上顎骨の前方拡大の実験的研究

— 骨切り術を応用して —

九州歯科大学矯正学教室 (指導: 横田成三教授)
九州歯科大学病理学教室 (指導: 浦郷篤史助教授)

大学院 横 田 盛

(昭和46年9月20日受理)

EXPERIMENTAL STUDIES ON ANTERIOR EXPANSION OF MAXILLA — BY APPLYING OSTEOTOMY —

By

Shigeru YOKOTA

Department of Orthodontics (Director: Prof. Seizo YOKOTA)

Department of Pathology (Director: Assoc. Prof. Atsushi URAGO)

Kyushu Dental College, Kitakyushu, Japan

The correction of severe cases of mandibular protrusion such as are encountered in an underdeveloped maxilla is difficult to achieve by conventional orthodontic approach alone. In the present study, an attempt was made to develop a new method of treating such cases by means of operative orthodontics.

A total of 26 adult dogs weighing about 20 kg were served as experimental animal and artificial fracture was made on both sides of the maxilla in the space between the 3rd incisor and cuspid.

The fractured space was mechanically widened respectively in one of the following manners.

- 1) Separate the space by surgeon's hand as wide as possible and keep it in position by applying an acrylic resin splint. This was designated as spaced fixation method.
- 2) Expand very slowly (0.2 mm per day) over an extended time duration (40 days) the fractured ends by use of a screw expansion plate. Slow expansion method.
- 3) Expand the fractured ends in the shorter period (in 20 days and by 0.7 mm per day). Rapid expansion method.

On 40, 70 and 100 days after completion of respective experiment, observation were made on the state of newly formed bones in the extended space and of teeth and surrounding tissue in the anterior maxillary segment, by measurement of plaster cast and by macroscopic, roentgenographic and pathohistological examinations of the maxilla.

Results of the study were summarized as follows.

- 1) Measurement by the plaster casts showed that the maximum and mean values of space attained by rapid expansion method was respectively 12 mm and 10 mm, by slow expansion method 8.0 mm and 7.5 mm, and by spaced fixation method 4.5 mm and 3.6 mm respectively.

2) The newly formed bones at the fractured space were mainly consisted of uniting cal-
lus, and osseous healing was complete about 100 days after fixation of maxilla by rapid
expansion method and spaced fixation method. By slow expansion method, however, a
marked retardation of osseous healing was shown probably due to an unfavorable effect of
constant stimuli given to the blast tissue for too extended time duration.

3) As a general effect of the experimental fracture of maxilla, the tooth pulp was repla-
ced by granulation tissue, and especially in case of slow expansion method, a severe reso-
rption of tooth root due to the inflammatory granulation of alveolar basis was observed. In
cases where rapid expansion method and spaced fixation method were applied, however,
the tooth root suffered only slight degree of resorption of the dentin and cement substan-
ces.

4) Because X-ray observations of the operated maxilla were quite in parallel with those
obtained by pathohistological means, X-ray finding may be most advantageous in following
the course of bone formation and in judging when is the time of osseous healing.

In view of the above, it was concluded that rapid expansion method proved most advan-
tageous in achieving the anterior expansion of maxilla by operative orthodontics.

I 緒 言

矯正治療の目的は、歯、歯周組織、顎骨およびこれらに付随する諸組織の正常な発育、成長を研究すると同時に、これらの異常によって生じた咬合の不正、顎骨の形態異常および顔貌の不良による心理的障害をも取り除くこと¹⁾を目的にしている。

さて、各種の不正咬合のうち、いわゆる反対咬合は日本人に特徴的に多く、アメリカでは矯正患者の2～3%が下顎前突である²⁾のに比し、日本人では患者の30%以上を占めている³⁾。

このいわゆる反対咬合も、単に上下前歯の前後的位置関係に起因する場合と、歯牙および歯牙支持組織の基底をなす上顎骨体部の前後の関係に異常が存在する場合とがあり、この両者は治療にあたっては異なった治療方針、方法の選択が行われ、また、予後の判定にも根本的な差異をきたすものである。このため顎態の分析については多くの先人の報告がなされ、Wallace⁴⁾はいわゆる反対咬合には上顎の成長抑制があることを予測し、Heilmann⁵⁾はこれを外貌より形態学的に証明した。また、Moore⁶⁾は遺伝学的立場より上顎骨基底の劣成長を指摘している。

1931年、Brodent⁷⁾によって導入された頭部X線規格写真法は、顎顔面頭蓋の形態の把握を可能にした。わが国でも菊川⁸⁾はレントゲンセファロによる日本人反対咬合の形態学的研究により、上顎骨部と歯槽部の後退があることを実証し、単に反対咬合が局所に限局されたもの

ではなく、顔の形態や成長に関係があることを示唆して、顔の上方中央部の前後的な成長が劣ると述べている。次いで山口⁹⁾はこれを量的にとらえて、下顎骨が近心に転位している症例(10～15%)よりはむしろ上顔面部および上顎前歯の後退している症例(50～70%)が多いと報告している。またその後、須佐美¹⁰⁾も反対咬合者の上顎基底は成長にともなう変動がきわめて僅少であることを指摘している。

さてこのように本邦において比較的頻度の高いいわゆる反対咬合の治療に際しては、上顎前歯の唇側移動が行われてきた。この場合、歯牙を含む上顎前歯の歯槽骨が変化することは臨床的に明らかであるが、顎基底までも変化させ得る可能性はほとんどない。したがって上顎骨の劣成長をとまなういわゆる反対咬合においては、根本的な治療の効果をえられる期待は少なく、外観上もその特徴的な“中くぼみ”型を改善することはできないのである。すなわち“顎の基底部に相当する部分は、矯正治療によって影響を受けぬ”というLundstöm¹¹⁾の臨床に基づき考えは現在まで広く矯正学の常識として受け入れられてきた。

しかし最近になって、顎骨と正中口蓋縫合部において側方へ拡大させる方法が注目されるようになり、臨床的^{12～22)}にも、また、基礎的^{23～29)}にも多くの報告がなされており、Haas²⁴⁾は上顎骨の側方拡大の際、前下方への拡大をもともなうと述べている。

以上のように従来の上顎骨の拡大は、正中口蓋縫合を

非観血的に側方へ離開させ、付随的には前下方への拡大がわずかに可能であることを示してはいるものの、下顎前突症にもっとも問題となる上顎骨の前後の劣成長を積極的に解決できる手だてとはなり得ない。

そこで著者は、上顎骨の劣成長による上下顎骨間の位置関係の異常を正常に改善するには、上顎骨に観血的手段を併用して、同部を前後的に拡大する方法が有効であると考え、新しい治療法を開発するため本実験を行なった。

II 実験方法

(1) 実験材料

上顎骨における実験的前方拡大に、個体の成長要素が加わるのを避けるため、動物は成熟した雑犬26頭を選び、その選定にあたっては動物の大きさのバラツキが少なくなるよう、また手術侵襲に耐え、かつ実験操作が容易という点から体重20kg前後の比較的大型のものを使用した。

(2) 手術方法

ペントバルビタールナトリウム(市販名:ソムノペンチル)を0.4ml/kg静脈注射し、全身麻酔のもとに手術した。

左右それぞれの I_3 とCの間に骨膜に達する縦切開を加えた。

左右の切開部より、上顎骨頬側面の骨切り予定線に沿ってそれぞれ鼻腔側に至るまでラスパトリウムを挿入し、骨膜を骨皮質より剥離し、同様に口蓋側でも左右縦切開部より鼻口蓋神経、血管を損傷せぬよう十分注意し、ながら剥離を行なった。さらに粘膜骨膜の剥離は骨切り予定線が全周にわたって袋状に包まれるよう幅広く行なった。これはその後に行なう顎骨の前後の拡大に際して、骨膜が抵抗源となり、また拡大力により骨膜線維が断裂するのを防止するためである。

骨切りは頬側においては、 I_3 とCの中間部でCの歯根近心面に沿って菲薄なノミを使用して離断し、左右側の骨切り線は鼻背側で合致させ、口蓋側も同様に鼻口蓋神経、血管を損傷しないようにしながら離断した。かくして左側 I_3 より右側 I_3 を含む小骨片は、左右Cを含む大骨片より完全に骨切りされたことを確認した後、切開部を縫合し手術を終えた。次いで術直後Penicillin G-solを60万単位、翌日から30万単位を連続5日間筋注した。

(3) 拡大装置と拡大方法

骨折端を離開させるため、大、小骨片に歯牙を含めて

拡大床を装着させ、(図1, 2), 拡大法によって次の3方法に分類した。

A) 漸次的に器械力により拡大する方法

1) 急速拡大法(rapid expansion): 7例

大骨片の左右犬歯を固定源とし、あらかじめ作製しておいたレジン床を即時重合レジンで固定させた。小骨片も同様に右側 I_3 ～左側 I_3 に至る前歯群にレジン床を固定させ、前後のレジン床の間には骨折部を離開させるためのネジである矯正用expansion screwを即時重合レジンで取りつけた。拡大量は0.7mm/日で20日間の動的期限終了後、拡大床を固定床に取り換え、40日、70日、100日の固定期間に分類した。

2) 緩徐拡大法(slow expansion): 5例

1)と同じ拡大装置で、0.2mm/日の拡大を40日間継続したもので、比較的長期にわたって徐々に顎骨の前後の拡大を行ない、40日、70日、100日の固定期間を置いた。

B) 一時的に器械を使用せず拡大を行なう方法

離開固定法(spaced fixation): 6例

骨切り直後、同部を可及的幅広く離開させ、しかも平行になるよう、離開した状態で固定床を装着して顎骨の前後の拡大を行ない、40日、70日、100日の固定期間を置いた。

(4) 検索方法

1) 模型分析

骨折端の拡大量を測定し、また固定歯である上顎犬歯の動きをもあわせて知るため、アルヂネート印象を術前、術後に採得し、石膏模型を作製した。模型上で術前にあらかじめ附与しておいた I_3 、C、 M_1 の歯頸部の切れ込みを計測点として、 I_3 ～Cを顎骨拡大量、C～ M_1 でCの移動量を、術前と術後の模型から矯正用キャリパーで計測した。

2) X線学的観察

骨折端の離開形態、骨新生状態を知るため、骨切り前、後および固定後にX線撮影した。撮影条件は歯科用X線撮影装置を用い、骨折端拡大前後のフィルムの重ね合わせができるように、主放線が実験犬の上顎犬歯の近心を通過するようにし、焦点-フィルム間距離を50cmに統一した。

3) 病理組織学的検索

固定期間終了後、屠殺し、線鋸で上顎骨を切断した。さらに矢状方向に3等分した後、10%ホルマリン固定し、電気脱灰(7%塩酸)を施し、通法にしたがってセロイジン包埋、20 μ 連続切片とし、H-E重染色、アザ

ン・マロリー, エラスチカ・ワンギーソン染色を行なって検索した。

Ⅲ 実験成績

本実験遂行中, 実験動物におこった不慮の事故(術後合併症3例, 事故死2例, 拡大中あるいは固定中に床装置の把持が不十分で, 骨片の維持が不完全であったもの3例)にあったものは資料から除き, 全資料の完備した26頭中18例について観察を行なった。

1) 肉眼的観察

急速拡大法: 骨切り後, 20日間の急速拡大による動的期間終了後, 40日, 70日, 100日と固定を行ない, 保定床を除去した。拡大床下の粘膜は, 床との間に停滞した食渣やレジン床による刺激のためか, 発赤する傾向がみられ, 接触すると粘膜から出血するものもあった。

口腔内における術前, 術後の上下顎関係を比較すると, 全症例とも上顎切歯部の前方拡大がみられ, 術前に反対咬合であった症例(写真1)でも, 術後には著しい拡大によって逆に上顎前突をきたす程であった(写真2)。外観側貌では, 顎基底部の拡大によるため鼻尖が突出し, 顔面中央部は単なる歯牙の唇側移動では得られないいわゆる“中高か”の顔面形態を得ることができた。

拡大ネジによって前方移動した小骨片は, 手指による外力によっても可動性は全く認められず, 離開部の両骨端は完全に骨性癒合をしているように思われた。同部の骨の新生状態を直視するため, 粘膜骨膜を剥離して骨表面を露出させたところ, 固定40日目のものでは表面の一部にわずかの線維性結合組織の残存しているものがみられたが, 固定期間が70日目, 100日目と経過するにつれ, 離開部を補填する新生骨は在来骨との識別が困難な程になった。

緩徐拡大法: 急速拡大法に比して, 小骨片の前方拡大量は少ない。しかし上顎歯列から判断すると, 拡大された小骨片内の切歯は, 術前より傾斜する傾向がみられる。すなわち骨片全体が前上方へ回転している。しかし拡大量が小さいため, 外観に影響をおよぼすほどの変化はもたらさなかった。

固定床下の粘膜は一般にかなり強い炎症々状を示している。固定40日目では骨表面には多量の線維性結合組織を含む仮骨形成を思わせたが, 固定期間が長期になるにつれ, 口蓋粘膜は糜爛状となり, 固定70日目では口蓋粘膜に穿孔をきたし, 鼻腔と交通し, 固定100日を待たず実験完遂前に鼻孔よりの排膿をとめない死の転帰をたどっ

た。

離開固定法: 骨切り直後, 同部を最大に拡大した状態で固定したにもかかわらず, 器械的拡大を行なった他の2方法にはその拡大量はおよぼず, 最小であった。また小骨片の拡大状態は, 可及的平行移動して固定したにもかかわらず前上方へ転位する傾向を示した。骨膜を剥離し直視下での仮骨形成を観察すると, 固定40日目では表面にわずかの残存結合組織をみたが, 小骨片の可動性は全くみられず, 固定70日では骨表面に結合組織はほとんど認められず, 旺盛な骨修復が行なわれ, 固定100日目では完全なる骨癒合を認めた。

2) 模型計測

拡大床によって得られた拡大距離を実測するため, 骨切り端にもっとも近い I_3 と C の距離の術前, 術後の差で拡大距離を表わし, 表1に示した。急速拡大法は最大12mm, 最少9.0mm, 平均10mmと3方法中最大の拡大量であるが, 拡大ネジによる予定拡大14mm ($0.7\text{mm} \times 20$) とは必ずしも一致していない。同様に緩徐拡大法でも最大8.0mm, 最小6.0mm, 平均7.5mmと予定量を下まわっている。離開固定法では他方法と同様に, 骨切り前に幅広い骨膜剥離を行ない, 最大に離開させたままで即時に固定したにもかかわらず, 最大4.5mm 最小2.0mm, 平均3.6mmといずれも3方法中最小の値しか示さない。上顎骨の前方拡大にともなう固定源の左右犬歯は, 反作用として遠心移動がみられ, 急速拡大は最大法1.5mm, 最小0mm, 平均1.0mm, 緩徐拡大群最大法2.5mm, 最小0mm, 平均1.2mm, そして離開固定法最大0.9mm, 最小0mm, 平均0.4mmであり, 離開固定法は最も小さな反作用しか受けていなかった。

3) X線学的成績

X線所見を記述するにあたり, 仮骨の名称は Weinmann⁴⁹⁾ の分類にしたがった。すなわち骨皮質に接して形成される Anchoring callus, 骨髓内に形成して髓腔を閉塞する Sealing callus, 両骨端に形成された Anchoring callus を連結する Bridging callus および両骨端の骨皮質を結合する Uniting callus に分け観察した。

① 急速拡大法:

固定40日所見: 骨折端拡大部の頰側中央より鼻腔側にかけていまだ淡い雲状陰影がみられ, sealing callus の形成はみられない。しかし口蓋側および鼻背側では明瞭なる不透過像を呈し, uniting callus の形成は旺盛である。しかし, uniting callus の周辺には anchoring callus はほとんどみられず, 口蓋側では骨離開部へ向

項 目 拡大法	動物番号	動的期間	固定期間	拡大距離	C 遠心移動
急速拡大法	15号	20日	40日	11.0mm	0mm
	27 "	"	"	10.0 "	0.9 "
	10 "	"	70日	12.0 "	1.5 "
	12 "	"	"	10.0 "	1.5 "
	29 "	"	"	9.5 "	1.1 "
	13 "	"	100日	9.5 "	1.0 "
	26 "	"	"	9.0 "	1.0 "
緩徐拡大法	25号	40日	40日	8.0mm	2.0mm
	14 "	"	"	7.5 "	2.5 "
	23 "	"	"	8.0 "	0.4 "
	28 "	"	70日	6.0 "	0
	16 "	"	"	6.5 "	1.0 "
離開固定法	24号	0日	40日	4.0mm	0mm
	18 "	"	"	2.0 "	0.9 "
	31 "	"	70日	4.0 "	0.5 "
	21 "	"	100日	3.5 "	0.5 "
	11 "	"	"	4.5 "	0.7 "
	6 "	"	"	3.5 "	0 "

って陥凹した像を示す (写真3)。

固定70日所見：骨端拡大部頰側中央に残された透過像もやがて **uniting callus** により陰影が著明となり、口蓋側1/2ではすでに仮骨像の硬化がみられる (写真4)。

固定100日所見：離開部は **uniting callus** でみたまされ、その仮骨は硬化を示し、骨折線は認められない。骨切りによる両骨断端は、新生骨により骨性癒合がほぼ完成されている (写真5)。

手術前と拡大後のそれぞれの側方レントゲン写真を重ね合わせて (図4) 顎骨の形態変化を観察すると、小骨片は全体として前方への著明な拡大がみられた。口蓋側の拡大量は鼻腔側の離開量に比して大きく、したがって小骨片はやや上方へも転位していた。顎骨を被う軟組織、ことに鼻尖、口唇は術前に比し、前方への突出が明瞭であり、鼻背側もやや上方へ転位する傾向がみられる (図4)。

② 緩徐拡大法

固定40日所見：骨端離開部は一般に陰影は薄く、仮骨の出現は遅れており、口蓋側で一部 **uniting callus** による連結がみられるが、大部分では骨性架橋は認められず、口蓋側より鼻腔側中央に向う帯状の透明層を形成し、骨断端辺縁での **anchoring callus** や **bridging callus** もほとんど認められず、仮骨形成の遅れは著し

い (写真6)。

固定70日所見：離開部での透過像は濃度を増すことはなく、むしろ周囲骨を破壊し小骨片の切歯々槽骨にも波及し、同部では骨吸収像を呈する。骨辺縁、ことに切歯の口蓋側では緻密骨が失なわれ、骨離開部との交通がみられる (写真7)。しかし5例中、例外的に1例のみは極めて旺盛な仮骨増加を示したものがあり、骨端離開部は良好な骨性架橋をしていた。

手術前、固定後の側方レントゲン写真の重ね合わせ (図5) によると、鼻腔側を中心とする前上方への転位がみられ、骨端離開の形態は楔状を呈している。一方軟組織の術後における変化をみると、鼻尖、上口唇は前上方へ突出しており、したがって術前に直線的であった鼻背は術後に凹部を上方へ向けた彎曲を示すようになって (図5)。

③ 離開固定法：

固定40日所見：口蓋および鼻背部の骨断端辺縁では、**anchoring callus** の形成はほとんどみられない。しかし、旺盛な **uniting callus** の増生により骨折端は架橋されている。離開部頰側中央ではいまだ紡錘形状の骨透過像がみられるが、その中心では樹枝状に伸びた仮骨像がみられる (写真8)。

固定70日所見：離開部中央に残る透過像は、周辺から

の旺盛な仮骨増加により、細い帯状の孤立した陰影として残されている。骨折端周辺での **anchoring callus** 形成は明瞭でない（写真9）。

固定100日所見：離開部は **uniting callus** により完全に充填され、仮骨は硬化し、在来骨との境界も不明瞭であり、骨癒合のほぼ完成した像を思わせる（写真10）。

術前、術後の側方レントゲン重ね合わせによると（図6）、小骨片は平行拡大を意図したにもかかわらず、口蓋側の離開のみが維持され、鼻背側の離開は行なわれず、したがって離開形態は緩徐拡大群と同様に楔状を示した。

顎骨を被う軟組織も鼻尖が前上方へ転位した結果、術前に比し鼻背は彎曲し、鼻尖、上口唇の前方突出も著明ではない（図6）。

4) 病理組織学的所見

A) 離開部新生骨について

① 急速拡大法

固定40日：頬側中央部、鼻背側1/2に残存する肉芽組織には、新生骨との間に多数の骨芽細胞がならび、盛んに造骨機転がみえる（写真11）。この傾向は離開部位による差はなく、骨中央、鼻背側とも等しく行なわれている。エオジン好性の新生骨はすでに両骨切り端を連結し、骨性癒合の像を呈している。

固定70日：残存線維性結合組織の完全消失には至らぬが、新生骨には骨梁の形成がみられ、その太さはいまだ細い。また、骨髓腔の形成もみられるが、髓腔は拡大しており、骨層紋も明瞭ではない。

固定100日：新生骨梁はほとんど完成し、多数みられた造骨細胞、破骨細胞もその数を減じ、骨梁は厚く密に形成されており、骨化機転は完成に近づいている（写真12）。

② 緩徐拡大法

固定40日：一般に骨新生量は貧弱であり、口蓋側、鼻背側とも **anchoring callus**, **uniting callus** を欠き、離開部の大半はいまだ結合組織成分によって占められている。結合組織内に形成された島嶼状の新生骨も、その辺縁には造骨細胞の量は少なく、両骨端の骨性癒合への過程は明らかに遅延している（写真13）。また拡大床に相当する口蓋粘膜直下には、リンパ球を主とする炎症性細胞浸潤がみられ、さらに深部組織への拡大波及が認められる。

固定70日：骨形成量は固定40日とほぼ同様であり、一部では骨性癒合もみられる。しかし大部分は線維性に骨断端を連結し、炎症細胞浸潤はことに小骨片に著明であ

り、骨梁を破壊し、炎症性肉芽組織で置換されている（写真14）。また鼻腔粘膜上皮が離開部の新生骨に迷入し、これを中心とした **bone cyst** を形成し、骨吸収しているものもみられた。

③ 離開固定法

固定40日：いまだ一部には線維性結合組織を残す部もみられるが、骨と接する部では多量の造骨細胞の出現があり、骨間隙の大部分は新生骨により充填されている。

固定70日：固定40日とは著差はなく、残存結合組織は口蓋より鼻背に至る帯状物となり、骨折線に沿ってわずかに認められる（写真15）。

固定100日：口蓋、頬側の一部には、癢痕化した結合組織をわずかに残すが、その他の大部分では新生骨による骨充填はきわめて旺盛であり、骨の緻密化、骨梁の形成、骨髓腔の形成はほぼ完成骨に近い像を思わせる（写真16）。

B) 切歯、犬歯とその歯周組織について

① 急速拡大法

固定40日：前歯々髓は炎症性肉芽組織となり、著しい炎症性細胞の浸潤をみる（写真17）。その歯根膜腔は全周にわたって拡大し、遠心部はことに著明である。拡大した歯根膜腔の歯槽表面には、類骨組織の新生をみる。また根尖より遠心根中央にかけて、象牙質、セメント質の軽度の吸収がみられる。

犬歯々髓には著変なく、象牙芽細胞その他の線維細胞もほぼ正常である。象牙質、セメント質にも何ら変化は見い出されない。歯根膜は近心歯頸部に軽度の拡大があるが、主線維の走行は明瞭で、ほぼ正常像を示す。

固定70日：切歯々髓は3例中1例に正常像を示すものがあるが、その他ではいずれも壊死に陥り、炎症性肉芽組織に置換されている。歯根膜は、近心側では主線維は明瞭で、その走行も乱れることもなく、幅もほぼ正常である。根尖部ではいずれも拡大傾向を示し、同部に隣接する歯槽底部は、外基礎層板は消失し類骨組織を著明に形成する傾向を示している。

犬歯々髓に著変はみられず。歯根部では象牙質およびセメント質の吸収が、遠心側根尖部に軽度に認められる。歯根膜腔は近心側は軽度の拡大を示し、同部には類骨組織の形成がみられる。遠心側の根尖部では、主線維の走行は明瞭で、歯根膜の幅もほぼ正常である。

固定100日：切歯々髓は壊死に陥り、歯髓組織は完全に消失し、肉芽組織で置換されている（写真18）。歯根膜の幅は全周にわたって正常であり、主線維の走行も明瞭である。歯根遠心のセメント質の吸収がみられる症例

では、象牙質が直接に歯根膜に接している。

犬歯は生活歯であり、歯髓組織はほぼ正常である。象牙質の近心側歯頸部では、軽度の吸収がみられるものがあるが、逆に根尖から遠心にかけてセメント質肥厚を示す症例もある。歯根膜腔は一般に拡大し、それは近心側において比較的著明である。拡大部歯根膜には、類骨組織の形成が著明である。

② 緩徐拡大法

固定40日：切歯々髓は壊死に陥る。歯根膜は、一般に近心側の幅はほぼ正常であるが、主線維の走行は不明瞭であり、根尖部では歯根膜腔の幅は拡大する。遠心側では著明に拡大しており、根尖部歯槽底に存在する炎症巣が歯根に波及して歯根膜の吸収融解は勿論、歯根長1/2まで吸収しているものもある。このように全症例の歯槽底には炎症性肉芽が存在し、小骨片の骨梁を含めて前歯々根の著明な吸収がみられる（写真19）。

犬歯々髓の造牙芽細胞や歯髓細胞などには変化はみられず、ほぼ正常像を呈する。歯根膜腔は一般に拡大しており、特に近心側は著明である。同部には造骨細胞の出現が著しく、正常な歯根膜幅への復帰がみられる。

固定70日：切歯々髓はいずれも壊死に陥り再生への機転は全くみられない。歯根膜は唇側ではやや幅の拡大がみられるが、主線維の走行は明瞭である。しかし歯根尖部および遠心側の歯根膜は炎症性肉芽組織によってみだされるが、炎症性変化が波及していない部分では骨梁の形成は旺盛であり、骨離開部の骨性癒合を保っている。

犬歯々髓に著変はない。歯根膜腔は、固定40日に比して拡大傾向を示し、ことに近心および遠心歯頸部で著しく、外基礎層板を欠き、類骨組織の形成がみられる。

③ 離開固定法

固定40日：切歯々髓は壊死に陥る。歯根膜腔は全周にわたって拡大しており、ことに根尖部で著しく、同部にて骨髓と交通するものさえみられた。歯根部は根尖部でセメント質が、遠心歯頸部では軽度の象牙質の吸収がみられた。歯根膜の主線維は根尖部を除いては、比較的明瞭であり、炎症などの異常所見は見出せない。歯根膜と接する歯槽骨には、セメント質の吸収窩に一致して、類骨組織の形成がみられる。

犬歯々髓は、変性萎縮を示す一部の象牙芽細胞層を除いては、ほぼ健康組織であり、セメント質、象牙質にも吸収あるいは肥大などの所見はない。歯根膜腔は近心側で拡大がみられ、歯頸部でもっとも幅広くなっている外は、遠心側、根尖部ともほぼ正常であり、歯根膜の主線維の走行にも著変は認められない。

固定70日：壊死に陥った切歯々髓の一部には、肉芽組織の増殖がみられる。歯根膜腔では、近心側に幅の拡大があり、その歯槽壁には菲薄な新生骨の添加がある。また遠心側根尖には、セメント質の吸収がみられ、同部にも類骨組織の増生がある。

犬歯々髓は冠部の一部に壊死像を呈するものの、その他では歯髓組織に著変はない。歯根部の象牙質、セメント質にも著変はない。歯根膜腔は、近心歯頸部から根尖にかけて拡大し、同部に接する近心歯槽壁には類骨組織が形成されているが、いまだ層板構造を示すには至っていない。根尖部および遠心側の歯根膜幅、主線維の走行などには著変はない。しかし1例では近心側歯槽壁には破骨細胞が出現し、吸収過程を呈している。

固定100日：切歯々髓は肉芽組織でみだされており、歯髓の固有細胞は全く消失している。歯根膜腔は近心側に軽度の拡大がみられるほかに著変はない。拡大部の歯槽壁には類骨組織が形成されており、正常な歯根膜幅へ復帰している。しかしいまだ層板を形成するまでには至っていない。

犬歯々髓は一部に変性を示す部が認められるが、象牙芽細胞層、線維細胞、細血管などには著変なく、全く健康像を示す。歯根部の象牙質、セメント質にも何ら変化はみられない。歯根膜腔は一般に近心はわずかに拡大しており、その他では正常であり、主線維の走行も明瞭である。

IV 考 察

上下の顎骨間に前後的あるいは垂直的に大きな skeletal unbalance のある症例、すなわち真性下顎前突症や著しい上顎上突症あるいは開咬などでは、非観血的矯正法だけでは顎骨の大幅な変化を期待するにはおのずと限界がある。

従来行なわれてきた外科的矯正処置は、上顎骨や下顎骨に量的な過成長がある場合に、その過剰部を切除し、上下顎骨間の正常な関係を得ようとするものである。

しかし前述したような種々なるタイプの反対咬合のうちでも、下顎骨は正常であり、上顎骨に劣成長があるために上下顎の相対的な skeletal unbalance を招来している症例においては、観血的に上顎骨の前方移動を計ることが絶対に必要な治療法であると考えられる。

さて生体の skeletal unbalance を観血的に修復する方法としては、古くから整形外科領域で行なわれる下肢延長術がある。すなわち種々なる疾患によって骨組織の劣成長や短縮があるとき、患肢に横骨折を起こして人工

的に離断し、同部を機械的に離開させて、哆開部が新生骨で充填されることにより下肢の延長を完成させようとするもので、既に多くの臨床例も報告されている^(30~42)

しかるに上顎骨を観血的に拡大延長する方法については、同部の解剖学的複雑さや、菲薄なる骨質で構成されているために危惧される骨修復への不安の故にか、全く等閑視されてきた。

従って上顎骨を観血的に離断、拡大しようとするとき、骨離開部および歯牙、歯周組織を含む小骨片がどのように修復され、変化していくかその機序を知ること、今後の観血的矯正法を確立するために、最も基本的な問題であると考えられる。

そこで著者は、上顎骨の観血的矯正法における基本的諸問題を解決するため、動物を用いて実験的な研究を行った。以下実験内容に関して2、3の考察を加える。

① 肉眼所見を模型計測について

拡大速度、方法の違いを問わず、3方法中いずれにおいても小骨片は前方移動のみでなく、上方へも傾斜する傾向を有していた。しかしこの骨片の上方転位は、1回の拡大量の多少によって大きく影響を受けている。すなわち0.2mm/日の緩徐拡大法でも、また一時に平均4.5mm拡大して固定した離開固定法でも、骨折端の離開形態は楔状を呈するに至った。これは骨折端に加える拡大力を、歯牙を介して行なったため、口蓋側にはより強い直接的な離開力が加わり、鼻背側では周囲を被う軟組織のため拡大力が減弱され、そのため拡大幅が小さくなる。さらに咀嚼時に加わる下顎前歯の上方へのベクトルが小骨片の上方転位を助長したものと考えられる。このような現象は、実際の臨床では開咬状態をひき起こすことになり、本法が骨や歯牙の合目的的方向への移動という治療目標にある以上、絶対に回避すべきことであろう。これに対して0.7mm/日の急速拡大法では、骨片がやや上方へ転位する傾向がみられはしたが、3方法中で最も転位は少なく、かつ幅広く前方拡大を行ない得た。従ってその顎骨を被う鼻孔および上嘴唇を含む軟組織も術後に“高まり”を得ることができた。これは上顎骨の劣成長を有する反対咬合に特徴的にみられる“中くぼみ”型の改善に対しても大きな期待を与えるものである。

模型計測によると、器械的拡大による骨折端の離開量は、急速拡大法で得られた12mmが最大であり、最小は手指で離開させた離開固定群の2.0mmであった。この最大離開量は20日間の動的期間で得られた値であり、骨折端の拡大量は拡大ネジによる器械的な漸次法が、手指による拡大法よりも顎骨の劣成長に対する有利な方法となり

得るものである。

一方小骨片の前方拡大の反作用を受ける上顎左右の犬歯の遠心移動量は、最大2.5mm（緩徐拡大法）、最小0mm（3方法とも）であった。これら反作用による遠心移動量の平均値は、緩徐拡大法1.2mm、急速拡大法1.0mmそして離開固定法0.4mmの順となる。故に上顎左右犬歯の遠心移動量は骨切り端に拡大時に加わる力の強さ（拡大量の大きさ）に逆比例すると言える。すなわち強過ぎる力は、歯を動かすには不適當であり、弱い力こそが歯牙移動の根源となり得るという臨床的事実と一致するものである。

② X線学的所見について

骨切り後に骨折端に牽引力を加えた場合のX線学的所見については、多くの報告があり、仮骨形成に対する影響に関しても論議の絶えない現状である。たとえば、河野⁴⁴⁾は家兎の脛骨に横骨折を起こさせ、骨折部に種々なる固定法を施して骨折治療状況を観察した。その結果牽引力を加えた骨折断端の仮骨形成は不良であると述べている。一方丸毛⁴⁵⁾らは家兎を用いて、1日1.0mm～2.0mmづつの2週間の漸増的な牽引力による拡大を行ない、脛骨長の10%の延長を行った結果、術後2週間で仮骨が出現し、4週間ではさらに著明となり、12週で骨髄の形成を認める程良好な結果を得たと報告している。また篠田⁴⁶⁾も成犬下腿に骨切り予定線に沿って十分な筒状の骨膜剥離を行って、延長器によって術直後4%、術後3日に3%、術後5日目に3%と合計10%の間歇的な漸増力による延長術を施行した。その結果、骨延長部は、拡大初期から出現するuniting callus、その後増量してくる外骨膜性のanchoring callusおよび両側のanchoring callusを結合するbridging callusにより充たされ、牽引力は骨再生機転に対し極めて有効であること報告している。

種々な牽引力を加えた本実験の上顎骨における仮骨形成は次のようであった。すなわち漸次的な拡大法のうちでも、比較的短時日（20日）の動的期間であった急速拡大法では、固定後70日目では拡大部の類側中央の一部を除いては、大部分が骨端部より伸展してきたuniting callusに充たされ、既に硬化像を呈するに至っている。固定後100日目では透過像は最早みられず、仮骨の大部分は硬化を示し、在来骨との境界も判然としなくなっている。一方器械的な拡大による動的期間を長期（40日）にした緩徐拡大法では、1回の拡大量が少なかつたにもかかわらず、固定40日に至るも骨折端での架橋は一部にみられるにすぎず、仮骨形成は遅れている。固定70日目では、離開部のX線透過像は一層顕著になり、骨破壊像を

呈し、それは小骨片の歯槽骨にも波及しており広範囲の骨吸収を思わせる。

このように上顎骨の漸次的前方拡大実験においては、急速拡大法では平均離開量は最大（平均10.0mm）であったにもかかわらず極めて順調な仮骨形成が認められた。これに対し緩徐拡大法では、固定日数の増加とともに仮骨形成量はむしろ減少している。このことより骨離開部に対する仮骨増生の良否は、拡大量よりむしろ拡大日数、すなわち動的期間の長短に密接な関係があると思われる。

漸次的拡大法によらずに、一時に最大の拡大を計った離開固定法では、他2方法に比し拡大量が小さく、かつ平行拡大を目論んだにもかかわらず鼻背側を頂点とした楔状拡大が行なわれていた。従って仮骨の補填は少量しか要しないためか、固定後40日目で辺縁は架橋され、極めて良好な仮骨増生をみながら、固定後100日目では骨癒合ほぼを完成していた。3方法とも仮骨形成は外骨膜性のanchoring callusはほとんどみられず、主として内骨膜に由来するuniting callusによる離開部の充填が大部分を占めていた。

③ 病理組織学所見について

正常な骨折治癒機転が、骨折断端に加わる種々なる外的、内的条件により変化し⁴⁷⁾質的、量的あるいは形態的にも影響を受けることは当然考えられるところである。

Eggers⁴⁸⁾は骨折端に圧抵抗を加えたときの仮骨形成についての病理組織学的検索を行い、contact-compressionが仮骨分化に好都合であると述べ、藤原⁴⁹⁾は骨折端における種々なる物理的条件下で、弱い牽引力が最も好ましい影響を与えると結論している。Weinmann⁴³⁾は強力な牽引力は骨の吸収、破壊をきたすが、一定限度内では骨の添加は増大すると述べている。また河野⁴⁴⁾は骨折端に種々の固定条件を賦与した実験を行ない、骨折治癒は固定条件如何によって影響されるものであり、正常治癒、遷延治癒あるいは病的治癒まで各種の傾向を認めている。

著者は可及的同一条件下においた上顎骨の骨折端に牽引力という外的物理的因子を、漸次的小および一時的に与えることにより生じた骨離開部および周囲組織の変化について病理組織学的検索を加えた。

まず骨離開部の所見として、固定日数が同じであっても、急速拡大法と緩徐拡大法とでは仮骨形成に著差を生じた。すなわち急速拡大法の固定40日目でみられる離開部の残存肉芽組織の周辺には、旺盛な造骨細胞の増殖がみられる。固定70日目では、肉芽組織部分は狭少とな

り、かつ肉芽組織内の各所に骨梁の形成をみるようになる。固定日100日目で、その骨梁は太く密となり、ほとんど完成した骨組織を呈する。一方動的期間に2倍の時間を要した緩徐拡大法では、著しい骨癒合の遷延がみられる。すなわち固定期間が40日目では骨肉芽の形成は弱く、離開部の仮骨および在来骨は吸収されて肉芽組織によって置換されている。70日目では、遂に口蓋骨に瘻孔を形成するに至るが、1例では鼻腔との交通を思わせる鼻腔粘膜上皮が嵌入し、それを中心とするbone cystを形成するものもみられた。

また一時的に最大に拡大した離開固定法では、固定70日目では既にほとんど新生骨で充填され、固定100日目では新生骨に骨梁の形成もみられ離開部の骨化は完成像を思わせる。

以上実験3方法による骨離開部の病理組織学的所見は前述したX線像の所見と一致し、それを裏付けるものである。すなわち骨離開部の修復機転は動的期間が短かった急速拡大法と離開固定法が良好な結果を示した。しかし長期の動的処置を行った緩徐拡大法では、骨髄炎や瘻孔形成を伴ない、著るしい骨性治癒の遅延を来した。この急速拡大法での上顎骨の所見と、長管骨における骨延長実験とを比較してみると、後者では篠田⁴⁶⁾の成犬下肢延長術でみられた如くanchoring callusの多量の増生をみたこと以外では、骨性癒合の時期および状態は極めて類似した結果であり、また丸毛⁴⁵⁾の家兎での下肢延長実験における仮骨形成所見とも同様所見を呈している。これらのことから上顎骨々折端部には牽引力（ただし急速拡大法）は有効に作用するものと考えられる。

ついで外科的に切断された小骨片の切歯々髓の生死問題もなおざりにされない点であろう。急速拡大法に例外的にみられた1例の生活歯髓を除いて、3方法いずれにおいても歯髓組織は炎症性肉芽組織により置換されており、歯髓組織への再生の機転は認められず、却って癥痕化を示した。このような歯髓所見は、上顎骨一部切除術に際しても周囲からの血流灌入があり、歯髓の生活力は保たれるというWalker⁵⁰⁾やObwegeser⁵¹⁾の説、あるいは骨切りが歯根尖より0.5cm以上離れていれば、その間にある吻合より歯髓への血流によって歯髓の循環は継続されるというBell⁵²⁾の説等と対立するものである。

しかしかれらの実験は、何れも上顎骨切除後直ちに整復固定されたものであり、切歯々髓を栄養する前上歯槽動脈系の再循環は比較的容易に行なわれたことが想像される。しかし本実験においては、上顎骨離断後経時的に牽引し、あるいは離断直後に骨折端を離開固定したもので

ある。そのため前上歯槽動脈の切断端の接合は著しく遅延し、骨折部創面は比較的長期にわたって開放され、催炎性刺激、特に細菌の侵入は必然的に起こるものと考えられる。勿論前歯部歯髓ならびに歯周組織のいずれもがその可能性をもつものである。しかし歯髓組織は主として前上歯槽動脈のみの支配を受けており、また比較的幼弱な間葉性組織であるため、特に被害状態に陥りやすいものとする。いずれにせよ、本法の臨床的応用に関しては、歯髓の根管充填の併用を余儀なくさせることを示唆する所見であろう。

切歯々根のその支持組織においては、急速拡大、離開固定の両方法とも根尖部遠心側に軽度の吸収があり、歯根膜腔、ことに遠心側は一般に拡大する傾向を有する。これは前方拡大力により切歯が歯槽内で唇側傾斜した影響であると考えられる。しかし固定期間が増加するにつれ、歯槽壁の表層では類骨組織が形成され固定100日目では歯根膜は正常幅に復帰している。緩徐拡大法では骨端離開部から波及した小骨片への炎症が、切歯々槽骨の吸収をも惹きおこし、炎症性肉芽組織を形成しながら遂には歯根長 $\frac{1}{2}$ 迄に至る高度の破壊吸収像を示している。

このことから切歯々根およびその支持組織に及ぼす牽引の影響は、動的期間が長期にわたるものでは著しいということがわかった。

小骨片の前方拡大に対する固定源となる上顎犬歯では、象牙芽細胞などの歯髓組織は、いずれの方法においても殆んど著変はみられない。また象牙質、セメント質は急速拡大法の固定100日目では歯頸部近心に軽度の吸収がみられたが、その他の症例では著見はみられない。歯根膜腔は各方法とも近心側は遠心側に比し拡大しており、主線維の走行も不明瞭であり犬歯の遠心傾斜の所見を呈している。固定70日目に達すると、いずれの方法においても歯根膜拡大部の歯槽骨最表層には、類骨組織や線維の再配列がみられ、比較的早期に正常像へ回復する傾向があった。このように固定歯に対する拡大力の反作用の影響は、いずれの方法においても軽微で、しかも早期に安定に向うものである。

以上、上顎骨劣成長に起因する下顎前突症に対して、観血的矯正法を導入するために、成犬を用いて実験を行った成績について述べたのであるが、本実験の臨床的応用の可能性は充分あるものといえよう。しかして急速拡大法、緩徐拡大法、離開固定法ともに仮骨形成は骨折端からの、主としてuniting callusの形成により離開部は充填されるのであるが、拡大法の違いによって治癒像に

は著しい相違がみられる。

まず離開部の骨性治癒状態は、急速拡大法および離開固定群においてほぼ同様の所見を呈し、固定100日目では骨性癒合は完成する。しかし離開固定法は離開量が少なく、かつ小骨片の上方傾斜の傾向が強いため良好な方法であるとはいえない。また急速拡大法においては、切歯部および犬歯の歯牙そのものや歯周組織に及ぼす悪影響も最も少く、かつ拡大量も平均10.0mmと3方法中最大である。この結果上顎骨の“中くぼみ”は改善され、所謂反対咬合に対する治療の目的も充分達成され得るものである。

固定を行った約100日間で骨折部位の骨形成は完了するが、これによって小骨片の位置が固定床除去後に安定するとは限らない。すなわち小骨片の前方移動によって緊張された骨膜、歯肉および周囲諸筋などにより後戻りする可能性があるからである。それらの適応性は移動量の大小、ならびに個体の相異なるなどの多くの条件によって影響を受けるものであり、この問題は今後の研究にまつ必要がある。しかし本実験は反対咬合者の治療が主目的であるから、反対の被蓋が正常な被蓋になれば、自然にその位置に保定されるので、固定床を使用したと同じ結果を生じ、上顎骨は安定され、改めて特別な人工的装置による固定期間は必要としないと考えられる。

要するに上顎骨の前方拡大の成否には、骨折端離開時の動的期間が密接に関連していることがわかり、一定限度内の拡大量であれば動的期間は短かい事が必要であるし、さらには所謂反対咬合に対する観血的矯正法は有効な治療手段になり得ることを強調したい。

V 結 論

上顎骨の劣成長に起因する所謂反対咬合の観血的矯正法による新しい治療法を開発するため、成犬の上顎骨に人工的に骨切りを行ない、拡大ネジで前方拡大して、次の結論を得た。

1) 上顎骨の前方拡大量は、急速拡大法が最大12mm、平均10mm、続いて緩徐拡大法の最大8.0mm平均7.5mmであり離開固定法では最大4.5mm、平均3.6mmであった。

2) 骨端離開部の新生骨はuniting callusを主体とするものであり、骨性癒合は急速拡大法、離開固定法において、固定100日では完成した。一方緩徐拡大法では、たえず加えられる芽組織への刺激のためか、却って著しい骨性治癒の遅延を招来した。

3) 骨折端拡大部の離開形態は、急速拡大法ではほぼ平行であり緩徐拡大法、離開固定法では楔状を呈し、小骨片は上方へ転位する。

4) X線所見と病理所見とはよく一致し、新生骨の増生状況の把握を容易にし、骨性治癒時期の判定に際して有効な手段となる。

5) 上顎切歯に対する影響は、歯髄では急速拡大法の1例を例外として、拡大法の差異を問わず全症例肉芽組織に置換していた。また歯根部では緩徐拡大法では、歯槽底の炎症性肉芽組織により著しい歯根の吸収をみたが、急速拡大法、離開固定法では、象牙質、セメント質の軽度の吸収を認めたにすぎなかった。また歯根部は小骨片内で僅かに唇側傾斜し、舌側歯根膜の拡大傾向を示したが、固定100日目ではほぼ正常幅に復した。

6) 固定歯である上顎犬歯への影響は、いずれも軽微であり、最大2.5mm. 最小0mm, 平均0.4mmの遠心移動を示した。歯髄組織、歯牙支持組織には著変はみられず、拡大法の違いによっても著差は認められなかった。

以上のことから急速拡大法は、観血的矯正法による上顎骨前方拡大の最も有効なる手段となり得ることが証明された。

(稿を終えるに当たり、終始御指導、御校閲を賜った恩師横田成三教授、並びに御懇篤な御指導、御校閲を頂いた本学病理学教室浦郷篤史助教授に深甚なる感謝の意を捧げる。また実験上適切な御教示を頂いた病理学教室船越啓右講師に衷心より謝意を表するとともに、同教室各位の御援助に深く感謝する。)

本論文の要旨は

昭和45年10月9日 第29回日本矯正歯科学会総会で発表した。

昭和46年9月14日 九州歯科学会例会で発表した。

IV 文 献

- 高橋新次郎；新編歯科矯正学：12—23, 永末書店（京都），（1965）。
- Graber, T. M. ; Orthodontics, Principle and Practice, 2nd ed., 204—205, W. B. Saunders Co., (1967)
- 須佐美隆三, 尾関哲也；下顎前突者の実態：日矯歯誌, 25, 271—272, (1960)。
- Wallace, J. S. ; Variation in the Form of the Jaws : London, Basillier, 155, (1927)。
- Hellmann, M. ; Morphology of the Face, Jaws and Dentition in Class III Malocclusion of the Teeth : J. A. D. A., 18, 2150—2731, (1931)。
- Moore ; Heredity as a Guide in Dento—Facial Orthopedics : A. J. O. O. S., 30, 549, (1944)。
- Broadbent, B. H. ; A new X—ray technique and its application to Orthodontia : Angle Orthodontist, 1, 45—66, (1931)。
- 粥川 浩；所謂反対咬合の形態学的研究第3編レントゲンセファロメトリーによる研究：日矯歯誌, 20, 170—191, (1961)。
- 山口明；所謂反対咬合のレントゲンセファロによる形態学的研究：九州歯会誌, 14, 342—560, (1960)。
- 須佐美隆三；下顎前突者の顎顔面頭蓋形態の年齢的推移に関するX線計測学的研究：日矯歯誌, 26 (1), 1—34, (1967)。
- Lundström, A. F. ; Malocclusion of the teeth regard as a problem in connection with the apical base : Int. J. Orthod., 11, 1109—1135, (1925)。
- Weinberger, B. W. ; Orthodontics an historical review of its origin and evolution. 1, 424—429, Mosby (St. Louis), (1926)。
- Krebs, A. ; Expansion of the midpalatal suture. studied by means of metallic implants : Acta odont. scandinav., 17, 491—501, (1959)。
- Haas, A. J. ; The treatment of maxillary deficiency by opening the midpalatal suture : Angle Orthodontist, 35, 200—217, (1965)。
- Brückl, H. et al. ; Nachuntersuchung behandelter Schmalkiefer : Fortschr. Kieferorthop., 23, 355—365, (1962)。
- Costa del Rio, D. ; Untersuchungen über das Rezidiv der transversalen Expansion, Fortschr. Kieferorthop., 23, 359—400, (1962)。
- Stahl, A. ; Zur Frage des Rezidiv bei der Behandlungen des Schmalkiefer : Fortschr. Kieferorthop., 23, 345—354, (1962)。
- Isaacson, R. J. et al. ; Some effects of rapid maxillary expansion in cleft lip and palate patients : Angle Orthodontist, 143—154, (1964)。
- Lebret, L. M. L. ; Changes in the palatal vault resulting from palatal expansion : Angle Orthodontist, 35, 97—105, (1965)。
- Haas, A. J. ; Palatal expansion : Just the beginning of dento—facial orthopedics : Am. J. Orthod., 57, 219—255, (1970)。

21. 松本 稔, 吉井修; 正中口蓋縫合の離開による顎の側方拡大を応用した1治験例: 日矯歯誌, 27, 166—174, (1968).
22. 鈴期祥井他; 拡大ネジⅢ. 症例, 日矯歯誌, 28, 146—162, (1969).
23. Debbane, E. F. et al.; A cephalometric and histologic study of the effect of orthodontic expansion of the midpalatal suture of the cat: Am. J. Orthod., 44, 187—219, (1958).
24. Haas, A. J.; Rapid expansion of the maxillary dental arch and nasal cavity by opening the midpalatal suture: Angle Orthodontist, 31, 73—90, (1961).
25. Burstone, C. J.; Sutural expansion by controlled mechanical stress in the rat: J. dent. Res., 38, 534—540, (1959).
26. Cleal, J. F. et al.; Expansion of the midpalatal suture in the monkey: Angle Orthodontist, 35, 23—35, (1965).
27. Starnbach, H. et al.; Facioskeletal and dental changes resulting from rapid maxillary expansion: Angle Orthodontist, 36, 152—164, (1966).
28. 清水達夫; 器械的刺激の頬骨発育に及ぼす影響について: 口科誌, 17, 251—257, (1968).
29. 小杉緑朗; 猫上顎骨側方拡大に関する実験的研究: 口病誌, 36, 223—245, (1969).
30. Condiavill, A.; On the means of lengthening, in the lower limbs, the muscles and tissue which are shortend through deformity: Am. J. Orthop. Surg., 2, 353—369, (1905).
31. Freiberg, A. H.; Condiavill's method of lengthening the lower extremity: Surg. Gyne. and Obst., 14, 614—617, (1905).
32. Putti, V.; The operative lengthening of the femur: J. A m. Med. Assn., 77, 934—935, (1921).
33. Abbott, L. C.; The operative lengthening of the tibia and fibula: J. Bone and Joint Surg., 9, 128—152, (1927).
34. Barr, T. S. and Ober F. R.; Leg lengthening in Adults: J. Bone and Joint Surg., 15, 674—678, (1933).
35. Bosworth, D. M.; Skeletal distraction of the tibia: Surg. Gyne. and Obst., 66, 912—924, (1938).
36. Moore, B. H.; A critical appraisal of the leg lengthening operation: Am. J. Surg. 52, 415—423, (1941).
37. Allan, F. G.; Operative lengthening of the lower extremity: J. Bone and Joint Surg. 30—B, 490—505, (1948).
38. Bost, F. C. and Larsen, L. J.; Experiences with lengthening of the femur over an intramedullary rod: J. Bone and Joint Surg., 38—A, 567—584, (1956).
39. Sofield, H. S.; Leg—lengthening: J. Bone and Joint Surg., 40—A, 311—322, (1958).
40. Blount, W. D. and Glaske, G. R.; Control of bone growth by epiphyseal stapling. : J. Bone and Joint Surg. , 31—A, 464—478, (1949).
41. Compere, E. L.; Indications for and against the leg—lengthening operation: J. Bone and Joint Surg. , 18, 692—705, (1936).
42. Smart, B. W.; Problems of leg length equalization: Postgrad. , 37, 348—353, (1965).
43. Weinmann; Healing of bones: Bone and Bones, 314—323, Mosby Co. (St. Louis), (1955).
44. 河部通忠; 生物学的見地よりみたる骨折治癒: 日整会誌, 29, 567—585, (1955).
45. 丸毛英二他; 下肢延長に関する臨床ならびに動物実験: 日整会誌, 39, 530—532, (1955).
46. 篠田之秀; 下肢延長術における骨修復過程の実験的研究: 札幌医誌, 30 (2/3), 140—163, (1966).
47. 吉村義之; 仮骨分化の実験病理学的研究: 日整会誌, 26, 73—88, (1952).
48. Eggers; Clinical significance of the compression factor in bone surgery: Arch. Surg. , 2, 467, (1951).
49. 藤原由利夫; 骨格筋トーマスの骨折治癒に及ぼす影響に関する実験的研究: 日整会誌, 36, 305—317, (1962).
50. Murphey, P. J. and Walker, R. V.; Correction of maxillary protrusion by osteotomy and orthodontic therapy: J. Oral Surg. Anesth. Hosp. Dent. Serv. , 21, 275 (1963).
51. Obwegeser, H.; American Society of Oral Surgery comprehensive conference on oral surgery: Walter Reed Army Medical Center, Washington

DC, (1966).

52. Bell, W. H. ; Revascularization and bone healing after anterior maxillary osteotomy : a study using adult rhesus monkeys : J. Oral Surgery, 27, 249—255, (1969).

〔附図説明〕

図1 : ネジ付き拡大床 (側面)

R. P : レジン床 E. S : 拡大ネジ

図2 : ネジ付き拡大床 (咬合面)

図3 : 仮骨の分類 (Weinmann による)

① Anchoring Callus ② Bridging Callus

③ Sealing Callus ④ Uniting Callus

図4 : 急速拡大法による術前, 術後の X線写真重ね合わせによるトレーシング

実線 : 術前 点線 : 術後

図5 : 緩徐拡大法による術前, 術後の X線写真重ね合わせによるトレーシング

実線 : 術前, 点線 : 術後

図6 : 離開固定法による術前, 術後の X線写真重ね合わせによるトレーシング

実線 : 術前, 点線 : 術後

〔写真説明〕

写真1 : 術前に前歯部は反対咬合をしている。

2 : I₃~C 間は拡大され, 反対咬合は改善されている。

3 : 急速拡大法, 固定40日離開部の淡い雲状陰影

4 : 急速拡大法, 固定70日離開部に出現した多量の uniting callus

5 : 急速拡大法, 固定100日離開部の骨性癒合ほぼ完成

6 : 緩徐拡大法, 固定40日離開部は透過像を呈し, 仮骨の出現は少ない。

7 : 緩徐拡大法, 固定70日離開部の透過像は小骨片にもおよび, 前歯根尖にも吸収を思わせる透過像がみられる。

8 : 離開固定法, 固定40日離開部には旺盛な uniting callus 増生をみる。

9 : 離開固定法, 固定70日透過像は骨折端離開中央部に一部残存するのみで, 良好な仮骨形成がみられる。

10 : 離開固定法, 固定100日離開部の仮骨は硬化し, 骨性癒合の完成像である。

11. 急速拡大法, 固定40日, 肉芽組織周辺には旺盛な造骨細胞の出現があり, 造骨が行なわれる (H-E 染色, ×50)

12 : 急速拡大法, 固定100日, 離開部の新生骨には骨髓の形成がみられ, 離拡大部の修復はほとんど完了された状態を示す。 (H-E 染色, ×50)

13. 緩徐拡大法, 固定40日, 離開部の大部分は肉芽組織によって占められ仮骨量は少なく, 島嶼状に出現した新生骨周辺の骨芽細胞も少ない。 (H-E 染色, ×50)

14 : 緩徐拡大法, 固定70日, 離開部表層は潰瘍を形成し, 潰瘍縁には炎症性細胞の著しい浸潤があり, また骨組織は炎症性肉芽組織によって吸収される。 (H-E 染色, ×50)

15 : 離開固定法, 固定70日, 離開部は旺盛な仮骨の増生があり, 一部残存した線維性結合組織のみである。 (H-E 染色, ×50)

16 : 離開固定法, 固定100日, 新生骨には骨髓腔の形成が始まり, 離開部の修復は完了に近い状態を示す。 (H-E 染色, ×50)

17 : 急速拡大法, 前歯々髓, 固定40日, 歯髄は炎症性肉芽組織によって置換される。 (H-E 染色, ×50)

18 : 急速拡大法, 切歯々髓固定100日, 炎症性肉芽組織は癒痕化し, 一部には石灰化を示す部もみられる。 (H-E 染色, ×50)

19 : 緩徐拡大法 : 切歯々根, 固定40日, 歯槽底部炎症性肉芽組織の増生にともなう切歯々根の著明な吸収。 (H-E染色, ×50)

図 1

図 4

図 2

図 5

図 3

図 6

写真 1

写真 2

写真 3

写真 4

写真 5

写真 6

写真 7

写真 8

写真9

写真13

写真10

写真14

写真11

写真15

写真12

写真16

写真17

写真18

写真19