

<令和元年度助成>

## 香辛料食品が咀嚼嚥下機能に与える影響

谷口 裕重<sup>1)</sup>・中澤 悠里<sup>1)</sup>・青柳 陽一郎<sup>2)</sup>

(<sup>1)</sup>朝日大学歯学部 摂食嚥下リハビリテーション学分野)

(<sup>2)</sup>日本医科大学大学院 医学研究科 リハビリテーション学分野)

### 1. 緒言

摂食嚥下障害の一因として、加齢や疾患による口腔機能低下が報告されている。口腔機能の低下は、咀嚼、嚥下、口腔乾燥、口腔清掃状態、発音など複合的に口腔内環境の均衡が保たれない状態をさしており、加齢だけでなく要介護高齢者などの全身機能や栄養状態の低下によっても引き起こされる。この口腔機能低下によって、十分な咀嚼が困難となり、歯牙を支持する歯根膜感覚低下、さらにはその感覚情報を受け取る視床下部が関与する食欲喪失の一因になると報告されている。そこで、我々は摂食嚥下機能改善のため、咀嚼運動を変調させること、さらにはその変調に関わる物質としてカプサイシンに注目した。香辛料の一つであるカプサイシンや黒胡椒は、嚥下反射や咳嗽反射低下に関わる神経伝達物質であるサブスタンス P (SP) 濃度を有意に増加させ嚥下機能を改善させると報告されている。しかし、口腔機能に関与する咀嚼嚥下機能とカプサイシンとの関係は不明な点が多い。そこで本研究は、香辛料によるカプサイシン刺激が、咀嚼運動および咀嚼嚥下した際の咽頭、食道運動にどのような影響を与えるかを検証することとした。過去の知見をもとに、我々は、香辛料入りの食材によって咀嚼運動が変調し、咽頭内圧、食道内圧が上昇するとの仮説を立て実験を行った。

### 2. 方法

#### 2-1 被験者

健常成人 12 名 (男性 7 名、女性 5 名、31.5 ± 3.0

歳) を対象とした。被験者は神経疾患および器質的に咀嚼または摂食嚥下機能障害がない方を対象とした。本研究は、朝日大学倫理審査委員会で承認され (承認番号第 32035 号)、対象者には本研究の趣旨を口頭および文書で説明のうえ、十分な説明を行い、文書にて同意を得て実施した。

#### 2-2 被験食

咀嚼を要する食物としてスライス餅 5 g (スライス餅、越後製菓株式会社、Tokyo, Japan) を使用した。カプサイシンの影響を検討するため、軟化した餅 (Non-capsaicin) と軟化した餅に 0.2 g のカプサイシン (一味唐辛子、ハウス食品株式会社、Tokyo, Japan) を含有した餅 (Capsaicin) を摂取した際の生理学的運動を比較検討した (Fig 1)。

#### 2-3 計測

咀嚼運動の計測には咀嚼計 Bite scan (Bite scan、シャープ株式会社、Tokyo, Japan) を使用し咀嚼回数、咀嚼時間、咀嚼率を計測した。咽頭、食道の内圧計測には 1 cm 間隔で 36 個の圧トランスデューサーが内蔵された、直径 4 mm の High resolution manometry (HRM) カテーテル (PD1236K、スターメディカル株式会社、Tokyo, Japan) を使用した。サンプリングレートは 40 Hz であり、ポケットモニター (GMMS-1000、スターメディカル株式会社、Tokyo, Japan) を介して記録用パソコンと接続し、36 個の圧トランスデューサーの測定値を同時記録した。

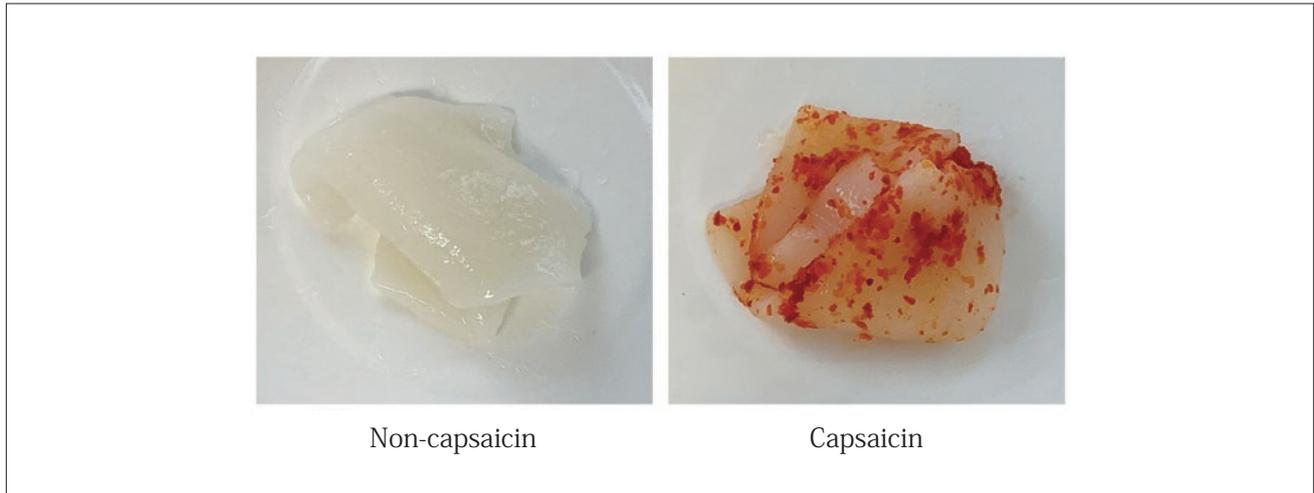


Fig 1 本研究で使用した咀嚼を要する被験食  
90℃の熱湯にて20秒軟化したスライス餅5g (Non-capsaicin) と軟化した餅5gに0.2gのカプサイシンを含有した餅 (Capsaicin)

## 2-4 計測方法

被験者には90度座位を指示し、外鼻孔よりHRMカテーテルを挿入し、圧トポグラフィー上で咽頭および上部食道括約筋が計測できる位置に留置した。カテーテルはサージカルテープで頬に固定し、慣れるため10分間留置した。各被験者計測前にBite scanを耳裏に接触するよう装着し、HRMのキャリブレーションをした後計測を行った。計測は摂取直前に90℃の熱湯にて20秒軟化した餅 (Non-capsaicin) を5回摂取した後、軟化したカプサイシン含有餅 (Capsaicin) を5回摂取した。各被験食摂取後は30秒の間隔を空け、被験食を舌先部に入れ、被験者には自由に咀嚼した後、1回で嚥下するよう指示をした。

## 2-5 解析

咀嚼運動はBite scanをスマートフォン (SHM05、シャープ株式会社、Tokyo, Japan) とBluetoothで接続し、専用のスマートフォンアプリでデータを

収集した。咀嚼に関する解析項目はMastication frequency、Total mastication time、Mastication rateとした (Table 1)。

HRMの解析は解析ソフト (Starlet stealth、スターメディカル株式会社、Tokyo, Japan) を使用した。嚥下時の圧トポグラフィー上でのVelopharynx、Mesopharynx、Hypopharynx、UES regions、Proximal esophagusはMcCulloch TMらの方法を参考に設定した。Velopharynxは最上方位で嚥下時に圧変化がある部分、Mesopharynxは嚥下時に最も関連する部位であり軟口蓋とUESのほぼ中央に位置する約2cmの帯域、HypopharynxはMesopharynxとUESの間で嚥下時に圧変化がある部位とした。UES regionsは安静時に常時圧が形成されており、嚥下時は2cm程上方に挙上し、UESの弛緩とともに圧が減少した後、ベースラインに戻る部位であり、Proximal esophagusはUES直下で嚥下時に圧変化がある部位とした。

HRMで計測された各領域の積分値、UES regions

Table 1 本研究で使用した咀嚼解析項目

咀嚼解析項目	単位	定義
Mastication frequency		咀嚼開始から嚥下までの咀嚼回数
Total mastication time	s	咀嚼開始から嚥下までの総咀嚼時間
Mastication rate	/s	咀嚼率=咀嚼回数 / 総咀嚼時間

Table 2 本研究で使用した HRM 解析項目

HRM 解析項目	単位	定義
PhCI: Pharyngeal contractile integral	mmHg cm s	咽頭全体の収縮波積分値*
VCI: Velopharyngeal contractile integral	mmHg cm s	上咽頭の収縮波積分値
MPCI: Mesopharyngeal contractile integral	mmHg cm s	中咽頭の収縮波積分値
HPCI: Hypopharyngeal contractile integral	mmHg cm s	下咽頭の収縮波積分値
UES RT: UES relaxation time	ms	ベースラインから 50%以下 または 35 mmHg 以下となる時間
UES PP: UES Post-Relaxation Peak Pressure	mmHg	UES 弛緩後の最大圧
UES BP: UES Pre-Swallow Basal Pressure	mmHg	UES 弛緩前のベースライン圧
PCI: Proximal esophageal contractile integral	mmHg cm s	近位食道の収縮波積分値

※収縮波積分値  
(Contractile Integral)  
: 20 mmHg 以上の収縮波の  
収縮強度×持続時間×長さ

の圧、時間は半自動解析ソフト (Swallow Gateway™) を用いて分析した (Table 2)。

## 2-6 統計分析

統計分析は IBM SPSS Statistics (version 28、日本 IBM 株式会社、Tokyo, Japan) を用いた。まず各計測項目における 1 回目から 5 回目まで各施行回間の比較: Non-capsaicin と Capsaicin における各施行回間の違いを Repeated Measures ANOVA を用いて比較検討し、次に Non-capsaicin と Capsaicin の各計測値の比較: Non-capsaicin と Capsaicin の各計測項目を paired t-tests を用いて比較検討した。各値は平均値±SD とし、有意水準は 0.05 とした。

## 3. 結果

### 3-1 各計測項目における 1 回目から 5 回目まで各施行間の比較

Non-capsaicin と Capsaicin とともに、全ての計測項目において、各施行間に差は認めなかった ( $p>0.05$ )。

### 3-2 Non-capsaicin と Capsaicin の各計測値の比較

咀嚼率は 2 群間で差を認めなかった一方で ( $p>0.05$ )、Non-capsaicin と比して Capsaicin で咀嚼回数 ( $22.4 \pm 7.4$  vs  $20.3 \pm 9.4$ ;  $p=0.011$ )、咀嚼時間 ( $15.4 \pm 5.6$  vs  $14.2 \pm 7.0$ ;  $p=0.038$ ) が短縮していた (Table 3)。

HRM の項目は Non-capsaicin と比して Capsaicin で HPCI ( $41.4 \pm 25.8$  vs  $59.4 \pm 44.8$ ;  $p=0.008$ )、UES RT ( $429.8 \pm 82.7$  vs  $496.7 \pm 85.1$ ;  $p<0.001$ )、

Table 3 Non-capsaicin と Capsaicin の咀嚼項目の比較

	Non-capsaicin	Capsaicin	p value
Mastication frequency	$22.4 \pm 7.4$	$20.3 \pm 9.4$	0.011
Total mastication time (s)	$15.4 \pm 5.6$	$14.2 \pm 7.0$	0.038
Mastication rate (/s)	$1.5 \pm 0.2$	$1.5 \pm 0.2$	0.427

Values are presented as the average ± standard deviation

Table 4 Non-capsaicin と Capsaicin の HRM 項目の比較

	Non-capsaicin	Capsaicin	p value
PhCI (mmHg cm s)	266.6 ± 110.7	279.5 ± 89.7	0.116
VPCI (mmHg cm s)	105.4 ± 50.6	112.6 ± 61.3	0.153
MPCI (mmHg cm s)	111.5 ± 68.7	110.3 ± 66.1	0.801
HPCI (mmHg cm s)	49.7 ± 43.6	56.6 ± 40.7	0.016
UES RT (ms)	431.2 ± 82.3	486.7 ± 90.7	<0.001
UES PP (mmHg)	128.7 ± 56.2	135.1 ± 62.5	0.184
UES BP (mmHg)	114.5 ± 43.4	93.6 ± 37.8	<0.001
PCI (mmHg cm s)	381.2 ± 266.4	492.3 ± 292.6	<0.001

Values are presented as the average ± standard deviation

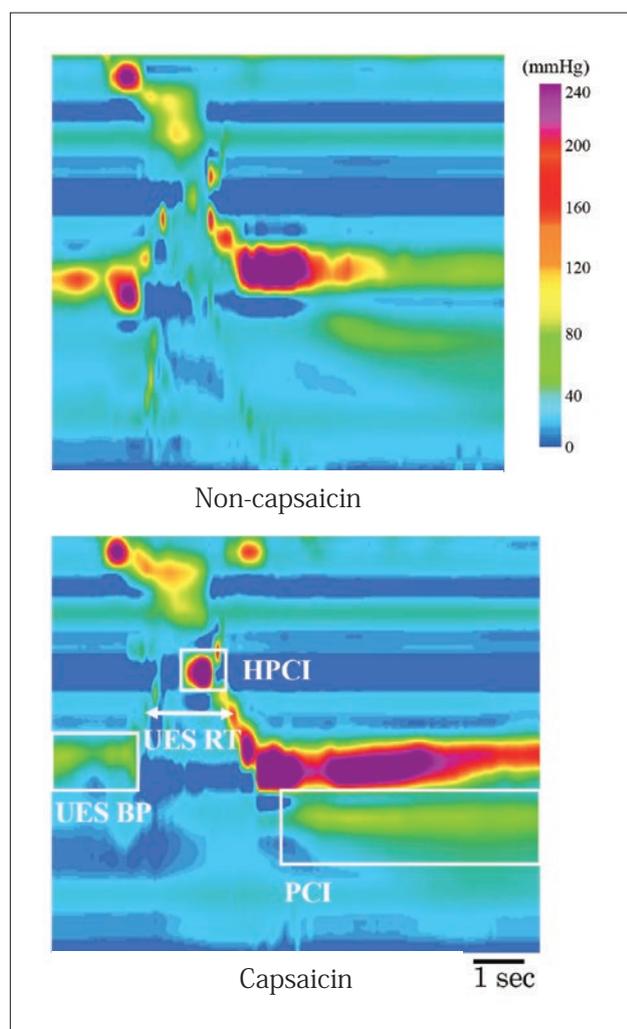


Fig 2 HRM 計測例

PCI ( $354.4 \pm 232.8$  vs  $503.5 \pm 288.1$ ;  $p=0.002$ ) が有意に増加し、UES BP ( $114.5 \pm 43.4$  vs  $93.6 \pm 37.8$ ;  $p=0.008$ ) は有意に減少していた (Table 4, Fig 2)。

#### 4. 考察

##### 4-1 実験方法に関して

本研究では、被験食として日本で一般的な主食である餅を使用した。その理由は、嚥下するためには十分な咀嚼を必要とし、軟化した際にカプサイシンと十分に混合できるためである。5 g としたのは咀嚼筋の運動を必要とし、一般的な一口量に近いためである。カプサイシンを 0.2 g としたのは、過去の報告を参考に予備実験を繰り返し、安全で効果的である量として決定した。

##### 4-2 各施行間の比較

研究開始前、我々はカプサイシン含有の食物摂取 1 回目と比して 5 回目では摂食嚥下運動は異なるかと仮説を立てていた。なぜなら、カプサイシンの量が徐々に増加するとともに、サブスタンス P の分泌量も増加するからである。しかし、結果は Non-capsaicin および Capsaicin で全ての計測項目におい

て、1回目から5回目で施行間の差を認めなかった。過去にカプサイシン摂取後、5分後と15分後で唾液中のサブスタンスP濃度が上昇したと報告されているため、時間経過後の摂食嚥下動態は異なっていたかもしれない。

#### 4-3 カプサイシンが咀嚼運動に及ぼす影響

Non-capsaicin と比して Capsaicin で咀嚼率は変わらなかったが、咀嚼回数、咀嚼時間が短縮していた。過去に、カプサイシンによる口腔内の侵害刺激が三叉神経支配の運動機能を選択的に調節する可能性が報告されている。筋電図による計測では閉口筋の振幅増加、下顎運動速度の増加を認める、カプサイシンによって顎運動に差は認めなかった等、一定した見解は得られていないが、使用するカプサイシンの量によって異なる。本研究では、カプサイシンが咀嚼運動に影響を及ぼしており、過去の報告から、咀嚼回数、咀嚼時間の短縮を代償するために咀嚼筋活動量が増加していたと推察される。この結果から、カプサイシン含有食物は咀嚼回数、咀嚼時間を減らし、より効率が良い咀嚼動態となる可能性が示唆された。

#### 4-4 カプサイシンが HRM に及ぼす影響

本研究によってカプサイシン含有の食物を咀嚼嚥下することで、下咽頭・近位食道の運動が上昇し、食道入口部開大時間が長くなることが示唆された。過去に、カプサイシン含有の液体摂取によって、PhCI、食道入口部圧および開大時間が増加すると報告されており、本研究では同様の結果となった。嚥下機能と同様に、咀嚼嚥下時もカプサイシンによって下咽頭や上部食道の運動量が増加し、食道入口部がより開大することが明らかとなった。さらに、本研究では食道入口部の安静時圧も低下していたが、これは、嚥下前に食道入口部を開大しやすくするための生理的な運動と推察される。

### 5. 結語

本研究によって、嚥下機能と同様に、カプサイシンが咀嚼嚥下機能にも影響を及ぼすことが明らかとなった。香辛料を用いた嗜好品は下咽頭残留を減少し嚥下後誤嚥の予防に寄与する可能性が考えられる。

#### 謝 辞

本研究の遂行にあたり、研究助成を賜りました公益財団法人 浦上食品・食文化振興財団に厚く御礼を申し上げます。

## Effect of capsaicin on masticatory and swallowing functions assessed using high resolution manometry

Hiroshige TANIGUCHI<sup>1</sup>, Yuri NAKAZAWA<sup>1</sup>, and Yoichiro AOYAGI<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Department of Dysphagia Rehabilitation, Division of Oral Pathogenesis and Disease Control, Asahi University School of Dentistry

<sup>2</sup> Department of Rehabilitation Medicine, Department of Rehabilitation Medicine Graduate School of Medicine, Nippon Medical School

**Introduction:** Recent studies have shown that capsaicin improves the swallowing reflex. However, the effect of capsaicin on masticatory and swallowing functions remains unclear. The aim of this study was to evaluate the effect of capsaicin on masticatory and swallowing functions, as assessed using high-resolution manometry (HRM).

**Materials & Methods:** The study participants were 12 healthy individuals (7 men, 5 women; mean age,  $31.5 \pm 3.0$  years). The participants first ingested five rice cakes (non-capsaicin) and then ingested five rice cakes containing capsaicin (capsaicin). Both types of rice cakes were softened with boiling water. Masticatory parameters including mastication frequency, total mastication time, and mastication rate were measured by bite scan (Sharp, Japan). The assessed HRM parameters included the velopharyngeal contractile integral, mesopharyngeal contractile integral, hypopharyngeal contractile integral (HPCI), upper esophageal sphincter (UES) relaxation duration, and proximal esophageal contractile integral (PCI). The masticatory and HRM parameters for non-capsaicin and capsaicin ingestions were compared using paired t-tests.

**Results:** The mastication frequency ( $20.3 \pm 9.4$  vs  $22.4 \pm 7.4$ ;  $p = 0.011$ ) and total mastication time ( $14.2 \pm 7.0$  vs  $15.4 \pm 5.6$ ;  $p = 0.038$ ) for capsaicin ingestions were significantly shorter compared to non-capsaicin ingestions. Comparisons of the HRM parameters revealed a significantly higher mean HPCI ( $59.4 \pm 44.8$  vs  $41.4 \pm 25.8$  mmHg cm s;  $p = 0.008$ ) and PCI ( $503.5 \pm 288.1$  vs  $354.4 \pm 232.8$  mmHg cm s;  $p = 0.002$ ), and a significantly longer mean UES relaxation duration ( $496.7 \pm 85.1$  vs  $429.8 \pm 82.7$  ms;  $p < 0.001$ ) for capsaicin ingestion than for non-capsaicin ingestion.

**Discussion:** Our results show increased hypopharyngeal pressure and proximal esophageal pressure, and longer UES opening time during the ingestion of food containing capsaicin versus food without capsaicin. Although further study is needed, our results suggest that food containing capsaicin may reduce hypopharyngeal residue and prevent aspiration, and may therefore be suitable for patients with dysphagia.