

## 摂食嚥下リハビリテーションを支える口腔ケアスキルの可視化

## Visualization of the oral care skill for dysphagia rehabilitation

○ 猪狩和子（東北大） 宍戸敦子（東北大） 田中翔太（岩手大） 加藤文弥（岩手大）

塙 総司（東北大） 佐々木誠（岩手大） 佐々木啓一（東北大）

Kazuko IGARI, Tohoku University, Atsuko SHISHIDO, Tohoku University, Shota TANAKA, Iwate University, Fumiya KATO, Iwate University, Soshi HANAWA, Tohoku University, Makoto SASAKI, Iwate University, Keiichi SASAKI, Tohoku University

**Abstract:** Patients with dysphagia need special oral care by caregivers and dental specialists. However, it is difficult for a caregiver to learn oral care skill because there is not the index of an appropriate technique. We have developed a three-dimensional measuring system to evaluate tooth brushing skill objectively. In this study, tooth brushing motion and brushing force were measured by this measuring system. Two dental hygienists, two dentists, and two students brushed buccal side of central incisor and first molar in upper dental arch model. They used the toothbrush incorporated two force sensors into the head and attached one magnetic sensor at the end of handle. Time of one brushing stroke was around 0.23 seconds in all of subjects. Distance of one brushing stroke and brushing force in two directions showed the varied values in each individual.

**Key Words:** Oral care skill, Brushing motion, Brushing force vector, Visualization

### 1. 緒言

口腔ケアは摂食嚥下リハビリテーションにおいて重要な役割を果たす。摂食嚥下障害のある人では、自身でのケアが困難な場合が多いため、介護者や医療従事者など他者によるケアを受けることになるが、現状では口腔ケアスキルは経験則に基づいて習得されており、適正なスキルを評価する指標がない。演者らは、摂食嚥下障害のある人に行う適切な口腔ケアスキルの評価と習得に資するため、ブラッシング圧測定とブラッシング動作の可視化を試みた。本研究では、開発した計測システムを用いて得られた歯科専門職の口腔ケアスキルの数値化を報告する。

### 2. 計測システム

#### 2.1 ブラッシング圧の計測

ヘッド部を加工し、小型 3 軸力覚センサ（SP22-FFC15, Touchence Inc.）2 個を組み込んだ歯ブラシ（GUM デンタルブラシ #211 ふつう, Sunstar Inc.）を用いて、上顎歯列模型（D51FE-500A-QF, Nissin Dental Products Inc.）に配列された人工歯をブラッシングした時の合力ベクトルと作用点の計測を行った。歯ブラシの毛先を歯面に押し付ける方向を Z 方向、歯ブラシの前後の動きを X 方向とし、前方に押すと+、手前に引くと-とした。

ヘッド部での計測値は、ヘッド部に用いたと同じ小型 3 軸力覚センサ 3 個を組み込んだ自作のフォースプレートでの計測値と重回帰係数を用いて力の校正を行った。

#### 2.2 ブラッシング運動の計測

歯ブラシの運動計測には、コントロールユニット、ソース、センサから構成される磁気式 3 次元位置・姿勢計測システム（LIBERTY, Polhemus Co.）を用いた。センサは歯ブラシの柄に取り付けた。

力覚センサおよび磁気センサを取り付けた歯ブラシを Fig.1 に示す。



Fig. 1 Toothbrush with sensors

### 3. 実験方法

#### 3.1 被験者

歯科専門職として、歯科衛生士(女性)2名(被験者 A,B) および歯科医師(女性)2名(被験者 C,D)、対照として工学部学生(男性)2名(被験者 E,F) 合計6名を被験者とした。

#### 3.2 ブラッシング部位および方法

机上に置いた上顎歯列模型の左側中切歯唇面および左側第一大臼歯頬側面を被検歯面とし、普段の磨き方を被験者に指示し、各歯面 10 秒ずつ 3 回分のブラッシングデータを採取した。大白歯のブラッシング時には模型を 20 度右側に傾けて固定した (Fig.2)。



Fig.2 Brushing first molar

#### 3.3 データ解析

得られたデータを解析し、ブラッシング運動計測値として各被験者の歯ブラシの動き（1 ストローク中に歯ブラシヘッドを動かした距離の平均値と標準偏差）とブラッシングの速度（1 ストロークに要した時間）を、ブラッシング

圧の計測値として各ストロークの X+方向の力の最大値 (Xmax) と X-方向の力の最大値 (Xmin) の平均値と標準偏差および Z 方向の力の最大値 (Zmax) と最小値 (Zmin) の平均値と標準偏差，さらにブラッシング力 X-Z の軌跡を求めた。

#### 4. 結果

##### 4.1 ストローク距離と速度

被験者の歯ブラシの持ち方は、被験者 F のみバームグリップ (Fig.3) で、他の 5 名はペングリップであった。



Fig.3 Palm grip

1 ストロークの距離の平均値は、中切歯で 5.8～17.7mm 大臼歯で 6.9～14.9mm と被験者間でばらつきがみられた。被験者 F は中切歯、大臼歯とも際立ってストローク距離が大きく、標準偏差も大きかった。被験者 C では、ストローク距離の大きさに対して標準偏差が大きかった。中切歯と第一大臼歯のストローク距離を被験者ごとに比較したときに、第一大臼歯の方が大きいものが 3 名、中切歯の方が大きいものが 3 名と一定しなかった。

一方で、ストローク時間は被験者 F がやや大きい値を示したが、被験者間、被検歯間でほぼ一定であった (Table 1, 2)。

Table 1 Distance and time of one brushing stroke

| Subject | Central incisor   |     | Time (s) |
|---------|-------------------|-----|----------|
|         | Distance(mm) Mean | SD  |          |
| A       | 5.8               | 0.9 | 0.23     |
| B       | 8.3               | 1.1 | 0.22     |
| C       | 8.9               | 1.7 | 0.22     |
| D       | 7.0               | 1.0 | 0.19     |
| E       | 8.8               | 1.2 | 0.20     |
| F       | 17.7              | 4.0 | 0.26     |

Table 2 Distance and time of one brushing stroke

| Subject | First molar       |     | Time (s) |
|---------|-------------------|-----|----------|
|         | Distance(mm) Mean | SD  |          |
| A       | 10.0              | 1.3 | 0.23     |
| B       | 9.6               | 1.7 | 0.21     |
| C       | 6.9               | 2.5 | 0.20     |
| D       | 8.3               | 1.1 | 0.21     |
| E       | 6.9               | 0.9 | 0.22     |
| F       | 14.9              | 3.6 | 0.25     |

##### 4.2 ブラッシング圧

歯ブラシを前方に押す時の最大値 (Xmax) と手前に引く時の最大値 (Xmin) は中切歯ではどの被験者もほぼ同程度であったが、大臼歯では被験者 D を除き前方に押す時より手前に引く時に大きな力を示す傾向がみられた。

被験者 A が中切歯、第一大臼歯ともに最も安定した圧が計測された (Table 3, 4)。

Tble 3 X-direction brushing force

| Subject | Central incisor |      | Xmin (N) |      |
|---------|-----------------|------|----------|------|
|         | Xmax (N) Mean   | SD   | Mean     | SD   |
| A       | 0.44            | 0.03 | -0.35    | 0.03 |
| B       | 0.53            | 0.08 | -0.53    | 0.07 |
| C       | 0.61            | 0.18 | -0.45    | 0.07 |
| D       | 0.48            | 0.05 | -0.37    | 0.04 |
| E       | 0.75            | 0.07 | -0.83    | 0.07 |
| F       | 0.73            | 0.09 | -0.70    | 0.13 |

Table 4 X-direction brushing force

| Subject | First molar   |      | Xmin (N) |      |
|---------|---------------|------|----------|------|
|         | Xmax (N) Mean | SD   | Mean     | SD   |
| A       | 0.36          | 0.06 | -0.58    | 0.07 |
| B       | 0.47          | 0.11 | -0.70    | 0.12 |
| C       | 0.13          | 0.03 | -0.63    | 0.19 |
| D       | 0.86          | 0.21 | -0.60    | 0.08 |
| E       | 0.29          | 0.07 | -0.99    | 0.09 |
| F       | 0.91          | 0.21 | -1.30    | 0.17 |

歯ブラシを歯面に押し付ける力 (Z 方向の力) は、中切歯・大臼歯共に被験者全員が前後に動かす時 (X 方向) の力より大きかった。Z ave は被験者 A～D では 2 N 以内であったが、被験者 E, F では 2 N を超える値を示し、標準偏差も大きかった。被験者 C は中切歯、大臼歯とも他の被験者と比較して小さな圧を示した (Table 5, 6)。

Table 5 Z-direction brushing force

| Subject | Central incisor |      | Zave (N) |      |
|---------|-----------------|------|----------|------|
|         | Zmax (N) Mean   | SD   | Mean     | SD   |
| A       | 1.70            | 0.19 | 1.48     | 0.24 |
| B       | 2.68            | 0.18 | 1.99     | 0.47 |
| C       | 1.56            | 0.17 | 1.76     | 0.22 |
| D       | 2.21            | 0.11 | 1.95     | 0.22 |
| E       | 3.21            | 0.24 | 2.69     | 0.72 |
| F       | 2.99            | 0.27 | 2.26     | 0.73 |

Table 6 Z-direction brushing force

| Subject | First molar   |      | Zave (N) |      |
|---------|---------------|------|----------|------|
|         | Zmax (N) Mean | SD   | Mean     | SD   |
| A       | 2.05          | 0.07 | 1.63     | 0.32 |
| B       | 2.68          | 0.18 | 1.84     | 0.63 |
| C       | 1.35          | 0.12 | 1.18     | 0.18 |
| D       | 2.53          | 0.31 | 1.78     | 0.58 |
| E       | 2.96          | 0.16 | 2.59     | 0.34 |
| F       | 2.69          | 0.34 | 2.06     | 0.60 |

##### 4.3 2方向のブラッシング圧の軌跡

被験者ごとに X 方向と Z 方向におけるブラッシング圧の軌跡を表出した。被験者によって、また被検歯面によって異なるそれぞれに特徴のある軌跡が得られた (Fig.4, 5)。どの軌跡が適正なブラッシングを示すかを現段階で述べることはできない。

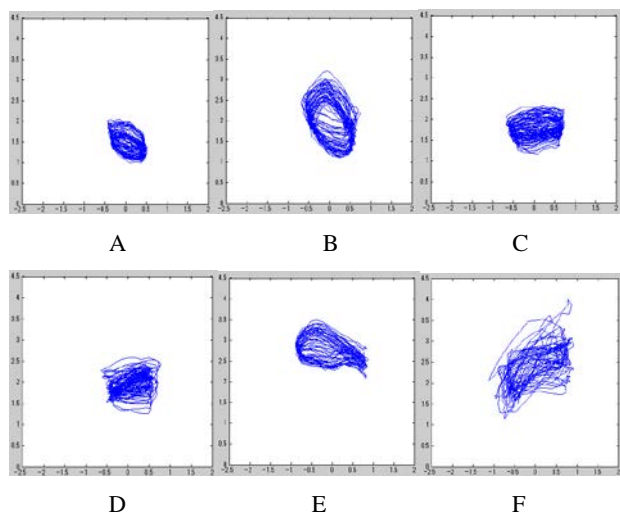


Fig. 4 Trace of X-Z direction force (Central incisor)

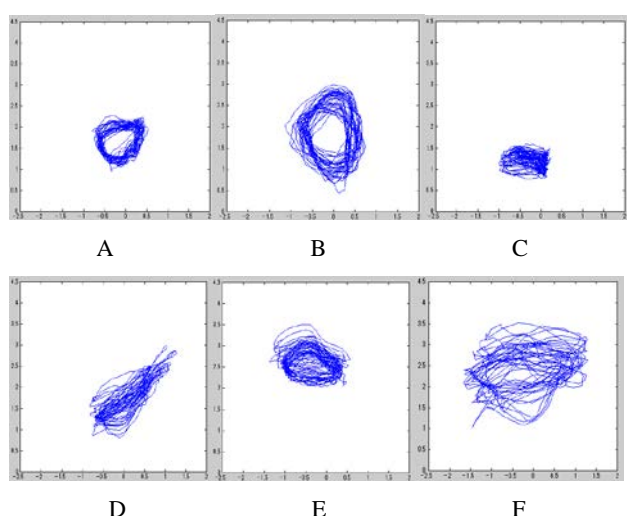


Fig.5 Trace of X-Z direction force (First molar)

## 5. 考察

### 5.1 計測システムについて

本計測システムについては，すでに田中ら<sup>(1)</sup>が歯ブラシ運動時の力ベクトルと作用点を定量化できるシステムであることを報告している．今回は，実際のブラッシング手技を計測し，従来手法では困難であった歯ブラシヘッド部分での詳細な動きを定量化できることが示された．今後は模型上の歯に対してだけでなく，ヒトの口腔でのブラッシングスキル評価への応用も可能である．摂食嚥下リハビリテーションを含めあらゆる場面でのブラッシングスキルの定量化と評価に用いることができるシステムである．

### 5.2 ブラッシング運動の計測と評価

ブラッシングストロークの1ストロークあたりの時間は2.3秒周辺に集中していた．石井らの報告<sup>(2)</sup>の歯科衛生士20名における計測時間1ストロークあたり2.3秒と一致した．本研究では歯科専門職以外もこの値に近く，ヒトのブラッシング運動のサイクルとして共通することが示唆された．1ストロークの距離は，被検歯の歯冠幅径に関係せず歯科専門職間でも個人間で差が大きかった．専門職ゆえの磨き方の個人差が表れていると考えられた．

### 5.3 ブラッシング圧の測定と評価

本システムでは，歯ブラシを歯に押し付ける方向（Z方向）の力のみならず前後に動かす（X方向）時の力も併せて計測が可能である．従来法ではZ方向の力の計測が主流なため，本研究での計測値を単純に比較することは適当ではない．非専門職である被験者で圧が大きかったことは，①適切な圧が習得されていない，②男性であること，③ブラシの持ち方が異なっていたことが理由として考えられる．従来法の計測によるブラッシング圧は，一般人の方が歯科専門職より大きいことや女性より男性で大きいことが報告されている<sup>(3,4)</sup>．

歯科専門職間でもばらつきがみられたのは，対象とする患者層の違いによりそれに合わせた技法が習得されている可能性がある．ばらつきが見られたため，適正なスキルを定量化するためには口腔内の状況に応じたパターンを想定して計測する必要があるだろう．

### 5.4 2方向のブラッシング圧の軌跡の応用

計測データの解析により，歯ブラシを歯に押し付ける力と前後に動かす時の力の軌跡を表出することができた．従来法の計測では成しえなかった新しい視点である．

この軌跡の表出がリアルタイムで可能になれば，動きのみならず加える圧を習得するための視覚的フィードバックを可能にする有用なツールとなる．

### 参考文献

- (1) 田中翔太，佐々木誠，加藤文弥，菊池護，小菅清史，宍戸敦子，橋本恵，猪狩和子，佐々木啓一：歯ブラシの運動と力の3次元計測システムの開発，日本機械学会第28回バイオエンジニアリング講演会，1B27，4p，2016．
- (2) 石井里加子，大島邦子，澤味規，齊藤一誠，岩瀬陽子，村上望，早崎治明：ブラッシング時の歯ブラシの三次元的運動および荷重の同時解析－方法論について－，日本障害者歯科学会雑誌，34：653-660,2013．
- (3) 田島睦子，市橋透 他：一般成人と歯科専門家とのブラッシング圧の比較，口腔衛生学会誌，45:588-589，1995．
- (4) Mika Hanasaki, Kuniko Ohshima, Haruaki Hayasaki, et al: Gender differences of tooth brushing motion and force in self-brushing and caregiver's brushing, 小児歯科学雑誌，54：217,2016．