超音波画像を用いた片側性口唇裂・口蓋裂症例に対する 上顎骨延長術後の骨形成の評価

片岡 恵 一¹⁾ 馬場 祥行¹⁾ 本田 綾¹⁾
石崎 敬¹⁾ 鉄村 明美²⁾ 大林 尚人²⁾
倉林 亨²⁾ 鈴木 聖一¹⁾ 森山 啓司¹⁾

Ultrasonographic Evaluation of Bone Formation after Maxillary Distraction Osteogenesis in Patients with Unilateral Cleft Lip and Palate

KEIICHI KATAOKA¹⁾, YOSHIYUKI BABA¹⁾, AYA HONDA¹⁾,
TAKASHI ISHIZAKI¹⁾, AKEMI TETSUMURA²⁾, NAOTO OHBAYASHI²⁾,
TOHRU KURABAYASHI²⁾, SHOICHI SUZUKI¹⁾ and KEIJI MORIYAMA¹⁾

Abstract

Objective: Ultrasonographic (US) observation was carried out in order to investigate bone formation and remodeling after distraction osteogenesis (DOG) using the rigid external distraction (RED) system.

Patients and method: The patients were seven cases of unilateral cleft lip and palate treated using the RED system: six males and one female with the mean age of 19 years. The amount of maxillary advancement by DOG ranged from 7.5 to 17.5mm and the timing of US observation was from 2.2 to 6.9 years post-DOG. B mode US examination of the distracted maxillary anterior wall was performed with a 14-MHz transducer. Bone formation and remodeling were assessed on both cleft

and non-cleft sides by evaluating bone continuity and smoothness of the distracted bony gap, respectively.

Results: Continuity of the cortical bone was recognized in six cases, but was not detectable in one case. On the other hand, the distraction gap was not recognizable in one case on both sides; was obvious in four cases on both sides; and was obvious on the cleft side and detectable on the non-cleft side in two cases.

Conclusion: The diverse aspects of bone formation and remodeling suggest that continuous monitoring is needed after maxillary DOG using the RED system.

Key words: distraction osteogenesis (骨延長法), ultrasonography (超音波画像), bone formation (骨形成)

[Received Aug. 4, 2008]

緒 言

近年、口唇・口蓋裂患者の外科的矯正治療において、上顎骨延長法が選択されることが多い。1997年にPolleyら¹⁾が報告した創外型上顎骨延長装置である rigid external distraction system (RED システム) は、口唇口蓋裂患者をはじめとする上顎骨の劣成長を呈する多くの症例に適用

され、良好な治療結果が報告されている²⁻¹⁰⁾。RED システムでは、延長方向ならびに延長量を左右別々に調節することが可能で、特に 10mm 以上の延長を要する症例では有用性が高い。しかしながら、RED システムを適用した症例においては、術後半年以降における長期の後戻りも報告されている¹¹⁻¹³⁾。

一方、骨延長後の骨の治癒過程については、長管骨や下

¹⁾ 東京医科歯科大学大学院医歯学総合研究科顎顔面頸部機能再建学系顎顔面機能修復学講座顎顔面矯正学分野 (主任: 森山啓司教授)

²⁾ 東京医科歯科大学大学院医歯学総合研究科口腔機能再構築学系口腔機能再建学講座口腔放射線医学分野 (主任: 倉林 亨教授)

¹⁾ *Maxillofacial Orthognathics, Department of Maxillofacial Neck Reconstruction, Division of Maxillofacial Reconstruction and Function Graduate School, Tokyo Medical and Dental University* (Chief: Prof. Keiji MORIYAMA)

²⁾ *Oral and Maxillofacial Radiology, Department of Oral Restitution, Division of Oral Health Sciences, Graduate School, Tokyo Medical and Dental University* (Chief: Prof. Tohru KURABAYASHI)

顎骨に関する報告¹⁴⁻¹⁸⁾は多数なされているが、上顎骨に関するものは少ない^{19,20)}。当分野では、上顎骨延長法を適用した患者の、上顎洞前壁の骨延長部位における化骨形成の評価に、三次元再構築矢状断 CT 画像が有用であることを報告している²¹⁾。さらに、X 線被曝を最小限とする目的で、超音波画像診断の有用性について、骨延長術後 3 か月までの短期の術後経過を検討した結果、超音波画像では矢状断 CT 画像と同様の所見が得られることを確認した²²⁾。RED システムによる骨延長法適用症例における術後の後戻りに関する報告は多くあるものの^{11-13,23-26)}、延長部の化骨形成や周囲組織の改造について長期にわたり観察した報告はない。そこで著者らは、骨延長後 2 年以上経過した症例を対象として、超音波画像診断により骨延長部の骨形成および骨改造の様相を観察、評価した。

症例および方法

RED システムを用いた上顎骨延長法を適用し、術後 2 年以上経過した片側性口唇裂・口蓋裂患者 7 名を対象とし

た (Table 1)。内訳は、男性 6 名、女性 1 名 (左側口唇口蓋裂 4 名、右側口唇口蓋裂 3 名) で、骨延長術適用時の年齢は 13 歳 3 か月から 33 歳 6 か月であった。骨延長術による上顎前方移動量は 7.5mm から 17.5mm で、術後 2 年 3 か月から 6 年 11 か月時に超音波画像診断を行った。

超音波画像診断装置 (Nemio SSA-580, 東芝メディカルシステムズ, 東京) を用い、B モード (14MHz) にて上顎洞前壁の Le Fort I 型骨切り線相当部の皮膚上でプローブ (PLM-1204AT) を垂直にあてて行った (Fig. 1)。内側は梨状口の外側縁部から、外側は眼窩下孔部までスキャンし、裂側および非裂側のそれぞれについて、骨形成および骨改造の様相を評価した。

骨形成に関しては、延長部の骨の連続性が得られたと判断されるもの (+) を骨形成が良好であったと評価し、連続性が得られなかったもの (-) を術後経過不良と判断し、二段階評価を行った (Fig. 2)。骨改造の様相に関しては、上顎骨延長術により Le Fort I 型骨切り術の骨切り線の部位に生じたステップがどのように変化したかについて三段

Table 1 Cases

Case	Cleft side	Sex	Age at operation	Age at US observation	Advancement at ANS (mm)
1	Left	M	18y4m	25y2m	17.5
2	Left	M	19y3m	22y10m	8.0
3	Right	F	14y2m	16y5m	7.5
4	Left	M	19y7m	23y8m	11.5
5	Right	M	20y2m	24y11m	9.0
6	Right	M	13y3m	20y2m	17.5
7	Left	M	33y6m	38y8m	14.0

Fig. 1 Ultrasonographic (US) examination

A : The transducer (*) was placed vertically along the distracted anterior wall of the maxilla. B : US image immediately after Distraction Osteogenesis in Case 2. C : Explanatory diagram; *white area* (allows), cortical bone of maxillary anterior wall; *black area*, maxillary sinus; *gray area*, subcutaneous tissue; *arrow head*, distracted bony gap.

Fig. 2 Evaluation of continuity of cortical bone

A : US image revealed the continuity on cleft side of case 6. C : US image revealed discontinuity on the cleft side of case 7. B, D : Explanatory diagrams of A and C, respectively.

Arrow, continuity of cortical bone; arrow head, distracted site.

階で評価した (Fig. 3)。すなわち、超音波画像上で延長部のステップが平坦化して移行的となることにより骨切り線の部位が同定困難なものを Grade I とし、これを骨延長部の骨および周辺組織の改造が良好であったものと判断した。一方、延長部位は同定可能なものの、明瞭なステップを認めないものを Grade II、ステップが明瞭で骨延長部位が明らかなものを Grade III とし、Grade III については骨改造が良好ではなかったものと判断した。なお、全ての超音波検査は、撮影条件を一定にするために経験豊富な放射線科歯科医 (A.T., 診断歴 5 年) が行い、7 症例の評価に関しては、骨の連続性および延長部のステップについて、それぞれ典型的な画像 (Fig. 2, Fig. 3) を抽出することにより評価の基準とし、超音波画像所見は、著者ら 3 名の判断の一致あるいは合意をもってその評価とした。

結 果

術後の骨形成および骨改造の評価について得られた結果を Table 2 に示す。

骨形成に関しては、6 症例において裂側および非裂側の両側ともに、上顎洞前壁の骨延長部の皮質骨の連続性が確認された。一方、両側ともに連続性が確認されないものが 1 症例で認められた。

骨改造の指標とした延長部のステップの変化に関しては、両側ともに Grade I であったものが 1 症例、非裂側

が Grade II で裂側が Grade III のものが 2 症例、両側ともに Grade III のものが 4 症例であった。

考 察

1. 超音波画像診断の有用性について

超音波画像は、軟組織の診断には非常に有用であるが、骨のような硬組織の内部構造の評価には、一般的に適していない。しかしながら、超音波画像診断は X 線被曝を伴わないため、骨折部位の同定など骨の表層を評価する際には頻用されており、骨延長のような広範な延長部位の化骨あるいは骨形成の評価にも適用されている。Hamanishi ら²⁷⁾ は、脛骨における仮骨表層超音波反射率を算出し、骨の力学的強度の指標となる延長部の仮骨曲げ強度との間に相関関係が認められることを示した。これは従来、表層反射率が 70% に達することにより、臨床経験に基づいた延長器撤去時期の判断の妥当性を、動物実験における超音波画像診断により実証したものである。Keith ら²⁸⁾ は、下肢骨の術後に形成された新生骨の評価に、DEXA (骨密度測定法) と超音波診断の併用が有用であることを報告した。また Blane ら²⁹⁾ は、大腿骨の延長部について、X 線および超音波画像を併用して治癒の評価を行い、超音波画像診断の有用性を報告している。これらの報告は、上顎骨延長法の適用症例においても、延長術後の治癒の様相を評価し、上顎骨の安定性や後戻りの傾向を推測する上で、超音波画

Fig. 3 Evaluation of bone remodeling

A, C, E : US images of Grade I (case 1, cleft side), Grade II (case 2, non-cleft side), and Grade III (case 7, cleft side), respectively. B, D, F : Explanatory diagrams of A, C, and E, respectively.

Grade I, distraction gap was not detectable; Grade II, distraction gap was detectable; Grade III, distraction gap was obvious.

Table 2 Evaluation of cortical bone continuity and bone remodeling in 7 cases

Case	Bone continuity		Bone remodeling	
	Cleft side	Non cleft side	Cleft side	Non cleft side
1	+	+	I	I
2	+	+	III	II
3	+	+	III	II
4	+	+	III	III
5	+	+	III	III
6	+	+	III	III
7	-	-	III	III

(+, yes; -, no) (Grade)

像診断が有用であることを示唆するものである。

顎顔面領域における骨延長術後の超音波画像診断の有用性については, Thurmüllerら³⁰⁾が, ブタの下顎骨延長 24

日後までの評価を X 線および超音波画像を用いて行い, 超音波診断が有用であることを報告している。下顎骨延長法の臨床適用症例に関しては, Bronoら³¹⁾が X 線および

超音波画像より、延長量と新生骨の形成、延長部位の治癒を評価した。また、Troulisら³²⁾は、新生骨の形成を骨の辺縁、延長部の超音波の透過度、延長部の新生骨の量を総合的に判断して4段階の準定量的評価を行い、臨床所見と比較して超音波画像診断の有用性を報告した。

一方、Mukaiら²²⁾は、REDシステムによる上顎骨延長術を施行した2症例を用いて、上顎洞前壁の延長部の治癒について、矢状断CT画像²¹⁾と超音波画像を用いて延長直後と術後3か月までの比較的短期の経過を比較した結果、CTと超音波画像から同様の所見が得られることを報告している。すなわち、Le Fort I型骨延長術を施行する際の骨切り線相当部の両断端部に化骨形成が確認され、さらに一方の断端における化骨形成がもう一方の断端に向かっていく所見を示した。

術後の硬組織のモニタリングは重要であると考えられるが、通常撮影される正面および側面X線規格写真やパノラマX線写真等では、上顎骨延長部の治癒の評価は困難である。また、頻回のCT撮影はX線被曝の観点から推奨できず、検査の簡便性および費用等の問題もある。超音波画像診断は、X線被曝なしにチェアサイドで行える簡便な検査法である。そこで本研究でも、REDシステムを用いて骨延長法を適用した7症例の延長部位の術後2年以上の治療経過を超音波画像診断で評価できると考えて行った。

2. 骨延長術後の骨形成および骨改造について

骨延長術後の治癒過程についてKojimotoら¹⁵⁾は、ウサギの脛骨延長後に組織学的検討を行った結果、延長した骨膜下で石灰化が開始することを報告している。一方、膜性骨である下顎骨における骨欠損の治癒過程では、長管骨と異なり軟骨形成を認める骨修復過程を経る¹⁶⁾との報告がある。Karpら¹⁷⁾は、イヌを用いて下顎の骨延長を行い、延長部に形成された繊維性組織に沿って初期の骨形成が生じ、成熟した骨に置き換えられたと報告している。また小室ら¹⁸⁾は、ウサギ下顎骨の延長終了後8週目に、ほぼ正常で骨切り部の断端と新生骨の境界に不明瞭ではあるが皮質骨が得られたことを肉眼的に確認し、組織学的には活発な骨形成過程であることを報告した。上顎骨に関して、Blockら¹⁹⁾は、イヌの上顎前歯部歯槽骨の延長を行い、また、Rachmielら²⁰⁾は、ヒツジの中顔面部の骨延長を行い良好な結果を得たことを報告している。

本研究結果では、上顎骨延長法を適用した7症例中6症例において、上顎洞前壁の延長部における良好な骨形成が確認された。一方、骨延長術の適用年齢が最も高かったCase 7においては術後5年2か月経過後も骨の連続性を示す所見が得られなかった。延長術後の骨の治癒過程には、適用年齢が大きく関与すると考えられるが、手術法、待機期間、延長速度、延長量、保定の方法および期間、咬

合等のさまざまな要因も影響していると推察される。

Peaら³³⁾は、正面および側面頭部X線規格写真により、下顎枝矢状分割術を施行した下顎枝後縁および下顎切痕は、術直後では近位骨片および遠位骨片の切断部が鋭縁であるが、術後6か月では骨のリモデリングによりその形態は移行的になると報告している。本研究では、骨延長術部の骨形成に関する検討に加えて、術後の上顎洞前壁部における骨改造についても検討した。上顎骨延長術による移動では、通常Le Fort I型骨切り線部では前後的なステップを生じる。しかしながら、菲薄な上顎洞前壁を骨切りし上顎骨を前方あるいは前下方に移動する上顎骨延長法において、ステップが経時的にどのような変化を示すかについての報告はない。したがって、下顎枝矢状分割術のPeaら³³⁾の報告に準じ、このステップが平坦化して移行的となった症例ほど延長部の周辺組織の改造が旺盛であったものと判断した。本研究で示した7症例における骨のリモデリングに関してみると、上顎骨延長部のステップが残存したGrade IIIが裂側と非裂側の両側に認められるものが4症例、裂側のみに認められるものが2症例と最も多かった。一方、延長部位は同定可能なものの明瞭なステップを認めないGrade IIが、2症例の非裂側に確認された。これら2症例の裂側においては、いずれもGrade IIIであり、裂側と比べ非裂側において良好なリモデリングが生じる可能性を示唆するものであった。延長部が平坦で部位が同定できず、術後のリモデリングが最も良好であると評価したGrade Iは1症例のみで認められ、他の6症例に比べ術後経過が良好であったものと判断されたが、今回の検討結果だけではリモデリングを生じさせる要因の解明までには至らなかった。さらに、同部のリモデリングが、骨格、筋、上顎洞あるいは顔面周辺組織等の形態あるいは機能に与える影響についても今後検討する必要があるだろう。

3. 骨延長術後の後戻りとの関連について

Wiltfangら²⁵⁾はREDシステムによる上顎骨延長法を適用した8症例について、術後1-2年の術後経過を検討したところ、A点での20.3mmの前方移動に対して後戻り量は1.7mm(中央値)となり、良好な結果であったと報告している。これに対し、術後半年から1年の間、あるいはそれ以降にも後戻りを認めるとの報告も多い^{11-13, 23-26)}。一方、創内式延長装置を用いた上顎骨延長術後の後戻りについて検討したものでは、良好な術後経過が報告されている^{34, 35)}。創外式延長装置であるREDシステムは、延長量、延長方向などに有利な点が多く、また、創内式延長装置のように装置の撤去のための二次手術が不要である等の長所も有する³⁶⁾。しかしながら、術後の保定にはフェイシャルマスク^{1, 4)}やClass IIIエラスティック⁵⁾の使用が不可欠で患者の理解と協力を必要とすることから、術後の後戻り量に症例による差異がみられ、保定方法の選択や保定期間にも十分な配慮

Fig. 4 Relapse rates at 1 year post-operation in 7 cases¹¹⁻¹³.

Fig. 5 Cephalometric superimposition in Cases 1 and 7. —, pre-operation; ----, post-distraction osteogenesis; - · - ·, 1 year post-operation.

を要する。Ellisら³⁷⁾は、サルに下顎枝矢状分割術を行い、移動後に骨の固定を行った群では固定していない群と比較して、術後の治癒が良好であったことを報告している。また、近年ではREDシステムの適用後に、ミニプレートにて固定する試みもなされている⁶⁾。本研究で用いた症例で、いずれも術後5-7日の待機期間の後に延長を開始し、目標延長量を達成した後に創外固定装置(halo)を撤去して、フェイシャルマスクならびにClass IIIエラストックによる保定を行い、延長後の骨固定は行わなかった。骨延長術後の硬組織の治癒は、術後の安定性あるいは後戻りに関与すると考えられる¹⁴⁾。そこで、今回の検討に用いた7症例の1年後の後戻り率について比較した結果¹¹⁻¹³⁾、後戻り率はCase 1の3%からCase 6の30%まで、症例により差が見られた(Fig. 4)。今回の症例中で、骨の連続性が確

認され、骨改造の評価もGrade Iであり最も術後経過が良好であると判断されたCase 1と、骨の連続性が確認できず最も術後経過が不良であると考えられるCase 7の術前、延長術終了時、術後1年の側面頭部X線規格写真の重ね合わせをFig. 5に示す。骨延長術の後戻りには、硬組織の治癒のみならず軟組織の緊張も大きく関与していると考えられる。したがって、超音波画像所見と後戻り率には必ずしも有意な相関は得られないとも推察されるが、Case 1では延長術終了時から1年後までの後戻りが0.5mmで良好な結果であった。一方、Case 7では術後1年で4.0mmの後戻りを認め、術後の安定性は必ずしも良好でないことが確認され、これら2症例においては、今回の超音波画像による評価と一致した。

結 語

超音波画像を用いることにより、X線の被曝なく上顎骨延長術を適用した片側性口唇裂・口蓋裂症例における骨形成の評価を簡便に行うことが可能であった。本研究より得られた骨形成や骨改造の多様性は、骨延長術後長期にわたる延長部硬組織のモニタリングの必要性を示唆するものである。

文 献

- 1) Polley, J.W., et al.: Management of severe maxillary deficiency in childhood and adolescence through distraction osteogenesis with an external, adjustable, Rigid Distraction Device, *J Craniofac Surg*, 8 : 181-185, 1997.
- 2) Harada, K., et al.: Maxillary distraction osteogenesis for cleft lip and palate children using an external, adjustable, rigid distraction device: A Report of 2 cases, *J Oral Maxillofac Surg*, 59 : 1492-1496, 2001.
- 3) Rachmiel, A., et al.: Distraction osteogenesis in maxillary deficiency Using a rigid external distraction device, *Plast Recon Surg*, 117 : 2399-2406, 2006.
- 4) Figueroa, A.A., et al.: Management of severe cleft maxillary deficiency with distraction osteogenesis: Procedure and results, *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 115 : 1-11, 1999.
- 5) 馬場祥行, 他: RED System を用いて骨延長法を適用した口唇口蓋裂患者の上顎骨の変化, *日口蓋誌*, 28 : 229-237, 2003.
- 6) 渡邊武寛, 他: 上顎骨延長術 (RED システム) 後にプレート固定を応用した右側唇顎口蓋裂症例, *日口蓋誌*, 32 : 91-100, 2007.
- 7) 宮崎顕道, 他: 上顎骨の発育不全を伴う両側性唇顎口蓋裂患者への上顎骨延長術の経験—RED システムを応用して—, *日口蓋誌*, 27 : 350-365, 2002.
- 8) Minami, K., et al.: Maxillary distraction osteogenesis in cleft lip and palate patients with skeletal anchorage, *Cleft Palate Craniofac J*, 44 : 137-141, 2007.
- 9) 篠原亨太郎, 他: RED System を用いて骨延長法を適用した口唇口蓋裂患者の上顎骨の変化, *日口蓋誌*, 28 : 229-237, 2008.
- 10) Swennen, G., et al.: Craniofacial distraction osteogenesis: a review of the literature. Part 1: clinical studies, *Int J Oral Maxillofac Surg*, 30 : 89-103, 2001.
- 11) 本田 綾, 他: 思春期性成長以降に Le Fort I 型上顎骨延長法を適用した口唇・口蓋裂症例の術後変化, (抄), *日口蓋誌*, 33 : 241, 2008.
- 12) 本田 綾, 他: 成長期に骨延長法を適用した口唇口蓋裂症例の5年予後, (抄), *日口蓋誌*, 32 : 206, 2007.
- 13) 本田 綾, 他: 口唇口蓋裂症例の上顎骨延長法に対する高気圧酸素治療の適用と術後評価, (抄), *日本矯正歯科学会プログラム・抄録集*, 209 : 66, 2008.
- 14) Harada, K., et al.: Long-term maxillomandibular skeletal and dental change in children with cleft lip and palate after maxillary distraction, *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Endod*, 102 : 292-299, 2006.
- 15) Kojimoto, H., et al.: Bone lengthening in rabbits by callus distraction—the role of periosteum and endosteum—, *J Bone Joint Surg*, 70-B : 534-539, 1988.
- 16) 米原啓之, 他: 膜性骨の骨形成に関する実験的研究—第一報 骨欠損部分の修復過程について—, *日形会誌*, 14 : 197-207, 1994.
- 17) Karp, N.S., et al.: Membranous bone lengthening: a serial histological study, *Annals Plast Surg*, 29 : 2-7, 1992.
- 18) 小室裕造, 他: 顔面骨延長に関する実験的研究—第一報 形態学および組織学的検討—, *日形会誌*, 13 : 19-28, 1993.
- 19) Block, M.S., et al.: Skeletal and dental movements after anterior maxillary advancement using implant-supported distraction osteogenesis in dogs, *J Oral Maxillofac Surg*, 55 : 1433-1439, 1997.
- 20) Rachmiel, M.S., et al.: Midface membranous bone lengthening: A one-year histological and morphological follow-up of distraction osteogenesis, *Calcif Tissue Int*, 62 : 370-376, 1998.
- 21) 向 香奈, 他: 骨延長術を適用した上顎延長部における矢状断CTにおける骨形成評価の有用性, (抄), *日矯会誌*, 64 : 256, 2005.
- 22) Mukai-Higashihori, K., et al.: Ultrasonographic assessment of new bone formation in maxillary distraction osteogenesis, *J Oral Maxillofac Surg*, 66 : 1750-1754, 2008.
- 23) Krimmel, S., et al.: Longitudinal Cephalometric Analysis After Maxillary Distraction Osteogenesis, *J Craniofac Surg*, 16 : 683-687, 2005.
- 24) Byung, C.C., et al.: Distraction osteogenesis of the hypoplastic midface using a rigid external distraction system: The results of a one- to six-year follow-up, *Plast Reconstr Surg*, 118 : 1201-1212, 2006.
- 25) Wiltfang, J., et al.: Long-term results of distraction osteogenesis of the maxilla and midface, *Bri J Oral Maxillofac Surg*, 40 : 473-479, 2002.
- 26) Huang, C.S., et al.: Long-term Follow-up after maxillary distraction osteogenesis in children with cleft lip and palate, *Cleft Palate Craniofac J*, 44 : 274-277, 2007.
- 27) Hamanishi, C., et al.: Maturation of the distracted callus-sonographic observation in rabbits applied to patient-, *Acta Orthop Scand*, 65 : 335-338, 1994.
- 28) Keith, S.Y., et al.: Methods of assessing new bone formation during limb lengthening, *J Bone Joint Surg*, 75-B : 358-364, 1992.
- 29) Blane, C.E., et al.: Radiographic imaging for Ilizalov limb lengthening in children, *Pediatr Radiol*, 21 : 117-120, 1991.
- 30) Thurmuller, P., et al.: Use of ultrasound to assess healing of a mandibular distraction wound, *J Oral Maxillofac Surg*, 60 : 1038-1044, 2002.
- 31) Brono, C., et al.: Gray-scale ultrasonography in the evaluation of bone callus in distraction osteogenesis of the mandible: initial findings, *Eur Radiol*, 10 : 1007-1012, 2008.
- 32) Troulis, M.J., et al.: Ultrasound Assessment of the distraction osteogenesis wound in patients undergoing mandibular lengthening, *J Oral Maxillofac Surg*, 61 :

- 1144-1149, 2003.
- 33) Pea, A., et al.: Relation between fragments after oblique sliding osteotomy of the mandibular rami and its influence on postoperative conditions, *Int J Oral Surg*, 3 : 49-59, 1974.
- 34) Nadjimi, N., et al.: Trans-sinusal maxillary distraction for correction of midfacial hypoplasia: long-term clinical results. *Int J Oral Maxillofac Surg*, 35 : 885-896, 2006.
- 35) Gulsen, A., et al.: Maxillary Advancement with internal distraction device in cleft palate patients: *J Craniofac Surg*, 18 : 176-185, 2007.
- 36) 三次正春, 他: 頭蓋顔面領域における骨延長術, 東京臨床出版, 2004.
- 37) Ellis, E. III., et al.: Osseous healing of the sagittal ramus osteotomy: A histologic comparison of rigid and nonrigid fixation in macaca mulatta, *J Oral Maxillofac Surg*, 50 : 718-723, 1993.