

## 摂食・嚥下障害患者への対応 —舌圧測定と舌接触補助床—

小野 高裕<sup>a</sup>, 堀 一浩<sup>b</sup>, 藤原 茂弘<sup>a</sup>, 皆木 祥伴<sup>a</sup>

### Prosthodontic approach for dysphagic patients —Tongue pressure measurement and palatal augmentation prosthesis—

Takahiro Ono, DDS, PhD<sup>a</sup>, Kazuhiro Hori, DDS, PhD<sup>b</sup>, Shigehiro Fujiwara, DDS, PhD<sup>a</sup>, Yoshitomo Minagi, DDS<sup>a</sup>

#### 抄 録

増加する摂食・嚥下障害患者に対する有望な歯科的アプローチとして、口腔における食塊の形成と咽頭への送り込みに大きく寄与している舌機能の客観的評価と、その低下に対する代償的治療法である舌接触補助床 (Palatal Augmentation Prosthesis, PAP) について取り上げる。舌機能はこれまで嚥下造影検査や嚥下内視鏡検査によって評価されてきたが、舌と口蓋との接触によって生じる舌圧を極薄型の舌圧センサーを用いて測定することにより、咀嚼・嚥下における舌運動の正常と異常を定量的にとらえることができる。この舌圧測定は、PAPの適用診断、設計、効果判定において有効であり、今後代償嚥下手技の生理学的裏付けや咀嚼・嚥下困難者用食品の開発においても有用な情報を提供し得ると期待される。

#### 和文キーワード

摂食・嚥下障害, 舌, 舌圧, 舌接触補助床

#### I. はじめに

現在、医療のみならず介護・福祉の分野においてもその取り組みの重要性が認知されている摂食・嚥下障害であるが、その正常像と病態像に関する研究が進んだのは20世紀の最後の10年間であり、内外の専門学会がようやく成人式を迎えようとしている若い分野である。それ以前はもっぱら咽頭期の反射の問題として認識されていた嚥下障害の概念の中に、口腔での食塊形成と咽頭への移送における問題が明記されたことは、嚥下機能における口腔と咽頭の機能的境界を取り払っただけでなく、歯科領域が摂食・嚥下リハビリテーションに参画する必要性を改めて認識させることになった。平成22年度保険改定における舌接触補助床

(PAP)<sup>1,2)</sup>の導入も、その流れの中で実現したものである。

現在、この医療分野は、診断・治療・リハビリテーションの効果などのすべての次元においていまだ発展途上であり、取り組むべき課題が山積している。例えば、嚥下障害の検査法としてGold standardとされている嚥下造影検査 (Videofluorography, VF) や嚥下内視鏡検査 (Videoendoscopy, VE) は、食塊の通過障害、残留、誤嚥などの検出力は高いが、その原因となる嚥下関連器官の運動障害に関しては画像上の限られたものしか得られない。またすべての臨床現場でこうした検査が行える訳ではないため、誤嚥の有無に対して一定のスクリーニング検査とともに、食事場面の観察、ムセや湿性嗝声のチェック、発熱、体重減少などの臨床的徴候などを総合的に評価して、嚥下障害の診断が

<sup>a</sup> 大阪大学大学院歯学研究科顎口腔機能再建学講座 (歯科補綴学第二)

<sup>b</sup> 新潟大学大学院医歯学総合研究科摂食・嚥下リハビリテーション学分野

<sup>a</sup> Department of Prosthodontics, Gerodontology and Oral Rehabilitation, Osaka University Graduate School of Dentistry

<sup>b</sup> Division of Dysphagia Rehabilitation, Niigata University Graduate School of Medical and Dental Sciences

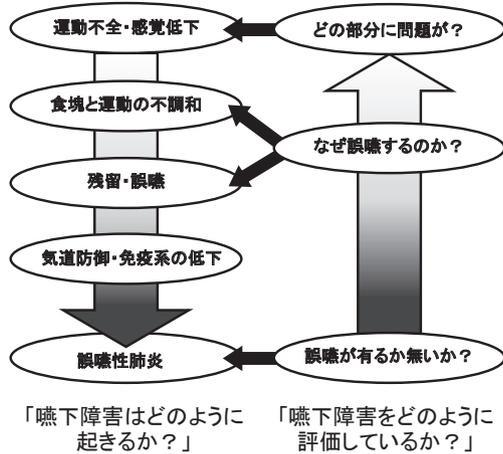


図1 嚥下障害の発生・進行の過程(左)と臨床における嚥下障害の評価(右)の関係

なされている。すなわち、嚥下機能の低下を客観的・定量的に評価する方法はまだ確立されていないと言えるだろう(図1)。その原因として、咀嚼も含む広義の嚥下機能がきわめて多くの器官の複雑な形態的・運動学的協調性によって営まれ、またその運動が随意的にも反射的にもコントロールされるということがある。

一方、我が国の口腔科学の中でも歯科補綴学の分野においては、顎口腔機能の客観的評価法に関する研究が盛んに行われてきた。これは、医学全般を見渡しても特徴的なことである。プロセスモデル<sup>3)</sup>においてIngestionからStage II transportまでを担う口腔機能の重要性が記述され、摂食機能療法や舌接触補助床への期待が高まる現在、そうした治療法やリハビリテーション手技の適用判断や効果判定の基準となる客観的・定量的な口腔機能検査法も喫緊の課題と言えるだろう<sup>4)</sup>。本稿においては、筆者らが取り組んできた舌圧研究から得られた咀嚼・嚥下における舌機能の正常像と異常像について解説し、臨床的検査法への展望とPAPを用いた摂食・嚥下リハビリテーションにおける応用について紹介する。

## II. 舌圧の機能的意義

### II-1. 咀嚼・嚥下時舌圧の正常

1988年にShakerら<sup>5)</sup>は、口腔外から挿入したプローブ型舌圧計を用いて口腔内のさまざまな部位において嚥下時に産生される圧を測定し、舌背と口蓋との間における圧が最も大きいことを報告した。舌が口蓋に接触することによって産生される圧=舌圧については、これ以降さまざまな研究が行われてきたが<sup>6)</sup>、そ

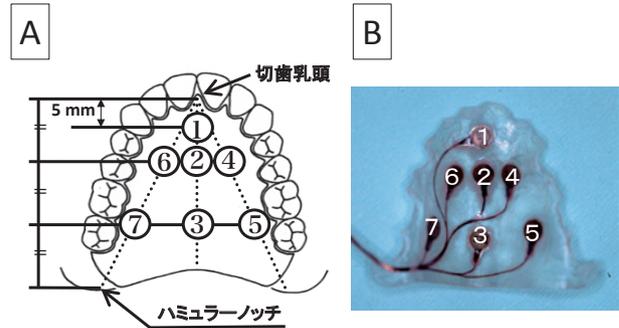


図2 舌圧測定用の口蓋床の設計(A)と完成品(B)。正中部に3個、左右周縁部に2個ずつ、合計7個の圧力センサが埋入されている。

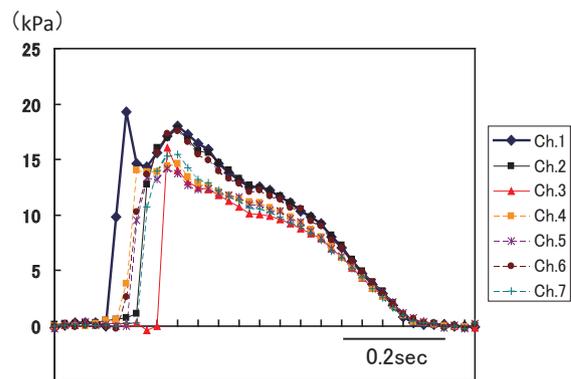


図3 7箇所圧力センサを埋め込んだ口蓋床で記録した健康若年有歯顎者の水嚥下時の舌圧波形例。(Ch.1-7の位置は図2参照)

れらは(1)測定方式(①口腔外から挿入するプローブ型舌圧計, ②口腔内に装着した圧力センサ)と(2)測定タスク(①舌の口蓋への最大押し付け, ②嚥下運動)によって大別できる。方式①は簡便であるのに対し、方式②は装置の組み立てや装着に手間を要する。一方、タスク①はどちらの方式でも可能であるが、タスク②は方式②でなければ難しい。

顎筋の収縮力と咬合接触状態を反映した最大咬合力が咀嚼能力の有力な指標であるように、舌筋の収縮力を反映したタスク①の最大値が嚥下時舌機能の指標となることはこれまでの研究から十分に示唆されている<sup>7)</sup>。しかし、嚥下は咀嚼と比較して不随意の部分が大きい運動であること、固形物を咬断・粉碎する咀嚼とは異なり、液状や半固形状の食塊を口腔から咽頭に送り込む嚥下は、運動の強さだけでなく速度や巧緻性といった要素も重要であるため、できるだけ自然な嚥下時舌圧を測定する意義は大きいと思われる。そこで、我々はまず、方式②によるタスク②の舌圧測定を試みた。

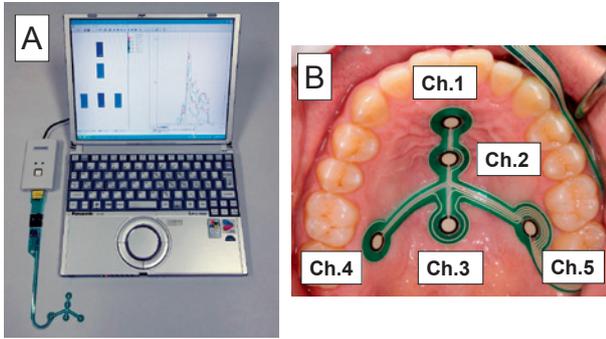


図4 舌圧センサシートを用いて嚥下時舌圧を測定するスワロースキャンシステム (A) と舌圧センサシートを口蓋に貼付したところ (B).

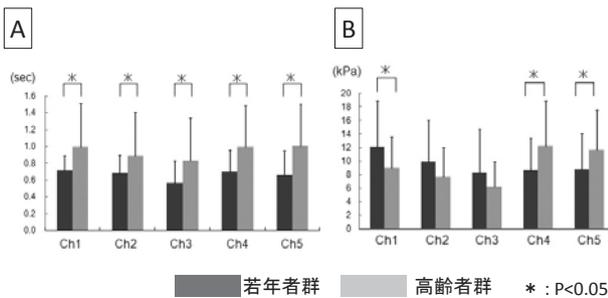


図5 健常若年者と健常高齢者の水嚥下時舌圧持続時間 (A) と最大値 (B) の比較 (Student *t* test,  $P < 0.05$ ). (Ch.1-5 の位置は図4 B 参照)

### II-1-1. 嚥下時における舌圧発現様相

圧力センサを埋め込んだ口蓋床を装着して嚥下時の舌圧を測定する試みは我が国において早くから行われている<sup>8)</sup>。筆者らも先行研究を参考にしながら、解剖学的ランドマークを指標にして7箇所圧力センサを埋め込んだ口蓋床を製作し (図2)、健常若年者における15 ml 水嚥下時の舌圧発現パターンを解析した<sup>9)</sup>。水嚥下時の舌圧は、単峰性または二峰性の波形を示し、急速な立ち上がりと緩やかな下降が特徴である (図3)。正中部 (Ch.1-3) においては前方から後方に発現し、周縁部 (Ch.4-7) では前後左右がほぼ同時に発現し、すべての部位でほぼ同時に消失する傾向を示した。舌圧の持続時間は約0.62~0.90秒であり、最大値は正中前方部 (Ch.1) が他の部位より大きく、正中後方部 (Ch.3) は小さかった。周縁部の舌圧の大きさは左右均等であった。こうした様相は最初に舌尖が、次に周縁部が口蓋に接触して、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んでいる様相を表していると思われる。また、舌尖部と口蓋前方部との強い接触より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た。

このように口蓋床による嚥下時舌圧測定は、生物学的ならびに時間的パラメータによって舌運動様相を評価し得ることが示されたが、製作に多大の技術と費用を要し、測定前に馴化期間を設ける必要があることから、被験者数が限られ臨床応用には向かないと思われた。そこで、筆者らは、面圧分布を測定するシステムとして開発された厚さ0.1 mmの極薄型センサシートに着目し、舌圧測定に適した形態をこれに付与した舌圧センサシートをニッタ株式会社 (大阪, 日本) と共同で開発した (図4)<sup>10,11)</sup>。これにより、舌圧センサシートを義歯安定剤で硬口蓋に貼付するだけで、正常パターンを把握する上で必要と思われる硬口蓋5箇所舌圧を測定することが可能となり、多くの被験者を対象に、さまざまな実験を行うことができるようになった。

筆者らは、まず若年者と高齢者の嚥下時舌圧発現様相が異なるか否かについて探索した<sup>12)</sup>。従来、プローブ型舌圧計を用いた研究では、最大押しつけ圧は加齢と共に低下するが、嚥下時舌圧は変わらないという報告がなされ、定説となっていた。しかし、若年健常者37名 (平均年齢26.9±3.6歳)、高齢健常者35名 (平均年齢66.6±5.0歳) において、硬口蓋5箇所の水嚥下時舌圧発現様相を比較した結果、舌圧発現時間はすべての部位で高齢者の方が有意に長く、舌圧最大値は正中前方部 (Ch.1) で若年者、後方周縁部 (Ch.4,5) で高齢者の方が大きいという結果が得られた (図5)。このことは、舌尖と口蓋前方部との接触によるアンカー効果が弱まること、その代償として後方周縁部の接触圧が増加し、嚥下時間の延長が生じることなど、嚥下動態の加齢変化を示すものと考えられる。

一方、嚥下時舌圧は食塊の量や性状によって変調することが報告されていたが<sup>13)</sup>、舌圧センサシートを用いることによって、より詳細な舌と口蓋の接触様相の違いが描出可能となった。例えばFuruyaら<sup>14)</sup>は10 mlの水嚥下と比較して10 gのプリン嚥下では、各部位における舌圧の最大値ならびに持続時間は増加し、特に正中前方部 (Ch.1) では力積値が約2倍に増加するが、正中後方部においては両者の間に差が無いことを明らかにした。また、Hayashiら<sup>15)</sup>は、ゼリーを舌で押しつぶして嚥下するまでの舌圧を記録し、硬さの増加による押しつぶし時と嚥下時舌圧の上昇を認めたが、一口量による変調は認めなかったと報告している。

### II-1-2. 咀嚼時における舌圧発現様相

筆者らは、圧力センサを埋め込んだ口蓋床を用いて、咬断性食品であるグミゼリーの咀嚼・嚥下過程にお

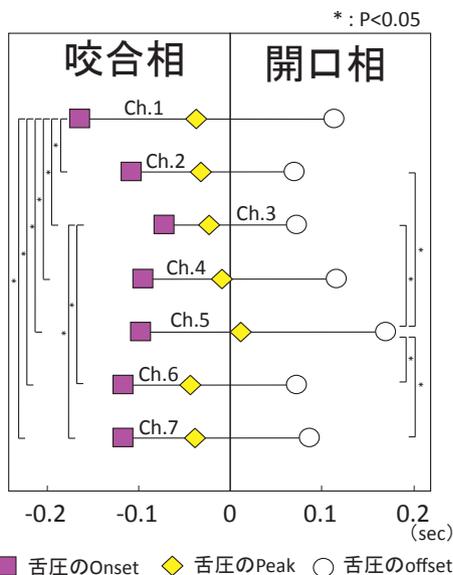


図6 圧力センサを埋め込んだ口蓋床(図2参照)で記録したグミゼリー咀嚼時の舌圧発現と下顎運動の同期性(Repeated-measures analysis of variance, Scheffe's *post hoc* test,  $P<0.05$ ).

る舌圧と下顎運動の同時記録を行い、二つの興味深い知見を得た<sup>16)</sup>。一つは、各咀嚼サイクルにおける舌圧は咬合相において発生し開口相において消失するという顎運動との協調パターン(図6)であり、これは従来筋電図によって記録されていた舌と咀嚼関連筋群の協調パターン<sup>17)</sup>と整合し、固形食品の咬断、粉碎、食塊形成にとって合理的なものである。もう一つは、咀嚼初期と比較して嚥下前の咀嚼後期になると、各咀嚼サイクルにおける舌圧の持続時間と最大値の増加を認めたことであった。これは筆者らがVFを用いて観察したグミゼリーの咀嚼・嚥下過程における舌と口蓋との接触様相の経時的変化<sup>18)</sup>と整合するものであり、食塊のstage II transportにともなう舌運動の活発化を示すものと考えられた。このことは後に飯泉ら<sup>19)</sup>による舌圧測定と同期した嚥下内視鏡による食塊移動の観察によって確認され、Palmer<sup>20)</sup>が示唆した舌の能動的な活動によるstage II transport発生のメカニズムを裏付けることができた。これらの知見より、固形食品の咀嚼の進行と食塊形成・移送における舌運動の意義がより明瞭に把握できるようになった。

## II -2. 舌圧の異常と嚥下障害

舌圧センサシートを用いた嚥下時舌圧測定により、嚥下障害患者の舌運動障害を、各疾患に特徴的な「舌・口蓋接触パターンの崩れ」として観察することができる。例えば、舌癌患者の場合、後章に示すような舌圧持続時間の延長や最大値の低下だけでなく、口蓋正中

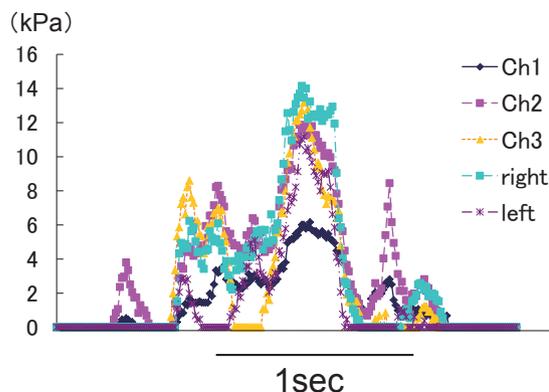


図7 脳卒中急性期患者の水嚥下時の舌圧波形例。正中前方部の舌圧の低下、多峰性、嚥下時間の延長、非同期性などの異常パターンが観察される。

部における大小関係、周縁部における均等性など、健常者に見られるパターンを著しく欠いている。また、脳卒中急性期患者においては、持続時間の延長や最大値の低下の他に、波形の多峰性や各部位の舌圧発現の非同期性が認められ(図7)、異常波形の発現率<sup>21)</sup>や後方周縁部麻痺側における舌圧の低下<sup>22)</sup>が嚥下障害の有効な予測因子となることが示唆された。

進行性の神経疾患であるパーキンソン病患者においては、軽症例においても舌圧持続時間と最大値が低下する傾向が見られ、潜在的な嚥下動作の低下が生じていることが疑われた<sup>23)</sup>。また、病期が進行した症例では、舌圧発現自体が多くの計測点で失われる傾向が見られた。

筋ジストロフィーの中では比較的高年齢層で発症し、高口蓋・舌萎縮を特徴とする筋強直性筋ジストロフィー患者においては、口蓋正中部にほとんど舌圧が発生せず、周縁部だけに弱い舌圧が発生するという特異的なパターンが認められた<sup>24)</sup>。こうした舌圧発現における異常所見は神経筋機構の病態像や口腔内の解剖学的変化と密接に関連しており、今後症例研究がさらに進むことによって、各疾患における嚥下障害の早期発見や後述する治療法やリハビリテーション手技の効率化に寄与し得るものと筆者らは考えている。

## III. PAPの効果と適応症

PAPとは、Palatal(口蓋を)Augmentation(最適化する)Prosthesis(口腔内装置)の略であり、口蓋の形態を最適化することによって、食事時や会話時における舌運動の不足から生じる咀嚼・嚥下障害や構音障害を改善することを目的とした装置である。有歯顎者の

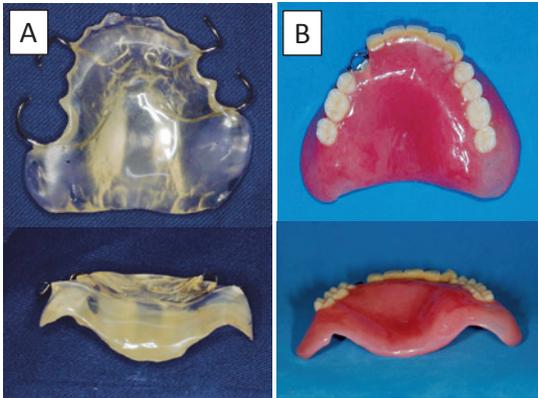


図8 口蓋床型 PAP (A) と義歯型 PAP (B).

場合、PAPは口蓋床として製作し（口蓋床型 PAP）、上顎義歯装着者の場合、義歯床口蓋部にふくらみを与えて PAP とするため（義歯型 PAP）、既存の上顎義歯を改造して義歯型 PAP とすることもできる（図8）。

PAPの適応症、効果と限界、製作・調整法に関しては、日本補綴歯科学会と日本老年歯科医学会による「摂食・嚥下障害、構音障害に対する舌接触補助床のガイドライン」<sup>25)</sup> にエビデンスが整理されている。摂食・嚥下障害に対する PAP の効果として最も期待できるのは、準備期・口腔期における食塊のコントロールの改善である。舌の実質欠損や運動障害を有する患者に PAP を装着することによって舌、口蓋形態と固有口腔容積がより適切なものとなり、随意的な食塊の形成と送り込みが容易になる。また、装着下でのリハビリテーションによって舌運動が賦活化することにより、二次的に舌根部の咽頭圧が上昇し、食塊の咽頭通過の短縮といった咽頭期に対する効果が認められることもある。

ガイドライン作成と並行して行われた両学会による症例調査（対象：12 大学 15 講座，3 病院）では、約2年間（2007-2008 年）の調査期間に 180 症例のデータが集められた<sup>26)</sup>。その内、132 症例が頭頸部癌であり、最も多かったのは舌癌（93 症例）であった。頭頸部癌以外の患者 48 症例の原因疾患の内訳は、脳血管障害（23 症例）、ALS、パーキンソン病などの神経疾患（16 症例）、先天性疾患（5 症例）などであった。原因疾患の発症率を比較した場合、当然のことながら脳血管障害や神経疾患の方が頭頸部癌よりもはるかに高い。したがって、今後頭頸部癌以外の症例への積極的な適用が望まれ、それによって現在は少ない PAP の効果に関するエビデンスも質・量的に増えることが予想される<sup>27)</sup>。

PAPの有効性に関しては、摂食・嚥下リハビリテー

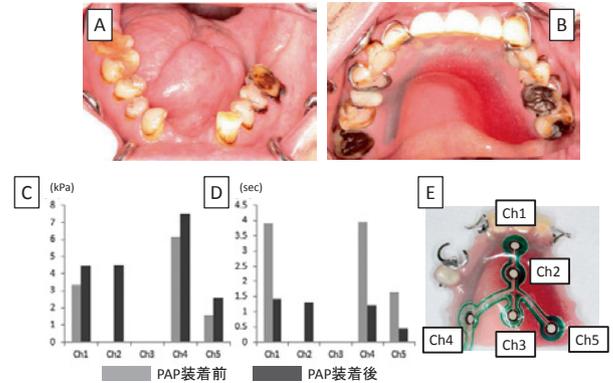


図9 切除・再建後の舌と下顎歯列の状態 (A)、上顎に装着した義歯型 PAP (B)、PAP 装着前後の嚥下時舌圧最大値 (C) と持続時間 (D) の比較、PAP に貼付した舌圧センサシート (E)。

ションの臨床現場において一定の認識が得られているものの、まだまだ普及拡大の余地があると思われる。植田ら<sup>28)</sup> は、義歯型装具の必要な患者は年間 16,000 症例以上と推計しており、その半数以上が未適用であると報告しており、その中でも PAP の占める割合は少なくないと考えられる。PAP の適用率が低い理由としては、保険適用の条件である摂食機能療法の実施自体がまだ普及していないことや、義歯型 PAP を製作した場合に義歯の保険点数が算定できないという制度上の不備も挙げられるが、PAP の適用判断、口蓋形態の形成方法、効果判定を経験に頼らず行うことができる客観的評価法が必要と考えられる。次章では、PAP を装着して嚥下障害の改善をはかった舌癌術後症例における嚥下時舌圧の変化を供覧する。

#### IV. PAP による舌圧の変化

症例は 70 歳男性で、60 歳時に舌癌の診断の下、放射線治療と舌部分切除術を受けたが、9 年後に再発のため追加切除と前腕皮弁による再建を受け（図 9A）、さらに 1 年後に頸部リンパ節転移のために口腔外科に入院中、嚥下機能低下が著しかったため PAP 製作を目的に補綴科に紹介された。初診時の水嚥下時舌圧最大値は、正中部では前方 (Ch.1) のみ弱い圧が生じ、後方周縁部は左右差が著しかった。また、舌圧持続時間 (Ch.1, Ch.4) は途中消失を含めて約 4 秒と通常の 5 倍に延長しており、舌による食塊の搬送能力が低いために複数回の送り込み動作が生じている様子がうかがわれた（図 9C～E）。

本症例に対しては上下顎に欠損があったためまず通法に従って部分床義歯を製作し、その後舌圧検査の結

果をもとに、上顎義歯の口蓋中央部から左側に膨隆を付与して義歯型 PAP とした (図 9B)。その結果、後方周縁部における舌圧発現の不均衡は残ったが、口蓋正中部においては改善し、持続時間が大幅に短縮した (図 9C~E)。このことから、舌と口蓋との接触部位の拡大により嚥下時間が短縮したことが確認され、主観的にも嚥下困難感が大幅に改善した。

以上のように、舌圧センサシートを用いて計測した嚥下時舌圧発現様相のパラメータ (接触順序, 持続時間, 最大値など) は、PAP の適用診断, 設計, 効果判定において有用な情報となる。もちろん、PAP の形態を形成するに当たっては、嚥下や構音のタスクを組み合わせ、パラトグラムや水飲みテスト, フードテストなど従来の評価法も用いる必要があるが、診断, 治療の根拠を検査結果として残すことも保険医療として重要であると思われる。

## V. 摂食・嚥下リハビリテーションにおける舌圧の応用

### V-1. 舌圧に基づくリハビリテーション

摂食・嚥下リハビリテーションの臨床においては、誤嚥のリスクを低下させるとともに、嚥下関連器官の機能を改善するために、さまざまな訓練手技と代償的嚥下法が用いられている<sup>29)</sup>。これらの手技は臨床において経験的に用いられているが、嚥下関連器官に対する生理学効果については完全に明らかにされている訳ではなく、食塊を送り出す原動力となる舌と口蓋との接触様相への影響についても不明であった。そこで筆者らは内外の機関との共同研究を行い、これまでに、Chin-down swallow<sup>30)</sup>、Effortful swallow と Mendelsohn maneuver<sup>31)</sup>、Tongue hold swallow<sup>32)</sup> などが健常者の舌・口蓋接触様相に及ぼす影響について報告してきた。例えば、「舌で口蓋を思い切り強く押しながら飲んで下さい」と指示する Effortful swallow においては、口蓋正中前方部の舌圧が、通常嚥下に較べて舌圧持続時間が約 3 倍、最大値が約 8 倍、力積値が約 20 倍に増加することが示された<sup>31)</sup>。こうした定量的所見は、嚥下手技が効果を発揮する機序の解明とリハビリテーションにおける効率的な適用の一助になると考えられる。

### V-2. 舌圧に基づく食品開発

これまで、咀嚼・嚥下困難者用食品の規格<sup>33)</sup>は、規格化された試験方法から得られるテクスチャーのパラメータ (硬さ, 凝集性, 付着性など) と官能試験の結果をもとに作られてきた。それに加えて、口腔に取り込まれた食品がどのように変化するか、さらに食品物

性によって咀嚼・嚥下動態がどのように変調するかを知ることによって、さらに食べやすく安全な食品を開発する動きが盛んになりつつある<sup>34,35)</sup>。舌で押しつぶせる食品の硬さや、嚥下時の飲み込みやすさを検討する上で、舌圧測定によって得られるパラメータは有用な情報が得られると考えられる<sup>36)</sup>。将来的には、咀嚼能力検査<sup>37)</sup>と舌圧測定の結果を総合することにより、個人に最適な食品物性の選択が可能になるのではないかと期待される。

## 文 献

- 1) 小野高裕, 堀 一浩, 中島純子. 舌接触補助床 (PAP) を用いた口腔機能リハビリテーション. 日歯医師会誌 2013; 66: 6-15.
- 2) 前田芳信, 阪井丘芳, 小野高裕, 野原幹司, 小谷泰子, 堀 一浩ほか. 開業医のための 摂食・嚥下機能改善と装置の作り方 超入門. 東京, クインテッセンス出版; 2013.
- 3) Palmer JB. Integration of oral and pharyngeal bolus propulsion: A new model for the physiology of swallowing. Jpn J Dysphag Rehabil 1997; 1: 15-30.
- 4) Ono T, Hori K, Masuda Y, Hayashi T. Recent advancement in sensing oropharyngeal swallowing function in Japan. Sensors 2010; 10: 176-202.
- 5) Shaker R, Cook IJ, Dodds WJ, Hogan WJ. Pressure-flow dynamics of the oral phase of swallowing. Dysphagia 1988; 3: 79-84.
- 6) Ono T, Hori K, Tamine K, Maeda Y. Evaluation of tongue motor biomechanics during swallowing / from oral feeding models to quantitative sensing methods. Jpn Dent Sci Rev 2009; 45: 65-74.
- 7) 吉川峰加. 超高齢社会における補綴治療を支える舌圧検査法. 日補綴誌 2013; 5: 145-148.
- 8) 小野高裕, 堀 一浩, 岩田久之, 田峰謙一, 吉牟田陽子, 野首孝祠. 咀嚼・嚥下における舌圧測定法とその臨床応用. 日摂食嚥下リハ会誌, 2006; 10: 207-219.
- 9) Ono T, Hori K, Nokubi T. Pattern of tongue pressure on hard palate during swallowing. Dysphagia, 2004; 19: 259-264.
- 10) Hori K, Ono T, Iwata H, Nokubi T, Kumakura I. Tongue pressure against hard palate during swallowing in post-stroke patients. Gerodontology 2005; 22: 227-233.
- 11) Hori K, Ono T, Tamine K, Kondoh J, Hamanaka S, Maeda Y, et al. A newly developed sensor sheet for measuring tongue pressure in swallowing. J Prosthodont Res 2009; 53: 28-32.
- 12) Tamine K, Ono T, Hori K, Kondoh J, Hamanaka S,

- Maeda Y. Age-related changes in tongue pressure during swallowing. *J Dent Res* 2010; 89: 1097-1101.
- 13) Poudroux P, Kahrilas PJ. Deglutitive tongue force modulation by volition, volume, and viscosity in humans. *Gastroenterology* 1995; 108: 1418-1426.
  - 14) Furuya J, Nakamura S, Ono T, Suzuki T. Tongue pressure production while swallowing water and pudding and during dry swallow using a sensor sheet system. *J Oral Rehabil* 2012; 39: 684-691.
  - 15) Hayashi H, Hori K, Taniguchi H, Nakamura Y, Tsujimura T, Ono T, et al. Biomechanics of tongue movement during squeezing and swallowing in humans. *J Oral Sci* 2013; in press.
  - 16) Hori K, Ono T, Nokubi T. Coordination of tongue pressure and jaw movement in mastication. *J Dent Res* 2006; 85: 187-191.
  - 17) Takada K, Yashiro K, Sorihashi Y, Morimoto T, Sakuda M. Tongue, jaw, and lip muscle activity and jaw movement during experimental chewing efforts in man. *J Dent Res* 1996; 75: 1958-1606.
  - 18) Ono T, Hori K, Nokubi T, Sumida A, Furukawa S. Evaluation of mastication and swallowing of gummy jelly by using digital subtraction angiography. *Dent Jpn* 2005; 41: 57-60.
  - 19) 飯泉智子, 岡田澄子, 加賀谷斉, 成田厚乃, 金森大輔, 中山潤利ほか. 咀嚼中の食物の咽頭への送り込みと舌口蓋接触様相について (抄録). *日摂食嚥下リハ会誌* 2010; 14: 343.
  - 20) Palmer JB. Bolus aggregation in the oropharynx does not depend on gravity. *Arch Phys Med Rehabil* 1998; 79: 691-696.
  - 21) Konaka K, Kondo J, Hirota N, Tamine K, Hori K, Ono T, et al. Relationship between tongue pressure production and dysphagia in stroke patients. *Eur Neurol* 2010; 64: 101-107.
  - 22) Hirota N, Konaka K, Ono T, Tamine K, Kondo J, Hori K, et al. Reduced tongue pressure against the hard palate on the paralyzed side during swallowing predicts dysphagia in acute stroke patients. *Stroke* 2010; 41: 2982-2984.
  - 23) 小野高裕, 堀 一浩, 田峰謙一, 近藤重悟, 濱中里, 佐古田三郎. 舌圧センサシートを用いたパーキンソン病患者の嚥下機能定量評価. *バイオメカニズム会誌* 2010; 34: 105-110.
  - 24) 濱中 里, 小野高裕, 堀 一浩, 近藤重悟, 田峰謙一, 松村 剛ほか. 舌圧センサシートを用いた筋ジストロフィー患者の嚥下時舌圧測定 (抄録). *日摂食嚥下リハ会誌* 2009; 13: 474.
  - 25) 日本補綴歯科学会, 日本老年歯科医学会編. 摂食・嚥下障害, 構音障害に対する舌接触補助床のガイドライン. (MINDS 掲載) <<http://minds.jcqhc.or.jp/n/med/4/med0099/G0000340/0001>>; 2011
  - 26) 植松 宏, 大野友久. 舌接触補助床を用いた口腔機能リハビリテーションシステムの構築. *歯医学誌* 2010; 29: 67-71.
  - 27) 小野高裕. 舌接触補助床 (PAP) は, 脳卒中・神経疾患による嚥下障害・構音障害に有効か? (MINDS トピックス) <<http://minds.jcqhc.or.jp/n/med/8/med0099/T0010729>>; 2013
  - 28) 植田耕一郎, 向井美恵, 森田 学, 菊谷 武, 相田潤, 渡邊 裕ほか. 摂食・嚥下障害に対する機能改善のための義歯型補助具の普及性. *老年歯学* 2010; 25:123-130.
  - 29) 日本摂食・嚥下リハビリテーション学会医療検討委員会. 訓練法のまとめ (改訂 2010). *日摂食嚥下リハ会誌* 2010; 14:644-663.
  - 30) Hori K, Tamine K, Barbezat C, Maeda Y, Yamori M, Müller F, et al. Influence of chin-down posture on tongue pressure during dry swallow and bolus swallows in healthy subjects. *Dysphagia* 2011; 26: 238-245.
  - 31) Fukuoka T, Ono T, Hori T, Tamine K, Nozaki S, Shimada K, et al. Effect of effortful swallow and Mendelsohn maneuver on tongue pressure production against hard palate. *Dysphagia* 2013; DOI: 10.1007/s00455-013-9464-y (e-pub ahead of print).
  - 32) Fujiu-Kurachi M, Fujiwara S, Tamine K, Kondo J, Minagi Y, Maeda Y, et al. Tongue pressure generation during tongue-hold swallows in young healthy adults measured with different tongue positions. *Dysphagia* 2013; DOI: 10.1007/s00455-013-9471-z (e-pub ahead of print).
  - 33) 厚生労働省医薬食品局食品安全部長通知. 特別用途食品の表示許可等について. 平成 21 年 2 月 12 日食安発第 0212001 号, 2009.
  - 34) 小野高裕. *Food Oral Processing - Physics, Physiology and Psychology of Eating* に参加して. *日咀嚼誌* 2010; 20: 127-131.
  - 35) 小野高裕. 2<sup>nd</sup> International Conference on Food Oral Processing - Physics, Physiology and Psychology of Eating に参加して. *日咀嚼誌* 2013; 23: 印刷中.
  - 36) 堀 一浩, 小野高裕. 咀嚼・嚥下時の舌圧のはたらき. *FFI ジャーナル* 2012; 217: 234-241.
  - 37) 小野高裕, 安井 栄, 野首孝祠. グミゼリーを用いた咀嚼能力評価システムの展開一目で見てわかるスコア法から高精度の全自動法まで. *FFI ジャーナル* 2013; 218: 印刷中.

---

著者連絡先: 小野 高裕  
 〒 565-0871 大阪府吹田市山田丘 1-8  
 Tel: 06-6879-2954  
 Fax: 06-6879-2957  
 E-mail: ono@dent.osaka-u.ac.jp