

咬合挙上と水平的な咬合位の変化が舌骨上筋群の筋活動に及ぼす影響

林 晃 成

日本大学大学院歯学研究科歯学専攻
(指導: 植田 耕一郎 教授, 佐藤 光保 助教)

要旨: 過去に咬合挙上や頸部角度の変化が嚥下時の舌骨上筋群の筋活動に及ぼす影響に関する報告はあるが、咬合位の影響を検討した報告はほとんどない。そこで本研究は、咬合挙上に加え咬合位を水平的に変化させた場合の舌骨上筋群の筋活動様相を表面筋電図にて検討した。

対象は健康成人 11 名で、咬頭嵌合位、切端咬合位および最前方位の 3 つの咬合位にてそれぞれ十分な間隔を空け 3 回ずつ空嚥下を行わせた。さらに上下顎共に厚さ 1 mm シートを用いて製作したスプリントを装着し、同様に空嚥下行わせ、その時の舌骨上筋群の筋電図から得られた積分値、持続時間および最大振幅の比較を行った。

結果は、咬頭嵌合位、切端咬合位および最前方位におけるスプリント非装着時と装着時の比較では、積分値、持続時間および最大振幅いずれも有意差は認められなかったが、スプリント装着時の最前方位では、積分値が最も大きな値を示した。また、咬合挙上の有無にかかわらず、咬頭嵌合位から切端咬合位、最前方位と下顎が前方に移動するに伴い、舌骨上筋群の積分値と持続時間は増加する傾向が認められ、最前方位では咬頭嵌合位に比べて、積分値と持続時間が有意に増加した。

以上のことから、下顎位の前方向移動に伴う咬合挙上は、舌骨上筋群の筋活動に影響を及ぼし、嚥下時の舌骨上筋群への負荷増加に寄与することが明らかになった。

キーワード: 舌骨上筋群, 筋電図, 咬合挙上, 嚥下, スプリント

緒 言

超高齢社会の我が国では、要介護高齢者の増加に伴い摂食機能障害患者は増加の一途を辿っている。平成 28 年人口動態統計によると日本人の死因第 3 位は肺炎であり、その 9 割以上が 65 歳以上の高齢者であった。Teramoto ら¹⁾は、肺炎で入院した患者のうち 70 歳以上の高齢者では、誤嚥性肺炎が 8 割近くを占めていたと報告しており、今後さらなる高齢化を迎える我が国において、誤嚥性肺炎の予防は高齢者の健康維持や QOL 向上に重要である。

ヒトの摂食・嚥下は、先行期(認知期)、準備期(咀嚼期)、口腔期、咽頭期、食道期の 5 つに分けられ^{2,3)}、摂食機能訓練では障害のある時期に応じた対応が行われている。誤嚥性肺炎の原因となる誤嚥が生じるのは咽頭期であり、その原因の 1 つに嚥下時の喉頭挙上不全がある⁴⁾。嚥下時には舌骨上筋群の働きにより舌骨が挙上し、これに甲状舌骨筋の収縮が加わると喉頭が前上方に引き上げられ、喉頭蓋が水平に倒れ喉頭口が閉鎖される。さらに、喉頭が前上方に引き上げられることにより、喉頭と脊柱によって挟まれている食道入口部が開大する。しかしながら、舌骨上筋群の筋力が低下すると喉頭挙上が困難となり、嚥下時の喉頭口の閉鎖の遅れや食道入口部の開大不全が起こり、誤嚥を生じやすくなる。そのため喉頭挙

上不全に対しては、舌骨上筋群の筋力強化を目的とする頭部挙上訓練が実施されるが、低栄養や長期間の禁食による嚥下関連筋の廃用により、筋力が低下した患者や意志疎通が困難な患者では、実施が困難となる。他に咽頭期障害に対して行われる訓練としては、嚥下反射の誘発を目的とする冷圧刺激法(thermal tactile stimulation)がある⁵⁻⁹⁾。これは凍らせた綿棒などで口蓋弓や口腔咽頭境界付近を刺激することにより嚥下反射を誘発させる訓練法であるが、舌骨上筋群への負荷による筋力強化の効果は低い。頭部挙上訓練の実施が困難な患者に対し、冷圧刺激法に加えて舌骨上筋群への負荷による筋力強化が期待できる訓練の実施は臨床の場において、有用性が高いと考える。

これまで、嚥下時の舌骨上筋群に関する研究において、乾ら¹⁰⁾は、頸部伸展 40°の姿勢での嚥下時の舌骨上筋群の筋電図積分値と嚥下持続時間が、有意に増加したと報告している。また、若狭ら¹¹⁾は、両側臼歯部咬合面に厚さ 6 mm のレジンプレートを装着し咬合挙上すると、嚥下時の舌骨上筋群の筋電図積分値が有意に増加したと報告している。これらのことから、冷圧刺激法実施時に咬合挙上や頸部の伸展を組み合わせることで、舌骨上筋群により強い負荷をかけることができると考える。しかし、臼歯部における 6 mm 以上の咬合挙上に加え、頸部伸展 40°の状態は被験者の嚥下困難感を増強させ、さらに筋力

(受付: 平成 30 年 1 月 29 日)

〒101-8310 東京都千代田区神田駿河台 1-8-13

の低下した高齢者では実施困難となる可能性がある。そのため、嚥下困難感を軽減させつつ舌骨上筋群に負荷をかける方法を検討する必要がある。さらに、嚥下時の舌骨上筋群筋活動に影響を及ぼす条件として、咬合位の影響を検討した報告はほとんどない。舌骨上筋群に対する筋機能訓練について、高橋ら¹²⁾は、表面筋電図を用いて、舌骨上筋群に対する訓練効果の検討を行い、前舌保持嚥下法では挺舌距離の増加に伴い、嚥下時の舌骨上筋群の筋電図積分値が増加し、挺舌距離の増加が舌骨上筋群筋活動量を増大させ、舌骨上筋群に対する負荷を大きくしたと報告している。嚥下時の舌骨上筋群筋活動の分析について、高橋ら¹³⁾は、もち米、低アミロース米および中アミロース米を用いた米粥の食べやすさの比較において、官能評価とともに舌骨上筋群筋電位を測定し、筋活動時間、最大振幅および積分値を用いて分析を行ったと報告している。しかしながら、咬合挙上と水平的な咬合位の両方の要素を加味して、嚥下時の舌骨上筋群の筋活動量を解析した研究は見当たらない。

そこで本研究は、咬合挙上に加え咬合位を水平的に変化させた場合の舌骨上筋群の筋活動様相を表面筋電図にて検討し、舌骨上筋群の筋力を最も効果的に向上させる方法を明らかにすることを目的とした。

材料および方法

1. 対象

顎関節症や不正咬合の既往がなく、顎口腔機能および摂食嚥下機能に問題のない健常成人 11 名(男性 6 名, 女性 5 名, 25 ~ 34 歳, 平均年齢 29.1 ± 2.4 歳)を対象とした。

2. 測定方法

舌骨上筋群の測定は興津ら¹⁴⁾の方法に従い、オトガイ隆起と下顎角を結んだ線上で前方 1/3 の位置に左右対称となるよう小型 ACT 生体電極(AP-C151(A)-015, ミュ

キ技研)を貼付し、表面筋電図による筋放電活動をオトガイ下より導出した(第 1 図)。舌骨上筋群から導出した信号は、ワイヤレス生体アンプ(Polymate Mini X, ミュキ技研)で増幅し、筋電図解析ソフト Multi Scope PSG ファイルリーダー(メディカルトライシステム)を用いて記録および分析を行った。記録時のサンプリング周波数は 1 kHz とした。嚥下開始は、安静時基線の振幅の最大値を超えた時点とし、嚥下終了は嚥下終了後基線の振幅の最大値に戻った時点とした。得られた筋電図波形より、嚥下開始から終了までの筋電図積分値、嚥下運動の持続時間および最大振幅を評価した(以下それぞれ積分値、持続時間および最大振幅とする)(第 2 図)。

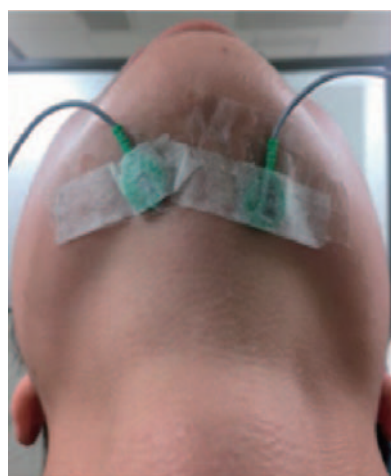
3. 測定条件

被験者には歯科用ユニット上で 90°座位姿勢を取らせ、咬頭嵌合位、切端咬合位および最前方位の 3 つの咬合位にてそれぞれ十分な間隔をあげ 3 回の空嚥下を行わせ、舌骨上筋群筋放電活動を測定した。さらに、事前に被験者から印象採得を行い製作した作業用模型上にて、厚さ 1 mm のスプリントシート(エルゴデント社製義歯床用熱可塑性レジン)を用い製作したシーネ(以下、スプリントとする)を上下顎に装着させ(第 3 図)、同様に各咬合位で 3 回の空嚥下を行わせ、筋放電活動の測定を行った。なおこの際、各咬合位への誘導は事前に十分訓練を行わせた。

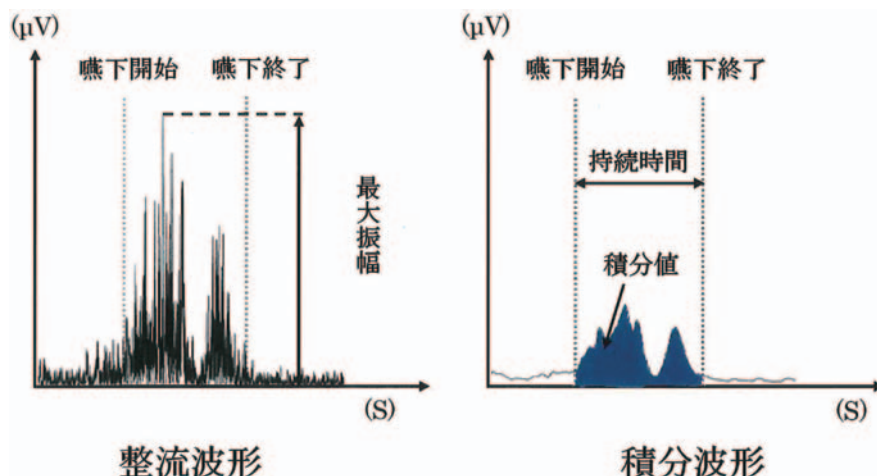
4. 分析項目

咬合挙上と水平的な咬合位の変化が舌骨上筋群に及ぼす影響を検討するため、得られた筋電図をもとに、咬頭嵌合位、切端咬合位および最前方位の各咬合位におけるスプリント非装着時と装着時の計 6 条件について、以下の 3 項目の比較を行った。

- 1) 積分値
- 2) 持続時間



第 1 図 電極貼付位置



第 2 図 表面筋電図解析と分析項目

3) 最大振幅

5. 統計

各評価項目での計測値は各咬合位における空嚥下3回の平均値とした。スプリント非装着時と装着時における各咬合位間の比較には反復測定一元配置分散分析法とBonferroni検定を用いた。なお、有意水準は1%とした。

6. 倫理的配慮

全ての被験者に対して、本研究の主旨および方法について、安易な言葉で十分な説明を行い、書面にて同意を得た。なお、本研究は、日本大学歯学部倫理審査委員会(倫許2013-7)による承認を得た。

結 果

1. 典型的な舌骨上筋群から記録された筋電図波形

スプリント非装着時および装着時の被験者に、咬頭嵌合位、切端咬合位および最前方位それぞれの咬合状態を維持させながら嚥下させ、その際の典型的な舌骨上筋群の筋電波形の記録例を第4図に示した。どの波形をみても、嚥下開始直後から複数のバースト発火を有する筋放電が記録された。また、筋放電はダイナミックレスポンスを示すことなく、嚥下開始から徐々に活動量が増加し、嚥下開始から終了までの時間経過のほぼ中間地点でピークを持つベル型の放電パターンを示した。

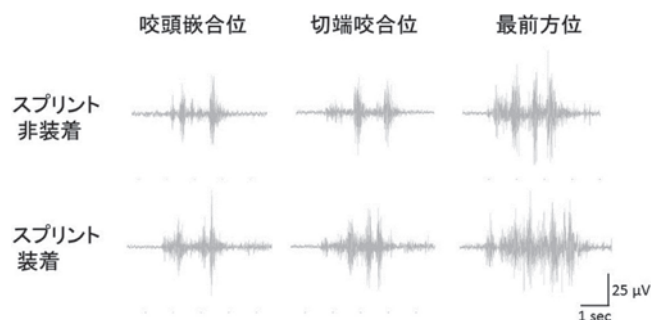
2. 積分値の比較

筋放電の積分値は、嚥下開始から終了までの一連の嚥下過程で記録された全筋放電量を積分して求めた。本研究では、スプリント非装着群および装着群ともに、咬頭嵌合位から切端咬合位、さらに最前方位と下顎が前方移動するに伴って、積分値は増加する傾向を示した(第5図)。スプリント非装着群および装着群に関して、それぞれの咬合位における積分値を比較すると、ややスプリント装着群の方が大きな積分値を示す傾向を認めたものの、両者に有意な違いは認められなかった。また、咬合

位の違いに注目すると、スプリント非装着群では各咬合位間を比較したときに最前方位が最も大きな値を示すものの、それぞれの咬合位の間では有意差は認められなかった。これに対し、スプリント装着群においては、咬頭嵌合位と最前方位を比較すると、最前方位において有意に大きな値を示した($p < 0.01$)。咬合位が異なる場合には、スプリント装着時の最前方位では、咬合挙上の有無に関わらず、咬頭嵌合位に比べて有意に大きな値を示した($p < 0.01$)。また、スプリント非装着時の最前方位では、装着時の咬頭嵌合位に比べて有意に大きな値を認めた($p < 0.01$)。

3. 持続時間の比較

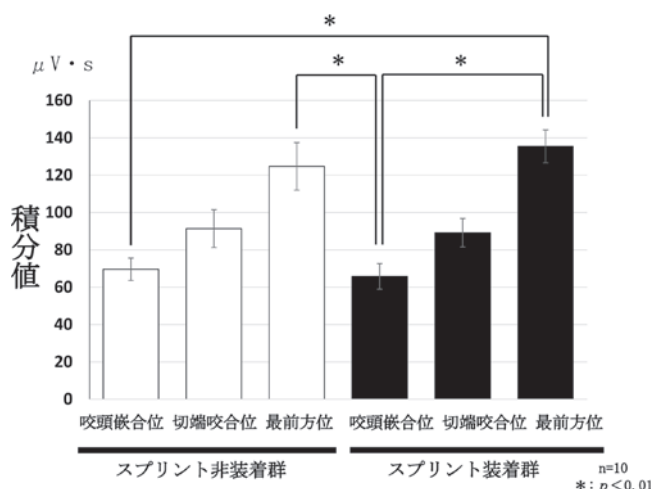
筋放電持続時間についても、積分値と同様に同じ咬合位では、スプリント非装着群と装着群とでは有意差は認められなかった(第6図)。これに対し、咬合位に注目して持続時間を比較すると、スプリント非装着群および装着群ともに、咬頭嵌合位に比べ最前方位で有意に大きな値を示した($p < 0.01$)。一方、スプリント装着の有無および咬合位の両方の要素を加味して持続時間を比較すると、スプリント装着時の最前方位はスプリント非装着時



第4図 スプリント非装着時および装着時の各咬合位で記録された典型的な表面筋電図波形



第3図 スプリント口腔内装着



第5図 スプリント非装着時および装着時における積分値の比較

の咬頭嵌合位より有意に大きな値を示し、また、スプリント非装着時の最前方位はスプリント装着時の咬頭嵌合位より有意に大きな値を示した($p < 0.01$)。

4. 最大振幅の比較

最大振幅については、スプリント装着群において、咬頭嵌合位から切端咬合位、最前方位と下顎が前方移動するにしたがって徐々に大きくなる傾向を認めたが、有意差は認めなかった。また、スプリント非装着群においては、咬合位の違いによる変化は観察されなかった(第7図)。

考 察

1. 表面筋放電の発火パターン

本研究において、嚥下時にオトガイ下部より導出した表面筋電図波形は、複数のバースト放電を示していた(第4図)。咬筋や顎二腹筋などの単一の筋肉から記録される筋放電は複数のバーストを示すことなく、顎運動に伴って単峰性で持続的な波形として記録される¹⁵⁾。舌骨上筋群は複数の筋によって成り立っており、嚥下時にはこれら複数の筋が連続的に活動することによって、嚥下運動が引き起こされる¹⁶⁾。このことから、本研究で嚥下時に記録されたバースト状の筋放電は、舌骨上部に存在する複数の嚥下関連筋活動が嚥下の進行に従ってバースト発射として記録された可能性があるかと推察される。

2. 筋放電に対する咬合挙上の影響

これまでの研究では、咬合挙上は舌骨上筋群の筋活動に及ぼす影響に関する報告は少数あるが、その中でも若狭ら¹¹⁾は両側臼歯部に10 mm(縦)×10 mm(横)で厚さ6 mmのレジンプレート装着した状態で嚥下を行うと、舌骨上筋群の筋電図積分値が有意に増加したが、1 mmと3 mmの咬合挙上では有意差は認められなかったと報告している。このことから、単純に咬合を挙上しただけ

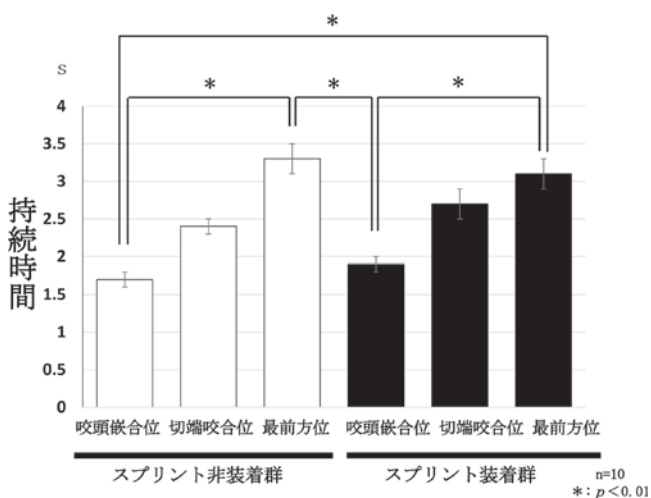
では舌骨上筋群の活動性を高めることはできないと考えられる。

そこで、本研究では、スプリントによる咬合挙上だけでなく、咬合位を咬頭嵌合位から切端咬合位、最前方位へと変化させ、その時の嚥下による舌骨上筋群の筋放電について解析を行なった。その結果、積分値、持続時間および最大振幅いずれも有意差は認められなかったが、スプリント装着時の最前方位では、積分値が最も大きな値を示した。この結果から、下顎を水平的に前方移動させた咬合状態で上下顎歯列への厚さ1 mmのスプリントを装着することによって、舌骨上筋群に強い負荷を付与できる可能性があるものと考えられる。

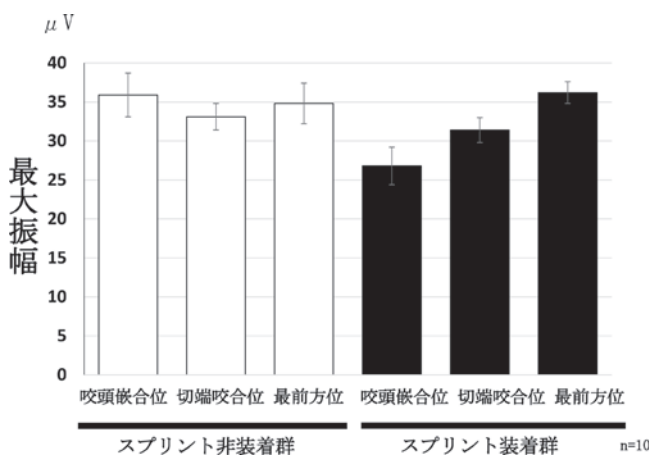
3. 筋放電に対する水平的な咬合位の変化の影響

古川ら¹⁷⁾はX線造影検査を用いて甲状軟骨骨化部位の運動解析を行った結果、安静時の喉頭位置が加齢とともに低下し、嚥下時の喉頭移動距離や喉頭運動の全体所要時間が加齢ともなって有意に延長したと報告している。また、乾ら¹⁰⁾は嚥下時に頸部伸展40°の姿勢では、舌骨上筋群の筋電図積分値と嚥下持続時間が有意に増加したと報告しており、喉頭位置の低下や頸部伸展による舌骨・喉頭移動距離の増加が嚥下持続時間を延長させることを示唆した。さらに鈴木ら¹⁸⁾は、嚥下時の舌尖の位置を変化させた場合、舌を前方に突出させるに伴い舌骨上筋群筋活動量が増加したと報告している。また、Furuyaら¹⁹⁾は下顎が最前方位をとると下顎の前方移動に伴い、舌が前方に牽引された結果、咽頭腔の容積が増大すると報告している。このように、舌骨上筋群の活動性は年齢、頸部の角度、舌の位置あるいは下顎の位置など、様々な要素によって影響を受けることが明らかになっている。

本研究においても、咬頭嵌合位から切端咬合位、最前方位と下顎が前方に移動するに伴い、舌骨上筋群の活動性が大きく変化した。これは、下顎の前方移動に伴って



第6図 スプリント非装着時および装着時における持続時間の比較



第7図 スプリント非装着時および装着時における最大振幅の比較

舌が前方に牽引されたため、舌突出と同様に舌骨上筋群の活動に影響を及ぼしたと考えられる。その結果、舌骨上筋群の積分値と持続時間に増加傾向が認められ、最前方位では咬頭嵌合位に比べて舌骨上筋群の積分値と持続時間が有意に増加した。これは舌の前方牽引に加え、下顎の前方移動に伴うオートガイと舌骨・甲状軟骨間距離の増加が嚥下の持続時間を延長させ、舌骨上筋群積分値を増加させたためと考えられる。

4. 咬合挙上と水平的な咬合位の変化の影響

本研究では、最前方位でスプリントを装着した状態での舌骨上筋群の筋電図積分値は、他の咬合位と比較し最も大きな値を示した。このことから、最前方位でスプリントを装着した状態での空嚥下は、嚥下時に最も舌骨上筋群に負荷をかけられる可能性があると考えられ、スプリント装着による最前方位での冷圧刺激法は、喉頭挙上不全患者への訓練効果が期待できる。そのため、スプリント装着による最前方位での冷圧刺激法には、嚥下反射惹起に加えて舌骨上筋群に強い負荷を加えることができ、喉頭挙上不全患者への訓練効果の向上が期待できる。

5. 本研究の限界について

今回の研究は、空嚥下時の咬合挙上と水平的な咬合位の変化について検討を行ったため、水分や食物嚥下時にどのような変化が起こるかについては不明である。また、舌骨上筋群のみを測定対象としているため、咬合挙上や下顎の前方移動が咬筋や舌骨下筋群など他の嚥下関連筋に及ぼす影響についても不明である。さらに、咬合挙上量を変化させた場合や下顎の前方移動量を規定しての測定は行っておらず、今後はこれらと舌骨上筋群筋活動様相との関連についても明らかにする必要がある。

結 論

本研究では、スプリント装着による咬合挙上と水平的な咬合位の変化が舌骨上筋群の筋活動に及ぼす影響を検討し、以下の結論を得た。

1. 咬頭嵌合位、切端咬合位および最前方位におけるスプリント非装着時と装着時の比較では、積分値、持続時間および最大振幅いずれも有意差は認められなかったが、スプリント装着時の最前方位では、積分値が最も大きな値を示した。
2. 咬合挙上の有無にかかわらず、咬頭嵌合位から切端咬合位、最前方位と下顎が前方に移動するに伴い、舌骨上筋群の積分値と持続時間は増加する傾向が認められ、最前方位では咬頭嵌合位に比べて、積分値と持続時間が有意に増加した。

以上のことから、下顎位の前方移動に伴う咬合挙上は、舌骨上筋群の筋活動に影響を及ぼし、嚥下時の舌骨上筋群への負荷増加に寄与することが明らかになった。

稿を終えるにあたり、本研究に際し懇切なるご指導および校閲を賜りました日本大学歯学部摂食機能療法学講座植田耕一郎教授、佐藤光保助教に深く感謝いたします。

あわせて、本研究に対し日頃ご助言を頂きました日本大学歯学部摂食機能療法学講座医局員各位に感謝の意を表します。

本研究に関して、開示すべき利益相反はありません。

文 献

- 1) Teramoto S, Fukuchi Y, Sasaki H, Sato K, Sekizawa K, Matsuse T (2008) High incidence of aspiration pneumonia in community- and hospital-acquired pneumonia in hospitalized patients: a multicenter, prospective study in Japan. *J Am Geriatr Soc* 56, 577-579.
- 2) Leopold NA, Kagel MC (1983) Swallowing, ingestion and dysphagia. *Arch Phys Med Rehabil* 64, 371-373.
- 3) Leopold NA, Kagel MC (1997) Dysphagia-ingestion or deglutition?: a proposed paradigm. *Dysphagia* 12, 202-206.
- 4) 植田耕一郎(2015)要介護高齢者への摂食嚥下リハビリテーション. *障歯誌* 36, 1-3.
- 5) 小島義次, 植村研一(1995)麻痺性嚥下障害に対する嚥下反射促進手技の臨床的応用. *音声言語医* 36, 360-364.
- 6) Logemann JA (1998) Evaluation and treatment of swallowing disorders. 2nd ed, Pro-Ed, Austin, 211-214.
- 7) Rosenbek JC, Robbins J, Willford WO, Kirk G, Schiltz A, Sowell TW, Deutsch SE, Milanti FJ, Ashford J, Gramigna GD, Fogarty A, Dong K, Rau MT, Prescott TE, Lloyd AM, Sterkel MT, Hansen JE (1998) Comparing treatment intensities of tactile-thermal application. *Dysphagia* 13, 1-9.
- 8) Sciortion KF, Liss JM, Case JL, Case Karin GM, Katz RC (2003) Effects of mechanical, cold, gustatory, and combined stimulation to the human anterior faucial pillars. *Dysphagia* 18, 16-26.
- 9) 日本摂食嚥下リハビリテーション学会医療検討委員会(2014) 訓練方法のまとめ. *日摂食嚥下リハ会誌* 18, 55-89.
- 10) 乾亮介, 森清子, 中島敏貴, 李華良, 西守隆, 田平一行(2012) 頸部角度変化が嚥下時の嚥下筋および頸部筋の筋活動に与える影響—表面筋電図による検討—. *日摂食嚥下リハ会誌* 16, 269-275.
- 11) 若狭宏嗣, 植田耕一郎, 中山潤利(2016)咬合高径の増加が嚥下時の舌骨筋活動, 下咽頭圧, 食道入口部圧, および嚥下困難感に与える影響. *日大歯学* 90, 31-37.
- 12) 高橋圭三, 倉智雅子, 浅海岩生(2012)表面筋電図の筋電量の解析による健康若年者の舌骨上・下筋群活動に影響を及ぼす前舌保持嚥下法の影響. *新潟リハ大紀* 1, 51-60.
- 13) 高橋智子, 伊藤裕子, 大越ひろ(2016)もち米, および低アミロース米, 中アミロース米を用いた同程度の硬さを有する米粥の力学的特性と食べやすさの関係. *調理科学* 49, 303-311.
- 14) 興津太郎, 有田元英, 園田茂, 太田哲生, 堀田富士子, 本田哲三, 千野直一(1998)舌骨上筋群における嚥下表面筋電図の電極位置の検討. *リハ医* 35, 241-244.
- 15) 杉野伸一郎, 谷口豊重, 塚田徹, 大瀧祥子, 梶井友佳, 山田好秋, 井上誠(2007)姿勢や食塊の性状の違いがヒトのオートガイ舌筋の筋電図活動に与える影響. *顎機能誌* 14, 13-23.

- 16) Okada T, Aoyagi T, Inamoto Y, Saitoh E, Kagaya H, Shibata S, Ota K, Ueda K (2013) Dynamic change in hyoid muscle length associated with trajectory of hyoid bone during swallowing: analysis using 320-row area detector computed tomography. *J Appl Physiol* 115, 1138-1145.
- 17) 古川浩三(1984)嚥下における喉頭運動の X 線学的解析—特に年齢変化について—. *日耳鼻* 87, 169-181.
- 18) 鈴木崇之, 配島弘之, 向井美恵, 五十嵐清治(2002)嚥下時における舌尖固定部の変化が舌運動に及ぼす影響—超音波診断装置と筋電図による検討—. *小児歯誌* 40, 155-165.
- 19) Furuya J, Tamada Y, Suzuki T (2012) Effect of mandibular position on three-dimensional shape of the oropharynx in seated posture. *J Oral Rehabil* 39, 277-284.