

## 口蓋に癒痕組織を有する顎骨に加えた 顎整形力の効果に関する実験的研究

八木 實

岩手医科大学歯学部歯科矯正学講座

(主任：石川富士郎教授)

(受付：1995年2月15日)

(受理：1995年3月20日)

**Abstract** : This study was undertaken to examine the effect of palatal scar tissue on the growth of maxillofacial bones and to find what changes could be produced in surgically affected maxillofacial bones and soft tissues by application of orthopedic force during the early stage of development. Experimental dogs (four-months-old) were divided into 3 groups : (1) the group without operation, (2) the group which received only operation and (3) the group which received operation and maxillary expansion. Cephalograms were obtained from these dogs. Plaster models of the maxilla were made and the palatal bones and soft tissues examined histologically. Linear analysis confirmed the effect of orthodontic force applied to the maxillofacial bones with scar tissue, as examined from the volume of osteogenesis and from histological differences in palatal epithelium and subepithelial tissues. This study suggests that early orthodontic treatment for growth control is helpful for subsequent growth of the surgically affected maxillofacial bones.

**Key words** : orthopedic force, maxillofacial bone, scar tissue

### 緒 言

唇顎口蓋裂児の形成手術は、鼻咽腔閉鎖機能を高め、良好な言語の発達を獲得するために行われる。しかし、手術時に加えられる外科的侵襲は小範囲にとどまるのではなく、口蓋粘膜および骨膜を広範囲に剝離するため、術後の口蓋には厚く、硬い癒痕組織が形成される。この癒痕組織は、Kremenakら<sup>1,2)</sup>、Searls & Biggs<sup>3)</sup>、森谷<sup>4)</sup>、小川ら<sup>5)</sup>、佐藤<sup>6)</sup>などによって報告されているように、口蓋骨や上顎骨の成長発育に抑制的な影響を与えることが知られている。またその影響について、八木ら<sup>7)</sup>は臨床的観察からこの手術を施された患者の約80%とい

う高頻度の不正咬合が認められることを報告している。このことは、唇顎口蓋裂患者の咬合育成には、顎骨の成長に主眼を置いて可及的早期から咬合管理を進めてゆく必要があることを示唆するものであろう。換言すれば、Hotz<sup>8)</sup>が提唱しているように、良好な顎骨の成長発育を得るためには、出生直後から咬合を管理体制下におくべきである。

このような観点から、本研究の目的は、幼若期に口蓋粘膜に形成された癒痕組織が、成長期にどの範囲まで顔面骨の発育へ影響を及ぼすかについて明らかにすることである。さらに、外科的侵襲を受けた顎骨に対し、成長の早期に矯正力(顎整形力)を加えて成長誘導を行った場合、

---

Experimental evaluation on the effect of orthopedic force on maxillofacial bones with palatal scar tissue.

Minoru YAGI

(Department of Orthodontics, School of Dentistry, Iwate Medical University, Morioka, 020 Japan)

岩手県盛岡市中央通1丁目3-27 (〒020)

*Dent. J. Iwate Med. Univ.* 20 : 58 - 70, 1995

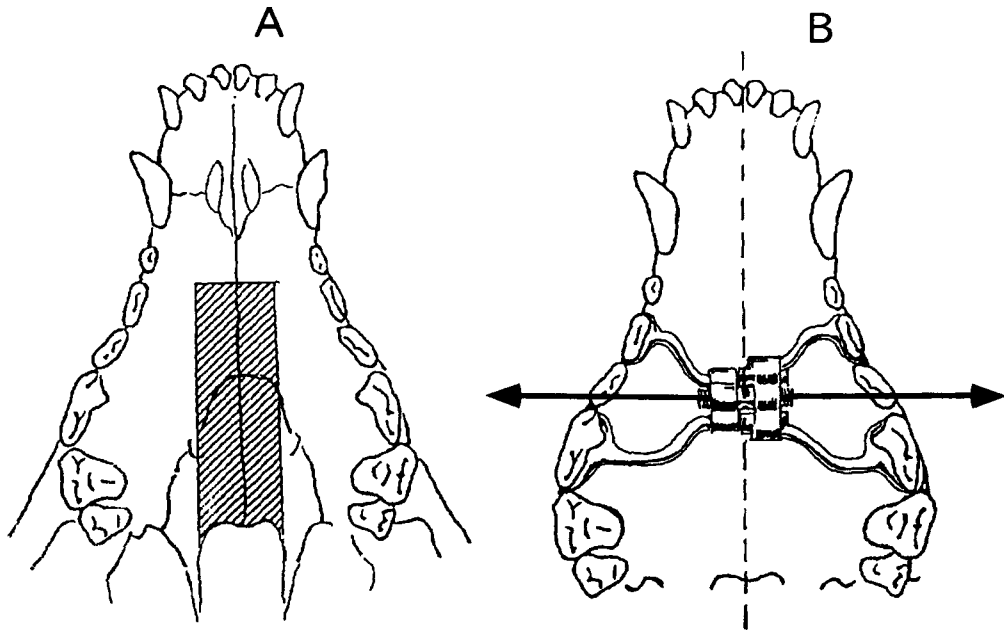


Fig.1 Method of operation and expansion.

A : The resected portion is indicated by oblique lines.

B : Schematic drawing illustrating the expansion appliance and the direction of expansion.

その効果のおよぶ範囲を実験的に追究した。

### 実験方法

#### 1. 実験材料

同一母胎から出生した4カ月齢の雑種幼犬を冬から春の期間3年間で14匹を用い、3群に分けて実験を行った。

I群：無処置の対照群（4匹）

II群：外科処置群（5匹）

III群：外科処置後拡大群（5匹）

II群に行った外科処置は、ペントバルビタールナトリウム液を25 mg/kg静注して全身麻酔を施した後、口蓋正中部において硬軟口蓋の粘膜および骨膜を含めた口蓋骨を約30 mm×10 mmの長方形に切除し、口蓋裂を形成した（Fig. 1A）。その後、口蓋動脈を温存しながら左右側の口蓋粘膜骨膜を剥離し、正中側に粘膜骨膜弁を移動して口腔側の縫合のみで裂を閉鎖した。

III群には外科処置を施した6週後に固定式拡大装置（Fig. 1B）を上顎歯列に装着し、口蓋を2週間で約5 mm側方拡大した。その後、約2週

間の保定期間において10週後には装置を除去した。

#### 2. 顎骨および歯列形態の計測

顎骨の成長発育を観察するため、Dahl<sup>9)</sup>、Krebs<sup>10)</sup>の方法によってあらかじめバイタリウムのピン（0.5 mm×2.0 mm）を口蓋骨に埋め込み、2週ごとに頭部X線規格写真を撮影した。また同様に上顎歯列の印象採得を行い、石膏模型を製作した。顎骨形態および歯列形態は、以下の部位を計測した。すなわち、頭部X線規格写真上の計測点は、P-P'が前臼歯部幅径、M-M'が後臼歯部幅径、Z-Z'が頬骨弓間幅径、A-Moが上顎骨長径、石膏模型上の計測点は、p-p'が前臼歯歯槽部幅径、m-m'が歯槽基底部最大幅径、t-t'が歯槽頂後縁部幅径、a-oが上顎歯槽部長径である（Fig. 2）。なお、統計処理はノンパラメトリック法のKruskal-Wallis検定を行った。

#### 3. ラベリングによる硬組織所見

テトラサイクリン2%溶液を20 mg/B.W.kgの割合で手術後から側方拡大開始までの間に7

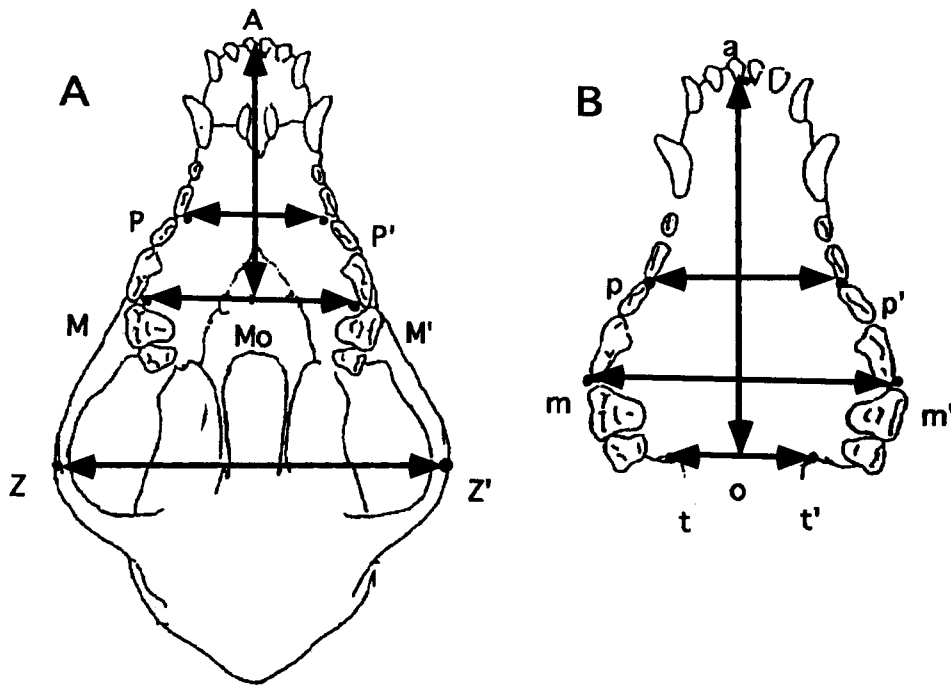


Fig.2 Diagram points and method of measurements

A : Roentgenographic cephalometry

P-P' : Skeletal width between the third premolar on both sides

M-M' : Skeletal width between the first molar on both sides

Z-Z' : Skeletal width between zygomatic arch on both sides

A-Mo : Maxillary length

B : Plaster model of the maxilla

p-p' : Alveolar width between the third premolar on both sides

m-m' : Maximum basal arch width

t-t' : Alveolar width between posterior alveolar ridge on both sides

a-o : Alveolar length

回に渡り頸部背面の皮下に投与した。また、歯列の拡大以降にはカルセインの2%溶液を8 mg/B.W.kgで1週間隔で9回投与した。実験開始4カ月後に屠殺し、上顎を切り出し、口蓋粘膜を付着させたまま10%中性ホルマリン溶液にて浸漬固定した。その後、大野<sup>11)</sup>や須賀<sup>12)</sup>の方法に従ってポリエステル樹脂で包埋し、口蓋裂の前後の中央である第4前臼歯の位置で上顎歯列咬合に対して垂直の方向で、樹脂ブロックを小型切断機(マルトー製MC-101D)を用いて切断し、自動研磨機(マルトー製ML-150DC)にて研磨後、硬組織研磨装置(マルトー製HT式)で研磨し厚さ約80 $\mu$ mの非脱灰研磨標本を

作製し、UV励起法により蛍光顕微鏡下に観察した。

#### 4. コンタクトマイクロラジオグラムによる観察

非脱灰研磨標本に対するコンタクトマイクロラジオグラム(以下CMRと略す)の撮影は、ソフロン社製の装置SRO-M50を用い、加圧電圧14.5 kV、管電流5 mA、照射時間14分の条件で撮影した。軟X線撮影フィルムはFR(富士写真フィルム社製)を用い、現像にはKODAK RP-X-Omatを用い、20 $^{\circ}$ Cにて約3分間現像後定着、水洗、乾燥を行った。

#### 5. 癒痕組織の観察

口蓋粘膜は、Fig.1Aで示した切除部位の左

**Table 1** A. Changes of the maxillary length (A - Mo : by cephalogram unit : mm)

	Periods after operation																								*Amount of increase		
	0 week			2 weeks			4 weeks			6 weeks			8 weeks			10 weeks			12 weeks			14 weeks					
	G I	G II	G III	G I	G II	G III	G I	G II	G III	G I	G II	G III	G I	G II	G III	G I	G II	G III	G I	G II	G III	G I	G II	G III	G I	G II	G III
Mean	62.7	59.3	60.9	63.2	60.8	61.3	63.7	61.7	61.7	64.4	63.3	62.8	65.4	64.3	63.5	66.7	65.4	64.1	67.7	65.9	64.3	68.9	66.8	64.9	6.2	7.5	4.0
S. D.	3.7	2.2	4.3	3.9	1.8	3.7	4.0	1.9	3.8	3.3	1.8	4.2	3.5	2.6	4.1	3.9	3.1	4.2	3.9	3.4	4.2	3.2	4.1	3.8	0.8	3.5	2.3
n	4	5	5	4	5	5	4	5	5	4	5	5	4	5	5	4	5	5	4	5	5	4	5	5	4	5	5

**Table 1** B. Changes of the alveolar length (a - o : by plaster model unit : mm)

	Periods after operation																								*Amount of increase		
	0 week			2 weeks			4 weeks			6 weeks			8 weeks			10 weeks			12 weeks			14 weeks					
	G I	G II	G III	G I	G II	G III	G I	G II	G III	G I	G II	G III	G I	G II	G III	G I	G II	G III	G I	G II	G III	G I	G II	G III	G I	G II	G III
Mean	71.4	69.8	70.3	72.9	71.0	72.0	74.8	72.2	74.0	75.7	73.8	75.2	76.8	74.9	75.9	77.8	75.4	76.6	79.0	76.0	77.1	80.3	76.8	77.6	8.8	9.0	7.3
S. D.	8.3	5.6	6.0	8.1	5.5	6.2	7.3	5.0	5.2	7.2	4.9	4.8	7.0	5.0	4.5	6.6	4.9	4.0	6.4	4.7	3.9	5.7	4.6	3.8	4.7	2.1	4.6
n	4	5	5	4	5	5	4	5	5	4	5	5	4	5	5	4	5	5	4	5	5	4	5	5	4	5	5

\*Amount of increase : The difference from the beginning of experiment to 14 weeks after the operation.

G I : Group I, G II : Group II, G III : Group III. n : number of sample

**Table 2** Changes of the maxillary width (by cephalogram unit : mm)

	Periods after operation																								*Amount of increase		
	0 week			2 weeks			4 weeks			6 weeks			8 weeks			10 weeks			12 weeks			14 weeks					
	G I	G II	G III	G I	G II	G III	G I	G II	G III	G I	G II	G III	G I	G II	G III	G I	G II	G III	G I	G II	G III	G I	G II	G III	G I	G II	G III
P - P'																											
Mean	21.9	21.8	23.7	22.4	21.7	23.7	22.8	21.7	23.1	23.4	21.8	23.2	23.9	21.8	24.5	24.4	21.9	24.8	24.6	22.0	25.3	24.7	22.2	25.9	2.8	0.4	2.0
S. D.	1.7	2.0	2.1	1.9	2.1	2.0	1.8	2.1	2.2	1.7	2.2	2.3	2.1	2.3	2.6	2.4	2.3	2.4	2.5	2.3	2.5	2.5	2.1	2.5	1.1	0.4	0.8
n	4	5	5	4	5	5	4	5	5	4	5	5	4	5	5	4	5	5	4	5	5	4	5	5	4	5	5
M-M'																											
Mean	28.7	31.8	29.6	29.1	31.6	29.2	29.9	31.5	28.7	30.2	31.6	28.6	30.9	31.7	30.3	31.7	31.9	30.4	32.0	32.2	30.9	32.1	32.3	31.6	3.4	0.5	2.0
S. D.	3.3	2.7	4.2	3.3	2.6	4.9	3.8	2.6	4.6	3.8	2.7	4.6	4.3	2.6	6.2	4.6	2.6	6.0	4.7	2.5	5.7	4.7	2.4	5.4	1.5	0.4	1.4
n	4	5	5	4	5	5	4	5	5	4	5	5	4	5	5	4	5	5	4	5	5	4	5	5	4	5	5
Z - Z'																											
Mean	84.5	83.9	81.5	85.3	84.2	82.6	86.3	84.6	82.8	87.1	84.8	83.2	87.9	85.4	84.0	88.9	86.0	84.8	89.5	86.4	85.6	90.1	86.8	86.9	5.7	2.9	5.4
S. D.	6.2	3.0	5.8	6.5	3.3	5.9	6.9	3.2	5.9	6.7	3.3	5.8	6.6	3.4	6.0	6.4	3.1	6.2	6.1	3.3	5.9	5.8	3.3	6.2	2.3	1.5	3.2
n	4	5	5	4	5	5	4	5	5	4	5	5	4	5	5	4	5	5	4	5	5	4	5	5	4	5	5

\*Amount of increase : The difference from the beginning of experiment to 14 weeks after the operation.

G I : Group I, G II : Group II, G III : Group III. P - P' : Skeletal width between the third premolar on both sides.

M - M' : Skeletal width between the first molar on both sides. Z - Z' : Skeletal width between zygomatic arch on both sides. n : number of sample

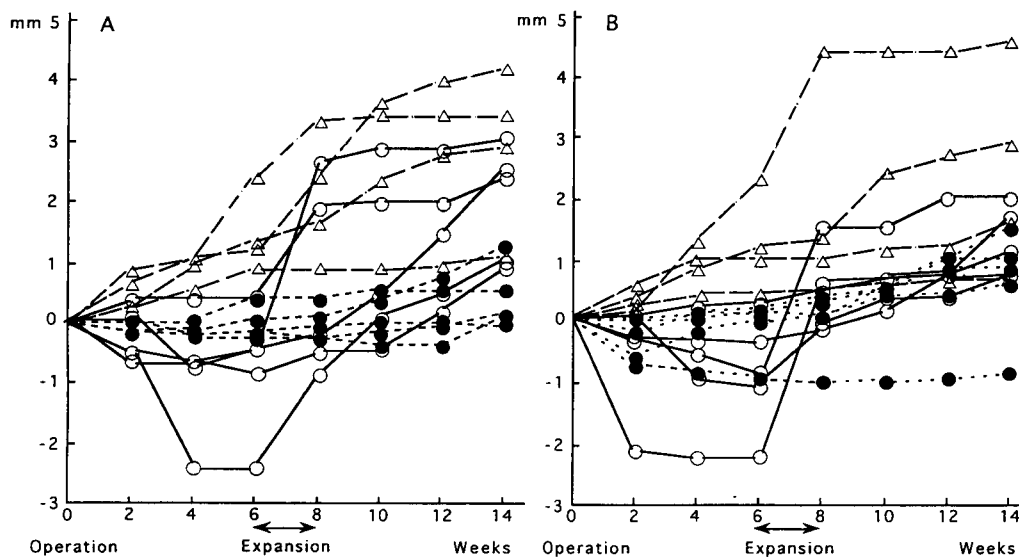
**Table 3** Changes of the alveolar width (by plaster model unit : mm)

	Periods after operation																								*Amount of increase		
	0 week			2 weeks			4 weeks			6 weeks			8 weeks			10 weeks			12 weeks			14 weeks					
	G I	G II	G III	G I	G II	G III	G I	G II	G III	G I	G II	G III	G I	G II	G III	G I	G II	G III	G I	G II	G III	G I	G II	G III	G I	G II	G III
p - p'																											
Mean	31.6	33.9	33.6	32.5	33.6	33.1	33.0	33.7	32.9	33.3	33.8	32.8	33.5	33.9	34.1	33.8	34.1	34.3	33.9	34.4	34.5	34.0	34.5	35.0	2.4	0.6	1.4
S. D.	2.4	3.6	3.0	2.6	3.6	3.1	2.8	3.6	2.9	2.9	3.7	2.8	2.9	3.6	3.5	2.5	3.7	3.4	2.5	3.6	3.4	2.5	3.4	3.0	1.5	0.8	0.6
n	4	5	5	4	5	5	4	5	5	4	5	5	4	5	5	4	5	5	4	5	5	4	5	5	4	5	5
m - m'																											
Mean	53.8	54.8	54.6	54.5	54.3	54.0	55.3	54.3	53.6	55.5	54.6	53.4	55.9	54.8	55.4	56.2	55.0	55.7	56.5	55.1	56.4	56.8	55.3	57.0	3.0	0.4	2.4
S. D.	2.7	3.5	4.0	2.7	3.0	4.4	2.9	2.7	4.2	2.9	3.2	4.2	3.0	3.3	4.9	2.8	3.5	4.8	2.8	3.6	4.9	2.7	3.8	4.6	1.7	0.8	1.2
n	4	5	5	4	5	5	4	5	5	4	5	5	4	5	5	4	5	5	4	5	5	4	5	5	4	5	5
t - t'																											
Mean	24.9	25.8	25.4	25.6	25.2	24.7	26.0	25.1	24.5	26.7	25.0	24.2	26.9	25.1	25.4	27.3	25.1	25.7	27.5	25.1	26.2	27.9	25.2	26.8	3.0	-0.7	1.4
S. D.	0.9	2.3	2.3	1.2	1.9	2.3	1.5	1.9	2.1	1.6	1.9	2.3	1.9	1.8	3.0	1.5	1.8	2.8	1.4	1.9	2.6	1.1	1.9	2.3	0.8	0.7	0.5
n	4	5	5	4	5	5	4	5	5	4	5	5	4	5	5	4	5	5	4	5	5	4	5	5	4	5	5

\*Amount of increase : The difference from the beginning of experiment to 14 weeks after the operation.

G I : Group I, G II : Group II, G III : Group III. p - p' : Alveolar width between the third premolar on both sides.

m - m' : Maximum basal arch width. t - t' : Alveolar width between posterior alveolar ridge on both sides. n : number of sample



**Fig.3** Changes in the amount of increase in width between third premolars on both sides.  
 A : Measured on the cephalogram (P-P').  
 B : Measured on the plaster model (p-p').  
 Group I  $\triangle$ --- $\triangle$     Group II  $\bullet$ ..... $\bullet$     Group III  $\circ$ — $\circ$

右側第4前臼歯間の中央部で口蓋ヒダを含まない部分を骨より剝離し、通法に従い上昇アルコールにより脱水しパラフィン包埋後、前額断方向で薄切(5 $\mu$ m厚)し、ヘマトキシリン・エオジン染色を行い上皮と固有層(乳頭層および網状層)を光学顕微鏡で観察した。

### 研究結果

#### 1. 頭部X線規格写真と石膏模型による観察

##### 1) 上顎前後径の変化

上顎骨長径(A-Mo)および上顎歯槽部長径(a-o)の変化は、I、II、IIIの各群において差が認められなかった(Table 1A, 1B)。

##### 2) 上顎歯槽部幅径の変化

##### (1) 前臼歯部幅径

手術後2週において前臼歯歯槽部幅径(p-p')の変化が口蓋骨の幅径(P-P')の変化よりも先に現われていた。しかし、外科処置後の前臼歯部の幅径は、手術後6週でp-p'はII群で平均0.1mmの減少、III群で平均0.8mm減少し、P-P'はII群で0mm、III群で平均0.5mmの減少であった。II群は、10週以降では頭部X線規格写真上

(P-P')で平均0.1mm、歯列模型上(p-p')で平均0.2mmの増加を示していた。III群は、8週以降では頭部X線規格写真上で平均0.8mm、歯列模型上で平均0.5mmの増加を示し、側方拡大装置をはずした10週、12週においてもそれぞれ歯列模型上で平均0.7mm、平均0.9mmと増加傾向を示していた(Table 2, 3, Fig.3)

##### (2) 後臼歯部幅径

頭部X線規格写真による後臼歯間幅径(M-M')と上顎歯列石膏模型による歯槽基底部最大幅径(m-m')の増加は、術後6週においてM-M'はII群で平均0.2mm、III群で平均1.0mmの減少、m-m'はII群では平均0.2mm、III群は平均1.2mmの減少であった(Table 2, 3, Fig.4)。II群では、術後幅径が減少する傾向が認められたが、10週以降より増加し始め、14週において術前の幅径に回復した。すなわち、後臼歯部幅径では平均31.8mmから32.3mm、歯槽基底部最大幅径では平均54.8mmから55.3mmへとわずかな増加であった。これに対して、III群では術後、II群同様幅径は減少する傾向を示したが、上顎歯列を拡大することによって8週後には後臼歯

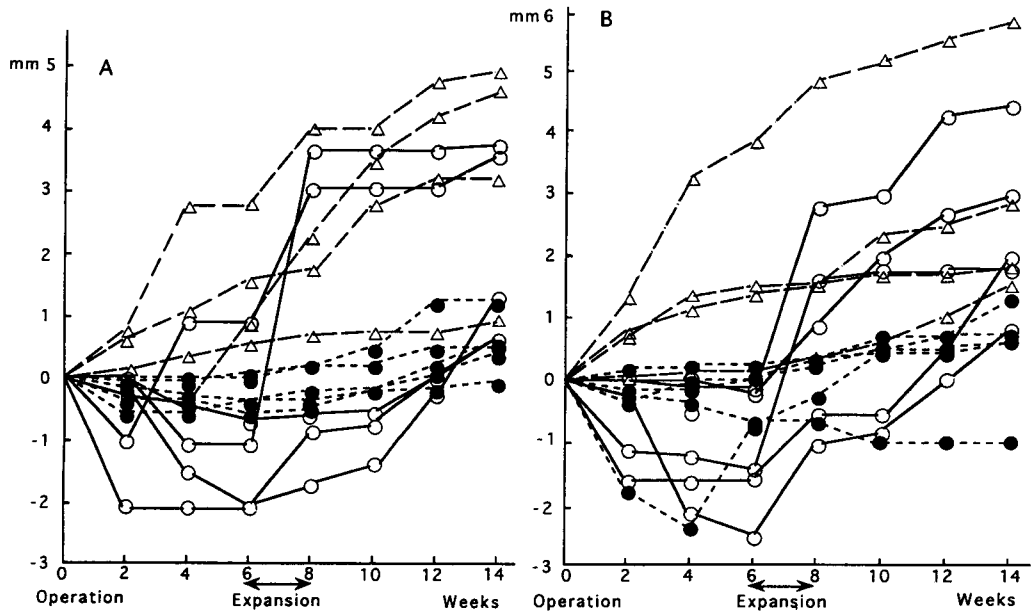


Fig.4 Changes in the amount of increase in width between first molars on both sides.

A : Measured on the cephalogram (M-M').

B : Measured on the plaster model (m-m').

Group I  $\triangle$ - $\cdots$ - $\triangle$     Group II  $\bullet$ - $\cdots$ - $\bullet$     Group III  $\circ$ - $\cdots$ - $\circ$

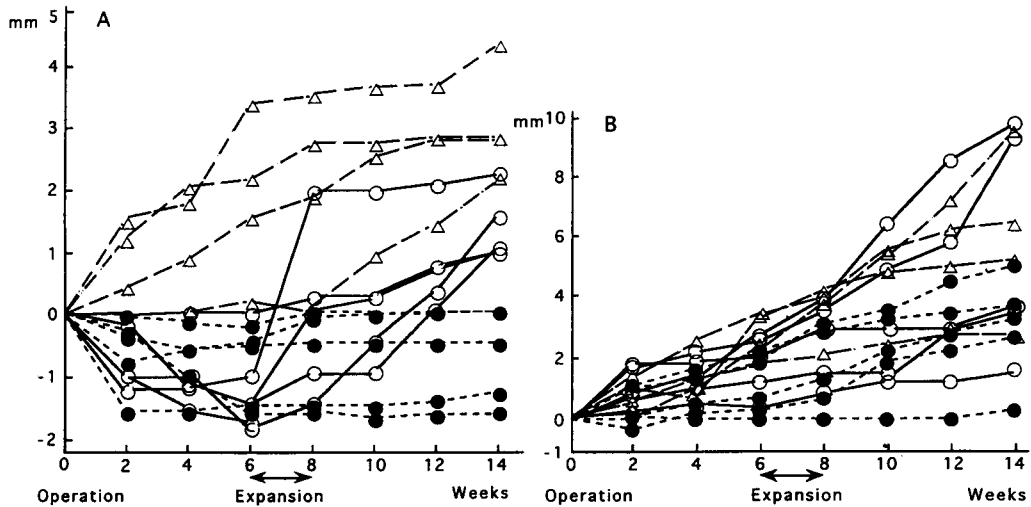


Fig.5 A : Changes in the amount of increase in width between posterior alveolar ridges on both sides (measured on plaster model : t-t').

B : Changes in the amount of increase in width between zygomatic arches on both sides (measured on cephalogram : Z-Z').

Group I  $\triangle$ - $\cdots$ - $\triangle$     Group II  $\bullet$ - $\cdots$ - $\bullet$     Group III  $\circ$ - $\cdots$ - $\circ$

部および歯槽基底部最大幅径がそれぞれ平均0.7 mmおよび平均0.8 mmと増加を示していた。この増加の傾向は、拡大装置を除去している12, 14週の期間においても認められた。

### (3) 歯槽頂後縁部幅径

歯槽頂後縁部幅径 (t-t') の変化は、上顎歯列石膏模型の計測により行った (Table 3, Fig. 5 A)。外科処置後、II, III群の幅径は減少していた。さらに、II群では、実験終了時でも実験開始時よりも幅径が減少していた。これに対して、III群では、実験開始後からII群同様に幅径は減少したが、6週から上顎歯列の側方への急速拡大により幅径は著しく増加し、その後も増加傾向を示した。

### 3) 頬骨弓間幅径の変化

頬骨弓間幅径 (Z-Z') の変化は、頭部X線規格写真を用いて観察した。術後2週から6週は、II, III群とも幅径の増加は抑制され、6週以降になって増加傾向を示していた。中でも上顎に顎整形力を加えたIII群の8週後は5匹中2匹に増加傾向が強く認められ、平均では0.8 mm増加が認められた (Table 2, Fig. 5B)。

## 2. 組織学的観察

### 1) 硬組織所見

Fig. 6 は、実験開始16週後の第4前臼歯を通るレベルでのCMR像で、AがI群、BがII群、CがIII群である。I群は上顎骨外側面の骨梁が太く、それに対してII群とIII群は細く認め

られた。II群はCMRの全体像から観察して、側方への発育が抑制されていた。また、II群とIII群の口蓋骨は欠損が認められるが、細い新生骨の形成が認められた。III群の頬骨上顎縫合部はI群に類似した骨梁が認められた。

さらに Fig. 6 で示した白枠1, 2, 3の部分すなわち、口蓋骨、口蓋上顎縫合および頬骨上顎縫合のラベリング層で観察すると、白枠1ではI群は、口蓋骨の口腔側の骨表面に均一なテトラサイクリンによるラベリング層と薄いカルセインによるラベリング層が認められた (Fig. 7 A)。それに対しII群では、テトラサイクリンやカルセインによるラベリング層は薄く認められた (Fig. 7B)。またIII群では、厚いテトラサイクリンと薄いカルセインのラベリング層が認められた (Fig. 7C)。白枠2, 3の縫合部でのラベリング層は、II群ではテトラサイクリンおよびカルセインによるラベリング層が薄く、縫合部表面での新生骨の形成量が少いことを示唆していた (Fig. 8A, 9A)。また、III群では厚いテトラサイクリンのラベリング層と薄いカルセインのラベリング層が認められ、顎整形力を加えた早い時期での新生骨の形成量の多いことを示していた (Fig. 8B, 9B)。

### 2) 口蓋粘膜の組織所見

I群では、軽度の錯角化がみられる粘膜上皮の上皮突起は、細いものや太いものなど種々観察され、上皮細胞には広汎にメラニンが認めら

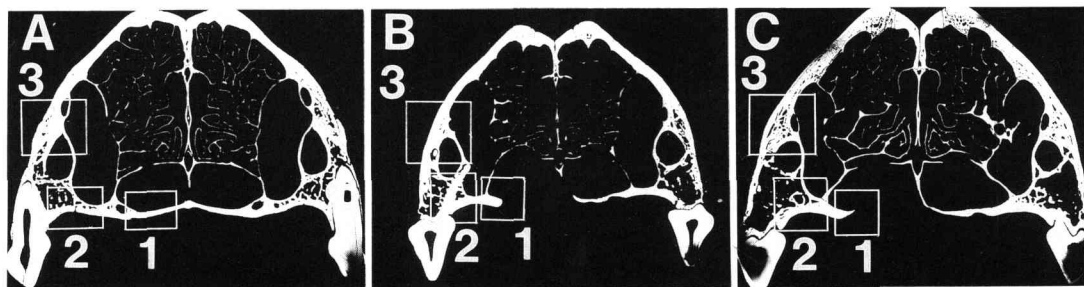


Fig. 6 Contact microradiogram of the frontal section of dog skull at the fourth premolar level.

A : Group I. B : Group II. C : Group III.

Area 1 : Palatal bone

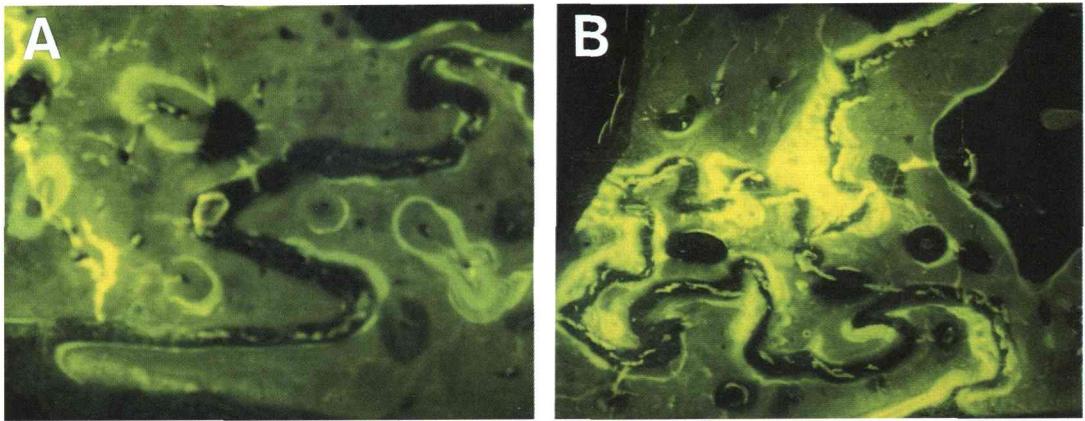
Area 2 : Palatomaxillary suture

Area 3 : Zygomaticomaxillary suture

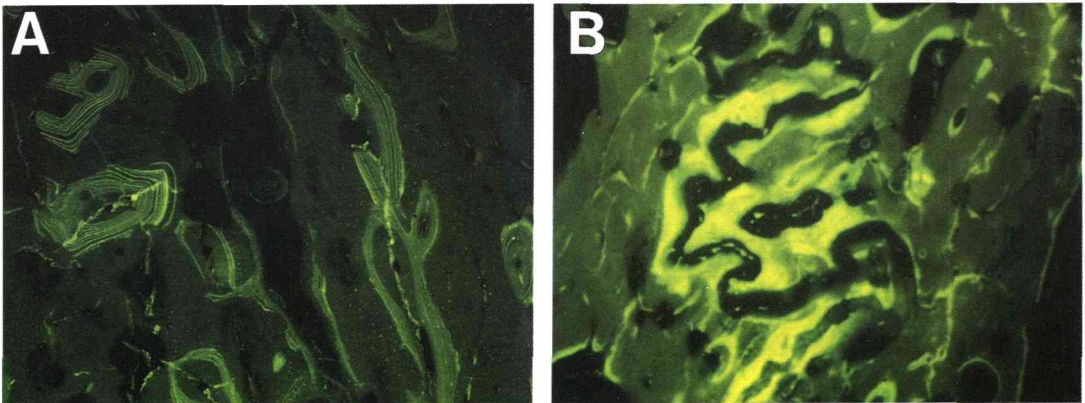




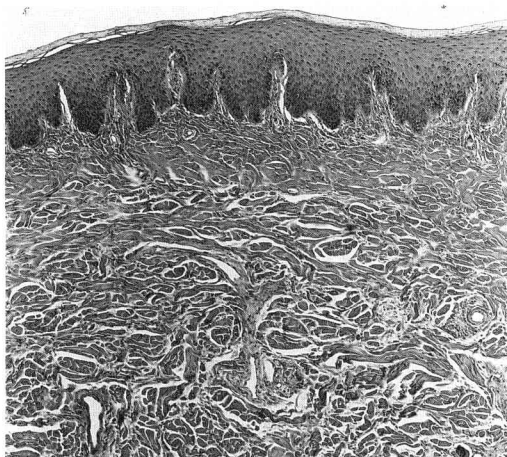
**Fig. 7** Fluorescent microscopy of palatal bone. A, B, C : High magnification for area 1 in Fig.6(x3).  
A : Group I. B : Group II. C : Group III.



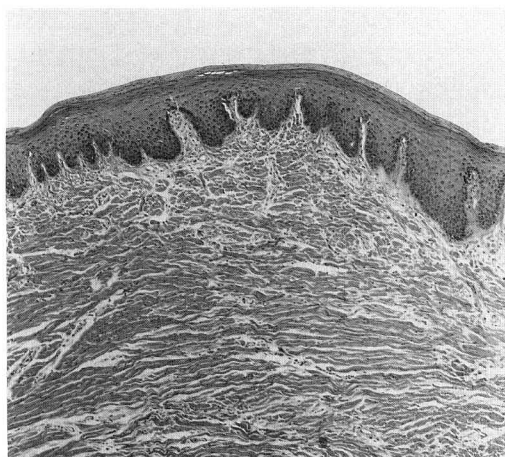
**Fig. 8** Fluorescent microscopy of palatomaxillary suture. A, B : High magnification for area 2 in Fig.6 (x7).  
A : Group II. B : Group III.  
Demonstrating thicker tetracycline bands on both sides of the suture than in A.



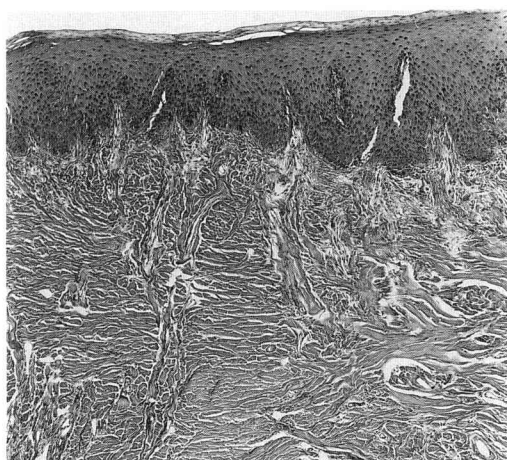
**Fig. 9** Fluorescent microscopy of zygomaticomaxillary suture. A, B : High magnification for area 3 in Fig.6 (x7).  
A : Group II. B : Group III.  
Demonstrating thicker tetracycline bands on both sides of the suture than in A.



**Fig. 10** Photomicrograph of the palatal mucosa of Group I (Stained with hematoxylin and eosin. x43)  
Illustrating of thick and dens subepithelial collagen fiber bundles.



**Fig. 12** Photomicrograph of the palatal sutured mucosa of Group III (Stained with hematoxylin and eosin. x43)  
Regular stretching of collagen fiber bundle.



**Fig. 11** Photomicrograph of the palatal sutured mucosa of Group II (Stained with hematoxylin and eosin. x43)  
Deep elongation of epithelial process and coiled bundles of collagen fibers

れた。粘膜の乳頭層では、細いコラーゲン線維が密に認められ、網状層においては太いコラーゲン線維束が不規則性で、比較的緻密に認められた (Fig. 10)。一方、II群では粘膜上皮は軽度に錯角化し、上皮突起は幅広くわずかに伸長し、上皮細胞にはメラニンが認められた。乳頭層では細いコラーゲン線維がI群よりも粗で不規則に走向し、慢性炎症性細胞浸潤が軽度に認

められた。また、網状層では、とくにその上層で細いコラーゲン線維束が不規則に走向し、下層においては粗剛なコラーゲン線維が横走し、ところによってはこれに直交する様に束状のコラーゲン線維を認めた (Fig. 11)。これに対し、III群では、上皮は軽度の錯角化と、I群と類似した高さの上皮突起が観察され、上皮細胞にはメラニンが認められた。乳頭層においては、細いコラーゲン線維束が不規則に走向し粗であり、慢性炎症性細胞浸潤がII群よりやや多く認められた。そして網状層においては、上層においてやや細いコラーゲン線維束が不規則に走向し、下層では主に横走する顕著なコラーゲン線維の束が認められた (Fig. 12)。

## 考 察

### 1. 実験モデルについて

本研究のような方法は、Kremenakら<sup>1,2)</sup>、Searls & Biggs<sup>3)</sup>も報告しているが、癒痕組織の形成に際して粘膜弁は口蓋の片側に求めるのみで、骨の削除までは行っていなかった。これらの方法は、顎整形力による顎骨の側方への発育の影響が、左右側のそれぞれに対して不均衡に作用することが考えられる。一方、永井<sup>13)</sup>は口蓋正中部に裂の形成を行って成長への影響に

ついて観察しているのみであり、顎整形力を加えることによって顎骨の発育促進の効果を実験的に考察したものではない。このように、術後に抑制的に作用する癒痕組織に対して、成長誘導の立場から実験を構築したものは認められなかった。そのため実験条件の均一化をはかるために、用いた幼犬はすべて同一の母胎から得たものを使用した。

## 2. 外科的侵襲の顎発育におよぼす影響について

癒痕組織による上顎の発育への影響は、側方への抑制として認められる。一般に、骨形成様式には骨膜内骨形成と軟骨内形成があるが、顔面骨、とくに上顎骨は骨膜内骨形成様式によるもので、骨膜性骨添加と縫合性骨形成があることが知られている。上顎では正中口蓋縫合が上顎歯列への側方発育へ大きく影響をおよぼし、口蓋正中部の損傷も成長発育に影響したとも考えられた。

この様な外科的に加えられた侵襲が、上顎の発育に抑制的に作用するという見解については現在までいくつかの報告があり、臨床的には唇顎口蓋裂を有する乳児から成人までの顎発育を観察した Graber<sup>14)</sup>、林<sup>15)</sup>、Levin<sup>16)</sup>、中後<sup>17)</sup>、Pruzansky ら<sup>18)</sup>が、側方への発育抑制ばかりではなく、前後方向への発育抑制として現れることを指摘している。一方、Kremenak ら<sup>1,2)</sup>はビーグル犬を用いて上顎の成長抑制の原因を実験的に追究し、粘膜骨膜弁の挙上とその外側縁の部分切除、neurovascular bundle の切断が最も上顎の発育を抑制し、ついで、粘膜骨膜弁の挙上のみのも、neurovascular bundle の切断のみではそれぞれ顎発育への影響が少ないか、あるいは顎発育には影響がないことを報告している。また、森谷<sup>4)</sup>は雑種の幼若犬を用い、左側の口蓋骨を部分的に切除し、骨欠損部を被覆する粘膜骨膜弁の緊張が、口蓋骨の発育を抑制することを指摘している。これらの報告は、いずれも口蓋の軟組織の緊張と癒痕拘縮が成長発育への重要な抑制因子であることを示しているが、口蓋の発育抑制を上顎の成長抑制という

全体的な観点から捉えたものではない。また、小川ら<sup>5)</sup>は、ラットを用いて実験を行い、森谷と同様の結果を報告しており、Searls & Biggs<sup>3)</sup>、佐藤<sup>6)</sup>らはラット口蓋の切創の位置が、口蓋の中央であるか、または正中に近い場合に、口蓋幅径の左右差、あるいは顎の非対称性が観察されることを報告している。さらに、Ross<sup>19)</sup>は口蓋形成術で生じた癒痕が、上顎骨や口蓋骨ばかりではなく、蝶形骨の成長発育にも強く影響していることを指摘している。

## 3. 顎整形力を加えたときの成長誘導について

臨床で行うような顎整形力を加えた成長誘導の実験的效果については、いまだ報告がなされていない。すなわち、拡大処置後の顎骨の成長発育におよぼす変化は不明である。

本研究においては、外科処置のみのⅡ群の経過観察の結果から、上顎歯槽部の幅径はⅠ群とⅢ群より小さく、口蓋の癒痕組織による上顎の側方への成長発育が抑制されていることが確認された。さらに、頬骨弓間幅径でみた顔面骨の成長に関しても、外科処置群は対照群に比べて幅径の成長が劣っており、癒痕組織による成長抑制の影響は頬骨付近にまでおよんでいることが示唆された。これは Ross<sup>19)</sup> の口蓋の癒痕組織が頬骨周囲の顔面骨の成長発育にまで影響をおよぼしているとの報告と一致するものである。

一方、急速側方拡大を行ったⅢ群の結果から、顎整形力の効果は、上顎歯槽部の幅径の増加のみならず、骨ラベリング像でみた新生骨の量的変化となって現われた。そしてこの変化は、頬骨上顎縫合部にまで達するものであった。このことは、早期から開始する顎整形力による成長促進の効果が、単に顎骨および歯槽部の変形、あるいは形態改善ばかりでなく、顔面骨を含む広範囲の領域にまで正常な発育形態を誘導するためであると考えられる。

## 4. 口蓋形態の変化について

顔面骨の形態的特徴について、とくに長径の変化は、3群間に大きな差が認められなかった (Table 1A, 1B)。これは口蓋裂の閉鎖が粘膜骨膜弁を正中方向に牽引、移動した結果、前後

的な緊張が口蓋に生じなかったことによるものと考えられた。

一方、口蓋幅径の変化についてみると、Ⅱ群およびⅢ群における術後に認められた量的な変化は、上顎骨の成長抑制を明らかに示すものであった。これらは、口蓋形成術およびその後の側方への拡大力の作用などの条件によって、それぞれ特徴ある発育の傾向を示していた (Fig. 3, 4)。すなわち、Ⅱ群では、外科的侵襲を加えられたことにより、口蓋の幅径の量的増加はほとんど認められず、上顎骨の側方への成長発育が抑制されていた。これに対して、Ⅲ群に行ったような顎骨の側方拡大は、狭窄した上顎歯列や上顎骨の側方への劣成長が認められる不正咬合の治療手段として、矯正歯科臨床で行う急速側方拡大装置を用いたものである<sup>5, 20~25)</sup>。

拡大装置を装着した結果、明らかに口蓋の幅径は増加し、さらに拡大を中止した後も幅径は増加傾向が認められた。これは、顎整形力が内部応力として歯列全体、および顎骨内に蓄積され、改造現象が起きた結果によるものと考えられた<sup>22, 23, 25, 26)</sup>。また、内部応力の波及効果として頬骨などへの影響が、安定した顎骨発育を促す因子となっていることが示唆され、顎整形力による顎骨の成長誘導の効果が明らかに現われたものであろう。

Ⅲ群において口蓋裂児の治療の現場で派生することの多い歯列拡大後の後戻りが起きていないことは、本実験の対象動物が幼若期にあって成長の早期であったこと、また、短期間に大きい拡大量を与えたことによるものと考えられた。加えて、本実験では、人工的に口蓋裂を形成したことにより口蓋骨の裂部に新たな骨添加を生じ、一部のものでは、人工的な口蓋裂形成前の口蓋部の骨の形態を回復したためとも考えられる。

さらに、口蓋部および顔面骨の幅径の変化をⅡ群、Ⅲ群のそれぞれの骨ラベリング像から観察すると、Ⅲ群では口蓋骨、口蓋上顎縫合および頬骨上顎縫合部でテトラサイクリンによるラベリング層が明らかに厚く、骨の形成量が多

かったことがうかがわれ、ラベリング剤の投与時期から考え、顎整形力を加えた早い時期での骨の形成と考えられた。したがって、成長誘導を行ったⅢ群において、顎整形力による成長誘導の影響が、口蓋部のみならず頬骨付近にまで早い時期に達していることを確認することができた<sup>27)</sup>。しかし、7週以降のカルセインによる骨ラベリング層はそれぞれの群において、骨表面および縫合部で同じ様な薄いラベリング層が認められた。

また、Ⅲ群とⅡ群の口蓋粘膜を比較検討すると、Ⅲ群は乳頭層の厚みが減少し、固有層とくに網状層の下層でのコラーゲン線維束の走向も規則的になっていた。これは、拘縮している癒痕組織に対して早期に口蓋を側方へ拡大する力が、癒痕組織の緊張を減少させた結果として、口蓋粘膜の癒痕組織に構造的な変化が生じたものと理解した。

## 結 論

1. 口蓋裂手術後の癒痕組織は、成長過程の顎骨に対して、口蓋部および歯槽部のみならず、顔面骨とくに頬骨周辺まで影響をおよぼしていることが、形態的および組織学的に認められた。
2. 同じ様な癒痕組織を持つ外科処置のみの群と外科処置後拡大群との経過の比較より、顎骨の成長発育を抑制する癒痕組織を有する顔面骨に対して、癒痕形成後の早い時期から積極的に顎整形力を加えることは、顎骨の形態的な変化のみならず、新生骨の量や口蓋粘膜上皮および上皮結合組織の構造にまで影響を与えていた。
3. 癒痕組織によって成長が抑制されている顎骨に対して、早い時期から成長誘導を行うことにより、その後の顎発育を有利にし、顎骨は正常な大きさや形態に近い値を示すことが明らかとなった。
4. 臨床的には口蓋形成術後の癒痕組織を有する顎骨に対する早期治療は、成長誘導に極めて高い効果が期待されることが示唆された。

## 謝 辞

稿を終えるに臨み、本研究を進めるにあたって終始ご懇篤なるご指導、ご助言、ご校閲を賜った岩手医科大学歯学部歯科矯正学講座・石川富士郎教授、岩手医科大学歯学部第一口腔外科学講座・工藤啓吾教授ならびに岩手医科大学歯学部口腔病理学講座・佐藤方信教授に深甚なる謝意を表します。

また、終始ご助言、ご指導をいただいた岩手医科大学歯学部歯科矯正学講座・亀谷哲也助教授に深く感謝の意を表します。さらに、ご協力いただいた矯正学講座の各位に深く感謝いたします。

本論文の要旨は、第12回日本口蓋裂学会総会(1988年7月14日、福岡市)、第48回日本矯正歯科学会大会(1989年10月5日、金沢市)において発表した。

本研究の一部は、文部省科学研究費(一般研究C・63570966)の補助を受けて行った。

## 文 献

- 1) Kremenak C. R. Jr., Huffman W. C., and Olin W. H.: Growth of maxillae in dogs after palatal surgery: II. *Cleft Palate J.*, 7: 719-736, 1970.
- 2) Kremenak C. R. Jr., Huffman W. C., and Olin W. H.: Maxillary growth inhibition by mucoperiosteal denudation of palatal shelf bone in non cleft beagle. *Cleft Palate J.*, 7: 817-825, 1970.
- 3) Searls J. C. and Biggs D. R.: Surgically induced maxillary growth inhibition in rats. *Cleft Palate J.*, 11: 1-16, 1974.
- 4) 森谷研介: 口蓋裂修復術に関する実験的研究, 日耳鼻 69: 1738-1749, 1966.
- 5) 小川 豊, 田村 昇, 木村 正, 楠本健司, 一色信彦: ラット口蓋発育に対する外科的侵襲の影響, 日形会誌 2: 817-824, 1982.
- 6) 佐藤兼重: 幼若ラット口蓋への外科的侵襲の影響についての実験的研究, 昭医誌 43: 75-89, 1983.
- 7) 八木 實, 中野廣一, 三浦廣行, 亀谷哲也, 石川富士郎: 唇・顎・口蓋裂患者の口腔管理について一患者の実態一, 岩医大歯誌 5: 8-12, 1980.
- 8) Hotz M. M., Gnoinski W. M., Nussbaumer H., and Kistler E.: Early maxillary orthopedics in CLP cases: Guidelines for surgery. *Cleft Palate J.*, 15: 405-411, 1978.
- 9) Dahl E.: Transverse maxillary growth in combined cleft lip and palate. A longitudinal roentgen cephalometric study by the implant method. *Cleft Palate J.*, 16: 34-41, 1979.
- 10) Krebs A.: Expansion of the midpalatal suture, Studies by means of metallic implants. *Acta Odont Scand.*, 17: 491-501, 1959.
- 11) 大野康亮: テトラサイクリンによる形成期硬組織のラベリング像に及ぼす諸条件について, 歯基礎誌 20: 252-269, 1978.
- 12) 須賀昭一: 硬組織と Tetracycline, 歯学 53: 137-143, 1965.
- 13) 永井直人: 正中口蓋縫合欠如が顎発育に及ぼす影響に関する実験的研究. 第1報: ラット正中口蓋縫合切除後の組織学的観察, 日口蓋誌 12: 85-102, 1987.
- 14) Graber T. M.: Craniofacial morphology in cleft palate and cleft lip deformities. *Surg. Gyn. Obst.*, 88: 359-369, 1949.
- 15) 林 勳: 片側性完全唇・顎・口蓋裂患者の顎・顔面頭蓋の成長一頭部X線規格写真法による研究一, 日矯歯誌 34: 33-65, 1975.
- 16) Levin H. S.: A cephalometric analysis of cleft palate deficiencies in the middle third of the face. *Angle Ortho.*, 33: 186-194, 1963.
- 17) 中後忠男: 頭部X線規格写真法による口蓋裂患者の脳頭蓋・顔面頭蓋の形態学的研究, 日矯歯誌 23: 75-88, 1964.
- 18) Pruzansky S.: Factors determining arch form in clefts of the lip and palate. *Amer. J. Orthod.*, 41: 827-851, 1955.
- 19) Ross R. B.: The clinical implications of facial growth in cleft lip and palate. *Cleft Palate J.*, 7: 37-47, 1970.
- 20) 鮎瀬節子: ラットの顎骨側方拡大時における再生粘膜の組織変化, 日口蓋誌 13: 72-91, 1988.
- 21) 花岡 宏, 坂井哲夫: 上顎急速拡大法の研究, I. 拡大の効果について, 日矯歯誌 37: 56-68, 1978.
- 22) 花岡 宏, 坂井哲夫, 山内和夫: 上顎急速拡大法の研究, III. 後戻りについて, 日矯歯誌 37: 278-294, 1978.
- 23) 木津喜孝: 上顎骨の実験的急速側方拡大による骨変化のラベリング法とマイクロラジオグラフィによる研究, 歯学 66: 686-722, 1979.
- 24) 小杉緑朗: 猫上顎骨の側方拡大に関する実験的研究, 口病誌 36: 223-245, 1969.
- 25) 大竹秀明: 上顎急速拡大後の口蓋軟組織, 骨の変化に関する実験的研究, 日矯歯誌 43: 16-32, 1984.
- 26) 三須勝雄: 実験的上顎急速拡大後の後戻りに関する放射線学的研究, 歯学 64: 1283-1303, 1977.
- 27) Brossman R. E., Bennett C. G., and Merow W. W.: Facioskeletal remodeling resulting from rapid palatal expansion in the monkey (*Macaca cynomolgus*). *Arch. Oral Biol.*, 18: 987-994, 1973.