



# HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	The relationship between oral hypofunction and sarcopenia in patient with no dental complaint : A cross-sectional study
Author(s)	白波瀬, 龍一
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(歯学)
Dissertation Number	甲第15005号
Issue Date	2022-03-24
DOI	<a href="https://doi.org/10.14943/doctoral.k15005">https://doi.org/10.14943/doctoral.k15005</a>
Doc URL	<a href="https://hdl.handle.net/2115/85904">https://hdl.handle.net/2115/85904</a>
Type	doctoral thesis
File Information	ryuichi_shirahase.pdf



# 博士論文

---

The relationship between oral hypofunction  
and sarcopenia in patients with no dental  
complaint: A cross-sectional study  
(歯科的主訴の無い患者における口腔機能低下とサ  
ルコペニアの関連：横断研究)

---

令和4年3月申請

北海道大学  
大学院歯学院口腔医学専攻

白波瀬 龍一

## 抄録

**目的** 口腔機能とサルコペニアの関連はいくつかの先行研究が報告している。しかし、これまでの研究では口腔内の疼痛や歯周病の進行等に起因した咀嚼器官の欠損によって起こる咀嚼障害（器質性咀嚼障害）の影響はほとんど考慮されていない。本研究は一般歯科診療所の歯科的主訴の無い患者を対象に、口腔機能低下症に関する口腔機能評価とサルコペニアとの関連を調査することを目的として実施した。

**方法** 本研究は2019年6月から2021年3月の期間に一般歯科診療所を受診した65歳以上の外来患者のうち歯科定期検診のため通院中あるいは治療終了後、定期検診へ移行した患者を対象とした横断研究である。269名の研究参加者（平均年齢74.9歳±6.50、男性133名、女性136名）に対し口腔機能精密検査、AWGS2019基準によるサルコペニアの評価を行い両者の関連を検討した。

**結果** 研究参加者のうち口腔機能低下症と診断されたのは132名（49.07%）であった。また30名（11.2%）が sarcopenia、24名（8.9%）が severe sarcopenia と判定された。ポアソン回帰分析の結果、舌口唇運動機能[pa](prevalence rate ratio[PRR]=0.80、95%Wald=-0.44--0.02)、[ka](PRR=0.76、95%Wald=-0.53--0.03)、舌圧(PRR=0.95、95%Wald=-0.09--0.02)、口腔機能低下該当項目数(PRR=1.39、95%Wald=0.11--0.56)は有意にサルコペニアと関連していた。

**結論** 器質性咀嚼障害の影響の少ない高齢者においても口腔機能低下とサルコペニアとの間に有意な関連が認められた。社会の高齢化に伴い、これからの歯科医師は器質性咀嚼障害の治療のみではなく、運動障害性咀嚼障害とサルコペニアの関連を視野にいたした治療が求められると示唆された。

**Key words** 口腔機能低下症、サルコペニア、器質性咀嚼障害、運動障害性咀嚼障害、超高齢社会

## 1. 緒言

口腔の健康が全身の健康、QOL に関連していることはよく知られている<sup>1</sup>。近年では加齢に伴う口腔機能低下にも着目されており<sup>2</sup>、日本の地域在住高齢者 2011 名を対象とした大規模高齢者コホート調査では口腔機能の低下は身体的フレイル、サルコペニア、要介護認定、死亡の予測因子であると報告されている<sup>3</sup>。社会の高齢化に伴い日本の歯科医療は、歯の形態回復を主とした「治療中心型」の医療から患者のライフステージに応じた口腔機能の維持・回復を目指す「治療・管理・連携型」の医療への転換が求められている<sup>4</sup>。口腔機能低下症はその転換を促すための新たな病名として日本の医療保険に収載された。口腔機能低下症は加齢だけでなく、疾患や障害など様々な要因によって、口腔の機能が複合的に低下している疾患<sup>5</sup>と定義され、7つの口腔機能評価によって診断される。

先行研究では口腔機能が低下している者は咀嚼困難な食品を避ける傾向にあり、低栄養に陥りやすいと報告されている<sup>6</sup>。また口腔機能が低下すると運動の機会が減少するとの報告もある<sup>7</sup>。低栄養と運動不足はどちらもサルコペニアの原因であり、早期発見、早期介入が予後改善の鍵とされている<sup>8</sup>。サルコペニアとは「加齢に伴う骨格筋量の減少と筋力の低下および／または身体能力の低下」と定義されており<sup>9</sup>、障害、入院、死亡、認知症のリスク因子である<sup>10,11</sup>。その発症および進行の予防は健康寿命の延伸、QOL の向上に不可欠であり、結果として医療費削減につながると考えられている<sup>12</sup>。

口腔機能とサルコペニアとの関連についていくつかの先行文献が存在する<sup>13-15</sup>。しかしその多くは単一の口腔機能評価であり、口腔機能低下症とサルコペニアとの関連を詳細に調査した先行研究は少数である<sup>16</sup>。また口腔内の疼痛または歯の欠損に対する補綴状況、義歯の適合状態が口腔機能評価に影響を与える可能性があるが、これまでの先行研究では対象者の齶蝕や歯の欠損、義歯不適合などの歯科疾患の状態を考慮していない<sup>17,18</sup>。

口腔内の疼痛や歯周病の進行等に起因した咀嚼器官の欠損によって起こる咀嚼障害（器質性咀嚼障害）<sup>19,20</sup>の影響を除外した上で口腔機能低下症とサルコペニアの関連を調査することは、加齢等によって口腔機能が低下したことにより起こる咀嚼障害（運動障害性咀嚼障害）<sup>19</sup>がサルコペニアに関連することをより明確にすると考える。これは口腔機能低下が全身の健康に関連することのエビデンスを補強し、口腔機能の維持・回復を目指す歯科医療が全身の健康に貢献する可能性に繋がると思われる。

本研究は、器質性咀嚼障害に対して保存修復治療や補綴治療が行われ、器質性咀嚼障害がほとんどない対象者においても口腔機能低下症とサルコペニアは関連しているとの仮説のもと、一般歯科診療所の歯科的主訴の無い患者を対象に、口腔機能低下症に関する口腔機能評価とサルコペニアとの関連の調査することを目的として実施された。

## 2. 方法

### 2.1. 研究デザイン

本研究は一般歯科診療所の歯科的主訴の無い外来患者を対象とした横断研究である。

## 2.2. 研究対象

2019年6月から2021年3月の期間に日本北部の中核都市の地域歯科診療所を受診した65歳以上の外来患者のうち1~3か月ごとの歯科定期検診のため通院中あるいは治療終了後、定期検診へ移行した患者を対象とした。治療終了の定義は齶蝕未処置歯が無く、歯周基本治療が終了しており、歯肉の発赤、腫脹、疼痛、排膿が見られない。ならびに天然歯または補綴物により両側臼歯部での咬合支持があり、咀嚼困難感の訴えが無いものとした。併存疾患または外傷により身体機能に障害のあるもの、ペースメーカー装着者、頭頸部がんの既往のある者は対象から除外した。調査内容について研究担当者から患者本人に対して口頭および書面にて説明し、書面にて同意を取得した。

本研究はヘルシンキ宣言に則り、北海道大学歯学研究院臨床・疫学研究倫理審査委員会により承認を得て実施した。【承認番号2019第4号】

## 2.3. 調査項目

基本情報、口腔診査（機能歯数、可撤性義歯の使用の有無、口腔機能精密検査）、歩行速度、握力、体組成測定を行った。

## 2.4. 基本情報

年齢、性別、身長、体重、併存疾患を評価した

## 2.5. 口腔評価

機能歯数、可撤性義歯の使用の有無についての調査、口腔機能精密検査は事前にトレーニングを受け基準を統一した診療所の7名の歯科衛生士により実施された。機能歯数は残根、動揺度Ⅲ度を除く残存歯数およびブリッジポンティック数、歯科インプラント本数、義歯人工歯数の合計とした<sup>21</sup>。また、患者が診査前1時間内に飲食や歯磨き、含嗽を行っていないことを確認した。

### 2.5.1. 口腔衛生状態

口腔衛生状態については、舌苔の付着程度の指標である Tongue Coating Index (TCI)<sup>22</sup>を視診にて評価した。この指標は舌表面を9分割し、それぞれのエリアに対して舌苔の付着程度を3段階（スコア0, 1 または 2）で評価し、合計スコアを算出した。TCI が50%以上（合計スコアが9点以上）を口腔衛生状態不良とした。

### 2.5.2. 口腔乾燥

口腔水分計（ムーカス、ライフ、埼玉、日本）<sup>23</sup>を使用して、舌尖から約10 mmの舌背中央部の口腔粘膜湿潤度を計測した。計測は3回行い、その中央値を測定値とした。測定値27.0未満を口腔乾燥ありとした。

### 2.5.3. 咬合力（残存歯数）

残存歯数により評価した。残根、動揺度Ⅲ度、ブリッジのポンティック、歯科インプラントは残存歯数から除外した。残存歯20本未満を咬合力低下とした<sup>24</sup>。

### 2.5.4. 舌口唇運動機能

5秒間で[pa][ta][ka]をそれぞれできるだけ早く繰り返し発音してもらい、自動計測器（健口くんハンディ、竹井機器工業、新潟、日本）を用いて、1秒当たりのそれぞれの音節の発音回数を計測した<sup>25</sup>。[pa][ta][ka]いずれかの発音回数が6回/秒未満を舌口唇運動機能低下とした。

#### 2.5.5. 舌圧

舌圧の評価には舌圧測定器（JMS 舌圧測定器、ジェイ・エム・エス、広島、日本）を用いた<sup>26</sup>。舌圧プローブの硬質リング部を上顎中切歯間に位置付け、口唇を閉じた状態で受圧部（バルーン部）を舌で口蓋に最大限の力で押し上げるよう被験者に指示した。可撤性義歯を使用している被験者は義歯を使用した状態で計測を行った。計測は3回行い、その平均値を測定値とした。測定値が30 kPa 未満を低舌圧とした。

#### 2.5.6. 咀嚼機能

2gのグミゼリー（グルコラム、ジーシー、東京、日本）を20秒間自由咀嚼させた後、10mlの水で含嗽させ、グミと水を濾過用メッシュ内に吐き出させ、メッシュを通過した溶液中のグルコース溶出量を咀嚼能力検査システム（グルコセンサーGS-II、ジーシー、東京、日本）<sup>27</sup>にて溶出グルコース濃度を測定した。グルコース濃度100mg/dl 未満を咀嚼能力低下とした。

#### 2.5.7. 嚥下機能

嚥下機能は聖隷式嚥下質問紙<sup>28</sup>を用いて評価した。15項目のうちA項目が1つ以上ある場合を嚥下機能低下とした。

以上、7つの検査(2.5.1.~2.5.7.)を実施し、3つ以上の検査で口腔機能低下と判定したものを口腔機能低下症と診断した。

### 2.6. サルコペニア判定

サルコペニアの判定に関する検査は事前にトレーニングを受け基準を統一した診療所の3名の管理栄養士が行った。

#### 2.6.1. 筋力

スメドレー式握力計（electronic hand dynamometer、SODIAL(R)、Shenzhen、China）を使用し、利き手の握力を測定した。男性28kg 未満、女性18kg 未満を筋力低下とした。

#### 2.6.2. 身体機能

6mの直線歩行路を通常歩行にて通過した時間を測定した。測定区間の前後には1mの助走区間を設けた。測定値より秒速を算出し、1m/秒未満を身体機能低下とした。

#### 2.6.3. 骨格筋量

体成分分析装置（Inbody470、インボディジャパン、東京、日本）を用いて計測した。男性7.0kg/m<sup>2</sup> 未満、女性5.7kg/m<sup>2</sup> 未満を骨格筋量低下とした。

2.6.1.~2.6.3.の結果をもとに AWGS2019<sup>29</sup> に則り、対象者を normal、sarcopenia、severe sarcopenia の3群に分類した。(Figure.2)

### 2.7. 統計分析

G\*Power3.1.9.7（Kiel University, Kiel, Germany）を使用してサンプルサイズ計算を行った。効果量を中程度、 $\alpha$ 誤差を0.05、検出力を0.80、先行研究<sup>16</sup>よりサルコペニアの有病率

は 16.4%との報告があることから、 $N2/N1$  を 0.164 とし計算したところ求められる参加者数は 206 名であった。

統計ソフトは IBM SPSS Statistics 27(IBM, NewYork, USA)を使用し、統計学的有意水準は  $p < 0.05$ 、95%Wald に 1 を含まないこととした。

Jonckheere-Terpstra trend test および Mantel-Haenszel trend test により normal、sarcopenia、severe sarcopenia 各群の対象者の比較を行った。サルコペニアとの関連が報告されている全身状態（年齢、性別、BMI、高血圧、糖尿病、脂質異常症、脳血管疾患、悪性腫瘍、循環器疾患）<sup>3,30-32</sup> との関連はポアソン回帰分析を用いて調査した。本研究は一歯科診療所の限られた患者を対象とした研究のため、参加者数に制限があった。そこで事前に有向非巡回グラフ（Directed Acyclic Graph: DAG）で調整変数の絞り込みを行った。（Figure.1）

サルコペニアと口腔機能低下症との関連の調査にあたり 2 つのポアソン回帰モデルを構築した。Model 1 はサルコペニアの有無（2 グループ：Normal, Sarcopenia and Severe Sarcopenia）を従属変数とし、9 つの口腔機能精密検査の実測値、口腔機能低下症診断の有無、口腔機能精密検査の口腔機能低下該当項目数、可撤性義歯の使用の有無をそれぞれ独立変数とした単変量モデルとした。Model 2 は Model1 に加え、DAG により絞り込んだ調整変数を共変量とした多変量モデルとした。

### 3. 結果

研究期間内に研究参加への同意が得られた患者は 294 名であった。294 名の患者が研究に参加、自立歩行困難であったものが 12 名、ペースメーカー装着者 1 名、手掌部外傷のため握力測定が困難であったものが 2 名、その他データ欠損者が 10 名、計 25 名が除外され、残った 269 名（平均年齢 74.9 歳±6.50、男性 133 名、女性 136 名）を研究参加者とした。

参加者のうち口腔機能低下症と診断されたのは 132 名（49.1%）であった。また 30 名（11.15%）が sarcopenia、24 名（8.92%）が severe sarcopenia と判定された。

各検査項目の該当者数およびその割合は Table1 に示す。各検査項目の該当者は最小で咀嚼機能の 21 名(7.8%)、最大で舌口唇運動機能の 170 名(63.2%)であった。Table 2 に normal、sarcopenia、severe sarcopenia 各群対象者の特徴を比較した結果を示した。normal 群と比較して、sarcopenia 群、severe sarcopenia 群は年齢、糖尿病有病率、脳血管疾患有病率が高く、男性が多い傾向が見られた。また握力、歩行速度、身長、体重、BMI、SMI は sarcopenia 群、severe sarcopenia 群のほうが有意に低くなる傾向にあった。口腔機能は normal 群に比べサルコペニアが重症化するほど低下傾向にあり残存歯数、舌口唇運動機能[pa][ta][ka]、舌圧、咀嚼機能、嚥下機能においてその差は有意であった。口腔機能低下症の有病率および口腔機能低下の該当項目数も normal 群に比べ sarcopenia、severe sarcopenia 群のほうが有意に高かった。Table 3 にサルコペニアの有無と年齢、性別、全身既往歴との関連をポアソン回帰分析により解析した結果を示した。年齢、BMI において有意な関連を認めた。Table 4 は同様にサルコペニアの有無とそれぞれの口腔機能との関連を示した。Model 1 では残存歯数、舌口唇運動機能

[pa][ta][ka]、舌圧、咀嚼機能、口腔機能低下に該当する項目数においてサルコペニアとの間に有意な関連を認めた。2列目の Model 2 では DAG で調整変数を絞り年齢、性別、糖尿病の既往の有無、脳血管疾患の既往の有無を共変量とした。調整後、舌口唇運動機能[pa] (odds ratio[OR]=0.80、95%Wald=-0.44--0.02) [ka] (OR=0.76、95%Wald=-0.53--0.03)、舌圧 (OR=0.95、95%Wald=-0.09--0.02)、口腔機能精密検査該当数 (OR=1.39、95%Wald=0.11--0.56)はサルコペニアと有意な関連を認めた。

## 4. 考察

### 4.1. 口腔機能低下とサルコペニアの関連

本研究は一般歯科診療所の歯科的主訴の無い外来患者において口腔機能低下と判定された項目数が多いほど有意にサルコペニア有病率が高いことを示した。これは器質性咀嚼障害に対して適切な歯科治療を行った後にもサルコペニアと口腔機能低下の間には関連があることを示している。

先行研究においても口腔機能とサルコペニアの関連は示唆されている<sup>16,33</sup>。口腔機能精密検査を全項目調査した研究としては、Kugimiya らが地域在住高齢者を対象に実施しており口腔機能低下とサルコペニアとの間に有意な関連が認められ<sup>33</sup>、本研究結果は先行研究を支持する結果となった。それに対し Nakamura らによる地域在住高齢者を対象とした調査では口腔機能低下とサルコペニアの間には有意な関連を認めなかった<sup>16</sup>。Nakamura らの研究では咀嚼能力の評価を質問紙による主観的評価で行っている。咀嚼能力については主観的評価と客観的評価は必ずしも一致しないとの報告もある<sup>34</sup>。さらにこれらの先行研究は地域在住高齢者を対象とした研究で齶蝕や歯の欠損、義歯不適合などの歯科疾患の状態を考慮していないため、器質性咀嚼障害の影響を受けていた可能性もある。歯科疾患の治療を終え、器質性咀嚼障害の影響が減じられた患者を対象に口腔機能精密検査を全項目実施しサルコペニアの関連を示した研究は、我々の知る限り本研究が初めてである。

Ikebe らの報告によると口腔機能低下症は高齢地域住民の 40-50%に存在すると報告しており<sup>35</sup>、本研究も 49.1%とほぼ同様の結果であった。またサルコペニアについても地域在住高齢者を対象に AWGS2019 を用いて行われた調査によると 14.4%に sarcopenia、4.2%に severe sarcopenia を認めたとの報告がある<sup>33</sup>。本研究は一つの一般歯科診療所の患者を対象としたバイアスのある集団ではあったが、先行研究と同等の口腔機能低下症およびサルコペニアの有病率であった。

また本研究参加者の器質性咀嚼障害に対しては一貫した治療方針のもと欠損した歯質の保存修復治療、歯の喪失に対しては補綴治療が行われ、同一の院内研修を受けた歯科衛生士によって口腔衛生も管理されている。参加者の現在歯数は 17.25±8.81 本と、日本国内の平均的な高齢者の現在歯数に近似している<sup>36</sup>。機能歯数は 27.53±1.01 本であり、地域在住高齢者を対象とした先行研究<sup>37</sup>の 28.90±11.54 本と比較して平均値では近似しているが、標準偏差が小さくその点ではバイアスが少ない集団であり、本研究の特徴と我々は考えている。以上より、本研究参

加者は先行研究と比較して器質性咀嚼障害の影響が減じられた集団であると考えられる。

#### 4.2. 各検査項目とサルコペニアの関連

個々の検査項目に着目すると舌口唇運動機能、舌圧がサルコペニアと有意に関連していた。

舌口唇運動機能および舌圧については既に先行研究でサルコペニアとの関連が報告されている<sup>14,15</sup>。本研究結果は先行研究を支持する結果となった。

本研究では口腔衛生状態、口腔粘膜湿潤度、残存歯数、咀嚼機能、嚥下機能はサルコペニアと有意な関連を認めなかった。口腔衛生状態については本研究の参加者は歯科治療の一環として歯科衛生士による口腔衛生指導を受けているため有意な関連が見られなかったものと思われる。口腔粘膜湿潤度に関して、我々が渉猟した限りサルコペニアとの関連についての報告は発見できなかった。残存歯に関しては地域在住高齢者を対象とした先行研究にてサルコペニアとの間に有意な関連が認められている<sup>38</sup>。本研究参加者は咬合支持が回復されたものを対象としているため、残存歯数とサルコペニアとの関連が弱くなったと考える。サルコペニアと咀嚼機能との関連についても先行研究で既に有意な関連が報告されている<sup>13</sup>。本研究における咀嚼機能低下該当者は7.8%しか認めず、先行研究<sup>13,35</sup>と比較しても少ない。これは本研究が器質性咀嚼障害の回復を行った集団を対象としたことによるものと考えられ、咀嚼機能低下に該当する者が少数であったことが先行研究と異なる結果を得た理由と考えられる。嚥下機能に関しては地域在住高齢者を対象とした先行研究<sup>39</sup>および病院入院患者を対象とした先行研究にてサルコペニアと有意な関連が認められている<sup>40</sup>。地域在住高齢者を対象とした先行研究は平均年齢が82.3±6.9歳と高い集団であった<sup>39</sup>、病院入院患者を対象とした先行研究は<sup>40</sup>、本研究と比較してサルコペニア有病率が高かった。これら年齢やサルコペニア有病率の差が嚥下機能とサルコペニアの関連に影響したかもしれない。

齲蝕、歯周病、歯の欠損に対し適切な歯科治療を行い、器質性咀嚼障害の回復を行うことはサルコペニアのリスク因子である低栄養を予防する効果があるとの報告がある<sup>41</sup>。しかし本研究の参加者は歯科疾患の治療が終了しているにも関わらず、口腔機能が低下していたものにサルコペニアが多くみられた。この結果は歯の形態回復を主とした器質性咀嚼障害の治療のみでは高齢患者の健康維持には不十分であり、サルコペニアの予防のためには口腔機能低下によって起こる運動障害性咀嚼障害<sup>22</sup>に対しても口腔機能訓練<sup>42</sup>、栄養指導<sup>43</sup>といった口腔機能の維持・向上を目指した治療も必要であることを示唆していると我々は考えている。また反対にサルコペニアの存在が口腔機能低下へ影響を与えたとも考えられ、器質性咀嚼障害の治療後にも口腔機能低下が残存している場合はサルコペニアの存在も疑い、骨格筋量、筋力、身体機能の評価、食事療法、運動療法の実施を検討すべきと考える<sup>44</sup>。

#### 4.3. 限界

本研究にはいくつかの限界が存在する。第一に本研究は横断研究であるため、口腔機能低下症とサルコペニアの因果関係明らかにできない。因果関係を検証するには口腔機能低下症患者に対して口腔機能訓練実施群と非実施群に分けた介入研究が必要であるが、まずは実態把握が必要と考え横断研究を実施した。第二に本研究は特定地域の歯科病院の治療終了後の患者を

対象としており、また器質性咀嚼障害への対応は、一歯科医療機関での治療基準に則り行われているためバイアスが存在する。第三に本研究のサンプルサイズは同様の先行研究と比較して少数で<sup>16</sup>、独立変数に制限があった。第四にサルコペニアとの関連が報告されている飲酒、喫煙、運動習慣の有無などの生活習慣および同居人の有無を調査しなかった<sup>45-48</sup>。これらの要因が結果に影響した可能性は否定できない。第五に本研究では欠損補綴方法による解析は欠損部位、欠損範囲が様々でカテゴリ化することが困難であったことから行わなかった。第六に本研究は現在歯数20歯未満の者を研究参加者に含めている。真の意味で器質性咀嚼障害の影響を除外するためには現在歯数20歯以上の者のみを対象とすべきではあるが、日本国内の高齢者の約半数が現在歯数20歯未満であり<sup>36</sup>、それらを除外すると実態から大きく乖離するため現在歯数20歯未満の者も研究対象者に含めた。最後に本研究は歯周基本治療を終えた者を対象としているが、詳細な歯周状態に関しては調査していない。歯周病とサルコペニアとの関連について統一見解は得られていないが、全身の炎症とサルコペニアとの関連については先行研究による報告があり<sup>49</sup>、結果に影響した可能性がある。

今後サンプルサイズを増やし、これらの要因も含めた追加検証が必要と考えている。

## 5. 結論

結論として器質性咀嚼障害の影響の少ない高齢者においても口腔機能低下とサルコペニアとの間に有意な関連が認められた。

超高齢社会にある日本では人口構造の変化に伴い、歯科の疾病構造も変化している<sup>4</sup>。多くの残存歯を有する高齢者が増加する一方で、食事の食べこぼし、むせ込みなどの口腔機能低下とそれに伴う全身への影響が懸念されている<sup>3,36</sup>。超高齢社会の歯科医療は器質性咀嚼障害の治療のみに留まらず、運動障害性咀嚼障害がサルコペニアに関連することを念頭に置いた治療が必要となってくると思われる。

## 6. 参考文献

1. Gerritsen AE, Allen PF, Witter DJ, Bronkhorst EM, Creugers NHJ. Tooth loss and oral health-related quality of life: A systematic review and meta-analysis. *Health Qual Life Outcomes* 2010;8:126.
2. Iyota K, Mizutani S, Oku S, et al. A cross-sectional study of age-related changes in oral function in healthy Japanese individuals. *Int J Environ Res Public Health* 2020;17:1376.
3. Tanaka T, Takahashi K, Hirano H, et al. Oral frailty as a risk factor for physical frailty and mortality in community-dwelling elderly. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 2018;73:1661-1667.
4. Song P, Tang W. The community-based integrated care system in Japan: Health care and nursing care challenges posed by super-aged society. *Biosci Trends* 2019;13:279281.
5. Japanese Society of Gerodontology. Oral Hypofunction Examination and Diagnosis in Health Insurance Treatment. Reported in Japanese. Accessed May 5, 2021.

[https://www.gerodontology.jp/committee/file/oralfunctiondeterioration\\_document.pdf](https://www.gerodontology.jp/committee/file/oralfunctiondeterioration_document.pdf)

6. Kim MJ. Food consumption frequency of Korean adults based on whether or not having chewing difficulty using 2013–2016 KNHANES by sex-stratified comparative analysis. *Nutr Res Pract* 2020;14:637-653.
7. Sasajima M, Yoshihara A, Odajima A. Effects of Oral Function Training and Oral Health Status on Physical Performance in Potentially Dependent Older Adults. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2021; 18(21):11348.
8. Robinder JS Dhillon, MD M, Sarfaraz Hasni M. Pathogenesis and management of Sarcopenia. *Clin Geriatr Med* 2017;33:17-36.
9. Shaw SC, Dennison EM, Cooper C. Epidemiology of Sarcopenia: Determinants throughout the lifecourse. *Calcif Tissue Int* 2017;101:229-247.
10. Kim M, Won CW. Sarcopenia is associated with cognitive impairment mainly due to slow gait speed: Results from the Korean Frailty and Aging Cohort Study (KFACS). *Int J Environ Res Public Health* 2019;16:1491.
11. Kitamura A, Seino S, Abe T, et al. Sarcopenia: prevalence, associated factors, and the risk of mortality and disability in Japanese older adults. *J Cachexia Sarcopenia Muscle* 2021;12:30-38.
12. de Vries NM, Staal JB, van der Wees PJ, et al. Patient-centred physical therapy is (cost-) effective in increasing physical activity and reducing frailty in older adults with mobility problems: a randomized controlled trial with 6 months follow-up. *J Cachexia Sarcopenia Muscle* 2016;7:422-435.
13. Senoo S, Iwasaki M, Kimura Y, et al. Combined effect of poor appetite and low masticatory function on sarcopenia in community-dwelling Japanese adults aged  $\geq 75$  years: A 3-year cohort study. *J Oral Rehabil* 2020;47:643-650.
14. Sakai K, Nakayama N, Tohara H, et al. Relationship between tongue strength, lip strength, and nutrition-related sarcopenia in older rehabilitation inpatients: a cross-sectional study. *Clin Interv Aging* 2017;12:1207-1214.
15. Suzuki M, Koyama S, Kimura Y, et al. Relationship between characteristics of skeletal muscle and oral function in community-dwelling older women. *Arch Gerontol Geriatr* 2018;79:171-175.
16. Nakamura M, Hamada T, Tanaka A, et al. Association of oral hypofunction with frailty, sarcopenia, and mild cognitive impairment: A cross-sectional study of community-dwelling Japanese older adults. *J Clin Med* 2021;10:1626.
17. Abe T, Tominaga K, Ando Y, et al. Number of teeth and masticatory function are associated with sarcopenia and diabetes mellitus status among community-dwelling older adults: A Shimane CoHRE study. *PLoS One* 2021;16:e0252625.
18. Miyoshi S, Saito A, Shigeishi H, Sugiyama M. Association of physical performance with

oral function in older women participating in community-based health exercise programs. *Clin Exp Dent Res* 2020;6:311-317.

19. Kikutani T. Determination for modified food for the elderly patients with motor masticatory disorders. *Ann Japan Prosthodont Soc* 2016;8:126-131.
20. Kosaka T, Ono T, Kida M, et al. Deterioration of periodontal status affects declines in masticatory performance: the Suita study. *J Clin Periodontol* 2021;48:1208-1215.
21. Hirohiko H, Watanabe Y, Watanabe I, Suzuki T, Naoyoshi I. A study of factors affecting the masticatory ability of an elderly. *Japanese J Gerodontology* 1995;9:184-190.
22. Shimizu T, Ueda T, Sakurai K. New method for evaluation of tongue-coating status. *J Oral Rehabil* 2007;34:442-447.
23. Yamada H, Nakagawa Y, Nomura Y, et al. Preliminary results of moisture checker for mucus in diagnosing dry mouth. *Oral Dis* 2005;11:405-407.
24. Minakuchi S, Tsuga K, Ikebe K, et al. Oral hypofunction in the older population: Position paper of the Japanese Society of Gerodontology in 2016. *Gerodontology* 2018;35:317-324.
25. Yamada A, Kanazawa M, Komagamine Y, Minakuchi S. Association between tongue and lip functions and masticatory performance in young dentate adults. *J Oral Rehabil* 2015;42:833-839.
26. Yoshikawa M, Fukuoka T, Mori T, et al. Comparison of the Iowa Oral Performance Instrument and JMS tongue pressure measurement device. *J Dent Sci* 2021;16:214-219.
27. Uesugi H, Shiga Beng H. Relationship between masticatory performance using a gummy jelly and masticatory movement. *J Prosthodont Res* 2017;61:419-425.
28. Ohkuma R, Kojima C. Development of a questionnaire to screen dysphagia. *JSDR* 2002;6:3-8.
29. Chen LK, Woo J, Assantachai P, et al. Asian Working Group for Sarcopenia: 2019 Consensus update on sarcopenia diagnosis and treatment. *J Am Med Dir Assoc* 2020;21:300-307.e2.
30. Dunne RF, Loh KP, Williams GR, Jatoi A, Mustian KM, Mohile SG. Cachexia and sarcopenia in older adults with cancer: A comprehensive review. *Cancers (Basel)* 2019;11:1-17.
31. Su Y, Yuki M, Otsuki M. Prevalence of stroke-related sarcopenia: A systematic review and meta-analysis. *J Stroke Cerebrovasc Dis* 2020;29:105092.
32. Tamura Y, Ishikawa J, Fujiwara Y, et al. Prevalence of frailty, cognitive impairment, and sarcopenia in outpatients with cardiometabolic disease in a frailty clinic. *BMC Geriatr* 2018;18:1-11.
33. Kugimiya Y, Iwasaki M, Ohara Y, et al. Relationship between oral hypofunction and sarcopenia in community-dwelling older adults: The Otassha Study. *Int J Environ Res Public Health* 2021;18:6666.
34. Murakami M, Watanabe Y, Eda Hiro A, et al. Factors related to dissociation between objective and subjective masticatory function in Japanese community-dwelling elderly adults. *J Oral Rehabil* 2018;45:598-604.

35. Ikebe K, Hatta K, Mihara Y, Murakami K. Key points under discussion on “Oral Hypofunction”. *Ronen Shika Igaku* 2020;34:451-456.
36. Ministry of Health L and W. Summary of the Results of the Survey on Dental Diseases in 2008. :4. Reported in japsnese. Accessed May 13, 2021. <https://www.mhlw.go.jp/toukei/list/dl/62-28-02.pdf>
37. Naoyoshi I, Hirohiko H, Suwako K, et al. Oral examination of longitudinal interdisciplinary study on aging. (I). Framework of the oral examination. *Japanese J Gerodontology* 1993;7:141-149.
38. Han CH, Chung JH. Association between sarcopenia and tooth loss. *Ann Geriatr Med Res* 2018;22:145-150.
39. Suzuki M, Kimura Y, Otobe Y, et al. Relationship between sarcopenia and swallowing capacity in community-dwelling older women. *Gerontology* 2020;66:549-552.
40. Maeda K, Ishida Y, Nonogaki T, et al. Development and predictors of sarcopenic dysphagia during hospitalization of older adults. *Nutrients* 2019;12:70.
41. Azzolino D, Passarelli PC, De Angelis P, Piccirillo GB, D’addona A, Cesari M. Poor oral health as a determinant of malnutrition and sarcopenia. *Nutrients* 2019;11:1-17.
42. Steele CM, Bayley MT, Peladeau-Pigeon M, et al. A randomized trial comparing two tongue-pressure resistance training protocols for post-stroke dysphagia. *Dysphagia* 2016;31:452-461.
43. Suzuki H, Kanazawa M, Komagamine Y, et al. The effect of new complete denture fabrication and simplified dietary advice on nutrient intake and masticatory function of edentulous elderly: A randomized-controlled trial. *Clin Nutr* 2018;37:1441-1447.
44. Damanti S, Azzolino D, Roncaglione C, Arosio B, Rossi P, Cesari M. Efficacy of nutritional interventions as stand-alone or synergistic treatments with exercise for the management of sarcopenia. *Nutrients* 2019;11:1991.
45. Steffl M, Bohannon RW, Petr M, Kohlikova E, Holmerova I. Alcohol consumption as a risk factor for sarcopenia-A meta-analysis. *BMC Geriatr* 2016;16:99.
46. Steffl M, Bohannon RW, Petr M, Kohlikova E, Holmerova I, Kohlíková E. Relation between cigarette smoking and sarcopenia: Meta-analysis. *Physiol Res* 2015;64:419-426.
47. Steffl M, Bohannon RW, Sontakova L, Tufano JJ, Shiells K, Holmerova I. Relationship between sarcopenia and physical activity in older people: a systematic review and meta-analysis. *Clin Interv Aging* 2017;12:835845. doi:10.2147/CIA.S132940
48. Gale CR, Westbury L, Cooper C. Social isolation and loneliness as risk factors for the progression of frailty: The English Longitudinal Study of Ageing. *Age Ageing* 2018;47:392-397.
49. Liang H, Peng H, Chen L. Prognostic Value of Sarcopenia and Systemic Inflammation Markers in Patients Undergoing Definitive Radiotherapy for Esophageal Cancer. *Cancer Manag Res.* 2021;13:181-192.

## Figure legends

Figure 1. Selection of adjustment variables by directed acyclic graph

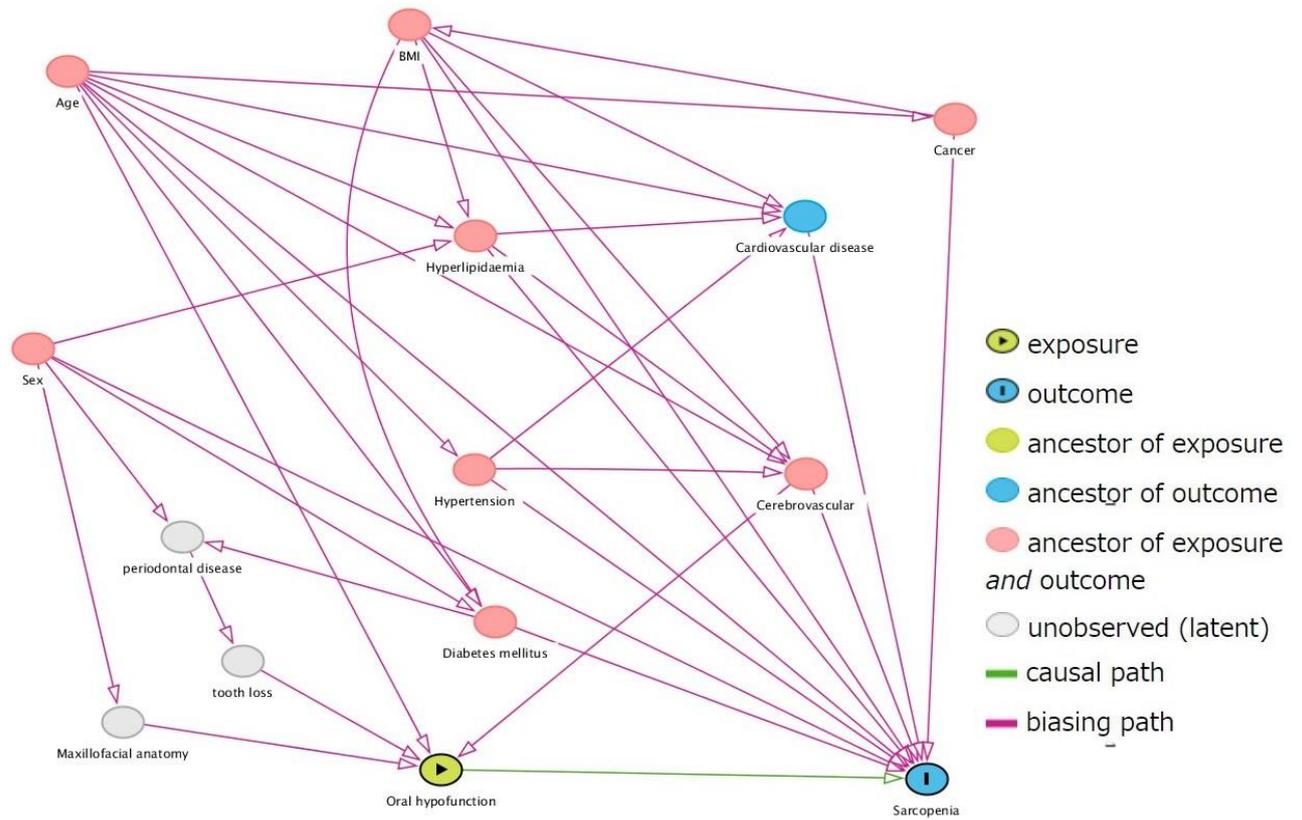
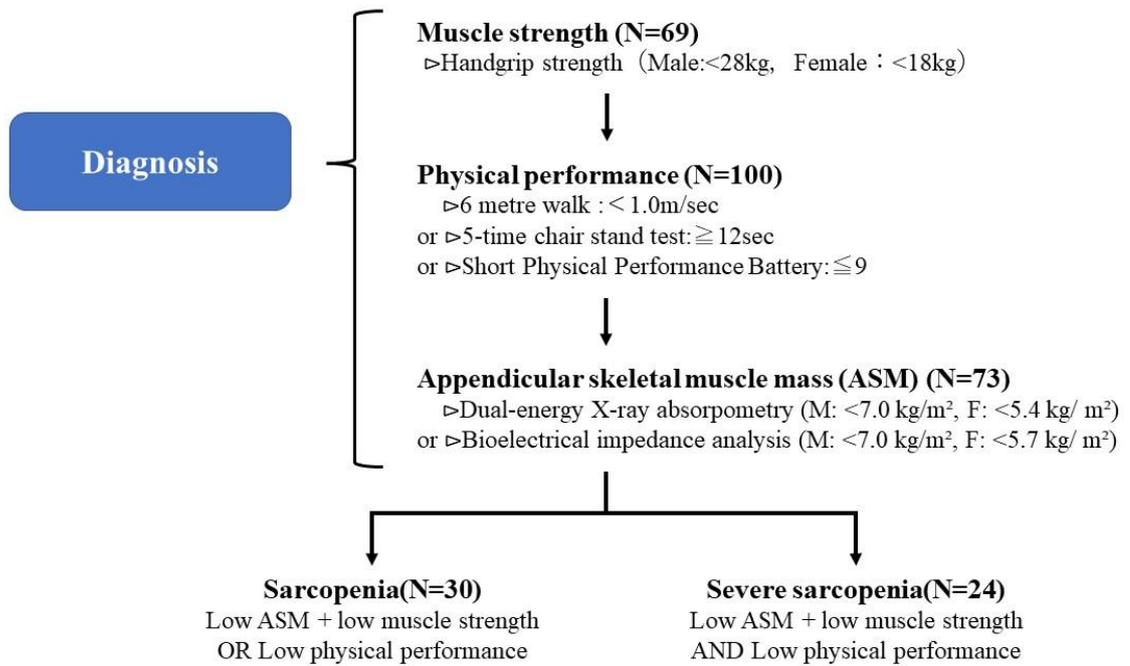


Figure 2. AWGS2019 criteria for the diagnosis of sarcopenia



**Table 1. Items for oral function assessment and the number and percentage of patients with oral hypofunction**

<b>Clinical signs</b>	<b>Measurement</b>	<b>Number</b>	<b>%</b>
<b>Poor oral hygiene</b>	Tongue coating index $\geq 50\%$	52	19.33
<b>Oral dryness</b>	The measured value obtained by a recommended moisture checker is less than 27.0.	115	42.75
<b>Reduced occlusal force</b>	The number of remaining teeth is less than 20.	131	48.70
<b>Decreased tongue-lip motor function</b>	The number of /pa/,/ta/ or /ka/ pronunciations per second is less than 6.	170	63.20
<b>Decreased tongue pressure</b>	The maximum tongue pressure is less than 30 kPa	130	48.33
<b>Decreased masticatory function</b>	The glucose concentration obtained by chewing gelatin gummies is less than 100 mg/dL.	21	7.80
<b>Decreased of swallow function</b>	The A items on the Seirei dysphagia screening questionnaire is more than 1.	68	25.30

Table 2. Comparison of participant characteristics in each stage of sarcopenia

	All (n=269)	Normal (n=215)	Sarcopenia (n=30)	Severe Sarcopenia (n=24)	p-value	Analysis
<b>Characteristics</b>						
<b>Age</b>	74.93±6.50	73.94±6.03	77.17±6.64	80.96±6.62	<0.001***	a
<b>Sex (% male)</b>	49.44	46.05	56.67	70.83	0.016*	b
<b>Height (cm)</b>	157.22±8.79	158.01±8.77	152.45±7.22	155.41±8.83	0.005**	a
<b>Weight (kg)</b>	59.05±10.61	60.58±9.76	52.04±12.45	54.10±10.91	<0.001***	a
<b>BMI (kg/m<sup>2</sup>)</b>	23.59±3.29	24.14±3.22	21.52±3.03	21.25±1.97	<0.001***	a
<b>Variables of sarcopenia</b>						
<b>Grip strength (kg)</b>	28.13±11.96	29.44±11.89	25.83±13.01	19.31±5.80	<0.001***	a
<b>Gait speed (m/s)</b>	1.06±0.27	1.10±0.26	1.02±0.23	0.78±0.23	<0.001***	a
<b>SMI (kg/m<sup>2</sup>)</b>	6.67±0.96	6.85±0.92	5.85±0.80	5.99±0.66	<0.001***	a
<b>Variables of oral hypofunction and oral health status</b>						
<b>Oral hygiene (%)</b>	32.48±17.26	32.36±16.87	32.15±21.36	34.03±15.66	0.844	a
<b>Oral dryness</b>	26.91±3.09	27.03±3.09	26.87±2.80	25.94±3.43	0.136	a
<b>Number of remaining teeth</b>	17.25±8.81	17.99±8.41	14.13±9.83	14.63±9.96	0.016*	a
<b>Tongue-lip motor function/pa/ (times/s)</b>	6.09±0.96	6.23±0.83	5.75±0.99	5.36±1.51	<0.001***	a
/ta/ (times/s)	6.04±0.93	6.15±0.86	5.68±0.83	5.48±1.34	<0.001***	a
/ka/ (times/s)	5.92±0.95	5.75±0.85	5.17±0.95	4.98±1.32	<0.001***	a
<b>Tongue pressure (KPa)</b>	30.27±8.27	31.50±7.88	27.65±8.56	22.51±6.40	<0.001***	a

<b>Masticatory function (mg/dl)</b>	182.87±59.53	187.37±59.88	161.30±39.30	169.50±70.74	0.013*	a
<b>Swallow function (%)<sup>†</sup></b>	25.29	21.40	30.00	54.17	0.001**	b
<b>Number of oral hypofunction items</b>	2.55±1.31	2.34±1.21	3.03±1.19	3.75±1.51	<0.001***	a
<b>Diagnosis of oral hypofunction (%)</b>	49.07	43.72	64.52	75.00	0.001**	b
<b>Number of functional teeth</b>	27.53±1.01	27.56±0.96	27.50±1.22	27.29±1.16	0.698	a
<b>Removable denture use (%)</b>	64.68	64.65	64.52	62.50	0.926	b
<b>Medical history</b>						
<b>Hypertension (%)</b>	26.77	27.91	16.13	29.17	0.677	b
<b>Diabetes mellitus (%)</b>	12.27	9.30	16.13	33.33	0.001**	b
<b>Hyperlipidemia (%)</b>	12.27	12.56	9.68	12.50	0.865	b
<b>Cerebrovascular disease (%)</b>	6.32	4.65	9.68	16.67	0.014*	b
<b>Cardiovascular disease (%)</b>	11.15	11.63	6.45	12.50	0.269	b
<b>Cancer (%)<sup>‡</sup></b>	5.95	6.05	9.68	0.00	0.498	b

BMI, body mass index; SMI, skeletal muscle mass index

a. Jonckheere-Terpstra trend test b. Mantel-Haenszel trend test

\*.p<0.05 \*\*.p<0.01 \*\*\*.p<0.001

<sup>†</sup> . Percentage of patients with reduced swallowing function

<sup>‡</sup> . Exclude head and neck cancer

**Table 3. Relationship between sarcopenia and age, BMI, sex, and medical history**

	95% Wald			p-value
	PPR	Lower limit	Upper limit	
<b>Age</b>	1.09	0.05	0.12	<0.001***
<b>BMI</b>	0.81	-0.30	-0.13	<0.001***
<b>Sex</b>	1.73	-0.01	1.10	0.053
<b>Hypertension</b>	0.78	-0.89	0.39	0.443
<b>Diabetes mellitus</b>	2.34	0.23	1.47	0.008**
<b>Hyperlipidemia</b>	0.89	-0.97	0.73	0.788
<b>Cerebrovascular disease</b>	2.20	-0.01	1.58	0.052
<b>Cancer</b>	0.93	-1.24	1.09	0.898
<b>Cardiovascular disease</b>	0.81	-1.13	0.71	0.653

\*.p<0.05 \*\*.p<0.01 \*\*\*.p<0.001

Poisson regression analysis was performed. Dependent variable: two sarcopenia groups.

Independent variables: age, BMI, sex, hypertension, diabetes, dyslipidemia, cerebrovascular disease, cancer, cardiovascular disease

PPR. prevalence rate ratio

Table 4. Relationship between sarcopenia and oral function assessment, removable denture use, number of functional teeth, diagnosis of oral hypofunction, and number of oral hypofunction items

	Model 1				Model 2			
	95% Wald				95% Wald			
	PRR	Lower limit	Upper limit	p-value	PRR	Lower limit	Upper limit	p-value
<b>Oral hygiene</b>	1.00	-0.01	0.02	0.816	1.00	-0.02	0.02	0.861
<b>Oral dryness</b>	0.96	-0.12	0.04	0.281	0.97	-0.11	0.05	0.404
<b>Number of remaining teeth</b>	0.97	-0.06	-0.07	0.017*	0.99	-0.05	0.02	0.359
<b>Tongue-lip motor function/pa/</b>	0.69	-0.56	-0.19	<0.001***	0.80	-0.44	-0.02	0.035*
/ta/	0.68	-0.61	-0.17	<0.001***	0.80	-0.48	0.02	0.070
/ka/	0.64	-0.65	-0.23	<0.001***	0.76	-0.53	-0.03	0.029*
<b>Tongue pressure</b>	0.93	-0.10	-0.04	<0.001***	0.95	-0.09	-0.02	0.003**
<b>Masticatory function</b>	1.00	-0.01	-0.00	0.027*	1.00	-0.01	0.00	0.207
<b>Swallow function</b>	2.02	0.16	1.25	0.011*	1.60	-0.10	1.04	0.108
<b>Removable denture use</b>	1.01	-0.55	0.57	0.968	0.81	-0.79	0.36	0.467
<b>Number of functional teeth</b>	0.90	-0.33	0.13	0.374	0.89	-0.34	0.10	0.296
<b>Diagnosis of oral hypofunction</b>	2.45	0.31	1.48	0.003**	1.63	-0.14	1.12	0.127
<b>Number of oral hypofunction items</b>	1.57	0.25	0.65	<0.001***	1.39	0.11	0.56	0.004**

Model 1. Poisson logistic regression analysis was performed. Dependent variable: two sarcopenia groups. Independent variables: each item of the oral function assessment and the number of functional teeth, removable denture use, diagnosis of oral hypofunction, and the number of oral hypofunction items

Model 2. In addition to model 1, age, sex, diabetes mellitus, and cerebrovascular disease were entered as covariates.

\*. p<0.05 \*\*.p<0.01 \*\*\*.p<0.001

PRR. prevalence rate ratio