オトガイ下縁形成骨片の移動に水酸アパタイト・燐酸三カルシウム複合体補填を併用したオトガイ形成術

川 村 仁 長 坂 浩 後 藤 哲
勝 部 朝 之 山 口 晃 史 佐 藤 修 一

Chin Surgery by Combined Use of Sliding Genioplasty and Implantation with Hydroxyapatite and Tricalciumphosphate Composite

HIROSHI KAWAMURA, HIROSHI NAGASAKA, SATOSHI GOTO,
TOMOYUKI KATSUBE, KOUJI YAMAGUCHI and SHUICHI SATO

Abstract

It is important, for the genioplasty, to make a plan for functional as well as aesthetic improvements because the chin includes not only influential parts of facial the balance but also attachment sites of suprahyoid and labiomental muscles.

Sliding genioplasty with little-detaching suprahyoid and labiomental muscles is useful for the correction of functional and aesthetic problems of chin deformities.

However, a bone graft may be employed in order to move a bony fragment in the anteroinferior border of a mandible, to correct chin deformities.

Porous hydroxyapatite and tricalciumphosphate composite (HAP・TCP) blocks, designed specially for

such cases, can be substituted for a bone graft to stabilize a bony fragment and to improve the soft tissue line of the chin.

None of 17 cases in which functional genioplasty incorporating the implantation of the HAP・TCP blocks was applied, showed any abnormal clinical courses over three years of observation.

The results of histological and radiological study, which were indicated in some selected cases, substantiated the unproblematic clinical course of this treatment.

Key words: functional genioplasty (機能的オトガイ形成術), bone substitution (骨補填剤) Porous Hydroxyapatite and Tricalciumphosphate Composite (多孔体ヒドロキシアパタイト・リン酸三カルシウム複合体)

[Received Nov. 1, 2001]

緒 言

オトガイ形成術として、オトガイ下縁に形成した骨片を移動し、目的を達成する方法が広く用いられている¹⁻³⁾。一方、人工材料をオトガイ前面に埋入することで、目的を達成する方法も報告されている^{4,5)}。

オトガイ部は舌骨上筋群やオトガイ筋等の附着部位でもあり、オトガイ形成術を適用する場合、これらの筋機能についても考慮する必要がある。すなわち、形態的改善だけ

でなく筋肉附着部位の位置的改善に伴う機能的改善をも考慮した、いわゆる機能的オトガイ形成術について考える必要がある⁶⁻¹⁰⁾。

オトガイ下縁に形成した骨片の筋を剥離することなく移動するオトガイ形成術は、筋肉附着部位の位置的改善をも期待できる方法である。この方法は、人工材料の埋入によるオトガイ形成術より機能的オトガイ形成術として勝っていると考えられる。

しかし、オトガイ下縁形成骨片の移動を行おうとすると

き、オトガイ部の変形の程度によっては、下顎骨と移動骨片との間に大きな段差や間隙を生ずる場合がある。それを補うために骨移植が行われている^{11,12)}。

しかし、このような役割であれば、骨補填材である多孔体ヒドロキシアパタイト (HAP)・リン酸三カルシウム (TCP) (以後、HAP・TCP と略す) ブロックの代用が可能と考えられ、HAP・TCP ブロックを本法専用にデザインし適用したところ、良好な結果を得たので、術式の概要と適用症例の術後の安定性について報告する。

オトガイ用多孔体 HAP・TCP ブロック

今回、われわれが用いた多孔体 HAP・TCP ブロックは気孔率 35%、気孔径 5~15 μ m の多孔体セラタイト (日本特殊陶業株式会社) である。

まず、オトガイ形成術の適用が必要と診断された重度の小下顎症で、オトガイ下縁に形成された骨片を適切どころへ移動したときに、下顎骨への接触が殆ど無くなると考えられた一症例を選択した。この症例の三次元 CT データから得られた光造形モデルを利用し、オトガイ下縁の形成骨片を移動するオトガイ形成術に準じたモデルサージェリーを行った。形成された下縁骨片に相当する部分を適切な位置 (10mm 前方) へ移動した結果、前方移動片の下顎骨体側との接触が非常に少なくなっただけでなく、下顎骨体側との間に大きな段差を生じた。その段差を埋めながら移動片を安定させるための人工骨による望ましい補填状態を、ワックス充填により検討した (Fig. 1)。

そして、望ましい補填状態を示すワックスの形に近似す

るように整形した、多孔体 HAP・TCP ブロックを作製した (Fig. 2)。

HAP・TCP ブロックは、正中部で分割しそれぞれを右側用、左側用と、左右別々に扱えるようにし、様々なオトガイ部の形態に対しても容易に適合できるようにした。さらに、下縁骨片を非対称に移動することで、下顎骨体との間に生ずる非対称な段差に対しても、片側だけの適用を可能とした。

埋入時にオトガイ神経脈管を保護するために、HAP・TCP ブロックの形の微修正を必要とする症例もあったが、多孔体 HAP・TCP の形態の微修正は、術中に小刀やスチールバー等を利用し、容易に行うことができた。

オトガイ下縁形成骨片の移動と多孔体 HAP・TCP ブロックを併用する機能的オトガイ形成術

頭部 X 線規格写真等でオトガイ変形の程度を評価し、それを改善するために必要なオトガイ下縁形成骨片の移動量と移動様相を予測する。CT データを利用した光造形モデルを用意することが可能であれば、予測はより容易である。予測に併せて HAP・TCP ブロックの必要の有無を決定する。移動骨片が母床骨と十分な接触を保っているのであれば、骨片の前方移動量が 7~8 mm でも、HAP・TCP ブロックの併用は不要と考えている。しかし、この程度の移動でも、移動骨片が下顎骨体へ十分な接触を獲得できないときは、多孔体 HAP・TCP ブロックの併用を考える。また、移動骨片を左右非対称に前方へ移動するとき、前方移動量の多い方に HAP・TCP ブロックを補填することで、

Fig. 1 Prediction of the shape of HAP・TCP blocks to support sliding genioplasty by filling wax (W) over the step.

A: The inferoanterior border segment of mandible advanced large.

B: A little bone contact and a large step between proximal and distal segments followed by large advancement of the inferoanterior border segment of mandible.

Fig. 2 Drawing and porous HAP·TCP blocks designed specially to support sliding genioplasty.

軟組織形態の良好な改善を期待できる場合が少なくない。オトガイ部を垂直的に延長するための、形成骨片の下方移動で生ずる隙間は、小さい場合でも補填が望ましい。

オトガイ下縁骨片の形成法としての、粘膜骨膜弁の形成や骨切離術はすでに報告したごとくであり¹⁰⁾、移動骨片にできるだけ広く軟組織が温存される様につとめる。移動骨片を計画した位置にボンスクリューやボーンプレートで固定し、移動骨片と下顎骨との間に生じた段差や隙間を、HAP・TCPブロックでオンレイ的に補填する。

埋入したHAP・TCPブロックもボンスクリューで下顎骨体に固定する (Fig. 3)。粘膜骨膜弁を戻し、創を閉鎖し手術を終了する。

手術後の安定性の検討

1) 検討対象症例

この方法を適用し3年以上を経過した17例について、臨床評価を行った。その中で、X線資料のそろっていた9例についてX線学的評価も行った。

Fig. 3 Sliding Genioplasty using a broad soft tissue pedicle and supported with porous HAP·TCP blocks.

性別は男性5名、女性12名で、手術時の年齢は18歳から32歳、平均±標準偏差が24.0±3.7歳であった。

オトガイ形成術は、全て他の顎矯正手術と同時に施行さ

Fig. 4 Histologic section of the biopsy sample which was taken from the HAP·TCP blocks implanted to support advanced inferoanterior border fragment of mandible (NB; new bone, H&E $\times 132$).

れていた。オトガイ下縁形成骨片は、一例をのぞき、全て下顎骨と接触を保ちながら前方へ移動され、術直後の側方頭部X線規格写真上で水平的（FH平面に平行）に7から13mm前方に移動されていた。1例は水平的に前方へ6mm、垂直的（FH平面に垂直）に下方へ4mm移動され、下顎骨との接触が失われ、移動骨片と軟組織形態を安定させるためにこの方法が適用されていた。

2) 臨床評価

今日まで、臨床経過に異常を示した症例は1例もなかった。5例で、臨床経過に何ら問題を認めないものの患者の希望により、ボーンプレートやボーンスクリューの除去術が行われた。除去術の時期は、全て埋入後1年以上を経過していた。その時の手術所見として、HAP・TCP周囲に異常を認めなかった。また、除去術時に、患者の了解を得てHAP・TCPの一部を標本とし、組織検査を行った。その結果、HAP・TCPブロック表面を覆う骨の新生が確認され、周囲に炎症細胞の浸潤はほとんどみられず、骨への親和性を保ちつつ安定した状態で埋入されていると考えられた（Fig. 4）。

3) 側方頭部X線規格写真による評価

(1) 分析方法

観察時期を術前、術直後、術後1年、術後3年以上経過時の4時期とした。

術前の側方頭部X線規格写真上でPogonionを原点としFH平面に平行な線をX軸、原点を通りX軸に直交する線をY軸とするXY座標を定めた。

各時期に撮影された側方頭部X線規格写真を下顎中切歯槽骨の舌側骨梁と下顎骨下縁で、best fit法により重

1: Pogonion (Pog)	1': Postoperative Pog
2: Menton (Me)	2': Postoperative Me
3: Point of soft tissue pogonion (SPog)	3': Postoperative SPog
4: Point of soft tissue menton (SMe)	4': Postoperative SMe

Fig. 5 Landmarks in the pre- and postoperative chins of the cephalograms superimposed on mandibular plane and lingual surface of the symphyses.

ね合わせ、各時期のFig. 5に示す計測点について、術前から術直後、術後1年経過時、術後3年以上経過時までのXY方向の変化量を求め評価した。

(2) 結果

Fig. 6は、骨接触を保ちつつ形成骨片が移動された8例の、術前からの各時期における硬軟組織の、XおよびY軸方向の変化量の平均±標準偏差を示す。

オトガイ下縁に形成された骨は、手術により平均でPogが 9.1 ± 1.9 mm, Meが 8.7 ± 2.2 mm前方へ、それに伴いSpogは 8.3 ± 2.1 mm (91%), SMeは 8.7 ± 2.2 (100%)の割合で前方へ移動されていた。下方への移動はPogが 1.8 ± 2.5 mm (100%), Meが 1.3 ± 2.3 mmに対してSpogが 1.8 ± 2.5 mm (100%), SMeが 0.2 ± 3.3 mm (17%)であった。

そして、それらの位置は、術後1年、3年以上の経過時点、すべて0.5mm未満の変化にとどまっていた。術前から各観察時期までの変化に、ステューデントのt検定を用いて検討した結果、統計的有意な差を認めなかった。

Fig. 7は形成骨片を前下方に移動した結果、形成骨片と下顎骨体との間の骨接触が完全に失われた1例の、硬軟組織の変化を示す。手術によりPogが前方に6.7mm下方に4.2mm, Meが前方に6.0mm下方に3.5mm移動され、

Fig. 6 The immediate, 1 year and 3 year postoperative average changes of advanced inferoanterior border segment of mandible at Pog, SPog, Me, and SMe on X-axis and Y-axis in 8 cases.

The each value indicated the change from the preoperative point to the immediate, 1 year, and 3 year postoperative point.

SPog が前方に 4.7mm (71%), SMe が 6.0mm (100%), 下方に SPog が 4.2mm (100%), SMe が 5.4mm (155%) の割合で移動された。そして、それらの位置は、SMe だけが術後 1 年までに垂直的に約 2 mm の後戻り変化を示したものの、他は 1 mm 以内の変化であった。

Fig. 8 はこの症例の術前と術後 3 年経過時の顔貌の変化とセファログラムの重ね合わせを示す。

考 察

1) オトガイ形成術の選択について

オトガイ形成術は、オトガイ下縁に形成した小骨片の移動による方法と人工材料の埋入による方法がある。Guyuron ら¹⁸⁾はこの二つの方法を比較する中で、骨形成術の方が軟組織形態の変化を、より予測し易いとし、特に頸部からオトガイにかけての曲線の改善で優れていると報告している。

オトガイ部は、口角下制筋、下唇下制筋、オトガイ筋、そして顎二腹筋、オトガイ舌骨筋、オトガイ舌筋等が付着し、口唇周囲の運動機能や舌の運動機能に重要な役割を担っている。同部の変形はこれらの筋肉の付着部位にも変位が

change on X-axis (mm)

change on Y-axis (mm)

Fig. 7 The immediate, 1 year and 3 year postoperative changes of advanced inferoanterior border fragment of mandible at Pog, SPog, Me, and SMe on X-axis and Y-axis in the case.

The each value indicated the change from the preoperative point to the immediate, 1 year, and 3 year postoperative point.

生じていることを意味し、機能的問題も合併していると考えられる。従って、オトガイ形成術を計画するとき、この点に配慮することも重要であり、機能的オトガイ形成術として計画立案することが大切である^{10, 14, 15)}。

変形の程度が少ないとき、手術侵襲の軽減から人工材料による方法を選択されることが、否定されるべきではない。しかし、変形が重度であればあるほど、審美的問題だけでなく機能的問題も重度であり、機能的オトガイ形成術の計画が重要となってくる。

私たちは、オトガイ形成術の適応例に対して、オトガイ下縁に形成した骨片を適正な位置に移動する方法を第1選

択としている。骨形成術としては、Bellらの報告した broad soft tissue pedicle genioplasty^{16, 17)}を基本としている。すなわち、形成骨片の筋肉付着部を剥離しないようにすることで、骨片移動に伴う筋肉付着部位の位置的改善を計るだけでなく移動骨片への血液供給路を広く温存し、安定した骨性治癒も計っている^{10, 18)}。

しかし、重度のオトガイ変形の改善を目的として形成骨片を移動しようとするとき、移動骨片の母床骨側への接触が非常に少なくなる場合や完全に失われる場合がある。この状態で、ボーンプレートやボーンスクリューによる骨片固定を適用したとしても、骨癒合の不十分や下顎骨と移動

Fig. 8 Pre- (A) and 3 year postoperative (B) facial views and superimposition of pre- and 3 year postoperative cephalograms (C) on FH plane at Nasion in the case that inferoanterior border fragment of mandible was moved forward and downward without bone contact and supported by the HAP・TCP blocks in.

形成骨片との間に生ずる大きな段差や間隙への軟組織の嵌入による軟組織形態改善の不十分が予測され、これを防ぐために自家骨移植が選択されている^{11,12)}。

オトガイ下縁形成骨片移動に骨移植を併用する場合、形成骨片を前方移動することで生じた大きな段差をなだらかにするように、骨表面にチップ状のものを填入する場合と、垂直的に延長するために形成骨片を下方移動することで生ずる下顎骨との間の間隙にブロック状のものを挟む方法が行われている^{11,12)}。

しかし、自家骨移植を実施する場合、骨採取のための新たな侵襲が生ずるだけでなく、移植骨の吸収による術後の安定性に疑問が生ずる。

オトガイ形成術として人工材料のみによるオトガイ部の増量術でよい結果を報告しているものもあるが¹⁹⁾、オトガイ内面の筋の付着部位の位置的改善ができないだけでなく、インプラント下面の骨吸収が観察されるとの報告もある^{20,21)}。

一方、オトガイ下縁形成骨片の移動と人工材料との併用例の報告もみられる。Rosen²²⁾はオトガイ部の垂直的延長を目的として、オトガイ形成骨片と母床骨との間に自家骨移植では安定性に疑問があるとし、ヒドロキシアパタイトを埋入することで良好な結果を得たとしている。Scharoff²³⁾は形成骨片の移動のみでは改善が不十分と考えられたとき、補足的にシリコンゲルを用いることで、良好な結果が得られただけでなく自家骨採取をさける利点があったと

している。Zeller²⁴⁾はオトガイの前方移動と垂直的延長のために、前もって整形した緻密体のヒドロキシアパタイトブロックの利用について報告し、オトガイの前方移動を伴わない垂直的延長はまれであるが、このようなとき緻密タイプのヒドロキシアパタイトブロックを利用することで骨移植はさけられるとしている。

われわれは、オトガイ下縁を前方移動することなく垂直方向にのみ延ばす症例を経験していない。従って、移動した形成骨片の上面から下顎骨体側の前面にオンレイ的に人工骨を補填することで、骨移植の代用を計った (Fig. 1)。このような人工骨の使い方で移動骨片を安定させるためには、顆粒状のものよりブロックタイプの方が確実であると考えた。また、人工骨に支えられる軟組織形態の改善予測もブロックタイプが容易と判断し、多孔体 HAP・TCP ブロックタイプを選択し、骨移植を行うことなく良好な結果を得た。

2) オトガイ形成のための人工材料について

オトガイ形成のための人工材料として Proplast, Polyethylen, Silicon, などを利用する報告もみられるが、最近ではヒドロキシアパタイトを利用する報告が多い^{19,22,25-27)}。ヒドロキシアパタイトの数多くの研究は、ヒドロキシアパタイトが骨伝導能を有し、骨に対する親和性が非常に高い有用な骨補填剤であることを示した²⁸⁾。リン酸三カルシウム (TCP) も骨補填材のひとつであるが、HAP も TCP も優れた骨親和性を有するものの機械的強度に欠点を有する

とされている。しかし、HAP と TCP の複合体とすることで優れた骨親和性を保ったまま高い強度の骨補填材とすることに成功した²⁹⁾。

多孔体 HAP・TCP ブロックを臨床応用した今回のわれわれの症例において、患者の同意を得て、埋入した HAP・TCP の一部分を採取し組織学的検討を 5 例で行った。その結果も、多孔体 HAP・TCP ブロックが骨伝導能を有し骨親和性が高い骨補填剤のひとつであることを示唆するものであった。

HAP・TCP は多孔体と緻密体とが用意され、多孔体は強度的に劣っているものの加工が容易であるという利点を有している。本法における骨補填材の利用は自家骨移植に代わり、移動骨片が下顎骨に骨癒合するまで骨片を安定させるとともに骨癒合の促進を計り、また良好な軟組織形態の改善をもサポートすることである。このような利用としては緻密体ほどの強度を必要とせず、多孔体 HAP・TCP で十分と考えられた。オートガイ形態は個体により全て異なっているわけで、個体に合わせた微調整が必要と考えられ、この点からも微調整が容易な多孔体 HAP・TCP の選択となった。

術後の安定性についての X 線学的検討結果は、この選択を支持するものであった。

HAP・TCP ブロックを利用するとき、適用部位によっては、その形態を予測し整形した状態で提供されている。オートガイ部の人工材料による増量術でも、オートガイ用として前もって整形されたものを用意している場合がみられる^{19, 24)}。本法でのオートガイ形態の改善は形成骨片の移動によるのが基本であり、HAP・TCP ブロックの役割は補助である。従って、その形態は比較的単純なものにできると考えた。すなわち、本法が適用されると考えられる一症例を選択し、その光造形モデル上で HAP・TCP による補填形態を予測し、それに基づいて右側用、左側用のそれぞれを作製した。そして、これまでの適用例のほとんどは、これをそれぞれ一個ずつ適用することで十分であった。しかし、少数例ではあったがさらに補填する必要性を生じた症例もみられた。このときは 2 枚重ねとし適用することで役割を達成することができた。

3) 本法適用例の術後安定性について

本法適用例の術後の安定性についての分析結果は、術直後から術後 1 年の間で軟組織形態に若干の変化を認めたものの、術後の腫脹を考慮するならば納得できる範囲と考えられた。すなわち、分析結果は、本法の適用による移動骨片の安定性、軟組織形態改善の安定性とも十分満足できることを示した。

しかし、本法適用による機能的改善の安定性についての

評価は困難であり、この点についての検討がさらに必要である。また、多孔体 HAP・TCP ブロックは、完全に骨と置換されるわけではない。この点についても、慎重に経過観察し、長期的検討を行う必要がある。

結 論

オートガイ形成術として、オートガイ下縁に形成した骨片にできるだけ広範囲に軟組織を付着させたまま移動する方法を適用するとき、移動骨片の移動の程度によっては、下顎骨との接触不十分や軟組織形態の改善不十分が生じやすい。それを防止するために、多孔体 HAP・TCP ブロックを適用したところ、自家骨移植を必要とすることなく良好な結果が得られた。

比較的長期の経過観察結果でも多孔体 HAP・TCP ブロック埋入に伴う異常を認めず、移動形成骨片も軟組織形態も安定していることが確認された。

引用文献

- 1) Trauner, R.T., et al.: The surgical correction of mandibular prognathism and retrognathia with consideration of genioplasty. Part I. Surgical procedures to correct mandibular prognathism and reshaping of the chin, *Oral Surg*, 10 : 677-689, 1957.
- 2) Scheideman, G. B., et al.: Soft tissue changes with combined mandibular setback and advancement genioplasty, *J Oral Surg* 39 : 505-509, 1981.
- 3) Ellis, E. 3d. et al.: Advancement genioplasty with and without soft tissue pedicle: An experimental investigation, *J Oral Maxillofac Surg*, 42 : 637-645, 1984.
- 4) Dann, J. J., et al.: Proplast genioplasty: a retrospective study with treatment recommendations, *Angle Orthod*, 47 : 173-185, 1977.
- 5) Karras, S. C., et al.: Augmentation genioplasty with hard tissue replacement implants, *J Oral Maxillofac Surg*, 56 : 549-552, 1998.
- 6) Precious, D. S., et al.: Correction of anterior mandibular vertical excess: the functional genioplasty, *Oral Surg*, 59 : 229-235, 1985.
- 7) Schendel, S. A : Genioplasty: a physiological approach, *Annals of Plastic Surgery*, 14 : 506-514, 1985.
- 8) Alvarez, C., et al.: Mandibular advancement combined with horizontal advancement genioplasty for the treatment of obstructive sleep apnea in an edentulous patient. A case report, *Oral Surg*, 64 : 402-406, 1987.
- 9) Hookey, S. R., et al.: New developments in genioplasty: functional versus cosmetic, *Aust Orthod J*, 11 : 2-6, 1989.
- 10) 川村 仁, 他: 機能的オートガイ形成術 (functional

- genioplasty) によるオトガイ変形の改善, 日顎変形誌, 7 : 69-78, 1997.
- 11) Bell, W.H., et al.: Surgical Correction of Dentogacial Deformities. Vol 2. 1st Ed, W.B. Saunders Co, Philadelphia, 1980, p 1210-1279.
 - 12) Proffit, W.R., et al.: Surgical Orthodontic Treatment, 1st Ed, Mosby Year Book, St Louis, 1991, p 300-306.
 - 13) Guyuron, B., et al.: A critical comparison of osteoplastic and alloplastic augmentation genioplasty, Aesthetic Plastic Surger, 14 : 199-206, 1990.
 - 14) Precious, D.S., et al.: Correction of anterior mandibular vertical excess: The functional genioplasty, Oral Surf, 59 : 229-235, 1985.
 - 15) Hookey, S. R., et al.: New developments in genioplasty: functional versus cosmetic, Aust Orthod J, 11 : 3-6, 1989.
 - 16) Bell, W. H., et al.: The versatility of genioplasty using a broad pedicle, J Oral Maxillofac Surg, 41 : 763-769, 1983.
 - 17) Bell, W.H.: Surgical Correction of Dentofacial Deformities: New concept, vol 3, 1st Ed, W.B. Saunders Co, Philadelphia, 1985, p 57-70.
 - 18) 佐藤修一, 他: 広範囲に軟組織を付着させるオトガイ形成術適用後の術後変化—頭部 X 線規格写真による評価—, 日顎変形誌, 2 : 19-24, 1992.
 - 19) Karras, S. C., et al.: Augmentation genioplasty with hard tissue replacement implants, J Oral Maxillofac Surg, 56 : 549-552, 1998.
 - 20) Matarasso, A., et al.: Labial incompetence: a marker for progressive bone resorption in silastic chin augmentation, Plast Reconstr Surg, 98 : 1007-1014, 1996.
 - 21) Robinson, M., et al.: Bone resorption under plastic chin implants, J Oral Surg, 27 : 116-118, 1969.
 - 22) Rosen, H. M.: Surgical correction of the vertically deficient chin, Plastic & Reconstructive Surgery, 82 : 247-256, 1988.
 - 23) Sclaroff, A., et al.: Augmentation genioplasty: when bone is not enough, American Journal of Otolaryngology, 13 : 105-108, 1992.
 - 24) Zeller, S. D., et al.: Use of preformed hydroxylapatite blocks for grafting in genioplasty procedures, Int J Oral Maxillofac Surg, 15 : 665-668, 1986.
 - 25) Dann, J. J., et al.: Proplast genioplasty: a retrospective study with treatment recommendations, Angle Orthod, 47 : 173-185, 1977.
 - 26) Shaber, E. P.: Vertical interpositional augmentation genioplasty with porous polyethylene, Int J Oral Maxillofac Surgery, 16 : 678-681, 1987.
 - 27) Wolford, L. M., et al.: Coralline porous hydroxyapatite as a bone graft substitute in orthognathic surgery, J Oral maxillofac Surg, 45 : 1034-1042, 1987.
 - 28) Holmes, R. E.: Bone regeneration within a coralline hydroxyapatite implant, Plast Reconstr Surg, 63 : 626-633, 1979.
 - 29) Kondo, K., et al.: Preparation of high-strength apatite ceramics, Am. Ceram. Soc, 67 : C222-C223, 1984.