上顎骨側方拡大装置 Quad-helix による正中口蓋縫合の 拡大に関する病理組織学的研究

福岡歯科大学口腔病理学講座 (指導: 北村勝也教授)

福岡歯科大学歯科矯正学講座 (指導: 松本光生教授)

中 川 幹 夫

昭和61年6月24日受付

Histopathological Study of the Maxillary Expansion of the Midpalatal Suture Using the Quad-helix Appliance

Mikio Nakagawa

Department of Oral Pathology (Director: Prof. Katsuya Kitamura)

Department of Orthodontics (Director: Prof. Mitsunari Matsumoto)

Fukuoka Dental College, Fukuoka, Japan

The present study was performed to examine clinically and histopathologically the effects of maxillary expansion using the quad-helix appliance. Twenty seven young dogs were divided into nine groups of three dogs each. One group was used as control. A force of 600g was applied for expansion of the maxillary dental arch. Five groups were sacrificed at 1, 2, 3, 4, and 6 weeks after appliance insertion. Three other groups were sacrificed at 3, 4, and 6 weeks after appliance reactivation 2 weeks post-insertion.

1. At first the amount of maxillary arch width increased from 3 to 4 weeks after appliance insertion in the anterior area of the surviving dogs. But 5 weeks after insertion, the arch width of the posterior area was more expanded than that of the anterior area.

2. In comparison with the groups which were activated once, the amount of maxillary arch width was greater in the reactivated groups.

3. The quad-helix appliance caused wedge-shaped expansion of the midpalatal suture, with the anterior area more widely open as shown in the occlusal roentgenogram.

4. The histopathological examination of midpalatal suture was performed after maxillary expansion and tissue blocks were removed from the selected sites: the incisive area, maxillary area and palatine area.

1) The suture was separated but the sutural spaces were filled with newly formed bone, and the suture maintained its shape after maxillary expansion in all experimental groups.

2) In the reactivated groups, the new bone formation proceeded actively and the

restoration of sutural area was satisfactory, although the amount of sutural expansion was greater than that of the singly activated groups.

3) In the incisive area, the histopathologic findings of both experimental groups indicated almost the same type of mechanical influences.

4) The maxillary area consisted of midpalatal, interincisive, incisivomaxillary and vomeroincise sutures. The width of the sutural expansion was greater along the oral surface than along the nasal surface. In the singly activated groups, the expansion of each suture following new bone formation and restoration occurred very smoothly during all periods. But in the reactivated groups, in long range cases, the expansion of the midpalatal suture was greatest. Consequently bone formation in the maxillary area did not take place, in contrast with the singly activated groups. However, in the other sutures of the upper region, the restoration proceeded actively and the function and shape of the palatal vault were maintained by the compensating growth of the other sutures.

5) In the reactivated groups, the sutural expansion of the palatine area was slightly greater than in the singly activated groups.

Key words : *Histopathology / Maxillary expansion / Quad-helix / Midpalatal suture / Dog*

緒 言

矯正歯科において、上顎歯列弓の狭窄を伴う不正咬合は、しばしば見られる。この狭窄歯列弓の成因は、上顎骨自体の劣成長により、上顎骨の狭小化をもたらしたものと、歯列弓のみが狭窄したもの、あるいは両者に起因したものがある。

この狭窄歯列弓の矯正治療には、上顎骨あるいは上顎歯列弓を側方へ拡大しなければならない。一般に上顎骨自体に異常がある場合は、急速拡大装置が、歯列弓のみに異常がある場合は、緩徐拡大装置が用いられてきた。

側方拡大装置は、Angell (1860)¹⁾が報告して以来、急速拡大装置、緩徐拡大装置、Minne-expander, Coffin の W-spring, Quad-helix 装置など種々の方法が用いられてきた。

このうち Quad-helix 装置は、Coffin (1881)²⁾により紹介された可撤式装置のなかで用いられた W-spring に、Ricketts (1973)³⁾が、前方部と後方部に4個のヘリックスをつけ、応用し易く改良したものである。この装置は上顎歯列弓の拡大のみならず、正中口蓋縫合の拡大をも行なえると考えられている。

Quad-helix 装置に関する臨床的研究は、Chaconas ら (1977)⁴⁾, Birnie ら (1980)⁵⁾, Bell ら (1981)⁶⁾, Frank ら (1982)⁷⁾, Asher (1985)⁸⁾, 久保田ら (19

85)⁹⁾がある。しかしながら、Quad-helix 装置に関する基礎的研究としては、Chaconas ら (1982)¹⁰⁾, 鴨頭ら (1983)¹¹⁾による力学的研究がみられるのみで、病理組織学的研究は行なわれていない。そこで著者は、Quad-helix 装置の作用機序について、病理組織学的検索を行なったので報告する。

実験材料および方法

I. 実験材料

実験には、永久歯の萌出した健康な若犬を用いた。犬は、搬入後、1週間の順応期間の後に、実験に供した。飼育には固形飼料 (D.S. オリエンタル酵母) を用いた。実験期間中、特に異常はみられなかった。

実験群は、活性化した装置装着後、1週、2週、3週、4週、6週の1回活性化群を5群、および2週目に2回目の活性化を行なってから1週 (最初から3週目)、2週 (最初から4週目)、4週 (最初から6週目) の2回活性化群を3群、装置を装着しなかった対照群の合計9群とし、それぞれ3頭ずつ総数27頭を用いた。

II. 実験方法

装置作製のための上顎の印象採得、装置装着、X線撮影および距離計測は、ケタラール50 (三共; 塩酸ケタミン) 0.3ml/kg を筋注の後、ネンブタール (大日本; ペントバルビタール) 25mg/kg を静注し、全身麻酔下の

もとで行なった。Quad-helix 装置の固定歯となる上顎第4前臼歯に歯冠形成を行ない、アルジネート印象材にて印象採得し、直ちに硬石膏を注入し作業模型とした。固定歯の鑄造バンドは、通法に従い作業模型上で、鑄型採得を行ない20%金銀パラジウム合金にて鑄造し、鑄造バンドを作製した。Quad-helix 装置に使用するワイヤーは、.038" blue elgiloy wire (R. M 社) を使用し、通法に従い屈曲し、先に製作した鑄造バンドと金鑲にて鑲着した。

装着は、フジ・アイオノマー・セメントで合着し、脱落防止の為に鑄造バンドに TMS ピン (T-01) を用いて維持力の強化をはかった (写真1)。

写真1 装置装着時

Quad-helix 装置の活性化は平行活性とし、上顎第4前臼歯部で600gになるよう調節した (図1)。

再活性化には、Ricketts (1973)³⁾ が述べているように、口腔内で三嘴プライヤーにてアンテリオー・ブリッジと左右のバックル・ブリッジを屈曲し、装置が側方歯群と平行に活性化されるようにした (図1)。

Ⅲ. 拡大量の計測 (図2)

拡大量の計測のために、上顎左右犬歯、および上顎左右第4前臼歯の近心歯頸部にピンホールを形成し、 $\frac{1}{20}$ 副尺付きノギスにて直接、口腔内で計測した。計測は、装置装着時、および装着後3日、1週、10日、2週、17日、3週、24日、4週、31日、5週、38日、6週に行なった。

Ⅳ. 咬合法X線写真撮影

正中口蓋縫合の離開状況をX線写真で観察するために、咬合法X線写真を装置装着時および装着後1週間毎に撮影した。

V. 標本作製

イソゾールを心臓内に直接注入して、屠殺し、直ちに上顎を切り出し、ピクリン酸を含むホルマリン溶液にて固定した。試料は、正中口蓋縫合部を前方部 (左右犬歯間)、中央部 (左右第2前臼歯間)、後方部 (左右第4前臼歯間) で採取し (図3)、20%クエン酸ナトリウムと

図1 Quad-helix 装置の活性方法

図2 歯列弓幅径の計測部位

図3 試料採取部位

図4 1回活性化例における歯列弓幅径の変化

図5 2回活性化例における歯列弓幅径の変化

50%ギ酸の等量混合液にて脱灰，水洗後，エチルアルコール・N-ブチルアルコール系列にて脱水，パラフィン包埋し，前額断による7 μ mの連続切片を作製し，ヘマトキシリン・エオジン染色を施し鏡検した。

結 果

I. 拡大量の計測結果

1 回活性化群では，装置装着後3週までは犬歯間の拡大量が第4前臼歯間の拡大量より大きい。しかしながら4週目には，第4前臼歯間の拡大量の方が犬歯間の拡大量を上回り，4週からは犬歯間，第4前臼歯間ともに拡大量が減少する（図4）。

2 回活性化群では，再活性化までの拡大量は，1回活性化群と同様の傾向である。1回活性化群では4週から拡大量が減少するのに対して，2回活性化群では4週以後も，拡大量が増加している（図5）。

II. X線学的所見（咬合法X線像）

A. 1回活性化群

装置装着時のX線像では，正中口蓋縫合は前方部から後方部にかけて明瞭な1本の線状のX線透過像として観察される。幅は前方部で広く，後方部で狭い。正中口蓋縫合部の骨辺縁は，後方になるにしたがって，明瞭なX線不透過像を示している（写真2）。

装置装着後1週例では，正中口蓋縫合は装置装着時に比べて透過像の幅を増している。これは前方部で大きく，後方部で小さい楔状の離開の状態を示している。上顎中切歯間には間隙を生じている（写真3）。

写真2 装置装着時

装置装着後2週例では、正中口蓋縫合部の前方部の透過像が1週例より拡大している。骨の辺縁部付近では中央に向けて、1週例よりも透過性が減少している。縫合の中央部は透過性の高い迂曲した線として認められる。後方部でも縫合の幅は増加しているが、前方部に比べると狭い。上顎中切歯がわずかに近心傾斜し、側切歯との間に間隙を生じている (写真4)。

装置装着後3週例では、正中口蓋縫合部の透過像幅は2週例よりもやや拡大している。2週例よりも透過性が減少しており、骨の辺縁部から中央に向けての不透過像

の範囲が広がっている (写真5)。

装置装着後4週例では、正中口蓋縫合部の前方部では不透過性は3週例より増加し、透過像は縫合部の中央に線状に細くなっている。縫合部の透過像幅は3週例とほぼ同じである。後方部の縫合部の透過像幅は3週例よりやや広がっている。縫合部の透過性は前方部と同様に3週例より減少している (写真6)。

装置装着後6週例では、前方部の縫合の中の不透過性は4週例よりも増し、装置装着時の状態に戻っている (写真7)。

写真3 1回活性化群 装置装着後1週

写真5 1回活性化群 装置装着後3週

写真4 1回活性化群 装置装着後2週

写真6 1回活性化群 装置装着後4週

B. 2回活性化群

2回活性化後1週（装置装着後3週）例では、1回活性化群の3週例よりも正中口蓋縫合部の透過性が増し広がっている。骨の辺縁から中央部に向けて、わずかに透過性が減少している（写真8）。

2回活性化後2週（装置装着後4週）例では、2回活性化後1週例よりも拡大が進み、正中口蓋縫合の前方から中央部にかけて透過像の幅が増しており、1回活性化後4週と比べてかなり広い。正中口蓋縫合部に面する骨

の辺縁から中央に向けて、鋸歯状の半透過像が認められる（写真9）。

2回活性化後4週（装置装着後6週）例では、正中口蓋縫合はさらに離開しているが、骨の辺縁にみられる鋸歯状の半透過像の幅が2回活性化後2週例よりも増している（写真10）。

Ⅲ. 病理組織学的所見

A. 対照群

写真7 1回活性化群 装置装着後6週

写真9 2回活性化群 再活性化後2週
（装置装着後4週）

写真8 2回活性化群 再活性化後1週
（装置装着後3週）

写真10 2回活性化群 再活性化後4週
（装置装着後6週）

a. 前方部 (写真11, 12)

正中口蓋縫合を形成する骨は、左右の切歯骨からなり、骨壁は比較的平滑である。縫合の幅は、口腔側では狭く、鼻腔側でわずかに広がっている。切歯骨の骨髓腔は広く、血管が豊富である。縫合部は、結合組織により左右の骨壁が結合しており、線維芽細胞に富み、血管が豊富である。線維は口腔側より鼻腔側の方が整然と配列し、骨壁に対しほぼ垂直に走行しているが、斜走しているものもある。

b. 中央部 (写真13, 14)

中央部の正中口蓋縫合は、口腔側では左右の上顎骨口蓋突起よりなっている。縫合部の骨は、口腔側にわずかに膨隆して口蓋隆起を形成している。上部は左右の切歯骨よりなる切歯間縫合に続いている。上顎骨の口蓋突起と切歯骨とは切歯上顎縫合により結合している。左右の切歯骨の上部では、鋤骨との鋤骨切歯縫合が斜め上方に走行している。

正中口蓋縫合の骨壁は全般的に蛇行している。特に口腔側では骨壁の形態は鋸歯状で、左右の骨が歯車状の嵌合をしている。縫合の幅は口腔側で狭く、鼻腔側でわず

写真11 対照 前方部 (3.3×2)

写真13 対照 中央部 (3.3×2)

写真12 対照 前方部鼻腔側 (3.3×10)

写真14 対照 中央部 (3.3×4)

かに広がっている。左右の骨壁間には線維芽細胞に富んだ結合組織が存在し縫合を形成している。線維の走行は口腔側より鼻腔側の方がより整然と配列し、前方部と同じく骨壁に対しほぼ垂直に走行しているが、斜走しているものもある。口腔側の縫合部の入口は骨膜が進入して、内部の結合組織へ移行している。縫合部の結合組織は血管が豊富である。

切歯間縫合は、上顎骨の口蓋突起による縫合のような嵌合がみられず、骨壁は平坦で直線的な形態をしている。縫合部の結合組織は血管が豊富で、上方の方が線維の配列が整然としている。

切歯上顎縫合の骨壁は上顎骨側は平坦であるが、切歯骨側は大きく陥凹し、そこには大きな動脈、静脈、神経がみられる。縫合部は血管に富んだ結合組織よりなっている。

鋤骨切歯縫合は比較的平坦な骨壁で、ほぼ直線的な形態を示し、他の縫合と同様に血管に富んだ結合組織により結合されている。

c. 後方部 (写真15)

正中口蓋縫合を形成する骨は、左右の口蓋骨の水平板からなり、縫合部の形態は、口腔側では骨壁が平坦で直線的であるが、上方では骨壁の凹凸が強く、突出部の先端が屈曲して、複雑に絡み合った嵌合をしている。縫合の幅は口腔側で狭く、鼻腔側でわずかに広がっている。縫合部の口腔面の骨はわずかに膨隆して口蓋隆起を形成している。縫合部の結合組織は血管が豊富で、口腔側よりも上部の方が線維の配列が整然としている。線維芽細胞は中央部に多数みられる。

B. 1回活性化群

1. 装置装着後1週

a. 前方部 (写真16, 17)

拡大に伴い正中口蓋縫合は口腔側と鼻腔側とほぼ同じ

写真15 対照 後方部 (3.3×2)

幅になっている。縫合部の線維は伸長しているが断裂はみられない。走行が対照群より骨壁に対して垂直になっている。結合組織線維は、ところどころ硝子様変性をおこし、核の濃縮や消失がみられて、細胞の数が減少している。骨壁には骨の新生はみられない。縫合部の結合組織の血管は拡張、充血している。

写真16 1回活性化群 装置装着後1週前方部 (3.3×2)

写真17 1回活性化群 装置装着後1週前方部 口腔側 (3.3×10)

b. 中央部 (写真18, 19)

正中口蓋縫合は、鼻腔側より口腔側の方が拡大が大きく、縫合の幅は、口腔側と鼻腔側とほぼ同じになっている。縫合部の線維は伸長しているが、断裂はみられない。線維芽細胞は縫合の中央部に多くみられ、骨壁付近では細胞が少なく線維が多い。線維の走行は骨壁に対して垂直である。線維の伸長は切歯間縫合や切歯上顎縫合の下部にまで及んでいる。切歯間縫合の上部や鋤骨切歯

写真18 1回活性化群 装置装着後1週中央部
(3.3×2)

写真19 1回活性化群 装置装着後1週中央部
(3.3×4)

縫合では線維の伸長はほとんどおこっていない。正中口蓋縫合や切歯間縫合には血管の拡張や充血がおこっているが、切歯上顎縫合や鋤骨切歯縫合では、血管の拡張や充血はほとんどおこっていない。

c. 後方部 (写真20)

拡大によって、左右側の骨の嵌合は対照群より単調になっている。口腔側と鼻腔側の離開の程度がほぼ同じ幅になっている。口腔に面する骨面の辺縁に軽度の吸収がみられる。縫合部の線維は伸長し、特に口腔側で著しい。左右側の骨を結合している線維の走行は骨にほぼ垂直である。血管は拡張、充血している。

2. 装置装着後2週

a. 前方部 (写真21, 22)

写真20 1回活性化群 装置装着後1週後方部
(3.3×4)

写真21 1回活性化群 装置装着後2週前方部
(3.3×2)

正中口蓋縫合の拡大は1週よりも進んでいる。結合組織線維の伸長が強くなり、縫合部の中央の血管の拡張や充血も強くなっている。左右の骨の嵌合は単調となり、ほとんど平坦なものもある。表面には骨芽細胞が多数出現し、部分的に幼若な骨の新生がおこっている。

b. 中央部 (写真23, 24, 25)

正中口蓋縫合の拡大は1週よりも進み、切歯間縫合におよんでいる。正中口蓋縫合の骨の嵌合がなくなり、骨面は凹凸が弱くなっている。骨面には骨芽細胞が多数出現し、幼若な新生骨が形成されている。口腔面の骨が破骨細胞により吸収され、口蓋隆起は1週より平坦になっている。縫合部の結合組織の線維は伸長しており、水平に走行している。血管の拡張や充血はみられない。

切歯間縫合は拡大が上方まで進んでいる。骨壁には骨芽細胞が配列しており、上方より下部の方が骨の新生が多い。縫合部の結合組織線維は伸長している。血管の拡張や充血はみられない。

切歯上顎縫合や鋤骨切歯縫合においても軽度の拡大がみられ、結合組織線維の伸長がみられる。これは口腔に近い下方の方が伸長が強い。骨壁には骨芽細胞が配列している。血管の拡張や充血はみられない。

c. 後方部 (写真26)

正中口蓋縫合の拡大は1週よりも進んでいる。縫合の形態は口腔側では直線的で、鼻腔側では嵌合している。骨壁には骨芽細胞が配列して幼若骨の形成がみられる。縫合部の結合組織線維は伸長して水平に走行している。

写真22 1回活性化群 装置装着後2週前方部
(3.3×10)

写真24 1回活性化群 装置装着後2週中央部
正中口蓋縫合 (3.3×10)

写真23 1回活性化群 装置装着後2週中央部
(3.3×4)

写真25 1回活性化群 装置装着後2週中央部
切歯間縫合 (3.3×10)

血管の拡張や充血はみられない。口蓋隆起は平滑になっている。

3. 装置装着後3週

a. 前方部 (写真27, 28)

正中口蓋縫合の拡大は2週よりも進み、鼻腔側より口腔側の幅が大きくなっている。2週では新生骨が部分的に形成されていたが、3週では骨壁の全体にわたって多数の新生骨梁が形成され、中央に向かって長く、水平に伸びている。新生骨梁の形態は種々で、細いもの、太いもの、分岐しているもの、上下の骨梁の先端が癒合しているものなどがみられる。左右の新生骨梁の間には嵌合はおこなっていない。新生骨梁の周囲には骨芽細胞が多数配列している。母床骨と新生骨梁の境界は明瞭である。

縫合部の結合組織線維は鼻腔側が口腔側より密である。縫合の中央部では結合組織が密であるが、新生骨梁間は疎である。線維の配列、走行は不規則である。血管は口腔側よりに多く、大きな血管がみられ、拡張や充血がおこなっている。

b. 中央部 (写真29, 30)

縫合の拡大が2週よりも進んでいる。前方部よりも拡大が強くおこなっており、正中口蓋縫合や切歯間縫合の拡大の幅が大きく、これは切歯上顎縫合や鋤骨切歯縫合にまで及んでいる。拡大は切歯間縫合よりも正中口蓋縫合の方が大きい。両方の縫合とも骨壁の全体にわたって、細くて長い新生骨梁が形成されているが、切歯間縫合では細長い新生骨梁の形成は下方に多く、上方ではほとん

写真26 1回活性化群 装置装着後2週後方部
(3.3×4)

写真28 1回活性化群 装置装着後3週前方部
鼻腔側 (3.3×4)

写真27 1回活性化群 装置装着後3週前方部
(3.3×2)

写真29 1回活性化群 装置装着後3週中央部
(3.3×2)

どみられない。左右の新生骨梁の先端間の距離は前方部よりも広い。これらの骨梁の周囲には骨芽細胞が多数配列している。骨梁の形は種々で、先端が尖っているものも多く、骨梁の途中や先端で隣接の骨梁が癒合しているものもある。縫合部の線維は伸長しており、新生骨梁の先端からはほぼ水平に結合組織線維が伸びている。縫合の中央部では結合組織が密で、上下の骨梁間は疎である。血管の拡張や充血はみられない。母床骨と新生骨梁の境界は明瞭である。口蓋隆起は平坦になり、骨膜の膠原線維が伸長している。

切歯上顎縫合は拡大しているが、骨面には新生骨梁の形成はみられない。縫合部の結合組織線維が伸長している。

鋤骨切歯縫合でも拡大がみられる。鋤骨側に細長い新生骨梁が櫛の歯状に形成されている。切歯骨側には細長い新生骨梁の形成は認められないが、薄く幼若な骨が形成されている。新生骨梁の表面には骨芽細胞が多数配列

している。鋤骨側の新生骨梁の先端と切歯骨側の骨面との間では結合組織線維が伸長しており、線維芽細胞も豊富である。鋤骨側の骨梁間の結合組織は疎である。縫合部の結合組織には、全般的に血管の拡張や充血がみられる。

c. 後方部 (写真31)

正中口蓋縫合は2週より拡大が進み、母床骨から細長い新生骨梁が伸びている。これらの新生骨梁は、骨面の中央部から出ているものが長く、上下の辺縁から出ているものが短い。新生骨梁の先端は一般に尖っており、隣接の骨梁が癒合しているものもある。骨面や新生骨梁の表面には骨芽細胞が多数みられる。縫合部の結合組織は密であるが、新生骨梁間のものは疎である。結合組織

写真30 1回活性化群 装置装着後3週中央部
正中口蓋縫合 (3.3×4)

写真31 1回活性化群 装置装着後3週後方部
(3.3×4)

写真32 1回活性化群 装置装着後4週前方部
(3.3×2)

写真33 1回活性化群 装置装着後4週前方部
(3.3×4)

線維は水平に伸長している。口腔側の骨面には破骨細胞がみられ、骨面が平坦になっている。血管の拡張や充血はみられない。

4. 装置装着後4週

a. 前方部 (写真32, 33)

正中口蓋縫合の拡大は3週よりも進んでおり、口腔側の方が鼻腔側より拡大が大きい。縫合部の骨面に形成されている新生骨梁は全般的に3週よりも長く、太くなって石灰化が進んでいるが、大きさが不揃いで多様である。新生骨梁の先端は尖っているもの、棍棒状のもの、膨隆したものなどがみられる。下方の口腔側に近いものが長さが長く、上方のものが短い。上下の新生骨梁が部分的に癒合して網目状を呈しているところもある。左右

写真34 1回活性化群 装置装着後4週中央部
(3.3×2)

側の新生骨梁間が3週よりも狭くなり、中心部で嵌合を始めている。骨梁の表面には骨芽細胞が多数みられる。縫合の中央部の結合組織は密であるが、上下の骨梁間では疎である。左右の骨梁の先端間の線維の伸長は弱い。縫合の上部では血管の拡張や充血がみられる。

b. 中央部 (写真34, 35, 36)

正中口蓋縫合の拡大は3週よりも大きくなり、骨壁からの新生骨梁も3週よりも全般的に長くなって石灰化が進んでいる。左右側の新生骨梁間は3週よりも狭くなり、縫合の形態は蛇行している。この左右の骨梁間の縫合の中心部の結合組織は密であるが、上下の骨梁間では疎である。結合組織内の血管の拡張や充血は3週よりも弱くなっている。縫合の拡大は正中口蓋縫合の方が切歯間縫合よりも大きい。口蓋隆起は平坦になっている。

切歯間縫合は、正中口蓋縫合よりも狭いが、3週よりも拡大が進んでいる。骨面から形成されている新生骨梁は、縫合の全面にわたって細く長くなっている。先端の形は尖ったものや、丸いものなど種々である。新生骨梁の太さは縫合の下部のものが上部のものよりやや太い。骨面には骨芽細胞がみられる。左右の新生骨梁間の結合組織は密であるが、上下の骨梁間は疎である。前者では血管が豊富である。

切歯上顎縫合は、突起状の新生骨梁の形成はみられず、骨面に沿って一層の薄い幼若な新生骨が形成されているのみである。骨面には骨芽細胞がみられる。

鋤骨切歯縫合の新生骨梁の形成は鋤骨側のみにみら

写真35 1回活性化群 装置装着後4週中央部
切歯間縫合 (3.3×4)

写真36 1回活性化群 装置装着後4週中央部
鋤骨切歯縫合 (3.3×4)

れ、3週よりも数が多くなり、太くなって石灰化が進んでいる。新生骨梁は上下のものが癒合しているところがある。鋤骨の最下部では、切歯間縫合に向けて形成されている新生骨梁がみられるが、切歯骨からは新生骨梁は形成されていない。骨面には多数の骨芽細胞を認める。鋤骨側の新生骨梁の先端と切歯骨の間の結合組織は密であるが、上下の骨梁間では疎である。血管の拡張や充血はみられない。

c. 後方部 (写真37, 38)

正中口蓋縫合は、3週よりも拡大している。骨壁から形成されている新生骨梁は、3週よりも長く太くなり、石灰化が進んでいる。左右の新生骨梁間は3週よりも狭くなっており、上下の骨梁は部分的に癒合している。新生骨梁の表面には骨芽細胞を認め、特に骨梁の先端では多数配列している。左右新生骨梁間の縫合の中心部における結合組織は密で、線維は水平にやや伸長している。口蓋隆起はみられず、口腔側の骨面は平坦である。血管の拡張や充血はほとんどみられない。

写真37 1回活性化群 装置装着後4週後方部
(3.3×2)

写真38 1回活性化群 装置装着後4週後方部
(3.3×10)

5. 装置装着後6週

a. 前方部 (写真39, 40)

正中口蓋縫合の拡大は4週とほぼ同様である。左右側の骨梁は長く太くなり、石灰化も強くなっている。骨梁の先端部が太くなって最先端が平坦になっているものが多い。左右の骨梁間の関係は4週に類似している。新生骨梁が横断ないし斜断されていて、島状になった骨梁が多くみられる。新生骨梁の骨面には骨芽細胞がみられるが、4週よりも数は少ない。縫合部の結合組織線維の伸長はみられない。

b. 中央部 (写真41, 42, 43)

正中口蓋縫合の拡大は4週とほぼ同様である。左右側の新生骨梁の先端部の間隔は狭くなり、大きく嵌合して

写真39 1回活性化群 装置装着後6週前方部
(3.3×4)

写真40 1回活性化群 装置装着後6週前方部
(3.3×10)

いる。新生骨梁は4週よりも太くなり石灰化が進んでおり、母床骨との境界が不明瞭になっている。左右の骨梁間の結合組織は密である。上下の骨梁間の癒合している新生骨が太くなり、間隙が狭くなっている。骨面には骨

写真41 1回活性化群 装置装着後6週中央部
(12.5×0.32)

写真42 1回活性化群 装置装着後6週中央部
切歯間縫合 (3.3×4)

写真43 1回活性化群 装置装着後6週中央部
正中口蓋縫合 (3.3×4)

芽細胞を多数認める。縫合の口腔面の中央付近に少量の骨の添加がおこっている。縫合部に介在する結合組織や骨梁には、血管の拡張や充血はみられない。

切歯間縫合の拡大も4週とほぼ同様である。新生骨梁が太くなり、石灰化が進み、上下の骨梁間も癒合部が太くなっているため間隙が狭くなっている。骨面には多数の骨芽細胞がみられる。左右の骨梁の先端間は4週よりも狭くなっている。下部ではほぼ直線的であるが、上部では大きく嵌合している。新生骨梁間の結合組織は密である。

切歯上顎縫合では結合組織線維の伸長はみられず、骨面には骨芽細胞が多数みられる。

鋤骨切歯縫合の鋤骨側の新生骨梁は太さを増し、石灰化が強くなっている。上下の骨梁の癒合部も太くなり、間隙が狭くなっている。骨面には骨芽細胞が多数みられる。縫合内の結合組織は密である。

c. 後方部 (写真44)

母床骨と母床骨の間の拡大は4週とほぼ同様である。新生骨梁が長く太くなり、石灰化が進んでいて、左右の新生骨梁の先端間は4週よりも狭く嵌合している。新生骨梁の上下的な癒合も太さを増しているために間隙が狭くなっている。骨面には骨芽細胞が多数配列している。新生骨の口腔面に骨の添加がおこり、4週よりわずかに厚みを増しており、口蓋隆起が再び形成されているように思える。縫合部の結合組織は密である。

C. 2回活性化群

1. 2回活性化後1週 (最初から3週)

a. 前方部 (写真45, 46)

正中口蓋縫合の拡大は進み、1回活性化後2週よりも増加している。また、この拡大は1回活性化後3週よりも大きく、1回活性化後3週では口腔側で大きく鼻腔側

写真44 1回活性化群 装置装着後6週後方部
(3.3×4)

で小さかったが、2回活性化後1週では口腔側の方が大きい、鼻腔側も拡大が進んでいる。母床骨から縫合の中央に向けて細長い新生骨梁が伸びている。この新生骨梁は1回活性化後3週よりも細くて長い。左右の新生骨梁は嵌合がなく、縫合部はわずかに蛇行している。左右の新生骨梁の先端間は、口腔側の方が鼻腔側よりやや広い。新生骨梁の骨面には骨芽細胞が多数配列している。母床骨と新生骨梁の境界は明瞭で平坦である。新生骨梁間の線維は、1回活性化後3週では伸長はみられなかったが、2回活性化後1週では水平に強く伸長している。縫合の中央部の結合組織は密であるが、上下の骨梁間は疎である。全般的に結合組織内の血管の拡張や充血がみられる。

写真45 2回活性化群 再活性化後1週前方形
(3.3×2)

b. 中央部 (写真47, 48, 49)

縫合部の母床骨の拡大は1回活性化後2週より進み、1回活性化後3週より大きい。縫合の拡大は正中口蓋縫合や切歯間縫合のみならず、切歯上顎縫合や鋤骨切歯縫合にまで及んでいる。拡大は正中口蓋縫合が最も大きい。

正中口蓋縫合の骨面には細長い新生骨梁が多数形成され、先端が尖っているものが多い。しかし、左右の新生骨梁が嵌合しているところはない。上下の骨梁間が部分的に癒合して網目状を呈しているところもある。骨面には骨芽細胞が多数配列しており、特に、骨梁の先端部に多い。母床骨と新生骨との境界は明瞭である。縫合部の結合組織は帯状で、蛇行している。縫合部の線維は1回

写真47 2回活性化群 再活性化後1週中央部
(12.5×0.32)

写真46 2回活性化群 再活性化後1週前方形
(3.3×10)

写真48 2回活性化群 再活性化後1週中央部
正中口蓋縫合 (3.3×4)

写真49 2回活性化群 再活性化後1週中央部
切歯間縫合 (3.3×4)

活性化後3週にみられたように伸長している。左右の骨梁の間に介在する結合組織線維は密であるが、上下の骨梁間は疎である。正中口蓋縫合に近い口腔側の骨面には破骨細胞が認められる。縫合部や口腔粘膜の結合組織には、血管の拡張や充血はみられない。

切歯間縫合も1回活性化後2週より拡大が進み、1回活性化後3週では下方に細長い新生骨梁の形成が多かったが、2回活性化後1週では縫合に面する骨面全体に多数みられる。正中口蓋縫合部のものより細く、上下の骨梁の部分的癒合によって網目状を呈しているところが多い。新生骨の骨面には骨芽細胞が多数みられ、特に骨梁の先端に多い。母床骨と新生骨との境界は明瞭である。縫合部の結合組織線維は密で、ほぼ一定の幅をもって帯状に大きく蛇行している。縫合部の新生骨梁間の線維は伸長している。上下の骨梁間の結合組織は疎である。血管の拡張や充血がみられる。

切歯上顎縫合も1回活性化後2週や1回活性化後3週よりも拡大し、上顎骨側の骨面に3週ではみられなかった新生骨梁が形成されている。この新生骨梁は短い太い。切歯骨側の骨面にも新生骨が形成されているが、薄くて骨梁は形成されていない。骨面には骨芽細胞が多数みられる。縫合部の線維は密で伸長している。

鋤骨切歯縫合の拡大も大きく、鋤骨側には細長い新生骨梁が多数みられ、先端は尖っている。部分的に上下の骨梁が癒合して網目状を呈するところもある。1回活性化後3週では切歯骨側には新生骨梁の形成がみられなかったが、この2回活性化後1週では切歯骨側に新生骨梁が形成されており、鋤骨側と切歯骨側から伸びた新生骨梁の間に縫合を形成している。骨面には骨芽細胞が多数配列し、特に先端部に多い。縫合の中心部では結合組織が密であるが、上下の骨梁間では疎である。血管の拡張

や充血がみられる。

c. 後方部 (写真50)

正中口蓋縫合は1回活性化後2週より更に母床骨の拡大が進み、1回活性化後3週よりも大きい。母床骨からの新生骨梁は3週よりも細長く、縫合の中心にむけて伸びている。先端は尖っている。部分的に上下の骨梁の癒合がみられる。左右の骨梁の先端は狭く、縫合部は蛇行しているが嵌合はない。骨面には骨芽細胞が多数配列しており、特に骨梁の先端部に多い。母床骨と新生骨梁との境界は明瞭である。口蓋隆起はみられず平坦である。縫合の中心部では結合組織が密で、線維は伸長しているが、上下の骨梁間は疎である。血管の拡張や充血は強くない。

2. 2回活性化後2週 (最初から4週)

a. 前方部 (写真51, 52)

正中口蓋縫合の拡大は、2回活性化後1週よりも進み、1回活性化後4週よりも大きい。拡大は鼻腔側より口腔側が大きい。母床骨の骨面より長い新生骨梁がのびている。新生骨梁は2回活性化後1週や1回活性化後4週よりも大きく長く、口腔側の骨梁の方が鼻腔側の骨梁より長くて先端が細くなっている。左右の新生骨梁は大きく嵌合し、中心部の結合組織は帯状に蛇行してみえる。縫合の中心部の結合組織は密であるが、上下の骨梁間は疎である。血管には拡張や充血がみられる。新生骨の骨面には骨芽細胞が多数配列しており、特に新生骨梁の先端で多い。母床骨と新生骨梁との境界は明瞭である。縫合部の線維は水平に伸長している。

b. 中央部 (写真53, 54, 55)

前方部と同様に、正中口蓋縫合の拡大は2回活性化後1週よりも進み、1回活性化後4週よりも広がっている。骨面より形成されている新生骨梁は細長くなり、上

写真50 2回活性化群 再活性化後1週後方部
(3.3×4)

写真51 2回活性化群 再活性化後2週前方部
(3.3×2)

写真52 2回活性化群 再活性化後2週前方部
(3.3×4)

写真53 2回活性化群 再活性化後2週中央部
(3.3×2)

写真54 2回活性化群 再活性化後2週中央部
正中口蓋縫合 (3.3×4)

写真55 2回活性化群 再活性化後2週中央部
鋤骨切歯縫合 (3.3×4)

下の骨梁が部分的に癒合して間隙が比較的大きな網目を形成している。上下の新生骨梁の先端が癒合しているところもある。左右の新生骨梁の間の幅は、2回活性化後1週や1回活性化後4週よりも広く、縫合部の骨による嵌合はない。骨面には骨芽細胞が多数配列しており、特に骨梁の先端部に多い。母床骨と新生骨との境界は明瞭である。新生骨梁の口腔側面に破骨細胞がみられ、吸収がおこっている。縫合部の結合組織は密で線維は伸長している。上下の骨梁間では疎である。血管の拡張や充血はみられない。

切歯間縫合も2回活性化後1週や1回活性化後4週よりも拡大が進んでいる。新生骨梁は上記の2群よりも細長くなっているが、左右の骨梁の先端の幅は広がっている。切歯上顎縫合に近い部の新生骨梁の口腔側面も、その付近の切歯骨の表面に破骨細胞が現われ、吸収がおこっているところがある。母床骨と新生骨との境界は明瞭である。新生骨梁の先端の縫合部は結合組織が密で、

帯状に大きく蛇行し、線維の伸長が2回活性化後1週や1回活性化後4週より強い。新生骨梁の骨面には骨芽細胞が多数配列し、特に骨梁の先端に多い。上下の骨梁間の結合組織は疎である。血管の拡張や充血は2回活性化後1週より弱い。

切歯上顎縫合は、上顎骨側の新生骨梁が2回活性化後1週よりわずかに長く太くなって、骨梁間の空隙が狭くなっている。骨面には骨芽細胞がみられる。切歯骨側の新生骨梁は2回活性化後1週とほぼ同様である。切歯間縫合に近い切歯骨の骨面に破骨細胞がみられる。縫合部の結合組織は密で、正中口蓋縫合や切歯間縫合に近い部の線維はわずかに伸長している。

鋤骨切歯縫合の幅は2回活性化後1週より狭い。鋤骨や切歯骨の骨面から新生骨梁が形成されている。新生骨梁は鋤骨側のものが長く太く、切歯骨側のものは短い。いずれも石灰化は進んでいる。上下の新生骨梁は部分的に癒合して網目状になっている。新生骨梁の骨面には骨芽細胞が多数配列し、特に先端部に多い。縫合の中心部では、結合組織が密であるが、上下の骨梁間は疎である。新生骨梁間の線維は伸長している。血管の拡張や充血はみられない。

c. 後方部 (写真56)

正中口蓋縫合の拡大は、2回活性化後1週より拡大が進み、1回活性化後4週よりも大きく、縫合部の拡大が広がっている。母床骨からは細長くて先端が尖っている新生骨梁がかなり長く形成されている。拡大が大きいために、左右の骨梁の先端間の幅は2回活性化後1週や1回活性化後4週よりも大きい。新生骨梁は骨面に近いところでは太く、石灰化が進んでいる。新生骨梁が骨面から離れて島状になり、周囲に破骨細胞がみられ、吸収され消失しかけているところもある。骨梁の表面には骨芽

写真56 2回活性化群 再活性化後2週後方部
(3.3×2)

細胞が多数配列し、特に骨梁の先端部に多い。新生骨梁は骨面の中央付近から形成されているものが長く、鼻腔側、口腔側よりのものは短い。縫合部の結合組織は密で、線維の走行は水平で、やや伸長している。血管の拡張や充血はみられない。

3. 2回活性化後4週 (最初から6週)

a. 前方部 (写真57, 58)

正中口蓋縫合の拡大は2回活性化後2週よりも大きく

写真57 2回活性化群 再活性化後4週前方部
(3.3×2)

写真58 2回活性化群 再活性化後4週前方部
(3.3×4)

なり、1回活性化後6週よりも広い。この拡大は口腔側の方が鼻腔側よりも大きく、2回活性化後2週よりも差が明らかである。2回活性化後2週よりも新生骨梁が太くなり、口腔側では上下の骨梁間が広がっており、鼻腔側では逆に狭くなっている。新生骨梁の先端は丸くなっており、上下の骨梁が先端で癒合しているものもある。左右の新生骨梁間の縫合部は、2回活性化後2週より狭くなり、なだらかな曲線を描いている。新生骨梁の骨面には骨芽細胞が多数配列している。縫合部の結合組織は密であるが、線維の伸長はみられない。血管の拡張や充血はみられない。

b. 中央部 (写真59, 60, 61)

正中口蓋縫合の拡大幅が2回活性化後2週や1回活性化後6週よりも非常に大きくなり、左右の上顎骨口蓋突起である母床骨の離開が強くなっている。新生骨梁は形成されているが、拡大が大きいために新生骨梁の先端間の距離が広く、左右側の骨梁の先端が近接しているところ

写真59 2回活性化群 再活性化後4週中央部
(2.5×2)

写真60 2回活性化群 再活性化後4週中央部
切歯間縫合 (3.3×4)

写真61 2回活性化群 再活性化後4週中央部
正中口蓋縫合の新生骨梁 (3.3×10)

ろはない。先端間の距離が広すぎるために、正中口蓋縫合が消失しているようにみえるところもある。新生骨梁は2回活性化後2週や1回活性化後6週よりも太いが、長さが短く、骨梁の周囲には骨芽細胞もみられるが、破骨細胞が多数みられ吸収されているところが多い。そのために骨梁が吸収されて残ったものが島状になったものが多くみられる。破骨細胞は口腔側に面する骨面に多くみられる。左右の骨梁間の結合組織は密である。縫合部の線維はほとんど伸長していない。血管の拡張や充血はみられない。

切歯間縫合も2回活性化後2週や1回活性化後6週よりも拡大がかなり大きい。しかし左右の新生骨梁が長く伸長しているので、骨梁の先端の間の幅は、上記の2群とほぼ同じくらいである。上下の新生骨梁は部分的に癒合して網目を形成している。骨梁の先端は細いものや、丸くなっているものがみられる。骨面には骨芽細胞が多数配列しており、特に骨梁の先端部に多い。縫合部の結合組織は密で、線維はやや伸長している。上下の骨梁間では疎である。血管の拡張や充血はみられない。

切歯上顎縫合も2回活性化後2週や1回活性化後6週よりも広い。上顎骨や切歯骨の骨面から新生骨梁が出ているが、切歯間縫合に近いところの新生骨梁は短く、離れるに従って長く、太くなっている。骨梁の先端は平坦なものが多く、骨芽細胞が多数配列している。縫合部の結合組織は密で、線維はやや伸長している。血管の拡張や充血はみられない。

鋤骨切歯縫合では、鋤骨や切歯骨の両側から新生骨梁が形成されている。新生骨梁は、2回活性化後2週よりも長く太くなっている。上下の骨梁が癒合して大きな網目を形成している。縫合の形はゆるやかに蛇行してい

る。骨面には骨芽細胞が多数配列している。新生骨梁の形成は鋤骨側で旺盛で、切歯側では少なく小さく、切歯骨の骨面には新生骨梁の形成はなく、新生骨が厚く形成されているところもある。骨面には骨芽細胞が多数配列している。縫合部の結合組織は密であり、線維はわずかに伸長している。血管の拡張や充血はみられない。

c. 後方部 (写真62)

正中口蓋縫合部の母床骨の拡大が2回活性化後2週や1回活性化後6週よりも非常に大きくなっている。新生

写真62 2回活性化群 再活性化後4週後方部
(3.3×4)

骨梁の数は少ないが、長くて太いものがみられる。上下の骨梁が癒合しているものや、中に空隙を作って伸長している骨梁がみられる。時には骨梁が部分的に吸収されて残存した骨梁が島状にみられる。新生骨梁の先端は棍棒状のことが多い。新生骨梁の周囲には骨芽細胞が多数みられるが、口腔側に面した骨面には破骨細胞が現われて吸収されているところも多い。これは、母床骨に近い部分から新生骨の先端までみられるが、鼻腔側では吸収はみられない。縫合部の結合組織は密で、線維は伸長している。線維の走行は水平である。血管の拡張や充血はみられない。

考 察

Quad-helix 装置は、Coffin (1881)²⁾によって紹介された W-spring をもとに、Ricketts (1973)³⁾により改良された歯列弓の側方拡大装置である。Ricketts (1973)³⁾は、大白歯バンドに鑲着した W type spring を口蓋裂患者の狭窄された上顎歯列に用い、装置の flexibility を増し、調節範囲を広くするために最初、後方部の loop に helix をつけ、その後、前方部にも helical loop をつけて、Quad-helix と名づけた。彼

はこの装置を用いることにより、上顎歯列弓の拡大や、大白歯の回転によるⅡ級関係の改善、大白歯間幅径の縮小が行なえ、また拇指吸引癖や弄舌癖にも使用できると述べている。そのほか Quad-helix 装置の概略については、Birnie ら (1980)⁵⁾の記述がある。彼らは、上顎歯列の中等度の拡大だけでなく、保隙装置としてや、minor tooth movement としても用いることができると述べている。

Quad-helix 装置の作用効果についての研究は、臨床的には、Chaconas ら (1977)⁴⁾、Birnie ら (1980)⁵⁾、Bell ら (1981)⁶⁾、Frank ら (1982)⁷⁾、久保田ら (1985)⁹⁾の報告があり、実験的には、Chaconas ら (1982)¹⁰⁾、鴨頭ら (1983)¹¹⁾の力学的研究をみるにすぎない。病理組織学的研究の報告はみられず、著者ら (1984)¹²⁾が、サルを用いて1回活性化後の変化をみた研究のみのようである。

Quad-helix 装置を側方拡大装置として臨床的に用いる際には、目的の拡大量を得るまで、再活性化を繰り返して用いる場合が多い。この再活性化の時期については、Ricketts (1973)³⁾は6週間毎に行なうと述べているが、具体的な根拠についてはふれていない。著者ら (1984)¹²⁾は、サルを用いた病理組織学的研究から、離開された正中口蓋縫合部は、装置装着後2～4週の間の時期に骨の新生および改造機転が旺盛であることから、この時期に再活性化を行なえば、より効果的な縫合部の離開と骨の修復機転が同時に生じるのではないかと述べ、再活性化の時期について示唆した。

そこで著者は、実験動物に若犬を用いて、1回活性化群および2回活性化群の拡大量の計測、咬合法X線写真によるX線学的所見、および病理組織学的所見について検索を行ない新知見を得た。

本研究の結果、Quad-helix 装置を装着することにより、犬歯間および第4前臼歯間の幅径は増加し、歯列弓は側方に拡大した。拡大量の計測結果および咬合法X線写真から、装置装着後1週に、すでに正中口蓋縫合は離開しており、これは後方部より前方部の方が大きく拡大して楔状の形をとっていた。臨床的にBirnie ら (1980)⁵⁾は Quad-helix 装置装着後、咬合法X線写真から正中口蓋縫合の離開を認め、Bell ら (1981)⁶⁾、久保田ら (1985)⁹⁾は、離開の形は前方部が広い楔状離開であったと報告している。この楔状離開が生じる理由について、Ziebe (1930)¹³⁾、仕合 (1969)¹⁴⁾、小杉 (1969)¹⁵⁾は拡大ネジによる側方拡大実験により楔状離開を認め、これは正中口蓋縫合を構成する骨およびその周囲骨の解

剖学的構造によるものと考えられると述べている。著者も同様な見解であるが、口腔周囲の筋などの軟組織との関係も無視できないと考える。

拡大量については、1回活性化群、2回活性化群ともに装置装着後3週から4週にかけては犬歯間の方が第4前臼歯間より大きく、その後は第4前臼歯間の方が大きくなった。再活性化することによって、拡大量は1回活性化群よりも大きくなった。

病理組織学的所見から、装置装着後1週の正中口蓋縫合の拡大は、鼻腔側より口腔側の方が大きい。拡大部の縫合の結合組織の線維はほぼ水平に走行し伸長しているが、断裂はなく、血管の拡張や充血がみられるが出血はみられない。側方拡大装置による初期の組織変化については、急速拡大装置を用いた Linge (1973)¹⁶⁾ や小杉 (1969)¹⁵⁾ は線維の断裂や血管の破壊と出血を認め、仕合 (1969)¹⁴⁾ は拡大ネジによる緩、中、急の力を加えた実験により、強い力を加えた場合には結合組織線維の強い伸長がみられたと述べており、Murray ら (1971)¹⁷⁾ もほぼ同様な所見を得ている。本研究に用いた Quad-helix 装置による縫合部の初期の組織変化は、結合組織線維が伸長しているが、断裂はみられず、血管の拡張や充血がおこっているが、出血はみられなかった。これは、急速拡大装置によるものより穏やかであり、著者ら (1984)¹²⁾ のサルによる実験結果とほぼ同様である。

装置装着後2週では、正中口蓋縫合部の拡大は1週よりもさらに進み、左右の骨の嵌合は単調となり、骨面に部分的に幼若な新生骨が形成されている。縫合部の結合組織線維は伸長しており、上部にまでおよんでいる。前方部では血管の拡張や充血が強くなっているが、中央部や後方部ではみられない。中央部では、縫合の拡大が正中口蓋縫合から切歯間縫合や切歯上顎縫合の下部にまでおよんでいる。前方部および中央部の正中口蓋縫合や切歯間縫合の下方部、および後方部の正中口蓋縫合では、幼若な新生骨梁が形成され、骨面には骨芽細胞が多数配列し、縫合の拡大に伴って、骨の新生が速やかに進行している。以上のように、2週目には拡大が口腔側から鼻腔側に進み、正中口蓋縫合を前後的にみると、前方部ほど拡大が大きく、拡大は後方部よりも前方部の方が先行している。これは、拡大量の計測結果やX線学的所見と一致している。

装置装着後3週では、2週よりも拡大が進み、縫合部の骨壁には、ほぼ全体的に新生骨梁の形成がおこっている。このことは、X線所見で正中口蓋縫合部の不透過像の範囲が広がっていることと一致する。病理組織学的

に、前方部では縫合部の新生骨の形成が進み、骨壁の全体にわたって多数の新生骨梁が形成されている。中央部では、正中口蓋縫合や切歯間縫合の拡大が大きくなり、正中口蓋縫合、および切歯間縫合の下方部に細くて長い新生骨梁が形成されている。縫合の拡大は、切歯上顎縫合や鋤骨切歯縫合や鋤骨切歯縫合にまでおよんでおり、鋤骨切歯縫合では新生骨梁は鋤骨側に多く出現している。このように、全体的に縫合の拡大が進んでいるのに、新生骨梁の形成は全ての骨や全ての部位で同様でない。これは、恐らく、最も速やかに多くの骨を新生する必要がある部位での新生骨梁の形成が、他の部より先行していくものと考えられる。しかし、一方では、同一骨からの骨の新生能力にはある一定の限度があるために、このような多様な骨梁の形成状態がおこっているのかもしれない。すなわち、以上の考え方から、正中口蓋縫合の前方部は左右の切歯骨のみからなるために、この縫合が消失することは口蓋の維持に重大な影響を与えるために、切歯骨では中央部より前方部により多くの長い新生骨梁の形成が行なわれているものと考えられ、中央部では上顎骨の口蓋突起からの新生骨梁の形成が主体をなし、鋤骨切歯縫合では、切歯骨に代わって鋤骨に旺盛な新生骨梁の形成が行なわれていることが理解される。これらの結果、中央部の切歯間縫合の新生骨梁の形成は少ないが、口蓋の構造が維持されているというふうに考えることができる。後方部では拡大が装置装着後2週より進むとともに、新生骨梁の形成も進んで、細長い新生骨梁が伸びている。

装置装着後4週では、正中口蓋縫合の拡大は3週よりも進んでいる。前方部では、左右側の新生骨梁は長くなり、太さを増し、石灰化が進行している。上下の新生骨梁が部分的に癒合して網目状を呈しているところもある。左右側の新生骨梁間は3週より狭くなり、中心部で嵌合を始めている。縫合内の線維の伸長は弱く、この所見は、拡大された縫合の修復が開始されているものと思われる。中央部でも正中口蓋縫合の拡大は進み、3週よりも新生骨梁が長くなり、左右の新生骨梁間は狭くなっており、中央部の正中口蓋縫合も修復が開始されている。切歯間縫合の拡大も3週より進んでいるが、正中口蓋縫合よりも少ない。新生骨梁は縫合の全面にわたって長くなり、下方部の骨梁が上方部の骨梁より太い。すなわち、正中口蓋縫合の方が切歯間縫合よりも修復が速やかである。切歯上顎縫合の拡大は少なく、新生骨梁の形成もみられない。むしろ、鋤骨切歯縫合の拡大の方が大きい。これは、切歯上顎縫合は斜外上方にむかっている

ので、正中口蓋縫合の拡大により上顎骨が外上方に移動し、切歯骨もまた外側にむかって移動するので、両者の骨の縫合の幅に大きな変化がおこらないために生じるものと考えられる。一方、鋤骨切歯縫合の拡大が大きいのは、鋤骨は頭蓋底から切歯間縫合の上方にわたっており、側方拡大によって鋤骨自体の移動はほとんど考えられないので、切歯骨が外側に移動すると、その距離だけ縫合の拡大がおこるためと考えられる。鋤骨切歯縫合では拡大にしたがって、鋤骨側に長い新生骨梁が多数形成され、切歯骨側には新生骨梁の形成はおこっていない。これは前述したように、新生骨梁の形成にいろいろの条件が関与するために、このような一方的な骨梁の形成が行なわれているものと考えられる。後方部でも正中口蓋縫合の拡大が進み、骨壁からの新生骨梁も長く太くなっている。左右の新生骨梁の先端間は狭い。しかし、先端部の嵌合はみられず、先端が尖っており、前方部よりも修復が遅れている。口腔側の骨面は平坦になっていた。これについて、成富 (1981)¹⁸⁾ も同様のことを述べており、大竹 (1984)¹⁹⁾ は、急速側方拡大により骨膜線維に索引力が働いている部位では骨吸収がおこると述べている。

装置装着後 6 週では、前方部では正中口蓋縫合の拡大は 4 週とほぼ同様であり、左右の新生骨梁は長く太く、最先端が平坦になっているものが増えてきている。このことは、縫合の形態が回復にむかっていることを表わしているものと考えられる。中央部では、正中口蓋縫合の拡大は 4 週とほぼ同様で、左右の新生骨梁間は狭くなり大きく嵌合している。新生骨梁は 4 週よりも太くなり石灰化が進んでいる。切歯間縫合も 4 週とほぼ同様である。左右の骨梁間は狭くなり、下部ではほぼ直線的であるが、上部では大きく嵌合している。切歯上顎縫合も 4 週と同様の所見を示している。鋤骨切歯縫合は鋤骨側の新生骨梁は太くなり、石灰化が強くなっている。後方部も新生骨梁は 4 週より長く太くなり、石灰化が進んでいて、左右の新生骨梁の先端間は 4 週よりも狭く嵌合している。中央部や後方部では、新生骨の口腔面には骨の添加がおこり、口蓋隆起が再び形成されているように思える。すなわち 6 週には、前方部、中央部、後方部とも正常の形態と構造に回復しつつある所見を示している。

2 回活性化後 1 週は装置装着後 3 週であるが、前方部の正中口蓋縫合の拡大は 1 回活性化後 3 週よりも大きい。新生骨梁も 1 回活性化後 3 週より長い。1 回活性化後 3 週ではみられなかった縫合部の線維の伸長がみられる。中央部でも 1 回活性化後 3 週よりも拡大が進み、正

中口蓋縫合や切歯間縫合のみならず、切歯上顎縫合や鋤骨切歯縫合にまで及んでいる。1 回活性化後 3 週では前方部より中央部の方が拡大が大きかったが、2 回活性化後 1 週では前方部と中央部の拡大の幅はほぼ同じである。これは本来、この時期は中央から後方へと縫合の拡大が進んでいるのであるが、2 回活性化後 1 週の方の新生骨梁の形成が活発で、長い骨梁が多く形成されているために、2 回活性化後 1 週の方が 1 回活性化後 3 週よりも拡大が広がっているにもかかわらず、前方部と中央部の広さに違いがみられないものと思われる。新生骨梁の形成は、正中口蓋縫合だけでなく、切歯間縫合や鋤骨切歯縫合においても活発であるが、このことは、拡大によって 1 回活性化後 2 週頃までに、対照群においてみられたような縫合部の骨の嵌合が消失し、2 回活性化群においては、新たに加えられた矯正力が縫合の拡大を進め、そのために起こる縫合部の結合組織の伸長が刺激となって、骨の新生を促し新生骨梁の形成の活力を強めたものと考えられる。Debbane (1958)²⁰⁾ が牽引された結合組織線維の刺激が骨の新生を促進すると述べていることは、上記の見解と一致するものである。この場合、1 回活性化群と 2 回活性化群のいずれにおいても線維の断裂や出血などがみられず、組織反応が比較的穏やかであったのは、Quad-helix 装置が縫合の拡大と骨の新生とを同時に行なうのに適当な矯正力を発揮したものと考えられる。特に、再活性化を行なっても、縫合部の組織に障害を与えず縫合の拡大を早めることができることがわかった。Ziebe (1930)¹³⁾ は犬に弱、強、最強の拡大力を用いて側方拡大実験を行ない、弱い力を長期間作用させることにより縫合を無理なく拡大せうと述べている。本研究に用いた Quad-helix 装置も、特に強い力を加えるものではなく組織反応が穏やかであったことが Ziebe (1930)¹³⁾ の見解と同様の結果を得た。

1 回活性化後 3 週や 2 回活性化後 1 週では、形成された上下の新生骨梁が部分的に癒合して網目を形成している所見がみられる。これは、骨梁が成長して太くなり石灰化が強くなり、口蓋としての機械的強度が増していくための一過程として、このような所見を示す時期がみられるものと思われる。また、これは一時的に機械的強度を保つための組織変化とも考えられる。Storey (1973)²¹⁾ は、拡大された縫合部の新生骨が離開部を支える支柱としての役割を果たし、これによって離開された骨が保持されると述べている。しかし本研究の結果から、拡大された縫合部に形成される新生骨梁は、単に離開を防ぎ幅径を維持するためばかりでなく、中央部の切歯間縫

合や切歯上顎縫合や鋤骨切歯縫合においてみられたように、正中口蓋縫合の拡大により、その結果上部の骨が下降し、縫合の形態が破壊されるのを防ぎ、口蓋を維持するために必要な組織反応としても考えられる。

2回活性化後2週では、前方部は1回活性化後4週よりも拡大が進んでいる。口腔側の方が鼻腔側よりも拡大が大きく、新生骨梁は1回活性化後4週よりも大きく長い。2回活性化後1週では、中心部の結合組織がゆるやかに蛇行して骨梁の嵌合はみられなかったが、2回活性化後2週では、左右の新生骨梁が大きく嵌合していて速やかに修復にむかっている。中央部では、正中口蓋縫合は1回活性化後4週や2回活性化後1週よりも広く拡大している。新生骨梁は細長く、上下の骨梁は部分的に癒合している。左右の新生骨梁間は1回活性化後4週や2回活性化後1週よりも広く、縫合部の骨による嵌合はなく、骨梁の口腔側面に破骨細胞による吸収がおこっている。切歯間縫合の拡大も1回活性化後4週や2回活性化後1週よりも広く、切歯上顎縫合に近い骨面に吸収がみられる。これは、すなわち1回活性化後3週から4週にかけての拡大よりも、2回活性化後1週から2週にかけての拡大の方が大きいことを示している。このことは、再活性化を行えば、この時期にはすでに縫合の嵌合がなくなっているので拡大が速やかに行なわれるものと考えられる。その結果、この時期には新生骨梁の形成も速やかに行なわれているが、骨梁の新生よりも縫合の拡大が先行しているので、拡大が大きくなっていくように思われる。一方、切歯上顎縫合や鋤骨切歯縫合は、1回活性化後4週や2回活性化後1週よりも狭くなっている。以上述べた一見矛盾したように思われる所見は、中央部の縫合の主体をなす正中口蓋縫合や切歯間縫合の離開が比較的大きくおこっているため、縫合の構造を維持するために上方の切歯上顎縫合や鋤骨切歯縫合の離開が少なく、全ての縫合が調和のとれた修復をおこなっているものと考えられる。後方部では1回活性化後4週や2回活性化後1週より拡大は進み、新生骨梁は細長く、先端が尖っている骨梁が形成されているが、左右の骨梁間の拡大は大きい。

2回活性化後4週では、前方部では正中口蓋縫合の拡大は1回活性化後6週や2回活性化後2週よりも大きくなっている。新生骨梁が太くなり、先端は丸くなり、上下の骨梁が先端で癒合しているものもある。左右の骨梁の先端間の幅は2回活性化後2週より狭くなって、再び正常の縫合の形態を形成し始めている。中央部では、正中口蓋縫合の拡大が1回活性化後6週や2回活性化後2

週よりも非常に大きくなり、左右の上顎骨口蓋突起の離開が強くなっている。新生骨梁は形成されているが、拡大が大きいため左右の新生骨梁の先端間の距離も広く、骨梁の先端が近接しているところはない。そのため正中口蓋縫合が消失しているようにみえるところもあり、骨梁は短く、口腔側面には破骨細胞により吸収されているところが多い。この所見からみれば、側方拡大によって中央部では将来、正中口蓋縫合が消失していく可能性が伺われるが、この時期では拡大が大きいため、新生骨梁の形成が遅れ縫合が消失しているが、今後、骨梁の形成が進み、再び正常な形をした正中口蓋縫合を形成する可能性もある。これについては、以後の長期実験例による変化を観察する必要がある。これに対して切歯間縫合も拡大が大きいが、左右の新生骨梁が長く伸長しているので、骨梁の先端間の幅は1回活性化後6週や2回活性化後2週とほぼ同じである。2回活性化後2週にみられた口腔側の骨面の吸収はみられない。すなわち、以上の所見から正中口蓋縫合の拡大が強く、消失しかけているところもあるので、切歯間縫合がこれに代わって口蓋としての、構造と機能を保っているように考えられる。切歯上顎縫合は1回活性化後6週や2回活性化後2週よりも広いが、両方の骨からの新生骨梁の形成が進んでいる。鋤骨切歯縫合では鋤骨と切歯骨の両側から新生骨梁が形成されており、2回活性化後2週よりも長く太くなっている。上下の骨梁は部分的に癒合して網目を形成している。新生骨梁の形成は鋤骨側で旺盛であって、切歯側では少なく小さく、骨梁が形成されず新生骨が厚く形成されているところもある。1回活性化後6週では、各縫合がほぼ同様の状態で縫合の拡大と新生が進んでいるが2回活性化後4週では、拡大が非常に大きくなっている関係から、正中口蓋縫合や切歯間縫合の拡大による口蓋の形態的变化を少なくするために、鋤骨の下面からの新生骨の形成がきわめて旺盛になり、口蓋の構造や機能の維持に積極的に参加するようになっている。後方部でも拡大は進んでおり、新生骨梁の数は少ないが、長くて太いものがみられ、縫合が維持されている。

本研究の結果、Quad-helix 装置による側方拡大は、鼻腔側より口腔側の方の拡大が大きく、中央部では鋤骨切歯縫合から切歯間縫合、さらに正中口蓋縫合へと口腔側になるにしたがって、拡大の幅が大きくなっている。すなわち、これは鋤骨より上方の正中矢状面の1点を中心として、前額面の左右側方向の外上方に回転するように拡大が進行していく形をとっていることを認めた。これは鴨頭ら (1983)¹¹⁾ がストレングージ法による力学的

研究で, Quad-helix 装置を平行活性化した場合, 上顎骨やその周囲骨が正中口蓋縫合を境として扇形状に上側方へ拡大するような変形様相をとると報告していることを裏付けている.

1 回活性化によって縫合部の拡大がおこるが, 2 週目で再活性化を行なうことによって, 拡大がさらに増加する. しかし, 拡大が大きくなるにもかかわらず, 骨の新生による修復も同時に速やかになるために, 縫合部の組織に障害を与えるような変化はおこらないことがわかった.

これらのことより, 本装置は拡大ネジよりも比較的弱い力ではあるが, 再活性化を繰り返し行なうことによって, 拡大ネジによる拡大と同様な orthopedic な効果が得られ, 拡大と共に骨の新生, 添加が生じ, 順調に縫合部の修復が行なわれていることから, 上顎側方拡大を行なうために有用な装置であると考えられる.

結 論

Quad-helix 装置を用いた上顎骨側方拡大に関して若犬による実験を行ない, 1 回活性化の場合と 2 回活性化の場合について, 拡大量, 咬合法 X 線学的所見および病理組織学的変化について検索した.

1. Quad-helix 装置による側方拡大は, 1 回活性化群, 2 回活性化群ともに, 装置装着後 3 週から 4 週にかけては前方部の拡大量の方が大きい, その後は後方部の方が大きくなる.
2. 1 回活性化群に比較して 2 回活性化群においては, 拡大量が大きくなった.
3. 咬合法 X 線写真によりみると, Quad-helix 装置に

よる正中口蓋縫合の拡大は, 前方部が広い楔状の形をとっている.

4. 拡大による病理組織学的変化を前, 中, 後方の 3 部に分けて観察した.

1) 拡大により母床骨が離開するが, 骨壁より新生骨梁が形成され, 縫合が保たれていた.

2) 2 回活性化群においては拡大が大きい, 縫合部における新生骨梁の形成が旺盛になり, 縫合が異常に大きく離開することはなく, 修復も順調に行なわれていた.

3) 前方部の正中口蓋縫合は, 1 回活性化群, 2 回活性化群ともにほぼ同様の病理組織学的変化を示した.

4) 中央部は, 正中口蓋縫合の上方に, 切歯間縫合, 切歯上顎縫合, 鋤骨切歯縫合があり, 正中口蓋縫合より, 漸次上方に拡大が波及して行く. 1 回活性化群では, 各縫合の拡大と新生骨梁による修復が順調に行なわれているが, 2 回活性化群では, 長期例において正中口蓋縫合の拡大が大きいために, 骨梁の形成が遅れて離開が強くなっている. しかし, 上方部の他の縫合の修復が速やかで, 口蓋の構造や機能が保たれていた.

5) 後方部の正中口蓋縫合は, 1 回活性化群より 2 回活性化群の離開がわずかに強かった.

稿を終るに臨み, 終始御懇篤なる御指導, 御校閲を賜った福岡歯科大学口腔病理学講座北村勝也教授, ならびに歯科矯正学講座松本光生教授に深甚なる感謝の意を表します. また, 常に適切なる御教示, 御校閲を戴きました九州歯科大学口腔病理学講座上野正康教授に厚く御礼申し上げます.

引 用 文 献

- 1) Angell, E.H.: Treatment of irregularity of the permanent or adult teeth. *Dent. Cosmos*. 1: 540—544, 1860.
- 2) Coffin, W.H.: *A generalized treatment of irregularities*. Transactions of the International Medical Congress. J.W. Kolckmann, London, 1881. 3: 542—547.
- 3) Ricketts, R.M.: *Features of the bioprogressive therapy*. *Rocky Mt. Orthod.* 1973, 33—36.
- 4) Chaconas, S.J. and de Alba y Levy, J.A.: Orthopedic and orthodontic applications of the quad-helix appliance. *Amer. J. Orthodont.* 72: 422—428, 1977.
- 5) Birnie, D.J. and McNamara, T.G.: The quadhelix appliance. *Brit. J. Orthodont.* 7: 115—120, 1980.
- 6) Bell, R.A. and LeCompte, E.J.: The effects of maxillary expansion using a quad-helix appliance during the deciduous and mixed dentitions. *Amer. J. Orthodont.* 79: 152—161, 1981.

- 7) Frank, S.W. and Engel, G.A. : The effects of maxillary quad-helix appliance expansion on cephalometric measurements in growing orthodontic patients, *Amer. J. Orthodont.* **81** : 378—389, 1982.
- 8) Asher, C. : The removable quadhelix appliance. *Brit. J. Orthodont.* **12** : 40—45, 1985.
- 9) 久保田敦志・鴨頭和利・廣瀬武尚・中川幹夫・伊東隆三・松本光生 : Quad helix 装置の臨床効果. 西日矯歯誌 **29** : 49—53, 1985.
- 10) Chaconas, S.J. and Caputo, A.A. : Observation of orthopedic force distribution produced by maxillary orthodontic appliances. *Amer. J. Orthodont.* **82** : 492—501, 1982.
- 11) 鴨頭和利・秦 俊二・市川和弘・廣瀬武尚・久保田敦志・松本光生 : Quad Helix 装置による顔面頭蓋の変形様相—ストレンゲージ法による検討—. 日矯歯誌 **42** : 442—453, 1983.
- 12) Nakagawa, M., Hirota, Y., Kawagoe, H. Hirose, T., Itoh, T., Matsumoto, M., Sawakuma, M. and Kitamura, K. : Histopathological study of palatal expansion by using the quad helix appliance. *J. Fukuoka Dent. Coll.* **10** : 605—612, 1984.
- 13) Ziehe, H. : Die Verbreiterung des Oberkiefers durch mechanische Beeinflussung des medianen Gaumennahtgewebes. Eine tierexperimentelle und histologische studie. *Z. Stomatol.* **28** : 837—855, 906—923, 1070—1087, 1930.
- 14) 仕合邦雄 : 上顎骨側方拡大に関する実験的研究. 京大口科紀要 **9** : 68—99, 1969.
- 15) 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** : 232—245, 1969.
- 16) Linge, L. : Tissue reactions incident to widening of facial sutures. *Trans. Europ. Orthodont. Soc.* 487—497, 1972.
- 17) Murray, J.M.G. and Cleall, J.F. : Early tissue response to rapid maxillary expansion in the midpalatal suture of the rhesus monkey. *J. Dent. Res.* **50** : 1654—1660, 1971.
- 18) 成富貞幸 : 急速側方拡大によるネコの骨口蓋の変化—分裂線法による研究—. 九州歯会誌 **34** : 450—464, 1981.
- 19) 大竹秀明 : 上顎急速側方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.
- 20) Debbane, E.F. : A cephalometric and histologic study of the effect of orthodontic expansion on the midpalatal suture of the cat. *Amer. J. Orthodont.* **44** : 187—219, 1958.
- 21) Storey, E. : Tissue response to the movement of bones. *Amer. J. Orthodont.* **64** : 229—247, 1973.