

				(名)	
	男性/女性	身長(cm)	体重(kg)	Barthel index	MMSE
口腔ケア群	12/37	148.6±9.8	45.3±8.7	57.6±27.6	17.7±8.8
対照群	10/39	146.8±8.5	47.4±9.8	58.0±28.9	19.1±6.4

表2 対象者の性別, 身長, 体重, Barthel index, MMSE

	義歯未装着時(天然歯)の評価			義歯装着時の評価			(名)
	A	B	C	A	B	C	
口腔ケア群	5	7	37	23	8	18	
対照群	2	13	34	25	10	14	

表3 対象者の咬合状態

	(名)					
	A		B		C	
	常食	調整食	常食	調整食	常食	調整食
口腔ケア群	4	1	4	3	27	10
対照群	1	1	8	5	25	9

表4 義歯未装着時における咬合状態と摂取食物形態

	(名)					
	A		B		C	
	常食	調整食	常食	調整食	常食	調整食
口腔ケア群	20	7	4	3	11	4
対照群	16	9	6	4	12	2

表5 義歯装着時における咬合状態と摂取食物形態

舌機能評価を応用した摂食嚥下リハビリテーションの確立

分担研究報告書

第 5 章 総括

平成 17 年 3 月

主任研究者

赤川 安正

広島大学大学院 医歯薬学総合研究科 顎口腔頸部医科学講座

先端歯科補綴学研究室 教授

第5章 総括

第1章では年齢別最大舌圧の標準値を示すことができた。これは今後、摂食嚥下リハビリテーションの現場にてスクリーニング検査の基準や舌圧訓練の目標値の設定に応用され、臨床においては口腔内や舌運動評価の際の基準に応用できると考えられる。さらに舌圧の疫学研究では比較を行う際データとして用いることも可能となった。

第2章では口腔癌術後に対する摂食嚥下リハビリテーションに、本学で開発したディスプレイの口腔内プローブを応用した症例を紹介し、その有用性を示すことができた。

第3章では本研究にて用いた舌圧測定装置を、他の舌圧測定装置と比較して検討を行った結果、舌全体の圧力を適切に測定できていることが確認され、舌のスクリーニング検査や経時的変化の観察などに十分対応可能な妥当性があることが示された。

さらに第4章では「機能的口腔ケアが要介護高齢者の舌機能に与える効果」として機能的口腔ケアの有用性や舌機能の評価として舌圧測定を行い、舌圧の重要性や評価項目としての有用性を証明することができた。

以上より舌機能評価を応用とした摂食嚥下リハビリテーション確立の基礎が達成できたと考えられる。

これからは、この3年間に研究した結果を応用し、舌機能評価としての舌圧測定や、舌運動および舌圧のリハビリテーションを広く社会に普及させていく必要があると考えている。

研究成果の刊行に関する一覧表

発表者名	タイトル	誌名	巻, 号	ページ	出版年
津賀一弘	摂食・嚥下機能評価 をめざす舌圧測定	中四国 矯正歯 科学会 雑誌	15 巻, 第 1 号	23・24	2003
赤川安正, 早川 巖 野首孝祠, 寺田善博 市川哲雄, 林 亮 津賀一弘, 織田展輔 下山和弘, 堀 一浩 沖本公繪, 北岡直樹	より確かな機能回復 を目指すための舌機 能評価法の確立	日本歯 科医学 会誌	23 巻,	49・58	2004
菊谷 武, 米山武義 稲葉 繁, 吉田光由 津賀一弘, 赤川安正	舌の運動機能と栄養 状態および身体機能 との関連	日本老 年医学 会雑誌	41 巻, 第 2 号 (Suppl ement)	162	2004
Akagawa Y Hayakawa I Nokubi T Hayashi R Tsuga K, et al.	Development of evaluation method for tongue function aiming more rehabilitation	Dentis tiry in Japan	40 巻	195	2004

<p>児玉実穂, 菊谷 武 吉田光由, 稲葉 繁</p>	<p>施設入所高齢者にみ られる低栄養と舌圧 の関係</p>	<p>老年歯 科医学 会雑誌</p>	<p>19 卷 第 3 号</p>	<p>161-168</p>	<p>2004</p>
<p>津賀一弘, 吉田光由 占部秀徳, 林 亮 吉川峰加, 歌野原有里 森川英彦, 赤川安正</p>	<p>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</p>	<p>日本咀 嚼学会 雑誌</p>	<p>14 卷 第 2 号</p>	<p>62 - 67</p>	<p>2004</p>
<p>津賀一弘, 島田瑞穂 黒田留美子, 林 亮 吉川峰加, 佐藤恭子 斎藤慎恵, 吉田光由 前田祐子, 木田 修 赤川安正</p>	<p>「高齢者ソフト食」 摂取者の食事形態と 舌圧の関係</p>	<p>日本摂 食・嚥 下リハ ビリテ ーショ ン学会 雑誌</p>	<p>9 卷 第 1 号</p>	<p>印刷中</p>	<p>2005</p>

学会発表

発表者名	タイトル	学会名	日付	開催地
菊谷 武, 米山武義 稲葉 繁, 吉田光由 赤川安正	舌の運動機能と栄養状態および身体機能との関連	第46回日本老年医学会学術集会・総会	2004. 6.18.	千葉
吉田光由, 津賀一弘 歌野原有里, 森川英彦 吉川峰加, 林 亮 田地 豪, 赤川安正	簡易舌圧測定装置の開発と応用	第16回日本嚥下障害研究会	2004. 6.18.	倉敷
児玉実穂, 菊谷 武, 稲葉 繁, 吉田光由 林 亮, 津賀一弘 赤川安正	要介護高齢者における舌圧と低栄養との関係	第15回日本老年歯科医学会学術大会・総会	2004. 9.18	鹿児島
津賀一弘	機能回復を目標とした舌機能評価と補綴臨床への応用	第20回日本歯科医学会総会	2004. 10.30.	横浜
吉田光由, 津賀一弘 林 亮, 歌野原有里 赤川安正	新型簡易計測装置を用いた口腔関連圧力測定の実際	第20回日本歯科医学会総会	2004. 10.30.	横浜

林 亮, 歌野原有里 森川英彦, 田地 豪 吉田光由, 吉川峰加 津賀一弘, 赤川安正	歯科が介護チーム に積極参加できる 口腔関連圧力診断 とりハビリテーシ ョン	第20回日本歯科 医学会総会	2004. 10.31.	横浜
歌野原有里, 林 亮 吉田光由, 久保隆靖 津賀一弘, 藤原百合 岡本哲治, 鎌田伸之 赤川安正	ディスプレイブル 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	日本顎口腔機能 学会第33回学術 大会	2004. 11.13.	吹田

その他

株式会社 ジェイ・エム・エス 社内資料

舌圧プローブにおける天然ゴムバルーンの肉厚と与圧の影響の検討

中央研究所 研究管理室 豊田耕一郎

「矯正臨床に機能評価をどう取り入れていくか」
—口腔の基本的機能ならびに異常機能について—
摂食・嚥下機能評価をめざす舌圧測定（事後抄録）

Tongue pressure measurement for quantitative evaluation of oral function

津 賀 一 弘

Kazuhiro TSUGA

キーワード：舌圧，嚥下，摂食・嚥下障害，機能評価，リハビリテーション

はじめに

日常の歯科臨床において、いざ目の前の患者さんが食感を楽しみながら安全に食事できているか、さらにその過程を細かく分けて見てみれば、歯列や咬合はもとより、口唇や舌、口蓋や顎堤で食片を粉碎して、味わい、唾液と上手く混和して食塊を形成し、さらに奥舌から咽頭・喉頭を經由して食道へ無事移送して安全に嚥下できているか否かについて、客観的な数値としてとらえられているものは少ない。一般歯科の領域では、超高齢社会を背景として訪問診療のニーズも高まっており、特に最近誤嚥性肺炎との関連が明らかにされたこともあって、在宅で摂食・嚥下障害を診断、治療する必要性も生じてきている。この摂食・嚥下に深くかかわると考えられる舌の運動や力を定量的に評価することを試みた先進的研究報告は散見されるものの、臨床応用に適うような標準値や診断方法は確立されていない。

一方、舌や口腔諸器官の発生する圧力は、歯列や顎顔面部の筋骨格系の発育成長に影響すると考えられるため、舌等の口腔に関連する各種圧力を簡便に定量評価する手法を開発すれば、診断や簡易機能療法などでの矯正歯科領域における臨床応用も期待できるのではないかと考えられる。

前出の高齢者における摂食・嚥下障害においては、舌や口唇、頬部の筋群、咀嚼筋群の能力を数値で評価できれば、職種枠を超えて歯科から医療・保健・福祉などへ提供できる情報は格段に客観性を増し、他職種の方も容易に口腔機能の現状を理解できるので、連携も取りやすくなるのが期待できる。また、高齢者自身や介護者にも具体的な目標と現状が示されることで、リハビリテーションの動機付けにも有効となる可能性がある。

こういった「夢」を持ちながら、私たちは実用化と臨床応用に向けた研究を進めており、その一端を第45回中・四国矯正歯科学会学術大会シンポジウム「矯正臨床に機能評価をどう取り入れていくか」—口腔の基本的機能ならびに異常機能について—にて紹介する機会をいただいたので、ここにその要約を紹介する。

舌圧研究の背景と新たな測定システムの開発目標

誤嚥が高齢者のQOLを低下させることが社会的に注目され、摂食・嚥下機能の診断と維持・回復が強く求められている。摂食・嚥下の口腔期には舌が深く関与し、なかでも食塊の形成、咽頭への送り込みには十分な舌圧が必要であるとされる。従来この舌圧に着目し、可及的に生理学的条件下での現象の解明を求めて、各種圧力変換器を口蓋床に埋め込み舌圧を測定・評価する試みが行われている。しかしながら、この多くの研究で採用している方法では、被験者ごとに繊細かつ高価な装置を作製する必要があり、日常的な診断や治療に結びついた舌圧の定性的・定量的な検査・評価方法は現在まで見当たらない。

そこで上述した高齢者のQOL改善への寄与を狙った新たな舌圧測定システムの開発目標として、1. 個別の装置を作成する必要がないこと、2. 十分な感染予防性能を有すること、3. 日常臨床の限られた時間で使用できる簡便な機器で構成すること、の3点を掲げ、以下の2つの測定システムを開発した。

ディスプレイザブル・プローブを用いる 簡便な舌圧測定システム

口腔内に小さな風船を設置し、これを押し潰す力（舌圧）をその中を満たす空気圧の変化として口腔外へ導出し、測定するシステムを開発した（図）¹⁾。本システムは、十分な感染予防性能を有するために、口腔内から被



験者が手で触れる部分までをディスプレイザブルとした部品（ディスプレイザブル・プローブ）と、口腔外に設置した圧力導入型ひずみゲージ式圧力センサーおよび記録用デジタルオシログラフより構成した。プローブ先端の風船部は直径約18 mm、体積約3.2 mlで、被験者に風船部を口蓋皺襞上で思い切り押し潰すように指示した時の最大舌圧（30 kPa 前後）を事前の準備、技工操作なく数分間で観察することができる。本システムの簡便性を活かし、現在、上述した口腔機能の現状理解のための舌圧標準値を求めつつあり、既に20歳から90歳を超える高齢者まで200名以上の舌圧測定を行っている。

またプローブはそのほぼ球形の形状が汎用性に富み、頬圧や口唇圧、吸引力等の測定および測定値をフィードバックしながらの筋力リハビリテーションにも応用が期待できる。

小型圧力センサーを用いる舌圧測定システム

一方、嚥下時に発生する舌の圧力を簡便に捉えることができるよう、直径6 mm、厚さ0.6 mmの小型圧力センサーを20mmの間隔で真鍮板に取り付け、全体を薄いプラスチック製のカバー（被験者ごとに使い捨て）で覆うタイプの測定システムも開発を進めている²⁾。このシステムでは、二つの圧力センサーに発生する舌圧の時差や喉頭部皮膚上に貼付した加速度センサーからの信号を同時に記録・分析することができる。その結果、従来放射

線被曝を伴ったビデオX線透視検査（VF検査）でしか観察できなかった嚥下時の舌の運動速度や喉頭運動との協調性が評価できる。さらに、VF検査では得られない圧力値も観察できるため、嚥下に関する舌機能をより多角的に評価することも期待できる。その反面、若干の開口を必要とするため、生理的な嚥下を観察しているとは言えず、一種の負荷試験との認識が必要である。

矯正臨床での舌圧測定の応用

現在までの研究で、一部の歯列不整を有する被験者では最大舌圧の低い傾向が伺われたが、被験者数もまだ少なく今後その因果関係も含めてさらなる検討が必要である。異常嚥下習癖等が歯列不整につながることから、舌圧を含めた口腔内圧の定量評価法と標準値・診断基準の設定は有用と考えられ、今後日常の矯正臨床でも診断、治療に簡便に利用できるよう舌圧・口腔機能圧診断法およびリハビリテーション法の開発を目指して広く研究を進展させていく所存である。

文 献

- 1) Hayashi, R., Tsuga, K., Hosokawa, R., Yoshida, M., Sato, Y. and Akagawa, Y.: A novel handy probe for tongue pressure measurement. *Int. J. Prosthodont.* 15: 385-388, 2002.
- 2) Tsuga, K., Hayashi, R., Sato, Y. and Akagawa, Y.: Handy measurement for tongue motion and coordination with laryngeal elevation at swallowing. *J. Oral Rehabil.* 30: 985-989, 2003.

より確かな機能回復を目指すための舌機能評価法の確立

赤川安正¹⁾, 早川 巖²⁾, 野首孝祠³⁾, 寺田善博⁴⁾
 市川哲雄⁵⁾, 林 亮¹⁾, 津賀一弘¹⁾, 織田展輔²⁾
 下山和弘⁶⁾, 堀 一浩³⁾, 沖本公繪⁴⁾, 北岡直樹⁵⁾

抄 録

超高齢社会の到来に伴い、高齢者の口腔機能の維持と回復が歯科補綴治療の大きな目的の一つとして注目されている。しかしながら、咀嚼や嚥下において中心的役割を果たす舌機能の評価方法は十分確立されているとはいえない。本研究では、舌機能評価に関する現在までの我々の取り組みと確立した根拠、さらに今後確立していかなければならない舌機能評価法上の問題点について明らかにすることを試みた。

咀嚼や嚥下時の舌圧の測定は、小型円板状(PS-2 KA 及び PS-1 KC, 共和電業)、シート状(カスタムボタンセンサ, ニッタ), フィルム状(Flexi Force™ Sensor A101, Tekscan), および試作小型風船状の各種圧力センサーを用いた5種類のシステムで行った。必要に応じて下顎運動の同時測定も行った(MKG K6-I, マイオトロニクス; 無接触ポテンシオメーター, 緑測器)。有歯顎成人群と高齢者群を被験者として、測定方法, 測定部位, 加齢や自立度との関係を検討し, 他の咀嚼機能評価と比較するため, 人工カプセルを用いた簡便な咀嚼機能評価についても検討した。

その結果, 舌と下顎運動との協調性, 咀嚼側と非咀嚼側等部位による差と咀嚼の進行に伴う変化傾向, 測定法間での値の共通性, 加齢の進行および自立度の低下による変化傾向が示された。また人工カプセルは短時間で被験者の負担が少なく咀嚼の評価ができ, 今後舌機能評価法をより確かなものにするためにその併用は有用であると考えられた。

これらの結果は, より生理的条件下での咀嚼, 嚥下にかかわる舌機能の解明が可能となってきたことを示している。また, 大規模疫学的調査に応用が可能な咀嚼機能評価法や舌圧測定法も開発できたと言える。今後は各装置の小型化・低価格化を進め, これらの検査手法を広く多数の施設で共通して行う multi-center study によって舌機能評価の根拠(エビデンス)を集積し, より確かな機能回復の手法の開発が可能となる。

キーワード

舌, 咀嚼, 嚥下, 機能, 評価方法

はじめに

超高齢化の波の中でクローズアップされてきた要介護高齢者の摂食嚥下障害は、従来の形態と機能の回復から、オーラルリハビリテーションとしての機能回復へのパラダイムシフトと相まって、21世紀の歯科医療、とりわけ補綴治療を大きく変革させる可能性がある。すなわち、より確かな機能回復のためには、食べる機能の障害についてどの程度の回復が見込めるかというゴール設定が極めて重要となる。この際、障害された機能と目指すべき回復の機能とを主観的ならびに客観的に評価しておくことが前提となるが、これまで、咀嚼筋以外ではこのような取り組みはあまりな

受付：2003年9月30日

¹⁾研究代表者, 広島大学大学院医歯薬学総合研究科 展開医科学専攻 顎口腔頭部医科学講座 先端歯科補綴学研究室

²⁾東京医科歯科大学大学院医歯学総合研究科 口腔機能再構築学系摂食機能回復学講座 摂食機能評価学分野

³⁾大阪大学大学院歯学研究科 統合機能口腔科学専攻 顎口腔機能再建学講座 歯科補綴学第二教室

⁴⁾九州大学大学院歯学研究院 口腔機能修復学講座 咀嚼機能制御学分野

⁵⁾徳島大学歯学部歯科補綴学第一講座

⁶⁾東京医科歯科大学歯学部附属口腔保健教育研究センター

れておらず、とりわけ、口腔機能の主役の一翼をなす舌機能の評価についてはほとんど明らかにされていないのが現状である。

また、要介護高齢者の増加とともに、摂食・咀嚼・嚥下を一連の運動として捉えるようになってきている。とくに、咀嚼後に起こる嚥下機能が障害されると、高齢者の死亡原因の第一位である肺炎（誤嚥性肺炎）の原因となる。したがって、咀嚼機能をはじめとする顎口腔機能もこのような老年医学的観点からの評価が重要となり^{1,2)}、研究目的で開発されてきた種々の測定方法の互換性や、加齢・自立度による影響について検討する必要が生じている。

さらに、舌機能評価をより確かな機能評価に応用するためには従来の咀嚼機能評価との関連性をみることも重要な課題である。

本研究では、我々の取り組みにより確立できた舌機能評価、今後確立していかなければならない問題点について明らかにしようとした。

1. 口蓋床と圧力センサで測定した咀嚼・嚥下時の舌圧

咀嚼・嚥下時の舌運動の特徴と下顎運動との協調性を明らかにするために、健常有歯顎者を対象に、圧力センサを埋入した実験用口蓋床を用いて、水嚥下時の硬口蓋部における舌圧発現を観察した³⁾。次に、グミゼリー咀嚼時の舌圧と下顎運動とを同時記録し、両者

の協調性について検討を行った³⁾。

水嚥下時の舌圧発現

被験者は、自覚的に咀嚼および嚥下障害を認めない健常有歯顎者10名(平均年齢 27.7 ± 2.1 歳)とした。舌圧の測定には、実験用口蓋床(厚さ1.2mm)の7ヵ所(図1; Ch1~Ch7)に埋入した圧力センサ(PS-2KA, 共和電業社)を用いた。各被験者に同形態の口蓋床を2週間装着させて実験条件に慣れさせた後、座位・足底接地の状態で15mlの水を口腔内に含ませ、嚥下を指示して舌圧を測定を行った。分析項目は、各測定値について舌圧最大値、発現時間ならびに発現順序とした。

その結果、水嚥下時の舌圧は硬口蓋正中前方部から周縁部および後方部に向かって順に発現し、直ちに最大値に達してから徐々に減少したのち、硬口蓋全体でほぼ同時に消失する傾向が見られた。また、正中前方部に設置されたCh1において舌圧が大きく、舌圧発現時間も長く、正中後方部のCh3においては舌圧発現時間が短かく、周縁部のCh4~Ch7においては舌圧最大値、舌圧発現時間ともに左右差はなかった。これらのことから、水嚥下時には、硬口蓋各部における接触順序だけでなく、舌圧の差が重要であることが示された。

グミゼリー咀嚼時の舌圧発現と下顎運動との協調性

10名の被験者に対してグミゼリー咀嚼時の舌圧発現と下顎運動との協調性を検討した。舌圧の測定には水嚥下時と同じ実験用口蓋床に埋入した圧力センサを用

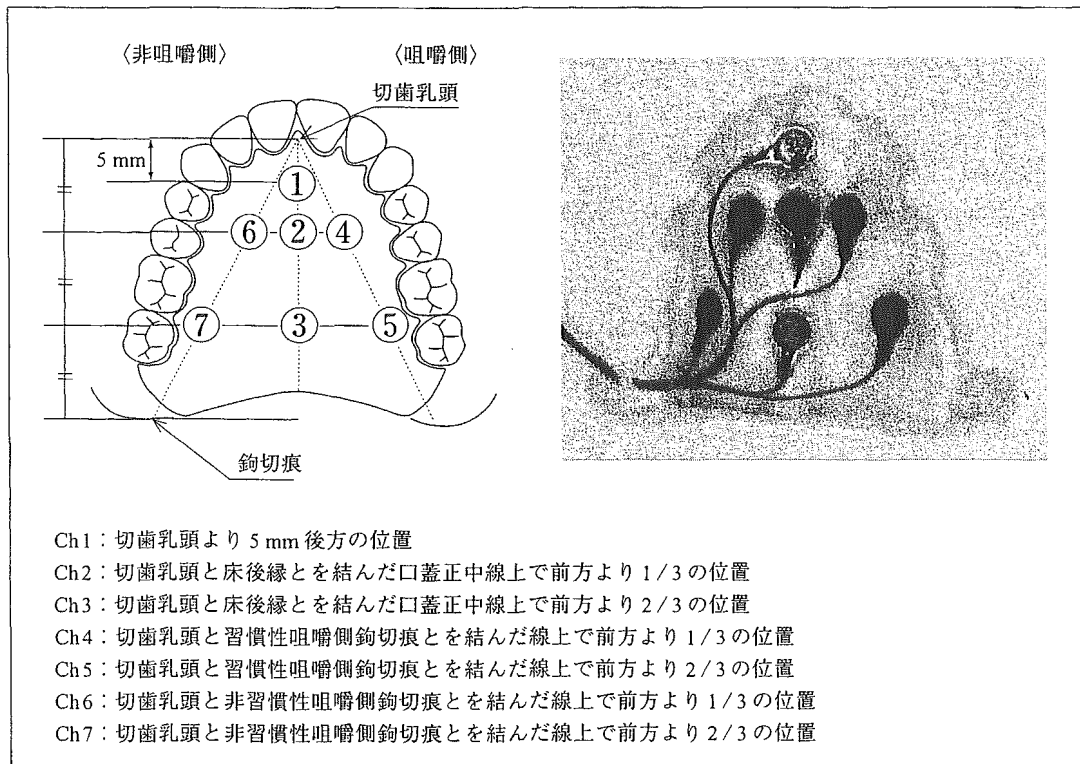


図1 実験用口蓋床におけるセンサ設定位置

いた。下顎運動はMKG(K 6-I, マイオトロニクス社)を用いて測定した。各被験者には、試験用グミゼリー(5.5g)1個を習慣性咀嚼側にて咀嚼させ、ほぼ全量を嚥下するまでの間の舌圧と下顎運動を記録し、各咀嚼ストロークにおける舌圧最大値、舌圧発現時間、下顎運動と舌圧発現との時間差について分析した。また、咀嚼開始より安定した8ストロークを咀嚼前期、嚥下直前の8ストロークを咀嚼後期として両者を比較した。

その結果、舌圧は咬合相で発現し、開口開始時付近で最大値を示したのち、開口相で消失するという、下顎運動に対する一定の協調性を有していることが明らかとなった(図2)。また、正中前方部(Ch1)と咀嚼側後部(Ch5)において舌圧の最大値は有意に大きく、舌圧発現時間は有意に延長した。また、咀嚼前期における舌圧はきわめて小さく、舌圧発現時間も短かったが、咀嚼後期に入ると舌圧は著しく増加し、舌圧発現時間も延長した(図3)。グミゼリーの咀嚼から嚥下にいたる過程においては、固有口腔における細分化の進行と同時に、形成された食塊が徐々に軟口蓋部から口峽を越えて中咽頭部(喉頭蓋付近)に移動しつつあることが嚥下造影検査によって観察されてい

る⁴⁾。また、Palmerら⁵⁾はProcess Modelにおいて、咀嚼後期ではProcessingとStage II Transportが同時に進行していると提唱している。咀嚼後期における舌圧の増加は、VFにより観察された細分化されたグミゼリーの咽頭への送り込みに対応しており、この時

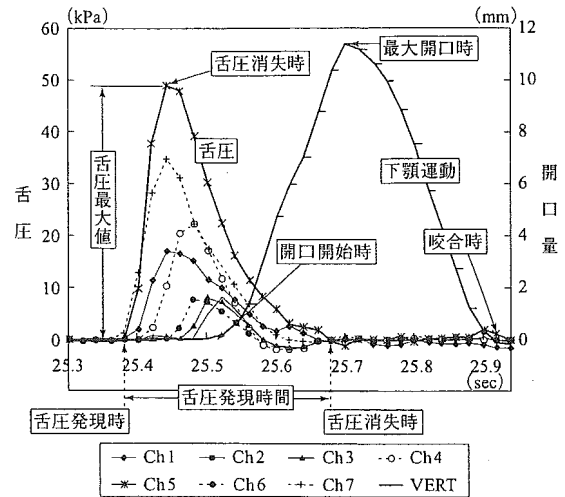


図2 舌圧ならびに下顎運動波形の分析(グミゼリー咀嚼時)

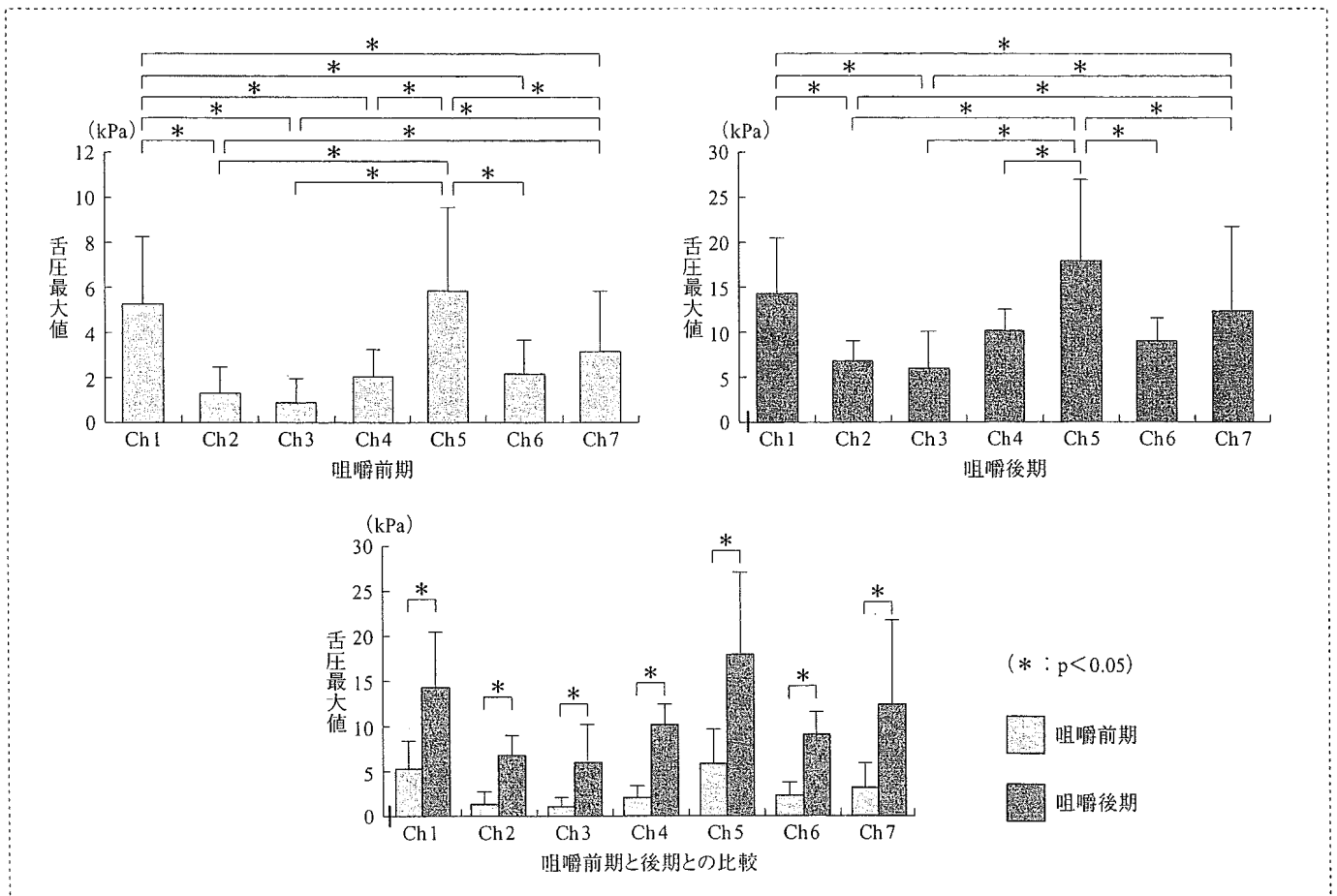


図3 グミゼリー咀嚼時の舌圧最大値
左上：咀嚼前期，右上：咀嚼後期，下：咀嚼前期と咀嚼後期との比較

期における舌と硬口蓋部との接触の緊密化が、口腔から咽頭への搬送と咽頭における食塊形成に寄与していることが示唆された。

以上の結果より、水およびグミゼリーの咀嚼・嚥下時における舌と下顎運動との協調性が示された。さらに、舌は咀嚼と嚥下の両方に関わる極めて巧緻な働きを舌の動きと硬口蓋部との接触様式によってコントロールしている可能性が示された。

2. シート状圧力センサで測定した咀嚼時の筋圧

新たに開発したシート状の圧力センサを用い、有歯顎者の上顎第一大臼歯の頬、舌側面に加わる筋圧が、咀嚼側の違いや咀嚼の進行に伴いどのように変化するかを検討した。

被験者には東京医科歯科大学に在籍する歯科医師で、第三大臼歯以外はすべて残存している顎口腔系に特に異常を認めない男性正常有歯顎者6名(平均年齢 27.1 ± 0.7 歳)を選択した。

筋圧の測定には、今回新たに開発したシート状圧力センサ(カスタムボタンセンサ, ニッタ)を用いた。その容量は、頬側には 250 g/cm^2 、舌側には 1.5 kg/cm^2 のものが使用された。直径8 mm, 厚さ約 $50 \mu\text{m}$ の円形のシートで、感圧部の直径は4 mmである(図4)。センサの電極部に、直径 0.08 mm のPTFE極細電線(潤工社)を付着して用いた。

測定部位は上顎左右第一大臼歯の頬側および舌側面の計4部位とした。常温重合レジン製シーネを用いて圧力センサを口腔内に固定した。また、下顎運動を同時に記録するために、無接触ポテンショメーター(緑測器)を用いた簡易顎運動記録装置⁶⁾を使用した。

被験食品には板状のガム(フリーゾーン, ロッテ)1枚を長軸方向で1/2に分割($3.6 \times 2 \text{ cm}$)したものを用いた。ガムを被験者の舌背に乗せた後、咀嚼側を指定し、第一大臼歯部で1分間に90回のリズムで20回咀嚼させた。ランダムに左右側5回ずつ合計10回、測定日を変えて2日、合計20回の記録を採取した。

咀嚼時に記録された圧発現波形において、波形上の

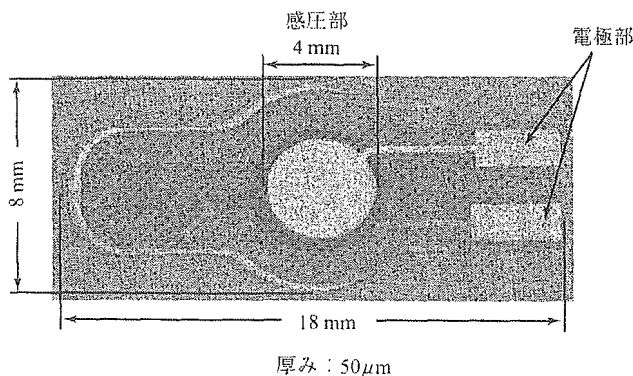


図4 シート状圧力センサ

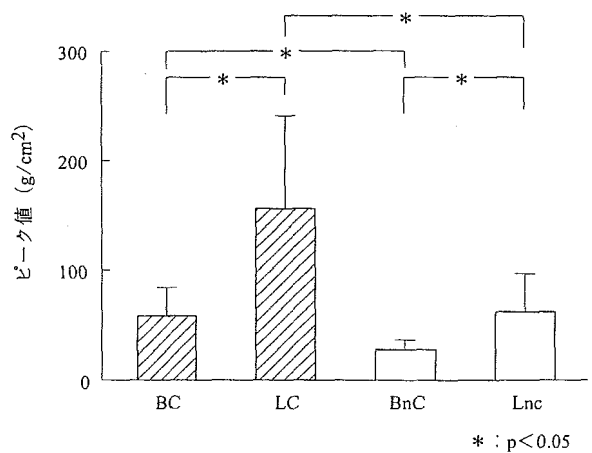


図5 筋圧のピーク値

BC: 咀嚼側頬側, LC: 咀嚼側舌側, BnC: 非咀嚼側頬側, LnC: 非咀嚼側舌側

ピークを筋圧のピーク値とし、その発生数をピーク数として分析対象とし、ピーク値とピーク数を部位別に分類した。咀嚼時の下顎運動に関しては、波形を開口相、閉口相、咬合相に分け、咀嚼運動相時間⁷⁾を算出した。さらに、それぞれの運動相時間を前期、中期、後期に3等分して計9区間とし、各部位におけるピーク数を分類した。20回の咀嚼ストロークのうち、前後および中央の5ストロークを抽出し、それぞれを咀嚼前期、咀嚼中期、咀嚼後期とし、咀嚼の進行に伴う筋圧の変化を分析した。

統計分析は、測定部位間におけるピーク値および各部位間における9区間分類のピーク数の分布の比較にはMann-Whitney検定を、各咀嚼運動相のピーク数の比較にはDunn検定による多重比較を行った。また、咀嚼の進行に伴う各部位のピーク値とピーク数の変化に関してはKruskal-Wallis検定とDunn検定による多重比較を用いた。有意水準は全て5%とした。

筋圧のピーク値の平均値は、咀嚼側頬側で $58.7 \pm 26.1 \text{ g/cm}^2$ 、咀嚼側舌側で $157.7 \pm 86.3 \text{ g/cm}^2$ 、非咀嚼側頬側で $28.7 \pm 8.6 \text{ g/cm}^2$ 、非咀嚼側舌側で $61.7 \pm 36.2 \text{ g/cm}^2$ であった(図5)。全ての被験者において頬舌側ともに咀嚼側が非咀嚼側よりも有意に大きく、また、咀嚼側、非咀嚼側ともに舌側が頬側よりも有意に大きかった。

ピーク数は、咀嚼側頬側および舌側では咬合相後期から開口相中期の間と閉口相中期に多く認められた(図6)。非咀嚼側頬側では開口相後期と閉口相前期に、非咀嚼側舌側では咬合相後期にピーク数が多く認められた。

咀嚼の進行に伴う変化は、筋圧のピーク値では、咀嚼側頬側のみにおいて咀嚼前期と比べ咀嚼後期で有意に増加した(図7)。咀嚼側頬舌側それぞれのピーク数の総数は咀嚼前期と比べ咀嚼後期では有意に増加し

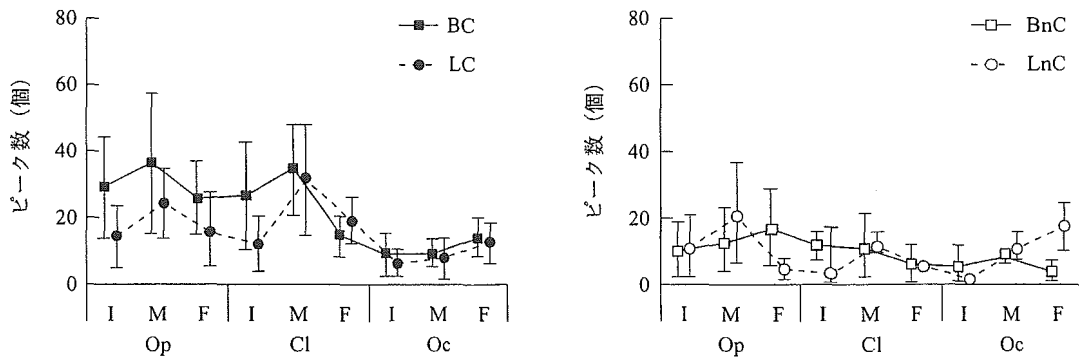


図6 ピーク数の分布
 BC：咀嚼側頬側, LC：咀嚼側舌側, BnC：非咀嚼側頬側, LnC：非咀嚼側舌側,
 I：前期, M：中期, F：後期, Op：開口相, Cl：閉口相, Oc：咬合相

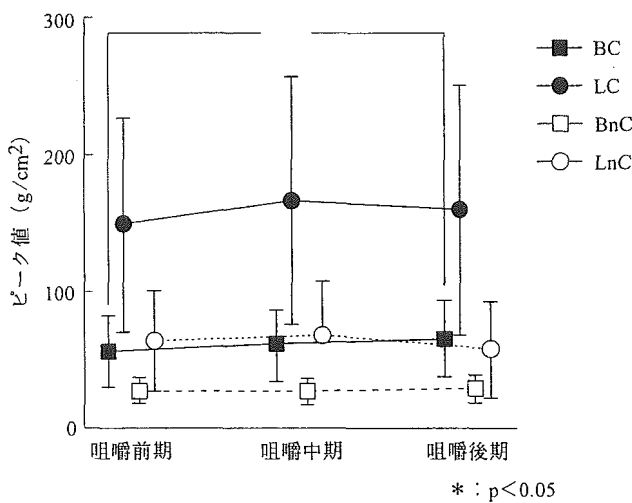


図7 咀嚼の進行に伴うピーク値の変化
 BC：咀嚼側頬側, LC：咀嚼側舌側, BnC：非咀嚼側頬側, LnC：非咀嚼側舌側

し戻している様相がうかがえた。これは1.の結果とも一致する。木戸¹⁰⁾は、正常有歯顎者では咀嚼の進行に伴って食塊の頬側貯留率は順次減少し、舌側貯留率が増加することを報告している。舌側に食塊を落とし唾液と混合することにより嚥下可能な bolus を形成することは、咀嚼の目的に適うものである。咀嚼側頬側に見られたピーク値の増加は、このような舌側への食塊の流れを促すため、咀嚼の進行に伴い頬粘膜が歯冠頬側面に密接し、より強固な壁を形成している様相を示すものと思われる。また、咀嚼側舌側の開口相および閉口相におけるピーク数の増加は、咀嚼の進行に伴い、舌側に流れやすくなった食塊を舌が開口相で咬合面上に乗せ、また、閉口相で保持しようとするより活発に活動していたことを示すものと思われる。

3. 測定法, 加齢・自立度が舌圧に及ぼす影響

測定法の違いが舌圧に及ぼす影響

舌圧に関する研究の多くは構音運動の観点で行われてきた。その測定方法として主に圧力センサを人工口蓋床に埋入する方法が使われてきた。しかし、人工口蓋床の作製は煩雑であり、多くの被験者を対象とすることは難しい。このような問題を解消するため、フィルム状圧力センサを用いる方法(以下、簡易法と呼ぶ)を考案し、従来の測定方法である圧力センサを埋入した人工口蓋床による測定(以下、口蓋床法)と比較してその妥当性を検討した¹⁾。

簡易法(図8)では直径14mm厚さ0.13mmのフィルム状圧力センサ(Flexi Force™ Sensor Model A101, Tekscan社製)を歯によって保持し、Utility waxで固定した。圧力センサの位置は、習慣性咀嚼側の犬歯と第一小臼歯との隣接部口蓋側の位置になるよう調整した。このとき、圧力センサは口蓋には固定せず唾液によって吸着させた。センサフィルムは嚥下運動に影響を与えないよう前歯部より導出した。

た。咀嚼側頬側では開口相のピーク数が、咀嚼側舌側では開口相、閉口相中のピーク数が有意に増加した。一方、非咀嚼側においては頬舌側ともに変化は認められなかった。

閉口相における咀嚼側のピーク数は頬舌側ともに中期で多かった。X線テレビ映画法による観察^{8,9)}から、咀嚼時には頬側では最大開口位付近で頬筋の収縮が起こり、閉口相1/2程度までその収縮が持続すること、舌側では大臼歯舌縁が最も作業側方へ突出するのは閉口開始1/8程度であり、その後食塊が咬合面からこぼれ落ちるのを防ぐために、作業側臼歯舌側面付近を強く圧迫し壁を作ることが報告されている。閉口相中期はこのように頬舌で壁を作り咬合面上で食塊を保持する時期と一致することから、ピーク数の増加が見られたものと思われる。

以上の結果より咀嚼側舌側では咬合相後期から開口相中期の間でピーク数が多く、舌がガムを咬合面に押

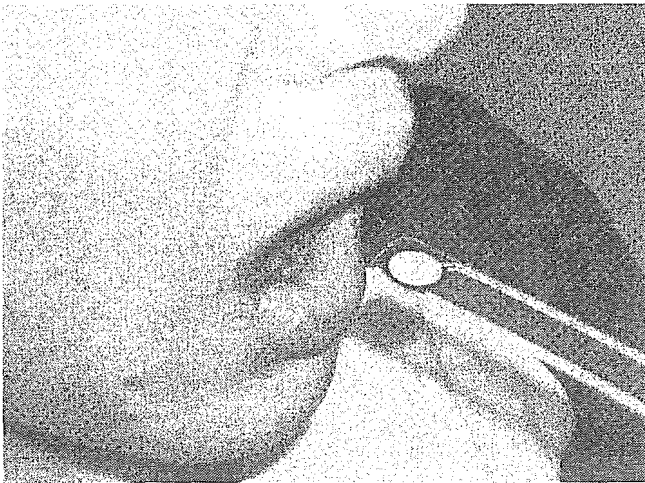


図8 フィルム状圧力センサーによる舌圧測定

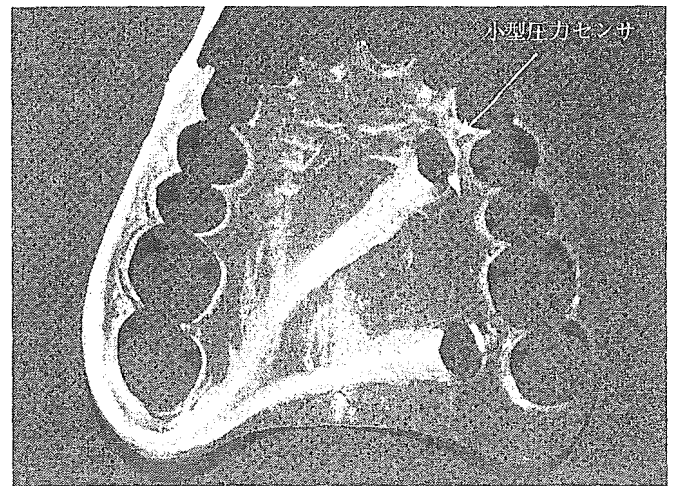


図9 舌圧測定用人工口蓋床

口蓋床法(図9)での測定は、小型圧力センサ(PS-1KC, KYOWA社製 直径6mm, 厚さ0.6mm)を加熱重合製レジン製の人工口蓋床に埋入することによって行った。人工口蓋床の口蓋部厚さは1.5~2.0mmとし、口蓋床後縁はアールラインまでとした。圧力センサの埋入位置は簡易法のセンサと同様の位置とした。

簡易法での被験者は、第三大臼歯以外の欠損が認められず、顎口腔機能に異常のみられない若年有歯顎者86名(平均年齢24.1歳)とし、口蓋床法での被験者は、前述した条件を満たす若年有歯顎者8名(平均年齢26.1歳)とした。嚥下条件として、空口(唾液)嚥下と5ml水嚥下を用いた。空口および5ml水嚥下を一組として術者の指示により行わせ、計3回測定した。

図10は簡易法と口蓋床法により測定した空口および水嚥下時の最大舌圧である。空口嚥下での最大舌圧は、簡易法で 12.4 ± 7.7 kPa, 口蓋床法で 14.4 ± 5.5 kPa, 水嚥下時では、簡易法で 11.6 ± 7.0 kPa, 口蓋床法で 12.0 ± 6.3 kPaであり、測定方法や嚥下条件による違いはみられなかった。

簡易法および口蓋床法において、空口嚥下、5ml水嚥下、いずれも舌圧の波形は単峰性を示すものが多かった。一部の被験者において多峰性の波形を示したが、測定法の違いは認められなかった。Laffinghamら¹⁴⁾によりすでに指摘されているように、それぞれの測定法で検出した空口嚥下時の最大舌圧は被験者間のばらつきを認めたが、Pouderouxら¹⁵⁾が報告している平均 17.6 kPaとほぼ同様の結果を示した。また、5ml水嚥下時の最大舌圧は空口嚥下時よりわずかに減少する傾向にあったが、測定方法による違いはみられなかった。

以上のことから、フィルム型圧力センサーによる簡易法であっても舌圧の最も確かな測定方法である口蓋床法のデータと同様に扱うことができると考えられた。

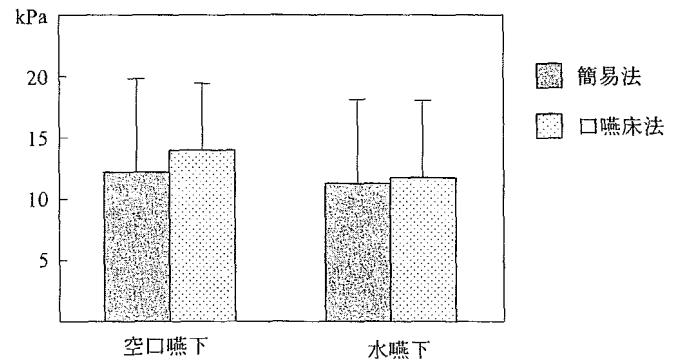


図10 簡易法と口蓋床法における最大舌圧の比較

加齢・自立度の違いによる舌圧の変化

次に、この簡易舌圧測定法によって加齢と自立状態が舌圧に及ぼす影響を検討した¹⁾。被験者は、上記で用いた健常若年者群86名を対象に、徳島大学歯学部附属病院に来科した65歳以上の高齢者24名(健常高齢者群：平均年齢70.0歳)および香川県老人施設に入居しており自律歩行が困難で日常生活を行う上で介助が必要である高齢者8名(要介護高齢者群：平均年齢82.6歳)とした。嚥下条件として、上記と同様に、空口嚥下と水嚥下を各々3回行った。それぞれの嚥下は術者の指示により行わせた。

図11に空口および水嚥下時での各被験者群における最大舌圧を示す。空口嚥下時での最大舌圧は、健常若年者群で 12.4 kPa, 健常高齢者群で 12.7 kPa, 要介護高齢者群で 5.2 kPaであった。水嚥下時では、健常若年者群は 11.6 kPa, 健常高齢者群で 12.3 kPa, 要介護高齢者群で 5.4 kPaであった。最大舌圧は、空口および水嚥下時ともに、要介護高齢者群で他の群より有意に小さかった。

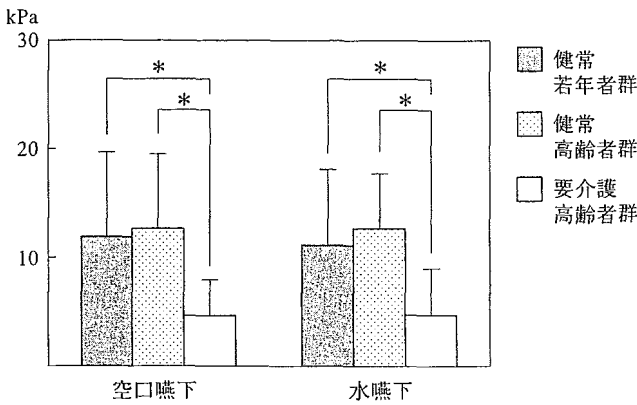


図11 加齢と自立度が最大舌圧に及ぼす影響 (* p < 0.05)

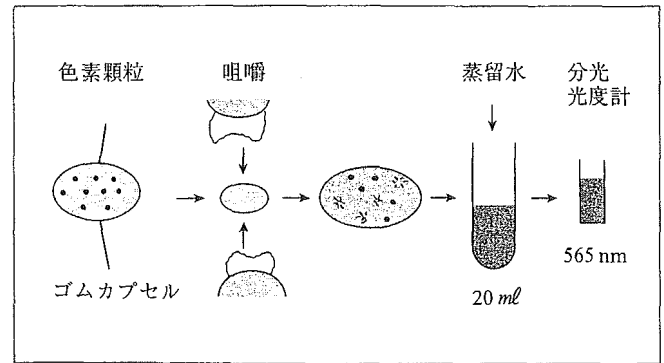


図12 咀嚼能力の測定方法

嚥下時の最大舌圧は、要介護高齢者で有意に減少していた。この原因として、加齢による舌の筋繊維の萎縮、消失、脂肪組織の増加により舌の緊張が低下していることに加え、全身疾患、とくに脳血管障害やパーキンソン病を既往歴にもつ要介護高齢者の神経・筋機構の異常が考えられる。また、刻み食やお粥など流動性の高い食事内容が多く、舌圧の低下しやすい環境下であることも考えられる。この最大舌圧の減少により、食塊の形成能力、口腔内保持能力、送り込み能力が低下し、食塊の口腔内の異常残留、それに引き続く誤嚥のリスクが高いことが推察される。

以上、測定法と加齢・自立度が舌圧に及ぼす影響について検討を加えたところ、舌圧は、舌の種々の機能を評価する際には比較的容易に計測でき、また、再現性のあるパラメータの一つであると考えられた。さらに、フィルム型圧力センサでも舌圧の個人差、加齢・自立度による影響も十分にとらえることができることが示された。

4. 高齢者用人工カプセルを用いる咀嚼機能評価との関連性

Nakasima ら¹³⁾が報告した咀嚼能力をエネルギー表示法で測定する有歯顎用の人工試料カプセルを基本として、弱い咀嚼力でも適応可能な高齢者用人工カプセルの開発を目指し、カプセルを構成する外郭のゴムと封入するの顆粒を複数試作をした。

エネルギー表示による咀嚼能力測定方法(図12)は、ゴムカプセル内の106色素コーティング顆粒が、外力で破壊され溶出する色素濃度を分光光度計で吸光度を測定し、これをエネルギー値 joule に変換した仕事量として咀嚼能力を測定する方法とし、そのためまず基礎実験で顆粒の吸光度とエネルギーとの関係式を求めた。人工カプセルの官能評価としては、ゴムと顆粒の組み合わせによる4種類のテストカプセルの咀嚼能力

テストとアンケートによる官能評価を行い、高齢者カプセルとして適正な人工カプセルを決定した。

また、臨床応用上の測定条件を決定する目的で、適正な咀嚼回数及び測定回数、咀嚼側、測定日時が咀嚼能力に及ぼす影響、篩分法やアンケート法との関連性などについて検討を加えた。さらにその臨床応用として、成人有歯顎者、高齢有歯顎者、高齢義歯使用者、入院高齢義歯使用者の4グループにおける咀嚼能力を比較するとともに、義歯使用者の経時的咀嚼の能力の変化についても検討した。

その結果、吸光度とエネルギーとの関係として、 $Y = 0.0655X \times 10^{-4}$ の式が導き出された。また、各テストカプセルでの咀嚼能力比較から、顆粒は当初の基本顆粒の約1/2、硬さ、外郭ゴムは2/3厚さで構成される人工カプセルを高齢者用カプセルとして決定できた。また、官能評価からカプセル硬さは普通で、附着性もなく、弾性を少し持ち、咀嚼しやすさも普通で、基本カプセルに比べて有意に咀嚼しやすいことが判明した。一方、本方法を臨床に用いる際には、咀嚼回数20回、くり返し回数3回が妥当であること、個人差に比べて咀嚼側や測定日時の影響は非常に小さいこと、篩分法と有意な相関があることなども明らかとなった。

さらに、成人有歯顎者、高齢有歯顎者、高齢義歯使用者、入院高齢義歯使用者4グループのそれぞれの咀嚼能力は0.1457, 0.0817, 0.0287, 0.0084jouleで明らかな有意差が認められること(図13)、新義歯製作後から7ヵ月頃までは咀嚼能力は増大すること(図14)も判明した。

以上、新しく開発したカプセルによる高齢者の咀嚼機能評価法は試料の回収率100%と正確で、かつ短時間で被験者の負担が少なく測定できることが示された。この方法は高齢者の咀嚼能力評価方法として臨床応用の可能性が大きく、今後舌圧との関連性を検討していくことにより、舌機能評価法をより確かなものに

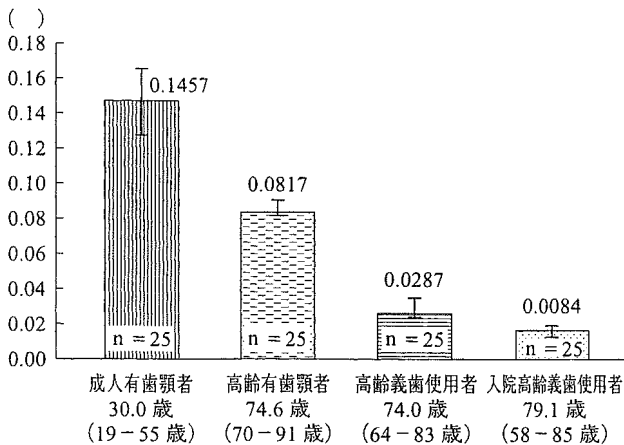


図13 咀嚼能力比較

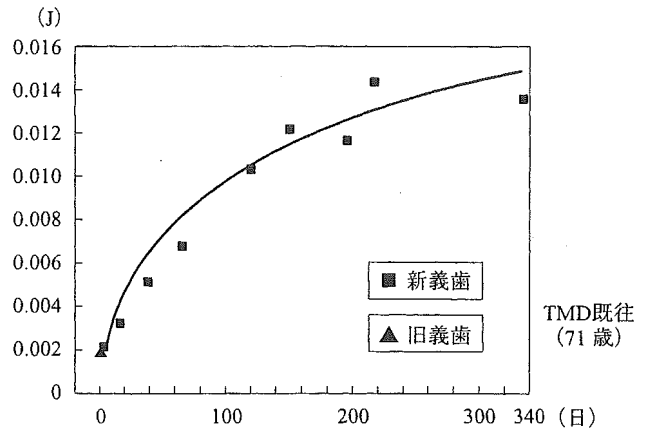


図14 新義歯製作後の咀嚼能力の推移 (総義歯顎関節症患者)

すると考えられる。

5. ディスポーザブルの口腔内プローブと簡便な測定装置を用いる舌圧測定

日常的に臨床で応用が可能な舌圧の測定装置を開発、さらにこれを用いて高齢者の舌圧を検討し、舌圧評価の基礎となる科学的知見を集積することを目指した。

被験者は自覚的に摂食・嚥下障害を認めず、本研究内容をよく説明されて同意をした、広島大学歯学部教職員と大学院生、学部学生、その他より構成されるボランティア106名(男性56名、女性50名、年齢24-39歳)とした。

医療用ラテックス製小型風船(図15A)、ステンレスパイプ(図15B;長さ8mm、内径5mm、外径6mm、厚さ0.5mm)、1mlディスポーザブルシリンジの外筒(図15C)より構成される口腔内プローブを試作した。このプローブは、被験者の口腔内から手で触れる部分までをディスポーザブルとし、エチレンオキサイドガスにて滅菌して測定に供した。

舌圧測定装置のプローブの受圧部(小型風船)内圧が19.6kPaとなるよう、加圧用シリンジにて与圧した。このプローブを被験者が舌と口蓋で押しはさむことにより生じる圧力変化を舌圧として口腔外に導出、圧力導入型ひずみゲージ式圧力変換器(9E02-P-13-2, NEC 三栄, 東京)にて電圧に変換後、高性能DCアンプ内蔵デジタルオシロレコーダー(Omniface II RA 1200, NEC 三栄, 東京)に記録した。

被験者を歯科用椅子にアップライトポジションで安静に座らせた後、プローブのステンレスパイプが被験者の上顎中切歯中点に位置するようプローブ受圧部(小型風船)を口に含ませて口唇を閉じさせた(図16)。他の全被験者については、ステンレスパイプと前歯お

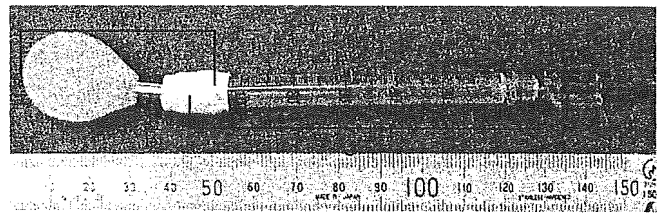


図15 ディスポーザブルの口腔内プローブ
医療用ラテックス製小型風船(A)、ステンレスパイプ(B;長さ8mm、内径5mm、外径6mm、厚さ0.5mm)、1mlディスポーザブルシリンジの外筒(C)より構成されている

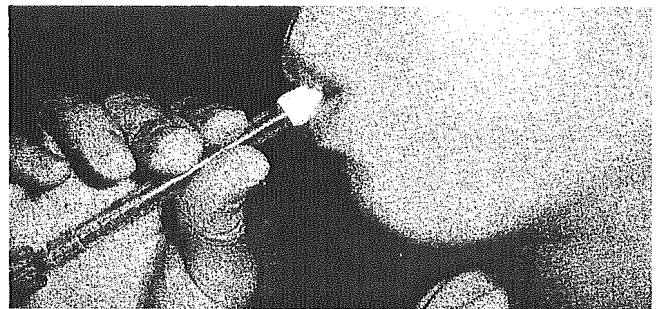


図16 舌圧測定時の側方面観
被験者を歯科用椅子にアップライトポジションで安静に座らせ、その後プローブのステンレスパイプが上顎中切歯中点に位置するようプローブ受圧部(小型風船)を口に含ませ口唇を閉じさせた

よび口唇の位置をもとにプローブの位置が可及的に同一となるよう努めた。

被験者に随意的な最大の力により舌を7秒間拳上させてプローブの小型風船を口蓋皺壁上でつぶすよう指示した。被験者がこの動作を行った時に発生する圧力の最大値を最大舌圧(Maximal Voluntary Tongue Pressure: MVTP)として測定した。測定は各被験者について3回ずつ行い、測定の再現性を検討すると