

Title	高齢者における舌によるゼリーの押し潰し時の口蓋圧と舌骨上筋群筋活動量
Author(s)	笠川, 尚彦
Citation	大阪大学, 2022, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/87980
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

学位論文

高齢者における舌によるゼリーの押し潰し時の 口蓋圧と舌骨上筋群筋活動量

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

笠川尚彦

指導教官

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

池邊一典 教授

緒言

窒息や誤嚥は、高齢者の入院や死亡の原因となることが多く、QOL (Quality of Life) や ADL (Activity of Daily Living) を低下させる¹⁻³⁾。Kinoshita らは、高齢者の窒息の原因は食品による気道閉塞が多いと報告しており⁴⁾、向井らは、臼歯部の咬合支持の喪失による食塊形成能力の低下は窒息のリスク因子となると報告している⁵⁾。また、Feinberg らは、誤嚥の原因は準備期や口腔期に多いと報告しており⁶⁾、Hase らは、食塊形成能力の低下が誤嚥性肺炎の発症に影響を与えると報告している⁷⁾。そのため、高齢者の食事時における窒息や誤嚥の予防は、超高齢社会である我が国において、喫緊の課題である。

一方、高齢者の中には、義歯による補綴治療が必要であるにも関わらず、様々な理由で義歯を使用していない、もしくは使用できない者が少なからず存在する。Matsuyama らは、多数歯欠損や無歯顎であるにも関わらず、義歯を使用していない地域高齢者が 30% 近く存在することを報告している⁸⁾。また、認知機能や、ADL の低下が認められる要介護高齢者においては、義歯の製作や調整を行っても義歯の使用率が低いことが報告されている⁹⁻¹¹⁾。これらを踏まえると、補綴歯科的介入による食塊形成能力の改善には限界があるといわざるを得ない。

そこでわが国では、“歯による咀嚼”や、“舌と口蓋間での押し潰し（舌押し潰し）”のような代償的な咀嚼など、様々な咀嚼方法に合わせた食品に関する基準を設定し、高齢者に対して、個々の食塊形成能力に配慮した食品提供を目指している¹²⁻¹⁵⁾。しかしながら、代償的な咀嚼に関する知見は非常に少なく、そのメカニズムや、代償的な咀嚼によってどのような食品が安全に摂取できるかなど、いまだに不明な点が多い。

代償的な咀嚼の一つである舌押し潰しを評価する方法としては、舌が直接口蓋と接触した時の圧力、いわゆる舌圧と、舌が被験試料を介して口蓋に与える圧力、いわゆる口蓋圧の測定が挙げられる。我々の研究グループでは、舌圧が、食品を口腔から咽頭や食道に駆出する際の原動力であること¹⁶⁾に着目し、口蓋に貼付して舌圧を計測できる厚さ 0.1mm のセンサシートを開発した¹⁷⁾。このセンサの最大の特徴は、咬合や舌の生理的な運動を阻害することなく舌圧を測定できる点であり、これまで、食品の機械的特性（食品物性）をさまざまに調整したゼリー食品を被験試料として、若年者の舌押し潰しから嚥下にいたる一連の口蓋圧を測定し、食品物性が舌押し潰し時の舌運動に影響を与えることを明らかにした¹⁸⁻²⁰⁾。

また、口蓋圧のほかに、舌押し潰しを評価する方法として、筋電図を用いた、舌運動に関連する筋の筋活動測定が挙げられる。Murakami らは、食品の舌押し潰し時に、口蓋圧発現と舌骨上筋群の筋活動には時間的協調性があることを明らかにした²⁰⁾。また、Ishihara らは、食品の舌押し潰し時に舌骨上筋群が活動することに着目し、ゼリーの舌押し潰し時に、ゼリーの食品物性が舌骨上筋群の筋活動に影響を与えることを明らかにし、舌押し潰しにおいて舌骨上筋群の筋活動を評価することの有用性を説いた²¹⁾。

このように、ゼリーの舌押し潰し時に、食品物性が口蓋圧や舌骨上筋群の筋活動にどのような影響を与えるかが、様々な研究により明らかにされてきた。しかしながら、これらの報告は若年者を対象としたものであり、食塊形成能力が低下した要介護高齢者を対象としたものはない。それどころか、健常な高齢者を対象として、高齢者における食塊形成能力の基準や食品の摂食様相の正常像を探索した研究さえない。過去の報告では、若年者と比較して高齢者は、液体嚥下時の

口蓋圧発現様相が異なること²²⁾や、口蓋への最大舌押しつけ時の舌圧が低いこと²³⁻²⁵⁾が明らかにされており、加齢の影響により、舌の運動や筋力は変化していると考えられる。そのため、食品の舌押し潰しにおいても同様に、高齢者と若年者で、舌運動や、舌押し潰しの様相および能力は異なっていると考えられる。

そこで、本研究では、高齢者と若年者における、食品の舌押し潰しの様相や能力の違いを明らかにすることを目的とし、高齢者と若年者のゼリーの舌押し潰し時の口蓋圧と舌骨上筋群筋活動量、および舌押し潰しが可能なゼリーの破断荷重の最大値を比較した。

方法

I. 対象者

対象者は、本実験の趣旨を理解し同意の得られた、高齢者 15 名（男性 7 名、女性 8 名、65～81 歳、平均年齢 72.1 歳、標準偏差 5.4 歳）、および若年者 15 名（男性 7 名、女性 8 名、22～27 歳、平均年齢 26.2 歳、標準偏差 2.8 歳）とした。高齢者は、65 歳以上で大阪大学歯学部附属病院咀嚼補綴科にて定期的なメンテナンスを受けている患者とした。

対象者の包含基準は、上顎に義歯を装着していないこと、臼歯部咬合支持があること、10-item Eating Assessment Tool (EAT-10) を用い、点数が 2 点以下²⁶⁾であることとした。

また、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行った（承認番号：H30-E19）。

II. 被験試料

被験試料は、2種類の寒天（ゲルアップ J-4504, ゲルアップ IM-720, 三栄源 エフ・エフ・アイ, 大阪, 日本）の配合率を調整し、グラニュー糖を加えて味を補正した 10 種類のゼリーとした。試料の食品物性は、破断荷重（試料が破断する際に加わる力）を 10N 間隔で 10N から 100N となるように調整し、破断歪（試料が破断する際の変形量）は約 50%に統一した。食品物性の測定は、テクスチャーアナライザー（Stable Micro System, London, UK）を使用し、試料を直径 50mm のアルミニウム製プローブにて 10mm/秒の速さで圧縮して測定した。試料の詳細な物性を表 1 に示す。試料は、ユニバーサルデザインフード¹⁵⁾において、破断荷重がそれぞれ 10N の試料は「舌で潰せる」、20N, 30N の試料は「歯ぐきで潰せる」、40N から 100N の試料は「容易にかめる」区分に含まれた。1 回の試行で使用する試料の大きさは、直径 20mm, 高径 10mm の円柱状に規定した (図 1)²¹⁾。試料は、全て三栄源エフ・エフ・アイより提供された。

III. 測定項目および測定方法

1. 基本項目

対象者の身長, 体重, 残存歯数の記録を行った。身長および体重は、問診により記録し、BMI を算出した。残存歯数は、埋伏や捻転・傾斜の頻度が高い第三大臼歯を除く最大 28 本を対象歯とした。また、対象者の既往歴, 服薬状況について、問診により確認し、嚥下障害の原因となる脳血管疾患, 神経筋疾患などの既往がないことを確認した。

2. 舌圧および口蓋圧測定

舌圧および口蓋圧の測定には、Swallow Scan System（ニッタ，大阪，日本）を使用した（図 2）。本システムのセンサシートは Y 字型をしており，口蓋正中前方部（Ch.1），同中央部（Ch.2），同後方部（Ch.3），左右後方周縁部（Ch.4,5）に感圧部位を有し，各チャンネルにおける舌圧および口蓋圧の発現を時系列に沿って記録できる。また，厚さは約 0.1mm と極めて薄く，咬合接触に影響を与えないため，口蓋床やバルーンを用いる方法と比較して，生理的な摂食嚥下を阻害することなく舌圧および口蓋圧の測定が可能である²⁷⁾。

貼付位置は，解剖学的ランドマークである切歯乳頭およびハミュラーノッチを参考に決定した。切歯乳頭より 5mm 後方に Ch.1，左右側ハミュラーノッチを結んだ線に対して垂直に交わる正中線上で，前方より 1/3 の位置に Ch.2，2/3 の位置に Ch.3，切歯乳頭と左右ハミュラーノッチを結んだ線上で，前方より 2/3 の位置に Ch.4（右側）および Ch.5（左側）を設定した。各対象者の口蓋の大きさに対応するため，S，M，L の 3 種類のシートサイズを用意し，上記基準に最も適合する寸法のセンサシートを選択した。

舌圧および口蓋圧測定に際しては，シート状義歯安定剤であるタッチコレクト II（塩野義，大阪，日本）をセンサシートに接着させた後，口蓋粘膜に貼付した。また，導線部が最後方臼歯から口腔前庭を通過して口角より導出し，咬合に干渉しないこと，センサシートが，対象者の口蓋に確実に貼付され違和感のない状態であることを確認した。その後，バキュームポンプを用いてセンサシートの導出部に設けた空気孔より 20kPa の陰圧を与え，キャリブレーションを行った。舌圧および口蓋圧波形は，パーソナルコンピュータにサンプリング周波数 100Hz で記録した。

3. 舌骨上筋群筋電位測定

舌骨上筋群の筋電図波形の記録には、NB-6201HS (ナブテスコ, 東京, 日本) およびデジタルレコーダーRR-XS470 (パナソニック, 大阪, 日本) を使用した。フィルタは、10Hz から 1000Hz のバンドパスフィルタとし、増幅率は 50.4 倍とした。筋電図電極にはエールローデ (メッツ, 東京, 日本) を使用し、皮膚抵抗を低減させるために電極の貼付前にはアルコール綿で皮膚表面の清拭を行った。電極はIshihara らの方法²¹⁾を参考に、オトガイ下部正中に電極間距離 15mm となるように貼付し、口蓋への舌押しつけ時の舌骨上筋群の筋活動が記録可能であることを確認した。

舌骨上筋群の筋活動は、デジタルレコーダーにサンプリング周波数 22.05kHz で記録し、ノッチフィルター (60Hz) でフィルタ処理を行った後、100Hz にダウンサンプリングを行った。

IV. 測定タスク

対象者の姿勢は座位とし、フランクフルト平面が床に平行となるように頭位を調整し、両足を床に接触させた状態で測定を行った。

1. 最大舌押しつけ

対象者に「舌 (した) 全体を上顎 (うわあご) に強く押しつけてください」と指示し、5 秒間の口蓋への舌の最大押しつけを行わせ、その間の舌圧発現および舌骨上筋群の筋活動を測定した。測定は 3 回行った。

2. 破断荷重の異なる 3 種類のゼリーの舌押し潰し

対象者の舌背にゼリーをのせ、閉口させた後「ゼリーを舌 (した) で 1 回で押

し潰してください」と指示し、その間の口蓋圧発現および舌骨上筋群の筋活動を測定した。破碎したゼリーは、嚥下せずにすべて吐き出すように指示した。ゼリーは破断荷重が 10N, 30N, 50N の 3 種類を使用し、各 3 回ずつ計 9 回測定を行った。9 回の測定の順序はランダム化した。

3. 舌押し潰し可能なゼリーの特定

タスク 2 と同様に、対象者の舌背にゼリーをのせ、閉口させた後「ゼリーを舌(した)で 1 回で押し潰してください」と指示し、ゼリーの押し潰しを行わせた。ゼリーは嚥下せずにすべて吐き出させ、破碎の可否を確認した。一般的に、食品に目で見える程度の大きさに割れ目ができた状態を破壊とし、食品が 2 つ以上に分離した状態を破断と定義されており²⁸⁾、本研究における破碎の基準は、ゼリーに破断が生じていることとした。

対象者には、破断荷重が 10N のゼリーから順に最大 100N までゼリーの破碎を行わせ、舌押し潰しによりゼリーの破碎が行えなかった時点で測定タスクを終了した。舌押し潰し可能なゼリーの破断荷重の最大値を、舌押し潰し能力と定義した。

なお、全てのタスクにおいて各試行間には、1 分間の休憩時間を設けた。またタスク 2, 3 においては 1 分間の休憩時間中に対象者に含嗽を行わせた。

V. 分析方法

1. 舌圧および口蓋圧

舌圧および口蓋圧の分析は、Swallow Scan Version1.038 (ニッタ, 大阪, 日本) を用いて行い、波形については 0.2kPa を基準値として、基準値を上回った

時を onset, 下回った時を offset とした.

1) 最大舌押しつけ

5 秒間の最大舌押しつけ時の舌圧波形 (図 3A,4A) において, 最初に舌圧が発現したチャンネルの onset から, すべてのチャンネルの offset までを分析区間とした. Ch.1-3 の舌圧の最大値を, 各対象者の最大舌押しつけ時の舌圧 (最大舌圧) とした. 最大舌圧および各チャンネルの舌圧最大値は, 3 回の試行の平均値を分析に用いた.

2) 破断荷重の異なる 3 種類のゼリーの舌押し潰し

ゼリーの舌押し潰し時の口蓋圧波形 (図 3B,4B) は, 最初に口蓋圧が発現したチャンネルの onset から, すべてのチャンネルの offset までを分析区間とした. 分析区間における各チャンネルの最大値, 持続時間および積分値を口蓋圧の分析項目とした. さらに, 各チャンネルにおける口蓋圧のイベントとして, ゼリーの舌押し潰し時の onset, peak (口蓋圧の最大値), offset までの経過時間を記録し, Ch.2 の onset を基準として補正した. それぞれの項目は, 3 回の試行の平均値を分析に用いた.

2. 舌骨上筋群筋活動量

舌骨上筋群筋活動の分析は, Hex_Trans_100Hz_VOX を用いて行った²⁹⁾.

舌骨上筋群筋電図の波形 (図 5) について, 平滑時定数 100 ミリ秒で二乗平均平方根 (Root Mean Square : 以下 RMS) を算出した. 筋活動の基準として, ゼリーの舌押し潰しを行う前の安静時筋電位の 3 秒間の平均振幅に標準偏差の 2 倍を加えた値を基準値として, 基準値を上回った時を筋活動の onset, 下回った時を offset とした.

1) 最大舌押しつけ

5 秒間の最大舌押しつけ時の筋電図波形 (図 6A,7A) における, onset 後の 1 秒間と offset 前の 1 秒間を除いた 3 秒間を分析区間とした. 分析区間における平均振幅を最大舌押しつけ時の筋活動量 (100%MVC, Maximum Voluntary Contraction) とした.

2) 破断荷重の異なる 3 種類のゼリーの舌押し潰し

ゼリーの舌押し潰し時の筋電図波形 (図 6B,7B) は, 筋活動の onset から offset までを分析区間とし, 分析区間における平均振幅, 持続時間および積分値を筋電図の分析項目とした. また, 各対象者間の個体差を調整するために, 最大舌押しつけ時の平均振幅を基準とし, ゼリーの舌押し潰し時の振幅を最大舌押しつけ時の平均振幅で除すことで%MVC を算出し分析に用いた.

3. 統計解析

統計解析を行うにあたり, Shapiro-Wilk 検定を用いて各項目の正規性の検定を行い, 解析方法を選択した.

分析① 高齢者と若年者の全身および口腔状態の比較

身長, 体重, BMI, 残存歯数について, 高齢者と若年者を比較するために, t 検定および Mann-Whitney の U 検定を用いた.

分析② 高齢者と若年者のゼリーの舌押し潰し様相の比較

1) チャネル間の口蓋圧発現順序の比較

3 種類のゼリーの舌押し潰し時における, 各チャネル間の口蓋圧発現順序の違いを, 高齢者, 若年者それぞれで比較した. 比較には繰り返しのある一元配置分

散分析を用い、有意差が認められた場合には、多重比較に Bonferroni 補正を行った対応のある t 検定を用いた。

2) チャネル間での口蓋圧の比較

ゼリーの舌押し潰し時の口蓋圧最大値、口蓋圧持続時間、口蓋圧積分値について、5つのチャネル間で比較した。比較には、繰り返しのある一元配置分散分析を用い、有意差が認められた場合には、多重比較に Bonferroni 補正を行った対応のある t 検定を用いた。

3) ゼリーの破断荷重の変化による口蓋圧および舌骨上筋群筋活動量の比較

ゼリーの舌押し潰し時の口蓋圧と舌骨上筋群筋活動量について、破断荷重の異なる3種類のゼリーによる違いを、高齢者、若年者それぞれで比較した。比較には繰り返しのある一元配置分散分析を用い、有意差が認められた場合には、多重比較に Bonferroni 補正を行った対応のある t 検定を用いた。ゼリーの舌押し潰し時の舌骨上筋群筋活動量の平均振幅、積分値の比較には Friedman 検定を、持続時間の比較には繰り返しのある一元配置分散分析を用い、有意差が認められた場合には、多重比較に Bonferroni 補正を行った Wilcoxon の符号付き順位和検定および対応のある t 検定をそれぞれ用いた。

4) 高齢者と若年者における口蓋圧および舌骨上筋群筋活動量の比較

高齢者と若年者における、ゼリーの舌押し潰し時の口蓋圧と舌骨上筋群筋活動量を比較した。比較には、 t 検定および Mann-Whitney の U 検定を用いた。

分析③ 高齢者と若年者の最大舌圧と舌押し潰し能力の比較

1) 最大舌押しつけ時の各チャネルの舌圧および最大舌圧の比較

最大舌押しつけ時の各チャネルの舌圧最大値および最大舌圧について、高齢

者と若年者を比較するために、 t 検定を用いた。

2) 舌押し潰し能力の比較

舌押し潰し能力について、高齢者と若年者を比較するために、Mann-Whitney の U 検定を用いた。

3) 最大舌圧と舌押し潰し能力との関連

最大舌圧と舌押し潰し能力との関連を検討するために、Spearman の順位相関係数を用いた。

これらすべての統計解析には、IBM SPSS Version 21.0 (IBM Japan, 東京, 日本) を用い、有意水準は 5%とした。

結果

分析① 高齢者と若年者の全身および口腔状態の比較

表 2 に対象者の基本項目の結果を示す。残存歯数は、高齢者の方が若年者と比較して少なく、有意差を認めた。一方で、身長、体重、BMI は、高齢者と若年者間で有意差を認めなかった。

分析② 高齢者と若年者におけるゼリーの舌押し潰し様相の比較

1) チャンネル間の口蓋圧発現順序の比較 (図 8)

ゼリーの舌押し潰し時の口蓋圧の onset は、高齢者と若年者のいずれのゼリーの押し潰しにおいても、Ch.1,2 から Ch.3-5 の順に発現した。高齢者では、30N において、Ch.1 の方が Ch.4 よりも早く発現し、50N において、Ch.1 の

方が Ch.3 よりも早く発現し、有意差を認めた。また、50N において、高齢者の方が若年者よりも Ch.4,5 の onset が早く発現し、有意差を認めた (図 8C)。

ゼリーの舌押し潰し時の口蓋圧の peak は、高齢者と若年者のいずれのゼリーの押し潰しにおいても、Ch.1-3 から Ch.4,5 の順に発現した。口蓋圧の peak までの発現時間については、高齢者、若年者のいずれのチャンネル間においても、有意差は認めなかった。

ゼリーの舌押し潰し時の口蓋圧の offset は、高齢者と若年者のいずれのゼリーの押し潰しにおいても、Ch.3 が最も早く発現した。高齢者では、10N において、Ch.3 の方が Ch.2 よりも早く (図 8A)、30N において、Ch.3 の方が Ch.2 よりも早く (図 8B)、50N において、Ch.3 の方が Ch.1,2,4,5 よりも早く (図 8C)、有意差を認めた。若年者では、30N において、Ch.3 の方が Ch.2 よりも早く (図 8B)、50N において、Ch.3 の方が Ch.1,2 よりも早く (図 8C)、有意差を認めた。

2) チャンネル間での口蓋圧の比較 (図 9)

高齢者では、30N において、口蓋圧最大値は、Ch.1,2 が Ch.3,4 と比較して高い値を示し、50N では Ch.1,2 が Ch.3,4 と比較して高い値を示し、それぞれ有意差を認めた (図 9A)。一方で、口蓋圧持続時間は、チャンネル間で有意差を認めなかった (図 9B)。また、口蓋圧積分値は、50N において、Ch.1,2 が Ch.3 と比較して高い値を示し、有意差を認めた (図 9C)。

若年者では、30N において、口蓋圧最大値は、Ch.1,2 が Ch.3,4 と比較して高い値を示し、50N においては、Ch.1,2 が Ch.3-5 と比較して高い値を示し、それぞれ有意差を認めた (図 9A)。口蓋圧持続時間は、10N において、Ch.1 が

Ch.5 と比較して高い値を, Ch.2 が Ch.3-5 と比較して高い値を示し, それぞれ有意差を認めた (図 9B). また, 口蓋圧積分値は, 10N において, Ch.2 が Ch.3-5 と比較して高い値を, 30N と 50N において, Ch.1,2 が Ch.3,4 と比較して高い値を示し, それぞれ有意差を認めた (図 9C).

3) ゼリーの破断荷重の変化による口蓋圧および舌骨上筋群筋活動量の比較 (図 10, 11)

ゼリーの舌押し潰し時の口蓋圧最大値は, 高齢者と若年者のいずれにおいても, Ch.1,2 において, 50N の方が 10N と比較して高い値を示し, 有意差を認めた. また, 高齢者では, Ch.4 において, 30N の方が 10N と比較して高い値を, Ch.5 において, 50N の方が 10N と比較して高い値をそれぞれ示し, 有意差を認めた (図 10A).

ゼリーの舌押し潰し時の口蓋圧持続時間は, 高齢者の Ch.1,2,4,5 および, 若年者の Ch.5 において, 50N の方が 10N と比較して高い値を示し, 有意差を認めた (図 10B).

ゼリーの舌押し潰し時の口蓋圧積分値は, 高齢者と若年者のいずれにおいても, Ch.1,2 において, 50N の方が 10N と比較して高い値を示し, 有意差を認めた. また, 高齢者では, Ch.4,5 において, 50N の方が 10N と比較して高い値を示し, 有意差を認めた (図 10C).

ゼリーの舌押し潰し時の筋電図の平均振幅, 持続時間, 積分値は, 高齢者と若年者のいずれにおいても, 50N の方が 10N と比較して高い値を示し, 有意差を認めた (図 11A, 図 11B, 図 11C).

4) 高齢者と若年者における口蓋圧および舌骨上筋群筋活動量の比較 (図 12, 13)

口蓋圧最大値は、いずれのゼリーの舌押し潰しにおいても、Ch.1-3において、高齢者と若年者間で有意差を認めなかった（図 12A）。口蓋圧持続時間は、いずれのゼリーの舌押し潰しにおいても、Ch.4,5において、高齢者の方が若年者と比較して延長したが、有意差を認めなかった（図 12B）。口蓋圧積分値は、いずれのゼリーの舌押し潰しにおいても、高齢者と若年者間で有意差を認めなかった（図 12C）。一方で、筋電図の平均振幅および積分値は、高齢者の方が若年者と比較して高い値を示し、有意差を認めた（図 13A, 13C）。筋電図持続時間は、10N および 30N のゼリーにおいて高齢者の方が若年者と比較して延長したものの、有意差を認めなかった（図 13B）。

分析③ 高齢者と若年者間の最大舌圧および舌押し潰し能力の比較

1) 最大舌押しつけ時の各チャンネルの舌圧および最大舌圧の比較（図 14A, B）

最大舌押しつけ時の各チャンネルの舌圧最大値は、いずれのチャンネルにおいても高齢者の方が若年者と比較して低い値を示し、Ch.4 を除いて有意差を認めた。

また、高齢者の最大舌圧（最大舌押しつけ時の舌圧）は、若年者と比較して低い値を示し、有意差を認めた。

2) 舌押し潰し能力の比較（図 14C）

高齢者の舌押し潰し能力（対象者が舌で押し潰し可能なゼリーの破断荷重の最大値）は、若年者と比較して低い値を示し、有意差を認めた。

3) 最大舌圧と舌押し潰し能力との関連（図 15）

高齢者と若年者のいずれにおいても、最大舌圧と舌押し潰し能力との間に有意な正の相関関係を認めた（高齢者： $r_s = 0.585$ ，若年者： $r_s = 0.524$ ）。

考察

I. 研究方法について

1. 対象者について

本研究の目的は、健常高齢者と健常若年者における、食品の舌押し潰しの様相や能力の違いを明らかにすることである。そのため、嚥下機能のスクリーニングとして EAT-10 を用い、点数が 2 点以下の者を対象者とした。

また、Swallow Scan System は、口蓋にセンサシートを貼付する設計であり、上下顎総義歯装着により舌圧が変化する³⁰⁾ことや咬合高径の違いが舌運動に影響を与える³¹⁾ことが報告されている。本研究では、加齢が食品の舌押し潰しに与える影響を検討することを目的としている。したがって、年齢以外に食品の舌押し潰し時の舌圧に影響を与える要素を除外するために、対象者の包含基準を、上顎に義歯を装着していないこと、および臼歯部咬合支持が保たれていることとした。

本研究では、食品を口腔内で破砕する測定タスクや、破砕できないところまで様々な食品を押し潰す測定タスクがあるため、食塊形成能力が低下し、実際に舌押し潰しで食事を摂取している高齢者では、窒息事故が生じる危険性がある。そのため、本研究の対象者としては、残存歯数が多く、咀嚼や嚥下に関して問題を抱えていない者を選択した。しかしながら、過去の報告より、ゼリーやムースなどの比較的軟らかい食べ物を摂取する際だけでなく、硬い食べ物を咀嚼する際にも、健常若年者は舌と口蓋の間で食品を押し潰す動作を行うことが明らかとなっている³²⁾。つまり、本研究対象者に関しても同様に、実際の食事において舌押し潰しを日常的に行っていると推察されるため、実験の対象者として問題

はないと考えられる。

2. 使用した試料について

本研究では、配合割合を調整することで、等間隔に物性の調整が可能であり、なおかつ均質な材料であることから、寒天を基材としたゼリー試料を用いた。また、本研究で使用した、破断荷重が 10N のゼリーは、日本介護食品協議会のユニバーサルデザインフード¹⁵⁾の区分 3（舌で潰せる）に、破断荷重が 20N、30N のゼリーは、区分 2（歯ぐきで潰せる）に、破断荷重が 40N 以上のゼリーは、区分 1（容易にかめる）にそれぞれ相当した。本研究では、舌押し潰し様相を評価する際に、破断荷重が 10N、30N、50N のゼリーを使用した。その理由は、3 種の試料の破断荷重が等間隔に増加し、それぞれ想定される摂取方法が異なっていたからである。これらの試料を使用することで、舌押し潰しが容易なものから困難なものまで、幅広い物性の食品の押し潰し様相が評価できると考えた。また、舌押し潰し能力を測定する際には最大 100N までのゼリーを使用した。本来臨床においてはこのような破断荷重の大きなゼリーを使用することはない。しかしながら、本研究においては、若年者と高齢者ともに、健常者を対象としている。そのため、破断荷重が低い試料のみでは、全てのゼリーを押し潰せる対象者が多くなり、押し潰せる限界、つまり舌押し潰し能力と最大舌圧との関連が不明瞭になる可能性が考えられた。さらに、本研究のように、舌による押し潰しでどれほど硬いゼリーが破砕可能かを検討した研究は過去になかった。そこで本研究では、可能な限り硬いゼリーまで用意する必要があると考え、製作限界である 100N まで、10N ごとに 10 種類の試料を用意した。

試料の形態は、舌押し潰しの可否の判断が可能かつゼリーの成型が容易に行える円柱状とし、大きさについては、食塊形成が必要かつ一口で摂取可能な量として直径 20mm、高さ 10mm に設定した²¹⁾。

3. 測定方法について

1) 口蓋圧測定

これまで、Iowa Oral Performance Instrument (IOPI) のような小型のプロローベ²³⁾や、口蓋に 3 か所の感圧点を持つ圧力センサ²⁴⁾、さらに圧力センサを組み込んだ口蓋床³³⁻³⁵⁾などを用いて、舌圧に関するさまざまな研究が行われてきた。しかし、これらの測定装置は、測定時に咬合接触を妨げることや、プロローベを口腔内に保持する必要があること、装置自体が厚いことなどから、生理的な摂食嚥下を評価することは困難であった。

一方で、Hori らの開発した舌圧計測システムはセンサシートの厚みが非常に薄く、口蓋に直接貼付できるため、嚥下時において咽喉頭の動きに影響がないことが報告されている¹⁷⁾。また、センサシートの導線は、臼歯部後方から口腔前庭を通して口角部から口腔外に導出しているため、咬合や舌運動を妨げずに舌圧（口蓋圧）の測定が可能である。したがって、本システムは、食品の舌押し潰し時における口蓋圧発現の定量的な評価に適していると考えられる。

2) 舌骨上筋群筋活動量

本研究では、舌押し潰し時の筋活動の評価に、舌骨上筋群を利用した。過去の表面電極を使用した研究から、ゼリーの舌押し潰し時の口蓋圧発現と舌骨上筋群の筋活動には時間的協調性を認めることや²⁰⁾、押し潰すゼリーの破断荷重

の増加に伴い、舌骨上筋群の筋活動が増加することが明らかとなっている²¹⁾。さらに、Palmerらは、ワイヤー電極を用いて、バルーン型舌圧計を口蓋に押しつける際の舌骨上筋群の筋活動を評価しており、オトガイ舌骨筋、顎舌骨筋、顎二腹筋前腹、オトガイ舌筋といったオトガイ下部に存在する外舌筋および舌骨上筋群の筋活動は全て、押しつけ時の舌圧と相関関係にあることを報告している³⁶⁾。これらを考慮すると、舌押し潰しの動作には舌骨上筋群の筋活動が関連しており、舌骨上筋群の筋活動量は、舌押し潰し様相の定量的評価に有用なパラメータであると考えた。ただし、ワイヤー電極や針電極は対象者への侵襲が大きいため、本研究では表面電極を採用した。表面電極は、電極設置時の対象者への侵襲が非常に少ない反面、電極設置部位周囲に走行する複数の筋の筋活動が一つの波形として記録される。本研究では、オトガイ下部正中に電極を貼付していたため、顎二腹筋前腹、顎舌骨筋の筋活動を同時に記録していたと考えられる。これらの筋は過去の報告より、産生する舌圧の大きさに関連があることが報告されており³⁶⁾、さらに、表面電極で比較的ノイズが少なく計測できる筋であった。したがって、本研究での計測法では、上記の筋について個別の評価はできなかったものの、口蓋圧産生に関わる筋の総合的な評価を行うことができたと考えられる。

分析方法では、筋活動量を最大舌押しつけ時の筋活動により正規化した。一般的に、筋電図の筋活動量の比較においては、対象者内の比較であれば正規化をせずに比較を行うが、対象者間比較や対象群間比較においては、体格の違い等の影響を考慮し、正規化を行うこともある。本研究では、若年者群と高齢者群の間では、身長や体重の差を認めなかったが、舌最大押しつけ時の筋活動の振幅の差を認め、それは、各群内でも個人差が大きかった。過去の報告より、

若年者と比べ、高齢者の方が、全身もしくは頭頸部の筋肉量が少ないことが報告されている³⁷⁾。つまり、体格は同じでも、若年者と高齢者では体組成の違いが生じている可能性があり、両群を比較する上で正規化を行うことが望ましいと考えた。加えて、本研究では、正規化をする際に、最大舌押しつけ時の舌骨上筋群筋活動を基準とした。これまで舌骨上筋群の筋活動を評価した研究では、最大舌押しつけを基準のタスクとしたものが多く見られたため、本研究においても同様の基準を用いた。

4. 測定タスクについて

1) 最大舌押しつけ

舌機能の評価方法として、IOPI や JMS 舌圧測定器などのバルーン型の舌圧計を用いた方法^{23,25)}が広く用いられている。これらは、口蓋と舌の間にバルーンを挟みこみ、舌の口蓋への最大押しつけ時の圧力を測定する方法である。測定時間は、IOPI を用いる方法では規定されていないが、JMS 舌圧測定器を用いる方法では、5~7 秒に設定されている^{38,39)}。また、予備実験にて、舌骨上筋群の筋活動の波形がプラトーに達するまでの時間が約 1 秒であったことを考慮し、本研究では、筋電図の分析区間を、最大舌押しつけ時の約 5 秒間の測定区間のうち、onset 後の 1 秒間と offset 前の 1 秒間を除いた、約 3 秒間とした。最大舌圧は、最大舌押しつけ時に Ch.1-3 で発揮された舌圧の内、最も大きな値と定義した。最大舌押しつけをした際に、若年者群では、全てのチャンネルにおいて舌圧が同程度発現する傾向を示したが、高齢者群では、後方チャンネルで舌圧最大値が大きくなる者が 2 名認められた。過去の研究では、若年者は舌押し潰しにおいて、口蓋前方部や中央部でゼリーを押し潰している可能性が

あると報告している^{19,20)}。しかし、高齢者は、舌前方部の舌筋の筋線維が減少すること⁴⁰⁾が知られている。したがって、高齢者の中には、最大舌押しつけの際に、口蓋の前方部、中央部ではなく、後方を押しつけた者がいた可能性が考えられた。そのため、本研究では、Ch.1, 2 および Ch.3 を、最大舌圧を決定する際の分析対象とし、それらの最大値を最大舌圧と定義した。

2) 破断荷重の異なる3種類のゼリーの舌押し潰し

歯による咀嚼では、まず切歯や犬歯で取り込まれた一口大の食品は臼歯に移送され、食品が臼歯で噛み切られる。次に、破碎された食品の一部は舌の絞り込み運動により咽頭に運ばれ、残りは頬や舌の運動により咬合面に集められ、繰り返し歯列上で破碎される⁴¹⁾。舌と口蓋での押し潰しでも同様に、ゼリーが破碎された後、口腔内に散らばったゼリーは舌によりまとめられ、一部は咽頭へ移動し、残りは再度舌と口蓋で押し潰され、食品が全て嚥下されるまでこの動作が繰り返される。特に、舌押し潰し1回目は、ゼリーを舌と口蓋の間に挟み込み、破碎することだけが行われると考えられる。過去の報告においても、舌押し潰し1回目の舌圧や筋活動は、食品物性の影響を強く受けることが明らかとなっている^{19,20)}。そこで本タスクでは、舌押し潰しを一度だけに制限し、摂取方法の区分が異なる10N、30N、50Nのゼリーを用いることとした。これにより、高齢者と若年者の間で、舌押し潰しによってゼリーを破碎する際の口蓋圧の発現様相（最大値、持続時間、積分値および口蓋圧発現順序）や舌骨上筋群筋活動量に、どのような違いがあるのかを検討できると考えた。

3) 舌押し潰し可能なゼリーの特定

歯や義歯による咀嚼が困難な高齢者にとって、舌押し潰しが困難な食品を摂取した場合、窒息や誤嚥の危険性がある⁵⁾。そのため、個人が舌押し潰し可能な食品物性を知ることは、窒息や誤嚥の予防につながると考えられる。そこで本研究では、1回で舌押し潰し可能なゼリーの破断荷重の最大値を、対象者の舌押し潰し可能な食品物性の限界値とみなし、これを舌押し潰し能力と定義した。一方で、最大舌圧は、実際の食品摂取を必要としない、舌機能の客観的評価である。そこで本研究では、舌押し潰し能力と最大舌圧との関連を検証することで、舌機能の客観的評価から、摂取可能な食品の物性やその限界を推定できるのではないかと考えた。

II. 実験結果について

分析① 高齢者と若年者の全身および口腔状態

BMI について、厚生労働省の調査では、70-74 歳の平均値は 23.2kg/m^2 であり、20 代の平均値は 21.8kg/m^2 であった⁴²⁾。一方で、本研究の高齢者、若年者の平均値はそれぞれ $22.2 \pm 3.9\text{kg/m}^2$ 、 $21.6 \pm 1.9\text{kg/m}^2$ であった。したがって、本研究の対象者における BMI は、わが国の一般住民と同程度であると考えられる。

残存歯数について、厚生労働省の調査では、70-74 歳の平均値は 19.7 本であり、20 代の平均値は 28.0 本であった⁴³⁾。一方で、本研究の高齢者、若年者の平均値はそれぞれ 22.9 ± 3.6 本、 27.9 ± 0.5 本であった。今回対象とした高齢者は、臼歯部咬合支持があり、大阪大学歯学部附属病院咀嚼補綴科にてメンテナンスを受けていることを包含基準としているため、わが国の一般住民と比較して残存歯数が多かったと考えられる。

分析② 高齢者と若年者におけるゼリーの舌押し潰し様相の比較

高齢者と若年者のゼリーの押し潰しには共通点がいくつか認められる。まず、舌押し潰しの開始において、Ch.1 および Ch.2 の口蓋圧の onset が始めに発現したことが挙げられる。過去の研究より、自由咀嚼嚥下の際に歯を使って咀嚼するか、舌押し潰しで摂取するかという摂取方法の選択には閾値があり、その判断は切歯乳頭付近の触圧覚が関与していることが知られている³²⁾。また、若年者では、硬いゼリーを口蓋前方付近にて舌尖で押し潰す傾向にあることが報告されている³⁴⁾。つまり、切歯付近の口蓋は、食品のテクスチャーを認知するだけでなく、押し潰しを行う場所になっていると考えられる。本研究において、口蓋正中の前方から中央での口蓋圧が最初に発現したことから、本研究で得られた結果は、これらの考えを支持するものである。

次に、舌押し潰し時の口蓋圧最大値および積分値は、Ch.3-5 よりも Ch.1,2 で高くなった。バルーン型舌圧計を用いた過去の研究では、健常若年者と健常高齢者のいずれにおいても、最大舌圧は口蓋の後方部よりも前方部の方が高いことが明らかとなっている^{24,44)}。その理由としては、舌を構成する筋の組成が部位によって異なることが考えられる。舌前方部は速筋である Type II 線維によって主に構成されており、舌後方部は遅筋である Type I 線維によって構成されている⁴⁵⁾。以上より、筋力が大きく、ダイナミックな動きが可能である舌前方部の方が、食品の破砕を行うのに適している可能性がある。

最後に、押し潰すゼリーの破断荷重の違いによる口蓋圧最大値、口蓋圧持続時間、口蓋圧積分値の変化は、高齢者と若年者で同様の傾向を認めた。我々は若年者において、押し潰すゼリーの破断荷重の増加に伴い、舌押し潰し 1 回目の口

蓋圧最大値，持続時間，積分値および舌骨上筋群筋活動の平均振幅，持続時間，積分値が増加することを報告した^{19,20)}。つまり，健常若年者は，ゼリーを押し潰す際に，口蓋圧および舌骨上筋の筋活動を変え，食品物性の変化に対応していると考えられる。本研究では，若年者に関して，これまでの研究と同様の傾向がみられた。一方，過去の高齢者の舌機能を評価した研究によって，全身の筋肉量減少に伴って舌の筋肉量も減少し⁴⁶⁾，最大舌圧²⁵⁾や舌運動機能⁴⁷⁾が低下することが明らかとなっている。したがって，高齢者は若年者と比較して，舌押し潰す食品の物性の違いに対する対応能力が低下していると考えられ，押し潰すゼリーの破断荷重の違いによる，口蓋圧の発現様相や舌骨上筋群の筋活動量に違いが生じることが予想された。例えば，舌の巧緻性が低下することで，軟らかいゼリーに対して必要以上に高い口蓋圧が発現するような事や，最大舌圧の低下により，一定以上の硬さのゼリーを押し潰す際に口蓋圧最大値が増加せず，口蓋圧の持続時間が延長して押し潰す能力を補償するような事象が生じることが考えられた。しかし，本研究では，高齢者も若年者同様に，ゼリーの破断荷重の増加に伴い，口蓋圧最大値，持続時間，積分値，および舌骨上筋群筋活動の平均振幅，持続時間，積分値が増加する傾向を示した。その理由としては，本研究では，嚥下障害の原因となる脳血管疾患，神経筋疾患などの既往のない高齢者を対象としており，若年者と高齢者間の口腔機能に大きな差がなかったことが考えられる。実際に，舌押し潰す能力を評価した分析③の結果より，全ての対象者は50Nのゼリーを一度に舌で押し潰すことが可能であった。また，本タスクにおいては，舌による押し潰しを1回で行うように指示していた。したがって，対象者の中にいずれかの試料を舌で押し潰すことができない者がいた場合や，押し潰しのタスクを1回ではなく複数回にしていた場合には，上記の様な口蓋圧

の発現様相や舌骨上筋群筋活動量の変化に違いが生じた可能性が考えられる。

高齢者と若年者で舌押し潰しの様相に共通点がある一方で、相違点もいくつか確認された。若年者では、押し潰し開始時に Ch.1 および Ch.2 の onset が発現した後に、Ch.3 の onset が発現する傾向を示した。それに対し、高齢者では、特に破断荷重が最も高い 50N のゼリーを押し潰す際には、Ch.4 や Ch.5 といった後方周縁部が Ch.3 よりも先に発現する傾向を示し、Ch.1,2 と同様に Ch.4,5 も舌圧持続時間が長かった。また、Ch.4,5 の onset は、若年者と比べて早期に発現していた。この様に、高齢者と若年者において、舌押し潰し開始時の舌圧発現の様相が異なった理由として、舌筋の加齢変化が考えられる。過去の研究より、加齢によって舌中央部や舌根部と比べて舌前方部の筋線維が減少すること³⁹⁾や、舌前方部の筋線維の配列の乱れが生じることが明らかになっている⁴⁸⁾。前述したように、口蓋前方部および中央部でゼリーを押し潰していたことを考慮すると、高齢者における舌押し潰しの場合、舌尖部の筋の機能低下に対して、舌中央部および後方部が補償するような動きの変化が生じた可能性がある。Tamine らは、若年者が液体を嚥下する際、口蓋正中前方部および中央部の舌圧最大値が他の部位よりも高く発現するが、健常高齢者は、口蓋後方周縁部の舌圧最大値が口蓋正中前方部および中央部よりも高く発現することを報告した²²⁾。したがって、嚥下運動においては、舌前方に走行する速筋の加齢変化に対して、比較的加齢変化が小さい遅筋で構成されている舌後方の筋による、代償的な運動が生じることが考えられる。これらと同様に、前方部の筋の加齢変化に対する後方部の代償的な運動が、舌押し潰し動作においても生じた可能性が考えられる。さらに、本研究において、高齢者の方が若年者と比較して、Ch.1,2 の口蓋圧最大値が小さくなった反面、Ch.4,5 の口蓋圧持続時間が延長する傾向があっ

たことも、高齢者の舌押し潰し時に舌後方が代償的に運動した可能性を支持するものと考えられる。

ゼリーの舌押し潰し時の舌骨上筋群筋活動量に関しては、どのゼリーに対する筋活動の平均振幅と積分値も、高齢者の方が若年者と比較して大きな値を示し、有意差を認めた。これまで、ゼリーの舌押し潰し時の舌骨上筋群の筋活動は、押し潰すゼリーの破断荷重の増加に伴い増加すること²⁹⁾や、口蓋への舌押しつけ時の舌骨上筋群の筋活動は、口蓋圧の増加に伴い増加することが報告されている³⁵⁾。つまり、個人内では舌骨上筋群の筋活動が増加すると、口蓋圧は増加すると考えられる。しかしながら、本研究ではゼリーの舌押し潰し時の舌骨上筋群の相対的筋活動量は、高齢者の方が若年者よりも大きな値を示したにもかかわらず、ゼリーの舌押し潰し時の口蓋圧は、若年者と高齢者間で有意差を認めなかった。この理由として、舌押し潰しに関連する筋力の低下が考えられる。舌骨上筋群を構成する筋は、舌前方部の内舌筋と同じく速筋であることが明らかとなっている⁴⁹⁾。また、遅筋よりも速筋の方が加齢によって先に萎縮する傾向にあることが知られている⁵⁰⁾。すなわち、本研究で対象とした高齢者には、舌骨上筋群と舌前方部の舌筋における、筋線維数の減少や筋横断面積の減少などの加齢変化が生じている可能性があると考えられる。同じゼリーを押し潰した際に若年者と比較して高齢者の方が舌前方部および中央部の口蓋圧最大値が小さく、舌骨上筋群筋活動量の平均振幅および積分値が%MVCの換算で2倍近くになったことも、上記のメカニズムを支持するものであると考えられる。

分析③ 高齢者と若年者の最大舌圧と舌押し潰し能力の比較

1) 最大舌押しつけ時の各チャンネルの舌圧，最大舌圧および舌押し潰し能力の

比較

本研究では、舌最大押しつけ時において、Ch.4を除いた全てのチャンネルで高齢者の方が若年者と比較して舌圧最大値が低く、有意差を認めた。また、最大舌圧も同様に高齢者の方が若年者と比較して低く、有意差を認めた。これまでに、高齢者の方が舌最大押しつけ時の舌圧が低いこと^{23,25)}、舌最大押しつけ時の舌圧を口蓋前方、中央、後方の3点で測定した場合、高齢者はどの部位においても舌圧最大値は低く、有意差を認めること²⁴⁾が報告されている。

舌は舌筋および舌骨上筋群が協調して運動することにより舌圧を生み出しており⁴⁴⁾、これらの筋は加齢によって筋力の低下をきたす⁵¹⁾。そのため、高齢者の舌最大押しつけ時の各チャンネルおよび最大舌圧が低い値を示したと考えられる。一方で、嚥下時の舌圧は高齢者と若年者で有意差を認めないことが報告されていることから²³⁾、健常な高齢者は、若年者と比べて舌圧の最大値は減少するものの、嚥下運動などの機能を営む程度の十分な圧を産生することは可能であると考えられる。

舌押し潰し能力については、高齢者は若年者と比較して低い値を示し、有意差を認めた。ゼリーの破断荷重の増加に伴い、舌押し潰し時の口蓋圧最大値は増加することから、破断荷重の大きなゼリーを押し潰すためには、ゼリーを口蓋に強く押しつける必要があると考えられる。本研究の結果では、高齢者は若年者と比較して最大舌圧が低い値を示していることから、ゼリーの舌押し潰し時に発揮できる口蓋圧も小さくなるため、高齢者の方が若年者よりも舌押し潰し能力が低い値を示したと考えられる。ただし、若年者において、製作限界である100Nのゼリーを押し潰せた対象者が5名認められたため、実際の若年者と高齢者の舌押し潰し能力は、本研究結果よりも差が生じていると推察され

る.

2) 最大舌圧と舌押し潰し能力との関連

高齢者および若年者のいずれも、最大舌圧と舌押し潰し能力との間に、有意な正の相関関係を認めた。Yokoyama らや Hori らは、若年者において押し潰すゼリーの破断荷重の増加に伴い、口蓋圧最大値が増加していることを報告しており^{18,19)}、本研究においても同様の結果を示した。したがって、最大舌圧が大きい方がより破断荷重の大きなゼリーの押し潰しを行えるという本研究の結果は、これまでの報告から検討しても妥当であると考えられる。また、本研究の対象者の中には、高齢者よりも最大舌圧が低く、舌押し潰し能力が低い若年者が存在した一方で、若年者よりも最大舌圧が高く、舌押し潰し能力が高い高齢者も存在した。このことは、高齢者というだけで提供する食事形態を主観的に決定するのではなく、客観的に口腔機能を評価し、提供する食事形態を決定していく必要があり、最大舌圧は食事形態決定に寄与するパラメータの一つになりうる可能性を示唆している。

以上より、本研究は、高齢者の舌押し潰しの様相と能力を評価し、若年者の押し潰しとの違い、ならびに舌押し潰し能力と最大舌圧との関係性を初めて明らかにしたものであり、本研究で得られた知見は、高齢者の舌押し潰しの正常像として、有用な基礎的知見であると考えられる。

III. 本研究の限界

本研究で用いた Swallow Scan System は、口蓋に貼付可能な厚さ約 0.1mm

の極めて薄いセンサシートである。本装置は、これまでの口蓋床やバルーンを用いる方法と比較して、生理的な摂食嚥下を阻害することなく舌圧および口蓋圧の測定が可能である。しかし、本研究のようにゼリーの舌押し潰しを行わせる際に、舌がゼリーを口蓋に押しつけることで圧が発生しているのか、舌が直接センサに接触することで圧が発生しているのかを、本装置だけでは判断することができない。Murakamiらは、Swallow Scan Systemと口腔内を電離放射線により透視することができる嚥下造影検査（Videofluorography:VF）を併用し、舌押し潰し時の舌および舌骨の移動を視覚的に分析した²⁰⁾。しかし、VFは二次元であることや、口蓋付近に歯根などの読影の妨げになる構造があるため、上記の問題点を解決できなかった。また、VFと同様に口腔内を透視することができるCTやMRIも、Swallow Scan Systemの金属部分がアーチファクトになることや、機器が故障するため同時計測は困難である。したがって、他の計測機器を併用しても、センサに触れているのは舌なのか、もしくはゼリーであるのかを正確に把握することはできない。しかしながら、本研究により、ゼリーを舌で押し潰す際に口蓋にどのように力がかかっているのか、またその様相が高齢者と若年者でどのように異なるかを、舌圧発現様相と舌骨上筋群筋活動量から明らかにできたと考えられる。

食塊形成能力が低下し、ゼリー食品を含む介護食を必要とする高齢者の摂食嚥下の様相は多様である。過去の報告では、要介護高齢者の食事形態や自立度、認知機能の程度により最大舌圧に差があることや⁵²⁾、残存歯数や口腔内に装着されている補綴装置の種類が最大舌圧に影響することが報告されている⁵³⁾。さらにMinagiらは、パーキンソン病患者の重症度の違いによって液体嚥下時の舌運動が異なることを報告している⁵⁴⁾。したがって、食塊形成能力が低

下した高齢者を対象とする場合は、全身状態や口腔状態を考慮して分析を行う必要があると考えられる。しかし、本研究は、健常高齢者と健常若年者を対象として、加齢による食品の舌押し潰しの様相や能力の違いを横断的に明らかにすることを目的としている。さらに今回対象とした高齢者は、臼歯部咬合支持があり、かつ上顎に義歯を装着していない者をリクルートしたため、高齢者における口腔状態に大きな違いは認めなかった。また分析の際は、舌押し潰しの様相を特定のパターンに分類することができなかつたため、全ての対象者を同一の分析にて評価した。要介護高齢者は、健常高齢者と比べて最大舌圧や巧緻性が低いことや、嚥下能力が低下していることが報告されている^{55,56}。よって、本研究で得られた最大舌圧と舌押し潰し能力に関する知見は、あくまで健常高齢者と健常若年者が一度で押し潰せる食品の物性と最大舌圧の関係性を明らかにしたものであり、要介護高齢者が舌押し潰しにより摂取できる食品と最大舌圧の関係性に必ずしも適用できるものではないと考える。

本研究では、舌押し潰し時の筋活動の評価に舌骨上筋群を用いた。オトガイ下部は顎舌骨筋や顎二腹筋、オトガイ舌骨筋が密集しており、舌押し潰し時の舌骨上筋群の筋活動を精密に計測するのであれば、クロストークが生じる表面電極よりもピンポイントに筋電位の計測が可能なワイヤー電極を使用することが望ましい。しかし、ワイヤー電極を用いる方法は対象者への侵襲が非常に大きいというデメリットがあり、本実験で用いることは困難であった。したがって、本研究では表面電極を用いて筋活動を評価した。

総括ならびに結論

本研究は、高齢者のゼリーの舌押し潰し様相およびその能力を、口蓋圧および舌骨上筋群筋電図測定を用いて検討した。その結果、以下の知見が得られた。

1. ゼリーの舌押し潰し時において、高齢者と若年者の間に口蓋圧最大値、持続時間、積分値は有意差を認めなかった。一方で、高齢者では若年者と比較して破断荷重の大きなゼリーの押し潰し時に舌の後方周縁部が先に接触し、接触時間も長かった。
2. 最大舌圧および舌押し潰し能力は、高齢者の方が若年者と比較して低かった。
3. 最大舌圧が増加するにつれて、舌押し潰し可能なゼリーの破断荷重が増加した。

以上の結果より、若年者と高齢者では、舌の加齢変化によって、食品を舌で押し潰す運動に違いが生じていることが示唆された。

食品を摂取する際に、食品の破砕が不十分であると窒息や誤嚥につながる可能性が非常に高い。したがって、本研究の結果は、歯や義歯による咀嚼が困難な高齢者へ個々の食塊形成能力に適した食品を提供する上で、有用な基礎的知見になると考えられる。

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 池邊一典教授に深甚なる感謝の意を示します。

また、本研究を遂行するにあたり、多岐にわたる御教示、御指導を賜った大阪大学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 高阪貴之助教、新潟大学大学院医歯学総合研究科包括歯科補綴学分野 村上和裕助教に心から感謝いたします。

最後に、本研究の遂行にあたり、終始変わらぬ御理解と御協力をいただきました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・高齢者歯科学分野の教室員各位ならびに研究対象者の皆様に深く感謝申し上げます。

文献

1. Teramoto S, Fukuchi Y, Sasaki H, Sato K, Sekizawa K, Matsuse T. High incidence of aspiration pneumonia in community and hospital acquired pneumonia in hospitalized patients: a multicenter, prospective study in Japan. *J Am Geriatr Soc.* 2008;56:577-579.
2. 厚生労働省. 平成 21 年度「不慮の事故死亡統計」の概況.
<https://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/jinkou/tokusyu/furyo10/01.html>
(参照 2020-1-20)
3. 国立長寿医療研究センター. 平成 24 年度在宅療養患者の摂食状況・栄養状態の把握に関する調査研究報告書.
https://www.ncgg.go.jp/ncgg-kenkyu/documents/roken/rojihokoku4_24.pdf
(参照 2020-1-20)
4. Kinoshita K, Azuhata T, Kawano D, Kawahara Y. Relationships between pre-hospital characteristics and outcome in victims of foreign body airway obstruction during meals. *Resuscitation.* 2015;88:63-67.
5. 向井美恵. 食品による窒息の要因分析—ヒト側の要因と食品のリスク度—. <https://www.mhlw.go.jp/topics/bukyoku/iyaku/syoku-anzen/chissoku/dl/04.pdf> (参照 2020-1-20)
6. Feinberg MJ, Ekberg O. Videofluoroscopy in elderly patients with aspiration: Importance of evaluating both oral and pharyngeal stages of deglutition. *AJR Am J Roentgenol.* 1991;156:293-296.
7. Hase T, Miura Y, Nakagami G, Okamoto S, Sanada H, Sugama J. Food bolus-

- forming ability predicts incidence of aspiration pneumonia in nursing home older adults: A prospective observational study. *J Oral Rehabil.* 2020;47:53-60.
8. Matsuyama Y, Aida J, Watt RG, Tsuboya T, Koyama S, Sato Y, Kondo K, Osaka K. Dental status and compression of life expectancy with disability. *J Dent Res.* 2017;96:1006-1013.
 9. 羽田勝, 蟹谷容子, 市川哲雄, 石川正俊, 永尾寛. 要介護 高齢者の義歯使用を困難にする要因に関する研究. *老年歯医.* 2001;16:22-28.
 10. 水口俊介, 高岡清治, 伊藤淳二, 國分康有, 宮下健吾, 下山和弘, 植松宏. 介護老人福祉施設における食事形態および義歯装着の状況とそれらに関わる要因. *老年歯医.* 2005;20:180-186.
 11. Taji T, Yoshida M, Hiasa K, Abe Y, Tsuga K, Akagawa Y. Influence of mental status on removable prosthesis compliance in institutionalized elderly persons. *Int J Prosthodont.* 2005;18:146-149.
 12. 藤谷順子, 宇山理紗, 大越ひろ, 栢下淳, 小城明子, 高橋浩二, 前田広士, 藤島一郎, 植田耕一郎. 日本摂食・嚥下リハビリテーション学会嚥下調整食分類2013. *日摂食嚥下リハ会誌.* 2013;17:255-267.
 13. 消費者庁. 特別用途食品の表示の許可等について. 平成 28 年 3 月 31 日消食表第 221 号.
https://www.caa.go.jp/policies/policy/food_labeling/health_promotion/pdf/syokuhin1538.pdf (参照 2020-1-20)
 14. 農林水産省食料産業局食品製造課. 新しい介護食品 (スマイルケア食) の取り組みについて.

- <https://www.maff.go.jp/j/shokusan/seizo/kaigo.html> (参照 2020-1-20)
15. 日本介護食品協議会. ユニバーサルデザインフード自主規格第2版.
https://www.udf.jp/about_udf/index.html (参照 2020-1-20)
 16. Kahrilas PJ, Lin S, Logemann JA, Ergun GA, Facchini F. Deglutitive tongue action: volume accommodation and bolus propulsion. *Gastroenterology*. 1993;104:152-162.
 17. Hori K, Ono T, Tamine K, Kondoh J, Hamanaka S, Maeda Y, Dong J, Hatsuda M. Newly developed sensor sheet for measuring tongue pressure in swallowing. *J Prosthodont Res*. 2009;53:28-32.
 18. Yokoyama S, Hori K, Tamine K, Fujiwara S, Inoue M, Maeda Y, Funami T, Ishihara S, Ono T. Tongue pressure modulation for initial gel consistency in a different oral strategy. *PLoS One*. 2014;9:e91920.
 19. Hori K, Hayashi H, Yokoyama S, Ono T, Ishihara S, Magara J, Taniguchi H, Funami T, Maeda Y, Inoue M. Comparison of mechanical analyses and tongue pressure analyses during squeezing and swallowing of gels. *Food Hydrocoll*. 2015;44:145-155.
 20. Murakami K, Hori K, Minagi Y, Uehara F, Salazar SE, Ishihara S, Nakauma M, Funami T, Ikebe K, Maeda Y, Ono T. Coordination of tongue pressure production, hyoid movement, and suprahyoid muscle activity during squeezing of gels. *Arch Oral Biol*. 2020;111:104631.
 21. Ishihara S, Nakauma M, Funami T, Tanaka T, Nishinari K, Kohyama K. Electromyography during oral processing in relation to mechanical and sensory properties of soft gels. *J Texture Stud*. 2011;42:254-267.

22. Tamine K, Ono T, Hori K, Kondoh J, Hamanaka S, Maeda Y. Age-related changes in tongue pressure during swallowing. *J Dent Res.* 2010;89:1097-1101.
23. Robbins J, Levine R, Wood J, Roecker EB, Luschei E. Age effects on lingual pressure generation as a risk factor for dysphagia. *J Gerontol A Biol Med Sci.* 1995;50:257-262.
24. Nicosia MA, Hind JA, Roecker EB, Carnes M, Doyle J, Dengel GA, Robbins J. Age effects on the temporal evolution of isometric and swallowing pressure. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 2000;55:634-640.
25. 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;23:286-290.
26. 水口俊介, 津賀一弘, 池邊一典, 上田貴之, 田村文誉, 永尾寛, 古屋純一, 松尾浩一郎, 山本健, 金澤学, 渡邊裕, 平野浩彦, 菊谷武, 櫻井薫. 高齢期における口腔機能低下. *老年歯学.* 2016;31:81-99.
27. Hori K, Ono T, Tamine K, Kondo J, Hamanaka S, Maeda Y, Dong J, Hatsuda M. Newly developed sensor sheet for measuring tongue pressure during swallowing. *J Prosthodont Res.* 2009;53:28-32.
28. 山野善正. 進化する食品テクスチャー研究. 東京: 株式会社エヌ・ティー・エス;2011,37-38.
29. Kumazaki Y, Naito M, Kawakami S, Hirata A, Oki K, Minagi S. Development of a speech-discriminating electromyogram system for routine

- ambulatory recording for the low-level masseter muscle activity. *J Oral Rehabil.* 2014;41:266-274.
30. Kondoh J, Ono T, Tamine K, Fujiwara S, Minagi Y, Hori K, Maeda Y, Kreissl M, Nitschke I. Effect of complete denture wearing on tongue motor biomechanics during swallowing in edentulous older adults. *Geriatr Gerontol Int.* 2015;15:565-571.
31. 薦田淳司, 市川哲雄, 松本直之. 咬合高径の変化が発音時の舌運動と下顎運動に及ぼす影響. *補綴誌.* 1991;35:67-79.
32. Arai E, Yamada Y. Effect of the texture of food on the masticatory process. *J Oral Biol.* 1993;35:312-322.
33. Takahashi J, Nakazawa F. Palatal pressure patterns of gelatin gels in the mouth. *J Texture stud.* 1991;22:1-11.
34. 盛田明子, 中沢文子. ゼラチン・寒天・カラギーナンゼリーの摂食時における口蓋圧と筋電位の同時測定. *日本家政学会.* 2002;53:7-14.
35. 盛田明子, 中沢文子. ジェランゼリーの口蓋圧計測による咀嚼と嚥下. *日本家政学会誌.* 2005;56:425-434.
36. Palmer PM, Jaffe DM, McCulloch TM, Finnegan EM, Daele DV, Luschei ES. Quantitative contributions of the muscles of the tongue, floor-of-mouth jaw, and velum to tongue-to-palate pressure generation. *J Speech Lang Hear Res.* 2008;51:828-835.
37. Iida T, Tohara H, Wada S, Nakane A, Sanpei R, Ueda K. Aging Decrease the strength of suprahyoid muscle involved in swallowing movements. *Tohoku J Exp Med.* 2013;231:223-228.

38. Hiraoka A, Yoshikawa M, Nakamori M, Hosomi N, Nagasaki T, Mori T, Oda M, Maruyama H, Yoshida M, Izumi Y, Matsumoto M, Tsuga K. Maximum tongue pressure is associated with swallowing dysfunction in ALS patients. *Dysphagia*. 2017;32:542-547.
39. Morita K, Tsuka H, Kato K, Mori T, Nishimura R, Yoshida M, Tsuga K. Factors related to masticatory performance in healthy elderly individuals. *J Prosthodont Res*. 2018;62:432-435.
40. Satoh M, Sashima M, Suzuki A. Quantitative age changes of the histological constituents of the human tongue. *J Oral Biol*. 1986;28:746-751.
41. Hiiemae K. Mechanism of food reduction, transport and deglutition: how the texture of food affects feeding behavior. *J Texture Stud*. 2004;35:171-200.
42. 厚生労働省. 第2部身体状況調査の結果.
<https://www.mhlw.go.jp/content/000451760.pdf> (参照 2020-1-20)
43. 厚生労働省. 平成28年歯科疾患実態調査結果の概要.
<https://www.mhlw.go.jp/toukei/list/dl/62-28-02.pdf> (参照 2020-1-20)
44. Koshi N, Magara J, Sasaki S, Tsujimura T, Ono K, Inoue M. Properties of hyoid muscle contraction during tongue lift measurement. *J Oral Rehabil*. 2020;47:332-338.
45. Stål P, Marklund S, Thornell LE, Paul RD, Eriksson PO. Fibre composition of human intrinsic tongue muscles. *Cells Tissues Organs*. 2003;173:147-161.
46. Tamura F, Kikutani T, Tohara T, Yoshida M, Yaegaki K. Tongue thickness relates to nutritional status in the elderly. *Dysphagia*. 2012;27:556-561.
47. Izuno H, Hori K, Sawada M, Fukuda M, Hatayama C, Ito K, Nomura Y,

- Inoue M. Physical fitness and oral function in community-dwelling older people: a pilot study. *Gerontology*. 2016;33:470-479.
48. 高橋知子. 高齢者における舌尖部の構造変化について. *口病誌*. 2008;75:93-105.
49. Korfage J, Schueler Y, Brugman P, Eijden T. Differences in myosin heavy-chain composition between human jaw-closing muscles and supra and infrahyoid muscles. *Archives of Oral Biology*. 2001;46:821-827.
50. Larsson L, Yu F, Höök P, Ramamurthy B, Marx J O, Pircher P. Effects of aging on regulation of muscle contraction at the motor unit, muscle cell, and molecular levels. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*. 2001;11:28-43.
51. Mori T, Izumi S, Okazaki S, Iketani S. Ultrasonography to detect age-related changes in swallowing muscles. *European Geriatric Medicine*. 2019;10:753-760.
52. Tsuga K, Yoshikawa M, Que H, Okazaki Y, Tsuchioka H, Maruyama M, Yoshida M, Akagawa Y. Maximal voluntary tongue pressure is decreased in Japanese frail elderly persons. *Gerodontology*. 2012;29:e1078-e1085.
53. Tashiro K, Soutome S, Funahara M, Kawashita Y, Kitamura M, Fukuda H, Furugen R, Iwasaki T, Hayashida H, Kawasaki K, Higashi M, Nagayoshi M, Takamura N, Maeda T, Saito T. The relationship between dental findings and tongue pressure : a survey of 745 community-dwelling adults and elderly persons in Japan. *Gerodontology*. 2021;67:517-524.
54. Minagi Y, Ono T, Hori K, Fujiwara S, Tokuda Y, Murakami K, Maeda Y, Sakoda S, Yokoe M, Mihara M, Mochizuki H. Relationships between dysphagia and tongue pressure during swallowing in Parkinson's disease

- patients. *J Oral Rehabil.* 2018;45:459-466.
55. Nakagawa K, Matsuo K. Assessment of oral function and proper diet level for frail elderly individuals in nursing homes using chewing training food. *J Nutr Health Aging.* 2019;23:483-489.
56. Watanabe Y, Hirano H, Arai H, Morishita S, Ohara Y, Edahiro A, Murakami M, Shimada H, Kikutani T, Suzuki T. Relationship between frailty and oral function in community-dwelling elderly adults. *J Am Geriatr Soc.* 2017;65:66-76.

図表の説明

図 1. 被験試料の形状

本研究で用いたゼリー試料の写真，および規格を示す．

図 2. 舌圧測定システムおよびセンサシート：Swallow Scan System（ニッタ，大阪，日本）

上図：本研究で用いた舌圧測定システムおよびセンサシートの写真を示す．

下図：上顎口蓋に舌圧センサシートを貼付した咬合面観を示す．

図 3. 若年者の波形の一例

A. 最大舌押しつけ時の波形

最大舌押しつけを指示した際の舌圧波形の一例を示す．最初に舌圧が発現したチャンネルの onset から，すべてのチャンネルの offset までを分析区間とした．

B. ゼリーの舌押し潰し時の波形

ゼリーの舌押し潰しを指示した際の口蓋圧波形の一例を示す．最初に口蓋圧が発現したチャンネルの onset から，すべてのチャンネルの offset までを分析区間とした．

図 4. 高齢者の波形の一例

A. 最大舌押しつけ時の波形

最大舌押しつけを指示した際の舌圧波形の一例を示す．最初に舌圧が発現したチャンネルの onset から，すべてのチャンネルの offset までを分析区間とした．

B. ゼリーの舌押し潰し時の波形

ゼリーの舌押し潰しを指示した際の口蓋圧波形の一例を示す．最初に口蓋圧が発現したチャンネルの onset から，すべてのチャンネルの offset までを分析区間とした．

図 5. 舌骨上筋群の筋電図波形の一例

ゼリーの舌押し潰し時における，舌骨上筋群の筋電図波形の一例を示す。

図 6. 若年者の RMS 処理後の舌骨上筋群の筋電図波形の一例

A. 最大舌押しつけ時の波形

最大舌押しつけ時における，舌骨上筋群の筋電図波形の一例を示す。安静時の筋電位+2S.D.の値を onset および offset の基準とし，onset 後の 1 秒間と offset 前の 1 秒間を除いた約 3 秒間を分析区間とした。

B. ゼリーの舌押し潰し時の波形

ゼリーの舌押し潰し時における，舌骨上筋群の筋電図波形の一例を示す。筋活動の onset から offset までを分析区間とした。

図 7. 高齢者の RMS 処理後の舌骨上筋群の筋電図波形の一例

A. 最大舌押しつけ時の波形

最大舌押しつけ時における，舌骨上筋群の筋電図波形の一例を示す。安静時の筋電位+2S.D.の値を onset および offset の基準とし，onset 後の 1 秒間と offset 前の 1 秒間を除いた約 3 秒間を分析区間とした。

B. ゼリーの舌押し潰し時の波形

ゼリーの舌押し潰し時における，舌骨上筋群の筋電図波形の一例を示す。筋活動の onset から offset までを分析区間とした。

図 8. ゼリーの舌押し潰し時の若年者と高齢者における口蓋圧発現順序の比較

A. 10N

B. 30N

C. 50N

ゼリーの舌押し潰し時における，各チャンネルにおける口蓋圧発現の onset, peak, offset を Ch.2 の onset を基準 ($t=0$) として順序の違いを比較している．分析は 3 種類のゼリーごとに，若年者，高齢者それぞれにおいて行った．

図 9. ゼリーの舌押し潰し時の若年者と高齢者におけるチャンネル間での口蓋圧の比較

A. 最大値

B. 持続時間

C. 積分値

ゼリーの舌押し潰し時における，口蓋圧の最大値，持続時間，積分値について，若年者と高齢者それぞれにおいて，チャンネル間での比較を行った．分析はそれぞれにおいてゼリーの破断荷重ごとに行った．

図 10. ゼリーの舌押し潰し時の若年者と高齢者における 3 種類のゼリー間での口蓋圧の比較

A. 最大値

B. 持続時間

C. 積分値

ゼリーの舌押し潰し時における，口蓋圧の最大値，持続時間，積分値について，3 種類のゼリー間で比較した結果を示す．分析は若年者，高齢者それぞれにおいて，チャンネルごとに行った．

図 11. ゼリーの舌押し潰し時の若年者と高齢者における 3 種類のゼリー間での舌骨上筋群筋活動量の比較

- A. 平均振幅
- B. 持続時間
- C. 積分値

ゼリーの舌押し潰し時における，舌骨上筋群筋電図の平均振幅，持続時間，積分値について，3 種類のゼリー間で比較した結果を示す．分析は若年者，高齢者ごとに行った．

図 12. ゼリーの舌押し潰し時の若年者と高齢者における口蓋圧発現様相の比較

- A. 最大値
- B. 持続時間
- C. 口蓋圧積分値

ゼリーの舌押し潰し時における，口蓋圧の最大値，持続時間，積分値について，若年者と高齢者間で比較した結果を示す．分析は 3 種類のゼリーそれぞれにおいて，チャンネルごとに行った．

図 13. ゼリーの舌押し潰し時の若年者と高齢者における舌骨上筋群筋活動量の比較

- A. 平均振幅
- B. 持続時
- C. 積分値

ゼリーの舌押し潰し時における，舌骨上筋群筋電図の平均振幅，持続時間，積分値について，若年者と高齢者間で比較した結果を示す．分析は 3 種類のゼリーそれぞれ

れにおいて行った.

図 14. 若年者と高齢者における最大舌圧と舌押し潰し能力の比較

- A. 若年者と高齢者における最大舌押しつけ時のチャネル間の舌圧の比較
- B. 最大舌圧
- C. 舌押し潰し能力

最大舌圧と舌押し潰し能力について、若年者と高齢者間で比較した結果を示す.

図 15. 若年者と高齢者における最大舌圧と舌押し潰し能力との相関

最大舌圧と舌押し潰し能力（舌による押し潰しが可能な中で最も破断荷重の大きなもの）について、散布図および回帰直線を示す.

表 1. 実験に使用したゼリー試料の物性

表 2. 対象者の基本項目

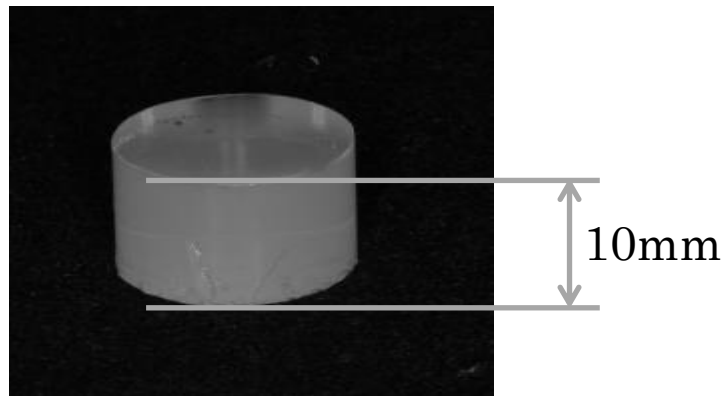
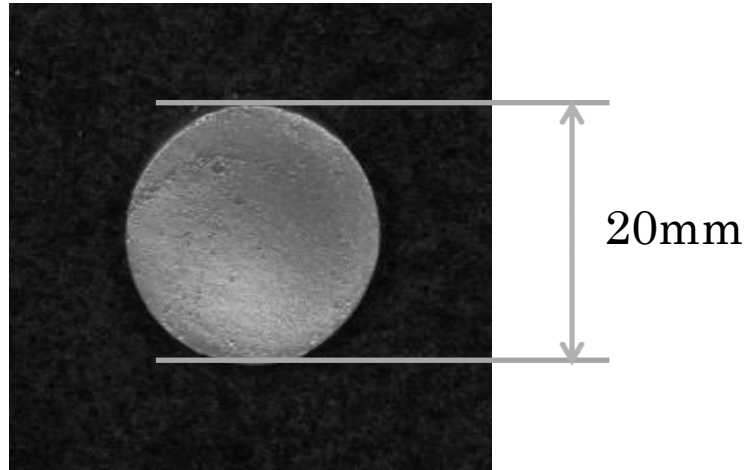


図 1. 被験試料の形状

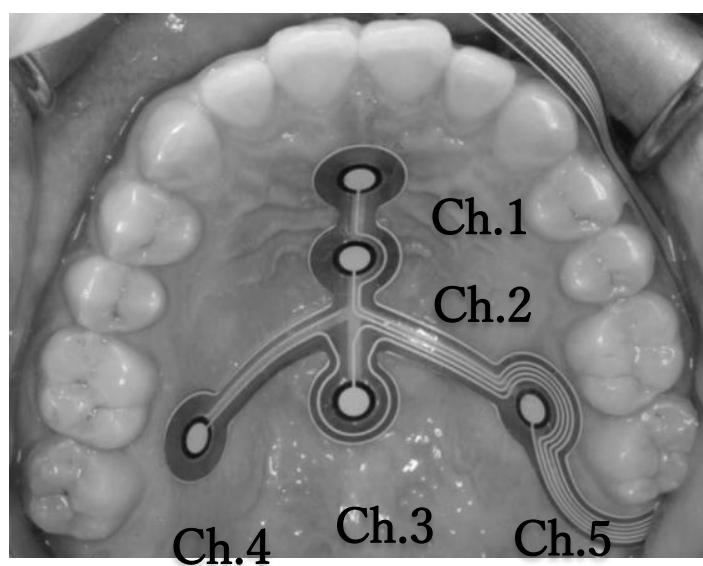
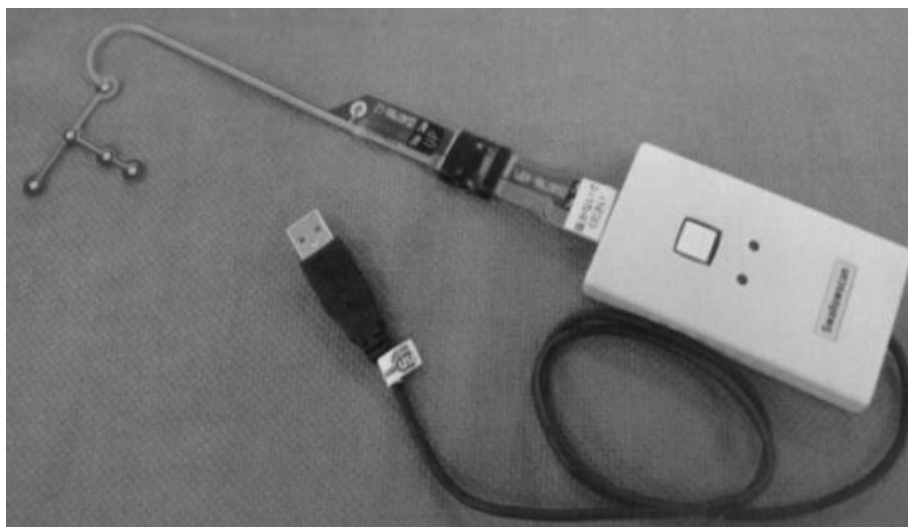
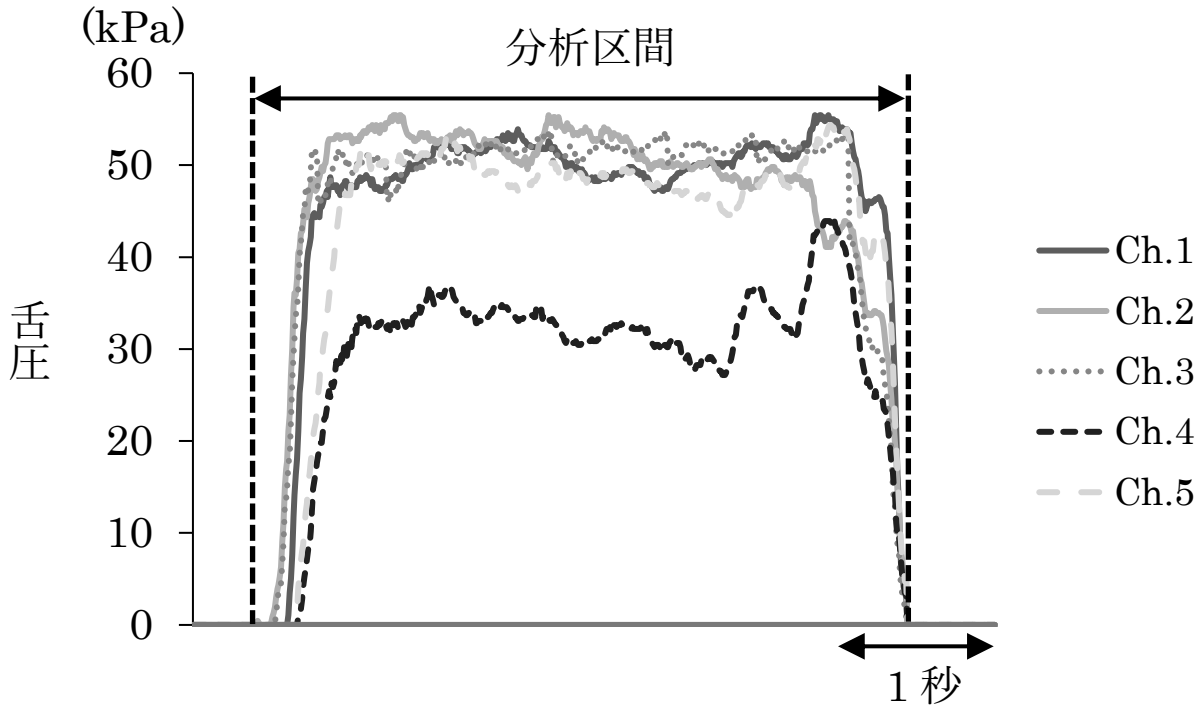


図 2. 舌圧測定システムおよびセンサシート : Swallow Scan System (ニッタ, 大阪, 日本)

A. 最大舌押しつけ時の波形



B. ゼリーの舌押し潰し時の波形

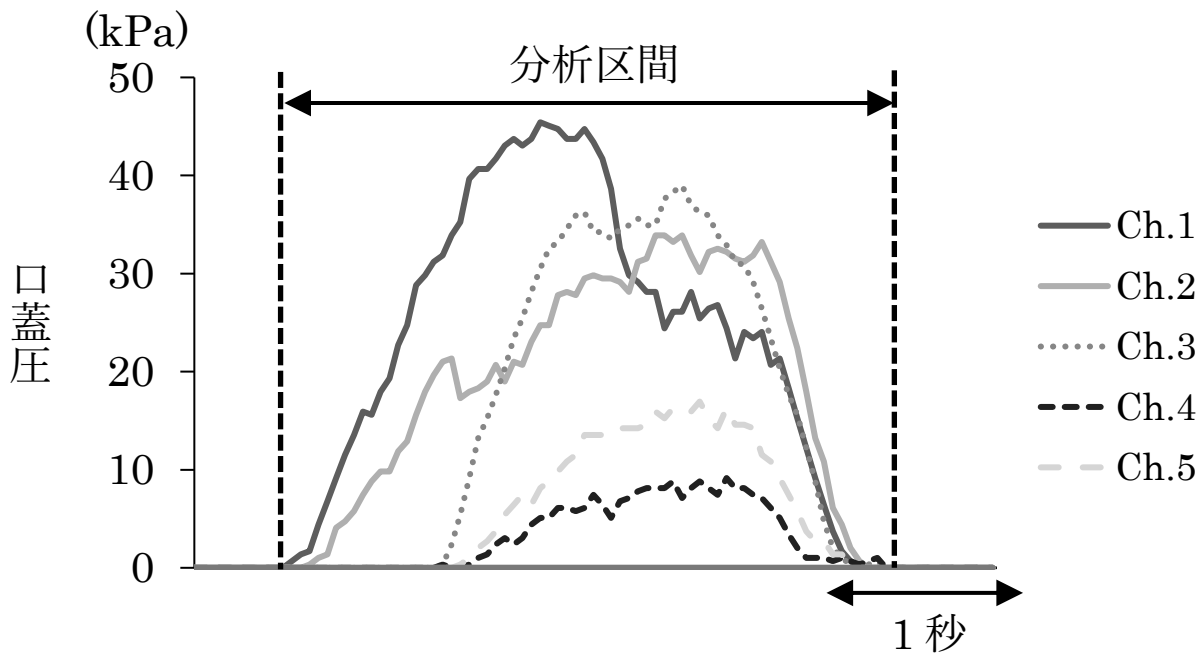
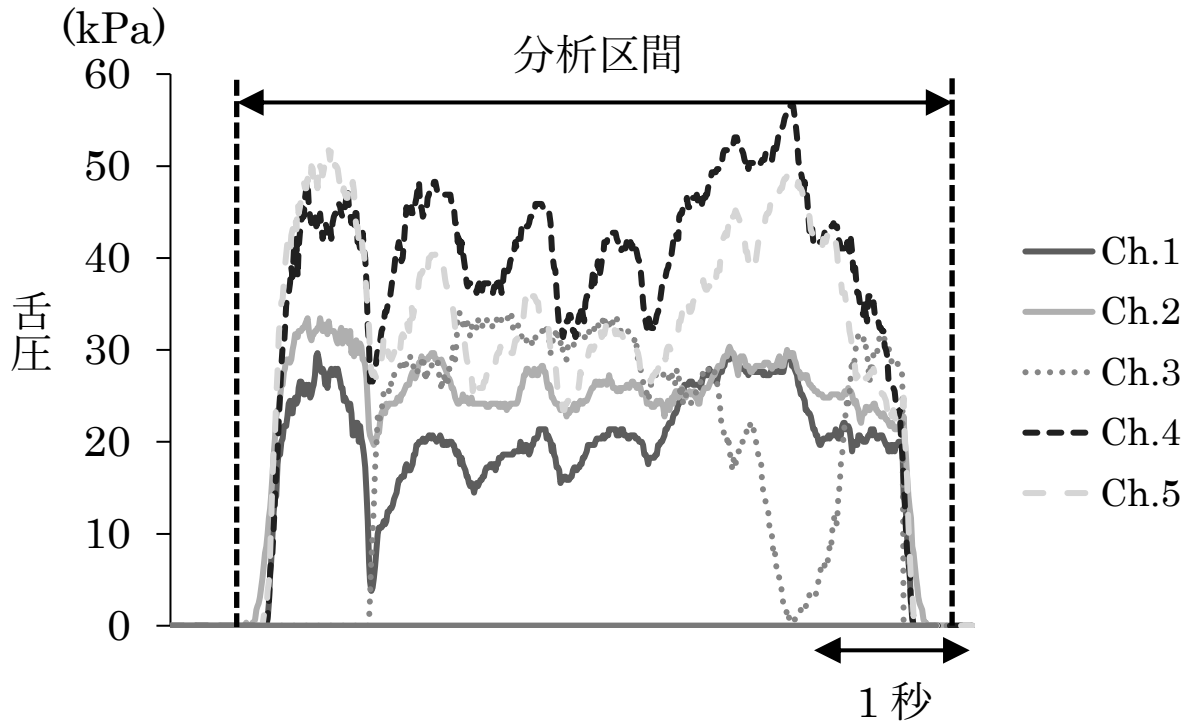


図 3. 若年者の波形の一例

A. 最大舌押しつけ時の波形



B. ゼリーの舌押し潰し時の波形

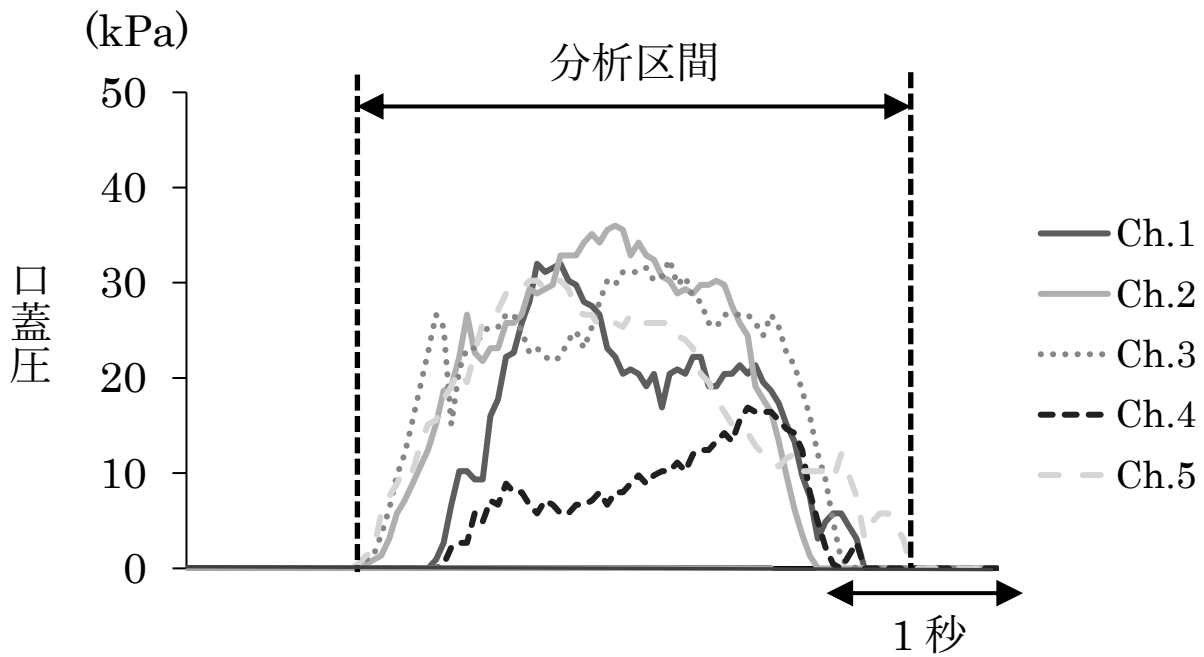


図 4. 高齢者の波形の一例

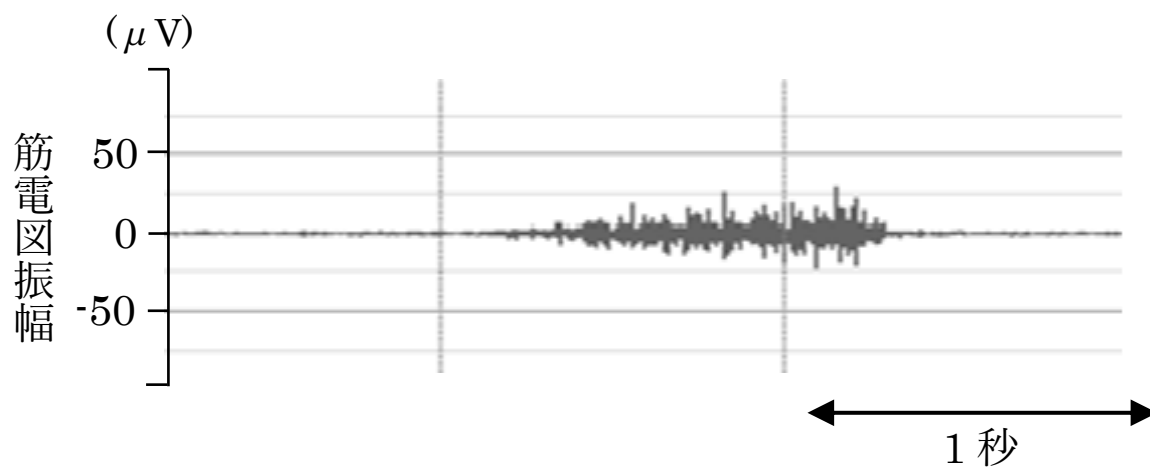
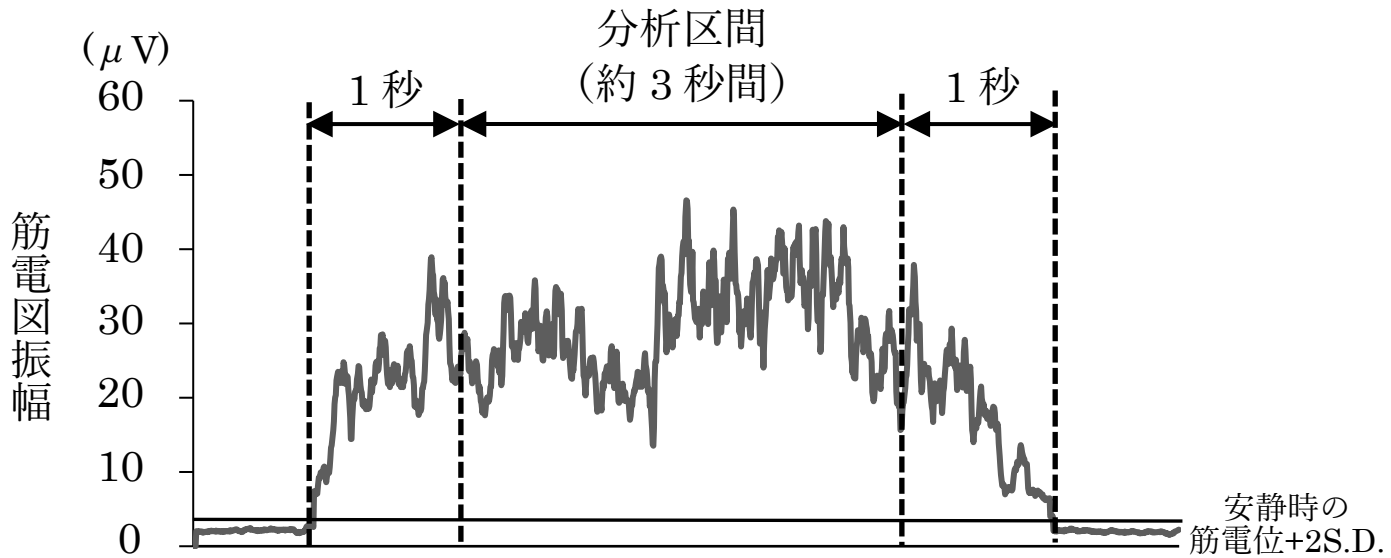


図 5. 舌骨上筋群の筋電図波形の一例

A. 最大舌押しつけ時の波形



B. ゼリーの舌押し潰し時の波形

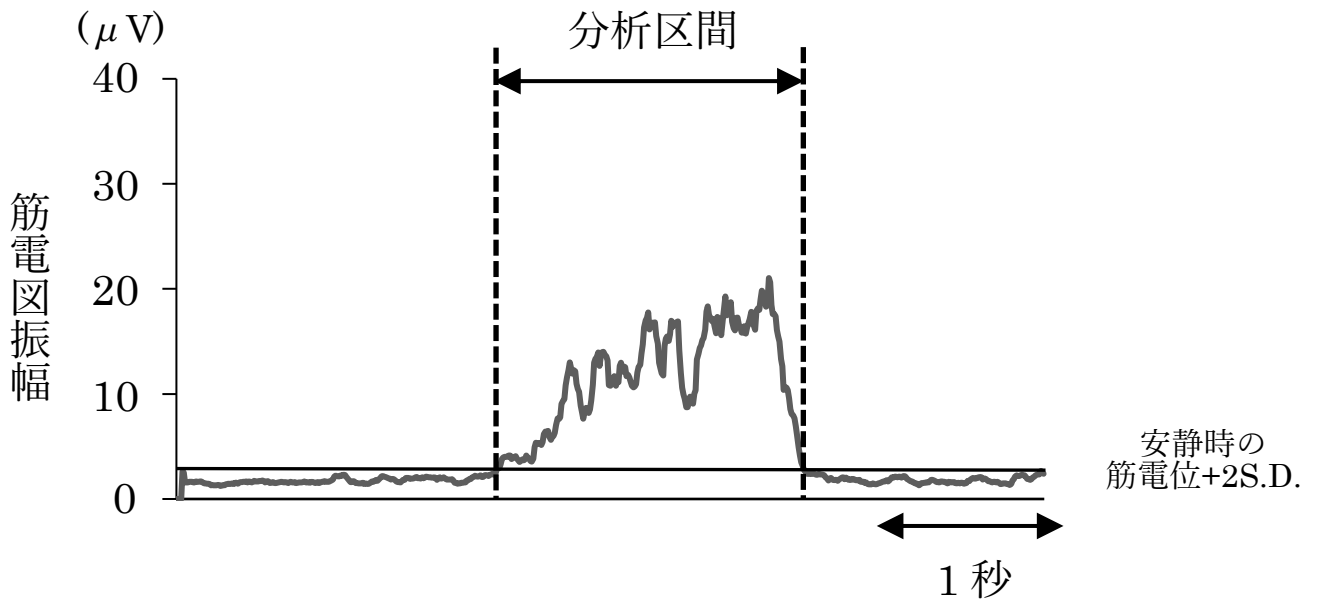
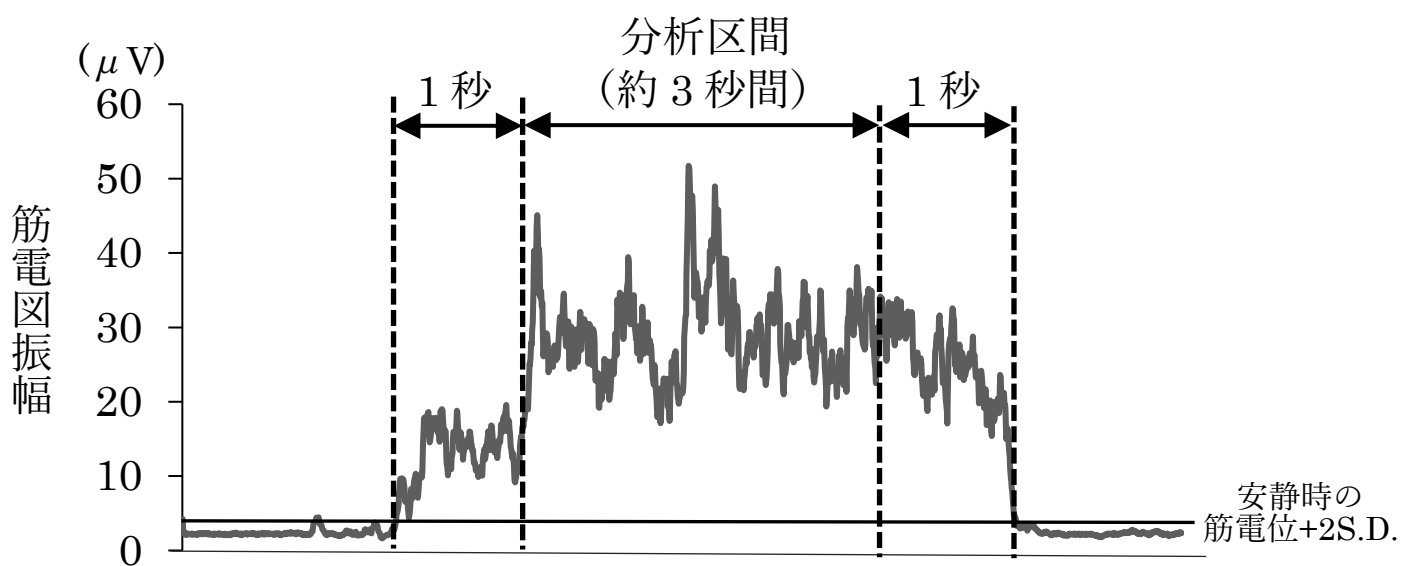


図 6. 若年者の RMS 処理後の舌骨上筋群の筋電図波形の一例

A. 最大舌押しつけ時の波形



B. ゼリーの舌押し潰し時の波形

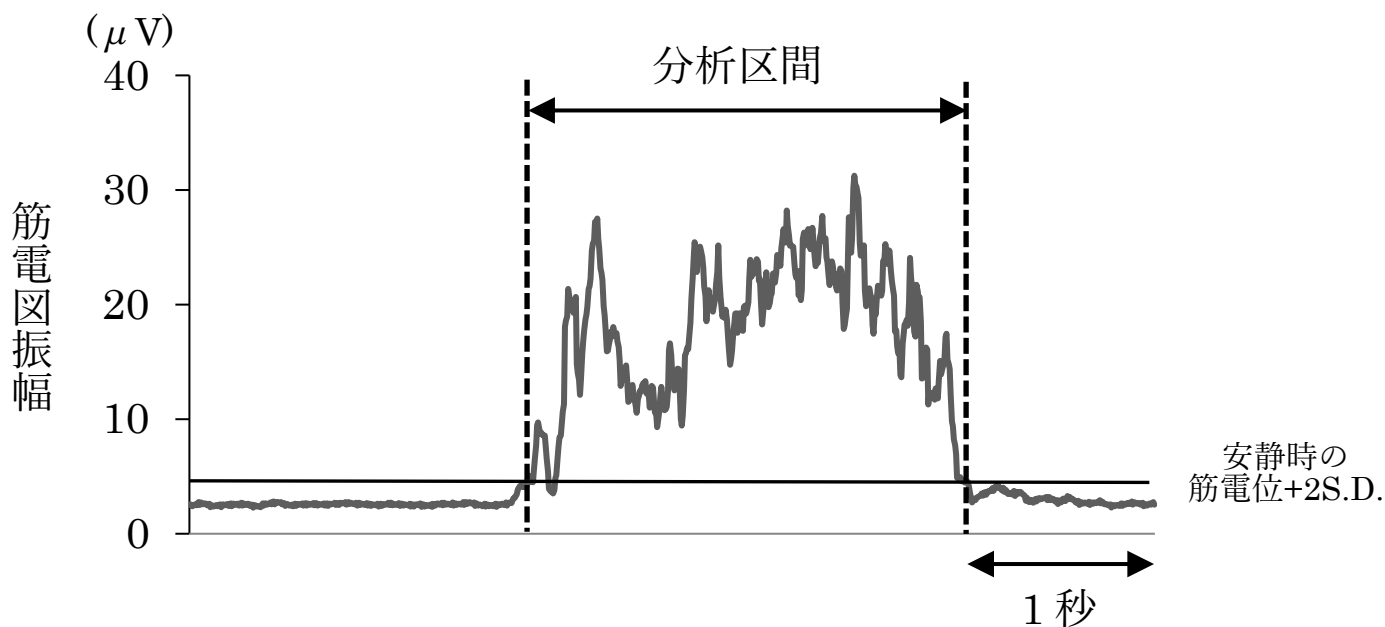


図 7. 高齢者の RMS 処理後の舌骨上筋群の筋電図波形の一例

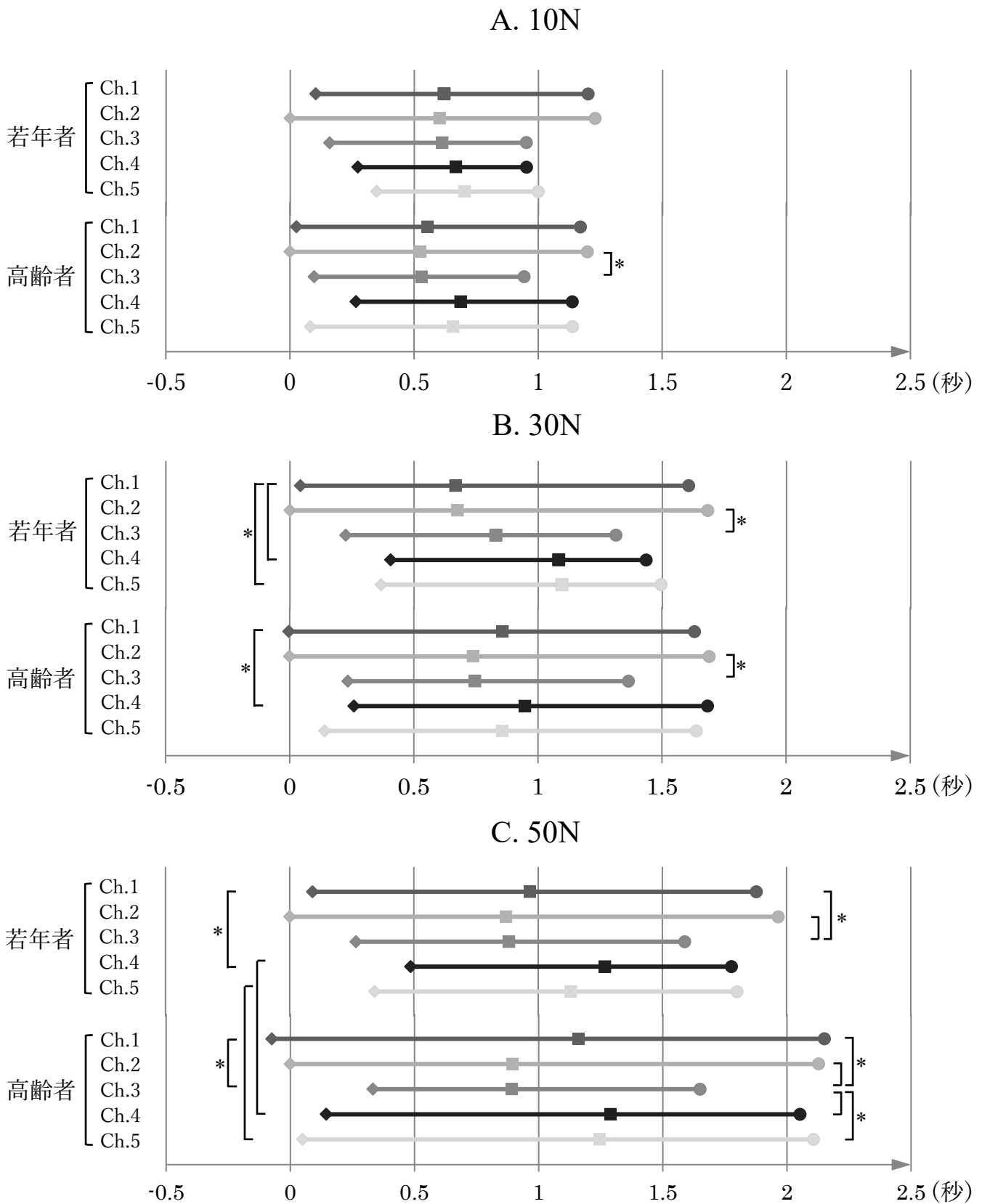
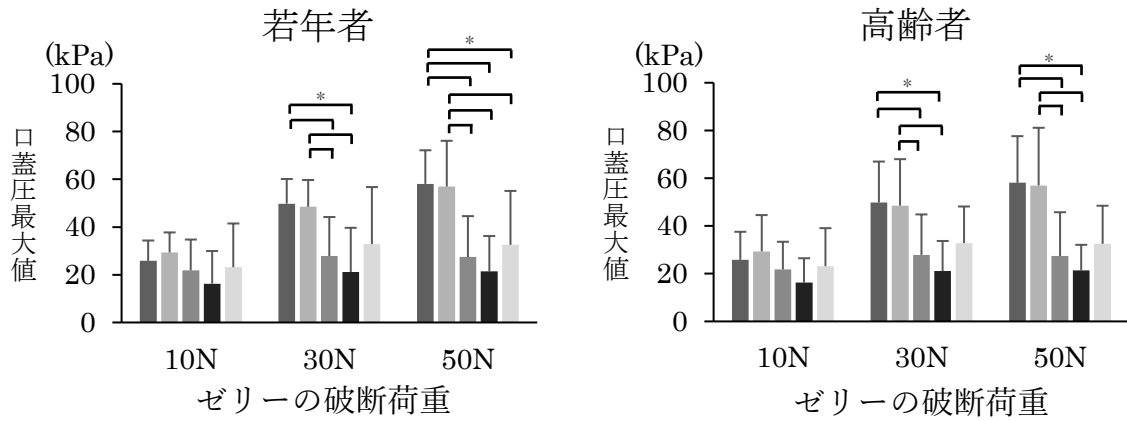


図 8. ゼリーの舌押し潰し時の若年者と高齢者における口蓋圧発現順序の比較

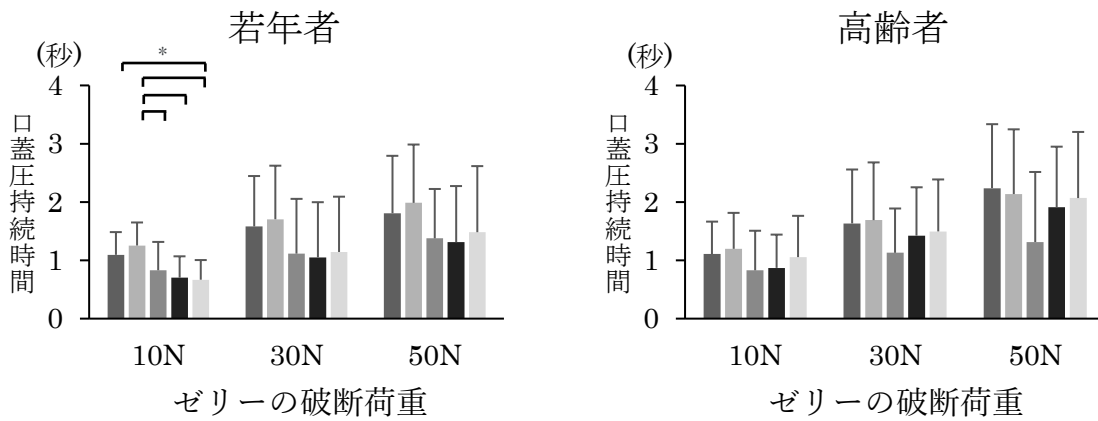
◆ : onset ■ : peak ● : offset

* $p < 0.05$, repeated one-way ANOVA and and post hoc test with Bonferroni's correction

A. 最大値



B. 持続時間



C. 積分値

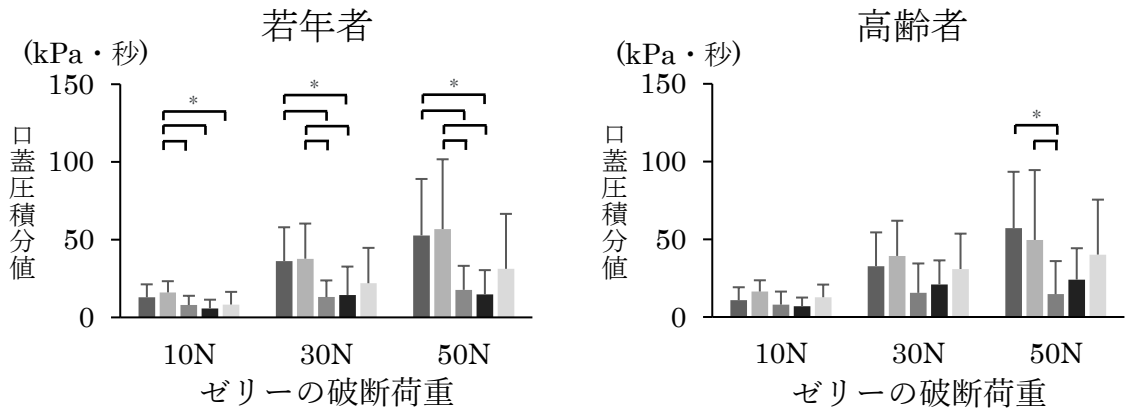
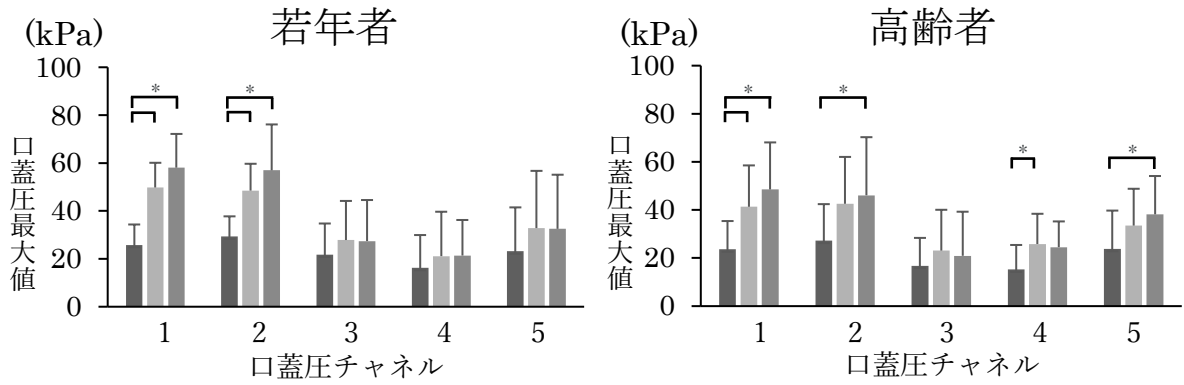


図 9. ゼリーの舌押し潰し時の若年者と高齢者におけるチャンネル間での口蓋圧の比較

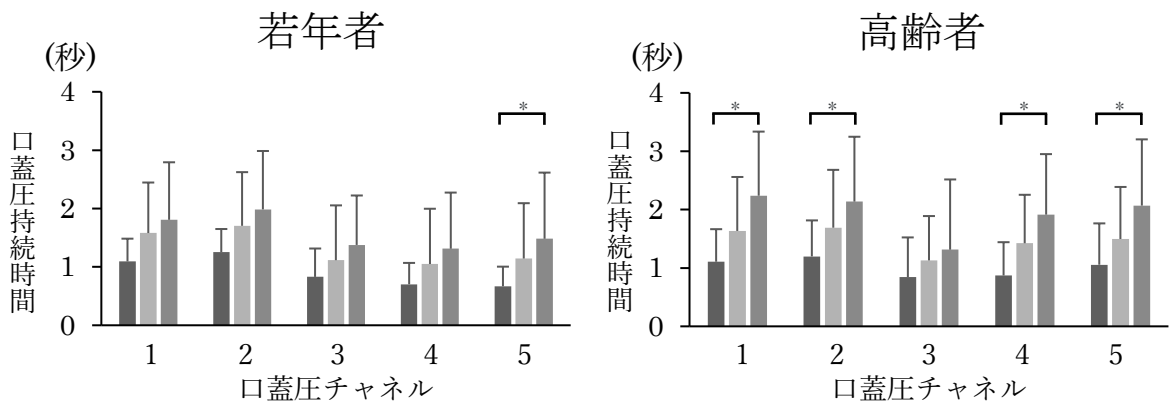
■ : Ch.1 ■ : Ch.2 ■ : Ch.3 ■ : Ch.4 ■ : Ch.5

* p < 0.05, repeated one-way ANOVA and post hoc test with Bonferroni's correction

A. 最大値



B. 持続時間



C. 積分値

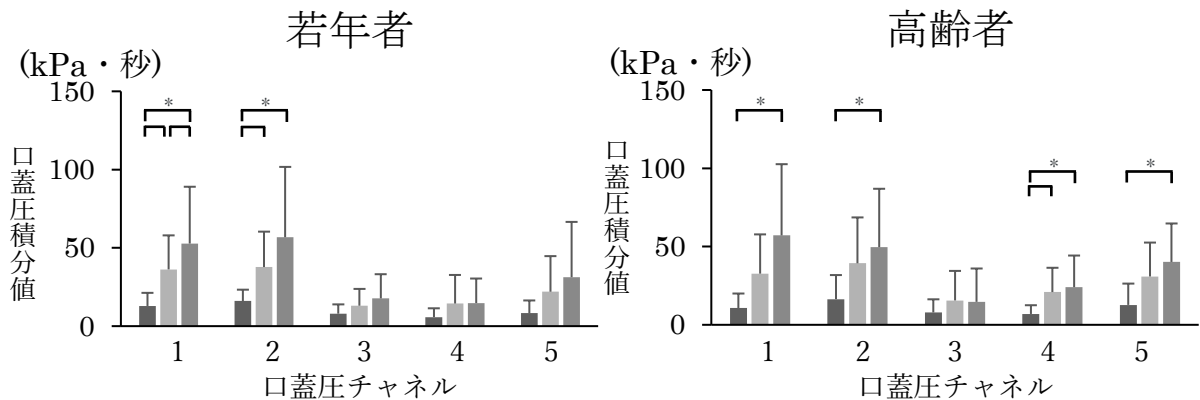
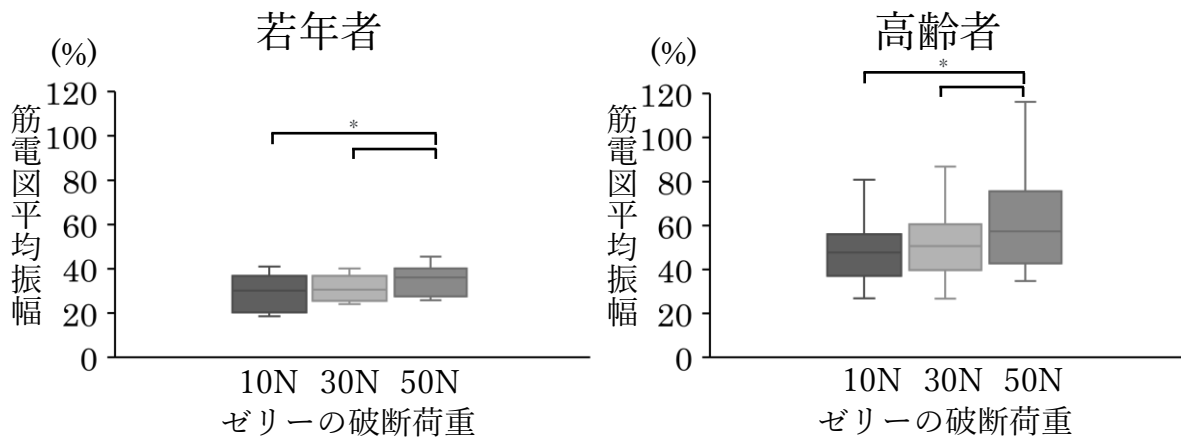


図 10. ゼリーの舌押し潰し時の

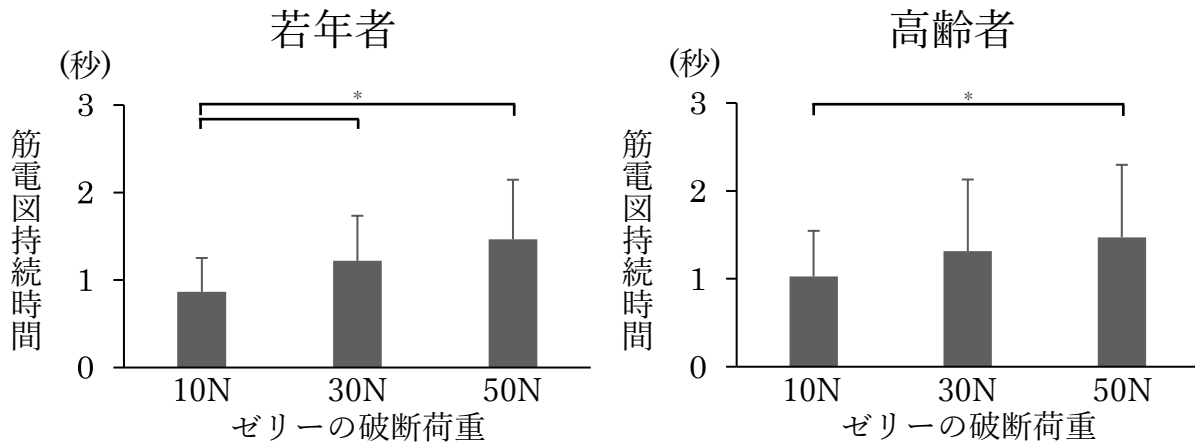
若年者と高齢者における 3 種類のゼリー間での口蓋圧の比較

■ : 10N ■ : 30N ■ : 50N

A. 平均振幅



B. 持続時間



C. 積分値

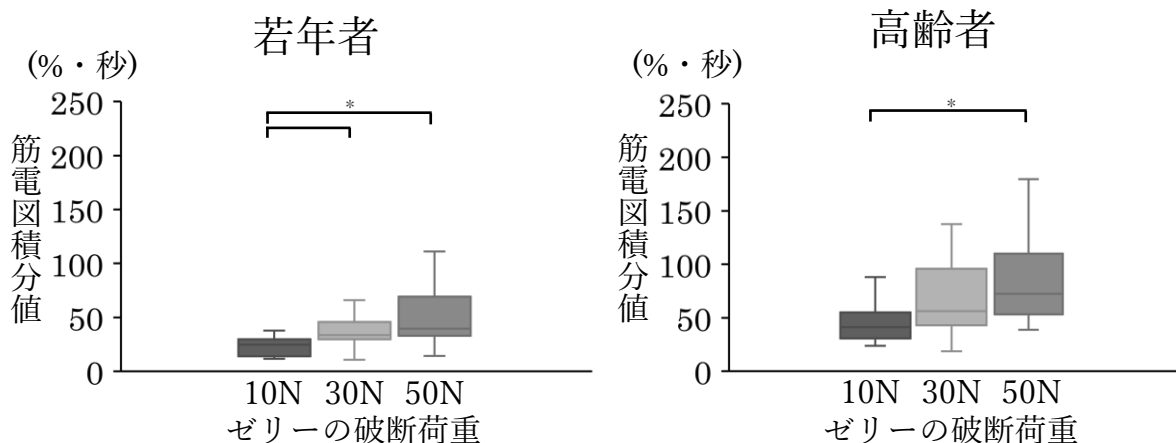
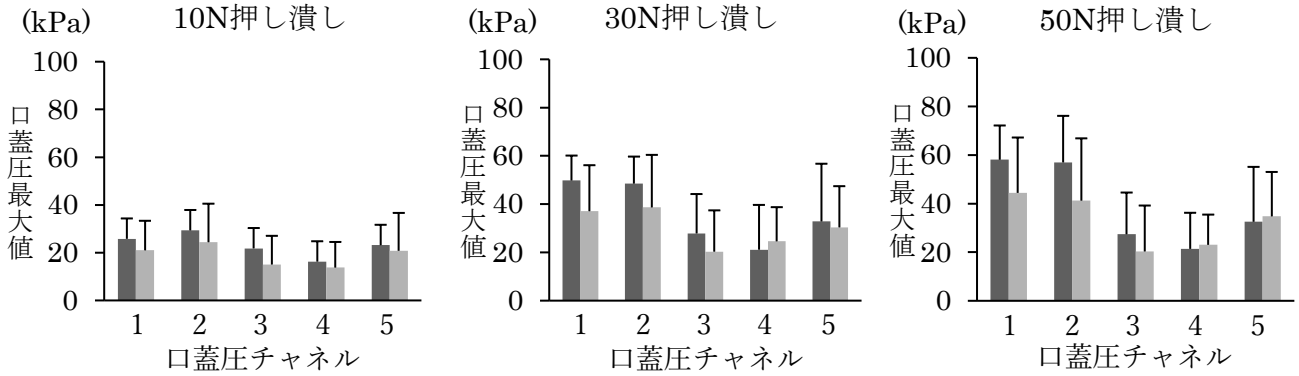


図 11. ゼリーの舌押し潰し時の若年者と高齢者における
3 種類のゼリー間での舌骨上筋群筋活動量の比較

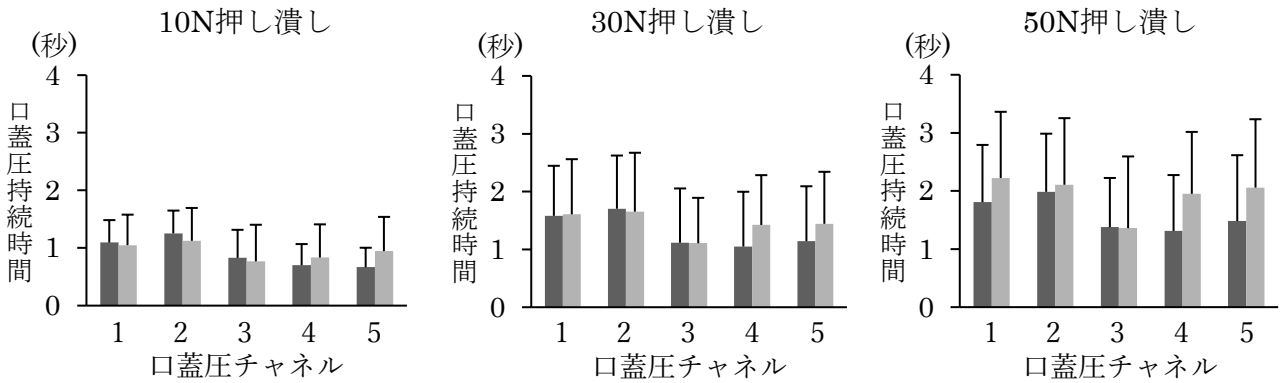
A,C : * $p < 0.05$, Friedman test and and post hoc test with Bonferroni's correction

B : * $p < 0.05$, repeated one-way ANOVA and and post hoc test with Bonferroni's correction

A. 最大値



B. 持続時間



C. 積分値

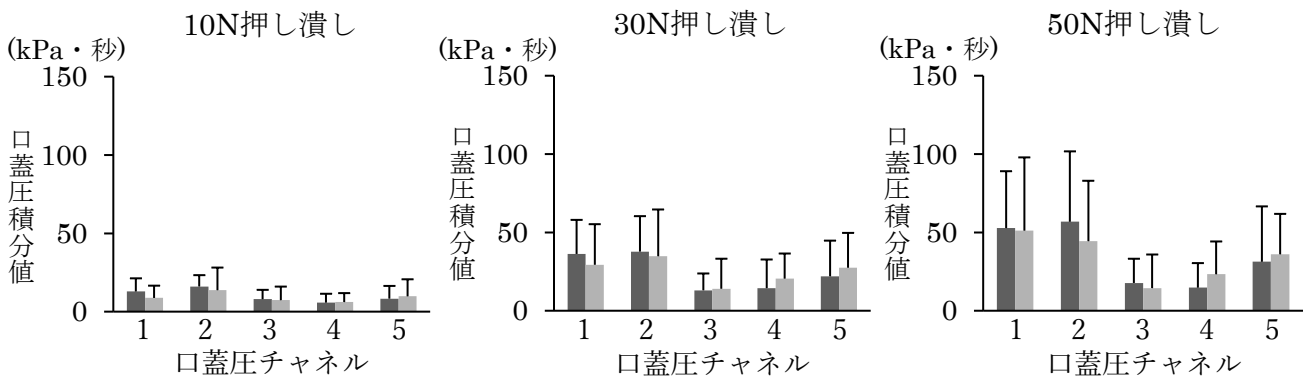


図 12. ゼリーの舌押し潰し時の若年者と高齢者における口蓋圧発現様相の比較

■ : 若年者 □ : 高齢者

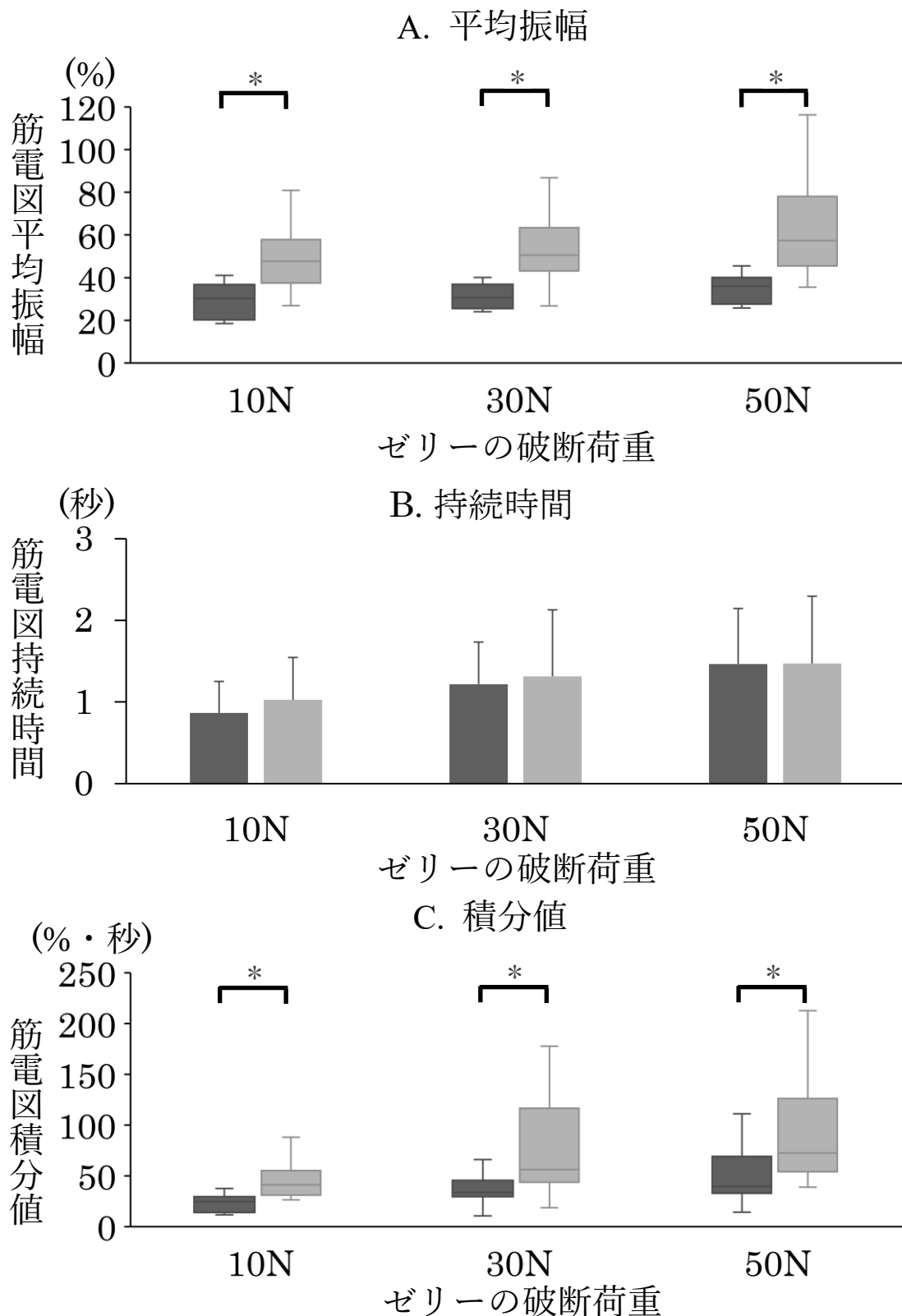


図 13. ゼリーの舌押し潰し時の若年者と高齢者における舌骨上筋群筋活動量の比較

■ : 若年者 □ : 高齢者

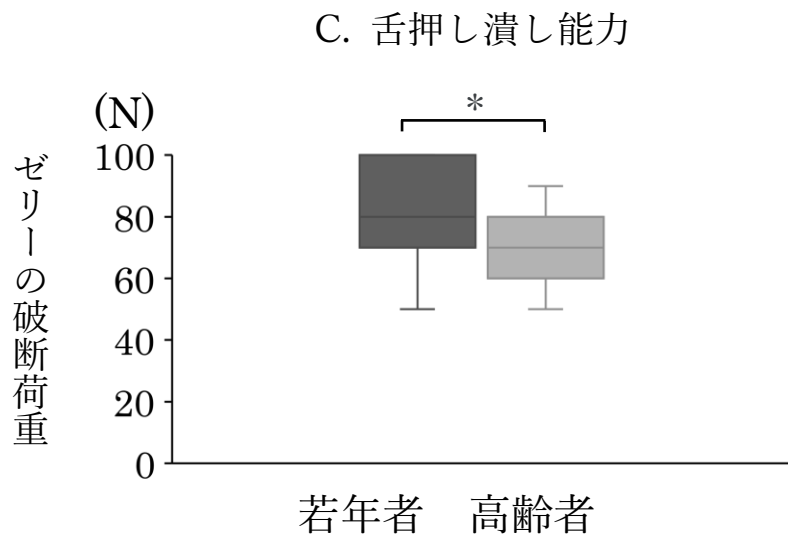
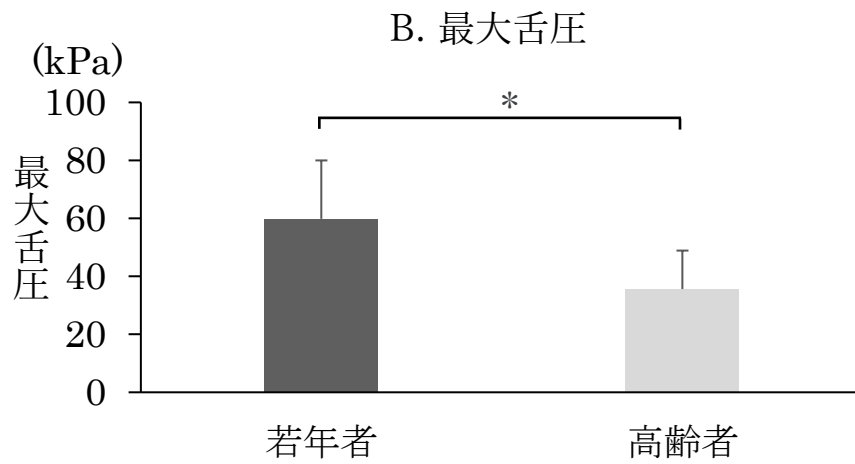
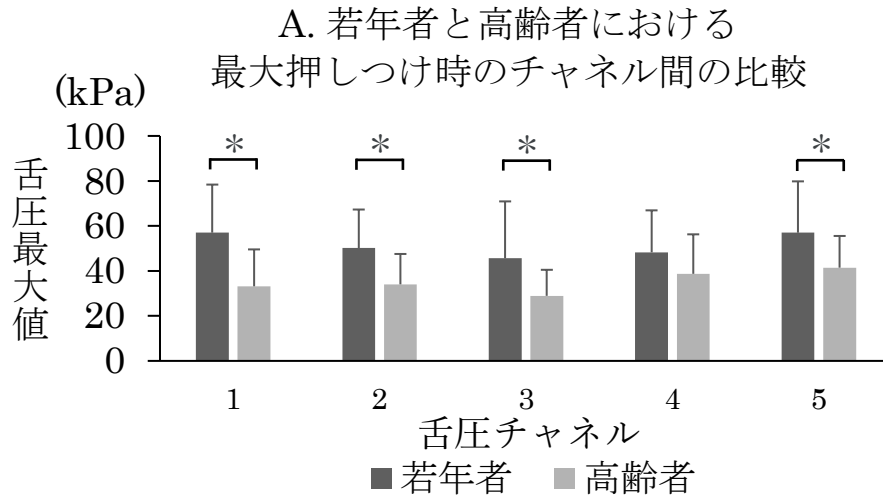


図 14. 若年者と高齢者における最大舌圧と舌押し潰し能力

* $p < 0.05$ A, B : two sample t test
C : Mann-Whitney U test

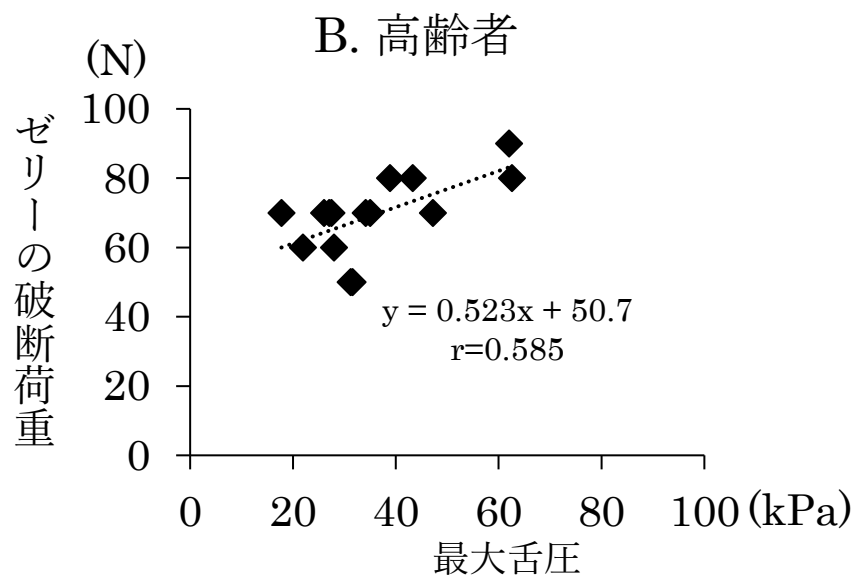
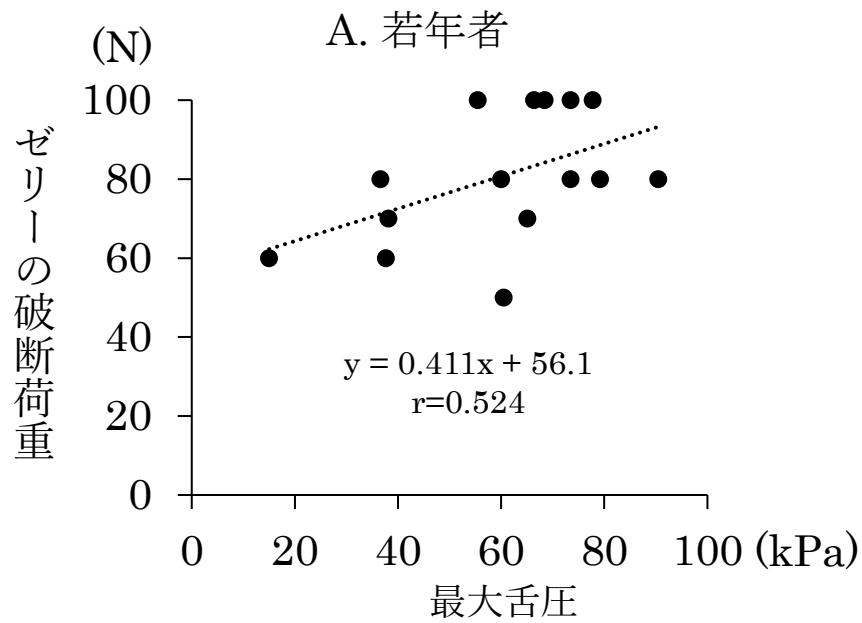


図 15. 高齢者と若年者における最大舌圧と舌押し潰し能力との相関

* $p < 0.05$ Spearman's rank correlation coefficient

表 1. 実験に使用したゼリー試料の物性

試料	破断荷重(N)	破断歪み(%)	ユニバーサル デザインフードの区分
10N	10.5 ± 1.3	43.6 ± 0.5	舌で潰せる
20N	19.4 ± 1.1	47.9 ± 2.0	歯ぐきで潰せる
30N	28.2 ± 0.3	45.0 ± 0.4	
40N	39.6 ± 1.7	47.0 ± 3.2	容易に噛める
50N	50.6 ± 0.5	46.4 ± 0.8	
60N	60.9 ± 2.8	48.0 ± 0.9	
70N	72.4 ± 1.8	49.3 ± 0.4	
80N	81.2 ± 2.1	48.8 ± 0.3	
90N	91.5 ± 1.7	49.6 ± 0.1	
100N	100.5 ± 2.4	50.4 ± 1.2	

表 2. 対象者の基本項目

	高齢者群 (男性 7 名, 女性 8 名)	若年者群 (男性 7 名, 女性 8 名)	p 値
身長 (m) ^a	1.59 ± 0.09 (1.46 - 1.74)	1.60 ± 0.09 (1.49 - 1.80)	0.859
体重 (kg) ^a	57.2 ± 13.7 (42 - 83)	55.9 ± 10.1 (42 - 74)	0.776
BMI (kg/m ²) ^a	22.2 ± 3.9 (17.2 - 31.2)	21.6 ± 1.9 (17.3 - 25.5)	0.586
残存歯数 (本) ^b	22.9 ± 3.6 (18 - 27)	27.9 ± 0.5 (26 - 28)	<0.001
肥満度	痩せ型 (BMI < 18.5)	1 (6.7%)	1 (6.7%)
	普通体重 (18.5 ≤ BMI < 25)	11 (73.3%)	13 (86.6%)
	肥満 (BMI ≥ 25)	3 (20%)	1 (6.7%)

平均値 ± 標準偏差
(最小値 - 最大値)

a : two sample t test

b : Mann-Whitney U test