原著論文

口輪筋の筋力，持久力の強化に対する 有効なトレーニング法について

大矢和可，金子知生，半田 薫，飯田順一郎

北海道大学大学院歯学研究科口腔機能学講座歯科矯正学教室

〔受付：平成21年4月23日〕

Training methods effectively in the strength and endurance of the orbicularis oris muscle

Waka Ooya, Tomoo Kaneko, Kaori Handa and Junichiro Iida

Department of Orthodontics, Division of Oral Functional Science,
Hokkaido University Graduate School of Dental Medicine

[Received: April 23, 2009]

Keywords: orbicular obis muscle, myofunctional therapy, effective of training

Abstract: In orthodontics and pedodontics, parafunction including oral breathing and tongue thrusting are considered to be factors that lead to malocclusion including maxillary protrusion and open bite. In order to correct these parafunction, oral myofunctional therapy (MFT) is commonly used.

There are several MFT training regimens for lips, which include button pull exercises (pulling a button with the lips closed tight) and the use of the Patakara, a mouth rehabilitation instrument. However, there has been limited research to objectively evaluate training methods to improve the strength and endurance of the orbicularis oris muscle.

Our previous studies measuring oxygenation dynamics in the orbicularis oris muscle by using near-infrared spectrometry indicated that performing 5 or 10 sets of 5 seconds load at 80% 1-RM (1 repetition maximum) and 5 seconds rest was effective for the orbicularis oris muscle to enhance muscle strength as a result of the hypoxic conditions in the muscle. These studies also indicated that repetition of 15 sets of 5 seconds load at 50% 1-RM and 5 seconds rest was effective as the endurance of the orbicularis oris muscle as a result of the aerobic conditions in the muscle. The aim of this study was to validate the effectiveness of hypoxic and aerobic conditions for improving the strength and endurance of the orbicularis oris muscle, respectively.

Subjects consisted of 15 adults from both sexes with normal stomatognathic function and no interference with lip closure. Traction plates were inserted in the upper and lower oral vestibules, and 1-RM was measured by pulling against the plates using a universal testing machine. Subjects were assigned to three groups: Group A subjects completed 20 sets comprised of load of 50% 1-RM for 5 seconds and rest for 5 seconds; Group B subjects completed 5 sets comprised of load of 80% 1-RM for 5 seconds and rest for 5 seconds; and Group C subjects completed

5 sets comprised of load of 50% 1-RM for 5 seconds and rest for 5 seconds. Maximum tension and duration of contraction of the orbicularis oris muscle were measured 14 and 28 days after the loading. The results revealed that for orbicularis oris muscle training, 5 sets with load of 80% 1-RM was more effective for improving muscle strength, whereas 20 sets with load of 50% 1-RM was more effective for improving endurance.

抄録 矯正歯科や小児歯科の臨床において、口呼吸や舌突出癖などの口腔習癖が上顎前突や開咬の不正咬合を引き起こす要因になると考えられている。それらの口腔習癖を治療する方法として、口腔筋機能療法（MFT：Myofunctional Therapy）が行われている。

MFTにおける口唇トレーニング法としては口唇を閉鎖してボタンを牽引するボタンプルや口腔リハビリ器具のパカカラなどを用いる方法が挙げられる。しかし、口輪筋の筋力、持久力の強化に対するトレーニングの効果を客観的に評価している研究は少ない。

これまでの我々の研究で、近赤外線分光法を用いて口輪筋の酸素化動態を計測することにより、1-RM（1 time repetition maximum）の80%の荷重を5秒間負荷し、5秒間安静にすることを5～10回繰り返すことは、口輪筋が低酸素状態になり、口輪筋の筋力強化のトレーニングに適している可能性を示唆した。また、1-RMの50%荷重の負荷5秒間と安静5秒間を15回以上繰り返すことにより口輪筋の有酸素状態が維持され筋持久力が向上される可能性を示唆した。そこで本研究では、口輪筋トレーニングにおいて低酸素状態での筋力強化と有酸素状態での持久力向上による効果を検証することを目的とした。

被験者として顎口腔機能に異常が認められず口唇閉鎖不全のない成人15人の男女を用いた。牽引用プレートを上下口腔前庭部に挿入し、万能試験機で牽引し1-RMを計測した。トレーニングの際には、被験者を1-RMの50%荷重5秒間の負荷・5秒間の安静を1回として20回（A群）、1-RMの80%荷重5回（B群）、1-RMの50%荷重5回（C群）の3群に分け、それぞれ14日後、28日後の口輪筋の最大引っ張り力および持続時間を計測した。その結果より口輪筋のトレーニングを行うためには、筋力強化を目的とするなら1-RMの80%荷重5回、持久力トレーニングを目的とするならば1-RMの50%荷重20回の反復負荷がそれぞれ有効であることが明らかとなった。

キーワード 口輪筋、口腔筋機能療法、トレーニング効果

I. 緒 言

口輪筋は、口裂周囲に輪状に走行し、日常生活における口輪筋の緊張や運動は歯列における前歯部に力を加え、前歯の位置や咬合の安定に大きな影響を与えていると考えられる^{1,4)}。最大口唇閉鎖圧や安静時口唇閉鎖圧は3～4歳までの口輪筋の発育状態に影響されるところが大きく、生活習慣にも関係すると報告されている^{5,6)}。また、矯正歯科や小児歯科の臨床において、習慣的に口唇を開いている口唇閉鎖不全を有する場合には上顎前突や開咬の不正咬合を引き起こす要因になると考えられている。それらの口腔習癖を治療する方法として、口腔筋機能療法（MFT: Myofunctional Therapy）が行われ、歯列に対する口輪筋と舌の力のバランスを改善し、歯列不正の改善や矯正治療の効果および治療後の咬合の安定を

図ることに有効であるとされている⁷⁻¹⁰⁾。

一般的に全身のトレーニングでは、筋力強化および持久力のいずれを高めるかの目的に応じて、負荷の大きさと回数を調節する¹¹⁾。しかし矯正歯科におけるMFTの口唇トレーニング法においては筋力あるいは、持久力の強化に対してその効果を客観的に評価している研究はこれまでにはない。

口唇の機能において口輪筋の筋力を必要とするものは捕食、吸啜、発音などが考えられる。このような口唇機能時の力が歯に接触し、歯に対する舌からの力とのバランスに影響するとすれば、筋力が弱い場合に前歯部の唇側傾斜などを引き起こすことが考えられ、筋力強化する必要があると考えられる。また、半田ら¹³⁾は日常生活において何かに集中している時間、リラックスしている時間、睡眠中それぞれにおける口唇の閉鎖状態を観測し、すべてにおいて口唇が開いている被験者の存在を報告し

ており、遠藤ら¹⁴⁾は、口唇閉鎖不全は顎顔面骨格形態に大きく依存しており、下顎骨の後退、下顔面高が大きい場合に生じやすいことを明らかにした。このように日常生活における口唇閉鎖が困難な素因を有する者においては、口唇閉鎖を持続させるために口輪筋の持久力を強化する必要があると考えられる。

口輪筋の筋組成としては、瞬発的な運動に向いている速筋の Type II a 筋線維が71.8%で優勢で、持久的な運動に向いている遅筋の Type I 筋線維は28.2%であると報告されている¹⁵⁾。また、会田らは大腿外側広筋に対してスクワット運動時の酸素化動態の計測を行った結果、80% MLW (maximum lifting weight) の反復負荷における筋レジスタンス運動では、Type II a 筋線維の筋肥大を生じさせると報告している¹⁶⁾。これまでの我々の研究¹⁷⁾で、近赤外線分光法を用いて口輪筋の酸素化動態を計測することにより、牽引用プレートを口腔前庭部に挿入し、前方に牽引してそれを維持できる最大の力すなわち1-RM (1 timerepetition maximum) の80%の荷重を5秒間する負荷と、5秒間安静にすることを5~10回繰り返すことにより、口輪筋が低酸素状態になり、口輪筋の筋力強化のトレーニングに適している可能性を示唆した。また、1-RM の50%荷重の負荷5秒間と安静5秒間を15回以上繰り返す場合には口輪筋の有酸素状態が維持され筋持久力が向上される可能性も示唆した。

そこで本研究では、前回の研究で示唆された口輪筋の低酸素のトレーニングが筋力強化に、また有酸素のトレーニングが筋持久力向上に効果を発揮できるのか検証することを目的とした。

II. 研究方法

1. 被験者

被験者は、本学歯学部職員及び学生の成人15名(平均年齢 26.7 ± 7.1 歳)で、男性8名(平均年齢 24.9 ± 5.1 歳)、および女性7名(平均年齢 28.8 ± 7.1 歳)とした。被験者は、安定した口輪筋の引っ張り力を測定することを考慮して、全身的に健康であり、臨床的に顎口腔機能の形態、機能および鼻咽腔機能に異常が認められないものとした。なお、本研究は北海道大学大学院歯学研究科・歯学部倫理委員会に承認を得た(平成16年7月15日)。

2. 実験方法

1) 口輪筋の最大引っ張り力の計測

口輪筋の引っ張り力を計測するために、熱可塑性樹脂バイオプラスト(シヨイデンタル社製、イザローン)に

図1 牽引用プレート(縦30 mm × 横50 mm × 厚さ3 mm)

Fig. 1 A traction plate (30 mm long, 50 mm wide and 3 mm thick)

て作製した縦30 mm × 横50 mm × 厚さ3 mmの牽引用プレートを、口腔前庭が陰圧にならないよう直径2 mmの穴を12個開け、口腔内に入れやすいようにトリミングし、歯列弓に沿うように弯曲を付与した(図1)。被験者にフランクフルト平面が床と平行になるように座らせ、牽引用プレートを水平に引っ張ることができるように頭部および頤部を固定した。牽引用プレートを上下口腔前庭部に挿入し、万能試験機(SV-52NA型、今田製作所製、豊橋)で牽引した(図2)。計測時は、臼歯で咬合し、プレートを吸引しないで口唇を閉じ、できるだけプレートを維持しておくよう指示した。牽引速度は45 mm/minで、口唇からプレートが外れた時点を目録とした。また、疲労の影響を排除するために10分間の休憩をとり、3回計測した。その3回のうち最大値を1-RMとした。この際、万能試験機から出力される値を、パーソナルコンピュータに取り込み、データ処理ソフト(ISP-IV、今田製作所製、豊橋)を用いて最大荷重を算出した。

2) 口輪筋への負荷に対する持続時間の計測

被験者にフランクフルト平面が床と平行になるように座らせ、図3のように滑車で連結したおもりから牽引用プレートを水平に引っ張ることができるように頭部を固定した。前実験で得られた1-RM値を参考にし、おもりの荷重を1-RMの80%に調節し、負荷を加えてできるだけプレートを維持させ、プレートが口唇から脱落するまでの時間を計測した。

3) 口輪筋のトレーニング法

負荷5秒間、安静5秒間を1回とし、以下の3つの方法とした。

図2 口輪筋の最大引っ張り力の計測方法

被験者にフランクフルト平面が床と平行になるように座らせ、牽引用プレートを手水平に引っ張ることができるように頭部および頤部を固定した。牽引用プレートは上下口腔前庭部に挿入し、万能試験機で牽引し口輪筋の最大引っ張り力を計測した。

Fig. 2 Methods for measuring the maximum tension of the orbicularis oris muscle

Subjects were asked to sit down in keeping the Frankfurt plane parallel to the floor, and the head and chin were fixed so that the subjects were able to pull against the traction plate horizontally. Traction plates were inserted in the upper and lower oral vestibules, and the maximum tension of contraction of the orbicularis oris muscle was measured by pulling against the plates using a universal testing machine.

図3 口輪筋への負荷による持続時間の計測方法

被験者にフランクフルト平面が床と平行になるように座らせ、滑車で連結したおもりから牽引用プレートを水平に引っ張ることができるように頭部を固定した。前実験で得られた1-RM値を参考にし、おもりの荷重を1-RMの80%に調節し持続時間を計測した。

Fig. 3 Methods for measuring the duration of contraction of the orbicularis oris muscle

Subjects were asked to sit down in keeping the Frankfurt plane parallel to the floor, and the head was fixed so that the subjects were able to pull against the traction plate, which was connected to the weight by using a pulley, horizontally. Duration of contraction was measured by adjusting the weight to 80% of 1-RM referring the 1-RM value which was obtained from above mentioned experiment.

- (1)1-RM の50%荷重で連続20回反復を1セットのトレーニングとして施行したものをA群
 (2)1-RM の80%荷重で連続5回反復を1セットのトレーニングとして施行したものをB群
 (3)1-RM の50%荷重で連続5回反復を1セットのトレーニングとして施行したものをC群

これらの3群に被験者を5人ずつ無作為に分け、それぞれ1日1セットのトレーニングとし4週間毎日施行させた。トレーニングは牽引用プレートと各被験者用に計量したおもりを連結したものを用いた。トレーニングの際には、牽引用プレートを被験者の上下口腔前庭部に挿入し、顔を下方に向け負荷をかけるようにし、牽引用プレートを吸引しないように、臼歯で咬合し、持ち上げるよう指示をした。

4) データ分析

2週間後および4週間後に口輪筋の最大引っ張り力とトレーニング前の1-RM の80%荷重を用いて持続時間の計測を行った。各時点における口輪筋の最大引っ張り力および持続時間の各群の平均値を算出し、さらにトレーニング開始前の値を基準(100%)とし、得られたデータから各計測値の変化率を算出した。

3. 統計処理

統計処理は、トレーニング施行前の3群間の口輪筋の最大引っ張り力および持続時間の比較には、一元配置分散分析しポストホックとしてチューキーの多重比較による有意差検定を行った。また、口輪筋の最大引っ張り力および持続時間の各群内のトレーニング施行前、14日後、28日後それぞれにおいての群内比較およびトレーニング後の群間比較において、二元配置分散分析しポストホックとしてチューキーの多重比較による有意差検定を行った。なお、結果はすべて平均値±標準偏差で表し、 $p < 0.05$ を有意水準とした。

Ⅲ. 結 果

1. トレーニング開始前における口輪筋の最大引っ張り力および持続時間

トレーニング開始前の口輪筋の最大引っ張り力および持続時間の計測結果を表1に示す。トレーニング開始前の3群間の比較では、口輪筋の最大引っ張り力ではA群とC群に有意差が認められ、持続時間にはすべての群で有意差は認められなかった。

表1 トレーニング開始前の口輪筋の最大引っ張り力および持続時間の計測結果

Table 1 Maximum tension and duration of contraction of the orbicularis oris muscle before the trainings

群	被験者	最大引っ張り力(N)	持続時間(秒)
A	1	13.24	30
	2	13.34	42
	3	13.24	95
	4	12.55	44
	5	12.26	27
	mean±SD	12.93±0.49	47.6±27.5
B	6	15.40	67
	7	12.36	96
	8	14.91	83
	9	11.28	52
	10	14.32	40
	mean±SD	13.65±1.76	67.6±22.6
C	11	23.34	76
	12	14.42	48
	13	16.77	26
	14	15.40	56
	15	15.89	73
	mean±SD	17.16±3.56	55.8±20.3
全体	mean±SD	14.58±1.93	57.0±23.5

2. トレーニング後の口輪筋の最大引っ張り力および持続時間の変化(図4, 5)

(1)口輪筋の最大引っ張り力および持続時間の群内の比較(図4)

口輪筋の最大引っ張り力においてトレーニング前後の群内の比較では、B群は施行前に対して14日後および28日後で有意な増加が認められた。また、AおよびC群では、トレーニング前後の最大引っ張り力の有意差は認められなかった。

口輪筋への負荷の持続時間においてトレーニング前後の群内の比較では、A群は施行前に対して28日後に有意な増加を認めた。B群は施行前に対して28日後に有意な増加を認め、また14日後に対して28日後に有意な増加を認めた。C群ではトレーニング前後の持続時間の有意差は認められなかった。

(2)口輪筋の最大引っ張り力および持続時間の群間の比較(図5)

口輪筋の最大引っ張り力および持続時間において二元配置分散分析を行った結果、トレーニング日数と各群との交互作用効果があり、14日後、28日後それぞれにおいて有意水準1%で3群の最大引っ張り力および持続時間の水準間に差が認められた。

トレーニング後の口輪筋の最大引っ張り力の群間の比較では、14日後、28日後それぞれにおいてB群はC群に

図4 口輪筋の最大引っ張り力および持続時間の変化 (平均値±標準偏差)
 負荷5秒間, 安静5秒間を1回とし,
 A群=1-RMの50%荷重で連続20回反復を1セットのトレーニングとして施行したもの5名
 B群=1-RMの80%荷重で連続5回反復を1セットのトレーニングとして施行したもの5名
 C群=1-RMの50%荷重で連続5回反復を1セットのトレーニングとして施行したもの5名
 これらの3群に被験者を5人ずつ無作為に分け, それぞれ1日1セットのトレーニングとし4週間毎日施行させた。2週間後および4週間後に口輪筋の最大引っ張り力とトレーニング前の1-RMの80%荷重を用いて持続時間の計測を行った。
 各群のトレーニング前, 14日後, 28日後の口輪筋の最大引っ張り力および持続時間において, 各群間の比較の有意差は **: $p < 0.01$, *: $p < 0.05$ で表示した。

Fig. 4 Changes in the maximum tension and duration of contraction of the orbicularis oris muscle (mean $\pm$ SD)
 Group A: 5 subjects completed 20 loading sets comprised of 50% load intensity of 1-RM;
 Group B: 5 subjects completed 5 loading sets comprised of 80% load intensity of 1-RM;
 and Group C: 5 subjects completed 5 loading sets comprised of 50% load intensity of 1-RM, where one set consisted of 5 seconds loading and 5 seconds rest.
 Subjects were assigned to three groups randomly and asked to perform a daily training for 4 weeks. Maximum tension and duration of contraction of the orbicularis oris muscle (using the weight of 80% 1-RM) were measured 2- and 4-weeks after the loading.
 Statistical significances between before and 14- or 28-days after the training, in maximum tension and duration of contraction of the orbicularis oris muscle designated as **: $p < 0.01$, *: $p < 0.05$, respectively.

図5 トレーニング後の口輪筋の最大引っ張り力（左図）および持続時間（右図）の変化（平均値±標準偏差）
各群のトレーニング14日後、28日後の口輪筋の最大引っ張り力および持続時間において、各群間の比較の有意差は**： $p < 0.01$ ，*： $p < 0.05$ で表示した。

Fig. 5 Changes in the rate of increase the maximum tension (left panel) and duration (right panel) of contraction of the orbicularis oris muscle during the trainings (mean $\pm$ SD)

Statistical significances between 14- and 28-days after the training, in maximum tension and duration of contraction of the orbicularis oris muscle designated as **: $p < 0.01$, *: $p < 0.05$, respectively.

比較して有意な増加を認めた。

トレーニング後の口輪筋の持続時間の群間の比較では、14日後および28日後においてA群はB群とC群と比較して有意な増加を認めた。

IV. 考 察

口輪筋は収縮速度が速く発揮張力が中間的で疲労耐性のある Type II a 筋線維が71.8%で優勢であり、Type II a 筋線維は運動強度が大きく瞬発力トレーニングなどの低酸素運動により強化されるとされている。我々は前回の研究¹⁷⁾で、近赤外線分光法を用いて口輪筋の酸素化動態を計測し、1-RM（1 time repetition maximum）の80%荷重の負荷5秒間と安静5秒間を5～10回繰り返すことにより、口輪筋が低酸素状態になり、口輪筋の筋力強化のトレーニングに適している可能性を示唆した。今回の結果で、1-RMの80%荷重の5回のトレーニングは1-RMの50%荷重の5回および1-RMの50%荷重の20回に比較して有意に最大引っ張り力の増加が認められ、1-RMの80%荷重の5回のトレーニングが口輪筋筋力強化に有効であると考えられる。これは高強度で短時間の運動を繰り返すことにより低酸素状態になり、ATP-PCr系の筋グリコーゲン分解によりエネルギー供給を受け、運動時にほぼすべての筋線維が動員され、筋線維の肥大が起こったために筋力が増大したと考えられる。

口輪筋の筋組成として Type II a 筋線維以外のものは持久的な運動に向いている遅筋の Type I 筋線維が28.2%

であると報告されている¹⁵⁾。低い負荷で反復回数を多くするトレーニングにおいては、可能な作業回数および血流量が増加し筋の有酸素系作業能の向上が得られ、筋持久力を向上させるという報告がなされている¹⁸⁾。また、これまでの我々の研究¹⁷⁾で、近赤外線分光法を用いて口輪筋の酸素化動態を計測したところ、1-RMの50%荷重の負荷5秒間と安静5秒間を15回以上繰り返すと口輪筋の有酸素状態が維持され酸化系エネルギー供給を受け筋持久力が向上される可能性を示した。本研究の結果において、1-RMの50%荷重の20回のトレーニングは1-RMの80%荷重の5回に比較して有意に持続時間の延長が認められ、1-RMの50%荷重20回のトレーニング法は持久力の強化に有効であると考えられる。また、最大引っ張り力は、持続時間よりも早期に増大しているが、これは口輪筋の筋組成の Type II a 線維が71.8%と Type I 線維よりも多く存在していることと関連しているためと考えられる。

1-RMの80%荷重5回のB群において28日後では14日後からの最大引っ張り力の増加量が小さく、最大引っ張り力に有意な増加が認められなかった。これは14日後においては最大筋力がすでに増加しているために、トレーニング施行前の1-RMの80%荷重では十分な低酸素状態を誘導できず十分な筋力強化を行えなかったものと考えられる。口輪筋の筋力をより効果的に増強させるには一定期間ごとに1-RMの荷重を見直して負荷を大きくしながらトレーニングを継続する必要があると考えられる。

また、本研究の結果から1-RMの50%荷重の5回の

C群は低酸素化も有酸素化も不十分であり，筋力強化も持久力もトレーニング効果が少ないと考えられる。

開咬や上顎前突のような顎顔面骨格形態により影響して口唇閉鎖不全を起こしているような場合には口唇を閉鎖するための持久力が低下していると考えられ，本研究により示唆された持久力向上のためのトレーニングを行うことが効果的であると考えられる。また，口輪筋の機能としての捕食，吸嚥，発音では筋力が必要と考えられ，本研究により示唆された筋力強化のためのトレーニングを行うことが効果的であると考えられる。しかし，臨床的に経験する不正咬合者における口唇閉鎖不全の状態を考慮すると，筋力および持久力の強化のトレーニングのいずれかが適しているかを見極めが難しい。どのような症例において，筋力，持久力の強化どちらのトレーニング法が適しているか，今後検討していく必要があると考えられる。

V. 結 論

効率的に口輪筋のトレーニングを行うためには，筋力強化を目的とするなら1-RMの80%荷重を5回反復するトレーニングを1日1回すること，一方で，持久力トレーニングを目的とするならば1-RMの50%荷重20回の反復負荷を1日1回することがそれぞれ有効であると考えられた。

VI. 謝 辞

稿を終えるにあたり，被験者としてご協力頂いた北海道大学大学院歯学研究科口腔機能学講座歯科矯正学教室員ならびに北海道大学歯学部学生に謹んで感謝申し上げます。

VII. 参考文献

- 1) Brodie, A. G.: Muscular factors in the diagnosis and treatment of malocclusions. *Angle Orthod*, 23: 71-77, 1953.
- 2) 永富照子：口唇が前歯およびその歯周組織に及ぼしている影響についての組織学的研究。日矯歯誌，32：99-120，1973。
- 3) 伊藤正彦：舌が前歯および歯周組織に及ぼす影響に関する病理組織学的研究。九州歯会誌，28(5)：582-604，1975。
- 4) 野代悦生：実験的上口唇縮小が前歯およびその歯周組織に及ぼす影響についての研究。九州歯会誌，32(2)：132-152，1978。
- 5) 千木良あき子：捕食時口唇閉鎖圧の発達変化。昭歯誌，11：38-46，1991。
- 6) 田村文誉：捕食時口唇圧閉鎖圧の発達変化－離乳開始期から36ヶ月まで－。小児歯誌，35：599-604，1997。
- 7) Gerliner, D.: 口腔領域における筋機能療法。17-31，350-367，書林，東京，1981。
- 8) Moyers, R. E.: *Handbook of orthodontics*. 97-122, Year Book Medical Publishers, Chicago, 1958.
- 9) Barrett, R. H. and Hanson, M. L.: *Oral Myofunctional Disorders*. 86-101, Mosby Company, St. Louis, 1978.
- 10) Zickefoose, W. E. (山口秀晴，大野肅英，吉田康子ほか)：口腔筋機能療法の臨床，212-223，265-271，わかば出版，東京，1986。
- 11) Balady, G. J., Berra, K.A., Golding, L.A. et al (米本恭三，勝村俊仁，鈴木政登ほか)：運動処方指針－運動負荷試験と運動プログラム－。133-163，南江堂，東京，2004。
- 12) 野呂明夫：口腔リハビリ器具『パタカラ®』を利用した口腔筋機能療法。日歯東洋医学会誌，20：6-24，2001。
- 13) 半田 薫，佐藤嘉晃，金子知生ほか：日常生活における口唇閉鎖状態の新しい評価法と応用 第2報 睡眠時と覚醒時における口唇閉鎖状態について。北海道歯誌，26：153-163，2005。
- 14) Satimary, E. L., Yosiaki Sato, Kaori Handa et al: Relationship between lip sealing ability and dentofacial morphology. 北海道歯誌，29：139-147。
- 15) P. Stal, P.-O. Eroksson, A. Eriksson and L.-E. Thornell: Enzyme-Histochemical and morphological characteristics of muscle fiber types in the human buccinator and orbicularis oris. *Archs Oral Biol*. 35: 449-458, 1990.
- 16) 會田文夫，芳賀脩光，水野真佐夫ほか：筋組成および筋酸素化レベルにおよぼす筋レジスタンストレーニングの影響。Therapeutic Research 22(9)：1975-1980，2001。
- 17) 大矢和可，金子知生，半田 薫ほか：口輪筋訓練の条件に関する検討－近赤外線分光法を用いた口輪筋酸素化動態の観察－。北海道歯誌，29：129-138，2008。
- 18) 荒尾 孝，石河利寛，吉田敬義：筋持久力トレーニングが血流量および最高血清乳酸濃度に及ぼす影響。体力研究，34：35-44，1976。