原著論文

永久前歯被蓋完成初期における多方位口唇閉鎖力 (I) その特性と体格・体力との関連

大石めぐみ¹⁾, 足立忠文²⁾, 安富和子¹⁾
中塚久美子³⁾, 山田一尋³⁾, 増田裕次¹⁾

¹⁾ 松本歯科大学大学院歯学独立研究科顎口腔機能制御学講座

²⁾ 松本歯科大学総合歯科医学研究所顎口腔機能制御学部門

³⁾ 松本歯科大学歯科矯正学講座

〔受付：平成22年7月27日〕

Multidirectional lip-closing force in the early stage of permanent anterior teeth occlusion (I)

– Characteristics of lip-closing force and its relations with physiques and physical strengths –

Megumi Ooishi¹⁾, Tadafumi Adachi²⁾, Kazuko Yasutomi¹⁾
Kumiko Nakatsuka³⁾, Kazuhiro Yamada³⁾, Yuji Masuda¹⁾

¹⁾ Department of Oral and maxillofacial Biology, Graduate School of Oral Medicine,
Matsumoto Dental University

²⁾ Division of Oral and Maxillofacial Biology, Institute of Oral Science, Matsumoto Dental University

³⁾ Department of Orthodontics, Matsumoto Dental University

[Received: July 27, 2010]

Keywords: lip-closing force, pursing, primary school children, physique, physical strength

Abstract: The objective of this study was to clarify the characteristics of lip-closing force (LCF) measured by the novel developed multidirectional LCF measurement system and evaluate the relationship between LCF and physiques or physical strengths in the early stage of permanent anterior teeth occlusion. In 242 primary school children (136 boys, 106 girls, mean age = 10.3 ± 0.3 years), LCFs in eight directions during maximum voluntary pursing-like lip closure tasks, height, body weight, handgrip strength and bite force were recorded in two primary schools in Nagano as field research. The gender difference of summed values of LCFs for all eight directions (total lip-closing force [TLCF]), the correlation between TLCF and each directional LCF (DLCF), between opposing DLCFs and between TLCF and height, body weight, handgrip strength and bite force were statistically analyzed. TLCF in boys was significantly greater than that in girls. The DLCFs was large by vertical, oblique and horizontal directions order. There were significant correlations between TLCF and DLCFs except horizontal directions and

between most pairs of opposing DLCFs. Symmetrical outputs in most pairs of opposing DLCFs were also observed. In girls, there were significant correlations between TLCF and height, body weight, handgrip strength or bite force, however in boys, there were significant only between TLCF and body weight or handgrip strength. In the early stage of permanent anterior teeth occlusion, LCF showed unique directional specificity in vertical, horizontal, oblique and opposing directions. And the present results suggested that LCF was related to the ability for volitional movement.

抄録 【目的】本研究の目的は、新たに開発された多方位口唇閉鎖力測定装置を用いて、永久前歯被蓋完成初期における口唇閉鎖力の特性を把握するとともに、その体格・体力との関連を検討することである。【対象および方法】長野県下の小学4年生児童242名を対象とし、野外調査にて、口唇閉鎖力、身長、体重、握力、咬合力をそれぞれ測定した。口唇閉鎖力は、最大努力での口すぼめ運動時の多方位口唇閉鎖力を測定した。口唇閉鎖力の性差の有無、全8方向における口唇閉鎖力の総和（総合力）と各方向別口唇閉鎖力との関連、対称的方向別口唇閉鎖力間の関連さらに、総合力と体格（身長、体重）ならびに体力（握力、咬合力）との関連について統計学的解析を行った。【結果】男児の総合力は女児に比し有意に大きかった。方向別口唇閉鎖力は、垂直方向、斜め方向、水平方向の順で大きかった。総合力は水平方向を除く各方向別口唇閉鎖力との間に中等度～強い相関が見られた。また垂直方向、水平方向、斜め方向で相対する方向別口唇閉鎖力の間には弱い～中等度の相関が認められ、大きさにも対称性が認められた。女児では、身長、体重、握力、咬合力と口唇閉鎖力との間に弱い相関が認められたのに対し、男児では、体重、握力との間に弱い相関を認めた。【結論】永久前歯被蓋完成初期における口すぼめ時の口唇閉鎖力に方向特異性が認められた。また口唇閉鎖力は随意運動能力と関連があることが示唆された。

キーワード：口唇閉鎖力、口すぼめ、小学生、体格、体力

I. 緒 言

口唇は呼吸器系・消化器系において門戸の開閉を司る顎顔面領域の重要な組織である。このうち口唇閉鎖機能は哺乳、捕食のみならず、咀嚼¹⁾、嚥下^{2,3)}、発音^{4,5)}、表情による感情の表出⁶⁾などに不可欠な機能と言える。例えば、咀嚼中には食塊が口腔外へ漏出するのを防ぎ、嚥下時には、咽頭に生じた陰圧に耐える強固な閉鎖により口腔から咽頭への食塊の移送を可能にしている。また、/p/、/b/、/m/などの口唇破裂音には正常な口唇閉鎖機能が欠かせない⁴⁾。このような機能的重要性から、これまでに口唇閉鎖機能を客観的に定量評価する試みについて報告されている^{3,7-17)}。

解剖学的に、口唇閉鎖に関わる筋は上唇部（口輪筋、口角挙筋、上唇挙筋、上唇鼻翼挙筋）、下唇部（口輪筋、口角下制筋、下唇下制筋、オトガイ筋）、頬部（大頬骨筋、小頬骨筋、笑筋、頬筋）にて、その構成が明らかに異なっている¹⁸⁾。さらに、他の顔面表情筋群の筋束の一部はこれら筋群の線維に混交している¹⁹⁾。筋肉の起始、停止、走行などから口唇閉鎖に関与する主要な筋は口輪筋であると考えられているが、このような解剖学的特徴から口

唇閉鎖運動とは、口裂を狭くしようとする口輪筋と、それに拮抗的に作用する多くの顔面表情筋との複合的な筋活動による統合運動である。

口輪筋は、口裂の周囲を輪状に囲む筋肉である。しかしながら単純な括約状の収縮のみを行うわけではない。口輪筋は片側から顔面神経支配を受けており、上唇部は頬筋枝、下唇部は下顎縁枝と異なる分枝が分布している^{20,21)}。さらに口輪筋は上唇部と下唇部の間で異なる筋量を有するのみでなく¹³⁾、運動の精確性、出力形式、安定性、疲労性など異なる機能特性を有していることが示唆されている²²⁾。このような神経支配、筋特性のために、機能に対応した多種多様な口唇閉鎖運動が行える。

口すぼめ様の口唇閉鎖運動によりストローをくわえた場合、特に意識することもなく、何の支えもなしに、ストローを一定の位置に保持することができる。上述した解剖学的、神経生理学的特徴からこの定常状態においては、筋収縮が口唇閉鎖力に変換される際に影響をおよぼす口唇形態に依存しながら、口裂中央を中心として、相対する多くの方向別口唇閉鎖力が精密な協調の基に出力されていると考えられる。つまり口唇閉鎖機能を定量的に評価しようとする場合、多方向からの出力を同時に記

録することが不可欠であると考える。

このような観点から、新たに多方位口唇閉鎖力測定装置が開発された。本装置は口すぼめ運動による8方向における方向別口唇閉鎖力を同時記録することが可能である。我々は既に、成人被験者を用いて本装置が口唇閉鎖機能を定量的に評価するに足る高い精度を有していることを確認している²³⁾。

いわゆる“Buccinator Mechanism”に代表されるように、古くから歯列形成を含む顎顔面領域の成長発育と口唇閉鎖力との間の強い関連性が指摘されている²⁴⁻²⁶⁾。多方位からの口唇閉鎖力を記録し、顎顔面領域の成長発育への影響を調べることが、歯科臨床にとって有用であると考えが、小児期の多方位口唇閉鎖力の特性については知られていない。

今回我々は、永久前歯被蓋関係が完成した初期である小学4年生を対象として、野外調査にて、口唇閉鎖力の特性ならびに口唇閉鎖力と体格、体力、顎顔面形態との関連について検討を行った。本研究では、第1報として口唇閉鎖力の特性ならびに口唇閉鎖力と体格、体力との関連について報告する。

II. 対象および方法

本研究は松本歯科大学倫理委員会の承認（許可番号：第0045号）を得た上で実施した。本研究の標本収集は長野県駒ヶ根市立赤穂南小学校ならびに喬木村立喬木第一、第二小学校において野外調査により行った。研究に先立って、駒ヶ根市ならびに喬木村教育長と各小学校長に対して、本研究の概要を説明し、各校校長の承認を得た。特に、長野県駒ヶ根市立赤穂南小学校は平成13年度より「歯・口の健康づくり推進指定校」となっており、本研究は、この事業の一環として行われた。

1. 対象

本研究対象者は、各小学校4年生のうち、事前に保護者へ本研究の趣旨、内容および方法を説明し、文書にて同意が得られた287名である。このうち、本研究目的より、1) 矯正治療中である2) Overbite がマイナス、ならびに3) Overjet がマイナスもしくは6.5 mm 以上²⁷⁾のいずれかに該当した児童45名は検討対象より除外した。ゆえに検討対象は全242名（男児136名、女児106名、平均年齢 10.3 ± 0.3 歳）であった。検討対象者は全員、中切歯と側切歯の萌出が完了し、被蓋関係が完成した初期の段階であった。つまり、ⅢA期あるいはⅢB期に相当した。

2. 測定項目

本研究における標本収集のための測定はすべて各小学校において行った。測定はすべて登校日午前中に行った。各測定は、一定の順序を持たず、被験児によりランダムに行われた。

1) 口唇閉鎖力

①多方位口唇閉鎖力測定装置

松本歯科大学で開発された多方位口唇閉鎖力測定装置（特許番号：特許4487132，特許4554630）（㈱プロシード，長野）は測定装置，コントロールボックスおよびパーソナルコンピュータ（PC）より構成されている（図1）²³⁾。測定装置中央には、頭位固定装置と計測プローブが取り付けられた支柱が、左右にはハンドグリップが固定されている。計測プローブと頭位固定装置は、被験者の頭蓋顎顔面形態に合わせて、一定範囲内で前後ならびに上下方向に調節可能となっている。計測プローブは8本の燐青銅板（5 mm × 100 mm，厚さ2 mm）を同心円上（直径22 mm）に配列したもので、それぞれの銅板にひずみゲージ（KFG-2-12，共和電業，東京）が接続している。口唇閉鎖力は、口すぼめ運動によって銅板に生じたひずみがひずみゲージにおいて感知され、それがコントロールボックスにおいて電圧に変換されることにより測定される（図1）。この電気信号は口唇閉鎖力波形としてUSBケーブルを介してPCに伝達される。同波形はサンプリング周波数100 Hzにてデジタル化の上、記録され、PCのハードディスクに保存される。データ記録ならびに解析には専用ソフトが用いられる。このソフトを用いることで、同期した8方向それぞれの口唇閉鎖力を同時にPCモニタ上に表示することが可能である。さらに、本ソフトを用いて、各方向別口唇閉鎖力のみならず複数の方向別口唇閉鎖力を加算した口唇閉鎖力を算出することが可能である。

②口唇閉鎖力測定手順

測定に先立って、測定者が被験児らに対して簡単な本装置の説明と口すぼめ運動の実演を行った。測定に際してはまず、被験児に楽な姿勢で座位をとらせた。次に、測定者は各被験児のカンペル平面が平行な状態で、上顎前歯が計測プローブ先端に近接する位置でくわえられるように、頭位固定装置と計測プローブを調節、固定した（図2）。測定者による最初の「はい」の合図とともに、各被験児は最大努力で約4秒間、口唇をすぼめ続けるよう指示され、2回目の「はい」により口すぼめを中止した。数回の練習により安定した力が発揮できるようになった時点で測定を開始した。この作業は、約5秒の間隔を持って、3回繰り返された。測定者は被験児らに、

図 1 多方位口唇閉鎖力測定装置

本装置は測定装置（写真中央手前）、コントロールボックス（写真中央奥）およびパーソナルコンピュータ（写真左）より構成されている。

Fig. 1 Measurement system for multidirectional lip-closing force.

This system is composed of one measurement apparatus (in the middle), one control box (behind measurement apparatus) and one personal computer (at left side).

口すぼめ運動中、上下顎の歯は接触しないよう指導した。口唇の内翻、口唇、頭部がぶれるなど、明らかな誤動作が認められた場合、測定者はその記録を中断し各被験児の状態を改善した後、記録を再開した。

このような手順で、各被験児の口唇閉鎖力を 3 回記録した。

③データ解析

記録された 8 方向それぞれの力について、解析を行った。

口唇閉鎖力はまず、記録した 3 波形のうち最も安定している 1 波形を抽出した。口唇閉鎖力波形は、多くの被験児において、出力開始 1 秒後には一定の値を維持していた（図 3）。ゆえに、抽出した波形の出力開始後 1 秒から 2 秒までの力積（ $N \cdot s$ ）を計算し、この値を各被験児の口唇閉鎖力とした。本研究では 8 方向それぞれの力を方向別口唇閉鎖力と表し、一つの方向別口唇閉鎖力を表現する際は（口唇の位置）と記述した。すなわち最上方の銅板から時計まわりに、（上）、（左上）、（左）、（左下）、（下）、（右下）、（右）、（右上）とした。さらに、8 つの方

図 2 多方位口唇閉鎖力測定時の側方写真

測定者は、被験者に計測プローブをくわえさせ、カンペル平面が床と平行になるように頭位を固定した後、被験者に最大努力で口唇をすぼめるように指示した。

Fig. 2 Instrumentation of multidirectional lip-closing force measurement system

After each subject's head was fixed so that the Camper plane line was parallel to the horizontally adjusted measurement probe, the investigator instructed the subject to purse lips with maximum voluntary effort.

図 3 方向別口唇閉鎖力解析（模式図）

被験児から得られた方向別口唇閉鎖力（方向：上）原波形の 1 例を示し、出力開始時点を a で表す。口唇閉鎖力は出力開始後、1 秒後（b）から 2 秒後（c）までの期間（両側矢印線の区間）における 1 秒あたりの出力（図中塗りつぶし部分）の平均力積（ $N \cdot s$ ）で評価した。

Fig. 3 Schematic representation of analysis of lip-closing force (LCF) on one channel (obtained from upper direction).

LCF was evaluated as the impulse ($N \cdot s$) per second (dark area), which was calculated from 1 to 2 seconds (from b to c) from the onset of the signal (a).

向別口唇閉鎖力の総和を総合力とした。

2) 体格

各被験児の身長、体重は、研究調査時に最も近い各小学校における身体測定結果を利用した。

3) 握力

①握力測定

時間的スケジュールに配慮した結果、握力は168名(男児96名、女児74名)の測定を行った。握力の測定には、握力計 SMEDLEY, S DYNAMO METER (トーエライト株式会社、埼玉)を使用した。まず測定者が被験児らに握力計の使用法を簡単に説明した。測定者は予め、握力計が被験児に合うように、人差し指の第二関節がほぼ直角になるように、握り幅を調節した。各被験児は両足を肩幅程度に開いて立ち、肘は真っすぐ伸ばした状態で握力計が身体や衣服に触れないようにし、背筋を伸ばしたまま最大努力で握るように指示された。各被験児は、姿勢を整え数回の練習の後、実際の測定を行った。数値は必ず測定者が確認し、記録用紙に記載した。約1分の間隔を持って、握力は右左の順で各1回ずつ計測した。

②データ解析

握力は、利き手で得られた値を使用した。測定者は被験児に、「鉛筆はどちらの手で持ちますか」ならびに「ボールはどちらの手で投げますか」と質問し、即座に同じ回答が得られた場合、その答えを利き手とした。回答があいまいな場合には、測定者が口述により、H. N. テスト³⁰⁾を行い、利き手を判定した。

4) 咬合力

①咬合力測定

時間的スケジュールならびに被験児の訴え(歯の疼痛など)に配慮した結果、咬合力は238名(男児133名、女児105名)の測定を行った。最大咬合力の測定はオクルーザルフォースメーター(長野計器、長野)^{28, 29)}を使用した。まず被験児を椅子に座らせ、背筋を伸ばした状態にした。オクルーザルフォースメーターのディスプレイ部分を被せたセンサー部分を、測定者が被験児の口腔内に挿入し、同部を上顎第一大臼歯に保持し、最大努力で咬ませた。この操作を、約1分の間隔を持って、右左の順で、各1回ずつ行った。

②データ解析

咬合力は、測定した左右2つの値のうち、大きなものを使用した。

3. 統計処理

各測定結果の正規性の検定には、Shapiro-Wilk 検定を用いた。口唇閉鎖力に関して、性別における平均値の差

の検定には Student's t-test を用い、1 対の対称的方向別口唇閉鎖力の平均値の差の検定には paired t-test を用いた。また、身長、体重、握力との相関を求める指標として、Spearman の相関係数 (r) を用いた。相関の有無は、無相関検定にて有意性を認め、かつ $r \geq 0.2$ の場合、相関ありと判定した。さらに、相関の程度については、 $0.2 \leq r < 0.4$, $0.4 \leq r < 0.7$, $0.7 \leq r \leq 1$ にて、それぞれ、弱い、中等度、強い相関があると判定した。有意水準は 0.05 を採用した。すべての統計解析は Microsoft Excel 2003 (Microsoft 社製、東京) ならびに SPSS for Windows 14.0 J (エス・ピー・エス・エス株式会社、東京) を用いて行われた。文中、口唇閉鎖力の値は mean $\pm$ SD (小数点第 2 位まで表示) に統一して記載した。また相関係数ならびに p 値は小数点第 4 位を四捨五入し、第 3 位まで表示した。

Ⅲ. 結 果

1. 口唇閉鎖力

口唇閉鎖力は全被験児 (242 名) の測定が行えた。

1) 総合力

全被験児の口唇閉鎖総合力は 4.02 ± 1.53 N・s であった。図 4 に、全被験児総合力の階級幅を 1 N に設定したヒストグラムを示す。総合力は最小値 1.19 N・s、最大値 10.11 N・s の範囲にあり、一峰性の分布を示したが、正規分布には従わなかった。

2) 方向別口唇閉鎖力

方向別口唇閉鎖力の平均値、標準偏差を表 1 に示す。方向別に見ると、垂直方向 [(上), (下)], 斜め方向 [(右上), (右下) (左上), (左下)], 水平方向 [(右), (左)] の順で大きな値を示した。

3) 口唇閉鎖力性差

男女の総合力を比較すると、男子 4.23 ± 1.47 N・s、女子 3.76 ± 1.67 N・s であり、これらの値には有意差が認められた。男女別ヒストグラムを図 5 に示す。男女ともに 1 峰性を呈していた (図 5) が、全被験児の場合と同じく、正規分布には従わなかった。

4) 総合力と方向別口唇閉鎖力との関連

性別ごとの総合力と各方向別口唇閉鎖力との間の相関係数ならびに無相関検定における p 値を表 2 に示す。男女ともに左右を除く 6 方向において、総合力との間に中等度～強い相関が認められた。

5) 対称的方向別口唇閉鎖力の特性

表 3 に、性別ごとの垂直方向、水平方向、斜め方向で相対する方向別口唇閉鎖力の間における相関係数 (r)

図4 全被験児の口唇閉鎖力（総合力）ヒストグラム
平均値±標準偏差は 4.02 ± 1.53 N·sであった。
全被験児（ $n = 242$ ）の総合力の分布は正規分布に従わなかった。

Fig. 4 Histogram of maximum voluntary total lip-closing force in all subjects (242 samples) and its mean value
The mean $\pm$ standard deviation (SD) is 4.02 ± 1.53 N·s. Statistical analysis indicates that these variables were not normally distributed.

表1 方向別口唇閉鎖力 (N·s).

Table 1 Maximum voluntary directional lip-closing force (N·s).

方向別口唇閉鎖力	平均値	標準偏差
(上)	1.01	0.39
(左上)	0.49	0.22
(左)	0.07	0.11
(左下)	0.49	0.30
(下)	0.95	0.51
(右下)	0.51	0.29
(右)	0.07	0.10
(右上)	0.43	0.22

$n = 242$

図5 性別口唇閉鎖力（総合力）ヒストグラム

男児（左グラフ）ならびに女児（右グラフ）ヒストグラムを示す。男児の総合力（平均値±標準偏差： 4.23 ± 1.47 N·s, $n = 136$ ）は、女児のそれ（ 3.76 ± 1.67 N·s, $n = 106$ ）に比べて有意に大きかった（*： $p < 0.05$ ）。

Fig. 5 Histograms of maximum voluntary total lip-closing force in each gender.

Two bar graphs show the histograms of male (left) and female (right). The total lip-closing force in male (mean $\pm$ SD: 4.23 ± 1.47 N·s, $n = 136$) is significantly larger than that in female (3.76 ± 1.67 N·s, $n = 106$).

表2 総合力と方向別口唇閉鎖力との相関 (性別).
Table 2 Correlation analyses between total and directional lip-closing force in each gender.

男児		
総合力/(方向)	相関係数(r)	p値(無相関検定)
/(上)	0.728 ^a	0.000 *
/(左上)	0.632 ^b	0.000 *
/(左)	0.046	0.598
/(左下)	0.747 ^a	0.000 *
/(下)	0.798 ^a	0.000 *
/(右下)	0.747 ^a	0.000 *
/(右)	0.049	0.573
/(右上)	0.666 ^b	0.000 *
n = 136		
女児		
総合力/(方向)	相関係数(r)	p値(無相関検定)
/(上)	0.775 ^a	0.000 *
/(左上)	0.727 ^a	0.000 *
/(左)	-0.062	0.526
/(左下)	0.703 ^a	0.000 *
/(下)	0.850 ^a	0.000 *
/(右下)	0.753 ^a	0.000 *
/(右)	0.009	0.931
/(右上)	0.617 ^b	0.000 *
n = 106		

a: $0.7 \leq r \leq 1$ b: $0.4 \leq r < 0.7$ C: $0.2 \leq r < 0.4$ *: $p < 0.05$

表4 口唇閉鎖力(総合力)と体格, 体力との相関 (性別).

Table 4 Correlation analyses between maximum voluntary total lip-closing force and physique or physical strength.

男児			
総合力/(体力・体格)	標本数	相関係数(r)	p値(無相関検定)
/身長	136	0.185	0.030
/体重	136	0.273 ^c	0.001 *
/握力	95	0.228 ^c	0.027 *
/咬合力	133	0.176	0.040
女児			
総合力/(体力・体格)	標本数	相関係数(r)	p値(無相関検定)
/身長	106	0.285 ^c	0.003 *
/体重	106	0.295 ^c	0.002 *
/握力	73	0.262 ^c	0.025 *
/咬合力	105	0.262 ^c	0.007 *

a: $0.7 \leq r \leq 1$ b: $0.4 \leq r < 0.7$ C: $0.2 \leq r < 0.4$ *: $p < 0.05$

ならびに無相関検定, paired t-test における p 値を示す. 男児においては, 垂直方向 (左上)/(左下) に相関は認められなかったが, それ以外の方向の対称的方向別口唇閉鎖力の間に中等度の相関が認められた. これに対して, 女児ではすべての方向において, 対称的方向別口唇閉鎖力の間に中等度の相関が認められた. 対称的方向別口唇閉鎖力の大きさを比較すると, 男児では (右上)/(右下), (右上)/(左上), 女児では (右上)/(右下) に

表3 対称的方向別口唇閉鎖力の相関 (性別).
Table 3 Statistical analyses between opposing directional lip-closing forces in vertical, horizontal and oblique directions in each gender.

男児			
(方向)/(方向)	相関係数(r)	p値(無相関検定)	p値(paired t-test)
(上)/(下)	0.422 ^b	0.000 *	0.130
上下方向 (右上)/(右下)	0.682 ^b	0.000 *	0.005 *
(左上)/(左下)	0.165	0.054	0.690
(右上)/(左上)	0.682 ^b	0.000 *	0.018 *
左右方向 (右下)/(左下)	0.735 ^a	0.000 *	0.300
(右)/(左)	0.576 ^b	0.000 *	0.410
(右上)/(左下)	0.359 ^c	0.000 *	0.120
斜め方向 (右下)/(左上)	0.224 ^c	0.009 *	0.420
n = 136			
女児			
(方向)/(方向)	相関係数(r)	p値(無相関検定)	p値(paired t-test)
(上)/(下)	0.548 ^b	0.000 *	0.560
上下方向 (右上)/(右下)	0.223 ^c	0.022 *	0.046 *
(左上)/(左下)	0.305 ^c	0.001 *	0.910
(右上)/(左上)	0.724 ^a	0.000 *	0.082
左右方向 (右下)/(左下)	0.786 ^a	0.000 *	0.750
(右)/(左)	0.621 ^b	0.000 *	0.970
(右上)/(左下)	0.205 ^c	0.035 *	0.100
斜め方向 (右下)/(左上)	0.351 ^c	0.000 *	0.640
n = 106			

a: $0.7 \leq r \leq 1$ b: $0.4 \leq r < 0.7$ C: $0.2 \leq r < 0.4$ *: $p < 0.05$

有意差が認められたが, その他の部位に有意差は認められなかった.

2. 口唇閉鎖力と体格・体力との関連

性別ごとの身長, 体重, 握力ならびに咬合力と総合力との相関係数 (r), 無相関検定 p 値を表4に示す.

1) 身長との関連

身長は, 男児 135.2 ± 6.19 cm, 女児 133.8 ± 7.37 cm であり, これらの値に有意差は認めなかった. 女児では, 身長と総合力の間に弱い相関が認められたのに対して, 男児ではその相関は見られなかった.

2) 体重との関連

体重は, 男児 32.2 ± 7.19 kg, 女児 30.0 ± 6.59 kg であり, 男児の体重が有意に大きかった. 男女ともに, 体重と総合力との間に弱い相関が認められた.

3) 握力との関連

被験児168名の利き手は, 右側155名 (92.26%), 左側13名 (7.74%) であった. 握力は, 男児 18.3 ± 3.88 kgw, 女児 16.1 ± 4.41 kgw であり, 男児の握力が有意に大きかった. 男女ともに, 利き手の握力と総合力に弱い相関が見られた.

4) 咬合力との関連

被験児238名の最大咬合力は右側134名 (56.3%), 左側104名 (43.7%) で得られた. 咬合力は, 男児 $42.7 \pm$

11.95 N, 女児 35.6 ± 12.88 N であり, 男児の咬合力が有意に大きかった. 女児では, 咬合力と総合力の間に弱い相関が認められたのに対して, 男児ではその相関は見られなかった.

IV. 考 察

本研究の標本収集は野外調査により, 各小学校の教室にて行った. 一般的に野外調査では, 1 回の調査で研究に見合った多くの標本を得ることができる利点がある反面, 時間的制約, 使用機材の制限などから³¹⁾, 資料収集が煩雑となり, 標本としての精度が低くなる欠点も否定できない. このような野外調査における欠点を最小限にするために以下のような配慮を行った. 1) 被験児たちが集中して測定に参加できるように, 調査は必ず午前中に行った. 2) 身長, 体重に関しては, 研究調査時に最も近い各小学校における測定結果を利用することで, 測定時間を省略した. 3) 握力, 咬合力の測定に関しても, 簡便に測定できる器具を選択した.

特に, 本研究の主目的である口唇閉鎖力の測定には十分な注意が必要である. 口唇閉鎖力測定には, 多方位口唇閉鎖力測定装置を用いた. 本測定装置本体は重量約 5 kg であり, 容易に移動が可能である. また測定装置, コントロールボックス, PC を固定する台 (60 x 60 cm 以上) と高さ調節可能な椅子さえあれば, 複数の被験児の測定を行うことができる. 口唇閉鎖力は, 使用装置によるが, 場合により頭部の姿勢の違いのみでさえ, 数 N 変動することが明らかにされており¹⁷⁾, 測定精度に関する注意が必要である. われわれは²³⁾, 正常咬合を有する成人被験者を用いて, 今回と同じ測定条件にて, 口唇閉鎖力の測定精度と口唇閉鎖力と口輪筋筋活動量との関連を検討した結果, 各方向別口唇閉鎖力, 総合力ともに優れた測定精度を有し, また口すばめ運動時に活動する主要な筋とされる口輪筋筋活動量と口唇閉鎖力の間には高い相関が得られた. 本装置は, 体温計のような自動測定装置ではなく, 測定者の指示に被験者が正しく従うことによって初めて測定が可能となる. 今回の測定中, 被験児が戸惑うことは極めて少なく, 測定者の指示に従ってスムーズな測定が行えたことより, 小児の測定においても高い精度で測定が行えたものと考ええる. 成人被験者の場合, 誤差を小さくする目的で, 1 回の測定で 9 回の口唇閉鎖力の測定を行い, その平均値を口唇閉鎖力としたが, 今回は被験児の疲労による誤差増大に配慮して 3 回の測定に留め, その中で最も安定した 1 つの波形から口唇閉鎖力を算出した. この点においては, 今回の口唇閉

鎖力において, 若干測定誤差が大きくなっている可能性は否定できない.

資料収集を行った 3 校のうち, 長野県駒ヶ根市立赤穂南小学校は平成 13 年度より「歯・口の健康づくり推進指定校」となっており, これまでに数々の介入調査が行われており^{29, 32)}, 口腔機能や食事に対して, 小学校職員のみならず父兄, 被験児自身の関心は極めて高い. このことが, 本研究を立案, 施行する上で非常に有効であったと言える. しかしながらその反面, その関心の高さより, 今回得られた標本を単純に「無作為に抽出された邦人小学 4 年生児童」と考えることには注意が必要である.

今回の測定結果の正規性を見た結果, 身長, 握力, 咬合力には正規性が見られたが, 体重並びに口唇閉鎖力 (総合力と 7 つの方向別口唇閉鎖力) には正規性が見られなかった (データ一部未提示). 一般的に, 今回の結果と同様, 身長の分布は正規分布することが多いのに対して, 体重は正規分布しない³³⁾. 身長は長さという一次元の変数であるのに対して, 体重とは三次元の情報である体積と組織密度の積から得られる多元的な変数である. 標準正規分布する母集団から出てきた n 個の標本の二乗和は自由度 n の χ^2 分布に従うが, n が小さい場合, この分布は正規分布に従わないのと同様に, 多元的な変数である体重は正規分布に従わないことが一因と考えられる. このことから, 今回, 多方位口唇閉鎖力測定装置を用いて学童から得られた口唇閉鎖力に関しても多元的な変数である可能性が考えられる. Nakatsuka ら²³⁾ が同じ装置を用いて健常成人 14 名の口唇閉鎖力を測定した結果, (右) 0.06 ± 0.09 N·s, (下) 1.36 ± 0.83 N·s であったのに対して, 今回の結果は (右) 0.07 ± 0.11 N·s, (下) 0.95 ± 0.51 N·s であった. この傾向は (上) (左) においても同様である. 成人/学童の比を見ると, (右) が 0.86 に対して, (上) は 1.43 である (総合力の比は 1.30). これは学童の水平方向の口唇閉鎖力は成人よりも出力されやすいことを示している. これには, 成人に比べて小さい, 小児の口裂が影響したものと考ええる. 通常, 口唇閉鎖力は口すばめ運動により計測の中心方向に力が加えられた場合に出力が計測できる (active force). 極端に口裂が小さい被験者が計測プローブをくわえた場合, 口裂周囲には組織緊張が生じ, くわえたのみで口唇閉鎖力が出力される (passive force). つまり口唇閉鎖力は本来これら複数の力が測定方向ごとに異なる割合で出力された結果であると考ええる. 特に可動域の制限が大きい口角部では, その影響を受けやすい (小児の小さい口裂では, 各銅板に加わる passive force が強くなる). それゆえ図 4 に示す全被験児の総合力ヒストグラムにおいて

も、小さな総合力が見られず、正規性が得られなかったものと思われる。このことを明らかにするためには、成人被験者での検証を行う必要がある。さらに、口裂の大きさのみならず、口唇組織の粘弾性なども定常状態の力の測定に影響することが考えられる。これらのことは、本装置を様々な対象に応用する際に考慮しなければならない事象であるとする。計測プローブの形状に関してさらに検討する余地があるものとする。

筋電図を記録した Tosello ら¹⁴⁾ は、ストローを吹く (blowing through a straw)、頬を膨らます (puffing out of the cheeks)、口すぼめ (pursing of the lips)、歯に対して唇を押しつける (compression of the lips against the teeth)、唇を互いに押しつける (reciprocal compression of the lips) という 5 つの異なる口唇閉鎖機能時の上下口輪筋、オトガイ筋筋活動を記録した結果、筋出力や各筋出力の割合は、各口唇閉鎖機能によって異なることを報告している。過去の国内外の研究で評価されている口唇閉鎖力は、5 つの口唇閉鎖機能のうち歯に対して唇を押しつける (compression of the lips against the teeth)^{3, 7, 8, 10)} 際、もしくは唇を互いに押しつける (reciprocal compression of the lips)^{9, 11-13, 15-17)} 際に測定されたものである。例えば、金尾¹⁷⁾ は唇を互いに押しつける (reciprocal compression of the lips) 際の口唇閉鎖力を測定していると考えられる LIP DE CUM[®] LDC-110R (コスモ計器製) を用いて、邦人 10 歳児の口唇閉鎖力を測定した結果、 9.5 ± 2.52 N であったと報告している。この値は今回の結果のおよそ 2 倍であり、口すぼめ運動 (pursing of the lips) による口唇閉鎖力を測定した本研究の結果と同等に扱うことはできない。口唇閉鎖機能が異なる既報告との単純な数値のみの比較を行うことは妥当ではないと考える。今回用いた多方位口唇閉鎖力測定装置のように口すぼめ運動 (pursing of the lips) による口唇閉鎖力を測定する装置を用いた報告は、我々が渉猟し得た範囲においては見い出せなかった。

口すぼめ運動時の方向別口唇閉鎖力は、成人の場合同様²³⁾ 垂直、斜め、水平方向の順で大きかった。また各方向別口唇閉鎖力は水平方向を除き、総合力との相関が見られた。水平方向で相関が見られなかった原因は、小さい平均値、それに対して大きな標準偏差 (表 1) からわかるように、成人に比して出力されやすいものの、出力が得られない被験児が見られ、分布に偏りが見られたためと考えられる。成人の場合と同様、今回得られた水平方向の値の解釈には注意が必要であるとする。ただ、それ以外の 6 方向において、総合力と各方向別口唇閉鎖力に相関が見られたことは、被験児ごとに口唇閉鎖

力がいずれかの方向に偏在するのではなく、各方向から出力される口唇閉鎖力の割合は類似していることを意味している。このことから、総合力は個人の 6 方向における口唇閉鎖力を反映した値であり、多方位口唇閉鎖力測定装置の代表値として用いるのに適当であると考え、体格・体力との関連において、総合力を用いた。

ほとんどの対称的口唇閉鎖力には、計測プローブを中心として、相関があることが明らかとなった。さらに、その口唇閉鎖力には、有意差は見られず、相対する口唇閉鎖力のほとんどが対称性を有していることも明らかとなった。このことは口すぼめ運動時には、口裂中央に対して、あらゆる方向で相対する口唇閉鎖力には巧妙な出力の調節機構が存在しているものと推測される。このような調節機構は、大脳皮質一次運動野から顔面神経運動核に至る下行路において、もしくは口唇周囲組織からの求心性入力による直接的、間接的な顔面神経運動ニューロンへの反射経路^{22, 34)} などが考えられる。現在のところ、この調節機構に関しては明らかにされておらず、今後検討を行う必要がある。

今回の結果、平均年齢 10.3 ± 0.3 歳の被験児において、総合力は男児のほうが女児に比し有意に大きな値を示した。これは、男児、女児の口唇閉鎖力は異なる母集団から抽出されたことを意味している。それゆえ 2 変数の関連を見る場合は、性別ごとに統計解析を行った。口唇閉鎖力の性差に関しては、様々な報告がなされているが、総じて邦人においては、幼児期には認めず、成人では顕著である^{2, 15, 17)}。そのターニングポイントは学童期、特に 10 歳前後とする報告が見られる¹⁷⁾。本研究で性差が認められたことから、永久前歯被蓋の完成時期が性差の発現に深く関係している可能性が考えられた。口唇閉鎖力と体格・体力との関連を見た結果、男児は、体重、握力と、また女児では、身長、体重、握力、咬合力すべてと相関が見られた。男児において身長、咬合力に相関が見られなかったが、身長と体重の高い相関ならびに握力と咬合力との相関^{35, 38)} を考慮すると、概ね口唇閉鎖力は体力・体格との相関があると考えられる。男児において、女児に比し、身長、体重、握力、咬合力すべてにおいて有意に大きな値を示し、口唇閉鎖力が有意に大きかったこともそれを裏付けていると言える。口唇閉鎖力に強く関与する口輪筋の速筋成分が多い筋線維組成³⁹⁾、咬合力・握力と体力との相関、さらに口唇閉鎖力向上に伴う体力の改善などの報告⁴⁰⁾ から、永久前歯部被蓋完成初期における小児の口唇閉鎖力は随意運動能力と関連していることが示唆される。

小児においては、口唇閉鎖力が随意運動能力を評価す

る一つの指標として使える可能性が見出せた。今回得られた口唇閉鎖力の特徴が本被験児年齢のみが有しているのか、それとも小児全般において共通しているのかに関しては、異なる年齢の小児において同様の調査を行い、その是非を検証したいと考えている。

謝 辞

本稿を終えるにあたり、研究にご協力いただいた長野県駒ヶ根市赤穂南小学校ならびに喬木村喬木第一、第二小学校、平成19～21年度四年生の皆さんに深く感謝致します。また、本研究の遂行に際し多大なるご助力を頂きました同小学校の関係者の方々に心より御礼申し上げます。

また、本研究の一部は第41回日本顎口腔機能学会学術大会（長崎，2008），第20回日本咀嚼学会記念学術大会（福岡，2009）において発表した。

文 献

- 1) Takada K, Yashiro K, Sorihashi Y, et al. Tongue, jaw, and lip muscle activity and jaw movement during experimental chewing efforts in man. *J Dent Res* 1996; 75(8): 1598-1606.
- 2) Chigira A, Omoto K, Mukai Y, et al. Lip closing pressure in disabled children: a comparison with normal children. *Dysphagia* 1994; 9(3): 193-198.
- 3) Hagg M, Olsson M, Anniko M. Reliable lip force measurement in healthy controls and in patients with stroke: a methodologic study. *Dysphagia* 2008; 23(3): 291-296.
- 4) Sussman HM, MacNeilage PF, Hanson RJ. Labial and mandibular dynamics during the production of bilabial consonants: preliminary observations. *J Speech Hear Res* 1973; 16(3): 397-420.
- 5) Hussain G, Manktelow RT, Tomat LR. Depressor labii inferioris resection: an effective treatment for marginal mandibular nerve paralysis. *Br J Plast Surg* 2004; 57(6): 502-510.
- 6) Root AA, Stephens JA. Organization of the central control of muscles of facial expression in man. *J Physiol* 2003; 549(Pt 1): 289-298.
- 7) Posen AL. The application of quantitative perioral assessment to orthodontic case analysis and treatment planning. *Angle Orthod* 1976; 46(2): 118-143.
- 8) Fogel ML, Stranc MF. Lip function: a study of normal lip parameters. *Br J Plast Surg* 1984; 37(4): 542-549.
- 9) Barlow SM, Rath EM. Maximum voluntary closing forces in the upper and lower lips of humans. *J Speech Hear Res* 1985; 28(3): 373-376.
- 10) Thuer U, Ingervall B. Pressure from the lips on the teeth and malocclusion. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1986; 90(3): 234-242.
- 11) Barlow SM, Burton MK. Ramp-and-hold force control in the upper and lower lips: developing new neuromotor assessment applications in traumatically brain injured adults. *J Speech Hear Res* 1990; 33(4): 660-675.
- 12) Wood LM, Hughes J, Hayes KC, et al. Reliability of labial closure force measurements in normal subjects and patients with CN-V disorders. *J Speech Hear Res* 1992; 35(2): 252-258.
- 13) Amerman JD. A maximum-force-dependent protocol for assessing labial force control. *J Speech Hear Res* 1993; 36(3): 460-465.
- 14) Tosello DO, Vitti M, Berzin F. EMG activity of the orbicularis oris and mentalis muscles in children with malocclusion, incompetent lips and atypical swallowing--part II. *J Oral Rehabil* 1999; 26(8): 644-649.
- 15) 吉田良成, 大塚章仁, 坂井志穂ほか. 小児の口唇閉鎖力に関する研究第1報 口唇閉鎖力と年齢の関係. *小児歯誌* 2004; 42(3): 436-440.
- 16) Ruan WH, Su JM, Ye XW. Pressure from the lips and the tongue in children with class III malocclusion. *Journal of Zhejiang University Science* 2007; 8(5): 296-301.
- 17) 金尾晃. 発達期における口唇閉鎖力の横断的研究. *岡山歯誌* 2009; 28(1): 1-11.
- 18) Rogers CR, Mooney MP, Smith TD, et al. Comparative microanatomy of the orbicularis oris muscle between chimpanzees and humans: evolutionary divergence of lip function. *J Anat* 2009; 214(1): 36-44.
- 19) 上條雍彦. 口腔解剖学 第2巻 筋学. 東京:(株) アナトーム社, 1992, 223-238.
- 20) 上條雍彦. 口腔解剖学 第4巻 神経学. 東京:(株) アナトーム社, 1992, 915-936.

- 21) Hwang K, JiN's, Hwang SH, et al. Innervation of upper orbicularis oris muscle. *J Craniofac Surg* 2006; 17(6): 1116-1117.
- 22) Barlow SM, Bradford PT. Comparison of perioral reflex modulation in the upper and lower lip. *J Speech Hear Res* 1996; 39(1): 55-75.
- 23) Nakatsuka K, Adachi T, Kato T, et al. Reliability of Novel Multidirectional Lip-closing Force Measurement System. *J Oral Rehabil* 2010 in press.
- 24) Ahlgren JG, Ingervall BF, Thilander BL. Muscle activity in normal and postnormal occlusion. *Am J Orthod* 1973; 64(5): 445-456.
- 25) Lowe AA, Takada K. Associations between anterior temporal, masseter, and orbicularis oris muscle activity and craniofacial morphology in children. *Am J Orthod* 1984; 86(4): 319-330.
- 26) Jung MH, Yang WS, Nahm DS. Effects of upper lip closing force on craniofacial structures. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 2003; 123(1): 58-63.
- 27) Soliman NL, El-Batran MM, Abou-Zeid AW, et al. The relationship between overjet size and dentoalveolar compensation. *Indian J Dent Res* 2009; 20(2): 201-205.
- 28) 谷口威夫. オクルーザルフォースメーター. 補綴臨床 1997; 30(3): 338-339.
- 29) 安富和子, 足立忠文, 増田裕次. 小学校での咀嚼訓練による咬合力と食嗜好の変化—噛み応えのある食品を毎日食することで—. *日咀嚼誌* 2009; 19(2): 77-84.
- 30) 八田武志. きき手に関する研究. 適正研究 1975; 9: 1-13.
- 31) 伊藤学而, 広瀬寿秀, 井上直彦. 野外調査に適した咀嚼能力測定法の検討. *口腔衛生会誌* 1988; 38(3): 289-295.
- 32) 安富和子. 学校歯科保健の現場から カミカミして下さるか「よくかむと給食がおいしくなったよ!」かみかみセンサーの商品化. *小児歯科臨床* 2009; 14(8): 79-89.
- 33) 田中久子, 笹原賢司, 勢井雅子ほか. 徳島県における小中学校の児童生徒体格の集計(平成12年度データ). *日本公衆衛生雑誌* 2003; 50(3): 234-245.
- 34) Folkins JW, Larson CR. In search of a tonic vibration reflex in the human lip. *Brain Res* 1978; 151(2): 409-412.
- 35) 殿内真知子, 青木浩子, 中島謙二ほか. 成長発達期における咬合力の増大にかかわる各種要因(第1報) 全身的発達要因および歯科的要因との関係. *小児歯雑誌* 1995; 33(3): 449-462.
- 36) 吉野陽子, 神山麻子, 張替信之ほか. Relationships among Masticatory Ability, Handgrip Strength, and Dietary Habits in subjects Ranging in Age from Children to Elderlies. *日咀嚼誌* 2005; 15(1): 2-10.
- 37) Guimaraes AS, Carlsson GE, Marie SK. Bite force and handgrip force in patients with molecular diagnosis of myotonic dystrophy. *J Oral Rehabil* 2007; 34(3): 195-200.
- 38) 石山育朗. 健康青年女性の咬合力と体力の関連. *日咀嚼誌* 2008; 18(1): 22-28.
- 39) Stal P, Eriksson PO, Eriksson A, et al. Enzyme-histochemical and morphological characteristics of muscle fibre types in the human buccinator and orbicularis oris. *Arch Oral Biol* 1990; 35(6): 449-458.
- 40) 小西康三. 口唇閉鎖力と体力との関係. *日本歯科東洋医学会誌* 2004; 23(1~2): 22-25.