インプラント埋入におけるステントを併用した X 線 CT の応用

入 谷 治 塩 田 真 立 川 敬 子 榎 本 昭 二

東京医科歯科大学歯学部附属病院インプラント治療部（主任：榎本昭二教授）

（1998 年 8 月 27 日 受付）

Diagnosis for Dental Implant Using Computed Tomography and
Precise Implantation Using Modified Stent

Osamu Iritani, Makoto Shiota, Noriko Tachikawa and Shoji Enomoto

Clinic for Oral Implant, University Hospital, Faculty of Dentistry, Tokyo Medical and Dental University
(Chief : Prof. Shoji Enomoto)

The diagnosis of jaw bones using X-ray computerized tomography is effective to decide the method of implantation, the position of the implant, and the direction for the insertion of the implant. However, it is difficult to apply anatomical information to the superstructures of implants, as well as to prepare implant sockets at the proper site by using an ordinary surgical stent. This would affect the effectiveness of the X-ray computerized tomography considerably.

The X-ray computerized tomography with a diagnostic stent has been used in our clinic. CT multiplaner reconstruction images with radiopaque markers are useful to examine the adaptability of implant and to determine an appropriate site of implantation for an ideal prosthesis. Moreover, the diagnostic stent is modified to the surgical stent by drilling guide holes to reproduce a precise direction for inserting implant. By applying this stent, it is possible to reproduce the optimal site and direction for the placement of implant.

In this report, two cases, which were treated with diagnosis and the placement of implants by using this technique, were studied. One was a case of overdenture and the other was that of upper anterior prostheses. In both cases, precise implantation was achieved by using this technique.

I. 緒 言

近年、歯科臨床においてインプラント治療が広範に応用され、一定の評価が得られている¹⁾。それに伴って、欠損部顎骨に狭窄や陥凹などの形態的な問題を持つ症例や顎間関係に問題のある症例などに対してもインプラントの積極的な適用が期待されるようになってきた²⁾。また、インプラントに対する要求も、咬合機能の回復にとどまらず、インプラント上部構造による審美性の回復にまで及んでいる³⁾。したがって、インプラント診療の術前診査には、埋入の適否のみならず、手術方法や補綴方法の選択にも有効な指針を示すことが要件となり、さらに、それらの情報から設定されたインプラントの埋入位置や埋入方向を、患者の口腔内に正確に再現するための方法も必要となってきた。

X 線 CT は、単純 X 線写真やパノラマ X 線写真では得ることが困難な顎骨の頬舌的な幅径、上顎洞底との位

置関係、皮質骨の厚さ、顎骨内部の骨構造や骨質、下顎管や切歯管の三次元的位置などの情報が得られる優れた診査機器として知られている⁴⁾。そこでわれわれは、診断用ステントを用いた X 線 CT 撮影を行い、X 線 CT 画像から得られる解剖学的情報と口腔内との対応関係をより明確にして、状況に応じた手術方法や補綴方法の選択や、インプラントの埋入位置と埋入方向の的確な設定に使用している。さらに診断用ステントを改造した手術用ステントをインプラント埋入手術時に使用し、設定した埋入位置と埋入方向の口腔内への再現に供している。このような X 線 CT とステントの応用は、インプラント診療に非常に有用と考えられ、従来は適切な処置を行うことが難しかった症例に対しても、安全で確実なインプラントを行うことが可能である。そこで今回、診断用ステントを併用した X 線 CT 画像診断と埋入手術時の手術用ステントの有用性に関して、臨床例を通して検討を行った。

II. 診査機器と方法

全身的禁忌症がなく、視診、触診、診断用模型、パノラマ X 線写真などの術前診査からは治療方針の確定しない患者 2 名に、診断用ステントを用いた X 線 CT 撮影による診査を行い、その後、手術用ステントを用いたインプラント埋入手術を行った。

診断用ステントは、欠損歯と欠損部顎堤の形態を透明レジン (Palapress Valio, Kulzer 社) によって作製し、診査に用いる基準部位には造影剤 (硫酸バリウム混入レジンもしくはガッタパーチャ) を使用した。また、床形態を付与して口腔内での維持を図った。

CT 撮影は、診断用ステントを口腔内に装着した状態で、カンペル平面と CT のスライス面が平行となるように頭位を定めて行った。CT スキャン装置は Somatom Plus S (Siemens 社、管電圧 120 kVp、管電流 125 mA、スライス厚さ 1 mm、テーブルスピード 2 mm/s Spiral Scan) であり、得られたデータを三次元画像構築ソフトウェアプログラムを用いて処理し、歯列弓に対し垂直方向断面の再構築画像を 2 mm 間隔で得た。これらの画像情報から治療方針の確定を行い、さらにインプラント体の埋入位置と埋入方向を設定した。

設定されたインプラント体の埋入位置と埋入方向は、いったん診断用ステントに適合するシリコン陰型に記録し、それに従って手術用ステントの指導孔を形成した。指導孔の直径は埋入手術に使用する切削器具のシャंकの直径と同じく 2.4 mm として、埋入位置と埋入方向が正確に定まるようにした。また、埋入窩形成時の障害とならないよう歯冠部の形態にも修整を加えた。

III. 結 果

1. 症例 1

患者は下顎義歯の違和感とそれによる咀嚼障害を主訴とする 47 歳の女性である。口腔内所見では左側第一小白歯と左側第二大白歯の残存、右側臼歯欠損部顎堤の垂直的な吸収、左側臼歯欠損部顎堤の著しい狭窄、前歯欠損部顎堤の若干の狭窄が認められた (図 1)。パノラマ X 線写真からは両側オトガイ孔間の顎骨の高さは十分であることが認められたが、右側臼歯欠損部には顎骨頂部と下顎管の近接が認められた。したがって、インプラントの埋入は両側オトガイ孔の間のみに可能性があり、さらにインプラントをオーバーデンチャーの支台として適用することが有効であると予測された (図 2)。そこで、右側オトガイ孔と左側犬歯部間の正確な顎骨頬舌断形態の把握とデンチャースペースの確認を目的として診断用ステントを用いた X 線 CT 撮影を行った。

診断用ステントは透明レジンによる旧義歯の複製であ

り、さらに前歯部歯冠唇側面に造影剤を混入したレジンを貼付け、顎堤頂相当部と埋入予定部位の右側犬歯部、右側側切歯部、左側側切歯部の歯冠軸にガッタパーチャを配置した (図 3)。X 線 CT 撮影時には患者に診断用ステントを装着させ、カンペル平面と CT のスライス面が平行になるよう頭位を定めた。図 4 は横断像と右側犬歯部、右側側切歯部、左側側切歯部における頬舌断再構築画像である。

頬舌断再構築画像から、右側犬歯部と右側側切歯部では顎骨の長軸と舌側緻密骨はほぼ平行であるが、頬側外斜面が長軸と鋭角をなし顎骨上部が狭窄していることが認められた。また、左側側切歯部では頬側と舌側の緻密骨はともに顎骨の長軸とほぼ平行で、顎骨頂部付近にはインプラント体を許容する頬舌径が認められた。これにより左側側切歯部では通常のインプラント体埋入が可能であるが、右側犬歯部と側切歯部では十分な頬舌径を得るための顎骨上部の切除とインプラント体の完全埋入をする必要のあることがわかった。

歯冠軸と顎骨頂の位置関係をみると、左側側切歯部では顎骨頂が歯冠軸より舌側寄りに位置しているが、右側犬歯部と右側側切歯部では顎骨頂が歯冠軸より頬側に位置していることが認められた。さらに歯冠唇側面と顎骨頂の位置関係は、左側側切歯部では両者の間に十分な距離が認められたが、右側犬歯部と右側側切歯部では両者は近接していた。したがってオーバーデンチャーのアタッチメントとしては、広いデンチャースペースを必要とするバーアタッチメントの使用を避け、より狭いスペースで使用可能な磁性アタッチメントの採用が示唆された。

これらの情報に基づき診断用ステントのサージカルステントへの改造を行った (図 5)。埋入手術の際には、サージカルステントを用いて顎骨の予定部位に基準孔を形成した。基準孔に従ってインプラント窩の形成を行い、術前に設定した埋入位置、埋入方向にインプラント体を埋入した。術後のパノラマ X 線写真からは埋入状態に問題のないことが確認された (図 6)。骨治癒期間経過後に補綴処置を開始し、上部構造として 3 本のインプラントと左側第一小白歯に装着した磁性アタッチメントを維持装置とするオーバーデンチャーを作製し装着した (図 7)。

2. 症例 2

患者は上顎前歯部橋義歯のメタルコアを伴った頻回の脱落を主訴とする 36 歳の男性である。支台歯である右側側切歯と左側中切歯には高度のう蝕の進行が認められ、右側側切歯には歯根破折もみられたために、ともに保存不可能と判断された (図 8)。また上下顎間の垂直的距離が短く低位咬合を呈していた。パノラマ X 線写真からは、右側中切歯部にインプラント埋入に十分な高さの顎

骨が認められ、右側側切歯と左側中切歯の周囲にも著しい骨吸収像はみられないために抜歯後のインプラント埋入の可能性が示唆された(図 9)。しかし、抜歯後の骨吸収により顎骨形態に変化の生じる可能性があること、狭い顎間空隙がインプラントの上部構造の設置を制限する可能性があることなどが予測されたために、抜歯窩治癒後に診断用ステントを用いた X 線 CT 撮影を行った。

診断用ステントは口腔内装着時に咬頭嵌合ができるように床義歯様形態とした。また、右側側切歯部と両側中切歯部の歯冠部には硫酸バリウムを混入したレジンを使用した(図 10)。患者に診断用ステントを装着して歯冠形態を確認させた後に、症例 1 と同様に、X 線 CT 撮影を行った。図 11 に横断像と右側側切歯部、右側中切歯部、左側中切歯部における頬舌断再構築画像を示す。

頬舌断再構築画像から、右側側切歯部と右側中切歯部では顎骨の頬舌径が比較的細いが、インプラント体を許容しうること、左側中切歯部では顎骨の頬舌径は十分にあるが、顎骨頂部から唇側にかけて骨質が比較的脆弱であること、さらに、いずれの部位も顎骨の高さはインプラント体の埋入に十分であることが認められた。

また、顎骨長軸の延長線上に歯冠部があることと歯冠部底面と顎骨頂部との間に十分な空間が認められることから、歯冠部から顎骨頂部までの領域にインプラント上部構造を構築することが可能であることが示唆された。さらに、顎骨唇側面に著しい陥凹が認められず、顎骨の長軸と歯冠軸の方向はほぼ平行であるため、インプラント体の埋入方向の設定は顎骨の長軸と平行で問題のないことがわかった。

これらの情報をインプラント埋入手術に反映するために、以下のように診断用ステントの手術用ステントへの改造を行った。まず診断用ステントを装着した状態の作業模型を作製し、シリコーン印象材で埋入予定部位の陰型を採得した。次に、作業模型上の埋入予定部位に再構築画像の切断部を印記し、それによって作業模型とシリコーン陰型を切断した。作業模型の断面には相当部の再構築画像のコピーを貼り付けて、画像上に印記した埋入方向をシリコーン陰型の断面上に延長して印記した(図 12)。さらに診断用ステント上にシリコーン陰型を装着して、断面に印記された埋入方向に従って診断用ステントにドリリングし、埋入手術時の指導孔とした。埋入窩形成時の障害とならないよう歯冠部の形態にも修整を加え手術用ステントとした(図 13)。

埋入手術の際には、フラップを形成した後に、ロングシャンクのラウンドバーを用いて、手術用ステントの指導孔に従って顎骨内に基準孔を形成した(図 14)。基準孔に従ってインプラント窩の形成を行い、術前に設定した埋入位置と埋入方向へのインプラントの埋入を行った。

手術直後のパノラマ X 線写真から、インプラント体が適切な位置へ埋入されていることが確認された(図 15)。骨治癒期間経過後に補綴処置を開始して、陶材焼付冠を製作し装着した(図 16)。

IV. 考 察

1. インプラント診療における X 線診査に関して

インプラントの診査には、通常の歯科診療と異なっており顎骨や粘膜の状態の定量的な把握が必要となる⁵⁾。これは、インプラント治療に既製パーツが多用されること、顎骨状態の不良な症例に骨誘導再生法などの応用を考慮した診査が求められること、インプラント補綴に対する審美的な要求に応えるためにインプラントの適切な埋入方向や埋入位置を術前に設定する必要があることなどによる。また、インプラントが長期にわたり機能するためには、上顎洞や下顎管などの解剖学的構造とインプラントが適切な位置関係を有することが必要であり、顎骨内の解剖学的構造を十分に把握することが求められる。

パノラマ X 線撮影は、顎骨の近遠心的および上下的な情報を提供する有効な診査方法であるが、写真上の拡大率が部位に応じて異なるために、距離の正確な把握には造影性を持ったパラメータを組み込むことが必要である⁶⁾。これによって、顎骨の有効骨量の近遠心的および上下的な距離を把握することができ、十分な頬舌径を持つ顎骨に対する診断が可能となる。しかし顎骨の頬舌径や顎骨長軸の頬舌的な方向、さらに解剖学的構造の頬舌的な位置を認知することは不可能であり、パノラマ X 線写真のみでは形態的な問題を持つ顎骨や審美性を必要とする症例の診査に十分対応できないこともある。また、側方 X 線写真からは顎骨正中部付近の頬舌的な情報を取得することが可能であり、同部へのインプラント埋入には有用であるが、他の部位への埋入の診査には用いられない。顎顔面断層 X 線写真からは比較的連続した顎骨の頬舌断像を得ることが可能であり、インプラントの診査に有効である⁷⁾。しかし、1 部位当たりの断層幅は 4 mm であり、診査に必要な画像が必ずしも得られないことがある。

X 線 CT は専用ソフトウェアの応用によって、顎骨の頬舌的な幅径、上顎洞底との位置関係、皮質骨の厚さ、顎骨内部の骨梁構造や骨質、下顎管や切歯管の三次元的な位置などの顎骨の定量的な情報を得ることが可能であり、インプラントの診査に非常に有用である⁴⁾。断層幅も 2 mm であり、必要な部位の情報が十分に提供される。今回の症例においても、頬舌断再構築画像から上記の情報を取得することが可能であった。さらに、X 線 CT 撮影時に診断用ステントを使用することにより、これらの顎骨に関する情報とインプラント埋入部位との対応が

可能であること、補綴的な情報の併載によりインプラントの埋入位置と埋入方向の的確な設定が可能であることがわかった。さらに埋入手術時に手術用ステントを使用することによって、設定した埋入位置と埋入方向の口腔内での再現が可能であることが示された。

2. X線CT撮影時の診断用ステントの使用に関して

X線CT撮影時にマーカーを配置した診断用ステントを使用することによって、インプラント埋入予定部位と相当部顎骨との対応を明確に行えることが知られている。Takeshitaらは、マーカーとしてステンレスチューブブルーや硫酸バリウムを使用した診断用ステントが、インプラント診査において著効であることを認めている⁹⁾。今回は、症例1では診断用ステントとして複製義歯を作製し、前歯部歯冠唇側面に硫酸バリウム混入レジンを貼付け、顎堤頂相当部と埋入予定部位の歯冠軸にガッタパーチャを配置した。症例2では床義歯様形態のステントを作製して、埋入予定部位の歯冠を硫酸バリウム混入レジんで形成した。両ステントともに装着時に咬頭嵌合が可能であり、口腔内で最終補綴の形態予測を行うことができた。

オーバーデンチャーの支台にインプラントを使用する際には、インプラントの埋入位置とデンチャースペースとの関係を把握し、適当なアタッチメントを選択することが必要となる。これは、インプラントの埋入位置が唇側に寄り過ぎるとインプラント体に装着するアタッチメントが人工歯の排列や審美性に支障をきたすおそれがあり、また、舌側に寄り過ぎると舌房が狭小化され舌感や発音に問題が生ずることがあるからである⁹⁾。症例1では、前歯部歯冠唇側面と顎堤頂相当部との間が十分に広くないことと、インプラント埋入可能部位が頬側寄りに位置することが認められたために、占有空間の少ない磁性アタッチメントを使用することとなった。

審美性が求められる症例では、歯列に調和した歯冠形態を作製するために適正な歯冠軸の設定が必要であり、歯冠軸と顎骨長軸との関係や顎骨唇側面の陥凹程度に関する把握が必要となる。症例2では、顎骨の長軸と歯冠軸の方向はほぼ平行であること、顎骨長軸の延長線上に歯冠部があること、顎骨唇側面に著しい陥凹のないことが認められ、歯冠軸とインプラントの埋入方向の設定は顎骨の長軸と平行で問題のないことがわかった。また、歯冠部底面と顎骨頂部との間に十分な空間が認められることから、歯冠部から顎骨頂部までの領域にインプラント上部構造を構築しうることがわかった。以上のように、マーカーを配置した診断用ステントの使用は、インプラント診療の補綴方法の選択に有効であることが認められた。

インプラントの埋入方法、採用するインプラントの種

類、GBRなどの埋入前処置の必要性を検討する際にも埋入予定部位の顎骨に関する情報は必要である。症例1の頬舌断再構築画像からは、左側側切歯部では通常のインプラント体埋入が可能であるが、右側犬歯部と側切歯部ではインプラント体埋入時の十分な頬舌径を得るために顎骨上部の切除とインプラント体の完全埋入をする必要があることがわかった。また、症例2の頬舌断再構築画像からは、埋入予定部の顎骨頬舌径は通常のインプラント体の埋入に十分でありGBRの必要がないこと、切歯管との位置関係は埋入手術に問題のないことがわかった。このように、マーカーを配置した診断用ステントの使用は、インプラント診療の手術方法の選択にも有効であることが認められた。

3. インプラント埋入手術時の手術用ステントの使用に関して

インプラント埋入手術前に設定されたインプラントの埋入位置と埋入方向の口腔内での再現は、一般に指導孔や指導線を手術用ステントに付与することによって行われている。しかし、それらの指導孔や指導線はインプラント窩形成時のドリルの位置と方向を厳密に規定しうるものではなく、また、その設定の多くは対合歯との顎間関係から導かれたものであり、顎骨内の状態を十分に反映したものではない。解剖学的情報を手術用ステントに正確に反映させる方法として超音波によるボーンマッピングと三次元角度計測器の併用なども考案されているが¹⁰⁾、X線CTの情報を直接的に利用するには至っていない。

今回われわれは、X線CT撮影時に使用した診断用ステントを、手術用ステントに改造した。その際に、作業模型の相当部横断面に顎骨頬舌断再構築画像を貼付して、X線CTの情報を確実に作業模型に対応させたうえで、インプラントの埋入位置と埋入方向を決定した。さらに、作業模型上で作製したシリコーン陰型の横断面に埋入方向を印記し、それにしたがって手術用ステントの指導孔を形成することにより、顎骨の解剖学的情報に応じた指導孔の設定を可能とした。また、指導孔の直径を切削器具のシャンクの径と同じにして、インプラント窩形成時に埋入位置と埋入方向が正確に規定されるようにした。

通常の手術用ステントは、インプラント埋入手術時に口腔内での安定性や埋入窩形成時の器具到達性に問題の生じることが多い。今回は、ステントを床タイプにすることと、粘膜の切開線を顎堤頂部からやや舌側寄りにして粘膜骨膜弁を最小範囲で形成することによって、ステントが口腔内で十分な安定を得るようにした。さらに、インプラント窩の基準孔を、手術用ステントの指導孔に従って直径1.4 mmのラウンドバーで顎骨内に形成し、

その後は器具の到達に影響のないようにステントを外して、基準孔に従って規定の直径と長さまでインプラント窩を形成することとした。今回の症例では、以上のような手術用ステントの使用によって、インプラント埋入手術時に設定した埋入位置と埋入方向の口腔内への再現が行えることが認められた。

V. 結 論

インプラント診療で、診断用ステントを用いた X 線 CT 撮影ならびに手術用ステントを用いた埋入手術を行った結果、以下の結論を得た。

1. X 線 CT 画像上に診断用ステントの画像を併載することによって、インプラント埋入予定部位の顎骨や粘膜などの解剖学的情報ならびにインプラント埋入予定部位と対合歯との関係を正確に把握することが可能となった。
2. X 線 CT 画像の情報に基づいて、補綴処置を行ううえで合理的なインプラントの埋入位置と埋入方向の設定をすることが可能となった。
3. 診断用ステントを改造した手術用ステントを使用することによって、術前に設定した埋入位置と埋入方向に従ってインプラント窩を形成することが可能となった。

謝 辞

稿を終えるに臨み、貴重なご助言を賜りました東京医科歯科大学歯学部歯科放射線学講座、井田瑞枝講師ならびに倉林 亨講師に厚くお礼申し上げます。

文 献

- 1) Fiorellini, J. P., Martuscelli, G. and Weber, H. P. : Longitudinal studies of implant system. *Periodontology* 2000 17 : 125-131, 1998.
- 2) Fugazzotto, P. A. : Report of 302 consecutive ridge augmentation procedures : Technical considerations and clinical results. *Int. J. Oral Maxillofac. Implants* 13 : 358-368, 1998.
- 3) Kastenbaum, F., Lewis, S., Naert, I. and Palmquist, C. : The EsthetiCone abutment : three-year results of a prospective multicenter investigation : *Clin. Oral Implants Res.* 9 : 178-184, 1998.
- 4) Hirschfelder, U., Hirschfelder, H. and Regn, J. : Dental CT : A new diagnostic tool in dental radiology based on double spiral CT. Pokieser, G. and Lechner, G. *Advances in CT III*. Heidelberg, 1994, Springer-Verlag, 163-171.
- 5) 塩田 真 : 診断に関する留意点, 塩田 真 編, 歯科インプラントそれぞれ, 東京, 1998, デンタルダイヤモンド社, 152-157.
- 6) Lam, E. W. N., Ruprecht, A. and Yang, J. : Comparison of two-dimensional orthoradially reformatted computed tomography and panoramic radiography for dental implant treatment planning. *J. Prosthet. Dent.* 74 : 42-46, 1995.
- 7) 山内六男, 都尾元宣, 澤田尚昌, 大宮隆志, 長澤 亨, 片木喜代治, 松岡正登, 藤下昌巳 : 欠損部顎堤診査に対する顎顔面断層 X 線撮影装置 Scanora の有効性. *補綴誌* 42 : 246-253, 1998.
- 8) Takeshita, F., Tokushima, T. and Suetsugu, T. : A stent for presurgical evaluation of implant placement. *J. Prosthet. Dent.* 77 : 36-38, 1997.
- 9) 竹下文隆, 末次恒夫, 神田重信 : 術前診査におけるステントと CT の意義. *Quintessence DENT. Implantol.* 4 : 334-338, 1997.
- 10) 寺西邦彦 : インプラント臨床におけるツイン・チューブ・システムの活用. *Quintessence DENT. Implantol.* 4 : 324-333, 1997.

図1 症例1の術前口腔内写真

図2 症例1の術前パノラマX線写真

図3 診断用ステント

前歯部歯冠唇側面に硫酸バリウム混入レジジンシェルを貼付し、歯冠軸にガッターバーチャを置いた。

図4 CT画像

横断像と埋入予定部位(下顎右側犬歯部, 両側側切歯部)の頬舌断再構築画像

図5 手術用ステント

診断用ステントにインプラント窩形成に用いる指導孔を付与した。

図6 インプラント埋入後のパノラマX線写真

図7 補綴処置後の口腔内写真

3本のインプラントと左側第一小臼歯の磁性アタッチメントを維持装置とするオーバーデンチャーを装着した。

図8 症例2の術前口腔内写真

図 9 症例 2 の術前パノラマ X 線写真

図 10 診断用ステント

欠損部歯冠は硫酸バリウム混入レジンで作成し、咬頭嵌合位がとれるように床義歯様形態とした。

図 11 CT 画像

横断像と埋入予定部位(上顎右側側切歯部、両側中切歯部)の頬舌断再構築画像

図 12 作業模型とシリコン陰型

作業模型断面に貼付した再構築画像上で決定した埋入方向をシリコン陰型の断面に延長して印記した。

図 13 サージカルステント

作業模型を参考に診断用ステントをサージカルステントへ改造した。

図 14 埋入手術時の口腔内写真

指導孔に従ってインプラント窩の形成を行った。

図 15 インプラント埋入後のパノラマ X 線写真

図 16 補綴処置後の口腔内写真

陶材焼付冠を装着した。