



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	咬合拳上副子を用いた岐合拳上が咽頭期膜下運動に及ぼす影響について
Author(s)	北森, 正吾; Kitamori, Shogo; 原橋, 綾子 他
Citation	北海道歯学雑誌, 31(2), 96-105
Issue Date	2010-12-15
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/45811
Type	journal article
File Information	09_kitamori.pdf



原著

咬合挙上副子を用いた咬合挙上が咽頭期嚥下運動に及ぼす影響について

北森 正吾¹ 鄭 漢忠² 原橋 綾子¹ 山崎 裕¹ 北川 善政¹

抄録: 嚥下反射は口腔、咽頭および喉頭の感覚受容器で受容された感覚入力が脳幹へ伝えられ開始すると考えられているが、嚥下反射の開始に関しては未だに不明な点が多く、口腔期の変化がどのように咽頭期嚥下を修飾するかは明らかではない。本研究の目的は、咬合挙上床を装着し咬合高径を挙上した場合に、咀嚼嚥下において咽頭期嚥下運動に影響が生じるかを検討することである。

健康な成人男性30人を被験者とし、上顎咬合挙上床装着時と非装着時で固形食品を咀嚼嚥下する様子をvideofluorography (VF) で撮像した。VF像から咀嚼、食塊の咽頭通過、嚥下開始時の食塊の位置、嚥下効率の4項目について咬合挙上床装着時・非装着時で比較検討し以下の結果を得た。

1. 咬合挙上床の装着にともない口腔内時間 (OCT) に明らかな変化を認めなかったが、一回の咀嚼サイクルに要する時間 (OCT/ST) が延長し、全経過時間 (TSD) は有意に延長した ($p=0.01$)。2. 食塊の咽頭通過時間全体に明らかな変化は認めなかったが、そのうち VAT (食塊先端が下顎下縁を通過してから喉頭蓋に達するまでの時間) は有意に延長した ($p=0.02$)。3. 非装着時で嚥下を開始する際の食塊の位置は多くの被験者 (80%) において咽頭上部領域にあり、その傾向は咬合挙上床装着時においても変化を認めなかった。各個人では咬合挙上床の装着にともない嚥下反射の開始時間が早まる者が多かった (50%)。4. 咬合挙上床の装着にともない口腔内の残留量が増え、嚥下効率が有意に低下した ($p=0.02$)。以上より、咬合挙上副子を用いた咬合挙上は咽頭期嚥下運動に影響を及ぼすことが明らかになった。その原因として口腔内容積、舌一口蓋間距離、舌・口腔周囲筋の運動などの形態的および物理的变化、または口腔内の末梢性の感覚受容器の入力の変化が咽頭期嚥下運動に影響を及ぼす可能性が示唆された。

キーワード: 咬合挙上、咽頭期嚥下運動、嚥下造影、嚥下障害

緒言

咀嚼ならびに嚥下の基本的パターンは脳幹のリズム/パターンジェネレータの活動によって引き起こされる。リズムジェネレータは高次中枢に由来する神経インパルス、または末梢からの感覚入力として到達する神経インパルスにより賦活されている¹⁻³⁾。近年、Palmerら²⁾により固形物を咀嚼した際の嚥下様式は、液体の嚥下様式とは異なることが提唱され、現在では一般に認知されるようになった。液体嚥下では、液体が咽頭粘膜に達した時点で嚥下反射が誘発されるのに対し、固形物の咀嚼嚥下では、食物が嚥下反射を起こす前に咽頭のより奥の喉頭蓋などに達してから、嚥下反射が起こるという様式であり、これを stage II transport⁴⁻⁶⁾と呼んだ。

嚥下反射の誘発に関連した感覚には、口腔、咽頭および

喉頭の触覚、温度覚、痛覚などの表在感覚と、位置覚、運動覚などの深部感覚があり、それぞれの感覚受容器で受容された感覚入力が脳幹へ伝えられ嚥下反射が惹起されると考えられている^{1,7)}が、嚥下反射の開始に関しては未だに不明な点が多い。嚥下は、口腔準備期、口腔送り込み期、咽頭期、食道期の4期からなり、それぞれの器官が短時間に連続して決まった順序で作用する極めて巧緻な運動である^{8,9)}。従って、口腔期の変化がそれに続く咽頭期に影響を及ぼすことは考えられるが、口腔期の変化がどのように咽頭期嚥下運動を修飾するかは明らかではない。本研究では、咬合挙上床を装着し咬合高径を挙上した場合に、咀嚼嚥下において咀嚼、咽頭期嚥下、嚥下開始時の食塊の位置、嚥下効率に影響が生じるか否かを明らかにするために、健康者に対して咬合挙上床を装着させ、咽頭期嚥下運動に及ぼす影響を検討した。

¹〒060-8586 札幌市北区北13条西7丁目

北海道大学大学院歯学研究科口腔病態学講座口腔診断内科学教室 (主任: 北川善政 教授)

²〒060-8586 札幌市北区北13条西7丁目

北海道大学大学院歯学研究科口腔病態学講座口腔顎顔面外科学教室 (主任: 戸塚靖則 教授)

方 法

対 象

顎口腔系の形態および機能に異常の認められない、個性正常咬合を有する健康成人男性（24～28歳）30人を被験者とした。全ての被験者において、嚥下障害、構音障害、神経疾患またその他の全身疾患の既往、頭頸部領域に手術の既往のある者は含まれていなかった。全ての被験者は機能歯数24本以上で、義歯を使用している者はいなかった。また、重度の歯周炎、歯科の疾患に罹患している者も含まれていなかった。

データ収集

被験者が検査食品を咀嚼嚥下する様子を嚥下造影（Videofluorography, 以下VF）で撮像した。検査食品はコンビーフ（ノザキのコンビーフ[®], 川商フーズ, 東京）4gとバリウム（バリトップHD[®], 堺化学, 大阪）4gを熱して混ぜ合わせ、室温まで冷やしたものをを用いた（図1）。はじめに被験者を背もたれのあるVF撮像用の椅子に座らせ、垂直座位をとらせた。顎位を自然に保つように指示し、一人の検査者が舌背部に検査食品を乗せた後に、自由に咀嚼し嚥下を行うように指示した。咬合挙上床は厚さ1mmの熱可塑性樹脂（エルコデュール[®], エルコデント社, ドイツ）、即時重合レジン（ユニファストII[®], ジーシー, 東京）を使用し、各被験者の上下歯列を印象採得し、模型作成後に咬合器上で切歯指導釘部で3mm咬合高径を挙上したものをを用いた（図2）。咬合採得時の下顎位は中心位とした。床形態は歯列のみ覆う形態とし、検査前に1歯1点の咬合接触を与えるように咬合を調整し、被験者個々の咬合様式（前方滑走運動および側方滑走運動）を可及的に変



図1 検査食品（コンビーフ4gとバリウム4gを熱して混ぜ合わせ、室温まで冷却した）

A



B



図2 咬合挙上床 写真

A：装着時（咬合高径を垂直的に3mm 挙上した）

B：咬合面観（1歯1点の咬合接触となるように調整した）

化させないように注意した。被験者は検査1週間前より1日30分程度咬合挙上床を装着して生活し、装置にできるだけ慣れた後、検査を行った。検査は上顎咬合挙上床を非装着で3回行い、その後咬合挙上床を装着して同様に3回行った。一度検査食品を嚥下した後は、適度な水を嚥下させ、口腔・咽頭に残留した食塊を洗い流したのちに次の検査を行った。VFの撮像は側方位で30 frames/sで行い、検査食品が口腔内に置かれる直前から被験者が検査食品を嚥下し終える間までとした。VF画像はVHSビデオテープに記録した後、VHSビデオ一体型DVDレコーダー（RDR-VH95, ソニー株式会社, 東京）を使用しデジタル変換した。

データ測定

得られたデータはPrimere software（Adobe Systems, Inc. San Jose, CA）を用いて咀嚼、咽頭期嚥下、嚥下開始時の食塊の位置、嚥下効率の4項目について計測した。食塊の先端の位置はSaitohら¹⁰⁾の分類を参考に口腔・咽頭を4つの領域に区分した①口腔内：口唇から後鼻棘まで、②口腔咽頭上部領域：後鼻棘から下顎下縁の位置まで、③喉頭蓋谷領域：下顎下縁の位置から喉頭蓋まで、④下咽頭

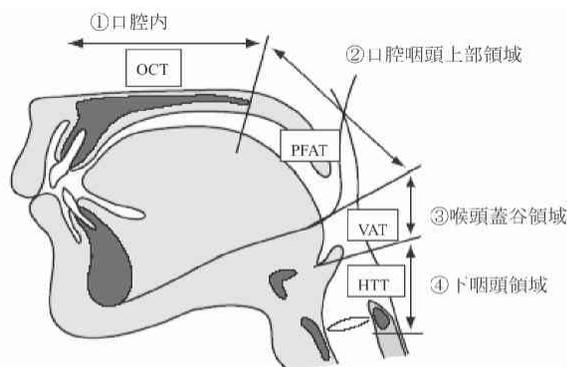


図3 口腔咽頭通過時間 模式図 (参考文献10より改変引用)

食塊の位置は saito らの分類を参考に、口腔から咽頭までを①-④の4つの領域に区分した。(①口腔内：口唇から後鼻棘まで、②口腔咽頭上部領域：後鼻棘から下顎骨下縁の位置まで、③喉頭蓋谷領域：下顎骨下縁の位置から喉頭蓋まで、④下咽頭領域：喉頭蓋から食道入口部まで)。

口腔・咽頭における食塊の位相時間を示す。

【計測項目】

- ・OCT (Oral cavity time)：口腔内時間
- ・PFAT (Postfaucal aggregation Time)：口腔咽頭上部領域通過時間
- ・VAT (Valleculae aggregation time)：喉頭蓋谷領域通過時間
- ・HTT (Hypopharyngeal transit time)：下咽頭領域通過時間

領域：喉頭蓋から食道入口部まで) (図3)。嚥下の開始は舌骨が上前方に動き始めた瞬間とした。計測は1項目につき測定を3回行い、その平均値を採用した。計測した各項目について上顎咬合挙上床装着時(以下装着時)、非装着時(以下非装着時)の比較を行った。

(測定項目)

I. 咀嚼に関する因子^{2,11,12)}

咀嚼に関する因子として以下の5つを測定した。

1. Oral cavity time (OCT)：口腔内時間
食塊が舌尖に触れてから食塊先端が後鼻棘を通過するまでの時間
2. Swallowing threshold (ST)：初回嚥下までの咀嚼回数
一回目の嚥下が生じるまでの咀嚼回数
3. Total number of chews (TNC)：全咀嚼回数
検査食品を嚥下し終えるまでの咀嚼回数
4. OCT/ST：一回の咀嚼サイクルに要する時間
一回目の嚥下が生じるまでの一回の咀嚼サイクルに要する時間
5. Total sequence duration (TSD)：全経過時間
口腔内に食物が入ってから最後の嚥下が終了するまでの時間

II. 咽頭期嚥下運動に関する因子

咽頭期嚥下運動に関する因子として以下の5つを測定した。

1. 咽頭通過時間

食塊先端が後鼻棘を超えてから食塊尾端が食道入口部を通過するまでの時間

咽頭通過時間は以下の3つにさらに分類した¹³⁾ (図3)。

2. Postfaucal aggregation time (PFAT)：口腔咽頭上部領域通過時間

食塊先端が後鼻棘を超えてから下顎下縁通過までの時間

3. Valleculae aggregation time (VAT)：喉頭蓋谷領域通過時間

食塊先端が下顎下縁を通過してから喉頭蓋に達するまでの時間。

4. Hypopharyngeal transit time (HTT)：下咽頭領域通過時間

食塊先端が喉頭蓋に達してから、食塊尾端が食道入口部を通過するまでの時間

5. NS (Total number of swallows)：嚥下回数

検査食品をすべて嚥下し終えるまでの嚥下回数

III. 嚥下反射開始時の食塊の位置に関する因子

嚥下反射開始時の食塊の位置に関する因子として以下の2つを測定した。

1. 嚥下反射が開始した際の食塊先端の位置

嚥下反射が開始した際、食塊先端の位置を画面上で同定し、①口腔内、②口腔咽頭上部領域、③喉頭蓋谷領域、④下咽頭領域に分類した。

2. PSI (The pharynx to swallow interval)：嚥下反射惹起時間

食塊先端が下顎下縁に到達してから嚥下反射が生じるまでの時間。嚥下反射開始時に食塊の先端が下顎下縁に到達していなければ一秒と表示、下顎下縁を超えていれば+秒と表示される。

また、各個人の値において上顎咬合挙上床装着時・非装着時の差を計測し、差が非装着時の値の50%以上の変化となる場合を変化ありとした¹⁴⁾。

IV. 嚥下効率¹⁵⁻¹⁷⁾

嚥下効率に関する以下の因子を測定した。

1. Oropharyngeal swallow efficiency (OPSE)：嚥下効率

Logemann らの方法に準じて嚥下効率を算出した。ただし本研究では Logemann らの目測による方法ではなく、面積計測ソフト (DI Ruler[®], 原田工業, 長野) を用い算出した。

$$OPSE = \frac{100 - (ORES + PRES + ASP) (\%) }{\text{口腔咽頭通過時間 (sec.)}}$$

2. ORES (approximate oral residue after the first swallow on a bolus)：

一回目の嚥下のあとに口腔内に残留した食塊の割合

(%)

- ・PRES (approximate pharyngeal residue after the first swallow on a bolus):

一回目の嚥下のあとに咽頭部に残留した食塊の割合

(%)

- ・ASP (approximate percent aspirated)

誤嚥した食塊の割合 (%)

統計学的解析

スミノフ・コロゴモロフ検定で正規分布であることを確認後、対応のあるt検定(両側検定)を用い、 $p < 0.05$ を統計的に有意差ありと判定した。

また、本研究は北海道大学大学院歯学研究科倫理委員会の承認を受け、全ての被験者に研究の目的と内容を文書および口頭で説明し、文書による同意を得たうえで検査を行った。

結 果

すべての被験者において、検査中に喉頭侵入・誤嚥所見を認めなかった。

I. 咀嚼に関する項目(図4)(平均値±標準誤差, 小数点第3位四捨五入)

1. 口腔内時間(OCT)は非装着時で 11.10 ± 0.85 秒, 装着時では 11.93 ± 1.08 秒で, 両群間で有意差を認めなかった。
2. 初回嚥下までの咀嚼回数(ST)は非装着時で 16.50 ± 1.48 回, 装着時では 15.10 ± 1.28 回で両群間で有意差を認めなかった。
3. 全咀嚼回数(TNC)は非装着時で 20.43 ± 1.68 回, 装着時では 19.30 ± 1.70 回で両群間で有意差を認めなかった。
4. 一回の咀嚼サイクルに要する時間(OCT/ST)は非装着時で 0.71 ± 0.02 秒, 装着時では 0.83 ± 0.04 秒で装着時で有意に延長した($p=0.003$)。
5. 全経過時間(TSD)は非装着時で 19.96 ± 1.18 秒, 装着時では 24.48 ± 1.83 秒で装着時で有意に延長した($p=0.01$)。

II. 咽頭期嚥下運動(図5)(平均値±標準誤差, 小数点第3位四捨五入)

1. 咽頭通過時間(PFAT + VAT + HTT)は非装着時で 0.59 ± 0.05 秒, 装着時では 0.71 ± 0.08 秒で両群間に有意差を認めなかった。
2. 口腔咽頭上部領域通過時間(PFAT)は非装着時で 0.17 ± 0.04 秒, 装着時では 0.22 ± 0.06 秒で両群間に有意差を認めなかった。
3. 喉頭蓋谷領域通過時間(VAT)は非装着時で 0.09 ± 0.02 秒, 装着時では 0.17 ± 0.04 秒で装着時で有意に延長していた($p=0.02$)。

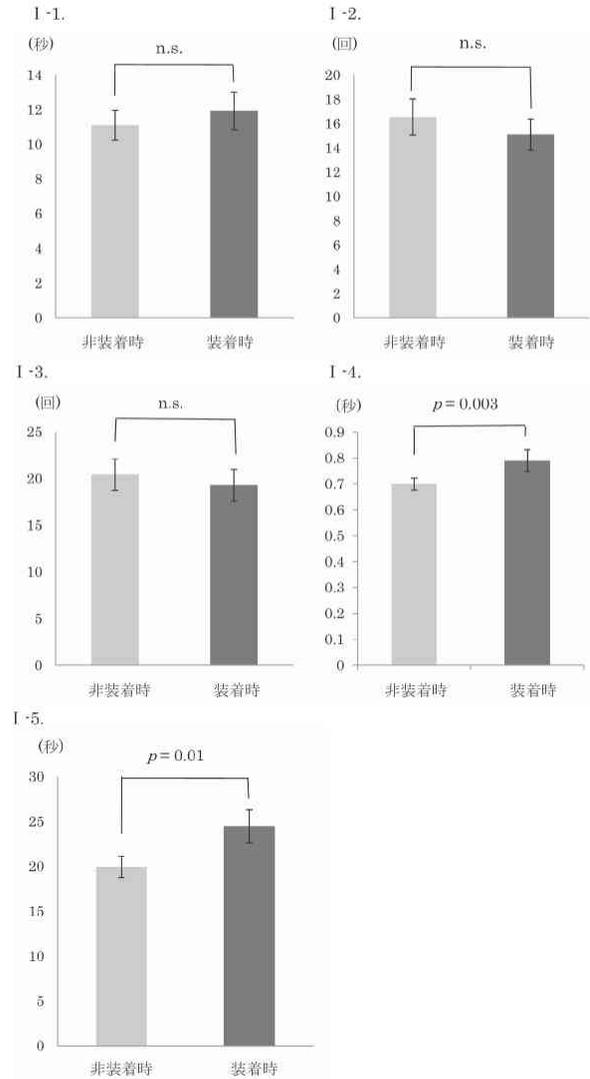


図4 咀嚼に関する計測結果

1. OCT (Oral cavity time): 口腔内時間
2. ST (Swallowing Threshold): 初回嚥下までの咀嚼回数
3. TNC (Total number of Chews): 全咀嚼回数
4. OCT/ST: 一回の咀嚼サイクルに要する時間
5. TSD (Total Sequence Duration): 全経過時間
平均値±標準誤差

4. 下咽頭通過時間(HTT)は非装着時で 0.33 ± 0.02 秒, 装着時では 0.31 ± 0.01 秒で両群間に有意差を認めなかった。
5. 全嚥下回数(NS)は非装着時で 2.20 ± 0.15 回, 装着時では 2.83 ± 0.20 回で装着時で有意に増加した($p=0.01$)

III. 嚥下反射開始時の食塊の位置に関する項目(図6)(平均値±標準誤差, 小数点第3位四捨五入)

1. 嚥下を開始する際の食塊の位置は, 非装着時では口腔咽頭上部領域が24人(80%), 喉頭蓋谷領域が6人(20%)であった。装着時では口腔咽頭上部領域が24人(80%), 喉頭蓋谷領域が4人(13%), 下咽頭領域

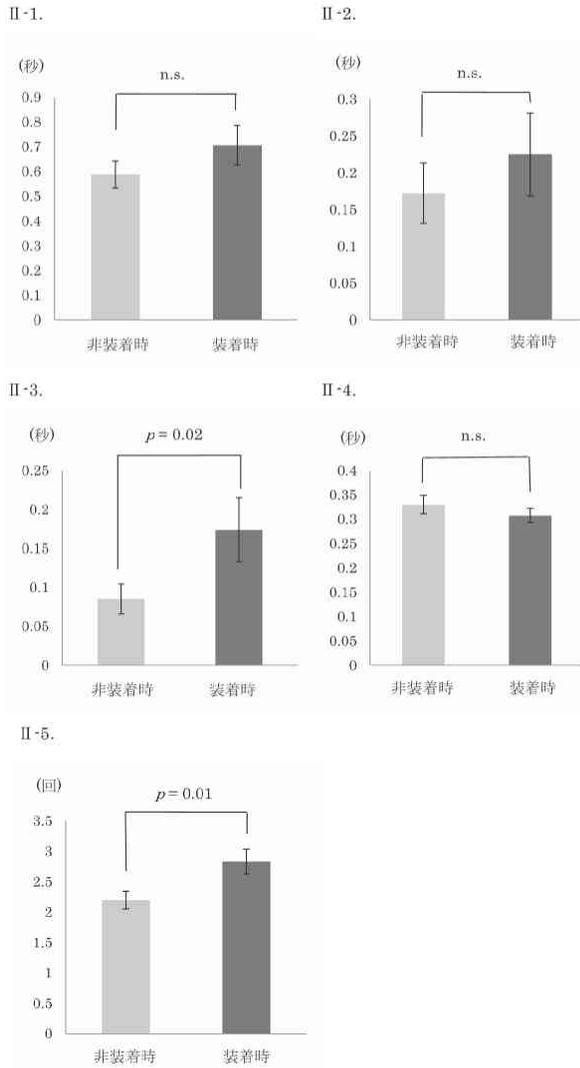


図5 咽頭期嚥下運動

1. 咽頭通過時間
2. PFAT (Postfaucal aggregation Time) : 口腔咽頭上部領域通過時間
3. VAT (Valeculae aggregation time) : 喉頭蓋谷領域通過時間
4. HTT (Hypopharyngeal transit time) : 下咽頭領域通過時間
5. NS (Total number of Swallows) : 全嚥下回数
平均値±標準誤差

が2人(7%)であった。非装着時で嚥下を開始する際の食塊の位置は被験者の多くにおいて咽頭上部領域にあり、その傾向は咬合挙上床装着時においても変化を認めなかった。

2. 嚥下反射惹起時間 (PSI) は両群間に有意差を認めなかった。ただし各個人の値は、30人中18人で変化を認め、装着時において15人(50%)はPSIが短縮し、3人(10%)は延長していた。

IV. 嚥下効率(図7)(平均値±標準誤差, 小数点第3位四捨五入)

全例において咽頭部の残留, 喉頭侵入, 誤嚥は認められなかった。

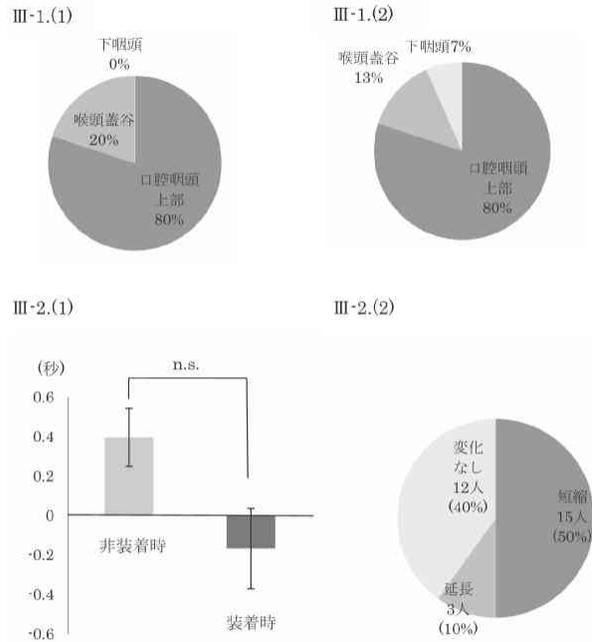


図6 嚥下反射開始時の食塊の位置

1. 嚥下反射が開始した際の食塊先端の位置
 - (1) 30人において嚥下反射が開始したときの食塊の先端の位置(非装着群)の内訳
 - (2) 30人において嚥下反射が開始したときの食塊の先端の位置(装着群)の内訳
2. (1) PSI (The pharynx to swallow interval) : 嚥下反射惹起時間
平均値±標準誤差
2. (2) PSIの各個人の値において上顎咬合挙上床装着時・非装着時の差を計測し、差が非装着時の値の50%以上の変化がある場合をそれぞれ短縮・延長としている。

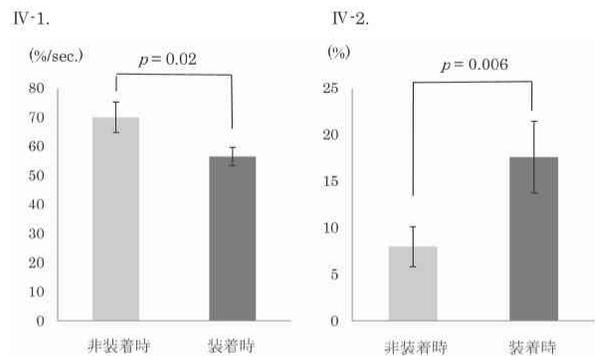


図7 嚥下効率

1. OPSE (oropharyngeal swallow efficiency) : 嚥下効率 (%/sec.)
2. ORES (residue, the approximate percent of the bolus remaining in the oral cavity) : 一回目の嚥下のあとに口腔内に残留した割合 (%)
平均値±標準誤差

1. 嚥下効率 (OPSE) は非装着時で69.90±5.19 %/sec, 装着時では56.50±3.18 %/sec で装着時で有意に低下した (p=0.02).

2. 一回目の嚥下後に口腔内に残留する食品の割合 (ORES) は非装着時で $7.97 \pm 2.13\%$, 装着時では $17.60 \pm 3.84\%$ で装着群で有意に増加した ($p=0.006$).

考 察

I. 咀嚼に関係する因子について

咬合高径の変化が咀嚼嚥下に及ぼす影響を調べた多くの報告は無歯顎者・義歯使用者を対象に行われている¹⁸⁾. しかしそれらの対象者では基礎疾患, 加齢による嚥下機能の生理的衰退^{19,20)}, 義歯の使用期間や適合状況などが結果に大きな影響を与えることになる. そのため本研究では健康な成人男性を対象とし, 咬合挙上床を装着することにより, 咬合高径が変化した状態とした. 咬合挙上床は上顎の歯列のみ覆う形態とし, 口蓋の知覚に影響を及ぼさないように配慮した. 咬合高径の挙上量は, 中廣ら¹⁸⁾の報告を参考に, 臨床的に許容される値と考えられる安静空隙量と同程度の値である 3 mm と設定した. また, 本研究では熱可塑性樹脂および即時重合レジンを用いて咬合器上で咬合高径を挙上したが, 各被験者に対し咬合挙上床に固有の咬合面形態, 前歯の適切なガイダンス等を付与することは困難であると判断し, 臼歯部は1点接触とし, 各被験者の固有の咬合様式の変化もできるだけ最少になるよう調整・配慮した. 非常に困難性が高く, 多くはリハビリテーションとなるので, より慎重な対応が要求される. 本研究では口腔内時間 (OCT) に明らかな変化を認めなかったが, 全経過時間 (TSD) は装着時に有意に延長した ($p=0.01$). 全咀嚼回数に差はないことから, これは一回の咀嚼サイクルに要する時間 (OCT/ST) が延長したためであると考えられた. 食物を嚥下するために適した食塊を形成するには, 咀嚼時に脳へ感覚信号を送る筋の筋紡錘・腱紡錘, 歯根膜機械受容器, 口腔粘膜の機械受容器などの感覚受容器が重要な因子となる^{21,22)}. 本研究では咬合挙上床を装着することにより, 筋の筋紡錘・腱紡錘ならびに歯根膜機械受容器からの感覚入力が増加したことが, さらには上顎に装着した違和感などにより被験者個人の咀嚼サイクルのリズムが変化した可能性が示唆された. また, 今回用いた咬合挙上床は可撤性で, たわみやすく圧縮性があり, 咬合面形態が各個人の固有の咬合面形態と異なるため, 咀嚼能率・食塊の形成能が低下すると考えられる. その他, 咬合挙上床の側面への張り出しによる食塊の流れの変化, 嚥下時の食塊の性状の変化などの影響も考慮する必要があると考えられた. 西ら²³⁾は健康無歯顎者を対象に義歯の咬合高径を 5 mm 挙上・低下させた状態で嚥下時の舌圧, 咬筋ならびに舌骨上筋群の筋活動について評価し, 咬合高径が高位にある場合には舌圧, 咬筋の筋活動は低下したと述べている. 本研究では, 咬合高径の挙上にともない1回の咀嚼サイクルに要する時間が増加したが, 舌・口腔周囲筋の筋活動が挙上した咬合高径に順応しておらず, そのために十分に機

能できなかった可能性も考えられた. 田村らは健康無歯顎者において垂直的顎位が変化しても, 舌の動く速度に変化は起こらず, 垂直的顎位が変化すると舌全体を大きく動かして不十分な舌の押し付けを代償するために食塊形成時間が増加したと報告している^{24,25)}. また Dahan ら²⁶⁾は咬合接触と舌の動きには強い相関があると報告している. 垂直的顎位の変化による嚥下口腔期の影響を明らかにするためには, 嚥下時の舌一口蓋間の接触圧²⁷⁻²⁹⁾, 舌と食物の位置関係を含む舌運動の描出³⁰⁾, また口腔内容積の変化などの形態的変化・物理的変化に対する検討が必要と考えられるが, 舌の三次元的運動, 口腔内容積の変化をVFで評価することは難しく, 320列マルチスライスCT^{31,32)}などの他の研究方法を検討する必要があると思われた.

II. 咽頭期嚥下運動

咬合挙上床の装着による咬合高径の挙上にともない, 舌一口蓋間距離が増大することから, 食塊の咽頭通過時間に変化が生じると予想したが, 咽頭通過時間全体では明らかな変化を認めず, 装着時にはVATのみが有意に延長していた ($p=0.02$). VAT, PFAT, HTT に影響を及ぼす因子として舌一口蓋接触圧, 舌圧 (特に舌根圧), 咽頭収縮圧, 食品の物性などが挙げられる^{2,27-29)}. また, VAT は個人の嚥下時の呼吸のリズムにより延長する可能性があることが知られている¹³⁾. 通常, 咬合高径を挙上したことにより, 嚥下時の舌圧は低下し食塊の咽頭通過速度は変化すると予想されるが, PFAT, HTT には影響を認めずにVATのみ延長した原因は不明であり, 咬合挙上時の舌圧や咽頭収縮圧の変化, 食品の物性や呼吸リズムについて, さらなる研究が必要であると思われた.

III. 嚥下反射開始時の食塊の位置

咀嚼嚥下においては, 捕食から舌の pull back 運動で臼歯に食塊が輸送された (stage I transport) のち, 連続的に咀嚼運動に移行する. 咀嚼により粉碎された食塊は順次口峽を超えて咽頭に送り込まれ (stage II transport), 咀嚼が継続されながら咽頭期が開始される^{4,12)}. 武田ら³³⁾は, 液体命令嚥下では割近くが口腔咽頭上部領域で嚥下反射が生じているのに対し, 液体咀嚼嚥下, 固形物咀嚼嚥下の場合, 喉頭蓋谷領域, 下咽頭領域で生じる頻度が高くなることを報告している. 本研究では固形物咀嚼嚥下にもかかわらず, 食塊の位置が口腔咽頭上部領域で嚥下反射が開始する人が多く, 液体命令嚥下に近い嚥下様式になっていた. この嚥下様式は咬合挙上床装着時においてもほとんど変化は認められなかった. 松尾ら³⁴⁾は健康成人男性10人を対象に座位及び四つ這いで嚥下反射開始時の食塊の深さを調べ, 嚥下反射開始前に起こる食塊の咽頭への輸送は, 舌による能動的輸送と重力による受動的輸送の両者の関与があると報告している. 本研究では舌一口蓋間距離が

変化したことにより舌一口蓋の接触圧は減少し、舌の能動的輸送力が低下すると考えられたが、嚥下反射開始時の食塊の深達度に影響は認めなかった。

嚥下反射の開始について、PSIにおいてタイミングという見地から検討すると、全体では有意差はみられないが各個人では咬合挙上床の装着にともない18人(60%)に50%以上の変化を認め、その大部分(15人)が短縮していた。すなわち、咬合挙上床の装着により嚥下反射の開始は早くなっていた。嚥下反射の開始のタイミングについては未だ不明な点が多く、口腔・咽頭・喉頭の粘膜の感覚受容器からの感覚入力に嚥下反射を誘発する可能性が検討されている。Pommerenkeら³⁵⁾は、前口蓋弓が嚥下反射を誘発する最も敏感な部位であることを報告している。一方Lindenら³⁶⁾は健康成人において、共通して嚥下の開始時に検査食品は咽頭部にあったと報告しており、口腔・咽頭・喉頭の様々な感覚受容器が嚥下反射を導く部位と報告されている^{1,37-41)}。また、嚥下反射の開始に関わる因子として食塊の大きさ¹¹⁾、粘性⁴²⁾、食物の流れ込みやすさ⁴³⁾などが報告されている。Palmerら²⁾はこれらの食形態や、命令嚥下か自由嚥下であるかの差により嚥下反射の開始に違いが生じるとしている。Teiら¹⁴⁾は健康成人に対し下顎孔伝達麻酔により舌の知覚を麻痺させた場合、嚥下反射開始のタイミングが変化したこと、またTanimotoら⁴⁴⁾は口腔の感覚の変化は咽頭期嚥下運動に影響を及ぼす可能性があることを報告している。またSaitohら¹⁰⁾は、嚥下反射の開始は食塊の形態⁴⁵⁾と咀嚼により変化し、食塊の形成に必要な咀嚼回数が増加すると、それにともない嚥下反射の開始が遅れると報告しているが、本研究では咀嚼回数に変化はみられなかった。Palmerらは口腔・咽頭の様々な感覚受容器が全体として嚥下の開始に関与するとしており¹³⁾、本研究でも上顎咬合挙上床の装着により歯根膜機械受容器や粘膜の感覚受容器などの口腔内の末梢性の感覚受容器の入力の変化や、咬合挙上床の装着にともなう形態的・物理的变化が、嚥下反射の開始に影響を及ぼしたものと考えられた。さらに有歯顎者の場合、嚥下の際は上下の歯牙を咬合させることで下顎骨が固定され、舌骨が舌骨上筋群により挙上される⁹⁾。咬合を挙上すると上下歯牙の咬合接触は早くなり、下顎骨の固定も早まることで、舌骨の挙上が早まる。そのため嚥下反射の開始が早まったことも一因であると考えられた。

IV. 嚥下効率

咬合挙上床装着時には口腔内の残留割合を示すORESは有意に増加し($p=0.006$)、嚥下効率(OPSE)は有意に低下した($p=0.02$)。口腔内の残留量が多くなれば、必然的に咽頭部に達する食塊量は減少するため、嚥下効率は低下したと考えられた。しかし口腔内の残留量の増加は咬合挙上床の辺縁等により食塊の流れが変化することなどの要素

もあると考えられた。また、OPSEはLogemannらの方法を参考に算出したが、食塊の残留はVF画像では二次元的にしかとらえることができず、食塊の形態などにより誤差が生じると予想される。Logemannらは残留面積の正確な測定にはシンチグラフィなどによる計測が必要であるものの、VF画像で近似的に目測で計測することでもその有用性は高いと報告している⁴⁶⁾。本研究ではVF画像で面積計測ソフトを使用し、食塊の面積を計測したことで、より正確に嚥下効率を求めることができたと考えられた。

本研究は咬合高径の挙上⁸⁾が咽頭期嚥下運動に及ぼす影響を調べるのに咬合挙上床の装着という手法を用いたため、厳密な意味での咬合挙上とは異なる状態である。また、咬合高径の挙上による舌骨の位置変化や食形態による差異など他に検討すべき課題は多いものの、咬合挙上副子を用いた咬合挙上は咽頭期嚥下運動に影響を及ぼすことが明らかになった。このことは口腔の様々な求心性インパルスが大脳皮質を介して咽頭期嚥下を修飾する可能性を示す一つの傍証であり、摂食・嚥下リハビリテーションにおいて口腔の適切な回復の重要性を示唆するものと考えられた。

結 論

咀嚼嚥下運動に関する今回の研究により、以下の結論を得た。

- I. 咬合挙上床の装着にともない、口腔内時間(OCT)に明らかな変化を認めなかったが、全経過時間(TSD)は装着時に有意に延長した($p=0.01$)。全咀嚼回数に差はないことから、これは一回の咀嚼サイクルに要する時間(OCT/ST)が延長したためであると考えられた。
- II. 咬合挙上床の装着にともない、食塊の咽頭通過時間全体に明らかな変化を認めなかったが、そのうちVAT(食塊先端が下顎下縁を通過してから喉頭蓋に達するまでの時間)は有意に延長した($p=0.02$)。
- III. 非装着時で嚥下を開始する際の食塊の位置は被験者の多く(80%)において咽頭上部領域にあり、その傾向は咬合挙上床装着時においても変化を認めなかった。各個人では咬合挙上床の装着にともない嚥下反射の開始時間が早まる者が多かった(50%)。歯根膜機械受容器や粘膜の感覚受容器などの口腔内の末梢性の感覚受容器の入力の変化や、咬合挙上床の装着にともなう形態的・物理的变化が、嚥下反射の開始に影響を及ぼした可能性が考えられた。
- IV. 咬合挙上床の装着にともない口腔内の残留量が増え、嚥下効率が有意に低下した($p=0.02$)。
- V. 咬合挙上副子を用いた咬合挙上は咽頭期嚥下運動に影響を及ぼすことが明らかになった。このことは口腔の様々な求心性インパルスが大脳皮質を介して咽頭期嚥下を修飾する可能性を示す一つの傍証であり、摂食・嚥下リハビリテーションにおいて口腔の適切な回復の重要性

を示唆するものと考えられた。

謝 辞

本稿を終えるにあたり、本研究に数々のご援助、ご協力をいただきました北海道大学大学院歯学研究科口腔病態学講座口腔診断内科学教室、口腔顎顔面外科学教室の諸先生方に厚く御礼申し上げます。

参 考 文 献

- 1) Storey AT: Interactions of alimentary and upper respiratory tract reflexes. Sessle BJ, Hannam T, Mastication and Swallowing, 22-31, University of Tronto Press, Tronto, 1976.
- 2) Palmer JB, Rundin NJ, Lala G, Crompton AW: Coordination of mastication and swallowing. *Dysphagia*, 7: 187-200, 1992.
- 3) Thexton AJ: Mastication and Swallowing: an overview. *Br Dent J*, 173: 197-206, 1992.
- 4) Palmer JB: Integration of oral and pharyngeal bolus propulsion: a new model for the physiology of swallowing. *JSDR*, 1: 15-30, 1997.
- 5) Palmer JB: Bolus aggregation in the oropharynx does not depend on gravity. *Arch Phys Med Rehabil*, 79: 691-696, 1998.
- 6) Hiima KM, Palmer JB: Food transport and bolus formation during complete feeding sequences on foods of different initial consistency. *Dysphagia*, 14: 31-42, 1999.
- 7) Guyton C: ガイトン 臨床生理学, 803-812, 医学書院, 東京, 1999.
- 8) 山田好秋: 嚥下. 中村嘉男, 森本俊文編, 歯科基礎生理学第3版, 350-356, 医歯薬出版, 東京, 1998.
- 9) 山田好秋: よくわかる摂食・嚥下のメカニズム, 32-97, 医歯薬出版株式会社, 東京, 2004.
- 10) Saitoh E, Shibata S, Matsuo K, Baba M, Fujii W, Palmer JB: Chewing and food consistency: Effects on bolus transport and swallow initiation. *Dysphagia*, 22: 100-107, 2007.
- 11) Feldman RS, Kapur KK, Alman JE, Chauncey HH: Aging and mastication: Changes in performance and in the swallowing threshold with natural dentition. *J Am Geriatric Soc* 28: 97-103, 1980.
- 12) 馬場 尊: プロセス・モデルのインパクト. 才藤栄一編, MEDICAL REHABILITATION 摂食・嚥下障害の評価と治療トピックス, 1-7, 全日本病院出版会, 東京, 2007.
- 13) Palmer JB, Hiima KM: Eating and Breathing: interactions between respiration and feeding on solid food. *Dysphagia*, 18: 169-178, 2003.
- 14) Tei K, Yamazaki Y, Ono M, Totsuka Y: The effect of bilateral lingual nerve anesthesia and increased occlusal vertical dimension on the onset of swallowing in adult males. *Cranio*, 23: 39-47, 2005.
- 15) Logemann JA, Kahrilas PJ: Relearning to swallow after stroke-application of maneuvers and indirect biofeedback: A case study. *Neurology*, 40: 1136, 1990.
- 16) Rademaker AW, Pauloski BR, Logemann JA, Shanahan TK: Oropharyngeal swallow efficiency as a representative measure of swallowing function. *J Speech Hear Res*, 37: 314-25, 1994.
- 17) Tei K, Maekawa K, Kitada H, Ohiro Y, Yamazaki Y, Totsuka Y: Recovery from postsurgical swallowing dysfunction in patients with oral cancer. *J Oral Maxillofac Surg*, 65: 1077-83, 2007.
- 18) 中廣哲也, 豊田芳行, 斉藤 馨, 高相利次, 山縣健佑: 全部床義歯の咬合高径の変化が咀嚼リズムに及ぼす影響. 昭歯誌, 3: 192-201, 1984.
- 19) Logemann JA: Effects of aging on the swallowing mechanism. *Otolaryngologic Clinic of North America*, 23: 1045-1056, 1990.
- 20) Logemann JA: Evaluation and treatment of swallowing disorders. 19-37, 医歯薬出版, 東京, 2000年.
- 21) Feinberg MJ: Radiographic techniques and interpretation of abnormal swallowing in adult and elderly patients. *Dysphagia*, 8: 356-8, 1993.
- 22) 中村嘉男: 咀嚼する脳, 63-81, 医歯薬出版, 東京, 2005.
- 23) 西 恭宏, 今井崎太一, 加地彰人, 長岡英一: 嚥下時における義歯の咬合高径の影響. 日摂食リハ会誌, 12: 298, 2008.
- 24) 田村文誉, 鈴木司郎, 向井美恵: 無歯顎患者における垂直的顎位の変化が嚥下時舌運動に及ぼす影響—超音波前額断撮影法による検討. 日摂食リハ会誌, 7: 134-142, 2003.
- 25) 田村文誉, 鈴木司郎, 向井美恵: 垂直的顎位と体位嚥下機能に及ぼす影響. 補綴誌, 47: 66-75, 2003.
- 26) Dahan JS, Lelong O: Effects of bite raising and occlusal awareness on tongue thrust in untreated children. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 124: 165-172, 2003.
- 27) 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. 日摂食リハ会誌, 6: 93-103, 2002.
- 28) Ono T, Hori K, Nokubi T: Pattern of tongue pressure on hard plate during swallowing. *Dysphagia*, 19: 259-264, 2004.
- 29) Hori K, Tamine K, Barbezat C, Maeda Y, Yamori M, Müller F, Ono T: Influence of chin-down posture on tongue pressure during dry swallow and bolus swal-

- lows in healthy subjects. *Dysphagia*, Epub ahead of print, 2010.
- 30) Hiimeae KM, Palmer JB, Medicis SW, Hegener J, Jackson BS, Lieberman DE : Hyoid and tongue surface movements in speaking and eating. *Arch Oral Biol*, 47 : 11-27, 2002.
- 31) Fujii N, Inamoto Y, Saitoh E, Baba M, Okada S, Yoshioka S, Nakai T, Ida Y, Katada K, Palmer JB : Evaluation of swallowing Using 320-Detector-Row Multislice CT. Part I: Single- and Multiphase Volume Scanning for Three-dimensional Morphological and Kinematic Analysis. *Dysphagia*, Epub ahead of print, 2010.
- 32) Inamoto Y, Fujii N, Saitoh E, Baba M, Okada S, Katada K, Ozeki Y, Kanamori D, Palmer JB : Evaluation of Swallowing Using 320-detector-row Multislice CT. Part II: Kinematic Analysis of Laryngeal Closure during Normal Swallowing. *Dysphagia*, Epub ahead of print, 2010.
- 33) 武田斉子, 才藤栄一, 松尾浩一郎, 馬場 尊, 藤井航, Palmer JB : 食物形態が咀嚼-嚥下連関に及ぼす影響. *リハ医学*, 39 : 322-330, 2002.
- 34) 松尾浩一郎, 才藤栄一, 武田斉子, 馬場 尊, 藤井航, 小野木啓子, 奥井美枝, 植松 宏, Jeffrey B-Palmer : 咀嚼および重力が嚥下反射開始時の食塊の位置に及ぼす影響. *日摂食リハ会誌*, 6 : 179-185, 2002.
- 35) Pommerenke WT: study of the sensory areas eliciting the swallowing reflex. *Am J Physiol*, 84 : 36, 1928.
- 36) Linden P, Tippett D, Johnston J, Johnston J, Siebens A, French J : Bolus position at swallow onset in normal adults. *Dysphagia*, 4 : 146-150, 1989.
- 37) Miller FR, Sjerrington CS : Some observation on buccopharyngeal stage of reflex deglutition in the cat. *J Exp Physiol*, 9 : 147-186, 1916.
- 38) Poudereux P, Logemann JA, Kahrilas PJ : Pharyngeal swallowing elicited by fluid infusion : role of volition and vallecular containment. *Am J Physiol*, 270 : 347-354, 1996.
- 39) Dua KS, Ren J, Bardan E, Xie P, Shaker R: Coordination of deglutitive glottal function and pharyngeal bolus transit during normal eating. *Gastroenterology*, 112 : 73-83, 1997.
- 40) Daniels SK, Foundas AL : Swallowing physiology of sequential straw drinking. *Dysphagia*, 16 : 176-182, 2001.
- 41) Catriona M Steele, Arthur J, Mille : Sensory input pathways and mechanisms in swallowing: a review. *Dysphagia*, online first, 2010.
- 42) Dantas RO, Kern MK, Massey BT : Effect of swallowed bolus variables on oral and pharyngeal phases of swallowing. *Am J physiol*, 258 : 675-681, 1990.
- 43) Prinz JF, Lucas PW : Swallow thresholds in human mastication. *Arch Oral Biol*, 40 : 401-403, 1995.
- 44) Tanimoto K, Fujiki T, Yamada T, Kobayshi T, Otani K, Takano-Yamamoto T : Effect of lingual nerve anesthesia on swallowing using cineradiography. *Dentistry in Japan*, 36 : 98-101, 2000.
- 45) Hiimeae KM, Crompton AW : Mastication, food transport, and swallowing. Hildebrand M, Bramble DM, Liem KF, *Functional vertebrae morphology*, 262-290, Harvard University Press, Cambridge, 1985.
- 46) Logemann JA, Williams RB, Readmaker AW, Pauloski BR, Lazarus CL : The relationship between observations and measures of oral and pharyngeal residue from videofluorography and scintigraphy. *Dysphagia*, 20 : 226-231, 2005.

ORIGINAL

Effect of increased occlusal vertical dimension with an occlusal bite plate on pharyngeal swallowing in adult males

Shogo Kitamori¹, Kanchu Tei², Ayako Harahashi¹, Yutaka Yamazaki¹ and Yoshimasa Kitagawa¹

ABSTRACT : It has been proposed that the swallowing reflex is triggered by transmitting sensory inputs from the mucosal receptors in the oral cavity or the oropharynx and larynx to the brainstem, but the mechanism of the onset of swallowing is not fully understood. It is not clear how the onset of swallowing is modified by changes in oral stage of deglutition. The purpose of the present study was to elucidate the effect on pharyngeal swallowing of raising the occlusal vertical dimension with an occlusal bite plate.

Thirty adult male volunteers were enrolled and asked to chew and swallow solid food in their usual manner before and after modification (bite raising). Oral and pharyngeal swallowing was investigated using videofluoroscopic examination in the lateral plane. Four objective indicators : 1) mastication, 2) bolus transport, 3) bolus position at the onset of swallowing, and 4) oropharyngeal swallow efficiency were evaluated. The results and conclusions were as follows.

1. The oral cavity time (OCT) did not change considerably after modification, but the time of a masticatory cycle (OCT/ST) ($p=0.003$) and total sequence duration (TSD) ($p=0.01$) were significantly increased after modification.
2. Oropharyngeal aggregation time did not change, but the valleculae aggregation time (the time elapsed between the moment the leading edge of the bolus passed the lower border of the mandible to the moment the leading edge of the bolus passed the edge of the epiglottis, VAT) were significantly prolonged after modification ($p=0.02$).
3. The leading edge of the bolus was in the upper oropharyngeal area in 80% of individuals, at the onset of swallowing either before or after modification. Individual pharynx-to-swallow intervals tended to decrease after modification (15 of the 30 volunteers, 50%).
4. Oropharyngeal swallow efficiency (OPSE) was significantly reduced after modification because of increased oral residue after the first swallow on a bolus (ORES) ($p=0.02$).

The present study demonstrates that modification of occlusal vertical dimension with an occlusal bite plate affects pharyngeal swallowing, suggesting alterations in oral volume, tongue-palate contact, oral masticatory condition, and sensory input from the periphery may play an important role in controlling pharyngeal swallowing.

Key Words : increased occlusal vertical dimension, pharyngeal swallowing, videofluorography, dysphagia

¹Oral Diagnosis and Medicine, Department of Oral Pathobiological Science, Graduate School of Dental Medicine, Hokkaido University. (Chief: Prof. KITAGAWA Yoshimasa)
Kita 13 Nishi 7, Kita-ku, Sapporo 060-8586, Japan

²Oral and Maxillofacial Surgery, Department of Oral Pathobiological Science, Graduate School of Dental Medicine, Hokkaido University. (Chief: Prof. TOTSUKA Yasunori)
Kita 13 Nishi 7, Kita-ku, Sapporo 060-8586, Japan