

令和 4 年 6 月 1 日現在

機関番号：13101

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2019～2021

課題番号：19K24115

研究課題名(和文) 咽頭残留に影響する嚥下機能・食物性の探索 - レトロネーザルを用いた咽頭残留評価 -

研究課題名(英文) Exploration of swallowing function and food properties affecting pharyngeal residues -Evaluation of pharyngeal residues by retronasal aroma-

研究代表者

大川 純平 (Okawa, Jumpei)

新潟大学・医歯学系・助教

研究者番号：10846041

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,200,000円

研究成果の概要(和文)：咽頭への食品の残留(咽頭残留)は、誤嚥性肺炎の原因となるが、その残留量を評価する方法は確立されていない。食品摂取時に放出される香りは、咽頭を経由して鼻腔に届くことから、鼻腔から香りの強さを測定することで、咽頭残留量を評価できると考えた。健康成人にて、香料を咽頭に注入しニオイセンサを用いて香りの強さを評価した結果、咽頭注入量の増加に伴い香り強さも大きくなった。また、香気量を推定する近似曲線を算出することで、短い時間での咽頭残留量の評価が可能となった。さらに、嚥下障害者の食事に用いられるトロミ水は安定した香りを放出することから、嚥下障害者においても咽頭残留量を評価できる可能性が示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

超高齢社会を迎えた日本では、肺炎は死因の第3位を占め、その多くは誤嚥性肺炎である。しかし、誤嚥の原因となる食品の咽頭への残留を簡便かつ定量的に評価する方法は確立されておらず、多くは嚥下造影や嚥下内視鏡による定性的な評価にとどまっている。そこで、食品から放出された香りが咽頭から鼻腔へと流れる経路(レトロネーザル)に着目し、香りの強さを測定することで咽頭残留の量を測定する研究を行っている。本研究から、咽頭残留の簡便かつ定量的な評価が可能となれば、食物物性や嚥下機能と関連付けた咽頭残留の評価が可能となり、嚥下障害の病態解明やリハビリテーションに貢献できるものと考えている。

研究成果の概要(英文)：Residual food in the pharynx (pharyngeal residue) causes aspiration pneumonia, however no method has been established to assess its residual amount. The aroma released from food during eating is transported to the nasal cavity via the pharynx. We hypothesized that the amount of the pharyngeal residue can be evaluated by measuring the aroma intensity from the nostrils.

Essence was dispensed into the pharynx of healthy adults and the aroma intensity using an odor sensor from the nostril. As a result, the aroma intensity increased as the amount of the essence in the pharynx increased. In addition, by calculating the approximate curve to estimate the aroma intensity, the amount of the pharyngeal residue could be predicted in a short time. Furthermore, the thickened water used for dysphagia patients releases the aroma stably. It is suggested that the amount of the pharyngeal residual can be evaluated in the dysphagia patient.

研究分野：歯科補綴学

キーワード：咽頭残留 嚥下機能 レトロネーザル ニオイセンサ

1. 研究開始当初の背景

超高齢社会を迎えた日本では、肺炎は死因の第3位を占め、その多くは誤嚥性肺炎である。嚥下後に生じる誤嚥は、咽頭残留物が喉頭内に侵入することで起こる。しかしながら、咽頭残留物を簡便で定量的かつ非侵襲的に評価する方法は確立されておらず、多くは口腔内や咽頭内を直接もしくは嚥下内視鏡や嚥下造影で定性的に評価されているのみである。

摂食時において食品の香りを感じるメカニズムとして、レトロネーザルとよばれる食品から放出された香気が咽頭を経由して鼻腔へと流れる経路が存在する。このレトロネーザル経路では、咽頭残留から放出された香気もまた鼻腔へと放出され、その香気量は残留量によって変化すると考えられる。これまで、咽頭残留物をシミュレートした健常者において、ニオイセンサを鼻孔に設置し、呼気に含まれる香気量を測定してきた。その結果、咽頭残留から放出される香気量は、咽頭残留量が増えるにしたがい増加することが明らかとなった。

一方で、嚥下障害者の食事形態で用いられるトロミ水において、高い濃度のトロミは付着性が高く、咽頭に残留しやすいとされているものの、その食品物性と咽頭残留量とに関連した香気量の評価はなされていない。また、トロミ水の物性と嚥下機能、咽頭残留との関連も明らかになっていない。

2. 研究の目的

レトロネーザルを応用した咽頭残留の定量評価法を確立し、咽頭残留と食品物性・嚥下機能との関係を明らかにすることを目的とする。

3. 研究の方法

(1) とろみ試料の嚥下時の生体計測と咽頭残留の違い

嚥下障害者において、誤嚥を防ぐためにとろみ液体を用いることが多い。しかし、とろみ試料はその付着性および凝集性から、健常者においても咽頭残留を起こす可能性があった。また、とろみ調整食品の原料によって咽頭残留の頻度や生体計測に違いが出る可能性があった。そこで、健常者および嚥下障害者での研究にあたり、とろみ調整食品の原料の違いによる咽頭様相および嚥下動態の変化を確認し、本研究でのとろみ調整食品を選択するための予備実験を行った。

被験者は健常成人20名(男性17名、女性3名、年齢 33.0 ± 8.8 歳)とした。被験試料は、原料の異なるとろみ調整食品として、デンプン系、グアガム系、キサンタンガム系の3種類とし、それぞれ $400\text{mPa} \cdot \text{s}$ に調整した。測定装置は、口蓋に貼付した舌圧センサー(ニッタ、大阪)、舌骨上筋群に貼付した表面筋電図(DeLsys Inc.、USA)、嚥下音測定のために輪状軟骨の下縁に貼付した咽喉マイク(南豆無線電機、静岡)、および咽頭残留を観察するための鼻咽喉ファイバースコープ(オリンパス、東京)とした。

術者は、口腔内に試料3mlを注入し、被験者に嚥下を指示した。嚥下後の咽頭残留について、試料間の頻度を比較した。また、嚥下時の舌圧、舌骨上筋群筋活動および嚥下音について、観察した。

(2) 咽頭残留の推定アルゴリズムの精度検証とトロミ水による香気量の変化

これまでの研究から、咽頭残留から放出される香気量は、咽頭残留量が増えるにしたがい増加することが明らかとなっていた。しかし、測定に時間を要し、嚥下障害者での測定は困難と考えられた。そこで、測定時間を短縮するため、はじめに①健常者において推定アルゴリズムを作成することとした。次に、②香料を付与した水試料およびとろみ試料での香気量変化を検証した。とろみ試料は(1)の結果より検討を行い、キサンタンガム系を用いた。

被験試料は1%w/wに希釈したグレープエッセンス(三栄源エフ・エフ・アイ、東京)とした。香気量の測定は、ポータブル型ニオイセンサXP-329IIR(新コスモス電機、東京)を用いた。

① 咽頭残留の推定アルゴリズムの精度検証

被験者は、健常成人10名(男性7名、女性3名、年齢 30.4 ± 4.1 歳)とした。ノーズピースから15cmに切断した内径2mmのネーザルチューブを介して、被験者の鼻孔にニオイセンサを設置した。咽頭残留のシミュレーションを行うため、シリコンチューブ(直径1mm、長さ20cm)を、先端が前歯切縁より12cmの位置になるように咽頭へ留置した。

術者は、口腔内に試料5mlを注入し、被験者に嚥下を指示した。嚥下後、直ちにシリコンチューブを介して試料を咽頭に注入し、咽頭内に試料を保持させた。測定時間は300秒間とした。咽頭に注入した試料は香料0.2、0.4、0.6mlもしくは水0.4ml(コントロール)の4種類とした。各測定後には水を用いて複数回リンス・嚥下させ、香気量がタスク開始前と同等に減少するまで待機した。タスクは、試料4種類に対してそれぞれ1回ずつ計4回行い、順序はランダムに決定し施行した。

測定時間の300秒のうち、測定開始後の短い時間で香気量の経時変化の推定を行うため、近似曲線を導出することとした。嚥下後の香気量の近似曲線の式を導出するにあたっては、指数関数的な減衰を設定した。この理由は、香気は呼吸によりある一定の割合で放出されると考えられ、呼吸は一定の周期で行われていることから時間の関数に置き換えることができると考えたからである。この近似曲線から得られる300秒までの香気量の経時変化について、実際に測定された香気量経時変化との間の決定係数を算出し、精度を検証した。さらに、測定開始後の短時間の区間にて近似曲線の算出および300秒後の推定香気量の算出を行い、咽頭に注入した4種類の試料間の推定香気量の違いを比較した。

② とろみ試料による香気量の変化

被験試料は、(1)の水試料と、とろみ調製食品(つるりんこQuickly、クリニコ、東京)を用いて調整したとろみ試料の2種類とした。(1)と同様に咽頭残留量による香気量の変化を測定するため、各試料0.2ml、0.4ml、0.6mlのそれぞれについて香気量を測定した。ディポーサブルの200ml容器に、とろみ試料を注入し、直ちに密閉した。15cmに切断したネーザルチューブを介してニオイセンサを容器内に接続し、経時的に香気量変化を計測した。測定後は用いた容器を廃棄し、次の測定時には新規の容器を用いることで、香気が残留する影響を排除した。測定は、各試料において5回ずつ実施した。

各試料における香気量の経時変化が収束したときの平均香気量について、試料間で比較検討した。また、各試料の変動係数について検討した。

4. 研究成果

(1) とろみ試料の嚥下時の生体計測と咽頭残留の違い

咽頭残留の発現頻度は水試料でもっとも少なく、とろみ試料では、キサンタンガム系<グアガム系<デンプン系の順となった(図1)。同じ粘度のとろみ試料においても、とろみ調整食品の原料によって咽頭残留の発現頻度に違いが出る可能性が認められた。舌圧は、キサンタンガム系とろみ試料において持続時間が長い傾向があったが、舌骨上筋群筋活動および嚥下音の持続時間は差を認めなかった。

健常者において咽頭残留の頻度が少ないキサンタンガム系は、量の不確定な嚥下後の残留を防ぎ、咽頭残留のシミュレーションを行うためには適していると考えられた。また、嚥下障害者における研究にあたり、安全性の面からも咽頭残留頻度の少ないキサンタンガム系が適していると考えた。そこで、(2)の研究ではキサンタンガム系とろみ調整食品を用いることとした。一方、生体計測から得られたデータでは、咽頭残留に影響する因子が明らかとはならず、嚥下機能の観点からさらなる研究が必要であると考えられた。

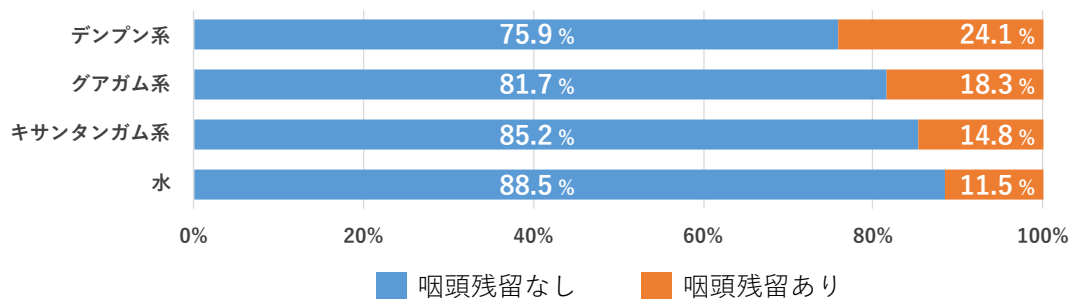


図1. とろみ調整食品による咽頭残留の発生頻度の違い

(2) 咽頭残留の推定アルゴリズムの精度検証とトロミ水による香気量の変化

① 咽頭残留の推定アルゴリズムの精度検証

香気量は嚥下直後に急激に上昇し、およそ30秒後に最大値に達し、その後減少を続け300秒経過後には香気量は収束した。その300秒経過時の香気量は、咽頭注入量が増加するにしたがって香気量も増加した。そこで、最大値となつてから300秒経過までの区間に対して、減衰曲線による近似式を導出した。図2に同一被験者内における各咽頭注入量での近似曲線の例とその決定係数を示す。すべてのタスクにて導出した近似曲線の決定係数の平均は 0.937 ± 0.096 と高い値を示した。

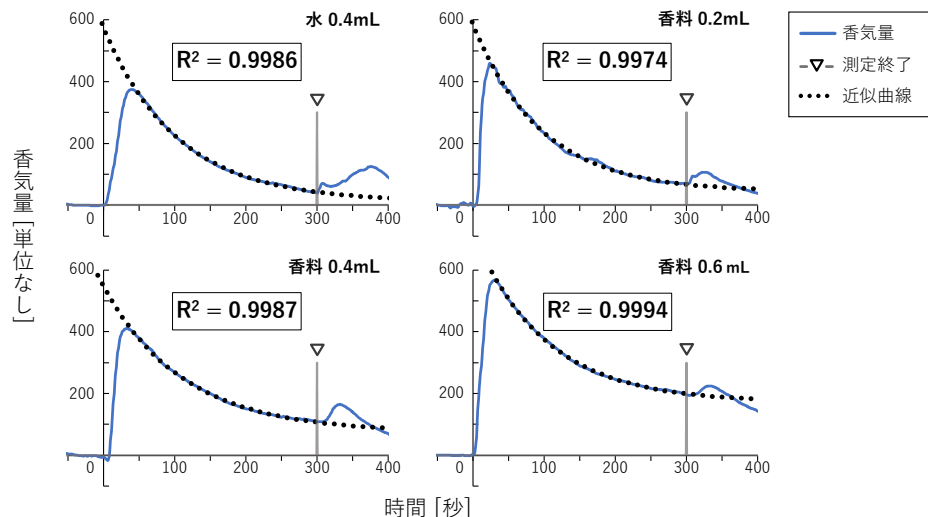


図2. 同一被験者における導出した近似曲線と決定係数 R2 の例

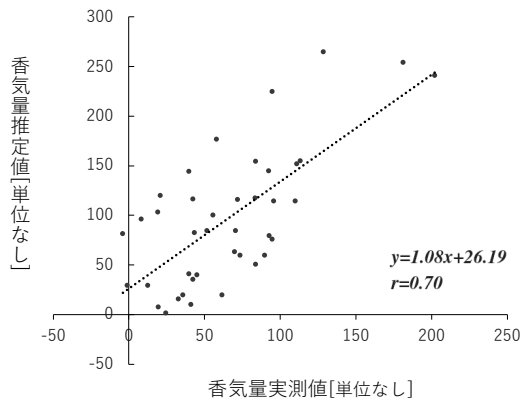


図 3. 香気量の実測値と推定値との相関

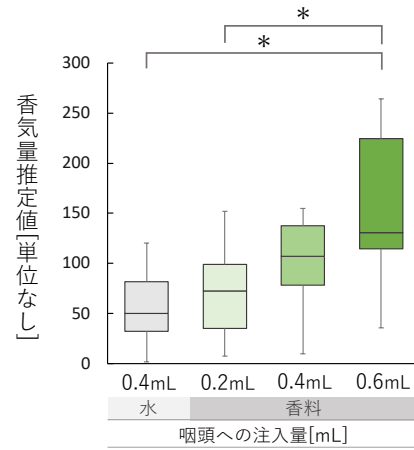


図 4. 各試料における香気量推定値(*:p<0.05)

そこで、さまざまな時間範囲で嚥下後 300 秒後の香気量を推定したところ、嚥下後 80 秒から 120 秒の 40 秒間が短時間でかつ高い精度で近似が可能であった。80 秒から 120 秒の 40 秒間における香気量変化から算出した嚥下後 300 秒後の香気量推定値と香気量実測値との相関を図 3 に示す。80 秒から 120 秒の間で得られた香気量推定値は香気量実測値と強い相関を認め ($r=0.70$, $p<0.01$)、各試料間の香気量推定値の比較では、水 0.4ml と香料 0.6 ml および香料 0.2 ml と 0.6ml との間に有意差を認めた ($p<0.05$) (図 4)。したがって、近似曲線を用いることで、香気量の経時変化を短時間で算出でき、さらに咽頭残留量を推定できる可能性が示唆された。

② トロミ水による香気量の変化

各試料から得られた平均香気量を図 5 に示す。注入量が増加するにしたがい、香気量は増加する傾向を認め、とろみ試料における 0.2ml と 0.4ml との間および 0.2ml と 0.6ml との間に有意差を認めた。これまでの結果から、液体の量や食品の表面積によって香気量は変化することが明らかとなっているが、とろみ試料においては同等の結果に加え、水試料に比べて有意な変化を認めた。これは、とろみ試料では同じ香り濃度の水試料に比べて、同一試料内の香気量のばらつきが小さいためと考えられ、全水試料の変動係数の平均値は 0.11 であるのに対し、全とろみ試料の変動係数の平均値は 0.05 と約半分であった。とろみ試料では容器を振ることによる攪拌によっても試料の形状が変化しづらく、とろみ試料のもつ凝集性によって液面および表面積の変化が抑制された結果、香気放出が安定したためと考えられた。したがって、水試料に比べ、とろみ試料では、香気量を用いてより咽頭残留量を精度良く評価できる可能性がある。

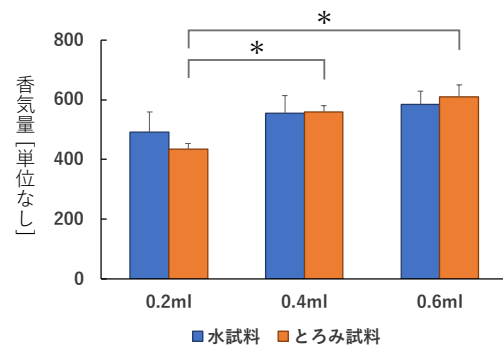


図 5. 各試料の香気量(*:p<0.05)

①、②より、香り付与したとろみ試料を用いて香気量を経時的に測定することにより、咽頭残留量を安定して推定できる可能性が示唆された。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計10件（うち査読付論文 10件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Okawa Jumpei, Hori Kazuhiro, Yoshimoto Tasuku, Salazar Simonne E., Ono Takahiro	4. 巻 8
2. 論文標題 Higher Masticatory Performance and Higher Number of Chewing Strokes Increase Retronasal Aroma	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Frontiers in Nutrition	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3389/fnut.2021.623507	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 Murakami Kazuhiro, Tokuda Yoshitsugu, Hori Kazuhiro, Minagi Yoshitomo, Uehara Fumiko, Okawa Jumpei, Ishihara Sayaka, Nakauma Makoto, Funami Takahiro, Maeda Yoshinobu, Ikebe Kazunori, Ono Takahiro	4. 巻 -
2. 論文標題 Effect of fracture properties of gels on tongue pressure during different phases of squeezing and swallowing	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Texture Studies	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1111/jtxs.12593	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Hori Kazuhiro, Uehara Fumiko, Yamaga Yoshio, Yoshimura Shogo, Okawa Jumpei, Tanimura Motoki, Ono Takahiro	4. 巻 -
2. 論文標題 Reliability of a novel wearable device to measure chewing frequency	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Prosthodontic Research	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.2186/jpr.JPR_D_20_00032	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Shitara Satoko, Fujiwara Shigehiro, Okawa Jumpei, Kodama Shohei, Hori Kazuhiro, Ono Takahiro	4. 巻 47
2. 論文標題 Coordination between lingual motion and pressure production during dipper/tipper type swallows	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Oral Rehabilitation	6. 最初と最後の頁 1479 ~ 1488
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1111/joor.13079	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Uehara Fumiko, Hori Kazuhiro, Murakami Kazuhiro, Okawa Jumpei, Ono Takahiro	4. 巻 11
2. 論文標題 Differentiation of Feeding Behaviors Based on Masseter and Supra-Hyoid Muscle Activity	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Frontiers in Physiology	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fphys.2020.00618	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Okawa Jumpei, Hori Kazuhiro, Fujiwara Shigehiro, Uehara Fumiko, Shitara Satoko, Kodama Shohei, Ono Takahiro	4. 巻 -
2. 論文標題 Estimation of pharyngeal residue after swallowing by retronasal aroma	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Oral Rehabilitation	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/joor.12974	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Salazar Simonne, Hori Kazuhiro, Uehara Fumiko, Okawa Jumpei, Shibata Akihideo, Higashimori Mitsuru, Nokubi Takashi, Ono Takahiro	4. 巻 64
2. 論文標題 Masticatory performance analysis using photographic image of gummy jelly	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Prosthodontic Research	6. 最初と最後の頁 48 ~ 54
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jpor.2019.04.010	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Kodama Shohei, Fujiwara Shigehiro, Okawa Jumpei, Shitara Satoko, Hori Kazuhiro, Ono Takahiro	4. 巻 48
2. 論文標題 Modulation of tongue motion and tongue pressure during liquid swallowing with different bolus volumes	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Oral Rehabilitation	6. 最初と最後の頁 1243 ~ 1251
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/joor.13248	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Fujiwara Shigehiro, Hori Kazuhiro, Shitara Satoko, Okawa Jumpei, Kodama Shohei, Murakami Kazuhiro, Ono Takahiro	4. 巻 48
2. 論文標題 Effect of hard gummy candy chewing on masticatory function	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Oral Rehabilitation	6. 最初と最後の頁 909 ~ 915
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/joor.13208	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Murakami Kazuhiro, Tokuda Yoshitsugu, Hori Kazuhiro, Minagi Yoshitomo, Uehara Fumiko, Okawa Jumpei, Ishihara Sayaka, Nakauma Makoto, Funami Takahiro, Maeda Yoshinobu, Ikebe Kazunori, Ono Takahiro	4. 巻 52
2. 論文標題 Effect of fracture properties of gels on tongue pressure during different phases of squeezing and swallowing	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Texture Studies	6. 最初と最後の頁 303 ~ 313
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/jtxs.12593	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計13件 (うち招待講演 1件 / うち国際学会 4件)

1. 発表者名 大川純平, 堀 一浩, 善本 佑, 小野高裕
2. 発表標題 高い咀嚼能率はレトロネーザルアロマの発生を促進する
3. 学会等名 令和2年度日本補綴歯科学会関東支部学術大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 早川結樹, 加藤麻奈, 大川純平, 堀 一浩, 伊藤彩子, 川上智美, 宮地一裕, 小野高裕
2. 発表標題 異なる素材を用いて調製したとろみ液の飲み込み特性とレオロジー特性
3. 学会等名 日本咀嚼学会第31回学術大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 重本心平, 堀 一浩, 大川純平, 宮島 久, 小野高裕
2. 発表標題 総合病院入院中の嚥下障害患者における咀嚼・嚥下機能と食事形態
3. 学会等名 日本咀嚼学会第31回学術大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Salazar S, Hori K, Uehara F, Okawa J, Shibata A, Higashimori M, Nokubi T, Ono T
2. 発表標題 Masticatory performance analysis using photographic image of gummy jelly.
3. 学会等名 97th General Session of International Association of Dental Research (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hori K, Okawa J, Salazar S, Ono T
2. 発表標題 Influence of masticatory performance and chewing strokes on retro-nasal aroma.
3. 学会等名 31th Conference of the Society of Oral Physiology (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 設樂仁子, 藤原茂弘, 堀一浩, 兒玉匠平, 大川純平, 小野高裕
2. 発表標題 舌運動モーションキャプチャと舌圧測定を用いた舌癌切除患者の舌運動評価
3. 学会等名 日本口腔リハビリテーション学会第33回学術大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 大川純平, 堀 一浩, 小野高裕
2. 発表標題 液体嚥下時舌圧と咽頭流入様相との関連
3. 学会等名 日本口腔リハビリテーション学会第33回学術大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 兒玉匠平, 藤原茂弘, 堀 一浩, 設樂仁子, 大川純平, 小野高裕
2. 発表標題 とろみ水嚥下時の舌運動と舌圧発現様相との関係
3. 学会等名 第25回日本摂食嚥下リハビリテーション学会学術大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 上原文子, 堀 一浩, 村上和裕, 大川純平, 小野高裕
2. 発表標題 咬筋・舌骨上筋群筋活動様相の違いから摂食様式を判別する新たな試み
3. 学会等名 令和元年度新潟歯学会第1回例会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 兒玉匠平, 藤原茂弘, 設樂仁子, 大川純平, 堀 一浩, 小野高裕
2. 発表標題 Dipper嚥下時の舌運動と舌圧産生様相との関係
3. 学会等名 令和元年度新潟歯学会第1回例会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Jumpei Okawa, Kazuhiro Hori, Tasuku Yoshimoto, Takahiro Ono
2. 発表標題 Your Urge to Swallow may be Influenced by Retronasal Aroma
3. 学会等名 6th International Conference on Food Oral Processing 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Jumpei Okawa, Kazuhiro Hori, Fumiko Uehara, Shohei Kodama, Satoko Shitara, Takahiro Ono
2. 発表標題 Detection of Pharyngeal Residue after Swallowing using Odor Sensor
3. 学会等名 World Dysphagia Summit 2020 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 大川純平、堀一浩、設樂仁子、兒玉匠平、小野高裕
2. 発表標題 舌運動と舌圧との同時計測による嚥下動態の解析
3. 学会等名 LIFE 2020-2021 (招待講演)
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------