

原 著

口腔内容積の変化が嚥下音音響特性に及ぼす影響

亀 川 義 己¹⁾ 山 村 理¹⁾ 羽 田 詩 子¹⁾
岩 尾 慧²⁾ 藤 原 周¹⁾

Effect of oral cavity volume on acoustic characteristics of swallowing sounds

KAMEKAWA YOSHIKI¹⁾, YAMAMURA OSAMU¹⁾, HATA UTAKO¹⁾,
IWAO SATOSHI²⁾, FUJIWARA SHU¹⁾

日本の五大死因の一つに肺炎が挙げられる。肺炎による死亡リスクは誤嚥性肺炎が最も高いことが知られ、歯科医療分野においては嚥下障害が誤嚥性肺炎のリスクを高めることは周知の事実である。実際に、日々様々な医療現場で嚥下障害の評価を行う機会は確実に増えており、嚥下障害を回復することを目的とした舌接触補助床製作も日常的な診療項目となりつつあり、今後の医療において必要不可欠な分野であることは言うまでもない。

嚥下障害を有する患者の多くは高齢者であり、すなわち義歯の装着率も高い。義歯製作時には咬耗で低位となった咬合高径を是正するため、咬合挙上が行われることもしばしばあり、その際に舌口蓋接触が不十分になることで生じる嚥下障害も存在する。しかし、義歯や舌接触補助床の製作に際し口蓋部の形態に関しては、床の適用範囲、診断に必要な検査法、製作ならびに調整方法、効果と限界に関する十分なエビデンスがこれまで整理されていない。

診査に用いられる簡便な方法として嚥下音の聴取が挙げられる。しかし、その検査対象である嚥下音の音響特性は明らかになっていない。

今回、誤嚥性肺炎予防のための義歯および舌接触補助床のより適切な製作に向けて、口腔内容積に着目し、口腔内容積と嚥下音の関係を明らかにすることを目的に、基礎的研究を行った。

健康成人男性 10 名を対象に口腔内容積の減少および増加を想定した実験床を装着したときの嚥下音を記録し、音響解析ソフトを用いて音響分析を行い、得られたデータをもとに統計処理を行った。

口腔内容積と周波数特性には有意な相関関係は認められず、口腔内容積と音質評価指標であるラウドネスにはコントロール群と実験床装着群で有意な差が認められた。

本研究より口腔内容積の変化が嚥下音の音質評価指標ラウドネスに影響を及ぼすことが明らかとなり、音質評価指標が従来の音響分析と比較して嚥下音に対して有用であることが示唆された。

キーワード：嚥下音、口腔内容積、音響特性

Pneumonia is one of the five major causes of death in Japan. It is known that the risk of death from pneumonia is highest for aspiration pneumonia, and it is a well-known fact that the risk of aspiration pneumonia is increased by dysphagia. In fact, opportunities to evaluate dysphagia are steadily increasing in various medical settings. Manufacture of PAP (Palatal augmentation prosthesis) for the purpose of recovering swallowing function is becoming a routine medical item. Needless to say, the field of swallowing is indispensable in future medicine.

Many patients with dysphagia are elderly, and the rate of wearing dentures in the elderly is high. In order to correct the occlusal height that has become low due to occlusion, dentures are often used to lift the

¹⁾ 朝日大学歯学部口腔機能修復学講座歯科補綴学分野
〒 501-0296 岐阜県瑞穂市穂積 1851

²⁾ 朝日大学包括支援歯科医療部
〒 501-0296 岐阜県瑞穂市穂積 1851

¹⁾ Department of Prosthodontics, Division of Oral Functional Science

and Rehabilitation Asahi University School of Dentistry
1851 Hozumi Mizuho-city Gifu Japan 501-0296

²⁾ Department of Comprehensive Support Dentistry, Asahi University
1851 Hozumi Mizuho-city Gifu Japan 501-0296

(2022 年 12 月 21 日受理)

bite, and dysphagia occurs due to insufficient contact between the tongue and the palate.

However, regarding the morphology of the palate in the fabrication of dentures and tongue contact assistive plates, there has not been sufficient evidence for the following items: coverage of bases, examination methods required for diagnosis, manufacture and adjustment methods, effects and limitations. The purpose of this study is to clarify the relationship between oral volume and swallowing sounds, focusing on oral volume, in order to develop more appropriate dentures and PAP for the prevention of aspiration pneumonia.

Subjects are 10 healthy adult males. Subjects were made to wear experimental Plates that increase and decrease the oral volume, the swallowing sounds were recorded, acoustic analysis was performed using acoustic analysis software, and statistical processing was performed.

From this study, it was clarified that changes in oral cavity volume affect loudness, a sound quality evaluation index of swallowing sounds. It was suggested that the sound quality evaluation index is more useful for swallowing sounds than the conventional acoustic analysis.

Key words : swallowing sounds, oral cavity volume, acoustic characteristics

緒 言

我が国における平成 29 年の五大死因は、悪性新生物、心疾患、脳血管疾患、老衰、肺炎となっている。その中で肺炎は第 5 位であるものの、年齢階級別にみると肺炎死亡者数に占める 65 歳以上の高齢者の割合は 96.8%¹⁾ と非常に高くなっている。

高齢者肺炎の多くは誤嚥性肺炎であることも分かっている。全国調査では全肺炎入院患者の 60% 強を誤嚥性肺炎が占め、原因別では市中発症肺炎の約 60%、院内発症肺炎の 90% 近くを占めている。また、誤嚥性肺炎は 50 歳以降、加齢とともに急激に増加し、70 歳以降ではほとんどを占める²⁾。Komiya ら³⁾ による市中肺炎患者 417 例と医療ケア関連肺炎患者 220 例の後ろ向き研究では、肺炎による死亡リスクは肺炎の重症度や耐性菌による治療の失敗よりも、誤嚥性肺炎で最も高まると報告されている。

歯科医療分野においては嚥下障害が誤嚥性肺炎のリスクを高めることは周知の事実である。実際に、日々さまざまな医療現場で嚥下障害の評価を行う機会は確実に増加している。舌接触補助床製作も日常的な診療項目となりつつあり、今後の医療において必要不可欠な分野であることは言うまでもない。舌接触補助床は上顎に歯の欠損がある義歯装着者に対しては、義歯の床を舌機能障害に応じて肥厚させて製作し、上顎に歯の欠損がない患者に対しては、口蓋部分を被覆する床を舌機能障害に応じて肥厚させて舌運動を補償するもので、舌切除を原因とする器質的摂食・嚥下障害や構音障害を生じた患者に対して適応されてきた⁴⁾ が、機能的嚥下障害患者に対する応用も報告され、このような歯科補綴学的アプローチの有効性は幅広く認知されている⁵⁾。

嚥下障害を有する患者の多くは高齢者であり、義歯の装着率も高くなっている⁶⁾。義歯製作時には加齢変化等により低位となった咬合高径を是正するため、咬合拳上が行われることもしばしばあり、その際に舌口蓋接触の観点からもどれほどの拳上量が許容されるのか、十分に診査を行うべきだが、根拠となるような報告が少ないのが現状である。

舌接触補助床においてもその製作は各個人に合わせて適切に行われるべきだが、いずれの対象患者においても、適用範囲、診断に必要な検査法、製作ならびに調整方法、効果と限界に関する十分なエビデンスがこれまで整理されておらず、そのことが本装置の普及の妨げとなっている。

これらの診査に用いられる簡便な方法として嚥下音の聴取がある。嚥下音の聴取は頸部聴診法でも用いられ、ベッドサイドで非侵襲的に嚥下能力を繰り返し判定できる方法として広く普及している⁷⁾ が、その検査対象である嚥下音については、周波数などに特徴的な点がありません。個人差やバラツキが多く、音響特性と主観評価による聴覚的所見との関連については明らかでない⁸⁾。

そこで本研究では嚥下音の新たな評価指標として音質評価指標に着目した。音質評価とは心理音響技術を使用し、音を人による感じ方に合わせて定量的に解析する技術で、この心理音響技術は工学、医学、心理学などの広い分野で用いられ、産業領域では一般的に利用されている。音質評価技術は従来の物理量に基づく機械的評価に対して人の感覚に基づく方法であり、客観性に富んだ音の評価法とされている。この音質評価技術は 1930 年代にドイツの Zwicker⁹⁻¹²⁾ により提言されており、現在までに産業分野において車のエンジン音や電化製品の作動音の不快感成分の軽減等に広く利

用されているが、いまだ嚥下音に対しての有用性は報告されていない。この音質評価指標が嚥下音の診査に有用となれば、主観による嚥下音の聴覚的所見に代わる客観的評価指標として利用が可能になると考えられる。

そこで本研究では、誤嚥性肺炎予防のための義歯および舌接触補助床のより適切な製作に向けて、口腔内容積に着目し、口腔内容積と嚥下音の関係を明らかにすることを目的とし、基礎的研究を行った。

材料および方法

1. 被験者

被験者には歯の欠損がなく、個性正常咬合を有し、顎口腔機能に異常のない男性 10 名を選択した。年齢は、22 歳～30 歳（平均年齢 26.1 歳）である。本研究の主旨を被験者に説明し、同意を得た。

なお、本研究は朝日大学歯学部倫理委員会にて承認されている（承認番号：29015）。

2. 実験的床装置

(1) 実験的口蓋床

被験者の上顎を印象採得後、得られた石膏模型上で真空加熱成形器（プロフォーム、ジーシー、東京）を用いてマウスガード用 EVA シート（マウスガード厚さ 3.8mm、山八歯材工業、愛知）を軟化圧接し、レジン床義歯を想定し、厚さが 2mm になるように実験的口蓋床（以下、口蓋床と記す）を製作した（図 1）。後縁は第二大臼歯の遠心を結んだ線で粘膜に移行させ、口蓋側歯頸線に沿って咬合を阻害しないように調整を行った。



図 1 実験的口蓋床

(2) 実験的咬合挙上床

被験者の上下顎歯列を印象採得後、得られた石膏模型を平均値咬合器（ハンディ咬合器 II A 型、株式会社松風、京都）に装着した。口腔内での調整量を考慮し臼歯部で安静空隙量を超える咬合挙上を目的に上顎第一大臼歯近心口蓋側咬頭において 5mm 挙上した¹³⁾。その後、歯科用常温重合レジンをを用いて実験的咬合挙上床（以下、咬合床と記す）を下顎模型上で製作した（図 2）。外形は口腔内の動きを阻害しないよう留意し、臼歯部では頬側を最大豊隆部、舌側を舌側咬頭頂まで、前歯部では舌側を歯の舌面に対し移行的なものとした。咬合器上で咬合床製作後、各被験者の口腔内ですべての歯が接触し、違和感がないように咬合調整を行った。

3. 録音装置および録音方法

実験は朝日大学医科歯科医療センター、顎機能検査施設内の無響音室で行った。

各被験者に、実験床非装着、口蓋床装着、咬合床装着をランダムにし、カウンターバランスをとり、健康成人における生理的許容範囲の一回嚥下量を考慮し、水 10cc を 15 回ずつ¹⁴⁾ 嚥下させ、その時の嚥下音を録音した。録音には聴診器（スーパースコープ FC-201S、フォーカルコーポレーション、千葉）とレコーダー（LS-14、オリンパス、東京）を組み合わせた装置（図 3）を使用し、一般的な嚥下音の聴取法に準じて、聴診器のベルを被験者の左側甲状軟骨上部横食道上の皮膚上にあて（図 4）、録音を行った。これにより頸部聴診法で聴取される嚥下音に準じた音を録音した。その後、同様の方法で口蓋床、咬合床を装着した状態で嚥下音を記録した。録音の際には、1 回嚥下す

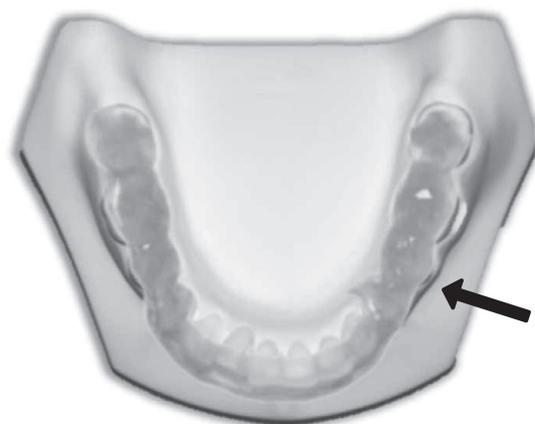


図 2 実験的咬合床



図3 聴診器とレコーダーを組み合わせた録音装置

るごとに呼吸をさせ、これを5回連続で行わせることとした。疲れを考慮し、5回嚥下する毎に最低5分以上の休憩を挟むこととした。また実験床に対する馴化を考慮し、録音を行う前に実験床を被験者に最低1時間以上装着させ、複数回水の嚥下を行わせた。

サンプリング周波数は48kHzとし、音響解析ソフト (Oscope2 ver.2.10.1.0, 小野測器, 神奈川) を用いて、1/24 オクターブバンド分析を行った後、以下に説明する音質評価分析を行った。

嚥下音の主要な音響信号成分は1000Hz以下に存在すること、100Hz未満の周波数成分には体動や嚥下時の喉頭振動に伴う皮膚振動雑音が含まれることがTakahashiら¹⁵⁾の研究で報告されているため、1/24オクターブバンド分析時には2kHzにダウンサンプリングを行い、分析の対象とする下限周波数は100Hzとした。

音質評価指標には音の大きさを表すラウドネスを用いた。Scottら¹⁶⁾の報告から嚥下音が 0.530 ± 0.090 秒と極短時間であることを考慮し、本研究では最新国際規格であるISO532-1非定常音ラウドネスを用いた。ラウドネスの単位はsoneで、1soneは音圧レベル40dB、1kHzの純音である。なお、本研究では無響音室で録音を行ったため、自由音場における計算式を選



図4 聴診器をあてる位置

聴診器のベルを被験者の左側甲状軟骨上部横食道上にあてて録音を行った。

択した。

得られたデータをもとに、各実験床ごとに1/24オクターブバンド分析についてはWilcoxon rank sum test、ラウドネスについては一元配置分散分析を行い、主効果を認めたため、Tukey-Kramer methodを用いて統計処理を行った。有意水準は5%とし、統計処理には統計解析ソフト (JMP ver.9.0.2, SAS Institute Japan, 東京) を用いた (図5)。

結 果

1. 1/24 オクターブバンド分析

各嚥下音を通じて周波数のばらつきが少ない被験者は10名中4名のみであり、周波数の分布は被験者A、Gでは2音を除き220Hz以下の範囲で、被験者Dでは1音を除き164Hz以下の範囲、被験者Jでは179Hz以下の範囲で、全体的にばらつきが大きい結果となった (図6~8)。

周波数の平均値の比較 (表1, 図9) では実験床非装着時と実験床装着時に有意な差は認められなかった。

2. 音質評価分析

音質評価指標ラウドネスの平均値の比較では、咬合床装着時が有意に最も大きく、口蓋床装着時が有意に最も小さかった (表2, 図10)。

考 察

口腔内容積の変化が嚥下運動に与える影響については、これまでもいくつかの報告がある。特に、嚥下時の舌運動については、Video Fluoro-scopy¹⁷⁾、超音波^{18, 19)}などを用いた研究から、食塊を咽頭へ送りこむときに舌尖は口蓋へ向かって運動し、舌後方は最初

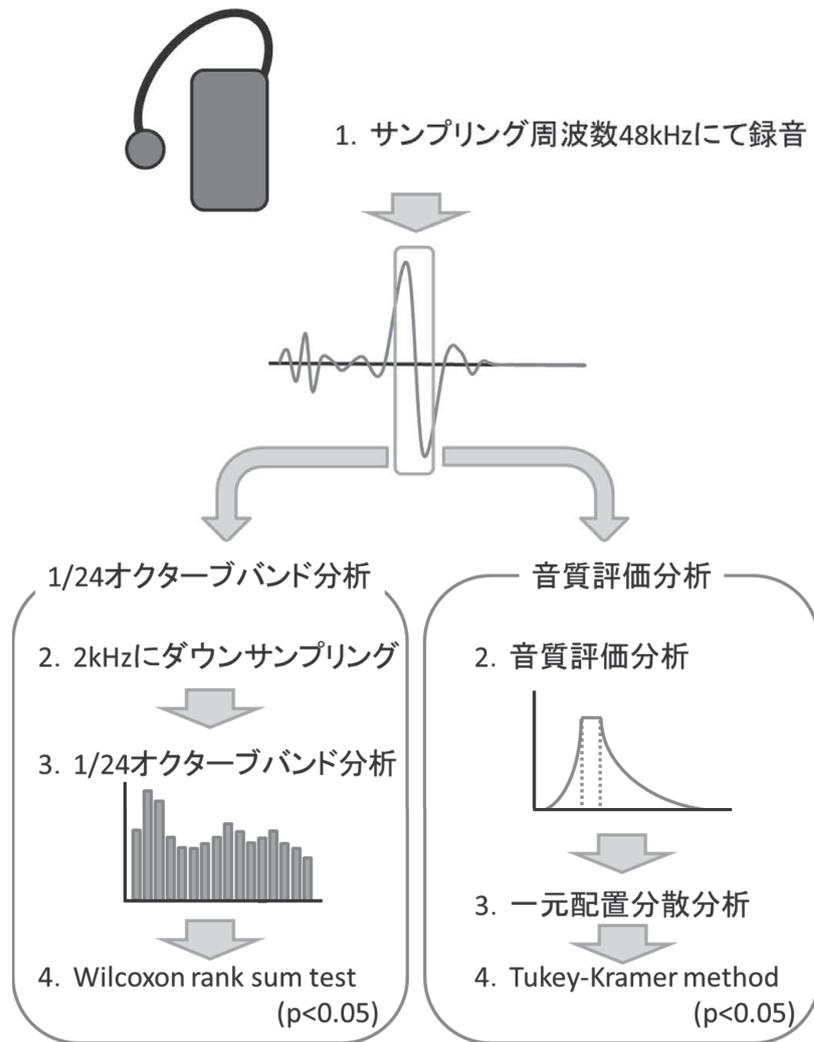


図5 テータ処理, 実験の手順

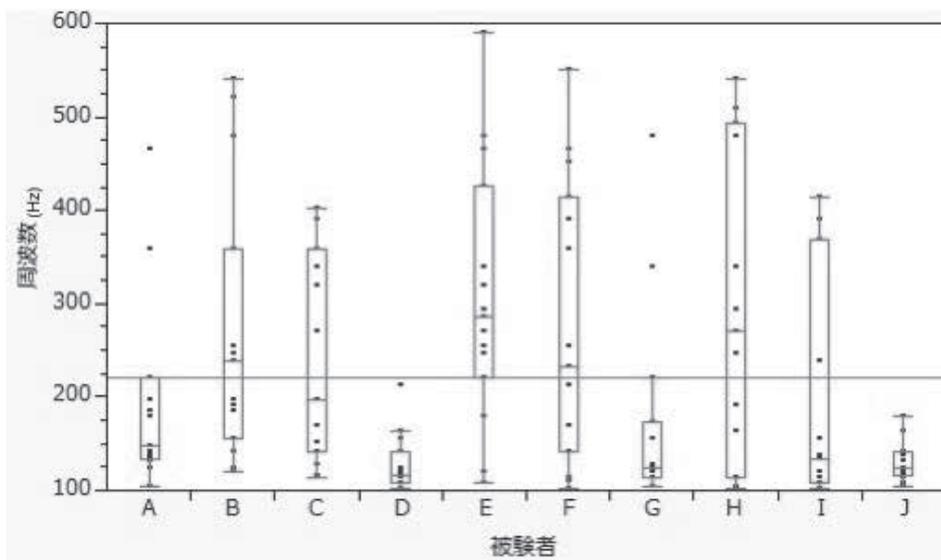


図6 非装着時の周波数の分布

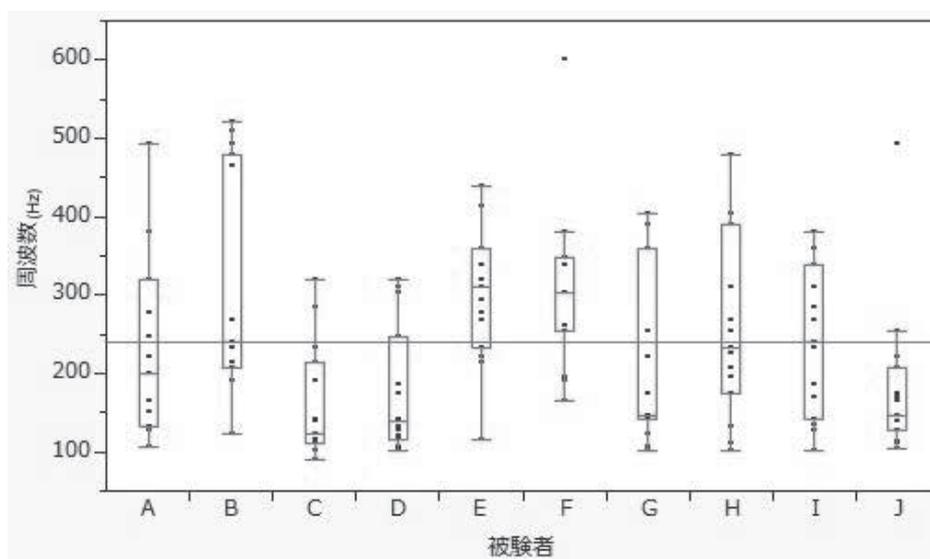


図7 口蓋床装着時における周波数の分布

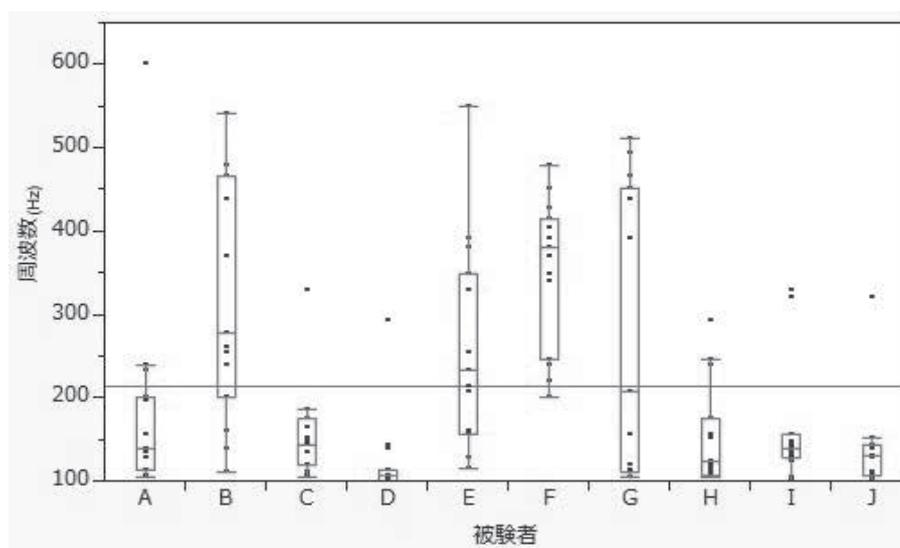


図8 咬合床装着時における周波数の分布

表1 1/24 オクターブバンド分析における周波数の平均値

被験者	実験床非装着時	口蓋床装着時	咬合床装着時
A	191.8 ± 98.06	228.5 ± 110.95	186.3 ± 123.12
B	265.8 ± 142.00	321.5 ± 147.02	312.5 ± 139.07
C	243.3 ± 108.65	159.7 ± 72.01	164.8 ± 70.66
D	126.2 ± 30.93	174.9 ± 19.67	123.0 ± 48.76
E	306.2 ± 135.70	303.4 ± 89.01	261.8 ± 125.88
F	273.9 ± 151.01	307.3 ± 106.55	353.3 ± 87.30
G	168.6 ± 105.72	214.1 ± 109.99	277.2 ± 170.75
H	297.6 ± 168.82	259.1 ± 6.26	151.3 ± 60.64
I	200.4 ± 123.98	242.1 ± 95.05	170.4 ± 80.35
J	130.5 ± 21.02	178.9 ± 96.97	139.7 ± 52.70
Average	220.4 ± 130.67	239.0 ± 115.41	214.0 ± 126.30

[Mean ± 1SD Hz]

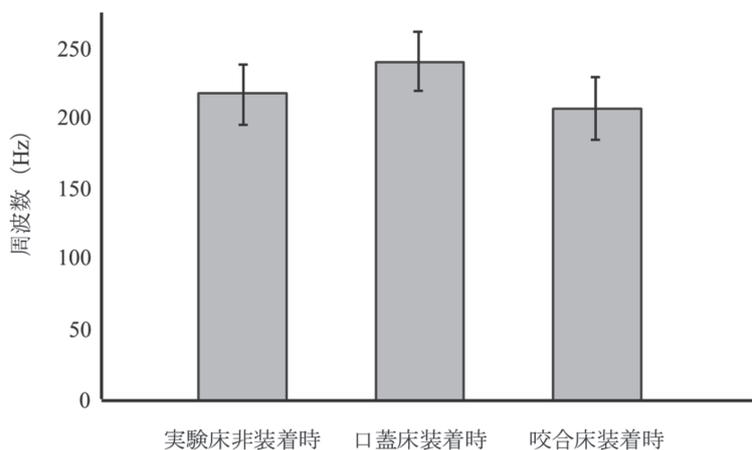


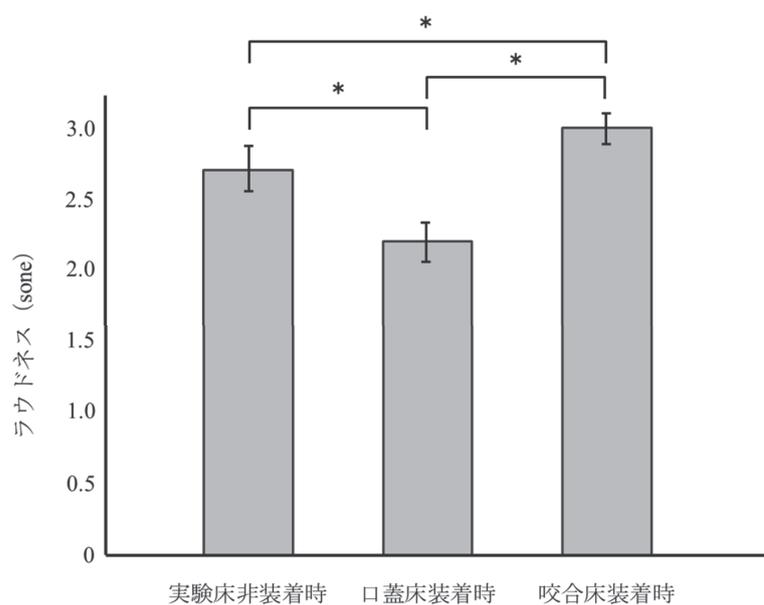
図9 1/24 オクターブバンド分析における周波数の平均値の比較

表2 音質評価指標ラウドネスの平均値

被験者	実験床非装着時		口蓋床装着時		咬合床装着時	
A	2.35	± 0.36	2.48	± 0.20	3.47	± 0.48
B	1.71	± 0.22	1.98	± 0.26	2.22	± 0.40
C	2.65	± 0.60	2.66	± 0.82	3.03	± 0.35
D	2.51	± 0.22	2.46	± 0.30	3.37	± 0.28
E	3.11	± 1.06	1.13	± 0.34	2.59	± 0.29
F	2.49	± 0.60	1.56	± 0.74	2.40	± 0.52
G	2.82	± 0.33	2.36	± 0.71	2.96	± 0.33
H	2.11	± 0.42	2.53	± 0.83	3.25	± 0.91
I	3.61	± 0.90	2.21	± 0.69	3.41	± 0.66
J	3.43	± 0.66	2.69	± 0.49	3.09	± 0.40
Average	2.68	± 0.80 *	2.21	± 0.75 *	2.98	± 0.64 *

[Mean ± 1SD Hz]

*p < 0.05



*p < 0.05

図10 音質評価指標ラウドネスの平均値の比較

舌根へ、その後口蓋へ向かって運動し、舌全体として蠕動運動を行うことが明らかとなっている。古屋²⁰⁾も、切歯乳頭部での舌接触がまず起こり、それに遅れて義歯後縁部での舌接触が開始したと報告している。

嚙下時の舌と口蓋の接触について、萬屋ら²¹⁾は、口蓋床の厚みが増すほど、嚙下時の舌圧最大値、持続時間、積分値は舌後方部で増大する傾向を認めたと報告している。Furuyaら²²⁾は、口蓋の被覆に対する馴化と嚙下機能の経時的变化について検討し、口蓋前方部の舌圧発現開始から口蓋後方部の最大舌圧発現までの時間が経時的に短縮することを報告している。Nagao²³⁾、Solomonら²⁴⁾は、咬合高径が上がるほど嚙下時の舌圧は減少すると報告している。また、中村ら²⁵⁾はスプリントによって咬合が拳上され口腔の容積が増加すると、硬口蓋各部における舌圧発現の順序が乱れ、舌圧持続時間、最大舌圧値、舌圧積分値は、いずれも減少すると報告している。これらの研究の口腔内容積と舌圧の関係に着目すると、口腔内容積の減少は舌圧最大値、持続時間、積分値を増大させ、口腔内容積の増大は舌圧最大値、持続時間、積分値を減少させると思われる。

本研究では、口蓋床装着群、すなわち口腔内容積を減少させた群においてラウドネスは減少し、咬合床装着群、すなわち口腔内容積を増大させた群においてラウドネスは増加した。以上の結果と過去の報告とを照らし合わせると、口腔内容積が減少すると舌圧が増大しラウドネスが減少すること、口腔内容積が増大すると舌圧が減少しラウドネスが増大すると考えられる。

ラウドネスは音の大きさを表す指標で、ラウドネスに影響する因子として、耳の周波数特性、周波数軸上で起こるスペクトルマスキング、時間軸上で起こるテンポラルマスキングがあり、音の周波数、持続時間の両方がラウドネスに影響している。今まで嚙下音音響特性、すなわち周波数特性そのものには特徴的な点があり見られなかったが、本研究で用いたラウドネスは周波数、時間の双方を加味した指標であるため、ラウドネスを用いることで、嚙下音の音響特性において有用な特徴を得ることが可能になる。

以上の結果より、口腔内容積の変化が音質評価指標ラウドネスに影響を及ぼすことが明らかとなり、音質評価指標が従来の音響分析と比較して嚙下音に対して有用であることが示唆された。

音質評価指標は、客観性に富んだ音の評価法として工学、医学、心理学などの広い分野で駆使され、産業分野では一般的に利用されてきた。従来の嚙下音の診査に用いられる頸部聴診法は主観的評価であるのに対し、音質評価指標は単純な物理量ではなく、人間が対

象となる音を聞いたときにどう感じるかを定量化したもので、客観性に富むという特徴があり、本研究の結果より、音質評価指標が従来の音響分析と比較して嚙下音に対して有用であることが示唆された。今後は臨床に応用するためにデータを蓄積し、音質評価指標による検査法を確立する必要がある。

現在の超高齢社会の日本において、嚙下障害やそれに伴う誤嚥性肺炎への対応は不可欠である。適切な予防は必須であり、舌接触補助床の製作もまた、日々の臨床で不可欠である。音質評価指標ラウドネスを用いた嚙下音の診査を応用することで適切な舌接触補助床の製作が可能になれば、誤嚥性肺炎の予防、さらには健康寿命の延伸、高齢者のQOLの向上につながる。

嚙下障害を有する患者の多くは高齢者であり、義歯の装着率も高くなっている⁶⁾。義歯製作時には加齢変化等により低位となった咬合高径を是正するため、咬合拳上が行われることがしばしばある。臨床において咬合拳上を行う際には顔面計測法や使用中の義歯を参考にする方法を用いることが一般的であるが、咬合高径の決定は1つの情報にこだわらず、複数の方法を併用すべきとされている²⁶⁾。機能的な咬合高径の決定法の一つに嚙下運動利用法があり、これは嚙下位が有歯顎者の中心咬合位付近に存在することを利用して、その診査法は曖昧で有用性が高いとはいえない。咬合高径の増減は口腔内容積にも変化を与えるため、本研究で明らかとなった口腔内容積と音質評価指標ラウドネスとの関係は、義歯製作時に義歯による嚙下機能の診査のみならず、咬合高径の診査や決定にも応用できる可能性がある。

今後はより多くのデータの収集を行い、音質評価指標を用いた診査がより正確なものになるよう研究を継続する予定である。

結 論

口腔内容積と嚙下音の関係を明らかにすることを目的とし、実験的床装置を用いて基礎的研究を行い、以下の結果を得た。

1. 実験床による口腔内容積の変化を1/24オクターブバンド分析を用いた解析結果
 - 1) 嚙下音の周波数特性には個人差があり、バラツキが少ない者は10名中4名で、その周波数は220Hz以下であった。
 - 2) 口腔内容積の変化は周波数特性に有意な影響を及ぼさなかった。
2. 実験床による口腔内容積の変化を音質評価指標を用いた解析結果
 - 1) 口腔内容積の増大が音質評価指標ラウドネスを有

意に増加させた。

- 2) 口腔内容積の減少が音質評価指標ラウドネスを有意に減少させた。

以上より、口腔内容積と嚥下音の関係が明らかとなり、音質評価指標ラウドネスを用いた嚥下音の診査の有用性が示唆された。

引用文献

- 1) 成人肺炎診療ガイドライン 2017. 日本呼吸器学会. 2017 : 2-4.
- 2) Teramoto S, Fukuchi Y, Sasaki H, Sato K, Sekizawa K and 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.
- 3) Komiya K, Ishii H, Umeki K, Mizunoe S, Okada F, Johkoh T and Kadota J. Impact of aspiration pneumonia in patients with community-acquired pneumonia and healthcare-associated pneumonia: a multicenter retrospective cohort study. *Respirology.* 2013; 18: 514-521.
- 4) 堀一浩. 舌接触補助床を利用した嚥下機能回復. 顎顔面補綴. 2013 : 36 : 6-10.
- 5) 摂食・嚥下障害, 構音障害に対する舌接触補助床 (PAP) の診療ガイドライン. 日本補綴歯科学会. 2011 : 1-2.
- 6) 平成 28 年歯科疾患実態調査. 厚生労働省 : 15-17.
- 7) 大宿茂. 頸部聴診法. 老年歯学誌. 2014 : 28 : 331-336.
- 8) 平野薫, 高橋浩二, 宇山理紗, 道健一. 頸部聴診法による嚥下時産生音の評価の指標に関する検討. 口科誌. 2001 : 50 : 82-89.
- 9) Zwicker E. Die Grenzen der Hörbarkeit der Amplitudenmodulation und der Frequenzmodulation eines Tones. *Acustica.* 1952; 2: 125-133.
- 10) Zwicker E. Die Verdeckung von Schmalbandgeräuschen durch Sinustöne. *Acustica.* 1954; 4: 415-420.
- 11) Zwicker E and Feldtkeller R. Über die Lautstärke von gleichförmigen Geräuschen. *Acustica.* 1955; 5: 303-316.
- 12) Zwicker E, Flottrop G and Stevens SS. Critical band width in loudness summation. *J Acoust Soc Am.* 1957; 29: 548-557.
- 13) 中村俊介, 古屋純一, 小野高裕, 鈴木哲也. 実験的な固有口腔の拡大に対する口蓋床の装着が嚥下時舌口蓋接触に及ぼす影響. 日摂食嚥下リハ会誌. 2011 ; 15 : 274-283.
- 14) Cook IJ, Dodds WJ, Dantas RO, Kern MK, Massey BT, Shaker R, Hogan WJ. Timing of videofluoroscopic, manometric events, and bolus transit during the oral and pharyngeal phases of swallowing. *Dysphagia.* 1989; 4: 8-15.
- 15) Takahashi K, Groher ME and Michi K. Methodology for detecting swallowing sounds. *Dysphagia.* 1994; 9: 54-62.
- 16) Youmans SR and Stierwalt JAG. An acoustic profile of normal swallowing. *Dysphagia.* 2005; 20: 195-209.
- 17) Kahrilas PJ, Lin S, Logemann JA, Ergun GA and Facchini F. Deglutitive tongue action: volume accommodation and bolus propulsion. *Gastroenterology.* 1993; 104: 152-162.
- 18) Hamlet SL, Stone M and Shawker TH. Posterior tongue grooving in deglutition and speech: preliminary observations. *Dysphagia.* 1988; 3: 65-68.
- 19) Wein B, Bockler R and Klajman S. Temporal reconstruction of sonographic imaging of disturbed tongue movements. *Dysphagia.* 1991; 6: 135-139.
- 20) 古屋純一. 全部床義歯装着が高齢無歯顎者の嚥下機能に及ぼす影響. 口病誌. 1999 ; 66 : 361-369.
- 21) 萬屋陽, 田村文誉, 向井美恵. 口蓋部舌圧測定による舌運動評価—口蓋床の厚みが嚥下時舌運動に与える影響—. 日摂食嚥下リハ会誌. 2002 ; 6 : 93-103.
- 22) Furuya J, Suzuki A, Suzuki T, Oda N and Kobayashi T. Temporal changes in swallowing function caused by a palate covering. *Prosthodont Res Pract.* 2008; 7: 97-103.
- 23) Nagao K, Kitaoka N, Kawano F, Komoda J and Ichikawa T. Influence of changes in occlusal vertical dimension tongue pressure to palate during swallowing. *Prosthodont Res Pract.* 2002; 1: 16-23.
- 24) Solomon NP and Munson B. The effect of jaw position on measures of tongue strength and endurance. *J Speech Lang Hear Res.* 2004; 47: 584-594.
- 25) 中村俊介, 古屋純一, 小野高裕, 鈴木哲也. 実験的な固有口腔の拡大に対する口蓋床の装着が嚥下時舌口蓋接触に及ぼす影響. 岩手大歯誌. 2011 ; 15 : 274-283.
- 26) 有床義歯補綴診療のガイドライン. 日本補綴歯科学会. 2007 : 11-14.