

令和 2 年 7 月 5 日現在

機関番号：13101

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K12041

研究課題名(和文) 加齢に伴う摂食関連機能と形態変化ならびにその関係

研究課題名(英文) Age related change in ingestion related function and anatomy and its relationship

研究代表者

小野 和宏 (Ono, Kazuhiro)

新潟大学・医歯学系・教授

研究者番号：40224266

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、嚥下機能に深くかかわる舌機能と舌骨筋活動の関係を明らかにする目的で、嚥下造影検査ならびに筋電図と舌圧の同時記録を行った。

舌圧値は、後方部より前方部舌挙上運動が有意に高く、舌骨下筋群で前方部より後方部が有意に高かった。継続的な舌圧発揮時に舌骨群活動は経時的な上昇、平均周波数は低下した。舌骨上筋群および舌骨下筋群は、舌圧を維持するために筋活動のパターンを変化させることによって舌筋の急速な疲労を補っていると考えられた。さらに、前方挙上運動よりも後方挙上運動で舌骨・喉頭はより前方に水平移動し、喉頭の垂直移動量は大きくなった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

摂食嚥下機能に重要な役割を果たす舌や嚥下運動の遂行にとって欠かせない舌骨喉頭挙上の運動とこれらの関連の一端を明らかにできたことから、食べる機能の障害を的確に診断して、適切な治療的アプローチを考える上で、緩慢で不完全な食塊移送の回復や食塊残留・誤嚥予防に向けた適切なりハビリテーション方法を考えるための有用な基礎データを提供できたという点においてその臨床的・学術的意義は大きい。さらに今後ますますの増加が見込まれる要介護高齢者や摂食嚥下障害の診断精度の向上や治療技術開発へのヒントになったことで、医療費や介護負担の軽減につながる期待をもたせるという意味で、その社会的意義は大きい。

研究成果の概要(英文)：The present study performed simultaneous recordings of hyoid EMG, tongue pressure and videofluoroscopic images to clarify the relationship between the lingual motor function and hyoid and laryngeal movements.

Tongue pressure at anterior portion was significantly higher than that at posterior portion. Hyoid EMG activity was significantly higher at the anterior tongue pressure generation than that at the posterior tongue pressure generation. During 10 sec sustained tongue pressure measurement, EMG activity increased and the power frequency of EMG burst decreased. These results suggest that the hyoid muscles can compensate for the fatigue of tongue muscles during tongue pressure measurement. Further, hyolaryngeal movements were larger during the posterior tongue pressure generation than those during the anterior tongue pressure generation.

研究分野：口腔外科学

キーワード：歯科 高齢者 嚥下障害 舌圧 舌骨筋 喉頭位 舌骨位

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

近年、超高齢社会の到来に伴う要介護高齢者の増加によって摂食嚥下障害の問題が顕在化してきた。要介護高齢者では多くの基礎疾患をもつことに加えて、認知機能の低下や介護などの環境要因が摂食嚥下障害の病態に影響を与えるだけでなく、その予後を左右する。摂食嚥下障害がもたらす経口摂取の制限や栄養不良は、患者個人の生活の質(QOL)の低下を招き、さらに介護する家族などへの肉体的・精神的負担の増加につながるという点において社会問題として捉えるべきである。

嚥下障害に伴う誤嚥性肺炎の危険に対しては、食事中の危険を回避するための様々な臨床的対策が取られているが、重度な摂食嚥下障害を呈して経口摂取を行っていない症例においても、唾液の分泌量が減少して口腔内細菌が増加することによる唾液誤嚥などが心配されていることから、摂食嚥下リハビリテーションの臨床場面においては、経管栄養などの対症療法のみならず、関連筋の維持・回復を図る効果的・効率的な理学療法の実施やそのための正確な臨床診断が必要となる。

臨床の現場において、摂食嚥下機能を評価する検査には嚥下内視鏡検査(VE)、嚥下造影検査(VF)などがある。これらの検査は、実際には機能に関わる個々の運動・感覚要素を評価することよりも、検査の過程で用いられる飲食物や検査食の嚥下後の状態をみることによって、患者が食べることのできる食形態の検討やとるべき姿勢などを検討しながら、より安全に食べることができ環境作りという点で用いられることが多い。

摂食嚥下機能に関連した加齢変化のひとつに舌骨・喉頭下垂がある。VF検査を用いた過去の研究では、舌骨の移動の遅延により嚥下前の食塊の咽頭・喉頭侵入の可能性を高める(Martin-Harris B. et al, 2007)、舌骨・喉頭複合体の前方移動の低下は、喉頭侵入・誤嚥のリスクを高める(Steele et al, 2011)、頭頸部腫瘍術後患者では摂食嚥下障害の重症化と舌骨移動量の減少との間に関連が認められる(Zu et al, 2011)など、舌骨の位置と嚥下機能との関連が報告されている。

申請者らは、健常者と摂食嚥下障害患者における同一条件下で記録された画像データから、1)患者群では、随意嚥下開始から嚥下反射惹起までの時間が延長したが、その後の舌骨運動の時間経過、すなわち嚥下咽頭期における舌骨運動にかかる時間については両群で差が認められない、2)食塊移送時間は口腔、咽頭ともに患者群で延長しており、運動パターンと食塊位置のバランスが崩れる、3)舌骨位や舌骨運動量は両群で有意な差が認められなかった、などの結果を得ている。しかし、舌骨や甲状軟骨の正確な病態把握のためには、VF画像を用いるだけでなく、筋電図や口腔・咽頭内圧などの他のパラメータを含めた多角的アプローチを行うこと、さらに年齢・原因疾患別に機能と形態の関係性を明らかにする必要があるが、両者の関係を定量的に求めた研究は非常に少ない。

摂食嚥下障害の臨床的アプローチである訓練のひとつに舌可動域拡大訓練や舌抵抗力を求める訓練など、舌をターゲットとする運動訓練がある。嚥下時の舌機能としては、食塊の口腔・咽頭移送、舌骨甲状軟骨挙上に伴う喉頭閉鎖や食道入口部開大など様々であることから、これらの運動負荷が嚥下機能に全体に与える効果は期待ができる。しかし、舌運動機能の直接的な定量評価は難しく、舌機能が嚥下時口腔・咽頭機能にどのように関与するかの詳細については必ずしも明らかにされていない。

### 2. 研究の目的

舌の運動機能が摂食嚥下機能、ことに舌骨喉頭運動にもたらす影響を明らかにするために、(1)舌の前方および後方挙上運動時の舌圧と舌骨上下筋筋電図を記録し、両者の運動様式の違いを比較検討する。(2)舌運動時の舌骨上下筋群筋電図活動特性、舌骨と喉頭の運動パターン特性を比較定量化する。

### 3. 研究の方法

#### 実験 1

対象は健常成人 20 名(男性 11 名、女性 9 名、平均年齢 27.5 歳)として、舌圧ならびに表面筋電位を記録した。舌圧測定にはバルーン型舌圧測定器を用い、プローブを切歯乳頭部に位置づけした舌前方挙上運動および硬口蓋後方に位置づけした舌後方挙上運動時の口蓋に対する舌圧を測定した。表面筋電図測定のために双極性電極を使用し、これを右側の顎二腹筋相当部(suprahyoid muscles, Supra)ならびに甲状舌骨筋相当部(infrahyoid muscles, Intra)に貼付した。

測定は座位で足底接地した状態で行った。被験者には最大力で 7 秒間、舌と口蓋の間のバルーンを押しつぶすように指示した(図 1)。この際、舌前方挙上(Ant)、舌後方挙上(Post)の順に各 3 回測定し、その間の舌圧および表面筋電図を同時記録した。各施行間には 10 秒の休息時間を設定した。筋電図はサンプリング周波数 1kHz で増幅後に、AD コンバータを介して PC に取り込み、舌圧波形は CSV データに変換後オフラインにて PC に取り込み、時間と同期させた後に専用ソフトウェアを用いて解析した。

はじめに舌圧積分値、全波整流後の筋電図積分値(筋総活動量)、筋電図平均周波数をパラメータとして、7 秒間の記録における 3 回の試行(1st vs 2nd vs 3rd)と挙上部位(Ant vs Post)の条件間で比較した。次に測定対象区間で 1~4 秒を Early、4~7 秒を Late のステージに分

類して、経時的变化を検証した。統計解析には二元配置反復測定分散分析を用いた。

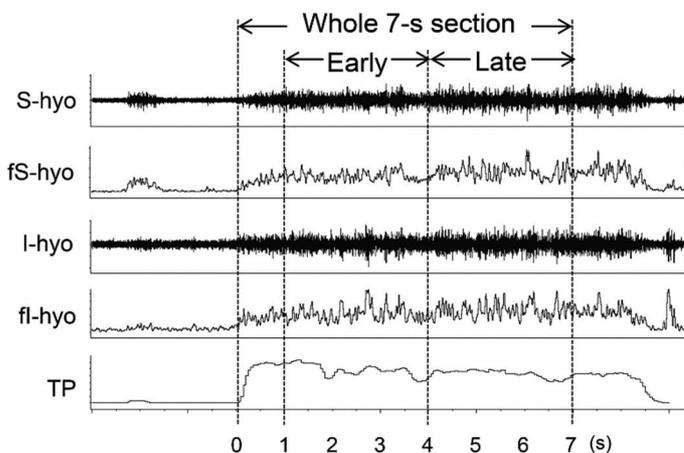


図1．Ant 時の同時記録例．上から舌骨上筋群筋電図 (S-hyo), 全波整流, 同移動平均後の波形, 舌骨下筋群筋電図 (I-hyo), 同全波整流, 移動平均後の波形, 舌圧 (TP)。

## 実験 2

対象は健康成人 16 名 (男性 9 名, 女性 7 名, 平均年齢 30.3 歳) として, 舌圧ならびに表面筋電位を記録した。舌圧, 筋電図計測法は実験 1 と同様とした。加えて, X 線透視画像から得られた舌骨喉頭位を計測し, 第 4 頸椎を基準点とした移動量を計測した (図 2)。

測定は座位で足底接地した状態で行った。実験 1 の結果をより反映させ, 疲労を引き起こす目的で, 被験者には最大の力で 10 秒間, 舌と口蓋の間のバルーンを押しつぶすように指示した (Ant および Post)。

本実験では随意性にて最大限の力を 100% として, 初めに 100%Ant および 100%Post の平均最大値を計算した。その後, 80%Ant, 100%Ant, 80%Post, 100%Post の順で 10 秒間の施行を行い, 記録中は視覚的なフィードバックを行った。

実験 1 同様に, はじめに舌圧積分値, 全波整流後の筋電図積分値 (筋総活動量), 筋電図平均周波数をパラメータとして, 7 秒間の記録における 3 回の試行 (1st vs 2nd vs 3rd), 挙上部位 (舌前方 vs 舌後方), 強度 (80% vs 100%) の条件間で比較した。舌骨喉頭位についても同様の要因分析を行った。

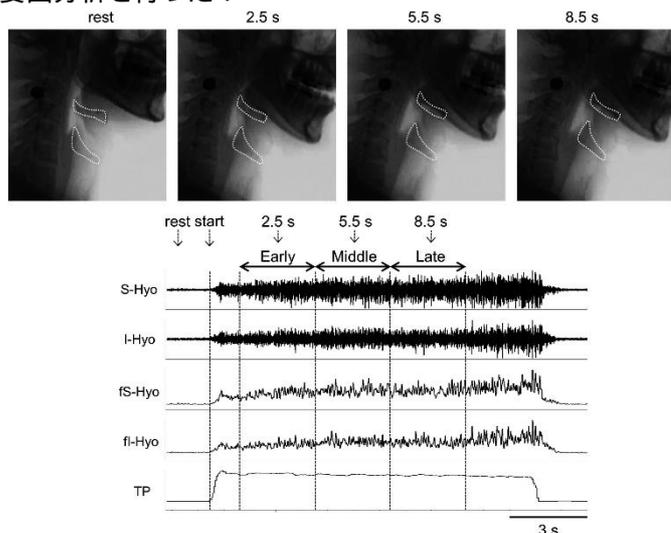


図 2．Ant 時の同時記録例．上から嚥下造影検査画像, 舌骨上筋群筋電図 (S-hyo), 全波整流, 同移動平均後の波形, 舌骨下筋群筋電図 (I-hyo), 同全波整流, 移動平均後の波形, 舌圧 (TP)。

## 4．研究成果

### 実験 1

7 秒間全体について, 舌挙上部位による違いを比較したところ, 舌圧積分値については Post に比べて Ant 時で有意に高かったのに対して, 3 回の試行間の比較では, 舌骨上筋群の筋電図積分値において, 1 回目と比較し 3 回目が有意に高く, 試行間で有意差を示したため, 以降の経時的变化の分析には, 中間の値であった 2 回目のデータを用いた。

経時的变化を調べたところ, 舌圧積分値の比較では Ant, Post とともに Early と Late の間に有意差を認めなかった (図 3E)。筋電図積分値の比較では, Ant 時に Supra では Late で増加傾向を認めたが有意差がなかったのに対して, Infra において, Late が Early に対して有意に高い値を示した (図 3A, C)。筋電図平均周波数解析を行ったところ, いずれの条件間においても, Early に比して Late で有意に低い値を示した (図 3B, D)。さらに 3 回の試行間の比較では, Supra の積分値が 3 回目に有意に増加したが, 舌圧は有意差を示さなかった。一般に, 筋電図活動の増加は, 筋の運動単位の動員または発火率の増加の結果と考えられる。

舌挙上部位の比較では, 舌圧積分値は Ant で有意に高く, Infra の筋電図の積分値は Post で

有意に高い値を示した。最大舌圧および嚥下時の舌圧は, Ant で大きいことが明らかにされている。さらに Infra の一つである胸骨舌骨筋は舌の後退運動で筋活動が高くなること、嚥下中における喉頭挙上の開始のタイミングと舌骨下筋群には有意な相関があることが報告されている。舌挙上運動による Infra の筋活動の増加が、喉頭挙上に関わる筋群の活性化の促進に寄与する可能性があることから、舌後方の挙上運動は、摂食嚥下リハビリテーションの訓練において舌骨下筋群の筋力を強化するために効果的であることが示唆された。

動物を対象とした形態学・組織化学的研究では、内舌筋の大部分が主に速筋成分からなる II 型線維で構成されていることが報告されている。この傾向はヒトも同様であるとされており、内舌筋は疲労しやすいと考えられる。よって舌挙上時に舌圧を發揮している間、経時的に舌の運動強度が増加すると、舌骨筋は舌圧を維持するために、その筋活動のパターンを変化させることによって舌筋の急速な疲労を補っていることが考えられた。

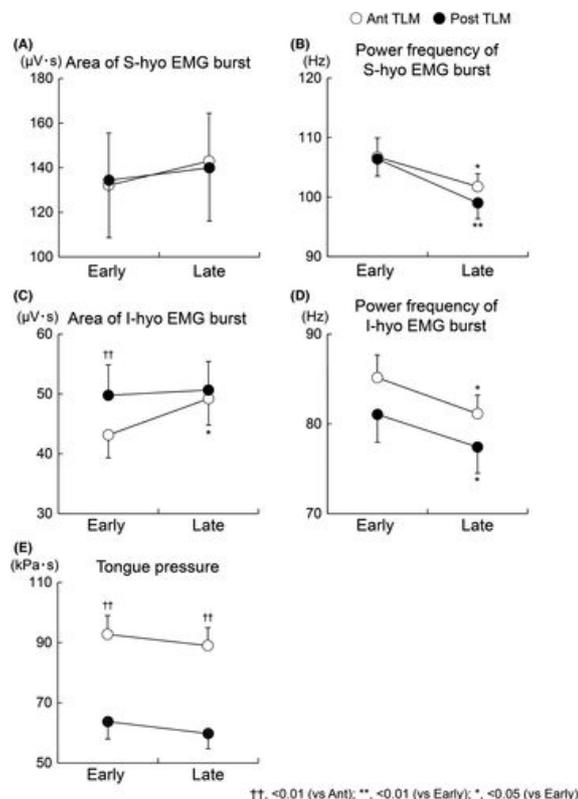


図3. Early と Late 間での各パラメータの比較。A, 舌骨上筋群積分値; B, 舌骨上筋群周波数; C, 舌骨下筋群積分値; D, 舌骨下筋群周波数; E, 舌圧。

## 実験 2

部位間の比較を行ったところ (図 4), 舌圧は 80%, 100%両方のタスクで Post よりも Ant で大きかった。Supra および Infra は 80%よりも 100%で大きかったが、部位間の差は認めなかった。舌骨、喉頭運動ともに、Post よりも Ant でより前方に移動していた (図 5A,D)。また、舌骨・喉頭の垂直移動量と全体の移動量について、前者では条件間で差を認めなかった (図 5B,C) のに対して、後者では Post において大きい結果となった (図 5E,F)。

次いで経時変化の評価を行ったところ、舌圧はすべてのステージで Post よりも Ant の方が大きくステージ間の違いは認めなかった (図 6A)。Supra および Infra はすべてのステージで 80%に比べ 100%で大きく、Late で有意に増加した (図 6B,C)。Supra の平均周波数は 100%Ant, 80%Post および 100%Post で、Middle での平均周波数は Early よりも有意に低かった (図 6D)。Infra の平均周波数は 100%Ant および 80%Post で Early よりも Late で有意な減少を示した (図 6E)。

舌骨移動量は 80%Ant において Early と比較して増加しており、喉頭移動量は 100%Post において Early と比較して Middle, Late で有意に大きかった (図 7)。

舌圧には経時的な変化が認められなかったが、Supra, Infra は経時的に増加し、さらに各筋電位の平均周波数は低下する傾向は実験 1 と合致していた。10 秒間の舌筋の等尺性収縮を伴う舌圧形成を維持するためには、経時的に Supra や Infra が疲労しながら代償的な収縮をもたらす、さらに舌骨喉頭複合体の代償的な挙上を引き起こしていると考えられた。喉頭挙上量の計測の結果から、特に Post タスクが舌骨喉頭複合体の挙上に有効である可能性が示された。以上の結果は、後方部の舌圧形成が嚥下障害患者に対するリハビリテーションとしてより有効である可能性を示唆するものであると考えられた。

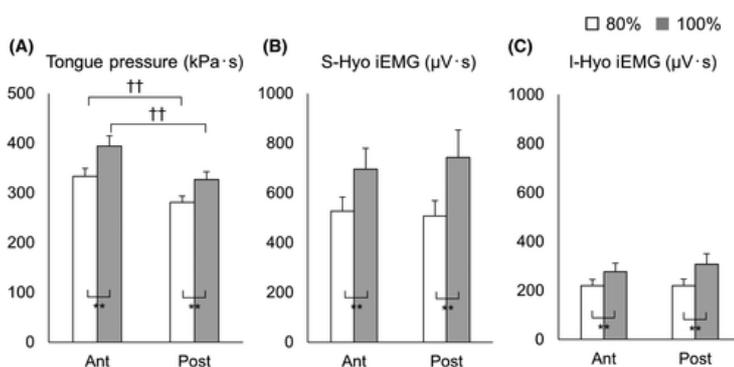


図4. 部位間、強度間の違い (筋電図, 舌圧)。A, 舌圧; B, 舌骨上筋群積分値, C, 舌骨下筋群積分値

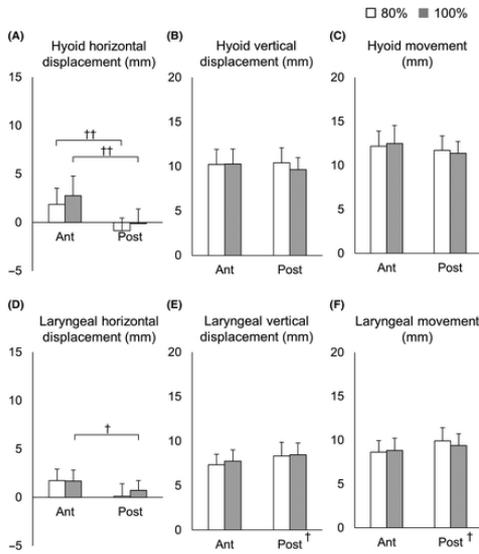


図 5. 部位間, 強度間の違い (舌骨位, 喉頭位). A, 舌骨水平運動距離; B, 舌骨垂直運動距離; C, 舌骨総運動量; D, 喉頭水平運動距離; E, 喉頭垂直運動距離; F, 喉頭総運動距離.

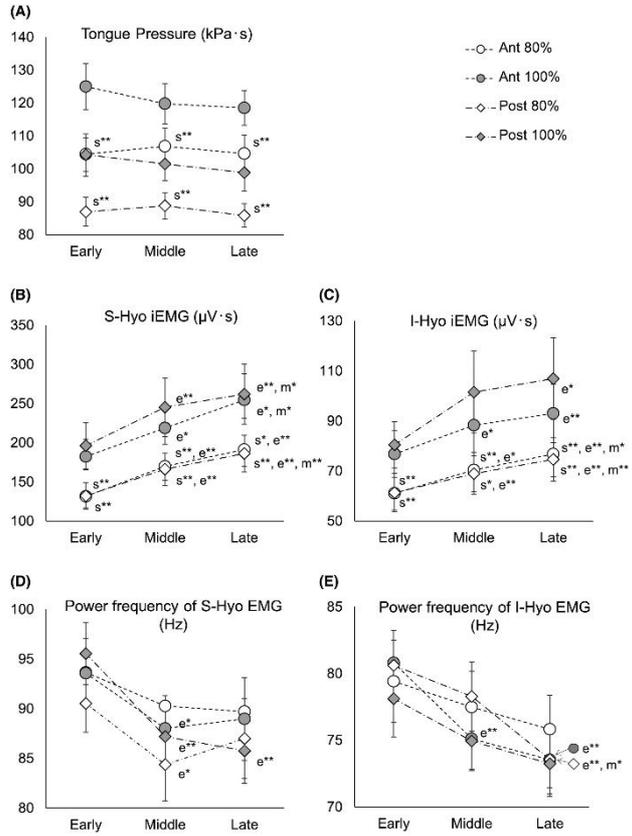


図 6. ステージ間の違い (筋電図, 舌圧). A, 舌圧; B, 舌骨上筋群積分値, C 舌骨下筋群積分値; E, 絶好上筋群周波数; F, 舌骨下筋群周波数.

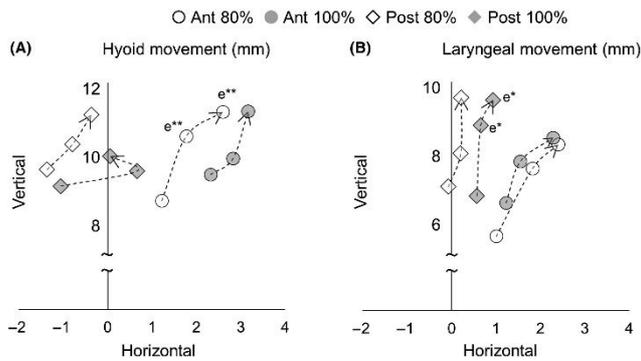


図 7. ステージ間の違い (舌骨位, 喉頭位). A, 舌骨; B, 甲状軟骨. グラフ X 軸は前後方向を示す (正は前方).

5. 主な発表論文等

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

1. 著者名 Koshi Naomi, Magara Jin, Sakai Shogo, Tsujimura Takanori, Ono Kazuhiro, Inoue Makoto	4. 巻 47
2. 論文標題 Properties of hyoid muscle contraction during tongue lift measurement	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Oral Rehabilitation	6. 最初と最後の頁 332 ~ 338
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/joor.12894	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 Sunada Yukako, Magara Jin, Tsujimura Takanori, Ono Kazuhiro, Inoue Makoto	4. 巻 in press
2. 論文標題 Endurance measurement of hyoid muscle activity and hyoid laryngeal position during tongue lift movement	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Oral Rehabilitation	6. 最初と最後の頁 in press
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/joor.12988	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5件（うち招待講演 0件/うち国際学会 0件）

1. 発表者名 砂田悠香子, 真柄 仁, 竹石龍右, 辻村恭憲, 井上 誠
2. 発表標題 舌挙上運動時の舌骨筋活動と舌骨位の評価
3. 学会等名 第24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 2018年

1. 発表者名 砂田悠香子, 真柄 仁, 竹石龍右, 辻村恭憲, 井上 誠
2. 発表標題 舌挙上運動時における舌骨喉頭位と舌骨筋活動の評価
3. 学会等名 平成30年度新潟歯学会 第1回例会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 古志奈緒美, 真柄仁, 酒井翔梧, 鈴木拓, 辻村恭憲, 井上誠
2. 発表標題 健常成人の舌挙上運動時における舌骨筋群の筋活動動態の検討
3. 学会等名 第18回日本語聴覚学会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 古志奈緒美, 真柄仁, 酒井翔梧, 鈴木拓, 辻村恭憲, 井上誠
2. 発表標題 舌圧測定時における舌骨筋群の筋電図学的分析
3. 学会等名 日本顎口腔機能学会第58回学術大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 古志奈緒美, 真柄仁, 鈴木拓, 辻村恭憲, 井上誠
2. 発表標題 舌口蓋押しつけ運動時の舌骨筋活動の特徴
3. 学会等名 第23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 2017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
研究 分担者	井上 誠  (Inoue Makoto)  (00303131)	新潟大学・医歯学系・教授   (13101)	

## 6. 研究組織（つづき）

	氏名 (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分 担 者	真柄 仁  (Magara Jin)  (90452060)	新潟大学・医歯学総合病院・講師     (13101)	