

健全成人の舌接触補助床装着時の  
嚥下動態に関する高解像度マノメ  
トリーによる評価

おおた えみ

太田 恵未

本論文の要旨は，第186回朝日大学歯学研究科発表会（2016年10月5日，岐阜）において発表した．

本論文の一部は，第22回日本摂食嚥下リハビリテーション学会学術大会（2016年9月24日，新潟）において発表した．

## 緒 言

舌接触補助床 (Palatal Augmentation Prosthesis, PAP) は, 1969 年 Cantor ら<sup>1)</sup>による下顎欠損患者を対象に構音機能の改善を目的に作製されたのが始まりである. 舌と口蓋の接触が得られない患者に対して用いる歯科補綴学的アプローチである. PAP は舌の器質的な欠損を伴わない脳性麻痺<sup>2)</sup>や, 脳血管障害<sup>3~5)</sup>, 筋萎縮性側索硬化症患者<sup>6, 7)</sup>, 脳損傷<sup>8)</sup>, 認知症<sup>9, 10)</sup>などの神経筋疾患患の構音機能の改善や摂食嚥下障害の応用が報告されている. 多様な病態を呈する患者への効果が期待できる装置である. 平成 22 年度より医療保険の対象となり, 臨床で応用されている.

PAP 装着時における咽頭の嚥下動態の評価は, ビデオ嚥下内視鏡検査 (videoendoscopic examination, VE) やビデオ嚥下造影検査 (videofluoroscopic examination, VF) を用いることが多く, 定量的な評価としては, VF 画像と嚥下圧波形を同期させる Manofluorography を用いた方法がある<sup>3, 6, 7, 11~13)</sup>. 嚥下機能評価の一つである嚥下圧測定は, VF 検査や VE 検査等で得ることのできない筋力の低下, 筋トーンスの異常や収縮のタイミング異常によって生じる嚥下動態の異常を圧力と時間の側面から定量的に評価でき, 嚥下障害の病態を知る上で非常に有益な情報を得ることができる<sup>14)</sup>. しかし, 従来の圧トランスデューサーは数個 (2~4 個) の圧センサーが数 cm 間隔に

搭載され受圧部は一方向であり，一部分の評価しかできない．VF検査で受圧部の位置確認が必要なこともあり，被験者のX線被曝の問題もあるため，PAP装着時の嚥下動態の研究は，数例の症例報告<sup>3, 6, 11)</sup>があるのみで健常成人と比較がされていない．

近年開発された1 cmごとに位置する全周性の30個のセンサーを有する高解像度マノメトリー(**high resolution manometry, HRM**)では，1回の嚥下で軟口蓋部から食道入口部まで同時に評価でき，受圧部の方向を確認する必要がなく，咽頭内圧を連続的に評価できる<sup>15)</sup>．空間的にも時間的にも，リアルタイムに連続したデータを得ることができる**HRM**システムにより，従来では評価できなかった上咽頭領域の嚥下圧発生と食道入口部開口のタイミングの関係や，上咽頭から食道までの連続する嚥下圧の伝搬などの情報を得ることができる<sup>16)</sup>．PAP装着時の嚥下動態を20chの全周性センサーを有する**HRM**を用い，検討した報告はない．**HRM**によるPAP装着時における咽頭部機能評価の確立のため，健常成人の基礎データを集め適応や指標，効果を明らかにし，またPAPの厚みは臨床で経験的判断により調節されているため，厚みの変化が嚥下時の咽頭圧に及ぼす影響を解明することを目的に本研究を行った．

## 材料と方法

### 1 被験者

被験者は口腔および嚥下機能に異常のない健常成人男性 10 人（平均年齢は  $34.7 \pm 9.5$  歳）を対象とした。本研究は朝日大学歯学部倫理審査委員会（承認番号第 28016 号）にて承認され、対象者の同意を得て実施した。

### 2 実験用 PAP の作製

PAP の厚みによる嚥下動態の変化をみるため、厚みの異なる実験用 PAP を作製した。被験者の上下顎をアルジネート印象材（アローマファイン プラス，GC，東京）にて印象採得と咬合採得用ビニルシリコーン印象材（エグザバイト II，GC，東京）で咬合採得し、歯科用硬石膏（ニューフジロック IMP，GC，東京）により模型を作製した。PAP のクラスプは 0.8 mm ワイヤークラスプ（ファインコバルトクラスプ線，山八歯材工業，愛知）を用い、単鉤型を上顎両側犬歯と第一大臼歯に設計した。床の部分は、重合アクリルレジン（フィットレジン，松風，京都）を用いた。厚みは義歯床粘膜調整材（松風ティッシュコンディショナー II，松風，京都）を形成材料とし用いた。厚みの基準として、まず切歯乳頭前縁から左右第一大臼歯口蓋歯頸部最深点を結んだ直線に垂線をおろし正中線として定めた。その正中線と左右第一大臼歯口蓋側歯頸部最下点を結

んだ直線との交点から口蓋面まで垂直に下した線を基準線とし、模型口蓋面から基準線に沿った距離を厚みとして定め、2 mmの厚みのプレートのみ(2 mm)、プレートの厚みを含めた厚径5 mmのPAP(5 mm)、プレートの厚みを含めた厚径10 mmのPAP(10 mm)と、厚みの異なる3種類のPAPを作製した(図1)。PAPの後縁は厚くすると舌と口蓋粘膜の接触ができなくなるため送り込みが低下し、PAPの後縁には食物が停滞するため、後縁は移行的に調整した。

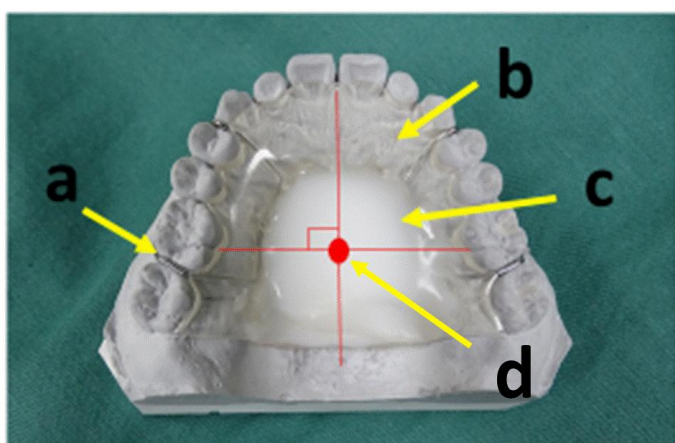


図1 実験用 PAP

a: 0.8 mm ワイヤー単鉤

b: 重合アクリルレジン

c: 義歯粘膜調整材

d: 矢印部分の交点を中心に厚みを調整

### 3 試料

PAP 装着時における、食物の物性(性状)の違いによる影響を測定するための試料として、小金澤ら<sup>17)</sup>の

方法を参考に，試料は常温水 3 ml，ゼリー（エンゲリード，大塚製薬，東京）3 g，米飯（おいしくミキサー白粥，ホリカフーズ，魚沼）3 gを用いた．ベースラインは空嚥下（唾液）とした．今回使用した食物の物性は，ゼリーが硬さ  $5300 \text{ N/m}^2$  のゲルで嚥下訓練食品 0 j に分類され，米飯が硬さ  $3000 \text{ N/m}^2$  のゾルで嚥下訓練食 2 - 1 に分類されている<sup>18)</sup>．鼻咽腔ファイバースコープ（VE）による食塊の咽頭残留のない状態を確認するため，食用色素（食用色素緑，共立食品，東京）を常温水 3 ml，米飯 3 g にそれぞれ混和した．食用色素は常温水 100 ml と米飯 100 g に対して 0.1 g ずつ混和した．

#### 4 測定装置

##### 1) カテーテルセンサー

HRM の測定を行うためにユニチップ圧力トランスデューサー（スターメディカル，東京）を使用した．ユニチップ圧力トランスデューサーはカテーテルに半導体センサー 20 個（CH 1 ~ 20）が 1 cm 間隔に配置され，このセンサーは先端より全方向から  $-501 \sim 300 \text{ mmHg}$  までの圧力を 0.025 秒のサンプリングレートで計測可能な直径 4.6 mm センサーである．ユニチップ圧力トランスデューサーはポケットモニター（GMMS - 4000，スターメディカル，東京）を介して記録用パソコンと接続し，収録ソフト（Star.exeve 8，スターメディカル，

東京)で各半導体センサーの測定値を同時に収録した  
(図2). 測定値は圧トポグラフィーとして表示され,  
経時的な咽頭全体の咽頭内圧の変化を計測した(図  
3).

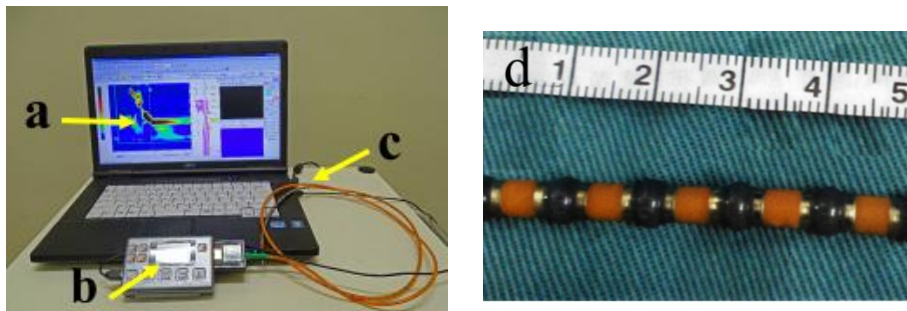


図2 高解像度マノメトリー

- a 記録用パソコン
- b ポケットモニター
- c ユニチップ圧カトランスデューサー
- d ユニチップ圧カトランスデューサー拡大図

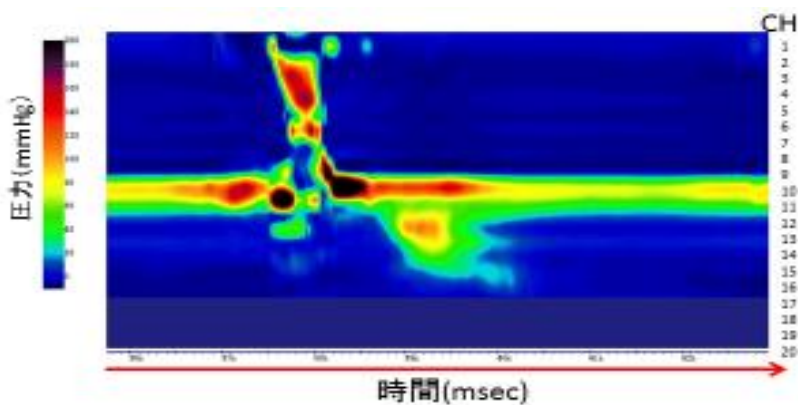


図3 圧トポグラフィー

縦軸は全周圧力センサーの位置を示すCHで, 横軸は  
時間(msec)を示す. 圧力(mmHg)の変化はカラーパ  
ターン(青: 低圧, 黒: 高圧)で表示される.



## 2) 鼻咽腔ファイバースコープ (内視鏡)

ファイバー直径 3.4mm, 長さ 30cm の鼻咽腔ファイバースコープ (FNL-10RBS, Pentax, 東京) を光源装置 (LH-150PC, HOYA, 東京) に接続し使用した。記録には鼻咽腔ファイバースコープにデジタルハイビジョンビデオカメラ (HC-V600M, Panasonic, 大阪) を装着した。デジタルハイビジョンビデオカメラから外部出力を行い, パソコンに収録した。収録には収録ソフト (Star.exeve 8, スターメディカル, 東京) を使用した。

## 5 計測方法

検査は座位で行い, 解剖学的に異常がないか確認するため, また食塊の咽頭残留のない状態を一定に保つために外鼻孔より内視鏡を挿入し咽頭部を観察した。内視鏡を挿入した状態で反対側の外鼻孔からカテーテルセンサーを挿入した。カテーテルセンサーが内視鏡下で咽頭に到達したことを確認したのち, カテーテルセンサーを自由嚥下するよう指示し挿入した (図 4)。圧トポグラフィー上で上咽頭部の圧力と, 食道入口部を示す圧力帯を確認できる位置に留置した。カテーテルセンサーの存在に慣れるまでカテーテルセンサー留置後 5 ~ 10 分間休憩してから測定を行った。

まずコントロールとして, PAP 未装着の状態であトランダムに唾液と各試料を指示嚥下させ, 計測は各試料 3 回ずつ行った。次に 3 種類の厚さの PAP を,

検査日を変えて同一方法で使用し計測を行った。各々の検査日のPAPの厚みはアットランダムとした。3回分のデータの平均値を各被験者の計測値とした。咽頭内圧計は全周性の圧力センサーであるため前後左右の留置位置は特に考慮しなかった。検査では、水は直接咽頭に流れ込むのを防ぐために、シリンジで術者が舌下部に挿入し、ゼリーと米飯も被験者が舌背部に置いてから指示嚥下を行い被験者に摂取させた。各部位の設定は McCulloch TM ら<sup>19)</sup>や Ryu JS ら<sup>20, 21)</sup>、Kim CK ら<sup>22)</sup>の方法を参考に、圧トポグラフィー上で決定した。上咽頭部は、鼻腔と連続した静止域、非活動時域に最も近い2cm範囲で嚥下時圧の変化がある部分とした。舌根部は嚥下時に、軟口蓋と食道入口部の間にほぼ確認される高圧部分で、上下2cmに広がる範囲とした。また舌根部近位に認められる喉頭蓋による圧は除外した。下咽頭部は、舌根部と食道入口部上部との中間を計測部分とした。食道入口部は食道入口部の圧力帯の中間部を計測部分とした(図5)。



図4 咽頭部のセンサー挿入時の状態(VE)

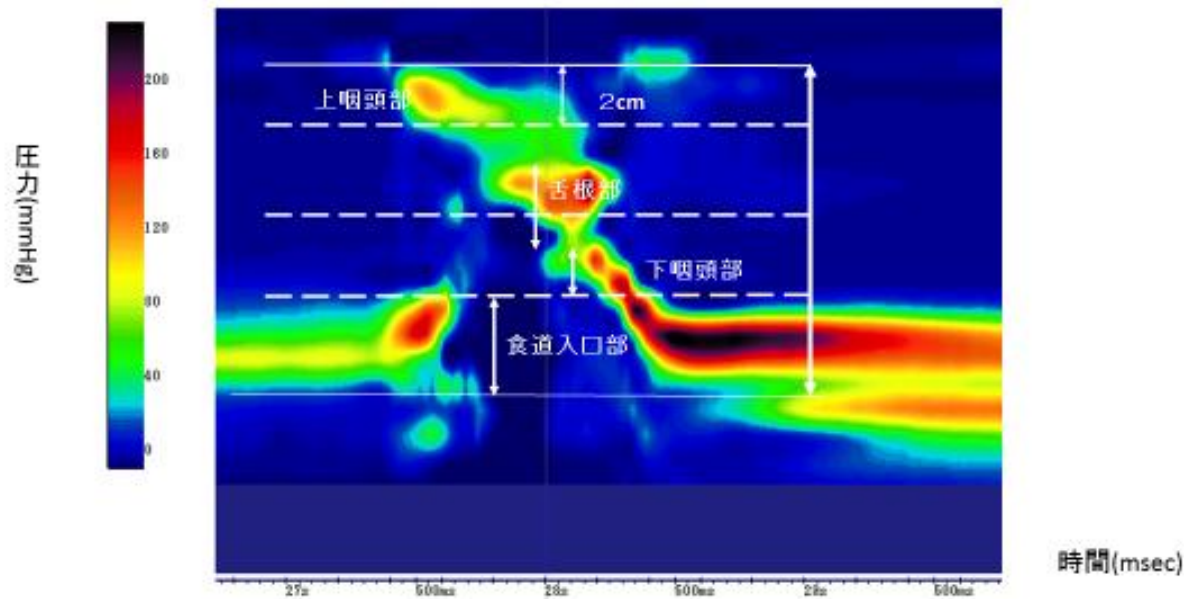


図 5 圧トポグラフィーでの測定部位

## 6 計測項目 (図 6)

計測項目には以下の 14 項目を用いた。

- ① 上咽頭部最大内圧 (mmHg)
- ② 舌根部最大内圧 (mmHg)
- ③ 下咽頭部最大内圧 (mmHg)
- ④ 軟口蓋と咽頭後壁の接触時間 (上咽頭部圧持続時間 (msec))
- ⑤ 舌根と咽頭後壁の接触時間 (舌根部圧持続時間 (msec))
- ⑥ 下咽頭部圧持続時間 (msec)
- ⑦ 上咽頭部収縮開始から最大内圧になるまでの時間 (msec)
- ⑧ 舌根部収縮開始から最大内圧になるまでの時間 (msec)

- ⑨ 下咽頭部収縮開始から最大内圧になるまでの時間 (msec)
- ⑩ 食道入口部弛緩時間 (msec)
- ⑪ 食道入口部食塊通過前の最大内圧 (mmHg)
- ⑫ 食道入口部弛緩終了後の最大内圧 (mmHg)
- ⑬ 上咽頭部最大内圧から，食道入口部弛緩終了後の最大内圧までの時間 (嚥下時間 (msec))
- ⑭ 上咽頭部最大内圧から下咽頭部最大内圧までの伝搬速度 (咽頭部嚥下圧伝搬速度 (cm/s))

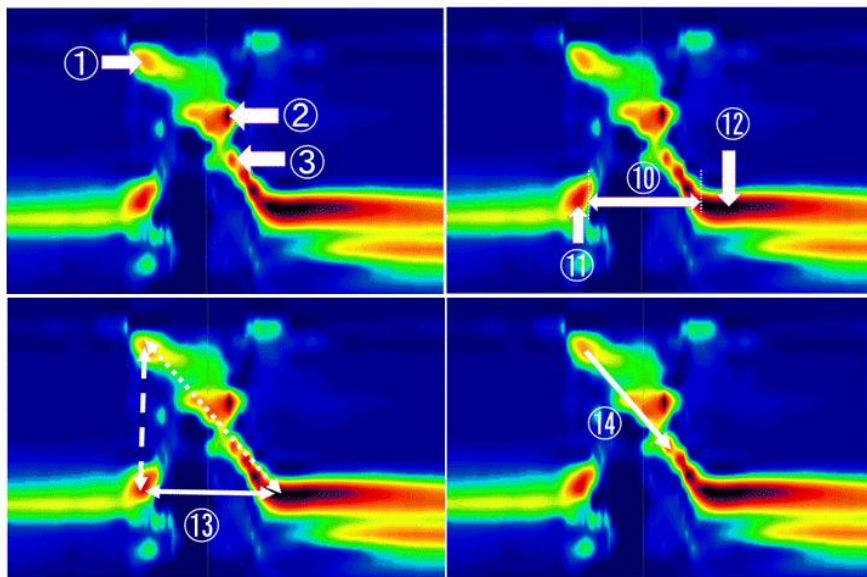


図 6 計測項目

- ① 上咽頭部最大内圧 (mmHg) ② 舌根部最大内圧 (mmHg) ③ 下咽頭部最大内圧 (mmHg) ⑩ 食道入口部弛緩時間 (msec)
- ⑪ 食道入口部食塊通過前の最大内圧 (mmHg) ⑫ 食道入口部弛緩終了後の最大内圧 (mmHg) ⑬ 嚥下時間 (msec) ⑭ 咽頭部嚥下圧伝搬速度 (cm/s)

## 7 データ処理および解析

各試料嚙下時の PAP 未装着，2 mm，5 mm，10 mm の 4 条件の計測項目におけるデータはパソコン内に保存した．計測は各 3 回ずつ行い，その解析には平均値を用いた．PAP 未装着時と 2 mm，5 mm，10 mm 装着時の測定値と 10 mm 装着した時の各試料嚙下時における測定値を統計学的に比較するために，Friedman 検定を用いた．多重比較には，Dunnett 法の補正による Wilcoxon signed-rank test を用いた．統計学的有意差は危険率 0.05 とした．各データの表示は箱ひげ図に上から順に最大値，第 3 四分位点，中央値，第 2 四分位点，最小値を示した．

## 結 果

### 1 . P A P の 厚 み の 違 い に よ る 嚥 下 動 態 の 評 価

#### 1 ) 上 咽 頭 部 最 大 内 圧 ( m m H g )

上咽頭部最大内圧は，全体的に2mm装着時が最も低い傾向であった．水3ml嚥下時のPAP未装着と2mmの比較において，有意差を認めた( $p = 0.00585$ ) (図7)．

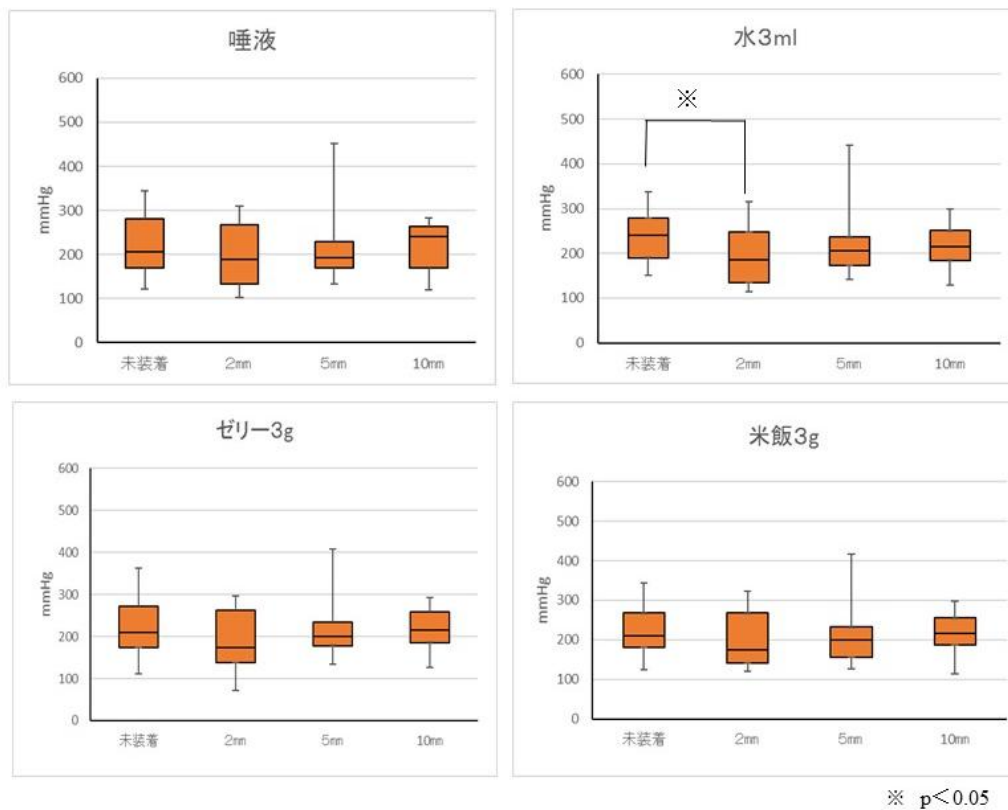


図7 上咽頭部最大内圧 (mmHg)

#### 2 ) 舌 根 部 最 大 内 圧 ( m m H g )

舌根部最大内圧は，唾液および水3mlでは5mmの最大内圧が最も高く，10mmでは最大内圧が低かった．ゼリー3gおよび米飯3gではPAP未装着より2mm，

5 mm, 10 mm の最大内圧が高く, ゼリー 3 g 嚥下時の PAP 未装着と 10 mm の比較において, 有意差を認めた ( $p=0.01758$ ). 米飯 3 g 嚥下時の PAP 未装着と 10 mm の比較において有意差を認めた ( $p=0.0411$ ) (図 8). また圧トポグラフィー上でも 10 mm は PAP 未装着より高い最大内圧を認めた (図 9).

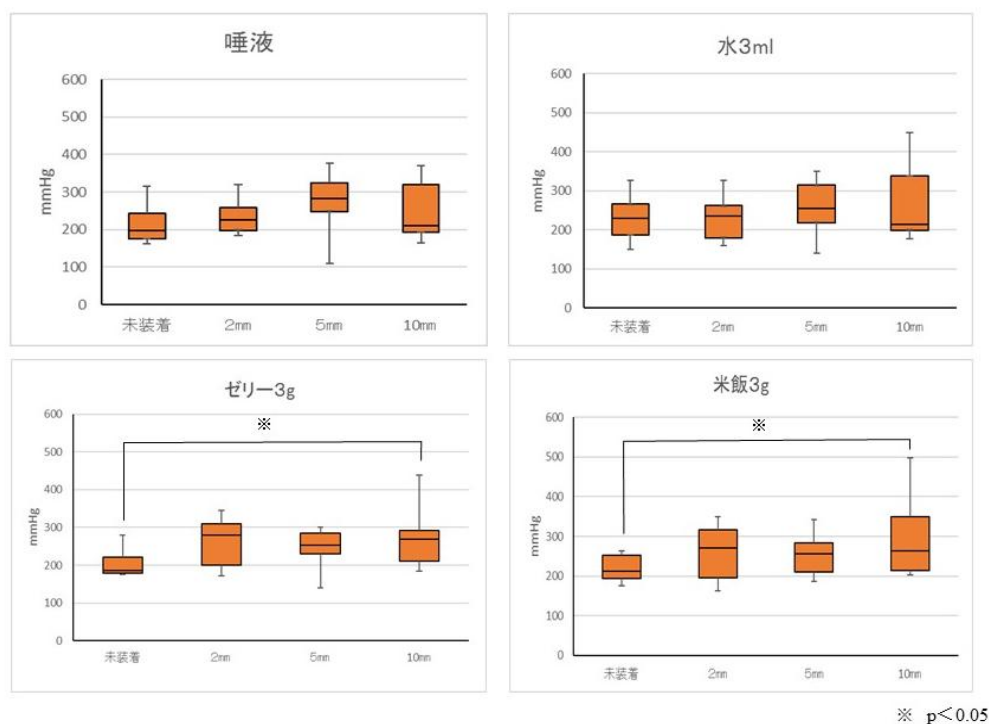


図 8 舌根部最大内圧 (mmHg)

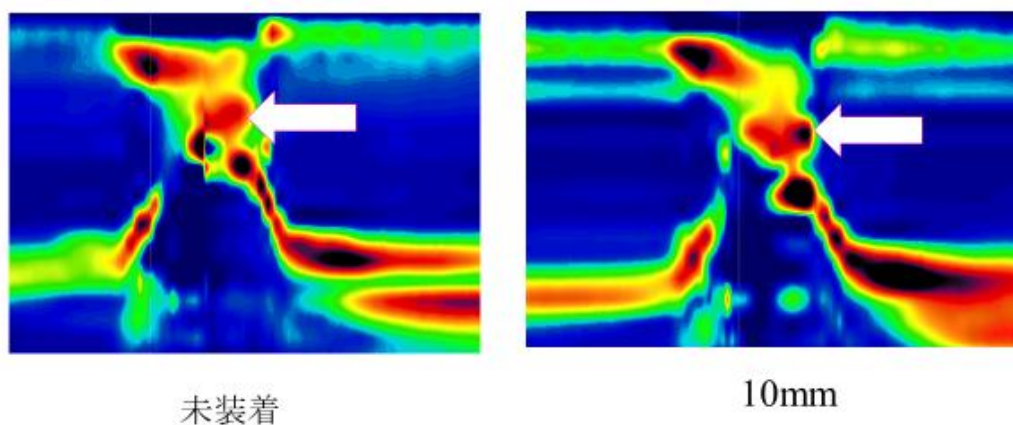


図 9 舌根部最大内圧における米飯 3 g 嚥下時の圧トポグラフィーの比較 (白矢印は舌根部最大内圧を示す)

### 3) 下咽頭部最大内圧 (mmHg)

下咽頭部最大内圧は，唾液以外の試料で P A P 未装着よりも，2 mm，5 mm，10 mm は低い傾向であった。ゼリー 3 g 嚥下時の P A P 未装着と 10 mm の比較において有意差を認めた ( $p=0.00585$ )。米飯 3 g 嚥下時の P A P 未装着と 2 mm の比較において有意差を認めた ( $p=0.02931$ )。P A P 未装着と 10 mm の比較において有意差を認めた ( $p=0.01758$ ) (図 10)。圧トポグラフィー上でも 10 mm は P A P 未装着より低い最大内圧を認めた (図 11)。

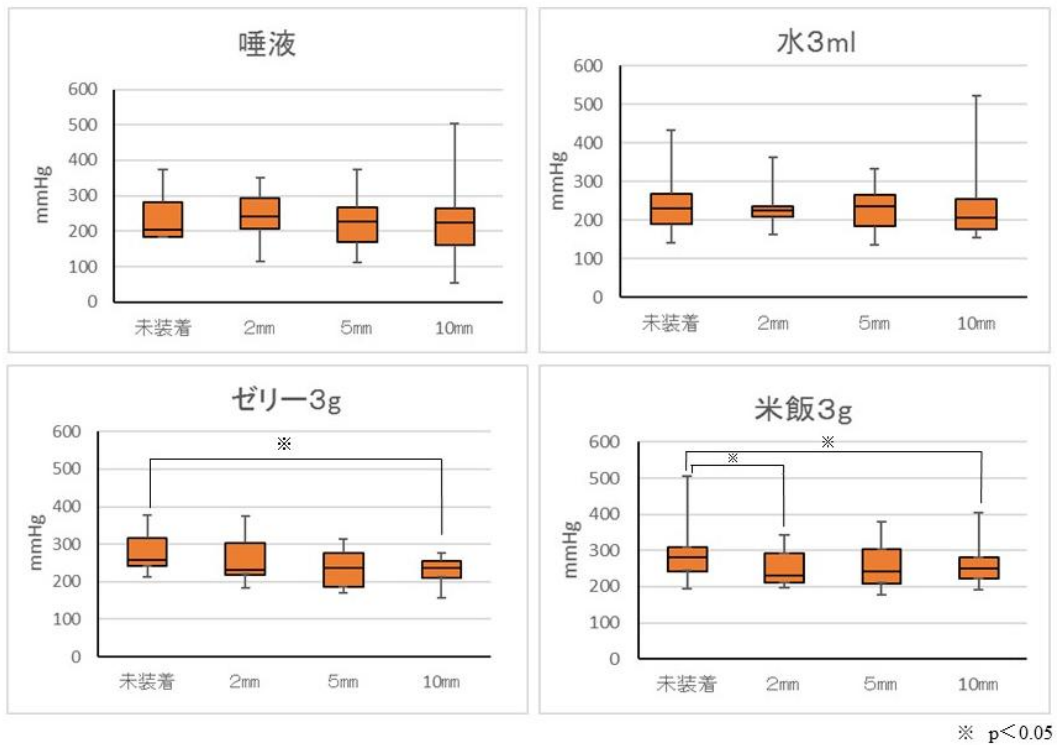


図 10 下咽頭部最大内圧 (mmHg)



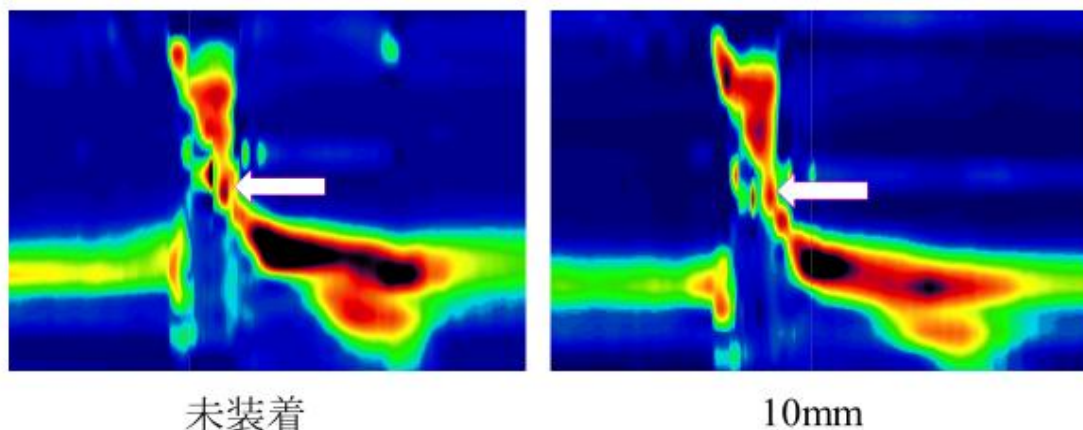


図 11 下咽頭部における米飯 3 g 嚥下時の圧トポグラフィ（白矢印は下咽頭部最大内圧を示す）

#### 4) 上咽頭部圧持続時間 (msec)

上咽頭部圧持続時間は全体的に PAP 未装着に比べ、5 mm、10 mm は延長傾向であったが、有意差を認めなかった (図 12)。

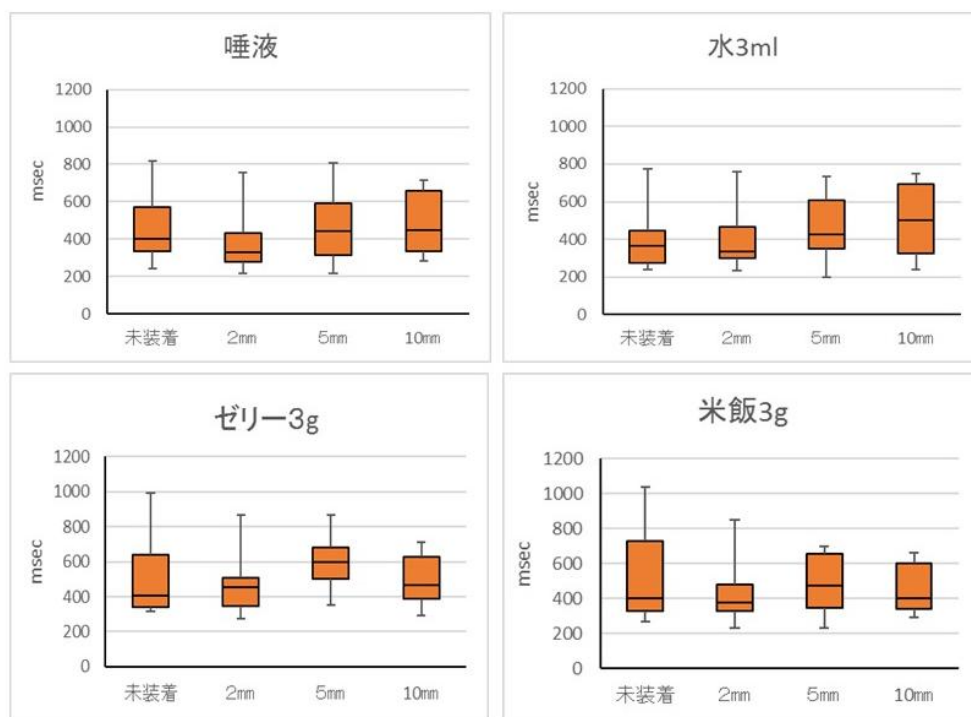


図 12 上咽頭部圧持続時間 (msec)

### 5) 舌根部圧持続時間 (msec)

舌根部圧持続時間は、唾液、水3mlおよびゼリー3g嚥下時のPAP未装着に比べ、2mmと10mmは短縮傾向であったが、有意差を認めなかった(図13)。

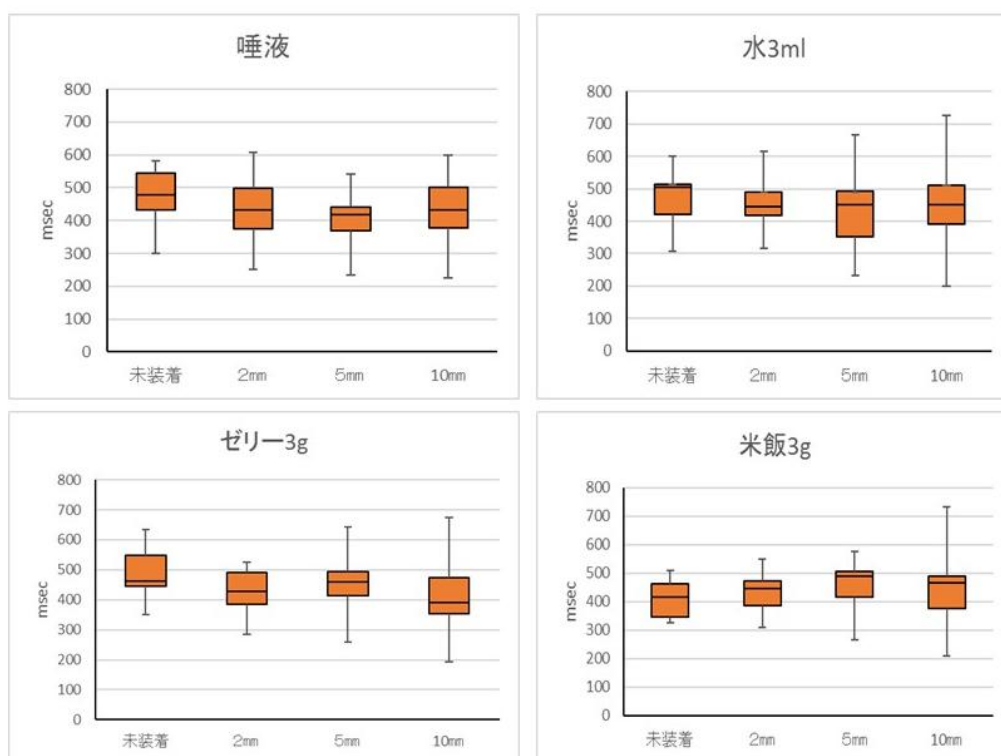


図 13 舌根部圧持続時間 (msec)

### 6) 下咽頭部圧持続時間 (msec)

下咽頭部圧持続時間の、唾液嚥下時のPAP未装着の中央値は350msecであり、10mmの中央値は350msecであった。その他の試料のデータを含めて全体的に一定の傾向は認められず、有意差を認めなかった。

7) 上咽頭部収縮開始から最大内圧になるまでの時間  
(msec)

上咽頭部収縮開始から最大内圧になるまでの時間の、唾液嚥下時の PAP 未装着の中央値は 158.3 msec であり、10mm の中央値は 175 msec であった。その他の試料のデータを含めて全体的に一定の傾向が認められず有意差を認めなかった。

8) 舌根部収縮開始から最大内圧になるまでの時間  
(msec)

舌根部収縮開始から最大内圧になるまでの時間の、唾液嚥下時の PAP 未装着の中央値は 262.5 msec であり、10mm の中央値は 262.5 msec であった。その他の試料のデータを含めて全体的に一定の傾向が認められず有意差を認めなかった。

9) 下咽頭部収縮開始から最大圧になるまでの時間  
(msec)

下咽頭部収縮開始から最大内圧になるまでの時間 (msec) の、唾液嚥下時の PAP 未装着の中央値は 187.5 msec であり、10mm の中央値は 195.8 msec であった。その他の試料のデータを含めて全体的に一定の傾向が認められず有意差を認めなかった。

### 10) 食道入口部弛緩時間 (msec)

食道入口部弛緩時間 (msec) の , 唾液嚥下時の PAP 未装着の中央値は 570.9msec であり , 10mm の中央値は 562.5msec であった . その他の試料のデータを含めて全体的に一定の傾向が認められず有意差を認めなかった .

### 11) 食道入口部食塊通過前の最大内圧 (mmHg)

食道入口部食塊通過前の最大内圧は (mmHg) , PAP 未装着より 5 mm , 10 mm が高い傾向であったが , 有意差を認めなかった (図 14) . 圧トポグラフィー上でも 10mm は PAP 未装着より高い内圧を認めた (図 15) .

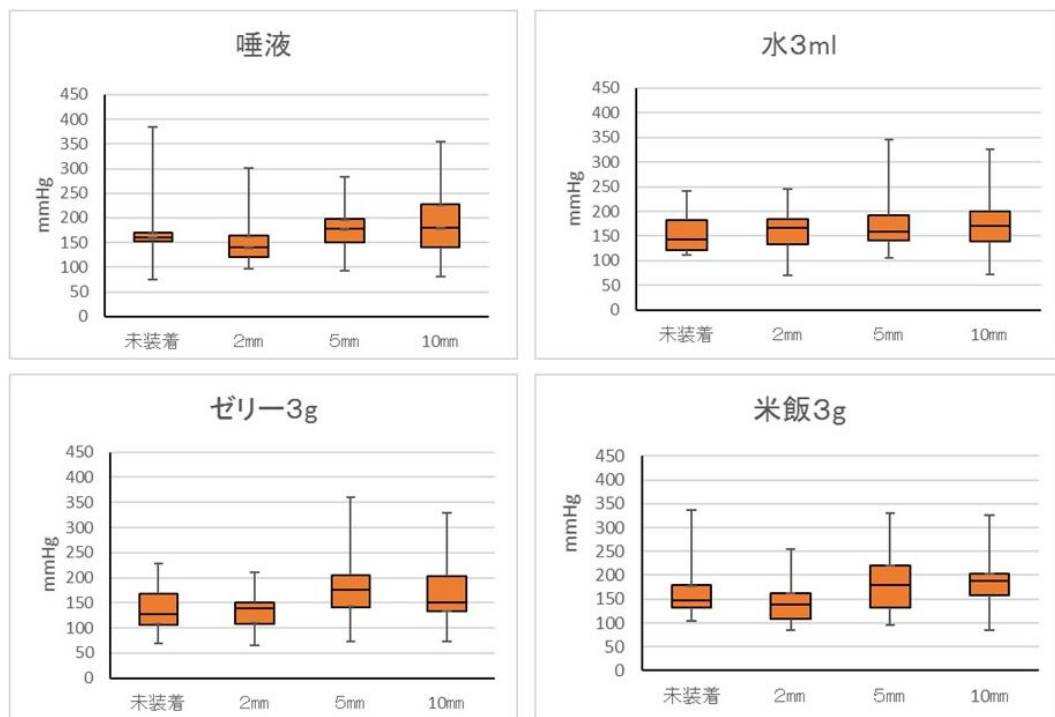


図 14 食道入口部食塊通過前の最大内圧 (mmHg)

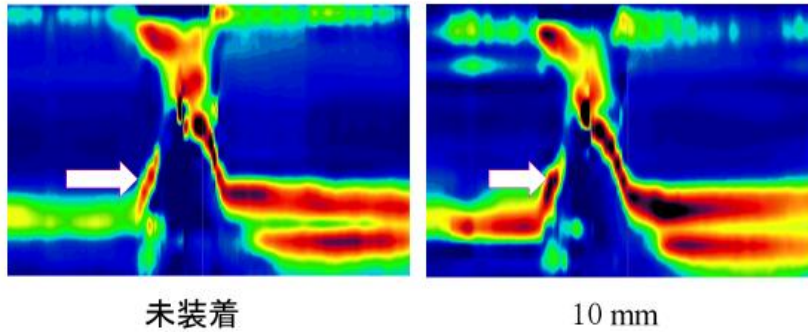


図 15 米飯 3 g 嚥下時における食道入口部食塊通過前の最大内圧 (mmHg) の圧トポグラフィの比較 (白矢印は最大内圧を示す)

12) 食道入口部弛緩終了後の最大内圧 (mmHg)

食道入口部弛緩終了後の最大内圧 (mmHg) は, PAP 未装着に比べ 10 mm が低い傾向であり, ゼリー 3 g および米飯 3 g で 5 mm, 10 mm の最大内圧が PAP 未装着に比べ低い傾向であった (図 16) .

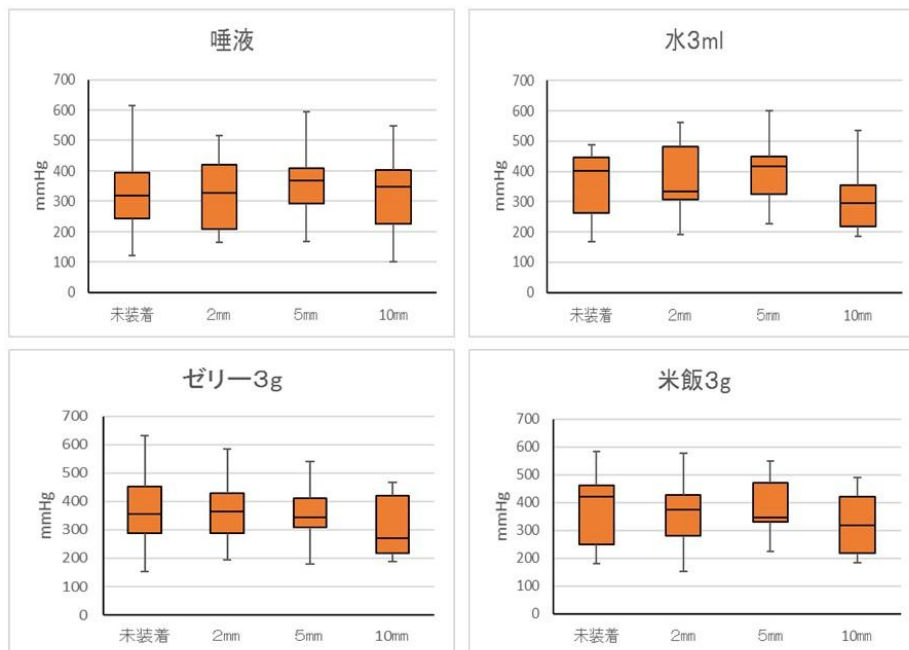


図 16 食道入口部弛緩終了後の最大内圧 (mmHg)

### 13) 嚥下時間 (msec)

嚥下時間 (msec) の , 唾液嚥下時の PAP 未装着の中央値は 1104.2msec であり , 10mm の中央値は 912.5msec であった . 他の試料のデータを含めて全体的に一定の傾向が認められず有意差を認めなかった .

### 14) 咽頭部嚥下圧伝搬速度 (cm/s)

咽頭嚥下圧伝搬速度 (cm/s) の , 唾液嚥下時の PAP 未装着の中央値は 10.9cm/s であり , 10mm の中央値は 11.5cm/s であった . 他の試料のデータを含めて全体的に一定の傾向が認められず有意差を認めなかった .

## 2 . 10mm 装着と各試料摂取時の嚥下動態の評価

10mm 装着時の舌根部最大内圧 (mmHg) の中央値は , 唾液嚥下時は 209.7mmHg , 水 3ml は 214.4mmHg , ゼリー 3g は 269.3mmHg , 米飯 3g は 263.7mmHg で , ゼリー 3g と米飯 3g 摂取時高い傾向であった (図 17) . 各部位の最大内圧 (mmHg) . 圧持続時間 (msec) , 収縮開始から最大内圧になるまでの時間 (msec) や , 食道入口部弛緩時間 (msec) , 食道入口部食塊通過前の最大内圧 (mmHg) , 食道入口部弛緩終了後の最大内圧 (mmHg) , 嚥下時間 (msec) , 咽頭部嚥下圧伝搬速度 (cm/s) で有意差は認めなかった .

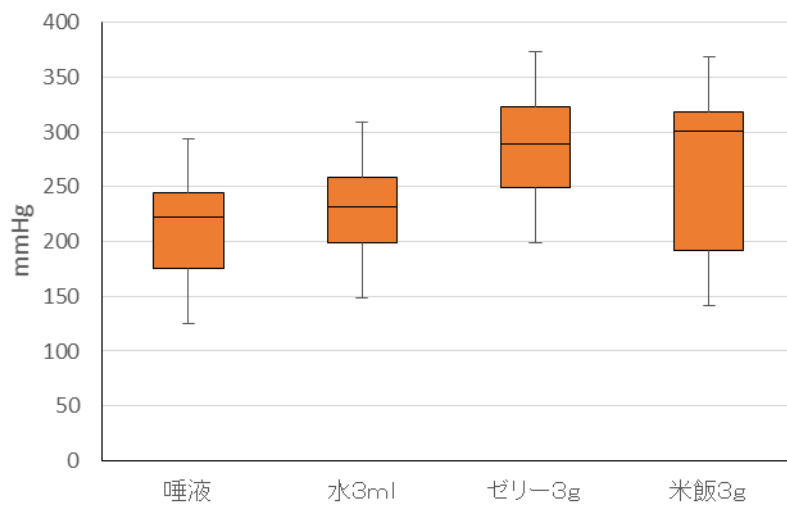


図 17 10mm 装着時における各試料摂取時の舌根部最大内圧 (mmHg)

## 考 察

本研究は，口腔および嚥下機能に異常のない健常成人に対し，舌接触補助床を装着することによる，嚥下動態の変化を HRM を用いて定量的に検討した．

咽頭部の圧トポグラフィーの上部に認められる高圧の圧力部位を velopharynx<sup>19~22)</sup>としている．舘村<sup>23)</sup>は velopharyngeal function を，velum(口蓋帆，軟口蓋)で pharynx(咽頭)を閉じる機能と説明している．軟口蓋が安静位にあるときの上咽頭と中咽頭が coupling した状態を示す場合が多く，そのような腔を正確に表現する場合に velopharyngeal port とし，それらを口蓋帆・咽頭閉鎖機能とした．今回の上咽頭部に認められる圧力は，口蓋帆・咽頭閉鎖機能によるもので，圧力の部位を簡易的に分類するため、上咽頭部と略した．

本研究による上咽頭部最大内圧では，健常成人では 2 mm 装着時に最大内圧の低下を認めたが，5 mm，10 mm では PAP 未装着時と比べて最大内圧の変化を認めなかった．嚥下時の口腔期から咽頭期への移行段階で，軟口蓋の挙上運動による口峽の開大量は，口腔内に食物が存在する段階で得られた感覚情報(物性，量，味，匂いなど)に基づいて，口蓋帆挙筋活動が調整され決定されているとしている<sup>24)</sup>．今回の結果では，上咽頭部最大内圧や圧持続時間などは PAP を装着しても，その変化を認めなかった．そのために PAP の



厚みが増えても，感覚情報への影響は少なく口蓋帆挙筋の活動は常に一定であることが示唆された．

今回の結果で健常成人のゼリー 3 g および米飯 3 g 嚥下時では 10 mm 装着時の舌根部最大内圧は高かった．Kahrilas ら<sup>25)</sup>は Manofluorography を用い，努力嚥下をすることより，食塊に対する圧の上昇とその結果として食塊の咽頭残留は減少すると報告している．また嚥下時の舌運動を解析し，舌前方部が硬口蓋と接触し舌運動の基点(アンカー)を形成されていることが食塊の保持やその移送に重要であるとしている<sup>25)</sup>．大前<sup>26)</sup>は，アンカー機能を補強した場合には嚥下時の舌根部後方運動も補強され，逆にアンカー機能を抑制した場合に舌根後方運動も不十分であったと報告している．萬屋ら<sup>27)</sup>は義歯口蓋部の厚みの変化が，嚥下時の舌運動に及ぼす影響を報告しており，口蓋床後方部における嚥下時最大舌圧の結果から，口蓋床の厚みの増加により口腔内容積が狭くなり，口蓋部に接触する力が増強したとしている．今回 HRM を用いた本研究でも，PAP 装着により口腔内容積が狭くなり，口蓋部や舌根部に接触する力が増強し，努力嚥下に近い嚥下となったことが示唆された．それにより，舌のアンカー機能をより強めて舌根部の後方運動が補強されたために，舌根部最大内圧が上昇したと考える．今回，10 mm の PAP が健常成人の舌根部運動に影響を与えることが判明した．

PAP の効果は，舌の口蓋へのアンカー機能が強化されることにより，舌根-咽頭後壁接触時間の延長が考えられる<sup>3, 11, 27)</sup>．今回の研究では，舌根部の圧持続時間は PAP 未装着と装着に有意差を認めなかった．舌根部は口蓋帆張筋や口蓋舌筋の筋紡錘により反射的な動きが出やすく，PAP 装着時に舌が食塊を咽頭へ送り込む圧力は変化するが，健常成人は筋力低下や緊張がないため，反射運動は常に一定のペースであり，その結果舌根部圧持続時間や舌根部収縮開始から最大内圧になるまでの時間は PAP による影響を受けないことが示唆された．

若杉ら<sup>6)</sup>や中島ら<sup>11)</sup>は下咽頭部最大嚥下圧が PAP 装着により有意に低下したと報告している．本研究でも PAP 未装着時と 10 mm の比較では，下咽頭部最大内圧の低下を認めた．舌根部最大内圧は，PAP 未装着より 10 mm 装着時のゼリー 3 g と米飯 3 g で高く，下咽頭部最大内圧は PAP 未装着より 10 mm 装着時のゼリー 3 g と米飯 3 g で低く，舌根部最大内圧は下咽頭部最大内圧と相関関係があることが判明した．嚥下時の舌運動は，舌前半部と硬口蓋の接触点をアンカーとし，舌が前方から後方へ連続する波のような蠕動様運動で食塊を移送する．舌根部は食塊の流入によって後方に移動し咽頭後壁と接触することで嚥下圧を生み出している．このことより PAP 装着でアンカー機能が強化され舌根部最大内圧が上昇する一方で，下咽頭部

の咽頭収縮が代償的に低下したことが推測された。植田ら<sup>28)</sup>の研究では4.5 mm厚径の口蓋床装着により、舌骨上筋群や側頭筋の積分ピーク値が有意に低下することが報告されている。このことは、口蓋床装着による嚥下関連筋の筋力を未装着時ほど必要としない。つまり、PAP装着により筋活動が代償的に減少し、下咽頭部圧も減少したことも示唆された。

HRMを用いて計測した嚥下時間、咽頭部嚥下伝搬速度や食道入口部弛緩時間はPAP装着による変化を認めなかった。健常成人では筋機能に異常がないため、嚥下時の反射運動は常に一定におこり、PAPの影響を受けにくいと考えられる。また食道入口部食塊通過前の最大内圧は喉頭挙上時の輪状咽頭筋部(食道入口部)の上方シフトを表す圧波形であり<sup>16)</sup>、PAP装着時に高くなる傾向を認めた。PAP装着により舌のアンカー機能が強化されると同時に、嚥下反射前の喉頭挙上にも間接的に影響を与えていることが示唆された。さらに食道入口部では食塊が通過した直後に輪状咽頭筋が強く収縮し、食塊を食道への絞り出しと咽頭への食塊逆流を防止するために収縮する<sup>29)</sup>。PAP装着時は、未装着より食道入口部弛緩終了後の最大内圧は低い傾向であった。PAPを装着すると、舌のアンカー機能の補強により舌根部の後方運動が強化され、下咽頭部では最大内圧が低下し、そのまま食道入口部も代償的に食塊を押し出す力が低下した可能性が示唆された。

試料の性状が PAP 装着時の嚥下動態にどのような影響を与えるかを，10mm の PAP 装着時における各試料の最大内圧 (mmHg) で比較を行ったが，上咽頭，舌根部，下咽頭部ともに一定の傾向は認められなかった．今回使用したゼリー 3g は嚥下訓練食 0-j で，重度嚥下障害の症例に対する訓練用に適し，少量すくってそのまま丸呑みが可能で，若干の送り込み能力が必要である．米飯 3g は嚥下調整食 2-1 で，口腔内の簡単な操作で食塊状となるもので，下顎と舌の運動による食塊形成能力および食塊保持能力が必要である．試料の違いにより舌や筋肉などの送り込みの力が変化することが示唆される<sup>18)</sup>．今回の結果では PAP 装着時，試料の物性の変化が咽頭に影響を与えることはないと考えられた．しかし，未装着と 10mm の比較ではゼリー 3g，米飯 3g で舌根部最大内圧 (mmHg) に有意差を認めた．液体摂取では反射的な動きがみられる一方で，ゼリー 3g や米飯 3g は押しつぶし動作が加わるため，10mm の PAP 装着によりアンカー機能がより強められた．加えてさらに押しつぶしの動作により，舌における食塊を咽頭へ押し出す力がさらに高められることで，未装着時と比較して，10mm の PAP 装着時のゼリー 3g や米飯 3g 摂取で舌根部最大内圧 (mmHg) がより結果とし表立ったことも示唆された．ゼリー 3g や米飯 3g などの固形物は PAP 装着による嚥下動態に影響を与えやすいことが判明した．

一般社団法人日本老年歯科医学会と一般社団法人日本補綴歯科学会は「舌接触補助床（PAP）のガイドライン」<sup>30)</sup>を作成している。そのなかで PAP は主に食塊のコントロールの改善に直接的に寄与し、口腔期の摂食嚥下障害の改善が期待できるとされている。また、舌運動の改善が行われることにより副次的に、舌圧や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嚥下障害に対する効果が認められることもあるとしている。義歯型補助具に関する臨床的推計によれば、PAP だけでなく軟口蓋挙上装置を含む義歯型補助具が適応される患者の7割以上は実際に製作されていないのが現状である<sup>31)</sup>。今後は病院歯科や歯科診療所による施設や在宅への訪問歯科診療などに際し、PAP への必要性は増加すると考える。

今回 HRM を用いた研究では、健常成人ではあるが PAP 装着により舌根部の嚥下力を高めることが判明し、コントロールデータを収集して咽頭期における嚥下動態への影響を明らかにすることができた。PAP 装着時の嚥下機能の評価を行うにあたり、HRM の有用性は高いと考える。今後の臨床研究への課題として、HRM を用いて PAP の適応や作製基準、評価方法などをより客観的に明らかにしていくことが PAP の普及に重要である。今回の収集したコントロールデータをもとに、嚥下障害患者との比較や同一症例における PAP 装着に際しての嚥下動態の評価や、経時的な変化を追

求していくことによりさらに P A P 装着の機序と有効性が解明できると考える．今後も，H R M を用いて P A P 装着における嚙下動態を明らかにしていきたい．

## 結 論

舌接触補助床装着時における咽頭部機能評価の確立のため、高解像度マノメトリーを用いて健常成人の咽頭内圧を連続的に計測した。また舌接触補助床の厚みが咽頭圧に及ぼす影響を評価し、以下のことが明らかになった。

1. 健常成人では、舌接触補助床の装着により舌根部最大内圧が上昇したのは、舌のアンカー機能が增強され舌根部の後方運動が補強されたものと推測された。また下咽頭部および食道入口部の嚥下圧は代償的に低下することも判明した。

2. 舌接触補助床の装着は、健常成人では圧持続時間や食道入口部弛緩時間などの咽頭期の反射的な運動に影響を及ぼさないことが判明した。

3. 高解像度マノメトリーを用い、健常成人では舌接触補助床装着により舌根部の嚥下力を高めることが判明し、コントロールデータを収集して咽頭期における嚥下動態への影響を明らかにすることができた。舌接触補助床装着時の嚥下機能の評価を行うにあたり、高解像度マノメトリーの有用性は高いと考える。

## 引用文献

1 ) Robert Cantor, Thomas A. Curtis, Thomas Shipp, John Beumer, and Barbara S. Vogel. Maxillary speech prostheses for mandibular surgical defects. *J Prosthet Dent*. 1969 ; 22 : 253-260.

2 ) Gisel EG, Schwartz S, and Haberfellner H. The Innsbruck Sensorimotor Activator and Regulator (ISMAR) : construction of an intraoral appliance to facilitate ingestive functions. *Dysphagia*. 2001 ; 16 : 296-307.

3 ) 中山 潤利, 戸原 玄, 寺本 浩平, 中川 量晴, 半田 直美, 植田 耕一郎. 脳血管障害による摂食・嚥下障害患者に対して舌接触補助床を用いた一症例. 老年歯科医学会 . 2009 ; 23 : 404-411.

4 ) Ono T, Hamamura M, Honda K, and Nokubi T. Collaboration of a dentist and speech-language pathologist in the rehabilitation of a stroke patient with dysarthria : a case study. *Gerodontology*. 2005 ; 2 : 116-119.

5 ) Light J, Edlman SB, and Alba A. The dental prosthesis used for intraoral muscle therapy in the rehabilitation of the stroke patient. *N Y State Dent J*. 2001 ; 25 : 22-27.

6 ) 若杉 葉子, 戸原 玄. ALS による嚥下障害に対し, 歯科補綴的アプローチが即効した1例 - 口腔期および



咽頭期に及ぼす影響 - . 耳鼻と臨床 . 2006 : 52 ; 5 - 10 .

7 ) Kikutani T , Tamura F , and Nishiwaki K . Case presentation : dental treatment with PAP for ALS patient . *Int J Orofacial Myology* . 2006 ; 32 : 32-35 .

8 ) 小島 千枝子 . 脳損傷による摂食・嚥下障害と構音障害への補綴的アプローチ . リハビリテーション科学ジャーナル . 2006 ; 1 : 91-98 .

9 ) 板木 咲子 . 摂食・嚥下訓練の実施と舌接触補助床の装着により楽しみレベルの経口摂取に繋がったアルツハイマー型認知症患者の一例 . 日本歯科衛生学会雑誌 . 2013 ; 8 : 70-74 .

10 ) 田中 章寛 . 訪問診療における意思疎通困難な認知症患者に対する義歯補綴症例の一工夫 : 老年歯科医学 . 2016 ; 30 : 363-373 .

11 ) 中島 純子 . 唐帆 健浩 , 安藤 俊史 , 佐藤 泰則 . 舌部分切除症例における舌接触補助床装着による嚥下動態の変化 Manofluorography による解析の試み . 日摂食嚥下リハ会誌 . 2005 ; 9 : 206-212 .

12 ) 中島 純子 , 唐帆 健浩 , 佐藤 泰則 . 舌接触補助床装着が咽頭期嚥下に及ぼす影響 健常者における検討 . 日摂食嚥下リハ会誌 . 2010 : 14 ; 244-250 .

13 ) McConnel , F. M , Cerenko D , and Mendelsohn MS . Manofluorographic analysis of swallowing . *Otolaryngol Clin North Am* . 1988 : 21 ; 625-635 .

- 14) 柴本勇，藤島一郎，大熊るり，小島千枝子，北條京子，田中里美：嚥下障害者の嚥下圧測定．総合リハ．1998；26：965－971．
- 15) 松原慶吾，鮫島靖浩，熊井良彦，湯本英二．2．64mm径カテーテルを用いた高解像度マノメトリによる健常者の嚥下動態に関する研究 嚥下圧基礎データと嚥下圧曲線の検討．嚥下医学．2012；1：364-373．
- 16) 原稔，高崎賢治，松尾薫，梅木寛，高橋晴雄．高解像度マノメトリーを用いた健常人の嚥下圧動態の評価．嚥下医学；1：159-168．
- 17) 小金澤大亮，太田恵未，安田順一，玄景華．高解像度マノメトリーによる嚥下動態の定量評価．岐阜歯科学会雑誌．2016；43:65-72．
- 18) 藤谷順子，宇山理沙，大越ひろ，栢下淳，小坂明子，高橋浩二，前田広士，藤島一郎．日本摂食嚥下リハビリテーション学会嚥下調整食分類2013．日摂食嚥下リハ会誌．2013；17：255-267．
- 19) McCulloch TM, Hoffman MR, and Ciucci MR. High-resolution manometry of pharyngeal swallow pressure events associated with head turn and chin tuck. *Ann Otol Rhinol Laryngol*. 2010；119：369-376.
- 20) Ryu JS, Park DH, and Kang JY. Application and Interpretation of High-resolution Manometry for Pharyngeal Dysphagia. *J Neurogastroenterol Motil*.

2015 ; 21 : 283-287.

21) Ryu JS, Park D, Oh Y, Lee ST, and Kang JY. Effects of Bolus Volume and Texture on Pharyngeal Pressure Events Using High-resolution Manometry and Its Comparison with Videofluoroscopic Swallowing Study. *Journal of neurogastroenterology and motility*. 2016 ; 22 : 231-239.

22) Kim CK, Ryu JS, Song SH, Koo JH, Lee KD, Park HS, Oh Y, and Min K. Effects of Head Rotation and Head Tilt on Pharyngeal Pressure Events Using High Resolution Manometry. *Ann Rehabil Med*. 2015 ; 39 : 425-431.

23) 舘村 卓 . 口蓋帆・咽頭閉鎖不全 その病理・診断・治療 . 東京 : 医歯薬出版株式会社 ; 2012 : 6-21.

24) 舘村 卓 . 食物物性および一口量の嚥下機能に対する影響 口蓋帆咽頭閉鎖機能に焦点を当てて . 日本味と匂学会誌 . 2010 ; 17 : 87-95.

25) Kahrilas, P J. Lin S, Logemann JA, Ergun GA, and Facchini F. Deglutitive tongue action : volume accommodation and bolus propulsion . *Gastroenterology*. 1993 ; 104 : 152-162.

26) 大前 由紀雄 . 舌前半部におけるアンカー機能の嚥下機能に及ぼす影響 . 耳鼻と臨床 . 1998 ; 44 : 301-304.

27) 萬屋 陽, 田村 文誉, 向井 美惠. 口蓋部舌圧測定による舌運動評価 口蓋床の厚みが嚥下時舌運動に与える影響. 日摂食嚥下リハ会誌. 2002; 6: 207-217.

28) 植田 耕一郎, 野村 修一, 田澤 貴弘, 谷 光徳, 五十嵐 敦子, 山村 千絵, 山田 好秋. 摂食・嚥下障害患者への口蓋床に関する研究(第1報) 厚径の違いが嚥下機能に与える影響について. 新潟歯学会雑誌. 2000; 30: 183-189.

29) 柴野 荘一, 山脇 正永, 中根 綾子, 植松 宏. 舌接触補助床(PAP)は口腔相及び咽頭相の嚥下機能に影響する (Palatal augmentation prosthesis(PAP) Influences both the pharyngeal and oral phases of swallowing. 嚥下医学. 2012; 1: 204-211.

30) 一般社団法人・日本老年歯科医学会, 社団法人・日本補綴歯科医学会. 摂食・嚥下障害, 構音障害に対する舌接触補助床(PAP)の診療ガイドライン: 2011; 17 - 20.

31) 植田 耕一郎, 向井 美恵, 森田 学, 菊谷 武, 渡邊 裕, 戸原 玄, 阿部 仁子, 中山 潤利, 佐藤 光保, 井上 統温, 飯田 貴俊, 和田 聡子. 摂食・嚥下障害に対する舌接触補助床の有効性. 日摂食嚥下リハ会誌. 2012; 16: 32-41.