

口すぼめ時の口唇三次元形態と
多方位口唇閉鎖力との関係

まきの ちさき
牧野 智咲

本論文の要旨は第252回朝日大学大学院歯学研究科発表会（2021年10月20日，瑞穂）において発表した。本論文の一部は第63回近畿東海矯正歯科学会学術大会（2021年6月20日，大阪）において発表した。

緒 言

矯正歯科臨床において，良好な歯列を保持するためには，歯列を取り囲む口腔周囲軟組織が調和して機能する必要がある¹⁾．口唇の力は，歯列外側から作用し，舌による歯列内側からの力に拮抗し，歯列の保持に影響している²⁾．口呼吸などで口唇を閉じる力が弱い場合，口唇と舌との間の力の均衡が保たれず，上顎前歯が前方へ傾斜することが知られている¹⁾．また，口唇閉鎖力と口腔顎顔面形態との関係を調べた研究では，口唇閉鎖力が上顎前歯^{3,4)}あるいは，下顎前歯⁵⁾と関連していると報告されている．これらのことから，口唇を閉鎖する力を評価することは，矯正歯科治療の診断，治療計画の立案および術後の歯列安定性を高めるために重要である．

口唇閉鎖は，口唇を囲むように走行する口輪筋を中心として行われることから⁶⁻⁸⁾，口輪筋機能を評価する方法として，多方向からの口唇閉鎖力を測定することのできる多方位口唇閉鎖力測定装置が開発された⁹⁾．同装置を用いて，口唇三次元形態と口唇閉鎖力との関連を検討した研究では，口唇閉鎖力は，上唇の三次元形態と関連し，下唇の三次元形態とは関連しないことが報告されている¹⁰⁾．

また，上腕二頭筋を調べた研究において，安静位および収縮時の筋断面積は筋力と相関し，最大収縮時の筋断面積が筋力を予測する唯一の変数であったと報告され

ている¹¹⁾。このことから、筋力を推測するためには、筋の静的な形態だけではなく動的な形態を調べることが重要であると考えられる。そこで、本研究では、口唇を閉鎖する時に口をすぼめて口輪筋を機能させることを考慮し、安静時と口すぼめ時の口唇形態を記録し、安静時から口すぼめ時への形態変化を調べ、口唇閉鎖力との関連を検討することとした。

本研究の目的は、口唇三次元形態について、安静時から口すぼめ時への変化と多方位口唇閉鎖力との関連を調べ、動的な口唇形態変化と口唇閉鎖力の関係を検討することである。

被験者および方法

1. 被験者

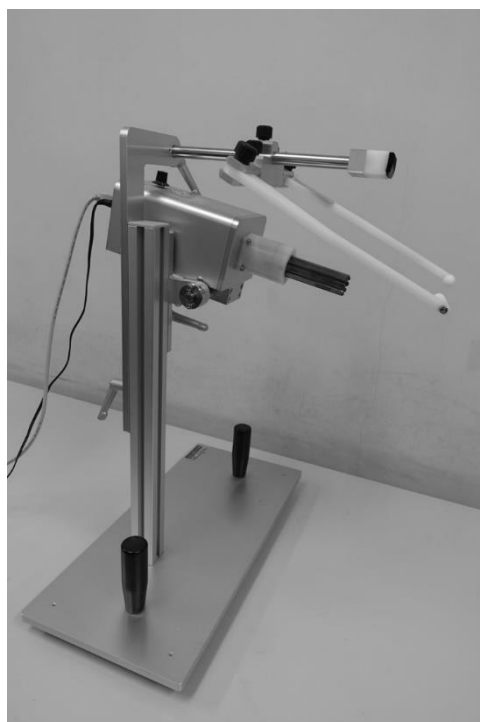
被験者は、本実験について説明を行い、文書による同意を得た19歳以上の女性20名（平均年齢：26歳6か月，年齢範囲：19歳5か月～38歳11か月）とした。被験者には、顎顔面頭蓋の形成異常がなく、顔の外傷および外科的手術の既往がない者を選択した。すべての被験者に対して、本研究の目的と方法について十分な説明を行った上で、研究に協力することへの同意を得た。本研究は朝日大学歯学部倫理委員会の承認を得て行った（承認番号：32019）。

2. データ採得方法

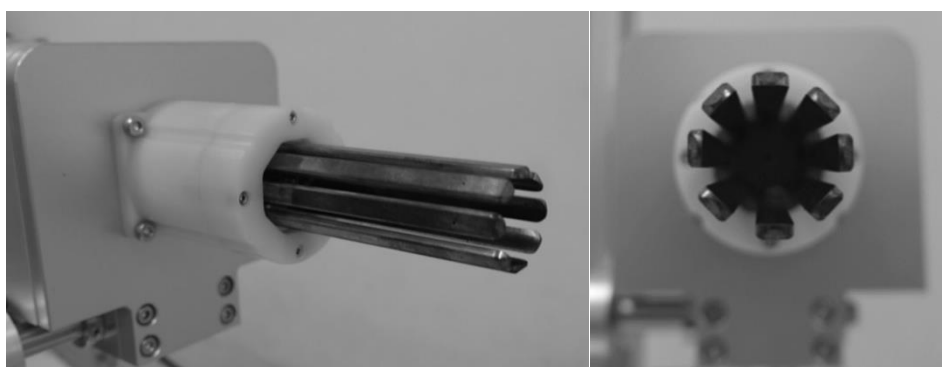
1) 口唇閉鎖力の測定

口唇閉鎖力は、多方位口唇閉鎖力測定装置（プロシード，長野）を用いて行った。本装置は、頭部を固定するための器具（頭部固定器具）、口唇閉鎖力を測定するためのプローブ（測定プローブ）、2本のハンドグリップが付いた固定台から構成されている（図1）。頭部固定器具および測定プローブは位置調節が可能であり、被験者ごとに位置を調節した¹²⁾。測定プローブは8枚の燐青銅製のブレードにより構成される。それぞれのブレードにひずみゲージ（KFG-2-12，共和電光，東京）が接続され、測定プローブに力が加わるとひず

みゲージにて感知され電圧に変換されることで，口唇の上，左上，左，左下，下，右下，右，右上の8方向からの口唇閉鎖力が測定される．また，測定プローブの外側にシリコン製のカバーを装着し，被験者の測定ごとにカバーを交換した．



A



B

C

図 1 多方位口唇閉鎖力測定装置

- A, 口唇閉鎖力測定装置
- B, 測定プローブ（側面観）
- C, 測定プローブ（正面観）

測定時には，被験者のカンペル平面を床と平行にした状態で，頭部固定器具の上部の平板を前額部にあて，フェイスボウを左右の外耳孔に入れて頭部を固定した．口唇の高さに調節された測定プローブを上下口唇で覆い，歯に触れないよう口腔前庭で保持するように，口唇を準備させた¹⁰⁾．

口すぼめ動作として，被験者に以下のような動作を行わせ，口唇閉鎖力を測定した．前述したように口唇を準備した状態から，上下歯を咬合させずに，上下口唇を最大の力で閉じて，5秒間力を入れた状態で測定プローブを保持するように指示して3回繰り返し，これを1セットとした．筋の疲労回復のため，それぞれの口すぼめ動作の間は5秒の間隔をあけ，セット間には1分間の休憩をはさんで，計3セット行わせ，9回分の口すぼめ時の口唇閉鎖力データを採得した．これらの測定の開始前には，被験者が口すぼめ動作を安定して行えるまで，口すぼめ動作の練習を行った．

2) 顔面軟組織三次元画像の撮影

被験者に対して，安静時および口すぼめ時の顔面軟組織三次元画像を非接触型三次元デジタルハンディカメラ（VECTRA H1，Canfield Scientific，Parsippany，NJ，USA）を用いて撮影した（図2）．口すぼめ動作の撮影時には，口唇閉鎖力を測定した時と同じ口すぼめ動作を行わせた．被験者の姿勢は，座位で両足底を接地し，両手を膝の上に置き，頭位は自然

頭位とした。カメラは、正面では被験者の顔の高さ、左右側では被験者の胸の高さとした。撮影時の被験者とカメラの距離は、カメラの左右それぞれからの緑色の光線が、被験者の顔面上で1点に重なり合う位置とした。重なり合った光線は、正面では鼻下点、左側45度および右側45度では外眼角を通る垂線と鼻下点を通る水平線の交点に設定した（図3）。



図2 非接触型三次元デジタルハンディカメラ

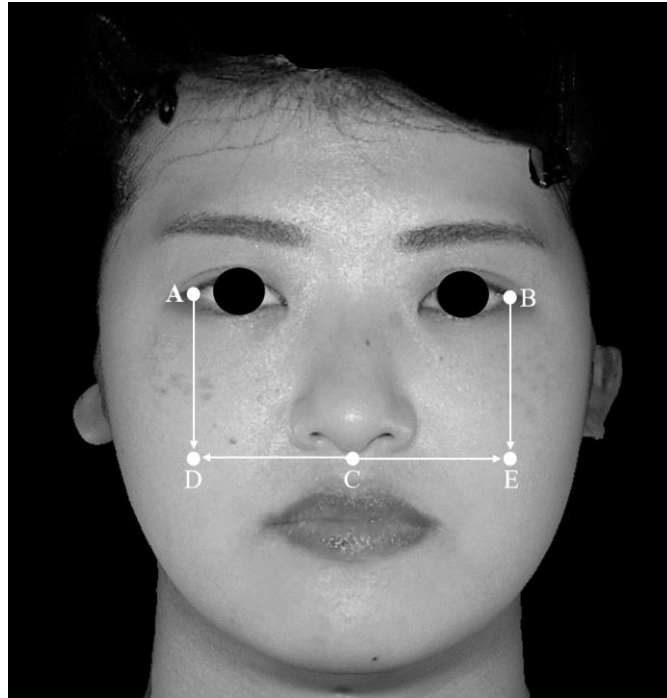


図 3 顔面軟組織三次元画像の撮影

A, B, 外眼角

C, 鼻下点

D, E, 外眼角を通る垂線と鼻下点を通る水平線の交点

3. データ解析

1) 口唇閉鎖力データの解析

得られた口唇閉鎖力データについて，パーソナルコンピュータ（PCG-31211N，ソニー，東京）により，口唇閉鎖力分析用ソフトウェア（多方位口唇閉鎖力解析ソフトウェア Ver.11，田中製作所，山形）を用いて解析した．5秒間の口すぼめ時のデータから，測定開始直後の1秒間のデータと測定終了前の1秒間のデータを除去し，測定開始の1秒後から4秒後までの3秒間の力積（N・s）を1回のデータとし，9回の測定値の平均値を各被験者の代表値とし，この力積を口唇閉鎖力とした．口唇閉鎖

力は被験者の上から時計回りに上，左上，左，左下，下，右下，右，右上の8方向から検出され，左上，上および右上口唇閉鎖力の和を上唇力，左下，下および右下口唇閉鎖力の和を下唇力，8方向からの口唇閉鎖力の和を口唇総合力とした．

2) 顔面軟組織三次元画像データの解析

得られた顔面軟組織三次元画像データは，パーソナルコンピュータ（HP EliteDesk 800 G5 TWR, Hewlett-Packard, Palo Alto, CA, USA）に転送した後，画像解析ソフトウェア（HBM-Rugle Version1.0）を用いて，以下の基準点，基準平面を決定した．

(1) 基準点と基準平面

左右眉頭の中点 (eb_{mid})，左右内眼角の中点 (en_{mid})，左右側鼻翼の中点 (al_{mid}) を通る平面を正中矢状平面，左側眼窩下縁の最下点 (ori)，左側耳珠上縁前部のV字型にくぼんでいる点 (tri) を通り，正中矢状平面に垂直な平面をフランクフルト (FH) 平面， en_{mid} を通り，正中矢状平面とFH平面に垂直な平面を前頭平面とした (図4, 5)．座標系は， en_{mid} を原点に，X軸は水平方向，Y軸は垂直方向，Z軸は前後方向として，左方向，上方向，前方向をプラスとした (図6)．

正中矢状平面，FH平面，前頭平面を安静時および口すぼめ時の顔面軟組織三次元画像上で設定し，前額部および鼻根部を基準として2画像の重ね合わせを行った．



図 4 基準点

- 左眉頭点 (eb_l)
- 右眉頭点 (eb_r)
- 左右眉頭の中点 (eb_{mid})
- 左内眼角点 (en_l)
- 右内眼角点 (en_r)
- 左右内眼角の中点 (en_{mid})
- 左側鼻翼点 (al_l)
- 右側鼻翼点 (al_r)
- 左右鼻翼の中点 (al_{mid})
- 左側眼窩下縁の最下点 (or_l)
- 左側耳珠上縁前部の V 字型にくぼんでいる点 (tr_l)

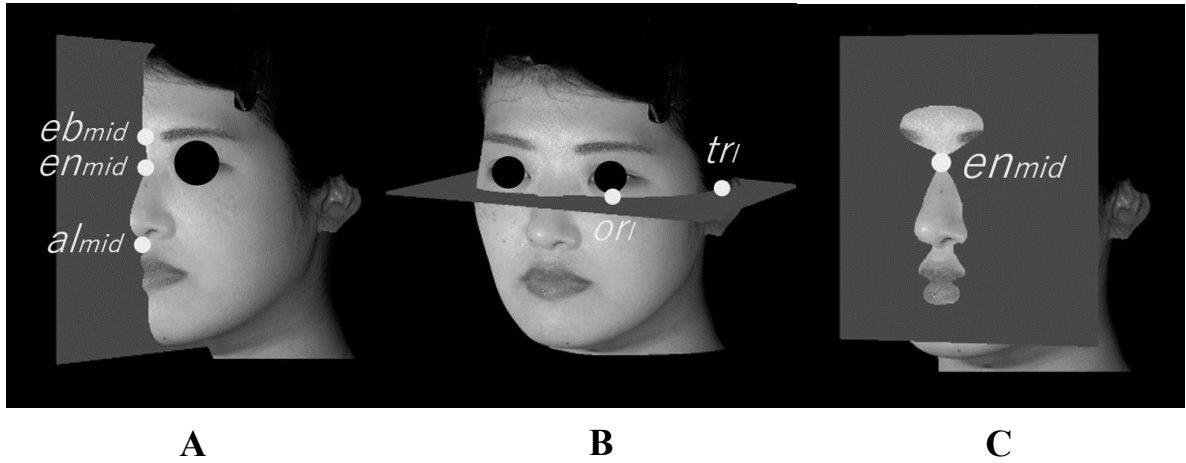


図 5 基準平面

- A, 正中矢状平面 (eb_{mid} , en_{mid} , al_{mid} を通る平面)
 B, フランクフルト (FH) 平面 (ori , tri を通り, 正中矢状平面に垂直な平面)
 C, 前頭平面 (en_{mid} を通り, 正中矢状平面と FH 平面に垂直な平面)

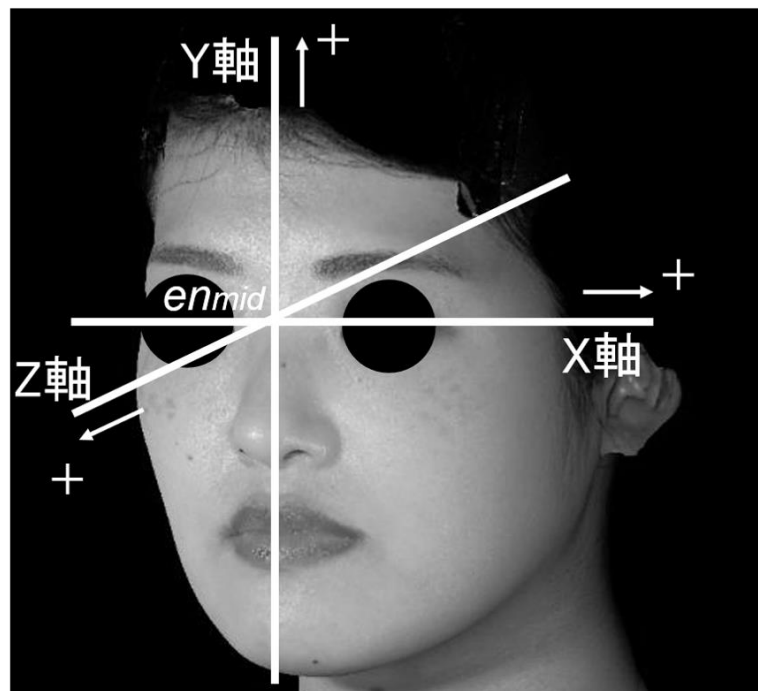


図 6 座標系の設定

en_{mid} を原点とし, X 軸は左右方向, Y 軸は垂直方向, Z 軸は前後方向とした, また, 左方向, 上方向, 前方向をプラスとした.

(2) 計測変量

鼻下点 (sn), オトガイ唇溝 ($labm$) を通り, 正中矢状平面に垂直な平面を口唇基底平面とした (図 7).

安静時の三次元顔画像上にて, 口唇基底平面上における上下口唇基底面の面積について, 口唇基底面積とした. また, 口唇基底平面より前方の上下口唇表面積を口唇表面積, 口唇基底平面より前方の上下口唇体積を口唇体積とした. 口唇表面積について, 安静時と口すぼめ時の値の差を口唇表面積変化量とした. また, 口唇体積について, 安静時と口すぼめ時の値の差を口唇体積変化量とした.

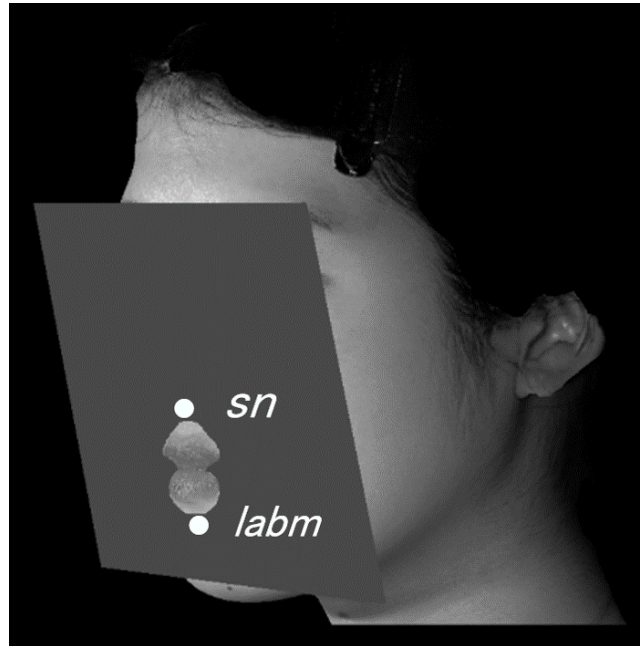


図 7 口唇基底平面および計測変量

口唇基底面， sn と $labm$ を通り正中矢状平面と垂直な平面

口唇基底面積，口唇基底平面上における上下口唇基底面の面積

口唇表面積，口唇基底平面より前方の上下口唇表面積

口唇体積，口唇基底平面より前方の上下口唇体積

口唇表面積変化量，安静時と口すぼめ時の口唇表面積の値の差

口唇体積変化量，安静時と口すぼめ時の口唇体積の値の差

4. 統計処理

計測項目について，上唇力，下唇力，口唇総合力のそれぞれと，口唇基底面積，口唇表面積変化量および口唇体積変化量との間で Pearson の相関係数を求めた。なお，これらの算出には統計解析用ソフトウェア（SPSS 24.0，IBM Corporation，Armonk，NY，USA）を用い，有意水準は $P < 0.05$ とした。

結 果

被験者の口唇基底面積，口唇表面積変化量および口唇体積変化量の平均値および標準偏差を示す（表 1）。また，方向別口唇閉鎖力について，上唇力，下唇力，口唇総合力の平均値および標準偏差を示す（表 2）。

表 1 口唇基底面積，口唇表面積変化量，口唇体積変化量の平均値および標準偏差

計測変量	平均値	標準偏差
口唇基底面積(mm ²)	997.7	253.5
口唇表面積変化量(mm ²)	312.7	173.3
口唇体積変化量(mm ³)	6986.9	1763.5

(n=20)

表 2 上唇力，下唇力，口唇総合力の平均値および標準偏差

方向別口唇閉鎖力 (N・s)	平均値	標準偏差
上唇力	9.3	1.6
下唇力	8.0	2.5
口唇総合力	17.9	2.6

(n=20)

上唇力に対する，口唇基底面積，口唇表面積変化量および口唇体積変化量の相関を示す（表 3）。上唇力と口唇基底面積，口唇表面積変化量および口唇体積変化量との間に有意の相関は認められなかった。

表 3 上唇力に対する口唇基底面積，口唇表面積変化量および口唇体積変化量の相関

	相関係数	有意確率	
上唇力(N・s) /口唇基底面積(mm ²)	-0.138	0.562	NS
上唇力(N・s) /口唇表面積変化量(mm ²)	0.295	0.206	NS
上唇力(N・s) /口唇体積変化量(mm ³)	0.271	0.248	NS

(n=20, NS：有意差なし)

下唇力に対する，口唇基底面積，口唇表面積変化量および口唇体積変化量の相関を示す（表 4）。下唇力と口唇基底面積，口唇表面積変化量および口唇体積変化量との間に有意の相関は認められなかった。

表 4 下唇力に対する口唇基底面積，口唇表面積変化量および口唇体積変化量の相関

	相関係数	有意確率	
下唇力(N・s) /口唇基底面積(mm ²)	-0.275	0.241	NS
下唇力(N・s) /口唇表面積変化量(mm ²)	0.098	0.682	NS
下唇力(N・s) /口唇体積変化量(mm ³)	0.381	0.097	NS

(n=20, NS : 有意差なし)

口唇総合力に対する，口唇基底面積，口唇表面積変化量および口唇体積変化量の相関を示す（表 5）。口唇総合力と口唇基底面積および口唇表面積変化量との間には有意の相関は認められなかった。口唇総合力と，口唇体積変化量との間に有意な正の相関を認めた。

表 5 口唇総合力に対する口唇基底面積，口唇表面積変化量および口唇体積変化量の相関

	相関係数	有意確率	
口唇総合力(N・s) /口唇基底面積(mm ²)	-0.298	0.203	NS
口唇総合力(N・s) /口唇表面積変化量(mm ²)	0.297	0.204	NS
口唇総合力(N・s) /口唇体積変化量(mm ³)	0.571	0.009	**

(n=20, **: P<0.01, NS : 有意差なし)

考 察

本研究では，口唇形態を調べるために，非接触型三次元デジタルハンディカメラを用いた．非接触型三次元デジタルハンディカメラは，その再現性について，十分に正確であると報告されており¹³⁻¹⁵⁾，三次元画像撮影装置として広く使用されてきた非接触型三次元デジタルカメラと比較しても，高い再現性が得られると報告されている¹⁶⁾．従来，顔面軟組織三次元形態を調べるためには，大型の装置が必要であったが，非接触型三次元デジタルハンディカメラはコンパクトで持ち運びにも便利であるため，三次元形態解析の汎用性が高まると考えられる．歯科領域においては，口唇口蓋裂を伴う患者の口唇の左右対称性を評価した報告が認められる¹⁷⁾．また，口唇閉鎖力を調べるために，多方位口唇閉鎖力測定装置^{9,18)}を用いた．口唇閉鎖は主に口輪筋によって行われ，多方向からの力がかかると考えられるため，口唇閉鎖力の方向特異性を調べることは重要である．本研究では，多方位口唇閉鎖力測定装置と非接触型三次元デジタルハンディカメラを組み合わせることにより，口唇閉鎖機能と口唇形態との関係を三次元的に検討できたと考える．過去には，デジタルノギス，デジタルカメラ，側面セファロ，非接触型三次元デジタルカメラなどを用いて口唇形態が計測され，口唇閉鎖力との関連が検討されてきた^{10,19-21)}．

口唇について、解剖学的に上口唇と頬部の境界は鼻唇溝、下口唇とオトガイとの境界はオトガイ唇溝であると定義されている²²⁾。鼻下点とオトガイ唇溝を通り、正中矢状平面に垂直な口唇基底平面上の口唇基底面積では、鼻下点からオトガイ唇溝までの上下的な口唇の大きさを反映すると考え、多方位口唇閉鎖力と口唇基底面積との関連について検討した。本研究では、口唇基底面積と上唇力、下唇力および口唇総合力との間に関連が認められなかったことから、口唇閉鎖力は口唇の大きさとは関連しないと考えられる。

口唇表面積変化量に対して、上唇力、下唇力および口唇総合力との間に相関は認められなかった。本研究の口唇表面積変化量は、口すぼめ時の、口唇皮膚の伸縮による軟組織変化と考えられる。皮膚は、加齢とともに弾力性が低下すると報告されており²³⁾、口唇皮膚の伸縮による変化も加齢とともに変化することが予想される。本研究では被験者の年齢範囲が19歳5か月～38歳11か月と広範囲であったため、被験者間に皮膚の伸展性の違いが認められ、口唇表面積変化量データにばらつきが生じた可能性がある。

安静位から口すぼめ時への口唇体積変化量に対しては、上唇力、下唇力との間に有意の相関は認められなかったが、口唇体積変化量と口唇総合力との間に有意な正の相関が認められた。これまで、安静時の口唇三次元形態と口唇閉鎖力との関連を調べた研究では、上唇高さ、

上唇深さがそれぞれ大きいほど，上口唇閉鎖力は大きかったと報告されている¹⁰⁾．本研究では，口すぼめ時の形態変化と上下口唇閉鎖力の和が関連していたことから，口すぼめ時に上下口唇は協調して機能していることが示唆された．筋の動的な形態については，上腕二頭筋を調べた研究において，安静位および収縮時の筋断面積は筋力と相関すると報告されており^{11,24,25)}，本研究における安静位から口すぼめ時への口唇形態変化量が口輪筋の収縮によると仮定すると，口すぼめ時の形態から口唇閉鎖力を推測できると考えられる．

結 論

成人女性の口すぼめ時の口唇三次元形態と多方位口唇閉鎖力との関係について検討した結果，次のようなことが明らかになった．

1．上唇力について，口唇基底面積と口唇表面積変化量および口唇体積変化量との間に，有意の相関は認められなかった．

2．下唇力について，口唇基底面積と口唇表面積変化量および口唇体積変化量との間に，有意の相関は認められなかった．

3．口唇総合力と口唇基底面積との間に，有意の相関は認められなかった．

4．口唇総合力と口唇表面積変化量との間に，有意の相関は認められなかった．

5．口唇総合力と口唇体積変化量との間に，有意の正の相関が認められた．

以上のことから，多方位口唇閉鎖力を合計した力は，安静時から口すぼめ時に生じる三次元形態の変化と関連していることが示された．

引用文献

- 1) 飯田順一郎，葛西一貴，後藤滋巳，末石研二，榎宏太郎，山城隆．歯科矯正学．4章咬合 I 咬合概論．高橋一郎．第6版．東京：医歯薬出版；2021：71-72.
- 2) Brodie A. Muscular factors in the diagnosis and treatment of malocclusions. *Angle Orthod.* 1953;23:71-77.
- 3) Jung MH, Yang WS and Nahm DS. Effects of upper lip closing force on craniofacial structures. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2003;123:58-63.
- 4) Jung MH, Yang WS and Nahm DS. Maximum closing force of mentolabial muscles and type of malocclusion. *Angle Orthod.* 2010;80:72-79.
- 5) 前田絢子，大島千景，斎藤勝彦，川島亮子，林亮助，青木義親，山口大，葛西一貴．口唇閉鎖力と口唇形態および上下顎前歯部の関連性について．日大口腔科学．2009;35:33-40.
- 6) 上條雍彦．小口腔解剖学．第14版．東京：アナトーム社；1984：66-71.
- 7) Rogers CR, Weinberg SM, Smith TD, Deleyiannis FW, Mooney MP and Marazita ML. Anatomical basis for apparent subepithelial cleft lip: a histological and ultrasonographic survey of the

- orbicularis oris muscle. *Cleft Palate Craniofac J.* 2008;45:518-524.
- 8) Rogers CR, Mooney MP, Smith TD, Weinberg SM, Waller BM, Parr LA, Docherty BA, Bonar CJ, Reinholt LE, Deleyiannis FW, Siegel MI, Marazita ML and Burrows AM. Comparative microanatomy of the orbicularis oris muscle between chimpanzees and humans: evolutionary divergence of lip function. *J Anat.* 2009;214:36-44.
- 9) Nakatsuka K, Adachi T, Kato T, Oishi M, Murakami M, Okada Y and Masuda Y. Reliability of novel multidirectional lip-closing force measurement system. *J Oral Rehabil.* 2011;38:18-26.
- 10) Fujiwara A, Kuroyanagi F, Kawabata A, Fujiwara A, Tome W and Kitai N. Relationship between lip-closing force and three-dimensional lip morphology in adults with straight facial profile. *Int J Orofacial Myology.* 2015;41:24-36.
- 11) Akagi R, Iwanuma S, Hashizume S, Kanehisa H, Fukunaga T and Kawakami Y. Determination of contraction-induced changes in elbow flexor cross-sectional area for evaluating muscle

- size-strength relationship during contraction.
J Strength Cond Res. 2015;29:1741-1747.
- 12) Kawabata A, Kobayashi T, Takagi A, Kuroyanagi F, Washino K, Sabashi K and Kitai N.
Multidirectional lip-closing force in adults with mandibular deviation. *J Oral Rehabil.* 2013;40:664-669.
- 13) Hong C, Choi K, Kachroo Y, Kwon T, Nguyen A, McComb R and Moon W. Evaluation of the 3dMDface system as a tool for soft tissue analysis. *Orthod Craniofac Res.* 2017;20 Suppl 1:119-124.
- 14) Jodeh DS and Rottgers SA. High-Fidelity Anthropometric Facial Measurements Can Be Obtained From a Single Stereophotograph From the Vectra H1 3-Dimensional Camera. *Cleft Palate Craniofac J.* 2019;56:1164-1170.
- 15) Savoldelli C, Benat G, Castillo L, Chamorey E and Lutz JC. Accuracy, repeatability and reproducibility of a handheld three-dimensional facial imaging device: The Vectra H1. *J Stomatol Oral Maxillofac Surg.* 2019;120:289-296.
- 16) Camison L, Bykowski M, Lee WW, Carlson JC, Roosenboom J, Goldstein JA, Losee JE and Weinberg SM. Validation of the Vectra H1

portable three-dimensional photogrammetry system for facial imaging. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2018;47:403-410.

- 17) Kimura N, Nozoe E, Okawachi T, Ishihata K, Fuchigami T and Nakamura N. Three-dimensional analyses of nasolabial forms and upper lip surface symmetry after primary lip repair in patients with complete unilateral cleft lip and palate. *J Craniomaxillofac Surg.* 2019;47:245-254.
- 18) Murakami M, Adachi T, Nakatsuka K, Kato T, Oishi M and Masuda Y. Gender differences in maximum voluntary lip-closing force during lip pursing in healthy young adults. *J Oral Rehabil.* 2012;39:399-404.
- 19) 大石めぐみ, 足立忠文, 安富和子, 中塚久美子, 山田一尋, 増田裕次. 永久前歯被蓋完成初期における多方位口唇閉鎖力(II): 口唇閉鎖力と口唇形態・前歯部被蓋との関連. *顎機能誌.* 2011;17:104-112.
- 20) 中西章乃, 斎藤勝彦, 葛西一貴. 顎変形症における口唇閉鎖力の特徴について. *日大口腔科学.* 2013;39:1-9.
- 21) 村田宜彦, 石川隆義, 井鍋太郎, 柴田宗則, 小野俊朗. 口唇形態と口唇閉鎖力との関係について. *小児歯誌.* 2018;56:121.

- 22) 鈴木 肇. 医学大辞典. 第 19 版 : 東京 : 南山堂 ;
2006 : 798-799.
- 23) Piérard GE, Henry F, Castelli D and Ries G.
Ageing and rheological properties of facial
skin in women. *Gerontology*. 1998;44:159-161.
- 24) Akagi R, Kanehisa H, Kawakami Y and Fukunaga
T. Establishing a new index of muscle cross-
sectional area and its relationship with
isometric muscle strength. *J Strength Cond Res*.
2008;22:82-87.
- 25) Akagi R, Takai Y, Kato E, Fukuda M, Wakahara
T, Ohta M, Kanehisa H, Kawakami Y and Fukunaga
T. Relationships between muscle strength and
indices of muscle cross-sectional area
determined during maximal voluntary contraction
in middle-aged and elderly individuals. *J
Strength Cond Res*. 2009;23:1258-1262.