

原 著

舌でつぶせる硬さと舌圧の関連

The Relationship between Crushable Food Hardness and Tongue Pressure

田中 優成^{1, 2)}, 坪内美穂子¹⁾, 山縣誉志江³⁾, 栢下 淳^{2, 3)}Masanari TANAKA^{1, 2)}, Mihoko TSUBOUCHI¹⁾, Yoshie YAMAGATA³⁾, Jun KAYASHITA^{2, 3)}

要旨 【目的】近年、「舌でつぶせる」という言葉が食品の硬さを表す表現として一般的に普及してきているが、実際に人の舌の能力と関連性が検討されたものではない。そこで、舌の能力を示す舌圧に着目し、舌でつぶせる硬さと舌圧との関係を明らかにすることを目的とした。

【対象および方法】内容を2つに分け、それぞれ研究Ⅰ、研究Ⅱとした。研究Ⅰでは、物性測定器のテーブルに舌圧プローブを固定し、圧縮速度1 mm/s、測定歪率を16段階(10~85%)に換えてバルーン部を圧縮させ、それぞれの測定器で得られる値の関係を算出した。研究Ⅱでは、健常な大学生男女48名を対象に、年齢、性別、体調、歯の矯正の有無、RSST、握力、舌圧、ゼリーの押しつぶし結果を自記式にて調査票に記載させた。押しつぶしに用いたゼリーは硬さが60,000 N/m²、80,000 N/m²、100,000 N/m²、120,000 N/m²程度、大きさは舌圧測定器のプローブ部と同じになるように事前に2種類のゲル化剤を用いて作製し、計8種類のゼリーを押しつぶさせた。

【結果および考察】研究Ⅰでは、物性測定器の応力(硬さ: N/m²)と舌圧測定器の圧力(kPa)には、相関係数0.999 ($p < 0.01$)の正の相関が得られ、回帰式は、 $y = 1799.3x + 2388.6$ (x : 舌圧測定器の圧力(kPa), y : 物性測定器の応力(N/m²))を示した。研究Ⅱでは、ゲル化剤によってその傾きは異なるものの、硬さが硬くなるにつれて押しつぶしに必要な舌圧が増加することが示唆された。また、研究Ⅱで得られた回帰直線は、研究Ⅰの回帰直線と一致はしなかったものの、いずれの硬さにおいても回帰式から予測された舌圧よりも低い舌圧でゼリーを押しつぶすことが可能であった。

【結論】回帰式 $y = 1799.3x + 2388.6$ (x : 舌圧測定器の圧力(kPa), y : 物性測定器の応力(N/m²))を用いることで、舌圧を測定すれば舌で押しつぶせる硬さの上限値が推定できる。

key words: 摂食嚥下機能 食形態 舌圧 食品物性 ゲル化剤

緒 言

我が国の65歳以上人口は、1970年頃より増加の一途をたどり、現在では総人口に占める割合が28.6% (令和2年3月現在)にまで達している¹⁾。平成30年度版高齢

社会白書²⁾によると、2025年の高齢化率は30%を超えると推計されており、高齢化に伴う様々な疾病発症リスクの増大が問題視されている。その一つとして、口腔機能の問題、延いては摂食嚥下機能低下が挙げられる。平成23年度の摂食嚥下障害に係る調査研究³⁾によると、

〈所属〉

- 1) 美作大学生生活科学部食物学科
- 2) 県立広島大学大学院総合学術研究科人間文化学専攻
- 3) 県立広島大学人間文化学部健康科学科

- 1) Department of Food Science, Faculty of Human Life Sciences, Mimasaka University
- 2) Graduate School of Comprehensive Scientific Research, Prefectural University of Hiroshima

- 3) Department of Health Sciences, Faculty of Human Culture and Science, Prefectural University of Hiroshima

〈連絡先〉

〒708-8511 岡山県津山市北園町50

美作大学生生活科学部食物学科

田中 優成

TEL 0868-22-7718 FAX 0868-23-6936

e-mail address: m.tanaka@mimasaka.ac.jp

医療療養施設や介護療養施設、特別養護施設の施設入居者のうち、摂食嚥下機能低下者の割合は50%を超えると報告されている。高齢者の摂食嚥下機能障害は、誤嚥性肺炎や低栄養等の様々な合併症を引き起こす⁴⁻⁶⁾だけでなく、生活の質 (Quality Of Life) の低下に繋がる⁷⁾ため、摂食嚥下機能低下に対する適切なアプローチの構築が急務となる。

摂食嚥下機能低下が疑われる患者に対しては、食形態を調整することが推奨される^{8, 9)}が、患者の体調や嚥む力、飲み込む力に合わせて食形態を変化させる必要があり、多くの患者を抱える医療、介護、福祉等の現場においては食形態の選択に苦慮する場面が多く見られる¹⁰⁾。本来であれば嚥下造影検査 (Video Fluoroscopic examination of swallowing) を用いた食形態の決定が適切¹¹⁾と言えるが、実際は機器の整備が十分でない、多大な労力と時間を要する等の理由で、経験的に培われた考えで食形態を決めている施設もあるのが現状である¹²⁾。

以上の背景から、2004年に金谷が提唱した嚥下食ピラミッド¹³⁾を皮切りに、嚥下調整食分類2013¹⁴⁾、スマイルケア食¹⁵⁾、ユニバーサルデザインフード区分表¹⁶⁾等、摂食嚥下機能に対する様々な食形態基準が提案されてきた。それらには、食品を噛むあるいは舌でつぶす際の応力である「硬さ」、食品を噛んだ際のばらつき度合である「凝集性」、口の中での食品の粘着性である「付着性」を考慮することに加え、嚥下調整食に関する目安等、医療従事者や摂食嚥下機能に不安を抱える人のために食の形態の調整方法が詳細に記載されている。また、すべての人が簡単に利用できるようにユニバーサルデザインフードでは、「容易にかめる」「歯ぐきでつぶせる」「舌でつぶせる」「かまなくてよい」といった必要な咀嚼能力の記載も見られる。特に「舌でつぶせる」という言葉は食品の硬さの表現として、一般的に普及しており、上記以外にも様々な場面で活用されている^{17, 18)}。しかしながら、現状では、その表記は指標の一つとして用いられており、人の舌の能力と食品の硬さとの関連性が実際に検討されたものではない。

このような状況から、我々は舌の力、すなわち舌圧に着目した。舌圧とは、舌と硬口蓋 (口蓋前方部) との間で口に取り込んだ食物をつぶす力¹⁹⁾のことで、これまでに全身の骨格筋量を反映する握力との相関や飲み込み能力との関係^{20, 21)}だけでなく、嚥下障害や肺炎、サルコペニア等の様々な疾病との関連^{22, 23)}や加齢による低下²⁴⁾も報告されている。簡便、かつ侵襲性が低い²⁵⁾ことに加え、平成28年度の診療報酬改定により、舌接触補助床を装着した患者またはそれを予定している患者に

対しての舌圧測定が保険収載され、令和2年度の診療報酬改定では、対象となる範囲が拡大されたことから、舌圧測定の重要性が社会的に認知されることとなった。

先行研究によると、異なる食形態で食事する患者の舌圧には差が見られ²⁴⁾、食の形態の選択にも有効性を示しているため、「舌でつぶせる」硬さと舌圧には何らかの関係が見出せるのではないかという仮説を立て、2つの検証を行うこととした。

本研究では、物性測定器と舌圧測定器の測定値の関係を示し、人の舌で押しつぶせる食品の硬さと舌圧には関係が見られるかどうか実際に検証を行う。これらの検証により、舌でつぶせる硬さと舌圧の間に相関が得られれば、舌圧を測定することで、適切な食形態の選択に貢献できると考えた。

対象 (材料) と方法

1. 研究 I

食品の物性を決定する一要因である硬さは、物性測定器を用いてプランジャーで圧縮破壊し、その際、プランジャーにかかる応力を測定することで評価される²⁶⁾のに対し、舌圧は一般に舌圧測定器によって評価される。舌でつぶせる硬さを評価する際に、この測定器の評価指標が異なることが重要な課題となってくる。

そこで研究 I では、物性測定器の圧縮率設定を段階的に増加させ舌圧測定器を圧縮することで、物性測定器でかける圧力と舌圧測定器にかかる圧力との関係を算出した。

1.1 物性測定設定

物性測定にはクリープメータ® (RE2-33000B, 株式会社山電) (図1) を使用し、舌圧測定はJMS舌圧測定器® (TPM-01, 株式会社ジェイ・エム・エス) (図2) を使用した。

物性測定器のテーブルに舌圧プローブを固定し、圧縮速度を1 mm/s、測定歪率を10%から85%の間で5%ずつ増加させ、全16段階に換えてバルーン部を圧縮させた。各測定歪率において7回測定を行い、その最大値と最小値を切り捨て、5回分の測定結果の平均値と標準偏差を算出した。この時のプランジャーは、えん下困難者用食品許可基準記載²⁷⁾の直径20 mm、高さ8 mmの樹脂性プランジャーを用いた。各段階の測定後には新たな舌圧プローブで行った。

1.2 物性値の処理

各測定歪率において得られた物性測定器の応力 (N/m²) と硬さ歪率 (%), 舌圧測定器に得られた圧力 (kPa) をそれぞれ記録し、物性測定器の測定値と舌圧測

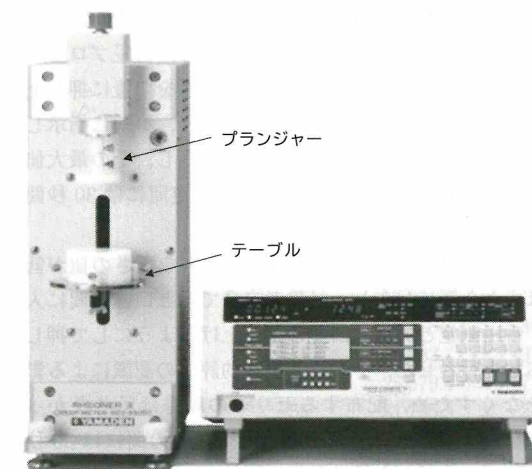


図1 物性測定器 (クリープメータ)

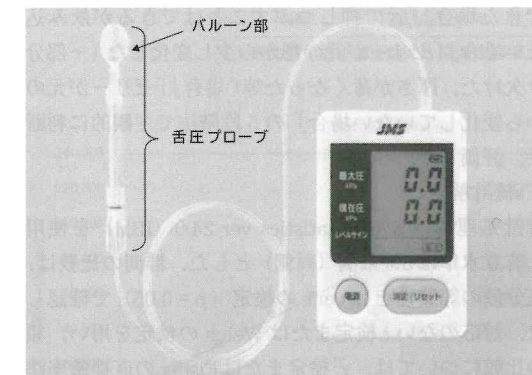


図2 JMS舌圧測定器 (説明書を参照)

定器の測定値との関係を評価した。なお、硬さ歪率とは最大荷重点でどの程度歪んでいるかということで、事前にどの程度まで歪ませて物性を測定するかを設定する測定歪率とは別のものでされている。本研究では測定歪率を変化させながら測定を行うため、舌圧プローブがその歪率まで実際に歪んでいるかどうかの確認として硬さ歪率を算出した。測定は、各々7回行い、平均値±標準偏差で示した。

2. 研究 II

研究 I では、物性測定器と舌圧測定器の関係式を算出したため、得られた回帰式を基に、硬さの異なるゼリーを用意して押しつぶしを行わせ、対象者の舌圧と同等な硬さの押しつぶしが可能であるか否かを検証した。

2.1 調査対象者

調査は、岡山県T市内大学に通学する健常な大学生男女48名を対象に、事前に研究協力依頼書と同意書を配布し調査票 (自記式) と共に同意書を回収した。回収できたのは48名 (回収率100%) であり、48名 (男性10名, 女性38名) を解析対象とした。

本研究の本来の目的は、乳児期や高齢者の食事に適応される舌でつぶせる硬さの数値を提供することだが、本調査のような硬さの限界を求めようとする研究は前例がなく、口腔機能の発達が十分でない乳児や骨格筋量の低下する高齢者²⁸⁾には危険が伴うと判断し、対象者として嚥下機能の正常な大学生を選定した。

嚥下機能が低下しているのか正常なのかを判断するため、30秒間の反復唾液嚥下テスト (the Repetitive Saliva Swallowing Test: 以下RSST) を用いて48名の嚥下機能を評価した。2020年8月に美作大学研究倫理審査委員会の承認を得て調査を行った (承認番号: 2020-03)。

2.2 試料調整

押しつぶしに用いるゼリーは、スポーツドリンク AQUARIUS® (日本コカ・コーラ株式会社) をテクスチャーの異なる2種類のゲル化剤で凝固させたものである。明治ゼリーメイク® (株式会社明治) で作製したゼリーを試料A、お湯で溶ける粉末寒天® (伊那食品工業株式会社) で作製したゼリーを試料Bとし、それぞれゲル化剤の添加量を調整した。添加量は、作製したゼリーの硬さが均等に60,000 N/m², 80,000 N/m², 100,000 N/m², 120,000 N/m²程度になるように試料Aでは5%, 7.5%, 9%, 11.5%とし、試料Bでは1.0%, 1.25%, 1.5%, 1.75%とした。

試料の調整方法は山縣ら²⁹⁾の方法に基づき、スポーツドリンクを鍋に入れて85℃に達するまで加熱し、各ゲル化剤を加えて1分間攪拌した後、物性測定用シャーレである直径40 mm、高さ15 mmのシャーレと舌圧プローブと同じ大きさの楕円ゼリー作製型 (山鹿工業) (図3) にそれぞれ充填した。充填したゼリーは室温に5分静置し粗熱を取り、3±2℃の冷蔵庫に20~24時間静置した。その後冷蔵庫から取り出し、表面温度が10℃以下であることを確認した後、シャーレに充填したゼリーは物性測定に、楕円ゼリー作製型に充填したゼリーは舌での押しつぶし調査に用いた。楕円ゼリー作製型の作製に関しては、今回溶媒にスポーツ飲料を用いることから種々のミネラル成分が含まれていると予測されるため、耐食性や耐海水性に優れているアルミ A5052 を使用して作製した。

なお、硬さの選定には Utanohara ら³⁰⁾の報告による

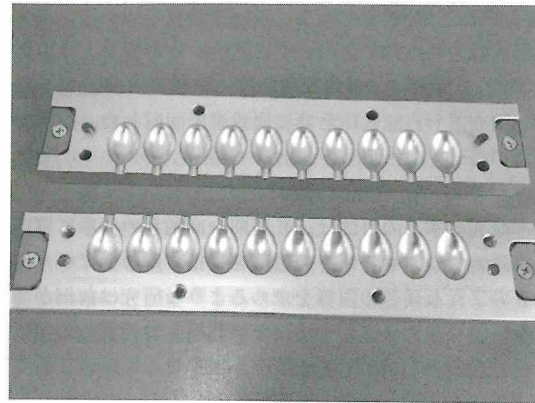


図3 楕円ゼリー作製型 (アルミ A5052)

成人の舌圧と研究 I で得られた回帰式を用い、回帰式より推定される舌で押しつぶせる硬さの前後となるように設定した。また、これまで食品の大きさが咀嚼運動に関係する³¹⁾ことが明らかになっているため、舌での押しつぶしにも関与する可能性を考慮し、舌圧測定器のバルーン部と同じ形のゼリーを独自に作製し、押しつぶしを行わせた。

2.3 物性測定

物性測定は研究 I と同じ物性測定機器を用い、シャーレに充填したゼリーを、クリアランス 5 mm, 圧縮速度 1 mm/s, 測定歪率 66.67% で定速 2 回圧縮して得られた波形から硬さ、凝集性、付着性、硬さ歪率を算定し、測定時の品温も記録した。なお、ゼリーは 7 個ずつ物性を測定し、その最大値と最小値を切り捨て、5 個分の測定結果の平均値と標準偏差を算出した。

2.4 調査項目

対象者の状態を把握するための年齢、性別、体調、歯の矯正の有無に加え、RSST、握力、舌圧の 7 項目およびゼリーの押しつぶし結果を加えた計 8 項目を同日に調査した。

2.5 調査方法

年齢、性別は記述式、体調に関しては、「良好」「普通」「不良」の 3 択、歯の矯正の有無に関しては、「一度もしたことがない」「現在している」「過去にしたことがある」の 3 択を、いずれも 3 件法を用いて調査票に記載させた。

握力は、左右交互に 2 回ずつ測定し、左右それぞれの高値をキログラム単位で読み取り、左右の記録を平均したものを対象者の握力結果とした。なお、測定間には 30 秒間のインターバルを設けた。

舌圧は、医療機器承認を取得している²⁵⁾JMS 舌圧測定器[®]を用いて測定した。対象者に対し、舌圧プローブを舌と口蓋の間で挟み、口唇を閉じ、舌を口蓋に押し上げてバルーン部を全力で押しつぶすよう、事前に指示した後に測定を行った。これを 3 回繰り返し、その最大値を対象者の最大舌圧とした。なお、測定間には 30 秒間のインターバルを設けた。

ゼリーの押しつぶしは、8 種類の試料を硬さの値が低いほうから順に配布し、対象者自身で舌と口蓋の間に入れ、舌圧測定と同様に口蓋に押し上げるようにして押しつぶしを行わせた。その際、主観的評価の認識による影響をなくすため、配布するゼリーの順番は示さなかった。なお、ゼリーとゼリーの押しつぶしの間には 30 秒間のインターバルを設けた。

押しつぶした結果、「舌で押しつぶし飲み込むことができた場合」「かろうじて舌で押しつぶし飲み込むことができた場合」「舌で押しつぶすことはできるが飲み込めない場合」「ゼリーが元の形から少し変化した (一部分だけ欠けた、厚さが薄くなった等) 場合」「ゼリーが元の形から変化していない場合」の 5 段階法で主観的に判断させ、評価した。

2.6 統計解析

統計処理には SPSS Statistics ver 24.0 (IBM) を使用し、有意水準は 5% 未満 (両側) とした。群間の比較は、誤差分散の等質性を Levene の検定 ($p=0.05$) で確認した後、対応のない t 検定または Welch の検定を用い、頻度の比較については、 χ^2 検定または Fisher の直接確率法を用いた。

それぞれの調査項目および最大舌圧と舌でつぶせる硬さとの関係性については、Pearson の積率相関係数または Spearman の順位相関係数により求めた。

結 果

1. 研究 I

物性測定器によって得られた 16 段階の測定歪率における物性測定値および舌圧測定値を表 1 に示す。測定の結果、設定した測定歪率と硬さ歪率はほぼ一致したため、舌圧プローブは規定の値まで歪ませることができたと判断された。また、物性測定器の測定歪率を増加させていくことで、物性測定器の応力 (硬さ: N/m^2) および舌圧測定器の圧力 (kPa) はいずれも増加し、相関係数 0.999 ($p<0.01$) の正の強い相関が得られた。

図 4 に、物性測定器で得られた物性測定器の応力 (硬さ: N/m^2) と舌圧測定器で得られた舌圧測定器の圧力 (kPa) の関係を示す。物性測定器の応力に応じて舌圧

表 1 測定歪率別にみた物性測定値 (硬さ) および舌圧測定値

測定歪率 (%)	物性測定器		硬さ歪率 (%)		舌圧測定器	
	硬さ (N/m ²) Mean	SD ¹⁾	Mean	SD	圧力 (kPa) Mean	SD
10	2,094.5 ±	54.8	10.1 ±	0.0	0.74 ±	0.0
15	3,475.9 ±	86.4	15.0 ±	0.2	1.32 ±	0.1
20	5,341.2 ±	81.5	19.8 ±	0.1	2.2 ±	0.1
25	7,416.6 ±	143.8	25.1 ±	0.1	3.2 ±	0.1
30	10,154.1 ±	128.9	30.1 ±	0.2	4.56 ±	0.1
35	13,038.0 ±	192.7	35.0 ±	0.1	5.8 ±	0.2
40	16,488.5 ±	307.3	40.0 ±	0.2	7.62 ±	0.2
45	20,282.7 ±	913.1	44.9 ±	0.1	9.58 ±	0.5
50	25,579.4 ±	773.1	50.0 ±	0.1	12.6 ±	0.3
55	31,735.5 ±	215.9	55.1 ±	0.1	16.02 ±	0.1
60	39,686.9 ±	671.1	60.1 ±	0.1	20.18 ±	0.2
65	48,656.8 ±	1,070.3	64.9 ±	0.1	24.66 ±	0.8
70	59,511.2 ±	974.6	69.9 ±	0.1	31.06 ±	0.4
75	81,296.3 ±	1,487.6	75.0 ±	0.1	42.94 ±	1.1
80	99,312.7 ±	922.5	80.1 ±	0.0	53.94 ±	0.8
85	116,055.8 ±	4,779.3	85.0 ±	0.1	64.76 ±	2.6

¹⁾ 最大値・最小値を除く 5 回測定結果。平均値±標準偏差。

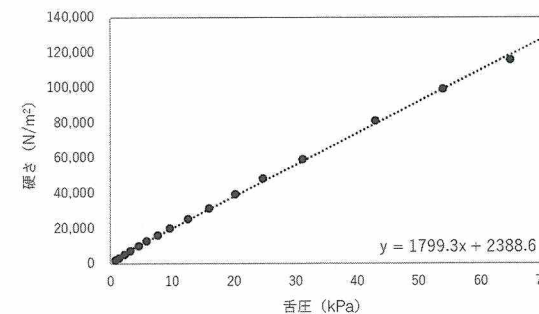


図 4 物性測定器で得られた硬さ (N/m²) と舌圧測定器で得られた舌圧 (kPa) の関係

測定器の圧力は増加し、回帰式は $y = 1799.3x + 2388.6$ (x : 舌圧測定器の圧力 (kPa), y : 物性測定器の応力 (N/m^2)) を示した。

2. 研究 II

2.1 試料の物性測定

ゲル化剤の添加量を変えて作製したゼリーの硬さを表 2 に示す。試料 A と B の間に有意な差はなかったため、それぞれの硬さを目安に作製した試料 A と試料 B は同じ硬さのゼリーとして扱うこととした。以下、60,000 N/m^2 程度を硬さ I、80,000 N/m^2 程度を硬さ II、100,000 N/m^2 を硬さ III、120,000 N/m^2 程度を硬さ IV と記す。ま

表 2 ゲル化剤の添加割合とゼリーの硬さ

硬さ ¹⁾	ゲル化剤添加量 (%)		硬さ (N/m ²)				p ⁴⁾
	試料 A	試料 B	試料 A $n = 5$ ²⁾		試料 B $n = 5$		
			Mean	SD ³⁾	Mean	SD	
I	5	1	60,462 ±	3469	59,791 ±	4351	0.845
II	7.5	1.25	79,909 ±	2520	80,100 ±	4326	0.947
III	9	1.5	100,830 ±	5743	105,689 ±	5985	0.246
IV	11.5	1.75	119,529 ±	3004	121,154 ±	4585	0.539

* $p<0.05$, ** $p<0.01$.

¹⁾ 硬さ I は 60,000 N/m^2 程度、硬さ II は 80,000 N/m^2 程度、硬さ III は 100,000 N/m^2 程度、硬さ IV は 120,000 N/m^2 程度を目安に作製。 ²⁾ 最大値・最小値を除く 5 回の測定結果。 ³⁾ 平均値±標準偏差。 ⁴⁾ 対応のない t 検定あるいは Welch の検定。

表3 各硬さにおける物性測定値の比較

硬さ ¹⁾	表面温度 (°C)		凝集性		付着性		硬さ歪率 (%)	
	試料 A n = 5 ²⁾	試料 B n = 5	試料 A n = 5	試料 B n = 5	試料 A n = 5	試料 B n = 5	試料 A n = 5	試料 B n = 5
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
I	8.9 ± 1.0	0.4	0.433	0.11 ± 0.02	266.5 ± 346.9	1177.6 ± 687.0	40.4 ± 3.8	33.0 ± 2.4
II	8.4 ± 1.0	0.9	0.558	0.12 ± 0.01	329.3 ± 277.9	2222.6 ± 326.4	49.0 ± 6.3	38.9 ± 4.6
III	8.5 ± 0.4	0.7	0.039*	0.09 ± 0.01	448.8 ± 297.5	1560.3 ± 191.8	44.8 ± 4.3	38.1 ± 2.3
IV	8.8 ± 0.6	0.8	0.153	0.13 ± 0.01	828.2 ± 518.1	2022.0 ± 389.1	41.8 ± 3.5	36.2 ± 3.3

*p<0.05, **p<0.01. ¹⁾硬さ I は 60,000 N/m²程度, 硬さ II は 80,000 N/m²程度, 硬さ III は 100,000 N/m²程度, 硬さ IV は 120,000 N/m²程度. ²⁾最大値・最小値を除く 5 回の測定結果. ³⁾平均値±標準偏差. ⁴⁾対応のない t 検定. あるいは Welch の検定.

た, 表3に試料のその他の物性値を示す. 硬さII以外では, 凝集性, 付着性, 硬さ歪率いずれの値にも試料A, B間で有意差が見られた.

2.2 対象者特性

1) 各調査項目

表4に, 全体と男女別に対象者特性を示す. 本調査では嚥下機能低下が疑われる者を研究対象者から除外するため事前にRSSTを行ったが, カットオフ値を下回る対象者はいなかった. また, 表5に最大舌圧の分布を示す.

2) ゼリーの押しつぶし評価

ゼリーの押しつぶしに対する5段階法の評価結果を表6に示す. 全体的に見ると, 硬さI, IIのような硬さが比較的軟らかいものに関しては, 「舌で押しつぶし飲み込むことができた」「かろうじて舌で押しつぶし飲み込むことができた」といった評価をした者が多く見られ, 硬さIII, IVのような硬さが比較的硬いものに関しては, 「ゼリーが元の形から少し変化した (一部分だけ欠けた, 厚さが薄くなった等)」「ゼリーが元の形から変化していない」といった評価をした者が多い傾向にあった. 試料Bに関しては, いずれの硬さにおいても, 「舌で押しつぶし飲み込むことができた」「かろうじて舌で押しつぶし飲み込むことができた」といった評価をした者が多い傾向にあった.

2.3 群間比較

1) 各調査項目の関係

表7に, 各項目の関係を示す. 年齢と握力, 年齢と最大舌圧, 握力と最大舌圧との間に中程度の相関が認められた.

2) 握力と舌圧

図5に握力と舌圧の関係を示す. 握力と最大舌圧とからは $y = 0.6376x + 5.8899$ ($y =$ 握力 (kg), $x =$ 最大舌圧 (kPa)) の関係式が得られた.

3) 体調, 歯の矯正と舌圧

体調, 歯の矯正の状況別の最大舌圧を表8に示す. 全対象者のうち, 体調, 歯の矯正共に状況別の最大舌圧に有意差は認められなかった.

4) ゼリーの押しつぶし評価, 最大舌圧とゼリーの硬さの関係

5段階法により評価した, 対象者の最大舌圧とゼリーの硬さの関係を図6に示す.

比較的押しつぶしがしにくいと評価した者が多く集まる箇所を実線, 比較的押しつぶししやすいと評価した者が多く集まる箇所を点線で囲い, それぞれa, bとした.

全体的に見ると, いずれの試料においてもa部が左上

表4 対象者特性

	全体 (n = 48)	男性 (n = 10)	女性 (n = 38)	p
年齢 (歳) [†]	19.9 ± 1	21.1 ± 1.1	19.6 ± 0.6	0.002**
体調について [‡]				
良好	16 (33.3)	2 (2.0)	14 (36.8)	0.271
普通	32 (66.7)	8 (8.0)	24 (63.2)	
不良	0 (0)	0 (0)	0 (0)	
歯の矯正について [‡]				
一度もしたことがない	40 (83.3)	10 (100)	30 (12.7)	0.283
現在している	3 (6.3)	0 (0)	3 (7.9)	
過去にしたことがある	5 (10.0)	0 (0)	5 (13.2)	
RSST ¹⁾ (回/30s) [†]	10.5 ± 4.1	10.7 ± 4.2	10.5 ± 4.1	0.879
握力 (kg) [†]	33.0 ± 8.9	46.3 ± 8.1	29.5 ± 5.0	0.000**
最大舌圧 (kPa) [†]	37.7 ± 8.4	46.6 ± 5.5	35.4 ± 7.4	0.000**

*p<0.05, **p<0.01. [†]平均値±標準偏差, 対応のない t 検定あるいは Welch の検定. [‡]n (%), χ^2 検定あるいは Fisher の直接確率法による検定. ¹⁾RSST: 反復唾液嚥下テスト.

表5 最大舌圧の度数分布

最大舌圧 (kPa)	全体 (n = 48)	男性 (n = 10)	女性 (n = 38)
	n (%)	n (%)	n (%)
25 未満	3 (6.3)	0 (0)	3 (7.9)
25-30	7 (14.6)	0 (0)	7 (18.4)
30-35	9 (18.8)	0 (0)	9 (23.7)
35-40	8 (16.7)	2 (20.0)	6 (15.8)
40-45	14 (29.2)	3 (30.0)	11 (28.9)
45-50	3 (6.3)	1 (10.0)	2 (5.3)
50-55	4 (8.3)	4 (40.0)	0 (0)

側に集まり, b部が右下から右上にかけて三角形を描くように分布していた.

5) 舌で押しつぶせるゼリーの硬さと最大舌圧

図6の結果を受け, a部に集まった「舌で押しつぶし飲み込むことができた」から「舌で押しつぶすことはできるが飲み込めない」と評価した者までを舌での押しつぶしが可能, b部に集まった「ゼリーが元の形から少し

表6 ゼリーの押しつぶしに対する対象者の評価

硬さ ¹⁾	評価	試料 A (n = 48)		試料 B (n = 48)	
		n (%)	n (%)	n (%)	n (%)
I	舌で押しつぶし飲み込み可	24 (50.0)	29 (60.4)		
	かろうじて飲み込み可	21 (43.8)	15 (31.3)		
	飲み込み不可	1 (2.1)	3 (6.3)		
	少しだけ変化	2 (4.2)	0 (0)		
	変化なし	0 (0)	1 (2.1)		
II	舌で押しつぶし飲み込み可	8 (16.7)	21 (43.8)		
	かろうじて飲み込み可	26 (54.2)	16 (33.3)		
	飲み込み不可	7 (14.6)	7 (14.6)		
	少しだけ変化	6 (12.5)	4 (8.3)		
	変化なし	1 (2.1)	0 (0)		
III	舌で押しつぶし飲み込み可	3 (6.3)	21 (43.8)		
	かろうじて飲み込み可	17 (35.4)	21 (43.8)		
	飲み込み不可	14 (29.2)	1 (2.1)		
	少しだけ変化	9 (18.8)	3 (6.3)		
	変化なし	5 (10.4)	2 (4.2)		
IV	舌で押しつぶし飲み込み可	0 (0)	19 (39.6)		
	かろうじて飲み込み可	16 (33.3)	21 (43.8)		
	飲み込み不可	7 (14.6)	4 (8.3)		
	少しだけ変化	12 (25.0)	2 (4.2)		
	変化なし	13 (27.1)	2 (4.2)		

¹⁾硬さ I は 60,000 N/m²程度, 硬さ II は 80,000 N/m²程度, 硬さ III は 100,000 N/m²程度, 硬さ IV は 120,000 N/m²程度.

表7 各調査項目の相関関係

	年齢		RSST		握力	
	$r^{1)}$	$p^{2)}$	r	p	r	p
年齢 (歳)						
RSST ³⁾ (回/30 s)	-0.021	0.887				
握力 (kg)	0.480	0.001**	-0.044	0.765		
最大舌圧 (kPa)	0.461	0.001**	0.249	0.088	0.534	0.000**

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$. ¹⁾ Pearsonの積率相関係数あるいはSpearmanの順位相関係数. ²⁾ 有意確率 (両側). ³⁾ RSST: 反復唾液嚥下テスト.

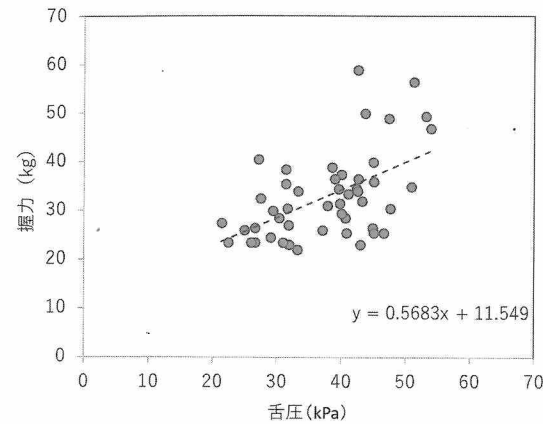


図5 握力と舌圧の関係

変化した (一部分だけ欠けた, 厚さが薄くなった等) 「ゼリーが元の形から変化していない」と評価した者を押しつぶしが不可能と判定した.

図7に, ゼリーの各硬さにおいて, その硬さまで押しつぶしが可能であった対象者の最大舌圧を平均したものと研究Iで得られた回帰直線を示す. ゲル化剤によって違いはあるものの, いずれも硬さが硬くなるにつれて押しつぶしに必要な舌圧が増加することが示された. な

表8 体調, 歯の矯正の状況別最大舌圧

	全体 (kPa)	男性 (kPa)	女性 (kPa)
	$n = 48$	$n = 10$	$n = 38$
	Mean \pm SD ¹⁾	Mean \pm SD	Mean \pm SD
体調について			
良好	35.2 \pm 8.3	50.2 \pm 4.1	33.0 \pm 6.3
普通	39.0 \pm 8.2	45.7 \pm 5.7	36.8 \pm 7.8
不良	—	—	—
歯の矯正について			
一度もしたことがない	37.9 \pm 8.7	46.6 \pm 5.5	35.0 \pm 7.6
現在している	37.3 \pm 8.1	—	37.3 \pm 8.1
過去にしたことがある	36.7 \pm 6.7	—	36.7 \pm 6.7

¹⁾ 平均値 \pm 標準偏差.

お, 網掛け部は舌圧に該当する者がいなかったため, 検出不可であった.

また表9に, 研究Iの回帰式より得られた予測舌圧と本調査により得られた押しつぶしの実測舌圧の関係を示す. 研究Iで得られた値と一致しなかったものの, 硬さI~IVを押しつぶすのに必要な舌圧が示され, それらは研究Iの回帰式から予測される予測舌圧よりも低い舌圧で同じ硬さのゼリーを押しつぶせるという結果となった.

考 察

1. 研究 I

物性測定器の測定歪率を段階的に変化させ, 舌圧プローブを歪ませることで得られる硬さの値と歪んだ舌圧プローブにより得られる舌圧測定器の関係は正の強い相関を示し, $y = 1799.3x + 2388.6$ (x : 舌圧測定器の圧力 (kPa), y : 物性測定器の応力 (N/m²)) の回帰式が得られた. この結果より, 舌圧測定の際に舌圧プローブを押しつぶすのと同じ力を発揮すると, 回帰式に該当する硬さの食品を押しつぶすことが可能なのではないかと仮説が立てられた.

Utanoharaら³⁰⁾の報告によると, 20~59歳の成人男性の最大舌圧は45 kPa, 成人女性の最大舌圧は37 kPa

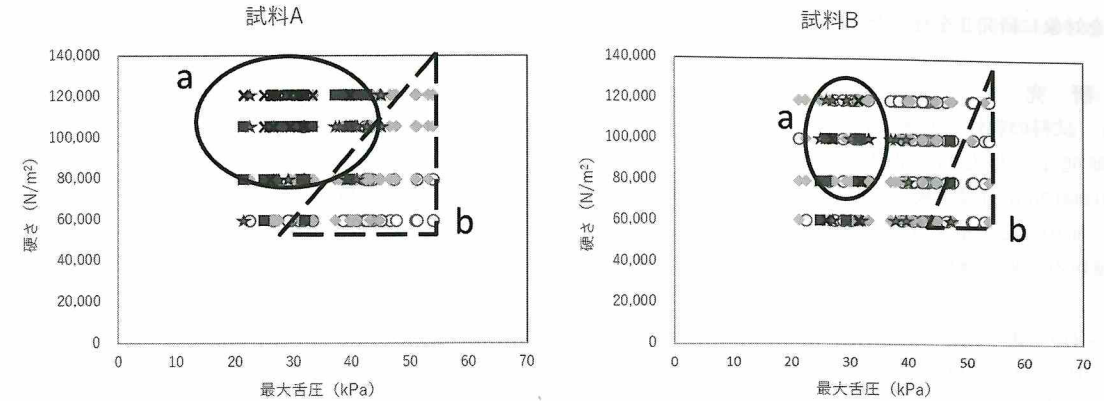


図6 5段階法による押しつぶし評価とゼリーの硬さの関係

○: 舌で押しつぶし飲み込み可, ◆: かるうじて飲み込み可, ★: 飲み込み不可, ■: 少しだけ変化, ×: 変化なし.

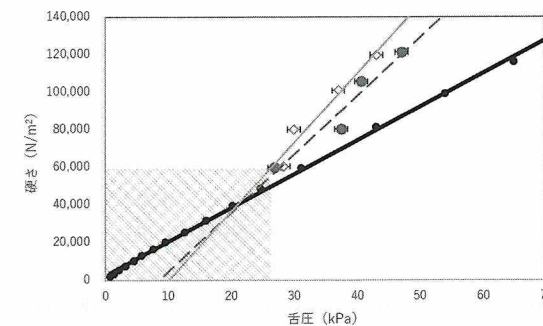


図7 舌で押しつぶせるゼリーの硬さと最大舌圧の関係 (研究Iとの比較)

●: 試料A, ◇: 試料B, ●: 研究I.

と示されており, 仮説より得られた回帰式に当てはめると, 成人男性が80,000 N/m², 成人女性は70,000 N/m²程度まで食品の押しつぶしが可能と推算される. また, 同報告には70歳以上の高齢者でも最大舌圧が32kPaと示されているため, 高齢者であっても60,000 N/m²程度ま

で押しつぶしが可能ということとなる. 消費者庁が宣布している特別用途食品の表示許可基準Ⅲ³²⁾の条件に該当する硬さの上限でさえ20,000 N/m²という数値を見ると, いかにこの60,000 N/m²という硬さが硬いかが理解できる.

しかし, これらの推算された硬さはあくまでも舌圧プローブを押しつぶした際の値であり, 人が口にする食品を押しつぶした際の硬さの数値ではないため, 本調査を以て, 舌圧が増加するに従い押しつぶせる硬さが増加するとは言いきれない. 特に舌圧プローブと食品で大きく異なるのは, その材質で, 舌圧プローブのバルーン内部は19.6 kPaに加圧された空気の塊で満たされている. 一方で, 食品に目を向けると, その食品ごとに様々な違いがあるものの, 一般的には, 硬さ, 付着性, 凝集性の3点に加え, その食品特有の性質であるもろさやガム性といったいくつかの基準を以て評価される^{33, 34)}. この材質の差を上手く埋め合わせることができ, 推算された硬さのゼリーを押しつぶすことができるのか, 舌圧に依存して押しつぶせる硬さは変化するのか, という観点から

表9 研究Iの予測舌圧と押しつぶしによる実測舌圧

硬さ ¹⁾	研究I回帰直線 ²⁾	試料A	試料B
	予測舌圧 (kPa)	実測舌圧 (kPa)	実測舌圧 (kPa)
I	32.0	26.9	28.3
II	43.1	37.5	30.0
III	54.2	40.6	37.0
IV	65.4	47.1	43.1

¹⁾ 硬さIは60,000 N/m²程度, 硬さIIは80,000 N/m²程度, 硬さIIIは100,000 N/m²程度, 硬さIVは120,000 N/m²程度.

²⁾ $y = 1799.3x + 2388.6$ の y に 60,000, 80,000, 100,000, 120,000 をそれぞれ代入.

人を対象に研究Ⅱを行った。

2. 研究Ⅱ

2.1 試料の物性と対象者について

研究Ⅰで得た回帰式より、今回は $60,000 \text{ N/m}^2 \sim 120,000 \text{ N/m}^2$ 程度の硬さで押しつぶしに対してどの箇所も一定の反応を示す食品を使用する必要があったため、2種類のゲル化剤を用いて均質食品であるゼリーを作製した。それらの物性値を知るため、硬さ、凝集性、付着性に加え、硬さ歪率を測定対象としたが、試料A、B間でそれぞれの硬さ以外の値に有意差が認められた。藤井ら³⁵⁾や丹治ら³⁶⁾は、同じ硬さであってもゲル化剤によって物性値に差が出ることを報告しているが、本調査においても同様の結果となった。

対象者については、握力、最大舌圧、平均舌圧では男女間にそれぞれ有意な差が認められ、いずれも先行研究^{20, 28)}と同様の結果であった。

握力に関しては、本調査では平均値が男性 46.3 kg、女性 29.5 kg となっており、スポーツ庁が毎年実施する体力・運動能力調査³⁷⁾の20~24歳の結果である男性 46.0 kg、女性 28.1 kg と比較しても、大きな違いは見られなかった。

握力、舌圧測定はいずれも骨格筋量を示す指標^{20, 21)}であり、現在では、摂食嚥下のスクリーニングにおいて重要な役割を担っている。今までの報告^{21, 24)}と同様に、握力と舌圧の間に有意な相関関係が得られた。なお、相関係数についても先の報告と大きく違いはなかった。

2.2 ゼリーの押しつぶしと舌圧

ゼリーの押しつぶしについて検討したが、いずれの結果においても押しつぶし可能なゼリーの硬さと人の舌圧には関連性があり、ゼリーの硬さが硬くなるにつれ、押しつぶしに必要な舌圧が増加することが示された。これらの結果に伴い、研究Ⅰで得られた回帰直線と研究Ⅱで得られた回帰直線を比較して図7に示した。回帰直線は一致しなかったものの、いずれの硬さにおいても回帰式より予測された舌圧よりも低い舌圧でゼリーを押しつぶすことが可能であった。

一方で、ゼリーを作製したゲル化剤によって、その押しつぶしに必要な舌圧に差が見られた。研究Ⅰの回帰直線と一致しなかったことと併せて考えると、押しつぶすものの材質の差だと考えられる。試料A、B間では凝集性、付着性、硬さ歪率にそれぞれ有意差が認められているため、いずれも押しつぶしに関与する可能性がある。しかし、凝集性は食品を噛んだ際のばらつき度合であり、付着性は口の中での食品の粘着性であることを考慮する

と、最も押しつぶしに影響を及ぼすと考えられるのは硬さ歪率である。硬さ歪率は、測定するゼリーの初期高さを H_0 、圧縮時の高さを H_1 とすると、 $(H_0 - H_1)/H_0 \times 100$ と表すことができ、この値が測定歪率と等しければ事前に設定した値まで歪ませることができているが、値よりも小さければ、それ以降歪ませることができなくなったことを表す。今回、ゼリーの物性測定では測定歪率 66.67% に設定していたため、本来であれば検体の硬さ歪率も 66.67% を示すはずであったが、実際の測定値はいずれもその理論値を下回った。途中で歪ませることができなくなる理由としては、ゼリー等の食品では既定の測定歪率に達する前に圧縮破壊が起こる^{38, 39)}ためだと考えられている。盛田ら³⁴⁾も、硬さ歪率が低い寒天は硬くて脆く、硬さ歪率が大きいゼラチンやカラギーナン等は粘性、弾力性があるため崩れにくいと述べている。また実際に、研究Ⅰでは圧縮破壊の起こらない舌圧プローブを用いたが、測定歪率と硬さ歪率はほぼ一致しており、2つの値の関係は圧縮破壊が起こり得るかどうかに依存していると考えられる。つまり、本調査においては、硬さ歪率の小さい試料Bのほうが硬さ歪率の大きい試料Aよりも圧縮破壊が起こりやすい。すなわち、試料Aのほうが舌で押しつぶししやすいという結果につながったと考えられる。

我々が口ににする食品は、餅のように歯による破断が必要である食品を除くほとんどの均質食品が、ある程度の圧力を加えることで圧縮破壊が起こるため、食品の硬さ歪率は舌圧プローブを押しつぶした結果の値 (66.67%) を下回るということになる。つまり、圧縮破壊が起こるすべての均質食品は、研究Ⅰで得られる押しつぶし可能な硬さの推定値よりも硬いものまで押しつぶせるということが推察される。

それゆえ研究Ⅰの回帰式を用いれば、舌圧を測定することで、押しつぶし可能な硬さの上限値が推定できると考えられ、回帰式 $y = 1799.3x + 2388.6$ (x : 舌圧測定器の圧力 (kPa), y : 物性測定器の応力 (N/m^2)) の有効性が示された。

研究の限界として、今回は大学生を対象とした調査であったため、舌圧の分布が全体的に高い値に位置していることが挙げられる。図7を見てみると、検出不可部では、舌圧 20 kPa 前後を境に研究Ⅰで得られる押しつぶし可能な硬さの推定値を、実際に押しつぶし可能な硬さが下回ると予測された。田中ら²¹⁾が報告した 20 kPa 未満は食形態の調整を検討するという結果や、Fujishima ら⁴⁰⁾がサルコペニアの摂食嚥下障害の診断で舌圧 20 kPa 未満をカットオフ値としているところも加味する

と、摂食嚥下機能においてこの舌圧 20 kPa は何らかの変化をもたらす指標となり得ることが示唆された。

結 論

本研究は舌でつぶせる硬さを舌圧測定器によって解明するため、研究を2つに分けて実施した。

研究Ⅰでは、物性測定器と舌圧測定器の単位統合を図り、物性測定器の応力を増加させることで舌圧測定器にかかる圧力が増加した。

研究Ⅰの結果を受け、実際に人の舌での押しつぶしを均質物質であるゼリーで検証した。用いるゲル化剤によって押しつぶしの結果は異なり、研究Ⅰの回帰直線と一致はしなかったものの、いずれの硬さにおいても回帰式から予測された舌圧よりも、低い舌圧でゼリーを押しつぶすことが可能であった。このことから、研究Ⅰの回帰式 $y = 1799.3x + 2388.6$ (x : 舌圧測定器の圧力 (kPa), y : 物性測定器の応力 (N/m^2)) を用いると、舌圧を測定することにより舌でつぶせる硬さの上限値が推定できるとの結論を得た。今回は、骨格筋量が低下している高齢者には危険が伴うと判断し、対象者に嚥下機能の正常な大学生を選定したため、舌圧の低い者の有益なデータは見出せなかったが、舌でつぶせる硬さは舌圧によって変化することが示された。今後は、舌圧 20 kPa 未満の摂食嚥下機能の低下が疑われる者にも同様の傾向が見られるのか否かの検証が求められ、本研究結果をさらなる研究へと繋げていきたい。

謝 辞

本研究にご参加いただきました対象者の皆様に心より感謝申し上げます。

なお、本稿のすべての著者には規定された利益相反 (COI) はない。

文 献

- 1) 総務省統計局：人口推計，人口推計の結果の概要，<http://www.stat.go.jp/data/jinsui/2.html>，参照日 2020.11.10.
- 2) 内閣府：平成 30 年版高齢社会白書，高齢者の現状と将来像，https://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/w-2018/zenbun/30pdf_index.html，参照日 2020.11.10.
- 3) 独立行政法人国立長寿医療研究センター：平成 23 年老人保健健康増進等事業，摂食嚥下障害に係る調査研究事業。
- 4) 坂口紅美子，原 修一：高齢者の摂食嚥下機能と頸部筋力，日摂食嚥下リハ会誌，21：61-70，2017.
- 5) Jeon I, Jung GP, Seo HG, et al: Proportion of aspiration pneumonia cases among patients with community-acquired

pneumonia: A single-center study in Korea, Ann Rehabil Med, 43: 121-128, 2019.

6) 藤島一郎，倉智雅子，荒井秀典，他：サルコペニアと摂食嚥下障害 4 学会合同ポジションペーパー，日摂食嚥下リハ会誌，23：48-64，2019.

7) Colpaert C, Vanderveken OM, Wouters K, et al: Changes in swallowing-related quality of life after endoscopic treatment for Zenker's diverticulum using SWAL-QOL questionnaire, Dysphagia, 32: 339-344, 2017.

8) Wright L, Cotter D, Hickson M: The effectiveness of targeted feeding assistance to improve the nutritional intake of elderly dysphagic patients in hospital, J Hum Nutr Diet, 21: 555-562, 2008.

9) 葛谷雅文，榎 裕美，井澤幸子，他：要介護高齢者の経口摂食困難の実態ならびに要因に関する研究，静脈経腸栄養，26：1265-1270，2011.

10) 川上純子，饗場直美，石田淳子：高齢者施設における嚥下障害食の食形態決定についての管理栄養士・栄養士の関与とその効果，日摂食嚥下リハ会誌，15：292-303，2011.

11) Umemoto G, Tsuboi Y, Kitashima A, et al: Impaired food transportation in Parkinson's disease related to lingual bradykinesia, Dysphagia, 26: 250-255, 2011.

12) 松本史織：京都府下段階的嚥下食実態調査結果報告—地域での嚥下食基準統一を目指して—，日摂食嚥下リハ会誌，14：493，2010.

13) 金谷節子：ベッドサイドから在宅で使える嚥下食のすべて，医歯薬出版，2006.

14) 日本摂食・嚥下リハビリテーション学会嚥下調整食分科 2013，日摂食嚥下リハ会誌，17：255-267，2013.

15) 農林水産省：スマイルケア食の取り組みについて，<https://www.maff.go.jp/j/shokusan/seizo/attach/pdf/kaigo-74.pdf>，参照日 2020.11.10.

16) 日本介護食品協議会：https://www.udf.jp/about_udf/section_01.html，参照日 2020.11.10.

17) 成田雅美：食物アレルギーの発症予防，日小児アレルギー会誌，34：391-399，2020.

18) 柳沢幸江：食物物性を中心とした咀嚼の観点からの食事の在り方，日健教会誌，28：126-133，2020.

19) Hayashi R, Tsuga K, Hosokawa R, et al: A novel handy probe for tongue pressure measurement, Int J Prosthodont, 15: 385-388, 2002.

20) Wind AE, Takken T, Helders PJM, et al: Is grip strength a predictor for total muscle strength in healthy children, adolescents, and young adults? Eur J Pediatr, 169: 281-287, 2010.

21) 田中陽子，中野優子，横尾 円，他：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、日摂食嚥下リハ会誌, 19: 52-62, 2015.
- 22) Yoshida M, Kikutani T, Tsuga K, et al: Decreased tongue pressure reflects symptom of dysphagia, *Dysphagia*, 21: 61-65, 2006.
- 23) Maeda K, Akagi J: Decreased tongue pressure is associated with sarcopenia and sarcopenic dysphagia in the elderly, *Dysphagia*, 30: 80-87, 2015.
- 24) 中東教江, 山縣誉志江, 栢下 淳: 高齢者の舌圧が握力および食形態に及ぼす影響, *日栄養士会誌*, 58(4): 43-47, 2015.
- 25) 武内和弘, 小澤由嗣, 長谷川純, 他: 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, *日摂食嚥下リハ会誌*, 16: 165-174, 2012.
- 26) Kamata Y, Rector D, Kinsella JE: Influence of temperature of measurement on creep phenomena in glycinin gels, *J Food Sci*, 53: 589-591, 2006.
- 27) 特別用途食品制度のあり方に関する検討会: えん下困難者用食品許可基準(案), 資料 1-8, 2008.
- 28) Mori T, Izumi S, Suzukamo Y, et al: Ultrasonography to detect age-related changes in swallowing muscles, *Eur Geriatr Med*, 10: 753-760, 2019.
- 29) 山縣誉志江, 宮下裕美, 栢下 淳: 市販嚥下補助食品を使用した特別用途食品えん下困難者用食品許可基準(案)に関する検討, *県立広島大人間文化紀*, 4: 55-64, 2009.
- 30) Utanohara Y, Hayashi R, Yoshikawa M, et al: Standard values of maximum tongue pressure taken using newly developed disposable tongue pressure measurement device, *Dysphagia*, 23: 286-290, 2008.
- 31) 志賀 博, 小林義典, 中島邦久, 他: 食品の大きさが咀嚼運動に及ぼす影響, *日顎口腔機能会誌*, 1: 249-260, 1995.
- 32) 消費者庁: 健康や栄養に関する表示の制度について, 特定保健用食品(規格基準型)制度における規格基準, https://www.caa.go.jp/policies/policy/food_labeling/health_promotion/#m03_informatinf, 参照日 2020.11.10.
- 33) 柳沢幸江, 田村厚子, 赤坂守人, 他: 食品の物性と摂食機能に関する研究, *小児歯誌*, 23: 962-983, 1985.
- 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ヒトの口蓋圧計測と機器圧縮測定による特性の比較, *日家政会誌*, 53: 423-429, 2002.
- 35) 藤井恵子, 赤堀博美, 川辺知子, 他: ゲル化剤の異なるミルクゼリーの性状について, *調理科学*, 34: 261-269, 2001.
- 36) 丹治彩子, 高橋智子, 大越ひろ: 異なるゲル化剤を用いた3種類のお茶ゼリーの飲み込み特性, *日摂食嚥下リハ会誌*, 9: 62-70, 2005.
- 37) スポーツ庁: 平成30年度体力・運動能力調査結果の概要及び報告書について, 統計数値表, https://www.mext.go.jp/sports/b_menu/toukei/chousa04/tairyoku/kekka/k_detail/1421421.htm, 参照日 2020.11.10.
- 38) 加藤寿美子: 食品のレオロジーに関する研究(第3報)調理における米飯の挙動, *家政誌*, 14: 323-329, 1963.
- 39) 柳沢幸江, 村田安代, 寺元芳子: 咀嚼活動に対応する食品物性の測定方法—クリアランスの設定基準—, *家政誌*, 37: 1021-1027, 1986.
- 40) Fujishima I, Fujitsu-Kurachi M, Arai H, et al: Sarcopenia and dysphagia: Position paper by four professional organizations, *Geriatr Gerontol Int*, 19: 1-7, 2019.

The Relationship between Crushable Food Hardness and Tongue Pressure

Masanari TANAKA^{1, 2)}, Mihoko TSUBOUCHI¹⁾, Yoshie YAMAGATA³⁾, Jun KAYASHITA^{2, 3)}

- 1) Department of Food Science, Mimasaka University
 2) Graduate School of Comprehensive Scientific Research, Prefectural University of Hiroshima
 3) Department of Health Sciences, Faculty of Human Culture and Science, Prefectural University of Hiroshima

Abstract

Background/Purpose: In recent years, the term “crushable with the tongue” has been commonly used to describe the hardness of food in Japan. However, this phrase has never been examined in relation to relevant tongue ability and food rheology. Thus, we assessed tongue pressure, which indicates the processing ability of the tongue. The purpose of this study was to clarify the relationship between crushable food hardness and tongue pressure.

Methods/Participants: We categorized the study into two surveys. In study I, a probe for measuring tongue pressure was fixed to the table of equipment for measuring physical properties and loaded at a speed of 1 mm/s with 10%–85% measurement strain. Then, we calculated the relational expression between the values obtained by each measuring equipment. In study II, 48 healthy university students were enrolled as subjects, and their age, sex, body condition, and level of teeth correction were recorded. We tested their swallowing function with the Repetitive Saliva Swallowing Test, followed by their hand strength, tongue pressure, and jelly crushing ability. We prepared jellies with a hardness of 60,000 N/m², 80,000 N/m², 100,000 N/m², and 120,000 N/m², and jelly shape was determined using the same probe for tongue pressure measurement, using two types of gelling agent.

Results: In study I, there was a strong positive correlation between the numerical values obtained by the physical property-measuring equipment and by the tongue pressure-measuring equipment ($r = 0.999$, $p < 0.01$), and the regression equation was $y = 1,799.3x + 2,388.6$ (x : value of tongue pressure-measuring equipment, y : value of physical property-measuring equipment [N/m²]). In study II, the tongue pressure required for crushing increased with hardness, although the degree of change varied depending on the gelling agent used. The regression line obtained in study II did not match that in study I, but the actual hardness at which foods could be crushed with the tongue exceeded the estimated hardness at the pressure levels tested.

Conclusions: Our study determined that by using the equation $y = 1,799.3x + 2,388.6$, the upper limit of hardness of foods that can be crushed with the tongue can be estimated simply by measuring the tongue pressure.

Key words: swallowing function, meal form, tongue pressure, texture, gelling agent