤高さ、口腔湿潤度、およびオーバージェットに関するSHAP従属プロットでは、いずれの項目でも、値の増加に伴い、SHAP値が正方向に変化する傾向を示した。また、SHAP値が正方向に変化する閾値の中央値（95%信頼区間）は、最大舌圧では30.7（29.7–34.7）kPa、上顎顎堤高さでは9.1（8.2–10.9）mm、口腔湿潤度では26.1（26.0–26.7）、およびオーバージェットでは3.2（3.1–3.4）mmであった。

【考察】

分析2の結果より、XGBoostはAUCが最も高く、咀嚼能力低値群と正常値群の2値分類に最適モデルであることが示された。機械学習は、非線形な関係性や変数間の相互作用を含むデータ構造に対する適応性に優れている。特に、XGBoostは、勾配ブースティングに基づき、複数の決定木を逐次的に構築し、各反復において前モデルとの残差を改善するように学習を進める手法である。勾配ブースティングに基づく決定木モデルは、非線形関係や特徴量間の相互作用を表現できる。しかも、XGBoostは、L1・L2正則化を導入することで、過学習を抑制するという特徴を持つ。このような特性から、XGBoostは、ランダムフォレストやLightGBMと比較して、より安定した学習と高い予測性能が得られたと考えられる。

分析3の結果より、咀嚼能力に最も強く関連していた因子は、最大舌圧であった。舌は、食塊を下顎の歯の咬合面上に保持する役割を担うとともに、咀嚼時の義歯の安定にも寄与する。舌圧、つまり舌の筋力は、咀嚼中の食塊形成や義歯の安定に重要な役割を果たすと考えられる。また、上顎顎堤高さも咀嚼能力に強く関連していた。上顎の顎堤吸収が進行すると、義歯の床下面積が少なくなり、咀嚼時の義歯の維持力や側方力への抵抗性が低下する。その結果、食物を人工歯咬合面上で咬断する際、義歯が側方力に抵抗することができず、義歯の維持安定が損なわれることで、十分な咀嚼能力の発揮が困難になると考えられる。口腔湿潤度と咀嚼能力との関連が示されたことは、唾液の潤滑作用により、義歯床と義歯床下粘膜とが密着し、義歯の維持効果が向上し、効率的な咀嚼が可能になると考えられる。さらに、本研究では、オーバージェットも咀嚼能力に関連することが示された。適切なオーバージェットの設定により、前方運動時の臼歯部離開を防ぎ、後縁封鎖を維持することで、義歯の浮き上がりや脱落を防ぐことができる。これにより、高い咀嚼能力の発揮に寄与すると考えられる。

分析4の結果から、最大舌圧（30.7 kPa）、上顎顎堤高さ（9.1 mm）、口腔湿潤度（26.1）、およびオーバージェット（3.2 mm）について、それぞれの値を境に咀嚼能力が正常値群へ予測される方向にSHAP値が変化する傾向が認められた。これらの因子は、舌筋力、義歯の維持安定、および咬合平衡といった咀嚼機能の基盤を構成しており、一定の水準を下回ると、咀嚼能力が非線形的に低下することが想定される。

【結論】

本研究では、咀嚼時の疼痛や義歯性潰瘍などの臨床症状や徴候がなく、義歯の適合状態が良好な上下顎全部床義歯装着者を対象とした横断調査において、最大舌圧、上顎顎堤高さ、口腔湿潤度、およびオーバージェットは、咀嚼能力に影響する重要な因子であり、いずれも咀嚼能力と正の関連を示した。また、これらの因子と咀嚼能力との関連は、閾値依存的な非線形性を有することが示唆された。

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 (岡 田 佳 恵)			
	(職)	氏 名	
論文審査担当者	主 査	教 授	池 邊 一 典
	副 査	教 授	西 村 正 宏
	副 査	教 授	山 口 哲
	副 査	講 師	村 上 旬 平

論文審査の結果の要旨

本研究では、臨床症状や徴候がなく、義歯の適合状態が良好な上下顎全部床義歯装着者を対象とした横断調査により、機械学習を活用し、咀嚼能力に関連する因子を多角的に検討することを目的とした。

その結果、舌圧、上顎顎堤高さ、口腔湿潤度、およびオーバージェットは、咀嚼能力に影響する重要な因子であり、いずれも咀嚼能力と正の関連を示した。また、これらの因子と咀嚼能力との関連は、閾値依存的な非線形性を有することが示唆された。

本研究で得られた結果は、無歯顎者に対する補綴歯科治療における予後予測の一助となることが期待され、その臨床的意義は大きいと考えられる。よって、本論文は、博士（歯学）の学位論文として価値のあるものと認める。