

Title	3年間の縦断研究における高齢者の口腔機能の加齢変化
Author(s)	室谷, 有紀
Citation	大阪大学, 2023, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/91854
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

3年間の縦断研究における 高齢者の口腔機能の加齢変化

大阪大学大学院歯学研究科

口腔科学専攻顎口腔機能再建学講座

有床義歯補綴学・高齢者歯科学分野

室谷 有紀

指導

大阪大学大学院歯学研究科

顎口腔機能再建学講座

有床義歯補綴学・高齢者歯科学分野

池邊 一典 教授

【目次】

緒言	3
方法	9
1. 対象者	
2. 評価項目	
3. 統計学的分析	
結果	21
分析 I 分析対象者と非対象者の各検査項目の比較	
分析 II 分析対象者における，ベースライン時と追跡調査時の各検査項目の比較	
分析 III 性別，年齢群および加齢が，咬合力および舌圧に与える影響の検討	
分析 IV 性別および年齢群と，加齢との交互作用の検討	
分析 V 年齢群別における，性別と加齢が，咬合力および舌圧に与える影響の検討	
分析 VI 性別における，年齢群と加齢が，咬合力および舌圧に与える影響の検討	
考察	29
結論	54
謝辞	55
引用文献	56
図表	74
付録	82

【緒言】

わが国の平均寿命は、令和3年の厚生労働省の報告によると、男性81.47年、女性87.57年である¹⁾。また、令和4年の内閣府の報告によると、わが国の高齢化率は28.9%であり²⁾、世界でも類をみない超高齢社会である。そして今後も高齢化率の上昇は続くことが推計されており、高齢者のなかでも、特に75歳以上の後期高齢者の急増が予測されている。

このような平均寿命の延伸に伴い、重視されているのが、健康寿命の延伸である。疾病予防と健康増進、介護予防に重点を置くことで、健康寿命が延伸し、高齢者の生活の質の低下を防ぐことができれば、社会保障負担の軽減も期待できる³⁾。

これまでに、健康日本21（第二次）に基づき、健康づくりを促進してきた結果、健康寿命は着実に延伸している^{4,5)}。そして今後、更なる健康寿命の延伸を図るために厚生労働省は令和2年に「健康寿命延伸プラン」を定めた。健康寿命延伸プランでは、QOLの維持を目的に、介護予防・フレイル対策、認知症予防への取り組みなどが推進されている⁶⁾。また、厚生労働省が平成24年に発表した介護予防マニュアル（改訂版）には、口腔機能の維持や栄養改善について明記されており⁷⁾、介護予防における口腔機能の重要性が認識されている。

そして、ポピュレーションアプローチとして、これまで国民に広く浸透してきた 8020 運動に加え、国民への口腔機能の重要性の啓発のため、オーラルフレイルの概念が提唱された⁸⁾。さらに、平成 28 年には日本老年歯科医学会が、「健康」から「口腔機能障害」に至るまでの機能低下の途中段階に、オーラルフレイルと口腔機能低下症が存在すると提唱し、歯科における適切な管理を行うことで、口腔機能障害に至る前に維持することができる⁹⁾とした。

そして、平成 30 年度の歯科診療報酬改定の際に、口腔機能低下症に対する口腔機能管理が保険収載されたように¹⁰⁾、口腔機能の継続的な管理が重視されている。

さらに、厚生労働省の歯科医師の資質向上等に関する検討会において、人口構成の変化や、歯科疾患の罹患状況の変化に伴い、これまでの歯の形態の回復を主体とした、「治療中心型」の歯科治療だけでなく、全身的な疾患の状態もふまえ、関係者と連携しつつ患者個々の状態に応じた口腔機能の維持・回復をめざす、「治療・管理・連携型」の歯科治療の必要性が増すと予想されている¹¹⁾。

近年、健康寿命に影響を与える栄養摂取状態やフレイル、認知機能との関連が報告され、特に注目されている口腔機能に、咬合力¹²⁻¹⁴⁾や舌圧¹⁵⁻¹⁷⁾が挙げられる。

これまでに咬合力は、高齢な者ほど小さいことが報告されている^{18,19)}。天然歯列を有する65歳以上の高齢者（平均75.8歳）78名（男性35名，女性43名）と，21歳から49歳の若年成人（平均34.3歳）76名（男性34名，女性42名）を対象とした横断研究によると¹⁸⁾，咬合力は若年成人に比較して高齢者のほうが小さく，また，高齢者において年齢と咬合力に有意な相関を認めたと報告されている。また，60歳から87歳の地域在住高齢者372名（平均年齢71.6歳，男性101名，女性271名）を対象とした横断研究によると¹⁹⁾，咬合力は男女ともに年齢と負の相関関係を認めたと報告されている。一方で，咬合力と年齢は関連がないとの報告もある^{20,21)}。老人大学に所属している60歳以上（60～64歳295名，65～69歳326名，70歳以上72名）の自立した地域在住高齢者850名（男性444名，女性376名）を対象とした咬合力に関する報告によると²⁰⁾，単変量解析においては年齢と咬合力は有意な相関を認めたが，Eichnerの分類を用いて咬合支持状態により3群に群分けすると，咬合支持の多い群ほど咬合力は大きく，咬合力と年齢は有意な相関を認めなかった。このことから，咬合支持が保たれていれば高齢であっても咬合力は大きく，維持できる可能性が示唆された。また，8020達成者と60歳代の横断研究によると²¹⁾，8020達成者の52名（男性28名，女性24名）と老人大学に在籍する60歳群（平均66.9歳）の46名（男性22名，女性24名）

において、8020 達成者の平均残存歯数は平均 25.3 本、60 歳群の平均残存歯数は平均 25.8 本、8020 達成者の平均咬合力は平均 890.3 N、60 歳群の平均咬合力は平均 942.9 N であった。このことから、8020 達成者と 60 歳群の咬合力に有意差を認めず、さらに、重回帰分析の結果から、残存歯数が多ければ咬合力は年齢の影響を受けない可能性が示唆された。また、咬合力は男性に比較して女性のほうが小さいことも横断研究により報告されている²²⁻²⁴⁾。健康な高齢者 551 名（平均年齢 75.8 歳、男性 165 名、女性 386 名）を対象とした横断研究や²⁵⁾、65 歳から 74 歳の健康な高齢者 349 名（男性 149 名、女性 200 名）を対象とした横断研究により²⁶⁾、男性のほうが女性より咬合力が大きいことが報告された。また、60 歳から 87 歳の地域在住高齢者 372 名（男性 101 名、女性 271 名）を対象とした横断研究では¹⁹⁾、咬合力は 60 歳代、70 歳代では男性に比較して女性では有意に小さく、80 歳代では性差を認めなかったことが報告されている。

舌圧も同様に、若い者より高齢な者のほうが小さいことが横断研究により報告されている^{27,28)}。舌圧に関する 68 件の文献を用いたシステマティックレビューにおいて²⁷⁾、60 歳未満（平均年齢 28.2 歳）3265 名、60 歳以上（平均年齢 74.5 歳）10508 名を対象としたメタアナリシスによると、60 歳未満と比較して 60 歳以上の者のほうが、舌圧が小さいことが報告されている、また

60歳未満において男性は女性と比較して舌圧が大きく、60歳以上では性別において有意な差は認めなかったことが報告されている。また、4つのコホート研究における、65歳以上の5083名（男性2150名、女性2933名）の舌圧データをまとめた最新の報告では²⁸⁾、高齢な者ほど舌圧は小さく、男性は女性と比較して舌圧が大きいことが報告されている。

このように、これまでに、咬合力や舌圧は、年齢との関連が横断研究により報告されており、口腔機能低下の大きな原因の一つとして、疾患とともに、加齢が考えられている。しかし、横断研究は、異なる個人により構成された集団を比較したものであるため、加齢変化の予測の有力な手助けとはなるが、同一人物の加齢による変化を捉えることはできない。前述のとおり、口腔機能低下の大きな原因の一つとして加齢が考えられているにも関わらず、これまでの報告は横断研究がほとんどである。これまでに報告された咬合力を用いた縦断研究では、咬合力が小さい者は認知機能が低下した¹⁴⁾という報告や、咬合力が小さい者はサルコペニア発症率が高いこと¹³⁾が報告されているが、咬合力自体の加齢に伴う変化について性別や年齢群別に検討した縦断研究はない。また、同様に、舌圧を用いた縦断研究には、舌圧が小さい者はフレイルや要介護になる者が多いという報告¹⁶⁾や、5年間の舌圧低下量と身体機能との関連について検討した報告があるが²⁹⁾、舌圧自体の加齢に伴

う変化について性別や年齢群別に検討した縦断研究はなく、実際に加齢に伴って咬合力や舌圧が低下するのか、また、性別や年齢によって変化が異なるのかを調べた縦断研究はない。

後期高齢者において、口腔機能を継続的に管理し、機能低下に対応するためには、まず、生理的な加齢に伴う機能変化を知ることが非常に重要であると考えます。

そこで、本研究では、後期高齢者における、咬合力と舌圧の、加齢に伴う変化について検討することを目的とし、70歳代、80歳代、90歳代の地域在住高齢者を対象に3年間の縦断研究を行った。

【方法】

本研究は、疫学における観察研究の報告に関するガイドラインである、STROBE ガイドライン³⁰⁾ に準拠して行った。

現在、われわれは、70 歳、80 歳、90 歳および 100 歳以上の高齢者を対象に、3 年ごとの長期縦断調査を行う SONIC (Septuagenarian, Octogenarian, Nonagenarian Investigation with Centenarian) Study を行っており³¹⁾、本研究は SONIC Study の一部である。SONIC Study は、大阪大学大学院歯学研究科だけでなく、同医学系研究科、同人間科学研究科、東京都健康長寿医療センター研究所、慶応義塾大学医学部、東京大学大学院医学系研究科と共同で、さまざまな専門分野から高齢者の健康長寿の要因を探索する、異分野共同研究を行っている。

なお、本研究は、大阪大学大学院歯学研究科・歯学部及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（承認番号：H22-E9, H27-E4）。

1. 対象者

本研究の対象者は、SONIC Study における 70 歳群，80 歳群，90 歳群の参加者とした。

SONIC Study は、兵庫県伊丹市，朝来市，東京都板橋区，西多摩郡の特定の地域の住民基本台帳から，2010 年度に 69～71 歳の者（70 歳群 4267 名），2011 年度に 79～81 歳の者（80 歳群 5378 名），2012 年度に 89～91 歳の者（90 歳群 3281 名）に対して依頼状を送付した悉皆調査であり，指定の日時に調査会場に自力で来場し，研究の同意を得られた者に対して調査を行った。各年齢群において 3 年ごとに追跡調査を行っており，2010 年度（70 歳群），2011 年度（80 歳群），2012 年度（90 歳群）の調査を wave 1，2013 年度（70 歳群），2014 年度（80 歳群），2015 年度（90 歳群）の調査を wave 2，2016 年度（70 歳群），2017 年度（80 歳群），2018 年度（90 歳群）の調査を wave 3，2019 年度（70 歳群），2021 年度（80 歳群，90 歳群）の調査を wave 4 と定義している。なお，2020 年度は新型コロナウイルスの影響により調査は実施できなかった。（付録）

本研究の対象者のフローチャートを図 1 に示す。本研究におけるベースラインは 2014 年度（80 歳群 wave 2）（83～86 歳），2015 年度（90 歳群 wave 2）（90～96 歳），2016 年度（70 歳群 wave 3）（74～77 歳）の SONIC 研究に参加

した高齢者 1885 名（2014 年度；80 歳群 810 名，2015 年度；90 歳群 397 名，2016 年度；70 歳群 678 名）とした。そのうち，歯科の調査に参加した者は 1843 名（2014 年度；80 歳群 801 名，2015 年度；90 歳群 370 名，2016 年度；70 歳群 672 名）であり，本研究におけるすべての検査項目を記録した者は 1701 名（2014 年度；80 歳群 706 名，2015 年度；90 歳群 339 名，2016 年度；70 歳群 656 名）であった。そして，それぞれ 3 年後の 2017 年度（80 歳群 wave 3），2018 年度（90 歳群 wave 3），2019 年度（70 歳群 wave 4）の追跡調査には，1095 名（2017 年度；80 歳群 460 名，2018 年度；90 歳群 122 名，2019 年度；70 歳群 513 名）が参加し，歯科の調査に参加した者は，1029 名（2017 年度；80 歳群 444 名，2018 年度；90 歳群 105 名，2019 年度；70 歳群 480 名）であった。ベースライン時に欠損値がなかった 1701 名のうち，追跡調査の歯科調査には 965 名（2017 年度；80 歳群 398 名，2018 年度；90 歳群 98 名，2019 年度；70 歳群 469 名）が参加し，追跡調査不参加者は 795 名であった。追跡調査においてデータ欠損のあった者 14 名（咬合力 4 名，舌圧 12 名）を除外し，データに欠損値のない 951 名（70 歳群 466 名，80 歳群 391 名，90 歳群 94 名）を最終的な分析対象者とした。

本研究における除外基準は，咬合力を測定できない者，舌圧を測定できない者，残存歯数を記録できない者とした。咬合力を測定できない者は，上下

顎の残存歯あるいは補綴装置での咬合接触がない者や、測定を拒否した者であった。舌圧を測定できない者は、前歯部の欠損や動揺により測定機器を使用できない者や、測定を拒否した者であった。残存歯数を記録できない者は、口腔内の検査や義歯の着脱を拒否した者であった。

2. 評価項目

口腔内検査は、大阪大学歯学部附属病院咀嚼補綴科ならびに口腔治療・歯周科に所属する歯科医師が行った。口腔機能の測定は咀嚼補綴科に所属する歯科医師が行った。すべての歯科医師において、事前に検査方法についてトレーニングを行った。

(1) 咬合力

咬合力の測定には、デンタルプレスケール 50H, R タイプ（ジーシー社、東京）を用いた。これは、厚さ 97 μ m のポリエチレンテレフタラートのシートの中に、発色剤を含むマイクロカプセルが含まれている感圧シートである。このシートに圧力が加わると、そのマイクロカプセルが崩壊し、赤色に発色する。圧力が大きくなればなるほど、発色の濃度が高くなる。オクルーザー FPD-709（ジーシー社、東京）を用いて、シートにおける発色の濃度と面積を読み取り、算出された値を咬合力（N）として記録した。

測定時、対象者には、デンタルプレスケールを咬頭嵌合位にて 3 秒間最大の力で噛みしめるよう指示した³²⁾。測定の際には、日本老年歯科医学会が示す検査方法に基づき³³⁾、実際の機能時と同様の状態で記録を行うために、可撤性義歯使用者は、義歯を装着した状態で行った。

今回の分析においては、記録した咬合力（N）は、連続変数として用いた。

(2) 舌圧

舌圧の測定には、JMS 舌圧測定器 TPM-01 (JMS 社, 広島) を用いた。

JMS 舌圧測定器は、デジタル舌圧計、連結チューブおよび舌圧プローブから構成される。

舌圧測定器は、内圧 19.6 kPa に設定された舌圧プローブのバルーンを舌で押し潰すことにより、測定系回路内の空気が圧縮され、このときの圧力をデジタル舌圧計の圧力センサが感知して計測する機器である。

測定時は、術者が舌圧プローブを対象者の口腔内に挿入し、舌圧プローブ先端のバルーンを口蓋皺壁前方部に位置付け、対象者に舌圧プローブの硬質リング部を前歯で軽く把持するよう指示した。そして、最大の力で舌を挙上し、数秒間舌と口蓋との間でバルーンを押しつぶすよう指示した。

デジタル舌圧計に出力された圧力の最大値を舌圧 (kPa) として記録した。

3 回連続で測定を行い、分析にはその平均値を用いた³⁴⁾。測定の際には、日本老年歯科医学会が示す検査方法に基づき³³⁾、実際の機能時と同様の状態で記録を行うために、可撤性義歯使用者は、義歯を装着した状態で行った。

今回の分析においては、記録した舌圧 (kPa) は、連続変数として用いた。

(3) 残存歯数

デンタルミラーMIR4/3 MH1（ヒューフレディ社，東京）を用いて口腔内検査を行い，歯式を記録し，残存歯数を算出した．義歯やブリッジのポンティックは歯数に含めないものとする．

本研究では，智歯を含んだ 32 本を調査の対象とした．

3. 統計学的分析

単変量分析には、 χ^2 検定、Mann-Whitney の U 検定および Wilcoxon の符号付き順位検定を用いた。多変量分析には、同一個人における 2 つの時点のデータ間の相関をモデルに組み込むことで相関を考慮することが可能であり、縦断分析に適した統計モデルである一般化線形混合モデル (GLMM : Generalized Linear Mixed effect Model) を用いた。

以降の分析において、性別は 2 つのカテゴリーに分類した (男性=1, 女性=2)。年齢群は、ベースライン時の年齢に基づき、70 歳群, 80 歳群, 90 歳群の 3 つのカテゴリーに分類した。加齢は、分析対象者それぞれがベースライン調査参加時から追跡調査参加時まで経過した期間 (年) を計算し、連続変数とした。残存歯数は連続変数とした。

分析ソフトは、分析 I, II には、IBM SPSS Statistics Version 25.0 (IBM Japan, 東京)を用い、分析 III 以降には、R Version 3.6.1 (R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria) を用いた。GLMM による分析には、R の lme4 パッケージを用いた。なお、統計学的有意水準は 5%とした。

分析Ⅰ 分析対象者と非対象者の各検査項目の比較

分析を進めるにあたり、まず分析対象者と非対象者のベースライン時の各検査項目について比較した。

性別および年齢群について χ^2 検定を行い、男女ごとに各年齢群における、ベースライン時の咬合力、舌圧および残存歯数について、Mann-Whitney の U 検定を用いて比較した。

分析Ⅱ 分析対象者における、ベースライン時と追跡調査時の各検査項目の比較

分析対象者における、ベースライン時と追跡調査時の各検査項目について単変量分析にて比較した。

男女ごとに各年齢群において、Wilcoxon の符号付き順位検定を用いて比較した。

分析Ⅲ 性別、年齢群および加齢が、咬合力および舌圧に与える影響の検討

性別、年齢群および加齢が、咬合力および舌圧に与える影響の検討を行うために、GLMM を用いて分析を行った。

咬合力と舌圧それぞれを目的変数とした線形モデルに，説明変数として，性別，年齢群，加齢および残存歯数を投入した。

分析Ⅳ 性別および年齢群と，加齢との交互作用の検討

咬合力および舌圧に対する，性別および年齢群と，加齢との交互作用を検討するために，GLMM を用いて分析を行った。

咬合力および舌圧それぞれを目的変数とした GLMM に，性別および年齢群と加齢との交互作用項を設け，性別，年齢群，加齢および残存歯数を説明変数として投入した。

分析Ⅴ 年齢群別における，性別と加齢が，咬合力および舌圧に与える影響の検討

それぞれの年齢群における，3年間の咬合力および舌圧の変化の違いについて検討を行うために，年齢群別に階層分析を行った。

咬合力と舌圧それぞれを目的変数とし，性別，加齢および残存歯数を説明変数として投入した GLMM を用いて分析を行った。

分析VI 性別における，年齢群と加齢が，咬合力および舌圧に与える影響の検討

性別における，3年間の咬合力および舌圧の変化の違いについて検討を行うために，性別に階層分析を行った。

咬合力と舌圧それぞれを目的変数とし，年齢群，加齢および残存歯数を説明変数として投入した GLMM を用いて分析を行った。

【結果】

分析 I 分析対象者と非対象者の各検査項目の比較

分析対象者と分析非対象者におけるベースライン時における咬合力、舌圧および残存歯数の中央値（四分位範囲）を表 1 に示す。

分析対象者は 951 名、分析非対象者は 750 名（追跡調査不参加者 736 名、データ欠損のある者 14 名）であった。分析対象者 951 名のうち、男性は 483 名、女性は 468 名であった。また、70 歳群は 466 名（男性 233 名、女性 233 名）、80 歳群は 391 名（男性 206 名、女性 185 名）、そして 90 歳群は 94 名（男性 44 名、女性 50 名）であった。

性別および年齢群について χ^2 検定を行った結果、女性のほうが男性より分析非対象者が多く ($p = 0.022$)、年齢群が高いほど分析非対象者の割合が高く ($p < 0.001$)、有意な関連を認めた。

次に、Mann-Whitney の U 検定を行った結果を表 2 に示す。男性の 70 歳群において、分析対象者のほうが分析非対象者と比較して残存歯数 ($p = 0.024$) および舌圧 ($p = 0.044$) の値が大きく、有意な差を認めた。また、女性は 90 歳群において、分析対象者のほうが分析非対象者と比較して残存歯数 ($p = 0.012$)、咬合力 ($p = 0.012$) および舌圧 ($p = 0.024$) の値が大きく、有

意な差を認めた。80歳群においても舌圧は、分析対象者のほうが分析非対象者と比較して大きく、有意な差を認めた ($p = 0.015$)。

分析Ⅱ 分析対象者における，ベースライン時と追跡調査時の各検査項目の比較

分析対象者における，ベースライン時と追跡調査時の各検査項目の結果について，Wilcoxon の符号付き順位検定の結果を表 3 に示す。

舌圧と残存歯数は，どの年齢群においても，男女ともに，ベースライン時に比較して追跡調査時は小さい値となり，有意な差を認めた（70 歳群女性舌圧： $p=0.002$ ，70 歳群男性における舌圧およびすべての群における残存歯数： $p<0.001$ ）。

一方，咬合力は，70 歳群の男性のみベースライン時に比較して追跡調査時は約 5% 小さい値となり，有意な差を認めた（ $p=0.038$ ）が，その他の群は，ベースライン時と追跡調査時は有意な差を認めなかった。

分析Ⅲ 性別、年齢群および加齢が、咬合力および舌圧に与える影響の検討

性別、年齢群および加齢が、咬合力および舌圧に与える影響を検討するために、咬合力および舌圧を目的変数とし、性別、年齢群、加齢および残存歯数を説明変数とした GLMM を行った。結果を表 4 に示す。

咬合力モデルにおいて、性別（非標準化係数： $B = -66.9$, $p < 0.001$ ）、年齢群（80 歳群 $B = -81.7$, $p < 0.001$, 90 歳群 $B = -87.2$, $p < 0.001$ ）、および残存歯数（ $B = 13.8$, $p < 0.001$ ）は、咬合力と有意な関連を認めた。男性と比較して女性は、咬合力が小さく、70 歳群と比較して 80 歳群、90 歳群は、咬合力が小さく、残存歯数が多いほど咬合力が大きかった。しかし、加齢は咬合力と有意な関連は認めなかった（ $B = -0.30$, $p = 0.884$ ）。

次に、舌圧モデルにおいて、性別（ $B = -0.94$, $p < 0.001$ ）、年齢群（80 歳群 $B = -1.78$, $p < 0.001$, 90 歳群 $B = -5.47$, $p < 0.001$ ）、および加齢（ $B = -0.82$, $p < 0.001$ ）は、舌圧と有意な関連を認めた。男性と比較して女性は舌圧が小さく、70 歳群と比較して 80 歳群、90 歳群は舌圧が小さく、加齢とともに舌圧は低下することが示された。しかし、残存歯数は舌圧と有意な関連は認めなかった（ $B = 0.02$, $p = 0.351$ ）。

また、各年齢群および性別における咬合力と舌圧の加齢に伴う変化について図 2、図 3 に示す。

分析IV 性別および年齢群と、加齢との交互作用の検討

咬合力および舌圧に対する、性別と年齢群の、加齢との交互作用を検討するために、GLMMを行った。結果を表5に示す。

性別と加齢の交互作用項（性別*加齢）と、年齢群と加齢の交互作用項（年齢群*加齢）は、Spearmanの順位相関係数を用いて分析した結果、非常に強い相関を認めた($r_s = 0.86$, $p < 0.001$)。そのため、多重共線性を考慮し同時にモデルに投入せず、モデルを4つ；咬合力（性別*加齢）モデル、咬合力（年齢群*加齢）モデル、舌圧（性別*加齢）モデル、舌圧（年齢群*加齢）モデルに分けて分析を行った。

咬合力（性別*加齢）モデルでは説明変数に性別、年齢群、残存歯数、加齢、そして性別と加齢の交互作用項を投入し分析を行った結果、性別（ $B = -51.5$, $p < 0.001$ ）、年齢群（80歳群 $B = -82.7$, $p < 0.001$, 90歳群 $B = -87.4$, $p < 0.001$ ）、残存歯数（ $B = 13.4$, $p < 0.001$ ）、性別と加齢の交互作用項（ $B = 9.8$, $p = 0.031$ ）は、有意な変数となった。しかし、加齢（ $B = -5.1$, $p = 0.112$ ）は有意な変数とならなかった。

咬合力（年齢群*加齢）モデルでは説明変数に性別、年齢群、残存歯数、加齢、そして年齢群と加齢の交互作用項を投入して分析を行った結果、性別（ $B = -65.7$, $p < 0.001$ ）、年齢群（80歳群 $B = -69.5$, $p < 0.001$, 90歳群 $B = -$

82.9, $p < 0.001$), 残存歯数 ($B = 13.4$, $p < 0.001$) は, 有意な変数となった. しかし, 加齢 ($B = -4.14$, $p = 0.197$) および年齢群と加齢の交互作用項 (80 歳群 $B = 9.16$, $p = 0.059$, 90 歳群 $B = 2.87$, $p = 0.720$) は, 有意な変数とならなかった.

舌圧 (性別*加齢) モデルでは説明変数に性別, 年齢群, 残存歯数, 加齢, そして性別と加齢の交互作用項を投入し分析を行った結果, 年齢群 (80 歳群 $B = -1.77$, $p < 0.001$, 90 歳群 $B = -5.46$, $p < 0.001$), 加齢 ($B = -0.89$, $p < 0.001$) は, 有意な変数となった. しかし, 性別 ($B = -0.75$, $p = 0.126$), 残存歯数 ($B = 0.02$, $p = 0.322$) および性別と加齢の交互作用項 ($B = 0.13$, $p = 0.346$) は有意な変数とならなかった.

舌圧 (年齢群*加齢) モデルでは説明変数に性別, 年齢群, 残存歯数, 加齢, そして年齢群と加齢の交互作用項を投入して分析を行った結果, 性別 ($B = -0.93$, $p = 0.035$), 年齢群 (80 歳群 $B = -2.53$, $p < 0.001$, 90 歳群 $B = -6.53$, $p < 0.001$), 加齢 ($B = -0.54$, $p < 0.001$), および年齢群と加齢の交互作用項 (80 歳群 $B = -0.52$, $p < 0.001$, 90 歳群 $B = -0.74$, $p < 0.001$) は, 有意な変数となった. しかし, 残存歯数 ($B = 0.02$, $p = 0.341$) は, 有意な変数とならなかった.

分析V 年齢群別における、性別と加齢が、咬合力および舌圧に与える影響の

検討

各年齢群において、性別と加齢が、咬合力および舌圧に与える影響を検討するために、咬合力と舌圧それぞれを目的変数とし、性別、加齢および残存歯数を説明変数として投入した GLMM を行った。結果を表 6 に示す。

咬合力モデルにおいて、どの年齢群においても、性別（70 歳群 $B = -92.9$, $p < 0.001$, 80 歳群 $B = -29.4$, $p = 0.033$, 90 歳群 $B = -92.7$, $p < 0.001$ ）と残存歯数（70 歳群 $B = 15.9$, $p < 0.001$, 80 歳群 $B = 12.2$, $p < 0.001$, 90 歳群 $B = 12.7$, $p < 0.001$ ）は、咬合力と有意な関連を認めた。加齢はどの年齢群（70 歳群 $B = -3.85$, $p = 0.305$, 80 歳群 $B = 4.46$, $p = 0.122$, 90 歳群 $B = -1.45$, $p = 0.821$ ）においても有意な関連を認めなかった。

一方、舌圧モデルにおいては、どの年齢群においても、加齢（70 歳群 $B = -0.55$, $p = 0.010$, 80 歳群 $B = -1.06$, $p < 0.001$, 90 歳群 $B = -1.28$, $p < 0.001$ ）は、舌圧と有意な関連を認めた。性別（70 歳群 $B = -1.27$, $p = 0.052$, 80 歳群 $B = -0.49$, $p = 0.461$, 90 歳群 $B = -1.23$, $p = 0.396$ ）および残存歯数（70 歳群 $B = 0.004$, $p = 0.908$, 80 歳群 $B = 0.03$, $p = 0.339$, 90 歳群 $B = 0.05$, $p = 0.547$ ）は有意な関連を認めなかった。

分析VI 性別における，年齢群と加齢が，咬合力および舌圧に与える影響の検討

男女において，咬合力と舌圧それぞれを目的変数とした GLMM に，説明変数として，年齢群，加齢および残存歯数を投入し，分析を行った結果を表 7 に示す．

咬合力モデルにおいて，咬合力は，男女ともに 80 歳群（男性 $B = -104.5$, $p < 0.001$, 女性 $B = -58.7$, $p < 0.001$ ）と，女性においては 90 歳群（ $B = -100.9$, $p < 0.001$ ）とも，有意な関連を認めた．そして，男女ともに，残存歯数（男性 $B = 15.6$, $p < 0.001$, 女性 $B = 11.8$, $p < 0.001$ ）は，咬合力と有意な関連を認めたが，加齢（男性 $B = -4.85$, $p = 0.194$, 女性 $B = 4.24$, $p = 0.104$ ）は有意な関連を認めなかった．

一方，舌圧モデルにおいて，舌圧は，男女ともに，加齢（男性 $B = -0.88$, $p < 0.001$, 女性 $B = -0.76$, $p < 0.001$ ）および年齢群（80 歳群 男性 $B = -2.11$, $p < 0.001$, 女性 $B = -1.43$, $p < 0.001$, 90 歳群 男性 $B = -5.43$, $p < 0.001$, 女性 $B = -5.46$, $p < 0.001$ ）は有意な関連を認めた．しかし，残存歯数（男性 $B = 0.03$, $p = 0.373$, 女性 $B = 0.03$, $p = 0.661$ ）は有意な関連を認めなかった．

【考察】

1. 分析対象者について

本研究は、各対象地域の住民基本台帳に登録されている者のうち対象年齢にあてはまる住民すべてに調査依頼の手紙を郵送し、調査の参加に同意が得られた者を対象とした。そのため、比較的健康意識の高い者が参加している可能性があり、選択バイアスが生じている可能性が考えられる。そこで、本研究における対象者の特徴と、過去の報告における対象者の特徴について述べ、一般化可能性について考察する。

本研究における分析対象者の、ベースライン時の平均残存歯数は、70歳群で20.2本、80歳群で15.5本、90歳群で11.6本であった。一方、厚生労働省の平成22年の歯科疾患実態調査の結果によると、平均残存歯数は、65～69歳で21.2本、70～74歳で17.3本、75～79歳で15.6本、80～84歳で12.2本、85歳以上で8.4本と報告されている³⁵⁾。この報告と比較して、本研究の分析対象者は、一般的な集団よりやや多い平均残存歯数を示している。

次に、本研究における分析対象者の、ベースライン時の平均咬合力は、70歳群で368.0 N、80歳群で209.7 N、90歳群で159.3 Nであった。男性のみの平均咬合力は、70歳群で427.8 N、80歳群で233.1 N、90歳群で210.4 N、女性のみ

の平均咬合力は、70歳群で308.2 N、80歳群で183.6 N、90歳群で114.4 Nであった。70歳以上を対象とした、デンタルプレスケールを用いて咬合力を測定した研究は、近年徐々に増えている。過去の横断研究によると、男性のみの平均咬合力は、平均74.8歳において平均397.9 N、女性のみの平均咬合力は、平均75.5歳において平均260.8 Nとの報告がある³⁶⁾。また、他の横断研究によると、男性のみの平均咬合力は、70～79歳では平均538.1 N、80～87歳では平均276.1 N、女性のみの平均咬合力は、70～79歳では平均360.3 N、80～87歳では平均280.7 Nとの報告もある¹⁷⁾。これらの報告と比較して、本研究の対象者は、近似した咬合力を示している。

そして、本研究における分析対象者の、ベースライン時の平均舌圧は、70歳群で28.8 kPa、80歳群で27.6 kPa、90歳群で24.0 kPaであった。男性のみの平均舌圧は、70歳群で29.8 kPa、80歳群で27.7 kPa、90歳群で24.3 kPa、女性のみの平均舌圧は、70歳群で27.8 kPa、80歳群で27.4 kPa、90歳群で23.9 kPaであった。これまでに、70歳以上を対象とした、JMS舌圧測定器を用いて舌圧を測定した研究はまだ数少ないが、近年徐々に報告が増えている²⁷⁾。過去の横断研究によると、平均72.8歳において平均30.5 kPaとの報告³⁷⁾や、73.0歳において平均33.1 kPaという報告がある¹⁶⁾。また、横断研究の結果を集めた最新の報告では、男性において75～79歳で平均30.8 kPa、80～84歳で平均28.4 kPa、

85 歳以上で平均 24.4 kPa, 女性において 75~79 歳で平均 29.6 kPa, 80~84 歳で平均 28.4 kPa, 85 歳以上で平均 26.4 kPa と報告された²⁸⁾. これらの報告と比較して, 本研究における対象者は, 近似した舌圧を示している.

本研究の分析対象者は, ベースライン調査および追跡調査の会場調査に参加することができた者であることから, 要介護状態となった者や, 入院, 死亡などの原因により会場調査に参加できなくなった者は除外されていることとなる.

分析 I において, 分析対象者と分析非対象者のベースライン時における各項目の結果について比較を行った. 追跡調査にも問題なく来場し, すべての項目について検査を終了することができた分析対象者は, 追跡調査に来場できなかった者, および来場したが検査項目に欠損値があった者である分析非対象者と比較して, 多くの変数でベースライン時の数値は同程度であったが, 一部の変数で良好な結果を示す傾向があった.

これらの結果から, 本研究の分析対象者は, それぞれの同年代の一般的な地域在住高齢者と比較して, 大きな差異はないと考えられる. しかし, 本研究の対象者は, 地域在住高齢者のなかでも, 決められた日時に, 調査会場へ自力で出向くことが可能であった者であり, 自立した生活を送っている者が多かった. そのため, 比較的健康な者を対象としている可能性があることを考慮しな

なければならない。また、要介護者や入院中の高齢者ではあてはまらない可能性があることを認識する必要がある。しかし、本研究の目的は、咬合力と舌圧の生理的老化を明らかにすることであり、病的老化は対象としていない。したがって、選択バイアスの影響は小さく抑えられており、この対象者の集団は本研究において適切であると考えられる。

2. 測定項目について

(1) 咬合力測定について

咬合力を定量的に測定し客観的評価を行う方法としては、一般に、個歯咬合力や全歯列咬合力が用いられている³⁸⁾。個歯咬合力とは、主に第一大臼歯において半導体圧力センサを咬合させることにより咬合力を測定するものであり、その代表的な測定機器として、オクルーザルフォースメーター（長野計器社製）が挙げられる³⁹⁾。一方、全歯列咬合力とは、歯列型の感圧フィルムを用いて全歯列での咬合力を測定するものであり、その代表的な測定機器として、デンタルプレスケール（ジーシー社、東京）⁴⁰⁻⁴²⁾や、T-scan（東京歯材社、東京）⁴³⁾が挙げられる。

個歯咬合力は、測定対象となる特定の歯の状態が大きく影響し、対象者の歯列全体の状態を反映しているとは言えない。また、義歯装着者においては、片側咬合となるため、義歯の移動や転覆が生じやすく、適切な値が得られないことが多い。このことから、高齢者を対象とした観察研究においては、個歯咬合力の測定は適さないと考えられる。

一方、全歯列咬合力は、感圧シートを上下顎間に設置し、咬頭嵌合位に近い状態で測定することができる。そのため、義歯装着者であっても、歯列全体の状態を反映することが可能である。感圧シートを用いた咬合力検査で得られる

最大咬合力とは、上下顎歯咬合面間の圧縮力であり、咀嚼筋など下顎周囲の筋群の張力が源となり、歯列の咬合負担能力を反映する⁴⁴⁾。今回使用したデンタルプレスケールは、特殊な機器を必要とする T-scan に対して、測定時には感圧シート以外の特殊な機器は使用せず簡便であり、短時間で測定を行うことができるため、高齢者を対象とした観察研究に適している。本研究の対象者は、約 60% (70 歳群のうち約 50%, 80 歳群のうち約 70%, 90 歳群のうち約 80%) が義歯を使用していた。義歯使用者においても適切に測定を行えるデンタルプレスケールは、本研究において適切な検査方法だと考えられる。

デンタルプレスケールを用いた研究は数多くあり、これまでに、咀嚼能力と相関が高いことや⁴⁵⁾、残存歯や咬合支持と関連が強いこと^{21,46)}、また、筋力にも影響を受けること⁴⁷⁾が報告されている。

デンタルプレスケールによる咬合力測定の信頼性、妥当性、再現性についても、過去の研究から報告されている^{41,48-50)}。このことから、本研究では、デンタルプレスケールを用いて最大咬合力を測定した。

なお、日本老年歯科医学会で定められた最大咬合力低値のカットオフ値は、デンタルプレスケールにおいて 200 N 未満である。200 N 未満の場合、摂取食品の偏りや摂取量の低下を引き起こし¹²⁾、全身の筋力低下につながる可能性がある¹³⁾。そのため臨床においては、咬合力低値を示す者では、残存歯の状態や

補綴装置の状態の評価を行い、治療の必要性について判断し、咬合力の維持あるいは改善を目標に管理することが必要である。

(2) 舌圧測定について

舌は、口唇や下顎、咽頭、喉頭と協調して複雑な運動を行い、咀嚼、嚥下、構音の各口腔機能において重要な役割を担っている。これらの機能は、生命の維持および生活の質を保つうえで必要不可欠である⁵¹⁾。

舌の機能を定量的に測定し客観的に評価する方法に、舌圧測定が挙げられる⁵²⁾。特に、JMS 舌圧測定器を用いた舌圧測定は、侵襲性がなく他に特殊な機器を必要とせず、短時間で行うことができ簡便であるため、高齢者を対象とした観察研究に適している^{53,51)}。JMS 舌圧測定器を用いて測定する最大舌圧とは、口蓋前方部に対して舌で随意的に産生する圧力であり、これにより舌機能を一部定量的に評価することが可能である。

高齢者における舌圧に関する報告は近年増加しており、これまでに、低舌圧は、脳血管障害⁵⁴⁾やパーキンソン病⁵⁵⁾などの神経筋疾患、外傷や手術の後遺症⁵⁶⁾、廃用症候群や低栄養によって低下すると報告されている。また、要介護高齢者は健常高齢者より舌圧が小さいことや⁵⁷⁾、舌圧が小さい者はむせやすいこと⁵⁸⁾、普通食を摂取できない者では舌圧が小さいこと⁵⁹⁾などが報告されている。このように、簡便に舌圧測定が行えるようになったことで、舌圧測定器を用いた舌圧測定は、単回の測定が嚥下障害のスクリーニングに有用であることや、継続的な測定が嚥下機能の管理にも有用であることが報告されている⁵¹⁾。

JMS 舌圧測定器による舌圧測定の信頼性、妥当性、再現性についても、過去の研究から明らかにされている^{54,60)}。このことから、本研究では、JMS 舌圧測定器を用いて最大舌圧を測定した。

なお、日本老年歯科医学会で定められた舌圧低値のカットオフ値は、30 kPa 未満である。舌圧は、咀嚼から嚥下にかけての過程において、巧緻な運動を行い、食塊形成および食塊の運搬に非常に重要な役割を果たす⁶¹⁾。30 kPa 未満の場合は、嚥下障害について要注意とされている。

また、嚥下障害と診断するカットオフ値は未だ定められてはいないが、約 20 kPa 未満を示す場合は嚥下障害を認める可能性があると考えられている^{62,63)}。

そのため臨床においては、舌圧低値が明らかとなった場合、機能訓練や、補綴装置による口蓋形態の改善、食形態の変更の検討を行う。日本老年歯科医学会では、機能訓練について、舌トレーニング用具 ペコパンダ (JMS 社、広島) を用い、舌に対して運動機能訓練を行うことが推奨されている。訓練の方法については、さまざまな介入研究が試行されている段階であるが、舌の訓練を行うことで舌圧を増大させることができることが報告されている^{64,65)}。

(3) 変数の選択について

本研究における目的は、咬合力および舌圧の加齢に伴う変化を検討することであったため、目的変数は咬合力および舌圧とした。また、本研究は、関連のある因子を網羅的に探索するものではないために、口腔の状態を最も表す残存歯数のみを調整因子として用いた。

交絡因子があれば調整すべきであると考え、加齢と口腔機能低下の両者に関連する因子として考えうるものに全身疾患が挙げられたが、本研究では分析に用いなかった。その理由を以下に示す。

本研究の対象者は、地域在住高齢者のなかでも、決められた日時に、調査会場へ自力で出向くことが可能であった者である。口腔機能にまで大きな影響を与えるような重篤な全身疾患を発症した者は、調査会場に来場できなくなり、参加していないと考えられる。そのため、本研究で対象としている集団は、おおむね生理的老化を表すことのできる集団であると考えられ、分析において、病的な因子である全身疾患を調整因子として用いなかった。

なお、全身疾患はベースライン時および追跡調査時の問診票により、脳卒中やがん、骨折などの全身疾患の有無を記録している。このデータを用いて、ベースライン時から追跡調査時の間に、新たに病気を発症した者を除外して分析を行っても同様の結果が得られた。また、横断的な分析において、各全身疾患

と口腔機能の有意な関連を認めなかったため、本研究における縦断的な分析に調整因子として用いなかった。

3. 咬合力と各項目との関連について

(1) 性別，年齢群，残存歯数との関連について

分析Ⅱの結果より，咬合力は女性より男性のほうが大きく，年齢群が高いほど小さく，残存歯数が多いほど大きいことが示された。これまでの横断研究より，咬合力は，残存歯数や咬合支持，性別，年齢との関連が報告されており，残存歯数や咬合支持が多いほど咬合力は大きく，男性は女性より大きく，年齢が高いほど咬合力は小さいことが明らかとなっている。よって，今回の結果は，性別，年齢群，残存歯数においては，これら先行研究の報告と同様であった^{18,19,25,26,66,67}。

(2) 加齢との関連について

これまでに，咬合力と年齢の関連が報告されてきたことから，咬合力は加齢とともに低下することが推察されてきた^{18,19}。しかし，これまでの報告は横断研究がほとんどである。また縦断研究はいくつか報告があるが^{13,14}，加齢が咬合力に与える影響は明らかにされていない。そこで，今回の研究においては，同一人物において加齢が咬合力に与える影響を明らかにするために一般化線形混合モデルを用いて分析を行った。

まず分析Ⅱの Wilcoxon の符号付き順位検定の結果より、咬合力はベースライン調査時と比較して追跡調査時には低下の傾向を示したが、有意な差を認めなかった。さらに、分析Ⅲの一般化線形混合モデルにおいては、年齢や性別、残存歯数を調整した上で、咬合力は加齢と有意な関連を認めず、3年間の経過は咬合力に有意な影響を与えない可能性が示された。

これまでの横断研究より、歯数が多い場合は、年齢によって咬合力に差がないことや^{21,68)}、咬合支持により群分けを行った場合、それぞれの群において咬合力は年齢と関連が認められないことが報告されている⁴⁶⁾。これらのことから、今回の結果において、加齢が有意とならなかった理由については、加齢の影響よりも残存歯数の影響が大きい可能性が考えられる。

また、分析Ⅲの結果より、年齢群は有意な変数となり、70歳群と比較して80歳群、さらに90歳群は咬合力が小さく、年齢群が高いほど咬合力が小さいという結果となった。一方、加齢は有意な変数とならず、3年間の経過は咬合力に有意な影響を与えないという結果となった。このように、年齢群は有意な変数となったが、加齢が有意な変数とならなかった点に関して、考えられる理由を以下に示す。

近年、握力や歩行速度は、10年前の同じ年代の者と比較して、著しく向上しているという報告や⁶⁹⁾、身体的フレイルの割合は、2012年と比較して2017年

では減少しているという報告がある⁷⁰⁾。つまり、同じ年齢の者を比較した場合、昔と比較して現在のほうが、機能はより高く保たれており、より若々しくなっている。

本研究における対象者は、それぞれ、70歳群は2010年に69～71歳の者のみ、80歳群は2011年に79～81歳の者のみ、90歳群は2012年に89～91歳の者のみであり、対象者を狭い年齢に絞った narrow age cohort 研究である。つまり、70歳群、80歳群、90歳群は、生理的年齢差のみならず、10年ごとの異なる時代背景をもつ集団であり、世代間で差があると考えるのは妥当である。

一方で、本研究における加齢の変数は、同一対象者それぞれが、ベースライン時からフォローアップ時にどれだけの年月が経過したかを変数としたものである。10歳ずつ離れた異なる年齢群を比較すると咬合力は異なるが、同一人物における咬合力は3年経過では有意な変化を認めないと解釈できる。しかし、世代間の違いが、長期的な加齢の影響によるものである可能性も否定はできない。本研究の結果より、咬合力は加齢と有意な関連を認めなかったことから、3年間の研究期間において、加齢に伴って咬合力が低下することは示せなかった。しかしながら、本研究における結果からは、より長期的な加齢に伴って咬合力が低下しないと切り切ることはできない。本研究においては、経過年数が3年に限られる点は限界の一つである。今後、更なる長期的な変化について同

様の結果が得られるかどうかを検討する必要がある。筆者らは、年齢群間では有意な差があるが、加齢は咬合力の低下と有意な関連がなかったことから、70歳群の者が10年経過して80歳となっても、80歳群の wave 1 時の咬合力の値より大きい値を示すと予測している。今後、10年以上の経過を検討することで、年齢群間の相違と、加齢に伴う変化を、より明確にすることが可能と考える。

(3) 性別による加齢変化の違いについて

分析Ⅳの咬合力モデルにおいて、性別と加齢の交互作用項が有意となったことから、加齢に伴う咬合力の変化が性別によって異なることが明らかとなった。さらに、分析Ⅴの階層分析の結果より、統計学的には有意とはならなかったものの、男性は女性より咬合力が低下しやすい傾向を認めた。

握力や全身の骨格筋の筋力は年代によって異なり、男性は35～39歳、女性は40～44歳にピークに達し、その後は加齢とともに低下していくことが知られている⁷¹⁾。また、男性は女性と比較してピーク時の筋力は大きく、加齢による低下の割合が大きいことが報告されている⁷²⁻⁷⁵⁾。また、咬合力は、閉口筋の筋力、とくに咬筋の筋力に影響を受け^{47,76,77-80)}、男性は女性と比較して咬筋の筋力が大きいことが報告されている^{19,26)}。このことから、握力や全身の骨格筋と類似して、咬合力も、男性では女性より低下する傾向を認めた可能性がある。

これには、加齢に伴う内分泌系の変化が関わっている可能性が考えられている。加齢とともに、筋の修復や増強に必要なホルモンであるテストステロン⁸¹⁾の分泌が減少することが知られている⁸²⁾。テストステロンは男性ホルモンの代表であり、女性より男性のほうがはるかに多く分泌されるために⁸³⁾、加齢に伴う分泌の減少が、特に男性においてより大きな影響を与える可能性がある。

本研究における結果は、以前の横断研究の、男性の咬合力は 80 歳以上で小さい値を示し、女性は年齢とともに緩やかに小さい値を示し、男女における低下の傾向が異なる可能性があるとの報告¹⁹⁾と、矛盾のないものとなった。

4. 舌圧と各項目との関連について

(1) 性別、年齢群との関連について

今回の研究において、分析Ⅱの結果より、舌圧は女性より男性のほうが大きく、年齢群が高いほど小さいことが示された。

これまでの横断研究より、舌圧と、性別や年齢との関連が報告されている^{27,28)}。年齢については、高齢な者ほど舌圧が小さいという報告が多数あり、先行研究^{27,28)}と同様の結果となった。

性別については、女性より男性のほうが舌圧が大きいという報告が大部分だが、なかには、若年者では女性より男性のほうが舌圧は大きい、高齢者においては男女間で差を認めないという報告もある²⁷⁾。そのような報告においては、60歳未満の者では男女間で差を認め、60歳以上の者では差を認めないと報告が多く、60歳以上の者すべてを同一の高齢者として対象としている。年齢に幅があるにも関わらず、60歳の者も85歳の者も同様の扱いとなっているために、男女間での差が認められなかった可能性が考えられる。また、対象者の人数が少なく、有意な差は認められなかったものの、男性のほうが女性より舌圧が大きい傾向を認めた可能性も考えられる。

今回の研究においては、70歳群、80歳群、90歳群の3群に分けて分析を行ったため、高齢者においても性差を認め、女性より男性のほうが大きいという大部分の報告を支持する結果となった。

(2) 加齢との関連について

これまでに、多くの横断的研究により、年齢と舌圧の関連が報告されてきたことから、舌圧は加齢とともに低下することが推察されてきた。しかし、これまでに加齢に伴う舌圧の変化を検討した縦断研究はなく、実際に加齢が舌圧に与える影響は明らかにされていなかった。そこで、今回の研究においては、加齢が舌圧に与える影響を明らかにするために、一般化線形混合モデルを用いて分析を行った。

まず分析IIのWilcoxonの符号付き順位検定の結果より、舌圧はベースライン調査時と比較して追跡調査時には小さい値を示し、有意な差を認めた。さらに、分析IIIの結果より、年齢や性別、残存歯数を調整した上でも、舌圧は加齢と有意な関連を認め、舌圧は加齢で低下することが示された。また、分析V、VIの結果より、性別によらず、どの年齢群においても、加齢に伴って低下することが示された。

分析Ⅲの結果より、他の影響を調整した上でも舌圧は、1年あたり0.82 kPa低下することが明らかとなった。つまり、5年経てば4.1 kPa低下、10年経てば8.2 kPa低下することとなる。更に、分析Ⅳの結果より、90歳では1年で1.28 kPa低下することが明らかとなった。日本老年歯科医学会における低舌圧の基準値は、30 kPa以下と定められている。また、むせのある者、食べこぼしのある者、流涎のある者、低栄養状態のリスクのある者の舌圧は、そうでない者よりも有意に低いとの報告があり⁶³⁾、さらに20 kPa以下の者では嚥下障害の注意が必要との報告がある⁸⁴⁾。本研究における舌圧の中央値は、男女ともどの年齢群においても30 kPaを上回っておらず、20 kPaまでの余裕は少ない。しかしながら、自力で会場に足を運ぶことができる比較的健康な高齢者でさえも、1年あたりに加齢の影響により舌圧が0.82 kPa低下するという結果は、重要な意味を持つと考える。

これまでの報告から、加齢による筋力低下は避けられないものであり、80歳までに骨格筋繊維の30~40%を失うとの報告がある⁸⁵⁾。全身の筋における代表的な指標として、握力が用いられることが多く、握力は加齢に伴い低下することが縦断研究から明らかにされた⁸⁶⁾。また、舌圧は、握力との有意な関連が報告されていることから⁸⁷⁾、舌の筋力低下も避けられない可能性が考えられている。

近年、舌の加齢による変化は注目されており、若年者と高齢者における舌の組織の違いについての研究が行われている。MRIを用いた研究において、高齢者の舌の組成は、若年者と比較して、脂肪量および脂肪率が多く、舌圧と負の相関を認めることが報告されている⁸⁸⁾。また、超音波検査を用いた研究においても、舌の断面積は年齢と負の相関を認め、また、舌圧とも相関を認めることが報告されている⁸⁹⁾。

このことから、加齢に伴う舌圧の低下は、舌の筋線維の構成や脂肪に基づく組成変化に起因していると考えられ、正常な老化であると考えるのが妥当である。

(3) 年齢群による加齢変化の違いについて

分析IVの舌圧モデルにおいて、年齢群と加齢の交互作用項が有意となったことから、加齢に伴う舌圧の変化が年齢群によって異なることが明らかとなった。さらに、分析VIの階層分析の結果より、舌圧は、70歳群より80歳群、さらに90歳群のほうが、より低下量が大きいことが示された。

これまでに、年齢と舌圧との関連についての報告は数多くあるが、縦断研究はなく、また、加齢に伴う変化量を検討した報告はない。また、80歳や90歳を対象とした報告はなく、後期高齢期における加齢変化は明らかでない。

これまでの横断研究より、舌圧は握力との相関が報告されている⁹⁰⁾。そのため、舌圧は、握力と似た低下の傾向を示す可能性が考えられている一方で、握力を発揮する筋と、舌圧を発揮する筋では筋線維の組成が異なるために、低下の様相は同様にならないという意見もある²⁹⁾。

握力は加齢とともに低下することが10年の縦断研究により報告されており、加齢に伴う握力の低下は、男性では高齢になるほど顕著になり、女性では成人期の中・後期を通じて一定の低下量を示すことが明らかにされている⁷²⁾。横断研究による報告において、舌圧と握力の相関を認める理由は、どちらも発揮できる舌および前腕の最大筋力を測定しているためと考えられる。一方で、低下の様相は同様にならないという報告²⁹⁾においては、5年の縦断研究における舌圧と握力の関連を検討しており、健康意識の高い者を対象としたことから、日々の運動習慣により筋力が維持され、握力の低下量が小さかったために、有意な関連を認めなかった可能性があると考えられている。また、舌圧を発揮する舌骨上筋群や内舌筋と、握力を発揮する前腕筋群では、構成する筋線維の割合が異なる⁹¹⁻⁹⁴⁾。そのため、低下の様相は同様にならないと考えられる。

本研究の結果では、3年間の経過において、舌圧の低下量が、70歳群に比較して、80歳群、さらに90歳群のほうが低下量が大きかったことは、新しい知見であり、高齢な者ほど大幅に機能低下が進行する可能性が示された。

5. 咬合力と舌圧の、加齢との関連の違いについて

本研究の結果から、咬合力は加齢との有意な関連は認めず、舌圧は加齢との有意な関連を認めた。このような、咬合力と舌圧の加齢に伴う変化の違いは、筋の組成に関連している可能性が考えられる。

筋線維には、タイプI型筋線維と、タイプII型筋線維がある。廃用に伴う筋線維の萎縮は、タイプI型筋線維が主体であり、老化に伴う筋線維の萎縮は、タイプII型筋線維が主体であることが報告されている⁹⁵⁾。

咬筋の筋繊維構造はI型とII型の両方から構成されており、I型が主体であるとの報告がある^{91,92)}。一方で、舌圧に関係する主な筋である舌骨上筋群や内舌筋は、主にII型により構成されているとの報告がある⁹²⁻⁹⁴⁾。これまでに、歯数が少ない者では咬筋厚が薄いとの報告がされていることから^{72,96)}、歯の喪失が廃用性筋萎縮の原因の一つであると考えられる⁹⁷⁾。

したがって、咬合力の低下は加齢よりも、むしろ歯の喪失に伴う咬筋の廃用性萎縮の影響を強く受けると考えられ、一方で舌圧の低下は、加齢の影響を受けやすいと考えられる。

6. 本研究の意義

本研究は、性別、年齢、加齢が、咬合力と舌圧に及ぼす影響を、縦断研究を用いて統計学的に明らかにした初めての研究である。

咬合力は、歯の喪失の影響が大きく、加齢に伴う低下は少ないことから、歯科領域において、咬合力を維持するためには、歯の喪失を予防することが重要であることが示された。

また、舌圧は、比較的健康な高齢者であっても、歯数に関係なく、3年間で有意に低下した。このことから、加齢に伴う舌の機能低下は避けられない可能性が示された。歯科領域においては、まずは舌の機能を評価し、低下時には注意喚起を行い、トレーニングによる機能の維持および向上を試みる他、食形態の変更による対応の提案も必要だと考える。

【結論】

本研究では、後期高齢者における、咬合力と舌圧の加齢に伴う変化について検討することを目的とし、70代、80代、90代の地域在住高齢者を対象に3年間の縦断研究を行った結果、以下の知見が得られた。

1. 咬合力は、女性や年齢群の高い者、残存歯数が少ない者で有意に低かったが、加齢に伴う有意な低下は認めなかった。一方舌圧は、女性や年齢群の高い者で有意に低く、加齢に伴って有意な低下を認めた。
2. 咬合力は残存歯数に影響を受けるが、性別や年齢群に関わらず加齢による影響は受けにくく、舌圧は残存歯数には影響を受けにくいですが、性別や年齢群に関わらず加齢に影響を受ける可能性が示された。
3. 階層分析により、舌圧の低下量は高齢な群において、より大きいことが明らかとなった。

【謝辞】

本稿を終えるにあたり，本研究を行う機会を与えていただき，終始変わらぬ御指導を賜った大阪大学大学院歯学研究科 池邊一典教授に深甚なる感謝の意を示します。また，本研究課題を遂行するにあたり，詳細，多岐にわたる御教示，御指導を賜った大阪大学大学院歯学研究科 高橋利士先生，八田昂大先生，SONIC Study の研究グループの先生方（大阪大学大学院人間科学研究科 権藤恭之教授，大阪大学大学院医学系研究科 神出計教授，楽木宏実教授，東京都健康長寿医療センター研究所 石崎達郎研究部長，増井幸恵先生）に心から感謝いたします。最後に本研究を進めるにあたり，御理解，御協力をいただきました本学顎口腔機能再建学講座有床義歯補綴学・高齢者歯科学分野の教室員各位ならびに研究対象者の皆様に深く御礼申し上げます。

【引用文献】

1. 厚生労働省. 令和3年簡易生命表の概況. 令和4年7月29日公表.

<https://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/life/life21/dl/life18-02.pdf>

(2022年11月9日アクセス)

2. 内閣府. 令和4年版高齢社会白書. 令和4年8月1日公表.

[https://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/w-](https://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/w-2022/zenbun/pdf/1s1s_01.pdf)

[2022/zenbun/pdf/1s1s_01.pdf](https://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/w-2022/zenbun/pdf/1s1s_01.pdf)

(2022年11月9日アクセス)

3. 財務省. 日本の財政を考える. 令和3年10月公表.

https://www.mof.go.jp/policy/budget/fiscal_condition/related_data/2021

[10_kanryaku.pdf](https://www.mof.go.jp/policy/budget/fiscal_condition/related_data/2021)

(2022年11月9日アクセス)

4. 厚生労働省. 平成26年度 厚生労働白書 第三章 健康寿命の延伸に向けた最近の取組み. 平成26年8月1日公表.

<https://www.mhlw.go.jp/wp/hakusyo/kousei/14/dl/1-03.pdf>

(2022年11月9日アクセス)

5. 厚生労働省. 健康日本 21（第 2 次）の推進に関する参考資料. 平成 24 年 7 月公表.

https://www.mhlw.go.jp/bunya/kenkou/dl/kenkounippon21_02.pdf

(2022 年 11 月 9 日アクセス)

6. 厚生労働省. 令和 2 年度 厚生労働白書 健康寿命延伸プラン. 令和 2 年 5 月 29 日公表.

<https://www.mhlw.go.jp/content/12601000/000514142.pdf>

(2022 年 11 月 9 日アクセス)

7. 厚生労働省. 介護予防マニュアル（改訂版）について. 平成 24 年 3 月 公表.

https://www.mhlw.go.jp/topics/2009/05/dl/tp0501-1_06.pdf

(2022 年 11 月 9 日アクセス)

8. 日本歯科医師会. 通いの場で生かすオーラルフレイル対応マニュアル. 令和 2 年 5 月公表.

https://www.jda.or.jp/oral_flail/2020/pdf/2020-manual-all.pdf

(2022 年 11 月 9 日アクセス)

9. 水口俊介, 津賀一弘, 池邊一典, 上田貴之, 田村文誉, 永尾寛ほか. 高齢期における口腔機能低下—学会見解論文 2016 年度版—. 老年歯医. 2016 ; 31 : 81-99.
10. 厚生労働省. 平成 30 年度診療報酬改定. 平成 30 年 3 月 23 日公表.
<https://www.mhlw.go.jp/file/06-Seisakujouhou-12400000-Hokenkyoku/0000203141.pdf>
(2022 年 11 月 9 日アクセス)
11. 厚生労働省. 歯科医師の資質向上等に関する検討会 (第 10 回) 資料.
平成 31 年 1 月 30 日公表.
<https://www.mhlw.go.jp/content/10804000/000474360.pdf>
(2022 年 11 月 9 日アクセス)
12. Inomata C, Ikebe K, Okubo H, Takeshita H, Mihara Y, Hatta K, et al.
Dietary intake is associated with occlusal force rather than number of teeth in 80-yold Japanese. JDR Clin Trans Res. 2017;2:187-97.
13. Murakami M, Hirano H, Watanabe Y, Sakai K, Kim H, Katakura A.
Relationship between chewing ability and sarcopenia in Japanese community-dwelling older adults. Geriatr Gerontol Int. 2015;15:1007-12.

14. Hatta K, Gondo Y, Kamide K, Masui Y, Inagaki H, Nakagawa T, et al.
Occlusal force predicted cognitive decline among 70- and 80-year-old Japanese: a 3-year prospective cohort study. *J Prosthodont Res.* 2020;64:175-81.
15. Izumi M, Sonoki K, Ohta Y, Fukuhara M, Nagata M, Akifusa S. Impact of tongue pressure and peak expiratory flow rate on nutritional status of older residents of nursing homes in Japan: a cross-sectional study. *J Nutr Health Aging.* 2020;24:512-7.
16. Tanaka T, Takahashi K, Hirano H, Kikutani T, Watanabe Y, Ohara Y, 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;73:1661-7.
17. Kugimiya Y, Ueda T, Watanabe Y, Takano T, Edahiro A, Awata S, et al.
Relationship between mild cognitive decline and oral motor functions in metropolitan community-dwelling older Japanese: the Takashimadaira study. *Arch Gerontol Geriatr.* 2019;81:53-8.
18. Sano M, Shiga H. Evaluation of occlusal force and masticatory performance in elderly adults with natural dentition unaffected by occlusal support. *J Oral Sci.* 2021;63:145-7.

19. 河野令. 地域高齢者の咬合力と介護予防因子との関連について. 日老医誌. 2009 ; 46 : 55-62.
20. Ikebe K, Nokubi T, Morii K, Kashiwagi J, Furuya M. Association of bite force with ageing and occlusal support in older adults. J Dent. 2005;33:131-7.
21. Motegi E, Nomura M, Tachiki C, Miyazaki H, Takeuchi F, Takaku S, et al. Occlusal force in people in their sixties attending college for elderly. Bull Tokyo Dent Coll. 2009;50:135-40.
22. Ohi T, Komiyama T, Miyoshi Y, Murakami T, Tsuboi A, Tomata Y, et al. Maximum occlusal force and incident functional disability in older adults: the Tsurugaya project. JDR Clin Trans Res. 2018;3:195-202.
23. Bakke M, Holm B, Jensen BL, Michler L, Möller E. Unilateral, isometric bite force in 8-68-year-old women and men related to occlusal factors. Scand J Dent Res. 1990;98:149-58.
24. Iinuma T, Arai Y, Fukumoto M, Takayama M, Abe Y, Asakura K, et al. Maximum occlusal force and physical performance in the oldest old: the Tokyo oldest old survey on total health. J Am Geriatr Soc. 2012;60:68-76.

25. Lee CHJ, Vu H, Kim HD. Gender and age group modified association of dental health indicators with total occlusal force among Korean elders. *BMC Oral Health*. 2021;21:571.
26. Miura H, Watanabe S, Isogai E, Miura K. Comparison of maximum bite force and dentate status between healthy and frail elderly persons. *J Oral Rehabil*. 2001;28:592–5.
27. Arakawa I, Igarashi K, Imamura Y, Müller F, Abou-Ayash S, Schimmel M. Variability in tongue pressure among elderly and young healthy cohorts: A systematic review and meta-analysis. *J Oral Rehabil*. 2021;48:430-48.
28. Iwasaki M, Ohara Y, Motokawa K, Hayakawa M, Shirobe M, Edahiro A, et al. Population-based reference values for tongue pressure in Japanese older adults: A pooled analysis of over 5,000 participants. *J Prosthodont Res*. 2022;10:2186.
29. Higa C, Mori T, Hiraoka A, Takeda C, Kuroki A, Yoshikawa M, et al. Five-year change in maximum tongue pressure and physical function in community-dwelling elderly adults. *J Dent Sci*. 2020;15:265-9.

30. von Elm E, Altman DG, Egger M, Pocock SJ, Gøtzsche PC, Vandembroucke JP. The strengthening the reporting of observational studies in epidemiology (STROBE) statement: guidelines for reporting observational studies. *J Clin Epidemiol.* 2008;61:344-9.
31. Gondo Y, Masui Y, Kamide K, Ikebe K, Arai Y, Ishizaki T. SONIC Study: A longitudinal cohort study of the older people as part of a centenarian study. *Encyclopedia of Geropsychology.* 2017; 2227-36.
32. Ikebe K, Nokubi T, Morii K, Kashiwagi J, Furuya M. Association of bite force with ageing and occlusal support in older adults. *J Dent.* 2005;33:131-7.
33. 日本老年歯科医学会. 口腔機能低下症保険診療における検査と診断. 2022年8月31日公表.
https://www.gerodontology.jp/committee/file/oralfunctiondeterioration_document.pdf
(2022年11月8日アクセス)
34. Hayashi R, Tsuga K, Hosokawa R, Yoshida M, Sato Y, Akagawa Y. A novel handy probe for tongue pressure measurement. *Int J Prosthodont.* 2002;15:385-8.

35. 厚生労働省. 平成 23 年度歯科疾患実態調査.

<https://www.mhlw.go.jp/toukei/list/dl/62-23-02.pdf>

(2022 年 11 月 8 日アクセス)

36. Ohi T, Komiyama T, Miyoshi Y, Murakami T, Tsuboi A, Tomata Y, et al. The association between bilateral maximum occlusal force and all-cause mortality

among community-dwelling older adults: The Tsurugaya project. J

Prosthodont Res. 2020;64:289-95.

37. Yamanashi H, Shimizu Y, Higashi M, Koyamatsu J, Sato S, Nagayoshi M, et

al. Validity of maximum isometric tongue pressure as a screening test for

physical frailty: cross-sectional study of Japanese community-dwelling older

adults. Geriatr Gerontol Int. 2018;18:240-9.

38. 志賀博, 中島邦久, 石川礼乃, 小見野真梨恵, 上杉華子, 佐野眞子. 新たに開発

したプロトタイプの咬合力測定装置の有用性. 日全身咬合会誌. 2019 ; 25 :

49-54.

39. 坂口正雄, 小野伸幸, 鶴田浩昭, 吉池純一, 大橋俊夫. ハンディタイプ咬合

力計の開発. 医用電子と生体工学. 1996 ; 34 : 52-5.

40. Suzuki T, Kumagai H, Yoshitomi N, Minakuchi S, Watanabe T, Uchida T, et al. Clinical evaluation of measuring system of occlusal force. *Kokubyo Gakkai Zasshi*. 1994;61:437-45.
41. 服部佳功, 奥川博司, 渡辺誠. Dental prescale を用いた歯列における咬合力測定. *日補綴歯会誌*. 1994 ; 38 : 835-41.
42. Qadeer S, Özcan M, Edelhoff D, Van Pelt H. Accuracy, reliability and clinical implications of static compared to quantifiable occlusal indicators. *Eur J Prosthodont Restor Dent*. 2021;29:130-41.
43. Lyons MF, Sharkey SW, Lamey PJ. An evaluation of the T-Scan computerised occlusal analysis system. *Int J Prosthodont*. 1992;5:166-72.
44. 服部佳功. 高齢者の口腔機能評価に咬合力測定値をどう活かすか. *顎機能誌*. 2020 ; 26 : 96.
45. Hattori Y, Okugawa H, Watanabe M. Occlusal force measurement using dental prescale. *J Jpn Prosthodont Soc*. 1994;38:835-41.
46. Ikebe K, Matsuda K, Morii K, Furuya-Yoshinaka M, Nokubi T, Renner RP. Association of masticatory performance with age, posterior occlusal contacts, occlusal force, and salivary flow in older adults. *Int J Prosthodont*. 2006;19:475-81.

47. Hara K, Namiki C, Yamaguchi K, Kobayashi K, Saito T, Nakagawa K, et al. Association between myotonometric measurement of masseter muscle stiffness and maximum bite force in healthy elders. *J Oral Rehabil.* 2020;47:750-6.
48. Suzuki T, Kumagai H, Watanabe T, Uchida T, Nagao M. Evaluation of complete denture occlusal contacts using pressure-sensitive sheets. *Int J Prosthodont.* 1997;10:386-91.
49. Shiga H, Kobayashi Y, Nakajima K, Yokoyama M, Arakawa I. Reliability of the occlusal force displayed on the dental prescale system. *J Jpn Soc Stomatognath Funct.* 2019;26:191-5.
50. Iinuma T, Arai Y, Takayama M, Abe Y, Ito T, Kondo Y, et al. Association between maximum occlusal force and 3-year all-cause mortality in community-dwelling elderly people. *BMC Oral Health.* 2016;16:82.
51. Hayashi R, Tsuga K, Hosokawa R, Yoshida M, Sato Y, Akagawa Y. A novel handy probe for tongue pressure measurement. *Int J Prosthodont.* 2002;15:385-8.
52. 津賀一弘. 高齢者の口腔機能向上への舌圧検査の応用. *日補綴歯会誌.* 2016; 8 : 52-7.

53. 日本老年歯科医学会. 摂食・嚥下リハビリテーションにおける診断支援としての 舌機能検査法ガイドライン. 2013年12月25日公表.
- <https://www.gerodontology.jp/publishing/file/guideline/guideline01.pdf>
- (2022年11月9日アクセス)
54. 武内和弘, 小澤由嗣, 長谷川純, 津田哲也, 狩野智一, 上田麻美ほか. 嚥下障害または構音障害を有する患者における最大舌圧測定の有用性 新たに開発した舌圧測定器を用いて. 日摂食嚥下リハ会誌. 2012;16:165-74.
55. Umemoto G, Tsuboi Y, Kitashima A, Furuya H, Kikuta T. Impaired food transportation in parkinson's disease related to lingual bradykinesia. Dysphagia. 2011;26:250-5.
56. 歌野原有里, 林亮, 吉田光由, 久保隆靖, 津賀一弘, 藤原百合ほか. ディスポーザブルプローブを用いて舌運動リハビリテーションを行った口腔癌症例. 日顎口腔機能会誌. 2005;11:158-9.
57. Tsuga K, Yoshikawa M, Oue H, Okazaki Y, Tsuchioka H, Maruyama M, et al. Maximal voluntary tongue pressure is decreased in Japanese frail elderly persons. Gerodontology. 2012;29:e1078-85.

58. Yoshida M, Kikutani T, Tsuga K, Utanohara Y, Hayashi R, Akagawa Y.
Decreased tongue pressure reflects symptom of dysphagia. *Dysphagia*.
2006;21:61-5.
59. 津賀一弘, 吉田光由, 占部秀徳, 林亮, 吉川峰加, 歌野原有里ほか. 要介護
高齢者の食事形態と全身状態および舌圧との関係. *日咀嚼会誌*. 2004 ; 14 :
62-7.
60. Utanohara Y, Hayashi R, Yoshikawa M, Yoshida M, Tsuga K, Akagawa Y.
Standard values of maximum tongue pressure taken using newly developed
disposable tongue pressure measurement device. *Dysphagia*. 2008;23:286-
90.
61. 小野高裕, 堀一浩, 藤原茂弘, 皆木祥伴. 咀嚼・嚥下における舌圧の意味と
可能性. *日補綴歯会誌*. 2016 ; 8 : 46-51.
62. 田中陽子, 中野優子, 横尾円, 武田芳恵, 山田香, 栢下淳. 入院患者および
高齢者福祉施設入所者を対象とした食事形態と舌圧, 握力および歩行能力の
関連について. *日本摂食嚥下リハビリテーション学会雑誌*. 2015 ; 19 : 52-
62.
63. 児玉実穂, 菊谷武, 吉田光由, 稲葉繁. 施設入所高齢者にみられる低栄養と
舌圧との関係. *老年歯科医*. 2004 ; 19 : 161-8.

64. 青木佑介, 太田喜久夫. 嚥下障害患者における舌圧と摂食嚥下機能の関連.
日摂食嚥下リハ会誌. 2014 ; 18 : 239-248.
65. Namiki C, Hara K, Tohara H, Kobayashi K, Chantaramanee A, Nakagawa K,
et al. Tongue-pressure resistance training improves tongue and suprahyoid
muscle functions simultaneously. Clin Interv Aging. 2019;14:601-8.
66. 前田芳信, 伊堂寺茂, 西田圭, 吉田実, 池邊一典, 守光隆ほか. 咬合支持と咀
嚼能率ならびに咬合力との関係. 日補綴歯会誌. 1996 ; 40 : 1205-11.
67. Tatematsu M, Mori T, Kawaguchi T, Takeuchi K, Hattori M, Morita I, et al.
Masticatory performance in 80-year-old individuals. Gerodontology.
2004;21:112-9.
68. Shinogaya T, Bakke M, Thomsen CE, Vilmann A, Sodeyama A, Matsumoto
M. Effects of ethnicity, gender and age on clenching force and load
distribution. Clin Oral Investig. 2001;5:63-8.
69. Suzuki T, Nishita Y, Jeong S, Shimada H, Otsuka R, Kondo K, et al. Are
Japanese older adults rejuvenating? Changes in health-related measures
among older community dwellers in the last decade. Rejuvenation Res.
2021;24:37-48.

70. Makizako H, Nishita Y, Jeong S, Shimada H, Otsuka R, Kondo K, et al. Trends in the prevalence of frailty in Japan: a meta-analysis from the ILSA-J. *J Frailty Aging*. 2021;10:211-8.
71. スポーツ庁. 令和2年度体力・運動の能力調査報告書. 令和3年9月公表.
https://www.mext.go.jp/sports/content/20210927-spt_kensport01-000018161_6.pdf
(2023年1月18日アクセス)
72. Kozakai R, Ando F, Kim H, Yuki A, Otsuka R, Shimokata H. Sex-differences in age-related grip strength decline: A 10-year longitudinal study of community-living middle-aged and older Japanese. *J Phys Fit Sports Med*. 2016;5:87-94.
73. Doherty TJ. The influence of aging and sex on skeletal muscle mass and strength. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care*. 2001;4:503-8.
74. Hurley BF. Age, gender, and muscular strength. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 1995;50:41-4.
75. 谷本芳美, 渡辺美鈴, 河野令, 広田千賀, 高崎恭輔, 河野公一. 日本人筋肉量の加齢による特徴. *日老医誌*, 2010, ; 47 : 52-57.

76. Palinkas M, Nassar MS, Cecílio FA, Siéssere S, Semprini M, Machado-de-Sousa JP, et al. Age and gender influence on maximal bite force and masticatory muscles thickness. *Arch Oral Biol.* 2010;55:797-802.
77. Kim MJ, Hong JY, Lee G, Yoon T, Hwang SH, Kim HH, et al. Effects of chewing exercises on the occlusal force and masseter muscle thickness in community-dwelling Koreans aged 65 years and older. A randomised assessor-blind trial. *J Oral Rehabil.* 2020;47:1103-9.
78. 野本種邦, 富田汪助, 咬合力と咀嚼筋筋電図との関係(第1報). *日補綴歯会誌.* 1976 ; 19 : 181-6
79. Yen CI, Mao SH, Chen CH, Chen CT, Lee MY. The correlation between surface electromyography and bite force of mastication muscles in Asian young adults. *Ann Plast Surg.* 2015;74; S168-72.
80. 深水皓三, 児玉実, 森谷良彦, 横山松生, 村田義純. 各種の有歯下顎位の咬合力および咬筋側頭筋の筋電図所見. *日補綴歯会誌.* 1972 ; 16 : 46-53.
81. Sinha-Hikim I, Artaza J, Woodhouse L, Gonzalez-Cadavid N, Singh AB, Lee MI, et al. Testosterone-induced increase in muscle size in healthy young men is associated with muscle fiber hypertrophy. *Am J Physiol Endocrinol Metab.* 2002;283:E154-64.

82. Sato Y, Tanda H, Kato S, Onishi S, Nakajima H, Nanbu A, et al. Serum testosterone levels using the radioimmunoassay method in healthy Japanese male volunteers. *Reprod Med Biol.* 2006;5:37-41.
83. Handelsman DJ, Hirschberg AL, Bermon S. Circulating Testosterone as the Hormonal Basis of Sex Differences in Athletic Performance. *Endocr Rev.* 2018;39:803-29.
84. Shimizu A, Maeda K, Wakabayashi H, Nishioka S, Ohno T, Nomoto A, et al. Sarcopenic dysphagia with low tongue pressure is associated with worsening of swallowing, nutritional status, and activities of daily living. *J Nutr Health Aging.* 2021;25:883-8.
85. Leeuwenburgh C. Role of apoptosis in sarcopenia. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 2003;58:999-1001.
86. O'Keefe P, Mann FD, Clouston S, Voll S, Muniz-Terrera G, Lewis N, et al. Getting a grip on secular changes: age-period-cohort modeling of grip strength in the English longitudinal study of ageing. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 2022;77:1413-20.

87. Butler SG, Stuart A, Leng X, Wilhelm E, Rees C, Williamson J, et al. The relationship of aspiration status with tongue and handgrip strength in healthy older adults. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 2011;66:452-8.
88. Nakao Y, Yamashita T, Honda K, Katsuura T, Hama Y, Nakamura Y, et al. Association among age-related tongue muscle abnormality, tongue pressure, and presbyphagia: A 3D MRI study. *Dysphagia.* 2021;36:483-91.
89. Yamaguchi K, Hara K, Nakagawa K, Yoshimi K, Ariya C, Nakane A, et al. Ultrasonography shows age-related changes and related factors in the tongue and suprahyoid muscles. *J Am Med Dir Assoc.* 2021;22:766-72.
90. Arakawa-Kaneko I, Watarai Y, Schimmel M, Abou-Ayash S. Relationship between tongue pressure and handgrip strength. A systematic review and meta-analysis. *J Oral Rehabil.* 2022;49:1087-105.
91. Monemi M, Eriksson PO, Eriksson A, Thornell LE. Adverse changes in fibre type composition of the human masseter versus biceps brachii muscle during aging. *J Neurol Sci.* 1998;154:35-48.
92. Korfage JA, Schueler YT, Brugman P, Van Eijden TM. Differences in myosin heavy-chain composition between human jaw-closing muscles and supra- and infrahyoid muscles. *Arch Oral Biol.* 2001;46:821-7.

93. Cullins MJ, Connor NP. Alterations of intrinsic tongue muscle properties with aging. *Muscle Nerve*. 2017;56:E119-25.
94. Cobos AR, Segade LA, Fuentes I. Muscle fibre types in the suprahyoid muscles of the rat. *J Anat*. 2001;198:283-94.
95. Lexell J. Human aging, muscle mass, and fiber type composition. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 1995;50:11-6.
96. Bhojar PS, Godbole SR, Thombare RU, Pakhan AJ. Effect of complete edentulism on masseter muscle thickness and changes after complete denture rehabilitation: an ultrasonographic study. *J Investig Clin Dent*. 2012;3:45-50.
97. Yamaguchi K, Hara K, Nakagawa K, Namiki C, Ariya C, Yoshimi K, et al. Association of aging and tooth loss with masseter muscle characteristics: an ultrasonographic study. *Clin Oral Investig*. 2020;24:3881-8.

【図表】

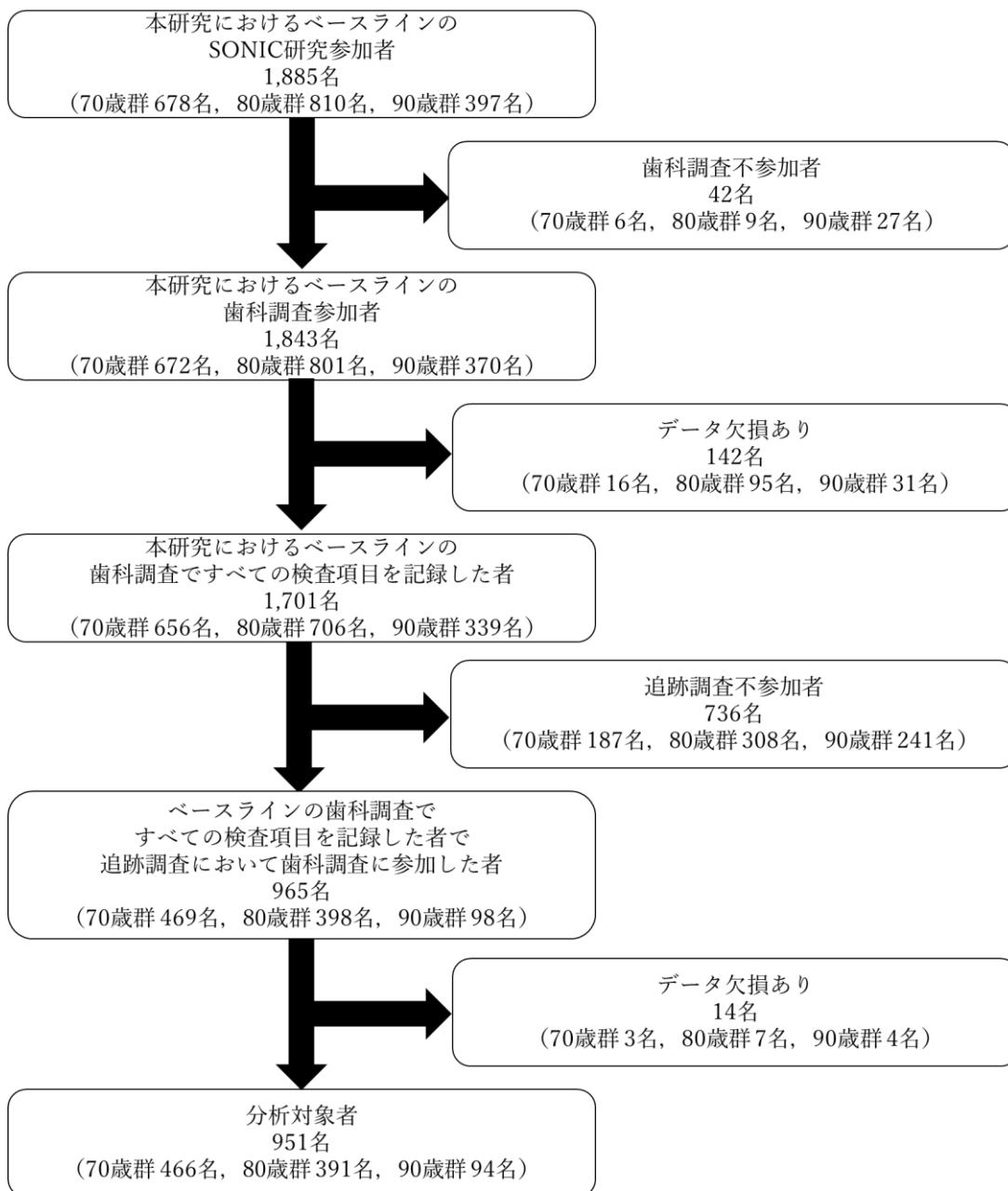


図1. 対象者のフローチャート

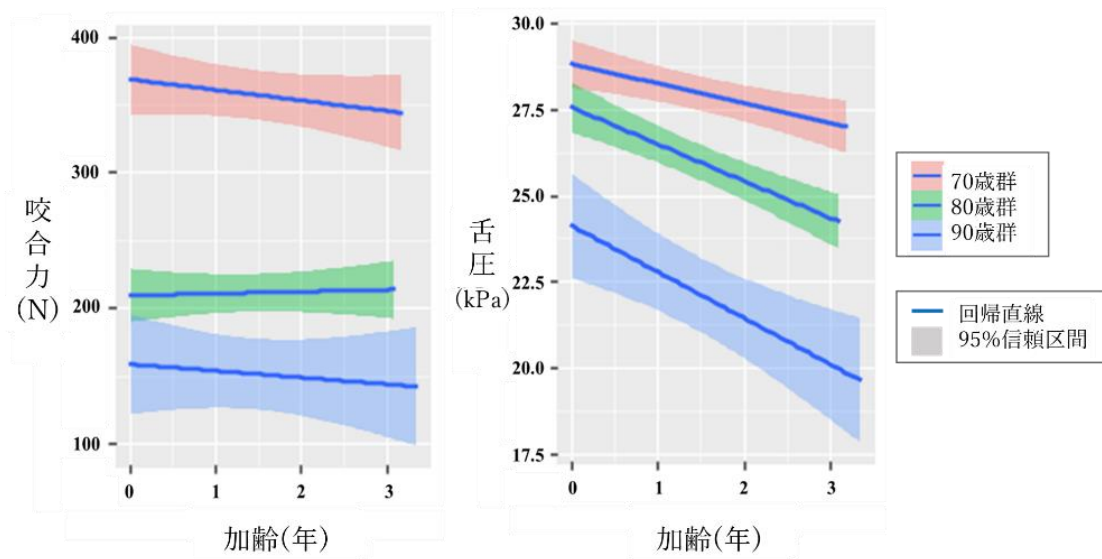


図 2. 各年齢群における咬合力と舌圧の加齢に伴う変化

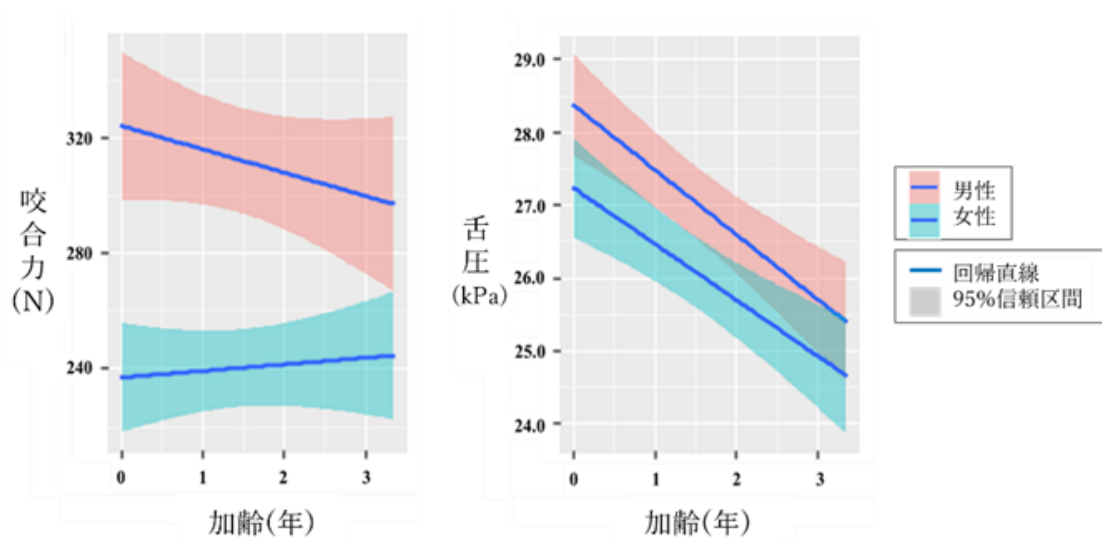


図 3. 性別における咬合力と舌圧の加齢に伴う変化

表 1. 分析対象者と非対象者の性別および年齢群における割合の比較

項目	n (%)	分析対象者 n=951 (55.9%)	分析非対象者 n=750 (44.1%)	p 値
性別				
男性	822 (48.3)	483 (50.8)	339 (45.2)	0.022
女性	879 (51.7)	468 (49.2)	411 (54.8)	
年齢群				
70 歳群	656 (38.6)	466 (49.0)	190 (25.3)	<0.001
80 歳群	706 (41.5)	391 (41.1)	315 (42.0)	
90 歳群	339 (19.9)	94 (9.9)	245 (32.7)	

χ^2 検定により群間の分布について検討した。

表 2. 分析対象者と非対象者の各検査項目の比較

項目		分析対象者		分析非対象者		p 値
		中央値 (四分位範囲)		中央値 (四分位範囲)		
男性		n=483		n=339		
残存歯数 (本)	70 歳群	24.0	(16.0 - 27.0)	23.0	(11.0 - 25.8)	0.024
	80 歳群	19.0	(6.0 - 25.0)	20.0	(6.3 - 25.0)	0.703
	90 歳群	8.0	(1.0 - 16.8)	10.0	(0.0 - 21.0)	0.544
咬合力 (N)	70 歳群	346	(190 - 573)	291	(135 - 538)	0.177
	80 歳群	193	(73 - 365)	179	(74 - 302)	0.343
	90 歳群	93	(40 - 244)	104	(25 - 252)	0.603
舌圧 (kPa)	70 歳群	29.5	(24.8 - 35.0)	27.0	(22.7 - 33.2)	0.044
	80 歳群	27.3	(23.0 - 32.2)	26.5	(21.6 - 31.7)	0.218
	90 歳群	24.0	(20.4 - 28.5)	21.9	(15.8 - 26.4)	0.060
女性		中央値 (四分位範囲)		中央値 (四分位範囲)		
		n=468		n=411		
残存歯数 (本)	70 歳群	22.0	(16.0 - 27.0)	24.0	(17.8 - 26.3)	0.541
	80 歳群	16.0	(5.5 - 23.0)	15.0	(5.0 - 23.0)	0.608
	90 歳群	12.5	(5.5 - 21.0)	7.5	(0.0 - 17.0)	0.012
咬合力 (N)	70 歳群	264	(137 - 406)	255	(130 - 423)	0.770
	80 歳群	147	(60 - 250)	110	(30 - 235)	0.063
	90 歳群	83	(25 - 162)	64	(22 - 172)	0.012
舌圧 (kPa)	70 歳群	27.5	(23.2 - 32.2)	27.5	(23.0 - 31.1)	0.383
	80 歳群	28.3	(22.5 - 32.0)	25.3	(20.5 - 30.1)	0.015
	90 歳群	23.4	(18.4 - 29.0)	21.0	(17.1 - 29.7)	0.024

Mann-Whitney の U 検定により群間の差について検討した。

表 3. 分析対象者における, ベースライン時と追跡調査時の各検査項目の結果の比較

	男性 n=483				女性 n=468			
	ベースライン時		追跡調査時		ベースライン時		追跡調査時	
	中央値 (IQR)	中央値 (IQR)	p 値	中央値 (IQR)	中央値 (IQR)	p 値	中央値 (IQR)	p 値
咬合力 (N)	70 歳群	346 (190 - 573)	329 (149-551)	0.038	246 (137 - 406)	262 (129 - 438)	0.708	
	80 歳群	193 (73 - 365)	162 (69-346)	0.312	147 (60 - 250)	150 (63 - 270)	0.953	
	90 歳群	93 (40 - 244)	83 (18-192)	0.178	83 (25 - 162)	101 (35 - 230)	0.060	
舌圧 (kPa)	70 歳群	29.5 (24.8 - 35.0)	27.1 (21.7-33.2)	<0.001	27.5 (23.2 - 32.2)	27.2 (21.9 - 31.9)	0.002	
	80 歳群	27.3 (23.0 - 32.2)	25.0 (20.0-29.9)	<0.001	28.3 (22.5 - 32.0)	24.4 (18.6 - 28.8)	<0.001	
	90 歳群	24.0 (20.4 - 28.5)	21.4 (16.0-26.0)	<0.001	23.4 (18.4 - 29.0)	19.0 (15.7 - 25.0)	<0.001	
残存歯数 (本)	70 歳群	24.0 (16.0 - 27.0)	23.0 (16.0-27.0)	<0.001	22.0 (16.0 - 27.0)	21.0 (15.0 - 26.0)	<0.001	
	80 歳群	19.0 (6.0 - 25.0)	18.0 (5.0-24.0)	<0.001	16.0 (5.5 - 23.0)	15.0 (4.5 - 23.0)	<0.001	
	90 歳群	8.0 (1.0 - 16.0)	7.0 (1.0-16.0)	<0.001	12.5 (5.5 - 21.0)	12.0 (5.5 - 20.0)	0.001	

表 4. 性別, 年齢および加齢が, 咬合力および舌圧に与える影響の検討

咬合力モデル			
説明変数	B (95%CI)	β (95%CI)	p 値
性別 (参照: 男性) 女性	-66.9 (-89.4 - -44.4)	-0.26 (-0.34 - -0.18)	<0.001
年齢群 (参照: 70 歳群) 80 歳群	-81.7 (-106.2 - -57.2)	-0.32 (-0.42 - -0.22)	<0.001
90 歳群	-87.2 (-127.8 - -46.6)	-0.34 (-0.50 - -0.18)	<0.001
加齢 (年)	-0.30 (-4.8 - 4.2)	-0.01 (-0.03 - 0.01)	0.884
残存歯数 (本)	13.8 (12.6 - 15.0)	0.52 (0.48 - 0.56)	<0.001
舌圧モデル			
説明変数	B (95%CI)	β (95%CI)	p 値
性別 (参照: 男性) 女性	-0.94 (-1.80 - 0.08)	-0.12 (-0.24 - -0.01)	0.034
年齢群 (参照: 70 歳群) 80 歳群	-1.78 (-2.72 - -0.84)	-0.23 (-0.35 - -0.11)	<0.001
90 歳群	-5.47 (-7.04 - -3.90)	-0.70 (-0.90 - -0.50)	<0.001
加齢 (年)	-0.82 (-0.96 - -0.68)	-0.15 (-0.18 - -0.12)	<0.001
残存歯数 (本)	0.02 (-0.02 - 0.06)	0.03 (-0.23 - -0.09)	0.351

B: 非標準化回帰係数, β : 標準化回帰係数, CI: 信頼区間

表 5. 性別および年齢群と、加齢との交互作用の検討

説明変数	咬合力モデル			咬合力 (性別*加齢) モデル			咬合力 (年齢群*加齢) モデル		
	B	(95%CI)	p 値	B	(95%CI)	p 値	B	(95%CI)	p 値
性別 (参照：男性)	-51.5	(-77.4 - -25.6)	<0.001	-65.7	(-88.2 - -43.2)	<0.001	-65.7	(-88.2 - -43.2)	<0.001
年齢群 (参照：70 歳群)	-82.7	(-107 - -58.3)	<0.001	-69.5	(-97.4 - -41.6)	<0.001	-69.5	(-97.4 - -41.6)	<0.001
90 歳群	-87.4	(-128 - -46.9)	<0.001	-82.9	(-129 - -36.6)	<0.001	-82.9	(-129 - -36.6)	<0.001
加齢 (年)	-5.1	(-11.4 - 1.19)	0.112	-4.14	(-10.4 - 2.15)	0.197	-4.14	(-10.4 - 2.15)	0.197
残存歯数 (本)	13.4	(12.2 - 14.6)	<0.001	13.4	(12.3 - 14.6)	<0.001	13.4	(12.3 - 14.6)	<0.001
性別*加齢 (参照：男性)	9.8	(4.9 - 18.8)	0.031						
年齢群*加齢 (参照：70 歳群)				9.16	(-0.33 - 18.6)	0.059	9.16	(-0.33 - 18.6)	0.059
90 歳群 (参照：70 歳群)				2.87	(-12.9 - 18.6)	0.720	2.87	(-12.9 - 18.6)	0.720

説明変数	舌圧 (性別*加齢) モデル			舌圧 (年齢群*加齢) モデル		
	B	(95%CI)	p 値	B	(95%CI)	p 値
性別 (参照：男性)	-0.75	(-1.71 - 0.26)	0.126	-0.93	(-1.80 - -0.07)	0.035
年齢群 (参照：70 歳群)	-1.77	(-2.71 - -0.83)	<0.001	-2.53	(-3.55 - -1.51)	<0.001
90 歳群	-5.46	(-7.03 - -3.89)	<0.001	-6.53	(-8.24 - -4.82)	<0.001
加齢 (年)	-0.89	(-1.08 - -0.69)	<0.001	-0.54	(-0.74 - -0.34)	<0.001
残存歯数 (本)	0.02	(-0.02 - 0.07)	0.322	0.02	(-0.02 - 0.07)	0.341
性別*加齢 (参照：男性)	0.13	(-0.14 - 0.41)	0.346			
年齢群*加齢 (参照：70 歳群)				-0.52	(-0.81 - -0.22)	<0.001
90 歳群 (参照：70 歳群)				-0.74	(-1.23 - -0.25)	<0.001

表 6. 年齢群別における、性別と加齢が、咬合力および舌圧に与える影響の検討

説明変数	咬合力モデル								
	70 歳群		80 歳群		90 歳群				
	B	(95%CI)	p 値	B	(95%CI)	p 値			
性別 (参照: 男性) 女性	-92.9	(-131.5 - -54.3)	<0.001	-29.4	(-56.4 - 2.35)	0.033	-92.7	(-139.5 - -45.9)	<0.001
加齢 (年)	-3.85	(-4.45 - 3.25)	0.305	4.46	(-1.18 - 10.1)	0.122	-1.45	(-14.1 - 11.2)	0.821
残存歯数 (本)	15.9	(13.6 - 18.2)	<0.001	12.2	(10.8 - 13.6)	<0.001	12.7	(10.0 - 15.4)	<0.001

説明変数	舌圧モデル								
	70 歳群		80 歳群		90 歳群				
	B	(95%CI)	p 値	B	(95%CI)	p 値			
性別 (参照: 男性) 女性	-1.27	(-2.54 - 0.004)	0.052	-0.49	(-1.78 - 0.80)	0.461	-1.23	(-4.05 - 1.59)	0.396
加齢 (年)	-0.55	(-0.73 - 0.37)	<0.010	-1.06	(-1.30 - -0.82)	<0.001	-1.28	(-1.71 - -0.85)	<0.001
残存歯数 (本)	0.004	(-0.07 - 0.08)	0.908	0.03	(-0.03 - 0.09)	0.339	0.05	(-0.11 - 0.21)	0.547

表7. 性別における，年齢群と加齢が，咬合力および舌圧に与える影響の検討

咬合力モデル						
説明変数	男性			女性		
	B	(95%CI)	p 値	B	(95%CI)	p 値
加齢 (年)	-4.85	(-12.2 - 2.46)	0.194	4.24	(-0.88 - 9.36)	0.104
年齢群 (参照: 70 歳群)	-104.5	(-142.7 - -66.3)	<0.001	-58.7	(-87.9 - -29.5)	<0.001
90 歳群	-64.9	(-132.5 - 2.7)	0.060	-100.9	(-146.8 - -55.0)	<0.001
残存歯数 (本)	15.6	(13.7 - 17.5)	<0.001	11.8	(10.3 - 13.3)	<0.001

舌圧モデル						
説明変数	男性			女性		
	B	(95%CI)	p 値	B	(95%CI)	p 値
加齢 (年)	-0.88	(-1.06 - -0.70)	<0.001	-0.76	(-0.96 - -0.56)	<0.001
年齢群 (参照: 70 歳群)	-2.11	(-3.44 - -0.78)	0.002	-1.43	(-2.74 - -0.12)	0.035
90 歳群	-5.43	(-7.78 - -3.08)	<0.001	-5.46	(-7.54 - -3.38)	<0.001
残存歯数 (本)	0.03	(-0.03 - 0.09)	0.373	0.03	(-0.03 - 0.09)	0.661

【付録】

付録. SONIC 研究における調査年度と年齢群について

2010年	2011年	2012年	2013年	2014年	2015年	2016年	2017年	2018年	2019年	2020年	2021年	2022年	
wave 1			wave 2			wave 3			wave 4			wave 5	
70歳群 (69～71歳)			73歳			76歳			79歳	新型コロナウイルス ウィルスの 影響により 実施せず		82歳	
	80歳群 (79～81歳)			83歳		86歳					89歳		
		90歳群 (89～91歳)			93歳			96歳				99歳	