

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

若 狭 宏 嗣

日本大学大学院歯学研究科歯学専攻 摂食機能療法学講座
(指導: 植田 耕一郎 教授, 中山 潤利 助教)

要旨: 咬合高径が嚥下に与える影響として高径の増加に伴い舌圧が低下することは報告されているが, 嚥下時の舌骨筋群や下咽頭圧への影響については明らかではない。そこで本研究は咬合高径がそれらの嚥下動態に与える影響を検討した。対象は健康若年者 10 名で, 空嚥下, 5 ml の水嚥下, 5 ml のトロミ水嚥下の 3 種類の試料を用いた。咬合高径は厚径 1 mm, 4 mm, 6 mm のレジンプレートを下顎第一大臼歯に装着した条件で比較した。評価項目としては舌骨上下筋群筋電図, 下咽頭および食道入口部嚥下圧, 嚥下困難感を計測した。結果は 4 mm プレート装着で 1 mm に比べ, 嚥下困難感が有意に増加した。6 mm プレート装着では舌骨上筋群筋活動の有意な亢進と延長, 食道入口部最大嚥下圧の低下, 嚥下困難感の増加を認めた。筋活動の増加に関しては舌を口蓋に固定し食塊封鎖し送り込む動きが阻害され, 嚥下運動の負荷が増大するためと思われる。嚥下圧の低下は下顎位の変化と舌のアンカー抑制によるものと推測された。

キーワード: 嚥下, 咬合高径, 表面筋電図, 嚥下圧, 嚥下困難感

緒 言

咬合高径が嚥下に与える影響について, Nagao ら¹⁾は若年者で 4 mm 以上の咬合高径の増加によって, 嚥下時の最大舌圧が有意に低下し, 高齢者でも咬合高径の増加にしたがって舌圧の単調減少が見られたと報告している。また意識的な舌の挙上運動時の最大舌圧も咬合高径の増加に伴い低下したと報告されており²⁾, 咬合高径は舌機能に影響を与える。大前ら³⁾は舌のアンカー機能の強調と抑制を比べて嚥下動態に影響を与えることを報告しており, 咬合高径の増加が舌圧低下を介して咽頭期の嚥下動態に影響を与える可能性があるが, 咽頭圧や舌骨筋群の機能にどのような影響を与えるかは明らかではない。そこで本研究では, 咬合高径の増加が舌骨上下筋群筋活動, 下咽頭および食道入口部の嚥下圧, 嚥下困難感に与える影響について検証し, これらの関係性について検討することを目的とした。

材料および方法

1. 被験者

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康成人男性 10 名 (23 歳～29 歳, 平均年齢 27.4 ± 2.2 歳) を対象とした。

2. 試料

嚥下の試料としては, 空嚥下(唾液嚥下), 5 ml の水嚥下, 5 ml のトロミ水(ハチミツ状: 水 100 ml にトロミ剤

2.0 g(トロミパーフェクト, 日清オイリオ))嚥下の 3 種類を使用した。水およびトロミ水は, シリンジにて口腔底に注水し, 口唇を閉鎖した状態で嚥下するように指示した。

3. 咬合高径

被験者の頭部をフランクフルト平面が水平になるように安頭台を調整し固定した。被験者の左右下顎第一大臼歯咬合面に作製したレジンプレート(10 mm(縦)×10 mm(横))の厚径 1 mm を装着した状態での測定値を基準とし, 厚径 4 mm と 6 mm のプレート装着時の測定値について比較検討した(第 1 図)。プレートの装着には歯科用アクリル系軟性裏装材を用いた。1 mm 厚径のプレート装着の影響についてはプレート非装着時と比べ, すべての検討項目で有意差を認めなかったことから, プレート装着の影響はなく, 以後プレート厚径の違いによる影響として, 1 mm 厚径プレートをコントロールに用いた。

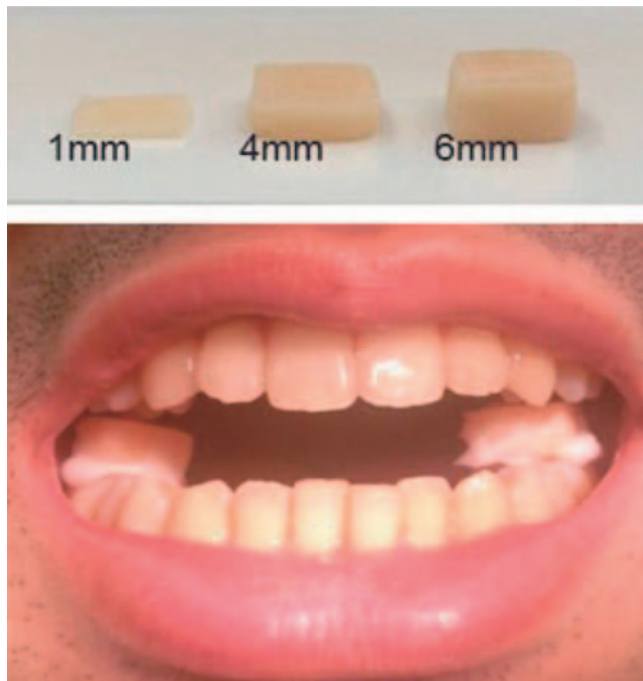
4. 表面筋電図測定方法

舌骨上筋群と舌骨下筋群は嚥下時に活動する筋であり, その表面筋電図は嚥下機能評価に信頼できる方法として多数の研究に用いられている⁴⁻⁷⁾。舌骨上筋群の活動は興津ら⁸⁾の方法に, 舌骨下筋群の活動は Miralles ら⁹⁾の方法に準じて測定した。当該部位に表面電極(バイオロード SDC112, GE ヘルスケア・ジャパン)を貼付した(第 2 図)。多チャンネル計測用アンプ(MEG-6108, 株式会社日本光電)に電気信号を入力し, デジタル変換(ML825

(受付: 平成 27 年 12 月 11 日)

〒101-8310 東京都千代田区神田駿河台 1-8-13

PowerLab, ADInstruments)を行い、パーソナルコンピュータに嚥下運動開始から終了までの表面筋電波形を記録した(LabChart 5, ADInstruments)。得られた筋電図は全波整流し、低域フィルタ処理(カットオフ周波数5 Hz)を行った。積分値, 最大値, 持続時間を評価対象とした(第3図)。



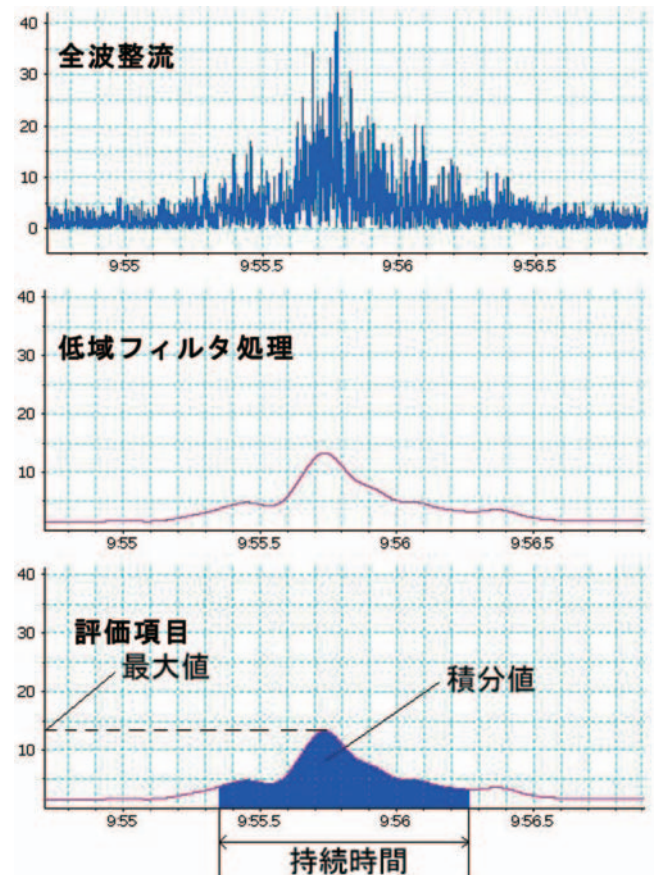
第1図 プレートと咬合高径の設定



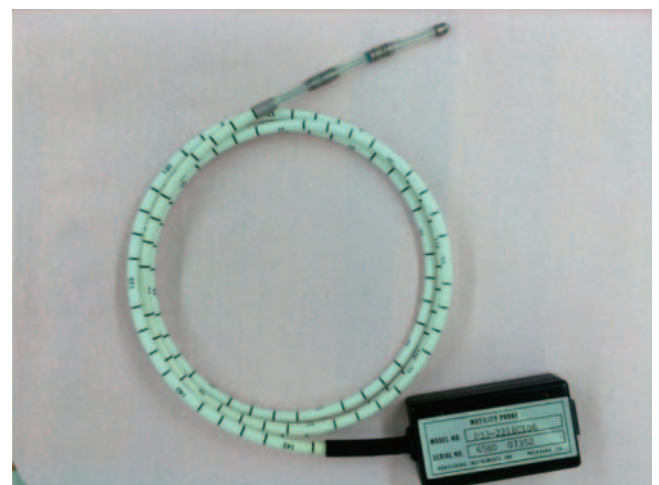
第2図 電極貼付位置

5. 嚥下圧測定

嚥下圧測定には嚥下圧計を使用し、計測された電気信号を表面筋電図の記録と同様にデジタル変換を行い、パーソナルコンピュータで波形を記録した。嚥下圧計にはカテーテルチップ型圧力トランスデューサー(P33-2211C106, Konigsberg Instruments)を用いた(第4図)。



第3図 筋電図の解析と評価項目



第4図 圧力計

圧力トランスデューサーは外径5mmで先端から3cmの位置と6cmの位置の2箇所に圧センサーがある。これを右側鼻孔より挿入し(第5図)、尾側のセンサー部分が食道入口部に挿入されたことを内視鏡画像で確認した。被験者に空嚥下を指示し、尾側のセンサー部分で食道入口部の特徴的な2相性波形(第6図)が記録されることを確認したのち、鼻翼にテープで固定した¹⁰⁾。頭側のセンサーから得られた下咽頭部の嚥下圧波形からは最大圧を下咽頭圧として、尾側のセンサーから得られた食道入口部の嚥下圧波形からは最大圧を食道入口部最大圧として、最小値を食道入口部開大圧として、開大時間を食道入口部開大時間として評価対象とした。

6. 嚥下困難感

各プレート装着時の各試料について、Visual Analogue Scale(以下、VAS)を用いて嚥下困難感を計測した(第7図)。

7. 統計

各嚥下は3回ずつ行い、その平均値を計測値とした。

プレート非装着時と基準プレート装着時の比較にはpaired *t*検定を用いた。また、各プレート間の有意差の検定には反復測定一元配置分散分析法を用い、さらに有意差が認められたものについては、多重検定としてBonferroni検定を行った。なお、有意水準は5%とした。統計解析ソフトはIBM SPSS Statistics Ver.21を用いた。

8. 倫理的配慮

すべての被験者に対して、研究依頼について書面をもって説明し、本人の同意を得た後に実施した。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

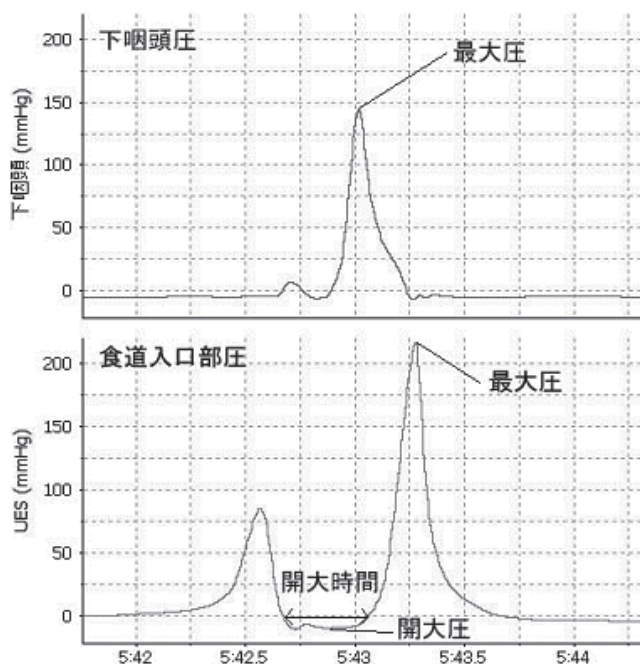
1. 表面筋電図

舌骨上筋群積分値については空嚥下、水嚥下、トロミ水嚥下のすべてにおいて、6mmプレート装着時は基準プレート装着時に比べて有意な増加が認められた($p < 0.001$)。また、空嚥下、水嚥下においては4mmプレート装着時と6mmプレート装着時の間にも有意差が見られた($p = 0.0387$, $p = 0.0052$)。舌骨上筋群最大値については、トロミ水嚥下で6mmプレート装着時と基準プレート装着時の間に有意差が認められた($p = 0.0281$)。

舌骨上筋群持続時間については水嚥下で、6mmプレート装着時と基準プレート装着時との間および6mmプレート装着時と4mmプレート装着時の間に有意差が見られた($p = 0.0031$, $p = 0.0232$)。また、トロミ水嚥下では、6mmプレート装着時に基準プレート装着時に比べて有意な増加が認められた($p = 0.0160$)。ただし、空嚥下では増加傾向が見られたものの有意差は認められなかった($p = 0.0699$)(第8図)。



第5図 嚥下圧計の挿入と固定



第6図 下咽頭と食道入口部の嚥下圧の評価項目



第7図 VAS記入用紙例

舌骨下筋群については、すべての評価項目において咬合高径の増加による影響を認めなかった(第9図)。

2. 嚥下圧

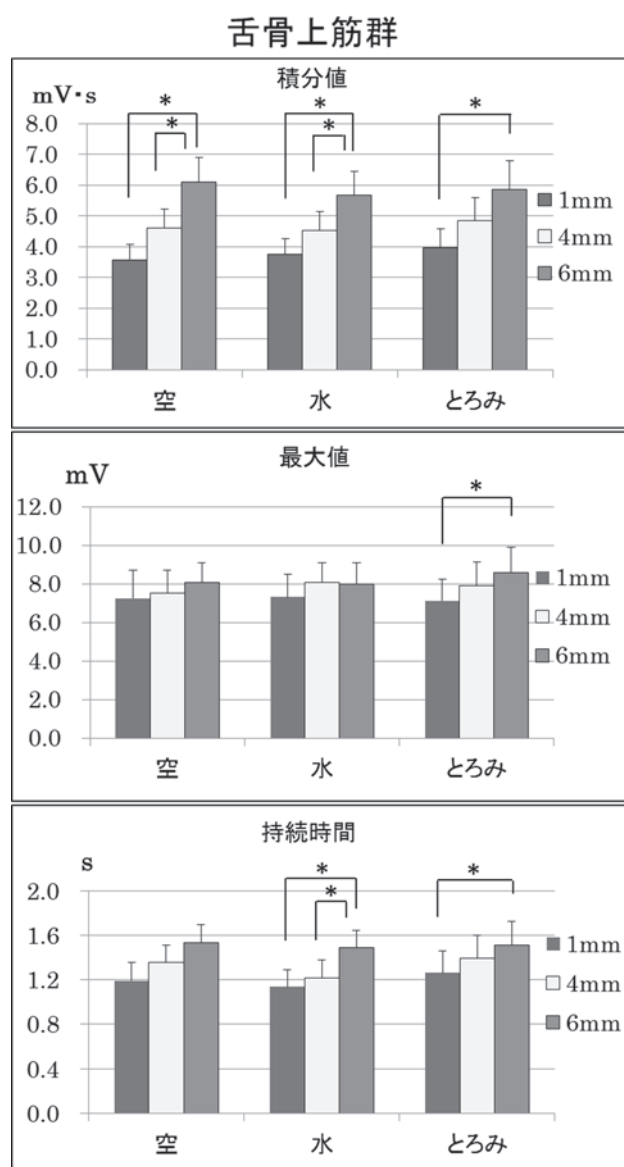
下咽頭圧に関しては、アーチファクトにより解析不能と判断した被験者が3名あり、その分を除外した計7名で解析を行った。

プレート無しの状態と基準プレートを装着した状態との比較において、すべての計測値に有意な変化は認められなかった。また、下咽頭圧の最大圧および食道入口部の開大圧、開大時間において、プレートの厚みによる有意な影響は認められなかった。ただし、トロミ水嚥下で

食道入口部最大圧において6mmプレート装着時に基準プレート時と比べて有意な低下が見られた($p = 0.0281$) (第10図)。

3. 嚥下困難感

プレート無しの状態と基準プレートを装着した状態との比較において、有意な変化は認められなかった。また、プレートの厚みが増すほど嚥下困難感も増し、空嚥下、水嚥下、トロミ水嚥下時のすべてにおいて、基準プレートと4mmプレートの間($p = 0.0180, 0.0005, 0.0139$), 基準プレートと6mmプレートの間($p = 0.0012, 0.0001, 0.0016$)に有意差を認めた(第11図)。



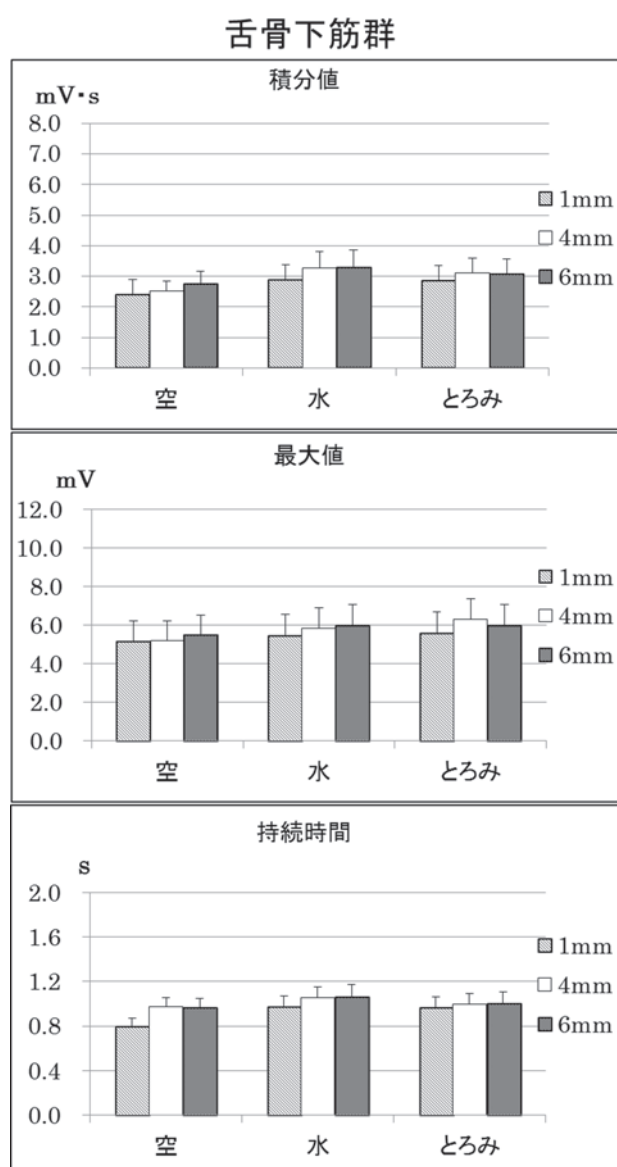
第8図 舌骨上筋群結果グラフ

(* : $p < 0.05$, 図中のエラーバーは標準誤差)

空 : 空嚥下

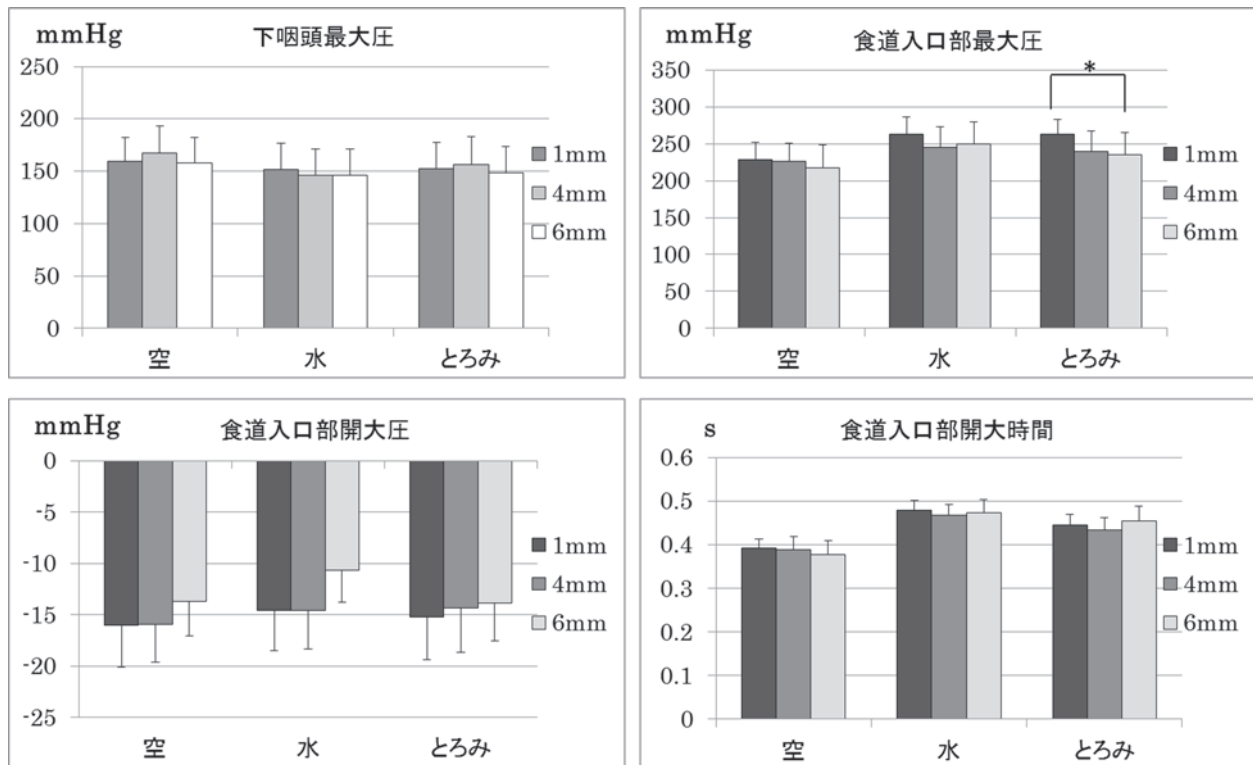
水 : 5 ml の水嚥下

トロミ : 5 ml のトロミ水嚥下



第9図 舌骨下筋群結果グラフ

(図中のエラーバーは標準誤差)



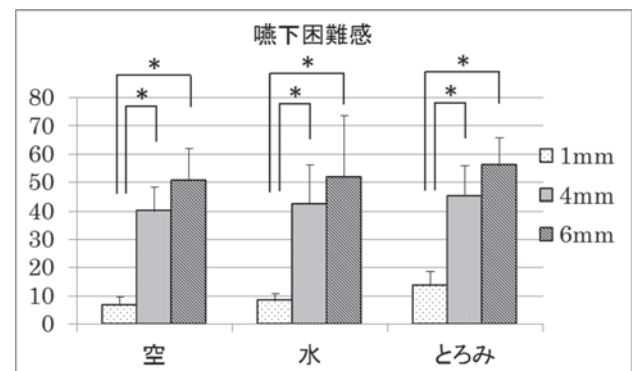
第10図 下咽頭圧およびUES結果グラフ
(* : $p < 0.05$, 図中のエラーバーは標準誤差)

考 察

嚥下時の舌の動きは、まず舌尖が、次に側縁部が口蓋に接触し、舌背中央部の陥凹に食塊を包み込み、前方から後方へ接触部位を拡大させながら食塊を咽頭に送りこむ。この動きでは舌尖部と切歯乳頭部の強い接触が一連の嚥下運動におけるアンカーとして機能していることが示唆されている³⁾。

本研究において、6 mm プレート装着時のトロミ水嚥下において、舌骨上筋最大値の有意な増加と困難感が見られたのも、咬合高径の増加により、舌尖の口蓋に接する位置が通常時より上前方へ移動し、アンカー抑制と舌根部の後退運動を阻害する舌位となったこと、また舌-口蓋間の距離の増加から、食塊を封鎖し咽頭へ送り込む動作の困難さが増したことで、努力的な嚥下運動が行われたためと推測される。

舌骨上筋群持続時間に関しては、咬合高径の増加による舌運動の困難さによって食塊移送に時間を要したことで、舌骨上筋群の持続時間延長が見られたと考えられる。このことは同様に、活動電位と持続時間の関数である積分値が、空嚥下、水、トロミ水嚥下のすべての試料について6 mm プレート装着時で有意な増加となったことから、咬合高径の増加によって通常時よりも多くの筋活動を必要としたことを示している。



第11図 嚥下困難感結果グラフ
(* : $p < 0.05$, 図中のエラーバーは標準誤差)

舌骨下筋群において、咬合高径の影響による明らかな変化が見られなかった。舌尖を上顎中切歯よりも2 cm 以上挺舌して嚥下した場合、筋活動持続時間の延長が見られたが、0.5 cm ~ 1 cm の挺舌では影響が見られなかったとの報告がある¹¹⁾。6 mm プレートの装着は0.5 cm ~ 1 cm の挺舌同様に、舌骨下筋群に明らかな影響を及ぼす条件ではなかったと考えられる。

嚥下圧検査はオトガイ舌骨筋、甲状舌骨筋、輪状咽頭筋などの嚥下関連筋の活動によって生じる嚥下圧を知ることができ、嚥下障害の病態把握のために有用である¹²⁾。咽頭期の嚥下運動は0.7 ~ 0.8 秒間で遂行される

反射運動であり、その活動パターンは延髄に局在する嚥下中枢(central pattern generator: CPG)により制御されると考えられている^{13,14)}。これにより、咽頭期は単なる反射運動の連続ではなく、時間的、空間的に極めて高い再現性を持ち、嚥下圧もまた一定に保たれるが、食道入口部開大圧と開大時間については食塊の体積や物性などに影響される¹⁵⁾。食道入口部最大圧の低下が見られる条件に顎引き位がある¹⁶⁾。6 mm プレート装着時トロミ水嚥下において食道入口部最大圧の低下が見られたのは、プレートの装着により下顎が下方に移動し、嚥下関連筋や舌骨の解剖学的な位置関係が顎引き位に類似した構造となり、同様の効果をもたらした可能性が考えられる。また努力嚥下によって食道入口部最大圧の有意な増加が見られたという報告があり¹⁷⁾、咬合高径増加によるアンカー抑制が食道入口部圧低下に影響を及ぼした可能性も考えられる。

下咽頭圧、食道入口部開大時間、食道入口部開大圧について、咬合高径の明らかな影響を認めなかったのは、嚥下時の頭位や顎位、舌運動の変化が必ずしも咽頭内で発生する嚥下圧のすべてに影響するとは限らないためと思われる。

嚥下困難感を数値で評価した研究は少ないが、舌骨上下筋群の表面筋電図の最大値および持続時間の増加は、嚥下困難感と相関がある¹⁸⁾とされている。本研究においては、基準プレート装着時と比較して、4 mm プレート装着時および6 mm プレート装着時には、持続時間の増加が認められ、有意な嚥下困難感の増加が観察された。今回の嚥下困難感の増加は、舌-口蓋間の距離が開くことによる舌機能の負荷増加や、咬合挙上にとまなう口唇閉鎖のための口輪筋や頬筋など口腔周囲筋の緊張亢進が関与していると推測される。

本研究において6 mm プレート装着時の舌骨上筋群最大値および食道入口部最大圧で有意差が見られたのはいずれもトロミ水嚥下であった。これは空嚥下や水嚥下よりもトロミ水嚥下の方が送り込みや蠕動運動に際して粘性があるため、咬合挙上の影響が強調された結果と推測される。

結 論

咬合高径の増加が嚥下動態に与える影響を明らかにする目的で、健康男性10名を対象に、空嚥下、水嚥下およびトロミ水嚥下を試料として、厚径1 mm, 4 mm, 6 mm のレジンプレートによる咬合高径の付与によって得られた舌骨上筋群および舌骨下筋群表面筋電図、下咽頭圧、食道入口部圧、嚥下困難感を解析し、以下の結論を得た。

1. 1 mm プレートから6 mm プレートへの咬合高径の増加によって、舌骨上筋群積分値はすべての試料で、

最大値はトロミ水で、持続時間は水およびトロミ水で、有意な増加を認めた。舌骨下筋群には明らかな影響は見られなかった。

2. 嚥下圧については1 mm プレートから6 mm プレートへの咬合高径の増加によって、トロミ水で食道入口部最大圧が有意に低下した。下咽頭圧、食道入口部開大圧、食道入口部開大時間には明らかな影響は見られなかった。
3. 嚥下困難感は1 mm プレートから4 mm, 6 mm プレートへの咬合高径の増加によって、すべての試料で有意な増加を認めた。

以上のことから、咬合高径の増加は舌骨筋群の筋活動と嚥下困難感を増加させ、食道入口部の嚥下圧を低下させることが明らかになった。

稿を終えるにあたり、本研究に際し終始懇篤なるご指導およびご校閲を賜りました日本大学歯学部植田耕一郎教授および中山利助教、また専攻の立場からご指導賜りました日本大学歯学部本田和也教授、大木秀郎教授および松村英雄教授に深く感謝の意を表します。あわせて日頃ご助言ご鞭撻頂きました本学摂食機能療法講座医局員、摂食機能療法学専攻大学院生各位に深く感謝の意を表します。

本研究の一部は平成26年度日本大学大学院歯学研究科研究費(学生研究費)により行われた。

文 献

- 1) Nagao K, Kitaoka N, Kawano F, Komoda J, Ichikawa T (2002) Influence of changes in occlusal vertical dimension on tongue pressure to palate during swallowing. *Prosthodont Res Prac* 1, 16-23.
- 2) 福岡達之, 吉川直子, 新宮正美, 川阪尚子, 杉田由美, 野崎園子, 島田憲二, 福田能啓, 道免和久(2012)バイトブロックによる下顎位の違いが舌背挙上時の最大舌圧と舌骨上筋群筋活動に及ぼす影響. *嚥下医学* 1, 77-83.
- 3) 大前由紀雄, 小倉雅実, 唐帆健浩, 村瀬優子, 北原哲, 井上鐵三(1998)舌前半部によるアンカー機能の嚥下機能に及ぼす影響. *耳鼻* 44, 301-304.
- 4) Ertekin C, Pehlivan M, Aydoğdu I, Ertas M, Uludağ B, Celebi G, Colakoglu Z, Sağduyu A, Yüceyar N (1995) An electrophysiological investigation of deglutition in man. *Muscle Nerve* 18, 1177-1186.
- 5) Palmer PM, Luschei ES, Jaffe D, McCulloch TM (1999) Contributions of individual muscles to the submental surface electromyogram during swallowing. *J Speech Lang Hear Res* 42, 1378-1391.
- 6) Ding R, Larson CR, Logemann JA, Rademaker AW (2002) Surface electromyographic and electroglottographic studies in normal subjects under two swallow conditions normal and during the Mendelsohn maneuver. *Dysphagia* 17, 1-12.
- 7) Crary MA, Carnaby Mann GD, Groher ME (2006) Biomechanical correlates of surface electromyography signals obtained during swallowing by healthy adults. *J Speech Lang Hear Res* 49, 186-193.

- 8) 興津太郎, 有田元英, 園田茂, 大田哲生, 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.
- 9) Miralles R, Gutiérrez C, Zucchini G, Cavada G, Carvajal R, Valenzuela S, Palazzi C (2006) Body position and jaw posture effects on supra- and infrahyoid electromyographic activity in humans. *Cranio* 24, 98-103.
- 10) Nakayama E, Tohara H, Hiraba H, Sanpei R, Wakasa H, Ohno S, Kumakura A, Gora K, Abe K, Ueda K (2013) Effects of reclining posture on velopharyngeal closing pressure during swallowing and phonation. *J Oral Rehabil* 40, 450-456.
- 11) 高橋圭三(2011) 健常若年者の舌骨上・下筋群活動に及ぼす前舌保持嚥下法の影響. 新潟リハビリテーション大学修士学位論文, <http://hdl.handle.net/10623/37868> (2015年11月6日アクセス)
- 12) 湯本英二(1999) 嚥下圧検査法. 日気食会報 50, 313-314.
- 13) Miller AJ (1972) Characteristics of the swallowing reflex induced by peripheral nerve and brain stem stimulation. *Exp Neurol* 34, 210-222.
- 14) 進武幹(1994) 延髄における嚥下のパターン形成機構. 耳鼻40(補1), 296-312.
- 15) Bhatia SJ, Shah C (2013) How to perform and interpret upper esophageal sphincter manometry. *J Neurogastroenterol Motil* 19, 99-103.
- 16) Balou M, McCullough GH, Aduli F, Brown D, Stack BC Jr, Snoddy P, Guidry T (2014) Manometric measures of head rotation and chin tuck in healthy participants. *Dysphagia* 29, 25-32.
- 17) Huckabee ML, Butler SG, Barclay M, Jit S (2005) Submental surface electromyographic measurement and pharyngeal pressures during normal and effortful swallowing. *Arch Phys Med Rehabil* 86, 2144-2149.
- 18) Sakuma T, Kida I (2010) Relationship between ease of swallowing and deglutition-related muscle activity in various postures. *J Oral Rehabil* 37, 583-589.

