

咀嚼筋の体積および筋厚と顎顔面形態との関連性に関する研究

松島 静吾

岩手医科大学歯学部歯科矯正学講座

(主任代理 : 坂巻 公男)

(受付 : 1998年 6月 17日)

(受理 : 1998年 7月 14日)

Abstract : It is well-known that the bone shape and its internal structure will be affected by the functional activity of associated muscles. As to the masticatory organ, many researchers have suggested that masticatory muscles, especially the masseter muscle and lateral and medial pterygoid muscles affects the formation of the dentofacial skeleton. This study was performed to verify the hypothesis by means of morphometric analyses using CT scanned images, ultrasonography and roentgenograph cephalometry .

Subjects and method : The subjects of this study were 61 adult volunteers. Their mean age was 24 years for male, and 23 years for female. All the subjects participated after giving their informed consent. CT image in each subject was scanned from the region of mandibular condyle to mandibular border according at the interval of 2 to 5 mm. The masseter superficial muscle thickness was observed at the middle region by ultrasonograph, using a 7.5MHz scanning probe. 24 evaluation items were measured for analysis of dentofacial pattern using lateral roentgenographic cephalogram.

Results : Mean values of all measurements for evaluation items showed light sexual differences except for the case of masseter muscle thickness.

According to correlation coefficients analysis, volume of the medial pterygoid muscle was observed to be correlate with mandibular sizes, such as the mandibular length, mandibular body length and mandibular ramus height. This muscle also showed to have a high level correlation coefficient with the distance between mandibular backside and coronoid process or zygomatic bone that represent the facial depth.

Otherwise, the masseter muscle thickness showed a correlation with the mandibular ramus height as well as molar height, and also relate to both the inclination and the length of masseter muscle that represent the axis and distance between zygomatic processes and point gonion, respectively.

Thus, it seems true that masticatory muscles affect the development and formation of the mandibular posterior area, where is the attachment region of these muscles, via the stress of muscle activity.

Key words : masticatory muscle volume and thickness, CT scanned images, ultrasonography, roentgenograph cephalometry, dentofacial morphology

Study on the relationship between both the volume and thickness of masticatory muscles and dentofacial morphology

Seigo MATSUSHIMA

(Department of Orthodontics, School of Dentistry, Iwate Medical University, 1-3-27 Chuo-Dori, Morioka, Iwate, 020-8505 JAPAN)

Table 1. Mean age and its range in subjects.

Number and age	Male	Female
Number of subjects	43	18
Mean age	24y 3m	23y 2m
S.D. of mean age	1y11m	1y 0m
Maximum age	33y 7m	25y 3m
Minimum age	22y 0m	22y 0m

緒 言

咀嚼筋の運動が顎顔面の形態形成にどのような影響を与えるかについては、様々な方法論をもとに多くの考察が加えられているが、明らかな因果関係は認められていない。しかし、骨周辺の筋組織の機能的発達が生体の形態形成に大きい影響を与えるという指摘は多く、軟組織の機能発達を基盤においた Moss¹⁾ の functional matrix theory (機能母体説) は歯科矯正学の領域において成長を考察する根拠ともなっている。井上²⁾ は、日本人の顎顔面形態の時代変化を縄文時代から現代まで検討した結果に基づき、現代人で急激に増加している顎顔面形態の発育不全は、発達期の咀嚼機能の低下によって現れたものであることを指摘している。このようなことから、筋活動と顎骨形態との関わりについて多くの研究が行われているが、最近では、咀嚼筋の形態を computed tomography (CT) 像^{3~6)}、magnetic resonance imaging (MRI)^{7, 8)}、あるいは超音波診断画像^{9~13)}として捉え、骨形態との関連性に関する研究が行われるようになったばかりでなく、magnetic resonance spectroscopy (MRS) によるヒト正常咀嚼筋の代謝についても検討^{14~16)}されている。しかし、その多くは咬筋を対象に顎顔面構造との関係をみたもので未だ不明の部分が多い。

本研究ではこのような観点から、咬筋ばかりでなく、内側翼突筋および外側翼突筋の大きさが顎顔面のどの部分に影響を及ぼしているかを、CT 画像、頭部エックス線規格写真ならびに超音波診断画像を用いて形態学的に分析した。

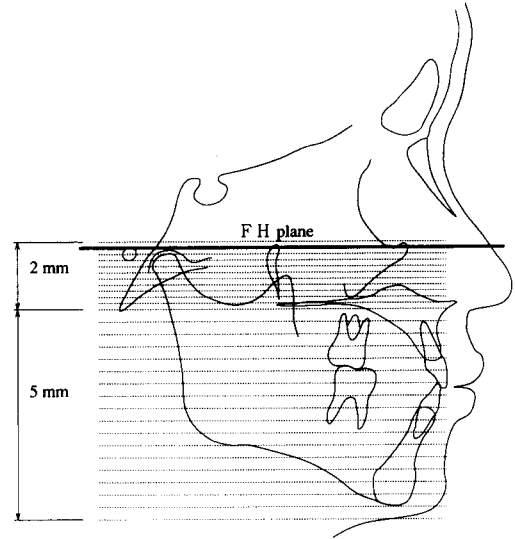


Fig. 1 Cross sectional positions for CT images ; Average number of CT frames in each muscle was 19.3 for Masseter muscle, 8.7 for Medial pterygoid muscle and 10.6 for Lateral pterygoid muscle.

対象ならびに方法

本研究の主旨に賛同を得た成人男子 43 名 (平均年齢 24 歳 3 カ月)、女子 18 名 (平均年齢 23 歳 2 カ月) の計 61 名を対象とした (Table 1)。対象者の選択に際しては、健康成人であることを唯一の条件とし、咬合等による選択は行わなかった。これら対象者から得た CT エックス線写真、側面頭部エックス線規格写真、および咬筋の超音波診断画像を以下の方法によって分析した。

CT 像は、頭部フランクフルト水平面 (以下 F H 平面) と平行な水平横断像を蝶形骨斜台中央から下顎切痕までを 2 mm 間隔で、下顎切痕から頤下縁の下方までを 5 mm 間隔で撮影した (Fig. 1)。筋の体積は、Fig. 2 に示した咬筋、内側翼突筋、および外側翼突筋それぞれの横断像の面積を計測し、その総和を体積として算出した。これらの CT 像は、岩手医科大学中央放射線部に設置されている (GE) 横川製 "Quantex" の CT 撮影装置を用い、120 kV, 30

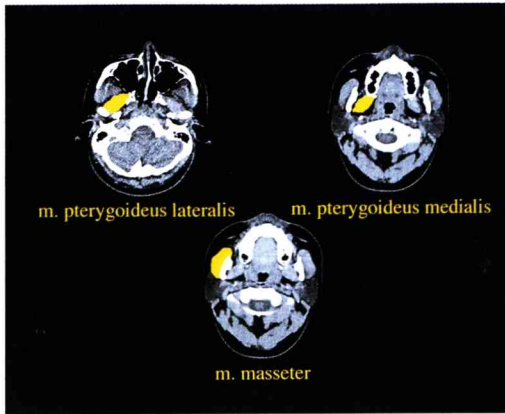


Fig. 2 Measured area in each muscle are painted yellow.

mA, 2.0 sec の撮影条件で行った。また、画像の計測には、旭化成情報システム(株)の医療画像処理システム Dr. View (Ver. 4.0) を使用した。

咬筋厚の測定には、汎用型超音波診断装置 (SSD-500, Aloka 社製) を用いた。咬筋像は、咬筋走行相当部の頬部皮膚上を電子リニア型探触子 (UST-5512 U-7 : 7 MHz) により、安静時および最大噛みしめ時における咬筋横断面の形状を確認しながら、プリンター (SSZ-305, Aloka 社製) にて記録した。計測法は、Fig. 3 に示すように久保田ら¹¹⁾、Kubota ら¹³⁾の方法に準じ、最大筋厚を示す部分を中心に 10 カ所の厚径の平均値を用いた。

頭部エックス線規格写真については、Kasai ら¹⁷⁾や、三條¹²⁾の方法に従い筋活動の影響を受けると考えられる部分を中心に計測した。Fig. 4 に示すように、角度計測では顎骨形態の上で咬筋の傾斜度 (Masseter inclination to FH) を含む 6 項目 (Fig. 4 ①~⑥) を測定した。距離計測では Fig. 4 ⑦~⑮) に示した前顔面高、上顎および下顎各部の大きさに加えて、顔面後方の前後的大小さを Fig. 4 ⑯~⑳) で表した。また、咬合力が加わる時のモーメントアームとして、下顎頭から第一大臼歯および前歯までの距離 (Fig. 4 ㉑~㉒) を計測した。さらに、咬筋の形態を想定して起始部、停止部の幅径、および咬筋長を Fig. 4 ㉓~㉔) で計測した。

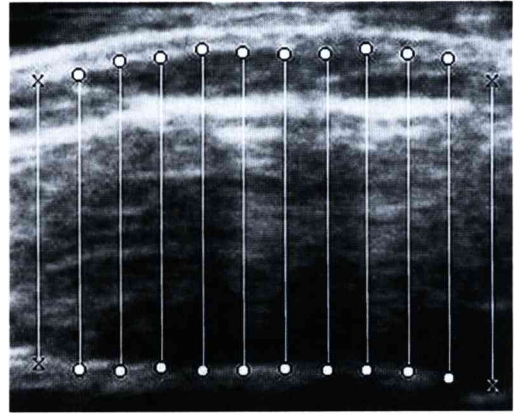


Fig. 3 Ultrasonography of masseter muscle and its measuring points (O) ; Masseter muscle thickness was measured on O marked points except X points.

統計処理に関しては、予め各変数毎に Shapiro-Wilks の正規分布の検定を行い、女子の咬筋体積値と CT 像でみた咬筋厚径値を比較検討の対象から除外した。その他の変数群における性差の検定は、F 検定で分散を確認し、Student の T 検定によって行った。また、各分析結果から得られた変数に基づいて、Pearson の積率相関を求め咀嚼筋の形態と顎顔面形態との関連性について検討した。

結 果

咀嚼筋に関する計測結果は Table 2 に示す通りである。咀嚼筋の体積は、咬筋が最も大きく、男子が 36.7 cm³、女子は 28.9 cm³と推定された。内側翼突筋は男子 12.0 cm³、女子 8.0 cm³で、外側翼突筋は男子 21.1 cm³、女子 15.5 cm³であった。画像計測時の誤差は、Dahlberg 法¹⁸⁾により求めたところ、咬筋 2.76% (15 例)、外側翼突筋 3.41% (21 例)、内側翼突筋 4.19% (21 例) であった (Table 2)。超音波診断装置でみた咬筋横断面の厚径は、男子 17.0 mm、女子は 14.9 mm であった (Table 2)。性差は、内側翼突筋、外側翼突筋、および超音波診断装置でみた咬筋横断面厚径にみられ、男子が大きかった。

顎顔面形態に関する計測値は Table 3 に示す通りである。角度計測では、咬筋の傾斜度を計

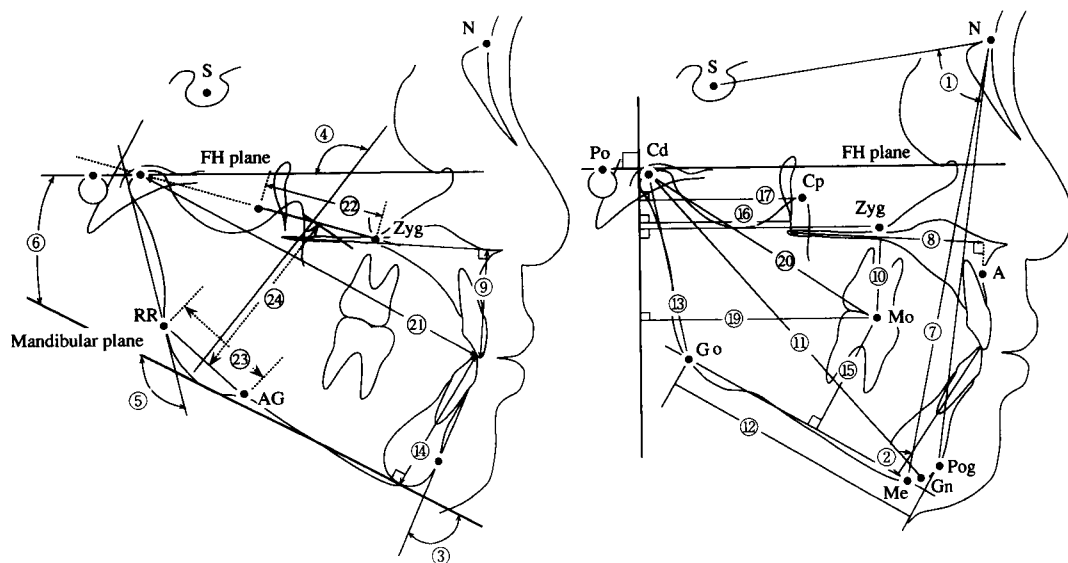


Fig. 4 Reference line and measuring method of roentgenographic cephalometry.

Angular measurements

- ①Sella-Nasion-Pogonion ②L-1 to Mandibular plane ③Symphysis angle ④Masseter inclination to FH ⑤Gonial angle ⑥Mandibular plane angle

Linear measurements

- ⑦Anterior facial height ⑧Maxillary length ⑨Upper incisor height ⑩Maxillary molar height ⑪Mandibular length ⑫Mandibular body length ⑬Mandibular ramus height ⑭Lower incisor height ⑮Lower molar height ⑯Cd line to pterygoid fissure ⑰Cd line to coronoid process ⑱Cd line to zygomatic process ⑲Cd line to first molar ⑳Condylion - molar ㉑Condylion - lower incisor ㉒Masseter upper width ㉓Masseter lower width ㉔Masseter muscle length

Table 2. Means and standard deviations of muscle size.

Measured muscles	Male					Female					sig.
	N	Mean	S. D.	Max.	Min.	N	Mean	S. D.	Max.	Min.	
Measurements by CT											
Masseter muscle volume (cm ³)	14	36.66	6.34	49.84	26.88	3	28.90	13.29	44.20	20.12	
Medial pterygoid volume (cm ³)	19	11.96	1.54	15.06	9.18	8	7.98	2.51	13.15	5.88	***
Lateral pterygoid volume (cm ³)	35	21.07	4.18	35.64	12.31	14	15.45	2.97	23.03	10.21	***
Masseter thickness by CT (mm)	35	15.11	2.24	21.50	10.50	12	13.00	2.35	19.50	11.00	
Measurements by Sonography											
Masseter thickness (mm, rest)	43	15.65	2.41	20.18	8.60	18	13.23	2.77	20.12	8.52	***
Masseter thickness (mm, clenching)	43	16.97	2.52	24.02	11.08	18	14.86	2.86	21.80	10.41	**

Sig.; Significance level of the mean difference between male and female, * : p<0.05, ** : p<0.01, *** : p<0.001
N, Number of subjects; Max., Maximum data in subjects; Min., Minimum data in subjects.

測した masseter inclination to FH と下顎下縁傾斜角 (Mandibular plane angle) に有意の性差を認めた (Table 3)。一方、距離計測では、ほとんど全ての項目において男子の計測値は女子より大きく、明らかな性差として認められた

(Table 3)。

各筋の大きさと顔面形態の計測値について相互の関連性を Pearson の方法によって解析した結果を Table 4 に示した。各咀嚼筋間の体積に関する相関性をみると、咬筋と内側翼突筋 (r

Table 3. Means and standard deviations of roentgenographic cephalometry.

Measurement items	Male					Female					sig.
	N	Mean	S. D.	Max.	Min.	N	Mean	S. D.	Max.	Min.	
Angular measurements (degrees)											
Sella-Nasion-Pogonion	34	80.6	3.88	91.6	73.4	13	78.4	5.21	86.4	70.1	
L-1 to Mandibular plane	34	93.2	8.01	112.9	76.5	13	92.7	5.91	103.8	84.2	
Symphysis angle	34	75.1	5.58	89.7	62.2	13	74.2	5.07	84.7	67.4	
Masseter inclination to FH	34	126.4	4.67	135.5	111.6	13	130.8	6.47	143.5	118.8	*
Gonial angle	34	121.5	6.50	137.4	104.9	13	125.7	8.89	142.2	114.0	
Mandibular plane angle	34	27.1	6.78	47.0	12.1	13	32.8	9.63	54.2	22.4	*
Linear measurements (mm)											
Anterior facial height	34	136.5	6.33	148.7	125.1	13	128.0	6.34	137.0	116.3	***
Maxillary length	34	51.8	4.03	60.6	41.7	13	47.8	2.11	51.5	44.6	***
Upper incisor height	34	32.3	3.08	38.7	27.2	13	30.9	3.51	35.3	24.6	
Maxillary molar height	34	24.4	2.75	29.3	19.4	13	22.4	2.50	27.2	16.7	*
Mandibular length	34	131.6	5.74	146.6	120.2	13	121.9	7.93	134.9	108.4	***
Mandibular body length	34	82.3	5.58	99.9	71.8	13	78.1	6.51	86.8	67.2	*
Mandibular ramus height	34	70.2	4.55	80.3	61.1	13	60.4	6.67	70.7	47.3	***
Lower incisor height	34	47.8	3.15	53.8	40.8	13	44.2	3.51	49.2	39.0	**
Lower molar height	34	36.2	3.22	43.7	30.7	13	31.0	2.73	35.7	25.8	***
Cd line to pterygoid fissure	34	35.0	2.87	40.2	29.3	13	32.0	3.32	37.1	27.1	**
Cd line to coronoid process	34	36.5	4.58	50.3	27.3	13	35.4	3.87	40.3	26.4	
Cd line to zygomatic process	34	61.8	3.71	69.2	53.2	13	57.6	3.86	62.5	52.0	***
Cd line to first molar	34	56.2	5.02	73.7	46.9	13	51.4	4.27	56.6	42.2	**
Condylion-molar	34	80.4	3.94	89.0	70.2	13	75.6	3.89	83.2	69.7	***
Condylion-lower incisor	34	108.8	4.17	116.9	98.9	13	102.5	5.20	110.6	93.0	***
Masseter upper width	34	33.5	1.74	37.3	28.7	13	31.6	1.84	34.0	28.8	**
Masseter lower width	34	31.1	4.54	38.7	22.6	13	27.4	4.65	37.8	21.6	*
Masseter muscle length	34	63.7	4.36	72.2	56.7	13	56.0	5.03	64.3	49.4	***

Sig., Significance level of the mean difference between male and female, * : $p < 0.05$, ** : $p < 0.01$, *** : $p < 0.001$

N, Number of subjects; Max., Maximum data in subjects; Min., Minimum data in subjects.

= 0.632, $p < 0.01$) および外側翼突筋 ($r = 0.508$, $p < 0.05$) との間には明らかな相関性があることが認められた (Table 4)。また、超音波診断画像で計測した咬筋の厚さと CT 像で得られた内側翼突筋および外側翼突筋の体積との間にも有意の相関が認められた (Table 4)。

一方、咀嚼筋の体積と顎顔面各部の形態との間の相関関係をみると、特に内側翼突筋の体積値、および超音波画像による咬筋厚と顎顔面各部の形態の計測値との間に相関が高かった。また、下顎枝高 (Mandibular ramus height), 下顎後方から翼口蓋窩までの距離 (Cd line to pterygoid fissure), および咬筋長 (Masseter muscle length) は、咬筋、内側翼突筋、外側翼突筋の各体積と高い相関性を示した。

考 察

筋の活動が骨形態に影響を及ぼすことについては比較的古くから取り上げられており、骨梁の構造は骨に及び特別な歪みによると Meyer¹⁹⁾ によって指摘されたのは 1867 年のことである。咀嚼器官に関しては、咀嚼筋の活動を捉えるため初めて筋電図学的手法を導入したのは Moyers²⁰⁾ で、顎骨形態との関連性について筋活動の強い者では顎角が小さく Angle class II の不正咬合に多いと報告している。また、咬合力の大きさと顎骨形態との関連性についても知られるようになり、Ingervall ら²¹⁾ は、側面および正面頭部エックス線写真での検討から、咬合力の大きい者は顎角が小さく短顔であるばかりでなく、上顎幅が大きいことを指摘している。

このように咀嚼筋の活動が顎骨形態に影響を

Table 4. Pearson's correlation coefficient value between muscle size and dentofacial pattern

Variables	Volume of masticatory muscles			Masseter thickness
	Masseter m.	Med. pter. m.	Lat. pter. m.	Thickness
Muscle volume and thickness				
Masseter muscle volume	-	.632 **	.508 *	.336
Medial pterygoid m. volume	.632 **	-	.733 **	.461 *
Lateral pterygoid m. volume	.508 *	.733 **	-	.422 **
Masseter thickness(sono.)	.336	.461 *	.422 **	-
Roentgenocephalometry (angular)				
Sella-Nasion-Pogonion	-.231	.350	.056	.186
L-1 to Mandibular plane	.055	-.052	.112	.250
Symphysis angle	.115	-.124	.154	.110
Masseter inclination to FH	-.335	-.420 *	-.191	-.400
Gonial Angle	-.206	-.090	-.255	-.267
Mandibular plane angle	-.373	-.328	-.310 *	-.440
Roentgenocephalometry (linear)				
Anterior facial height	.376	.592 **	.315 *	.219
Maxillary lenght	.245	.535 **	.339 *	.270
Upper incisor height	.188	.355	.050	.027
Maxillary molar height	.061	.436 *	-.053	.196
Mandibular length	.324	.704 **	.272	.343 *
Mandibular body length	.072	.461 *	.148	.148
Mandibular ramus height	.507 *	.665 **	.389 **	.527 **
Lower incisor height	.270	.480 *	.256	.222
Lower molar height	.460	.611 **	.573 **	.512 **
Cd line to pterygoid fissure	.576 *	.633 **	.453 **	.419 **
Cd line to coronoid process	-.181	.323	.281	.274
Cd line to zygomatic process	.396	.559 **	.536 **	.434 **
Cd line to first molar	.512 *	.698 **	.267	.435 **
Condylion-molar	.306	.754 **	.123	.260
Condylion-lower incisor	.284	.718 **	.269	.306 *
Masseter upper width	.310	.543 **	.431 **	.365 *
Masseter lower width	.079	.260	.249	.123
Masseter muscle lenght	.563 *	.612 **	.552 **	.448 **

Statistically significance level of the correlation coefficients * : $p < 0.05$, ** : $p < 0.01$

与えることは古くから指摘されているが、筋の発達度合いと骨の形態との関連性についての形態計測学的研究は、軟組織の画像診断がCTや超音波診断法で比較的容易に行われるようになった1980年代以降のことであり、最近ではMRIとCTとの比較検討⁷⁾もされるようになって来た。しかし、咀嚼器官を対象とした研究はまだそれほど多くはない。

CT画像による咀嚼筋の形態的把握の妥当性

については、Weijsら^{3~5)}、Gionhakuら⁶⁾、あるいはSpronsenら⁷⁾が、ヒト解剖体との比較検討、筋横断面の超音波診断画像との比較、あるいはMRIとの比較などから、高い精度で筋体積の算出が出来ることを報告している。

咀嚼筋の画像診断と頭部エックス線規格写真による顎顔面形態との関連性については、CT画像による報告^{4~6)}や、超音波診断画像による報告^{10,12,13)}などがある。これらに共通しているこ

とは、側面観では、下顎枝高および前顔面高の大きさととの関連性で、正貌観では顔面幅と筋の大きさが正の相関にあることを指摘している。一方、Sasaki ら⁸⁾は、MRI で捉えた咬筋、内側翼突筋の横断面積と咬合力との間には高い関連性があることを報告している。

本研究では側頭筋を除く3種の咀嚼筋の大きさについてCT画像による体積測定を行い、さらに超音波診断画像による咬筋厚の測定を行った。その結果、これら3筋の体積は相互に有意の関連性を示したが、相関係数は各筋の間でかなり異なっていた。これは、筋の付着部位や作用方向等の相違が相互の関連性の大きさの違いとして数字に現れたものと考えられる。一方、超音波画像で測定した咬筋厚とCT画像により得られた内側翼突筋および外側翼突筋の体積との間には正の関係が見られたのに対し、咬筋体積との間には統計的に有意な相関性が認められなかった。この矛盾は、今回用いたCT画像の中には、咬筋部分のみ測定困難な例があり、統計処理に必要な例数を満たしていなかったことに起因すると思われる。

咀嚼筋の大きさと顎顔面形態との相関性は、角度的計測による分析よりも距離計測による分析でより明瞭に示された。角度計測による分析は、顎顔面のパターン認識には有効であるが、筋の大きさがヒトの顎顔面構造の基本的なパターンにまで強い影響を与えるものではないことを示唆しているものと思われる。しかし、顎角の形態、および咬筋傾斜度は、後述する下顎枝高の発育の影響を受けるものと思われ、筋の大きさは負の関係にあることが示唆された。即ち、筋体積の大きい者では、下顎枝の発育が良く顎角は狭くなり、咬筋の走行は直立してくる傾向が認められた。この傾向は、筋と下顎枝高、あるいは顎角との関係をみている Weijs ら⁵⁾、Gionhaku ら⁶⁾の報告と一致するものであるが、エックス線写真上に設定した咬筋傾斜度についての報告はなく、本研究結果によって得られた新たな知見と思われる。

顎顔面形態における各種距離計測値の大きさ

は、内側翼突筋および外側翼突筋の体積との間にいずれも正の相関関係を示した。一方、咬筋体積の測定例数は少なかったが、下顎枝高や顔面後方の前後発育として表される Cd line to pterygoid fissure の距離および Cd line to first molar の距離など、明かな相関性の認められた部位もある。これらの部位は特に筋発達の影響を受け易い部分であると考えることが出来るかも知れない。

内側翼突筋の筋体積は、前顔面高、上顎骨前後径、下顎長、下顎体長、下顎枝高に対して特に高い相関を示した。このうち下顎長、および下顎枝高との関係は前述した報告例⁶⁾と同様の傾向であったが、上顎骨については本研究で初めて明かとなったものである。さらに咀嚼力が強く影響すると考えられる部位である下顎の第一大臼歯および前歯についてみると、モーメントアームとして捉えた下顎頭からの距離は、第一大臼歯部と下顎前歯部で高い相関性があった。特に第一大臼歯部では、上顎歯槽部高径、下顎歯槽部高径も高い相関を示し、咀嚼力が顎骨歯槽部高径の発育に影響を与えることが示唆された。また、筋の付着する部分では、下顎後縁に設定した Cd line からの距離でみると、咬筋起始部の頬骨までの距離、内側翼突筋と外側翼突筋起始部に相当する翼口蓋窩までの距離との間に明らかな正の関係として現れており、顎顔面の後方部分の発育との関連の高いことが認められた。これら下顎長、あるいは下顎前歯部までの距離との関係、加えて上顎骨の大きさとの関連性を合わせて考えると、咀嚼力の影響は顎骨全体に及ぶことを示唆していると考えられる。

本研究では内側翼突筋の大きさと顎骨各部の大きさに正の相関が認められたのに対し、外側翼突筋では、顔面高および上顎骨前後径の発育に関わることが推察されるにも関わらず、下顎長、下顎体長との関連性は低く、上顎臼歯歯槽部高径との間にはほとんど相関が認められなかった。しかし、下顎枝高、下顎臼歯歯槽部間には高い相関が認められた。外側翼突筋の体積と顎顔面形態との関連性についての報告は、著

者の渉猟した限りはみられないため、本研究結果が一般的なものであるかについての評価は出来ないが外側翼突筋の走行と作用は、この筋の起始部である翼突窩の発育に影響することも考えられる。それが顎顔面前後径の大きさと関連して上顎骨前後径、あるいはCd line to pterygoid fissure, Cd line to zygomatic processの大きさとして示されたものであろう。また、外側翼突筋の作用が顎運動の中でも臼磨運動に重要な役割をはたすことを考慮すると、咀嚼運動時における側方運動では下顎に大きい負荷が集中することが推察され、そのことが下顎枝高、下顎臼歯部高径との間の相関として現れたものと解釈したい。しかし、この点に関しては、今後、顎運動と合わせて検討する必要があるものと考えられる。

咬筋の横断面を超音波診断画像でみた咬筋厚と顎顔面形態との関係について、最近Kubotaら¹³⁾は、下顎骨形態との関連性が高いことを指摘しているが、本研究でも同様の所見が得られた。その傾向は、咬筋体積および内側翼突筋体積と下顎長、下顎枝高、および下顎臼歯槽部高径などの顎顔面形態との関係にも共通して認められ、さらに、咬筋長との関連性も高いことが本研究から明らかになった。Weijsら³⁾は、CTによる咬筋像を得るに際して、筋の走行と垂直な切断像となるように頭位を設定しているが、本研究ではF H平面と水平な切断像の上で体積を算出したものである。一般に、体積とは物体を平行に切断した部分の切断面面積の総和として求められることからCT像の切断の方向が問題となるものでもない。今後、さらに資料を追加した上で再度検討をする必要があるものと考えられる。

以上述べてきたように、咀嚼筋の大きさは、下顎枝を中心とする下顎後方の発育に強い影響を与えていることが明らかとなった。特に、今回測定をした咬筋、内側翼突筋の付着する下顎角部への筋の作用が影響していると考えられる。歯科矯正学の領域で成長を抜く分野では、下顎頭の発育が下顎枝の発育の大きい部分を占

め、顎角の形成と相まって顔面高、あるいは下顎下縁傾斜を形成し、顎顔面のパターンを決定することが臨床の基盤として知られている。そして、前述した報告の多くは、大きい筋を有している者が顎骨の発育に対して大きい刺激を与えるのであろうと指摘しているが、この点に関しては異論を挟む余地は無いものと思われる。むしろ、顎骨の発育に関しては、発達期を通して顎骨に加わる負荷の影響を強く受けるものと考えられる。

ヒトの形質の個人変異について、Hunter²²⁾、Mizoguchi²³⁾は歯の大きさから遺伝率を約60～85%と報告しており、中野²⁴⁾は、歯の大きさの決定因子として発達期の栄養素の摂取量との関連があることを実験的に明らかにしている。さらに、Suzuki²⁵⁾は食生活の変動が集団として見た日本人の歯の大きさの変化として現れることを指摘しているように、ヒトの形質の変化には環境要因による影響が大きく作用することが考えられる。顎骨の形態変化は、筋活動の影響を直接受けることを考えると歯の大きさの変動より大きく現れることが推察される。軟食飼料で飼育したマウスでは、顎骨の発育不全ともみられる形態変化の生じることがBarber²⁶⁾、Beecherら²⁷⁾、伊藤ら²⁸⁾、Itoら²⁹⁾、Weijsら³⁰⁾などによって観察されており、組織学的にも、骨梁が粗造となることがKiliaridisら³¹⁾や添野³²⁾によって報告されている。さらに、黒江³³⁾は液体飼料で飼育したマウスでは顎骨ばかりではなく、筋重量の低下や下顎頭の著しい発育不全がみられることを報告している。これらの実験結果は、昭和40年生れ世代以降急激に変化してきたといわれる現代日本人の顎顔面形態の変化²⁾、あるいは骨の菲薄化や粗造な骨梁構造など質的な変化^{34,35)}が、食生活の軟食化に伴う咀嚼運動量の低下によって生じていることを推察できる根拠を示すものであろう。

今回報告した結果はいずれも健康な成人の咀嚼器官についての検討で、筋の大きさは顎骨の大きさと関連することについて明らかにすることができた。このことから、生活の基本動作の

一つである食行動の影響がヒト咀嚼器官の発育に作用する大きな環境要因となりうることが示唆された。

結 論

咀嚼筋の大きさをCT像によって算出した咬筋、内側翼突筋および外側翼突筋の体積と、超音波診断画像で捉えた咬筋筋厚を計測し、頭部エックス線規格写真による顎顔面形態との間にみられる関連性について検討した。対象は平均年齢24歳3カ月の男子43名、23歳2カ月の女子18名である。

その結果、咀嚼筋の体積は、咬筋では男子が36.7 cm³、女子は28.9 cm³と推定された。内側翼突筋は男子12.0 cm³、女子8.0 cm³で、外側翼突筋は男子21.1 cm³、女子15.5 cm³と測定された。また、筋の形態、および顎顔面形態は全て男子が明らかに大きく、性差として認められた。しかし、顎角は女子がやや大きく、女子の下顎下縁傾斜が大きく現れていた。

筋形態と顎顔面形態の関連性を検討した結果、特に、筋活動の影響の強いと考えられる下顎後方の部分に明らかな相関関係が認められ、下顎枝高、下顎体長、臼歯部の下顎歯槽部高径に強く認められた。また、咬合力を発揮するモーメントアームとして計測した下顎頭と第一大臼歯、下顎前歯までのそれぞれの距離も高い相関性が認められた。

以上のことから、特に咀嚼筋の付着部を中心に筋の大きさは顎骨形態の大きさに影響を与えていることが確認され、それが筋活動によるものであることが推察された。

謝 辞

稿を終えるにあたり、ご指導、御校閲をいただきました岩手医科大学歯学部歯科放射線学講座坂巻公男教授、岩手医科大学石川富士郎名誉教授（元歯学部歯科矯正学講座教授）に謹んで感謝の意をあらわします。また、直接のご指導をいただいた亀谷哲也客員教授に感謝するとともに本研究を進めるにあたり終始ご指導頂きま

した歯科放射線学講座小豆島正典助教授、歯科矯正学講座中野廣一講師にも深く感謝致します。

あわせて、歯科矯正学講座の皆様にも厚くお礼申し上げます。

本論文の要旨は、岩手医科大学歯学会第23回総会（平成9年11月22日）、74th Congress of the European Orthodontic Society（1998年6月3日）において発表した。

文 献

- 1) Moss, M. L. : The functional matrix, in *Vistas in orthodontics*, Ed. by Kraus, B.S. and Reidel, R. A., Lea & Febiger, Philadelphia, pp. 85-98, 1962.
- 2) 井上直彦, 伊藤学而, 亀谷哲也: 咬合の小進化と歯科疾患, *—ディスクレパンシーの研究—*, 東京, 医歯薬出版, 41-70 ページ, 1986.
- 3) Weijs, W. A. and Hillen, B. : The relationship between the physiological cross-section of the human jaw muscles and their cross-sectional area in computer tomograms, *Acta anat.* 118 : 129-138, 1984.
- 4) Weijs, W. A. and Hillen, B. : Relationships between masticatory muscle cross-section and skull shape, *J. Dent. Res.* 63 : 1154-1157, 1984.
- 5) Weijs, W. A. and Hillen, B. : Correlations between the cross-sectional area of the jaw muscles and craniofacial size and shape, *Am. J. Phys. Anthropol.* 70 : 423-431, 1986.
- 6) Gionhaku, N. and Lowe, A. A. : Relationship between jaw muscle volume and craniofacial form, *J. Dent. Res.* 68 : 805-809, 1989.
- 7) van Spronsen, P. H., Weijs, W. A., Valk, J., Prahl-Andersen B. and van Ginkel, F. C. : Comparison of jaw-muscle bite-force cross-sections obtained by means of magnetic resonance imaging and high-resolution CT scanning, *J. Dent. Res.* 68 : 1765-1770, 1989.
- 8) Sasaki, K., Hannam, A. G. and Wood, W. W. : Relationships between the size, position, and angulation of the human jaw muscles unilateral first molar bite force, *J. Dent. Res.* 68 : 499-503, 1989.
- 9) Kiliaridis, S. and Kälebo, P. : Masseter muscle thickness by ultrasonography and its relation to facial morphology, *J. Dent. Res.* 70 : 1262-1265, 1991.
- 10) Bakke, M., Tuxen, A., Vilmann, P., Jensen, B. R., Vilmann, A. and Toft, M. : Ultrasound image of human masseter muscle related to bite force electromyography, facial morphology, and occlusal factors, *Scand. J. Dent. Res.* 100 : 164-171,

- 1992.
- 11) 久保田宗次, 中野廣一, 佐藤和朗, 三條敏也, 亀谷哲也, 石川富士郎: 成人における顎顔面形態と咬筋厚との関係, 第54回日本矯正歯科学会大会抄録集, 160, 1995.
 - 12) 三條 敏: 幼児の咀嚼機能と顎顔面形態との関連性に関する研究, 岩医大歯誌, 22: 12-25, 1997.
 - 13) Kubota, M., Nakano, H., Sanjo, I., Satoh, K., Sanjo, T., Kamegai, T. and Ishikawa, F.: Maxillofacial morphology and thickness of masseter muscle in adults (in press), *Eur. J. Orthod.* 1998.
 - 14) Lam, E.W.N. and Hannam, A.G.: Regional ^{31}P magnetic resonance spectroscopy of exercising human masseter muscle, *Arch. oral Biol.* 37: 49-56, 1992.
 - 15) Plesh, O., Meyerhoff, D.J. and Weiner, M.W.: Phosphorus magnetic resonance spectroscopy of human masseter muscle, *J. Dent. Res.* 74: 338-344, 1995.
 - 16) 佐藤和朗, 中野廣一, 及川 浩, 小笠原和志, 玉川芳春, 石川富士郎: ^{31}P magnetic resonance spectroscopyによるヒト咬筋の代謝に関する研究, 第56回日本矯正歯科学会大会抄録集, 142, 1997.
 - 17) Kasai, K., Richards, L., Kanazawa, E., Ozaki, T. and Iwasawa, T.: Relationship between attachment of the superficial masseter muscle and craniofacial morphology in dentate and edentulous humans, *J. Dent. Res.* 73: 1142-1149, 1994.
 - 18) Dahlberg, G.: Statistical methods for medical and biological students, George Allen and Unwin Ltd., London, 1940. 酒井啄朗: 歯の形態と進化, 一魚からヒトへの進化-, 東京, 医歯薬出版, 259-261 ページ, 1989. より引用.
 - 19) Meyer, H.: cited from Dibbets, J. M. H. One century of Wolff's law, in Bone biodynamics in orthodontic and orthopedic treatment, Ed. by Carlson D. S., Goldstein S. A., Monograph No. 27, Craniofacial Growth Series, Center for Human Growth and Development, Univ. Michigan, Ann Arbor, pp. 1-13, 1992.
 - 20) Moyers, R.E.: Temporomandibular muscle contraction patterns in Angle class II, division 1 malocclusions: an electromyographic analysis, *Amer. J. Orthodont.* 35: 837-857, 1949.
 - 21) Ingervall, B. and Thilander, B.: Relation between facial morphology and activity of the masticatory muscles, *J. Oral Rehabilitation* 1: 131-147, 1974.
 - 22) Hunter, W.S.: The inheritance of mesiodistal tooth diameter in twins, *Doctoral thesis, Univ. Michigan*, 1959.
 - 23) Mizoguchi, Y.: Genetic variability of permanent tooth crowns as ascertained from twin data, *J. Anthrop. Soc. Nippon* 85: 301-309, 1977.
 - 24) 中野廣一, 鈴木尚英, 添野一樹, 亀谷哲也, 石川富士郎: 高蛋白高脂肪食の摂取が歯の大きさに及ぼす影響について, 日矯歯誌, 51: 251, 1992.
 - 25) Suzuki, N.: Generational differences in size and morphology of tooth crowns in the young modern Japanese, *Anthrop. Sci.* 101: 405-429, 1993.
 - 26) Barber, C. G., Green, L. J. and Cox, C. J.: Effects of the physical consistency of diet on the condylar growth of the rat mandible. *J. Dent. Res.* 42: 848-851, 1963.
 - 27) Beecher, R. M. and Corruccini, R. S.: Effects of dietary consistency on craniofacial and occlusal development in the rat, *Angle Orthod.* 51: 61-69, 1981.
 - 28) 伊藤学而, 黒江和斗, 安田秀雄, 井上直彦, 亀谷哲也: 顎骨の退化に関する実験的研究, 日矯歯誌, 41: 708-715, 1982.
 - 29) Ito, G., Mitani, S. and Kim, J. H.: Effect of soft diets on cranio-facial growth in mice. *Anat. Anzeiger* 165: 151-166, 1988.
 - 30) Weijs, W. A., Brugman, P. and Grimbergen, C. A.: Jaw movements and muscle activity during mastication in growing rabbits, *Anat. Rec.* 224: 407-416, 1989.
 - 31) Kiliaridis, S.: Muscle function as a determinant of mandibular growth in normal and hypocalcaemic rat, *Eur. J. Orthod.* 11: 298-308, 1989.
 - 32) 添野一樹: 固形飼料ならびに粉末飼料飼育ラットの咀嚼筋機能および下顎枝の成長発育に関する研究, 岩医大歯誌, 17: 1-15, 1992.
 - 33) 黒江和斗: 下顎頭と下顎窩の加齢変化に及ぼす咀嚼の影響, 日矯歯誌, 50: 196-209, 1991.
 - 34) 李 志強, 中野廣一, 鈴木尚英, 佐藤和朗, 亀谷哲也, 石川富士郎: 成人男子における最近の20年間の顎骨形態の変化, 東北矯歯誌, 2: 30-36, 1994.
 - 35) Shozushima, M., Nakano, H., Kubota, M., Kamegai, T., Ishikawa, F., Saito, H. and Sakamaki, K.: Bone mineral content of human mandible related to bite force and occlusal contact area, 岩医大歯誌, 21: 215-222, 1996.