3次元CTの歯周組織診査への応用

内 藤 徹 横 田 誠

九州歯科大学歯科保存学第2講座

(主任：横田 誠 教授)

(平成4年12月21日受付)

The Application of Three-Dimensional Computed Tomography for Periodontal Examination

Toru NAITO and Makoto YOKOTA

Department of Periodontics and Endodontics, Kyushu Dental College

2-6-1, Manazuru, Kokura-kita, Kitakyushu 803, Japan

(Chief : Prof. Makoto Yokota)

It is important to evaluate alveolar bone morphology precisely for diagnosis and treatment planning in periodontal therapy. Evaluation of bone loss can be accurately performed by bone sounding or re-entry. Unfortunately, these techniques involve injury and can be used on clinically only rare occasions. Image display, such as conventional radiography, can be performed without injury. But the two-dimensional nature of the transmission radiographs prevents demonstration of the three-dimensional structures in periodontal tissue.

To overcome the difficulty caused by the two-dimensional nature of conventional radiography,

three-dimensional images using computed tomography (CT) were applied in this study. The results of the reproductivity and clinical performance of three-dimensional CT were as follows ;

- 1) Highly accurate reproductivity (mean difference : $1.4 \pm 1.3\%$)
- 2) Three-dimensional bone morphology from various directions.
- 3) Tooth morphology showing root furcations.

Accurate performance of three-dimensional CT has the potential of allowing more precise measurement of osseous changes with less risk to the patient than was previously possible.

Key words : Computed tomography, Periodontal examination, Bone morphology, Tooth morphology

要旨 : 歯周治療に際して、歯槽骨の形態を正確に把握することは、診断・治療計画のために重要なことである。通常、骨欠損の形態把握は、ボーンサウンディングやリエントリーによってなされる。しかしながら、このような方法は侵襲を伴い、臨床的にはごく限られたケースでしか行われるにすぎない。レントゲン診断のような画像診断は、非侵襲的に行うことのできる骨の形態診断法である。しかし透過型撮影の2次元的な性質のために、歯周組織の3次元的な構造は描出することができない。

今回の研究では、従来のレントゲン診査法の欠点を補うために、コンピュータ断層撮影(CT)を利用した3次元画像診断を用いた。3次元CTの再現性と臨床像は、以下のような結果が得られた。

- 1) 高い精度の再現性 (平均誤差 $1.4 \pm 1.3\%$)
- 2) 様々な方向からの立体的な骨形態像
- 3) 根分岐部の観察が可能な歯牙の形態像

3 次元 CT のもつ、骨形態の正確な把握能力は、臨床応用に際して少ないリスクで骨欠損の正確な測定が行われる可能性を秘めている。

索引用語：コンピュータ断層撮影，歯周診査，骨形態，歯牙形態

緒 言

歯周病の診断や治療方針を決定するうえで、歯槽骨の形態を可能な限り正確に把握することは極めて重要である。歯槽骨の形態を正確に観察する従来の方法としては、プローブを用いて歯肉の上からブーンサウンディングを行う方法や、フラップをあけて直接骨の形態を観察する方法などが行われている。しかし、これらの方法は外科的侵襲を伴うため、簡便な方法とはいえない。このため、歯槽骨の形態診査には、通常デンタルX線やパントモなどのレントゲン画像診断が用いられている。しかしながら、従来の透過型レントゲン撮影による診査では、2 次元的な像が得られるだけで、ビームの方向への像の重なりのために、歯槽骨内の骨欠損の正確な位置や大きさを知るには不十分であった¹⁾。

近年、画像診断技術の進歩には目覚ましいものがあり、顎顔面領域においても、診断、治療方針の決定・術後の評価などに、CT や超音波断層診断、MRI (磁気共鳴画像法) が応用されるようになってきている²⁻⁴⁾。特に CT は、分解能の向上が著しく、また軟組織と硬組織の X 線透過度の違い、すなわち CT 値の差が大きいため、骨の形態把握の方法として最も適したものと考えられている。さらに近年、CT は画像処理のためのソフトウェアの開発が進み、多様な編集機能や、3 次元画像としての構築が可能となっている⁵⁾。

本研究は、従来の 2 次元的な X 線撮影では得られなかった歯槽骨形態の立体的な把握と、歯根および根分岐部の解剖学的形態把握のために、3 次元 CT 応用の可能性について探求することを目的として行った。

材料および方法

1. CT 装置および撮影条件

今回の実験に用いた CT 装置 (図 1) は、Siemens 社 Somatom Plus (Erlangen, Germany) で、ガントリーテーブル、操作用メインコンソール、X 線発生器、熱交換機、イメージプロセッシングおよび画像記

録用コンピュータから構成されている。本装置は 3 次元像再構成ソフトを内蔵し、スキャンデータから任意の関数を利用した 3 次元像の再構成が可能である。

撮影条件を表 1 に示す。レントゲン被曝量を低減化するために、高速回転スキャンとテーブル連続移動を組み合わせたスパイラルモードにて撮影を行った。

2. 頭蓋ファントムによる再現性の評価

頭蓋ファントムには、無歯顎の乾燥頭蓋骨を使用した (図 2)。左右の Orbita, Porion および Sella turcica に直径 3 mm のステンレス製メタルマーカを固定し、スキャンを行い、3 次元像への再構成を行った (図 3)。

3 次元像は、さらに 3 点のメタルマーカを通過する平面への多層断面再構成 (Multi Planer Reconstruction, MPR) を行い (図 4)、ハードコピー上で各計測点間距離を測定した。また、頭蓋ファントムのマーカ間距離を実測し、MPR 像上の距離との比較を行った。

図 1 今回の実験に使用した CT 装置

表 1 今回の実験の撮影条件

管電圧	120 kV
管電流	165 mA
スライス厚	2.0 mm
スライス間隔	2.0 mm
スキャン時間	1.0 sec/slice
スキャンモード	スパイラル
テーブル移動	2.0 mm/sec
ガントリー傾斜	0°

いずれの測定に関しても、キャリパスには digimatic caliper ((株)ミットヨ, 東京) を使用し, 0.1 mm 単位で計測を行った。なお, 計測は 3 回ずつ行いその平均値を測定値とした。

3. 臨床応用

3 次元 CT 撮影には, 本学付属病院に来院し, 前歯部と臼歯部に著しい歯槽骨吸収を伴った 21 歳の女性

を被験者とした。本症例は, DNA Probe (DMDx® Omn; Gene, Inc., U.S.A.) による歯肉縁下細菌叢の検出で, *Actinobacillus actinomycetemcomitans* (+), *Bacteroides gingivalis* (-), *Bacteroides intermedius* (+) を示し, 若年性歯周炎と診断された。初期治療後の再評価では, ポケットは最も深い部位で 9 mm を示した。3 次元 CT 撮影は, 初期治療終了後, 歯周外科の術前診査として, 骨形態を調べるた

図 2 頭蓋ファントムにメタルマーカを配置したところ

図 3 頭蓋ファントムの 3 次元 CT 像

図 4 頭蓋ファントムの MPR 像

3 点のメタルマーカを含む平面への再構成を行った。

めに行った。被験者には十分な説明を行い、文書によるインフォームドコンセントを得た。

CT撮影に際しては、頬粘膜と舌を歯肉から分離するために、スポンジ製マウスピースを装着した。また、撮影の規格化を行うために咬合平面板を使用した。

結 果

1. 頭蓋ファントムによる再現性の評価

CTの精度を評価するために、頭蓋ファントムを使用した計測を行った。CT撮影により得られるMPR像のハードコピー上で計測した値と、頭蓋ファントムに付与したマーカー間の距離を実測した値を比較した

表 2 頭蓋ファントムの実測値と3次元CTとの比較

マーカー	実測値 (mm)	3DCT (mm)	誤差 (mm)	%誤差
(R)Or.-(L)Or.	62.2	62.1	0.1	0.2
(R)Or.-(R)Po.	88.1	89.1	1.0	1.1
(R)Or.-(L)Po.	122.8	120.8	2.0	1.7
(R)Or.-Sella.	64.0	64.3	0.3	0.4
(L)Or.-(R)Po.	123.6	122.7	0.9	0.7
(L)Or.-(L)Po.	89.8	86.5	3.3	3.9
(L)Or.-Sella.	63.1	62.7	0.4	0.7
(R)Po.-Sella.	72.8	70.5	2.3	3.2
(L)Po.-Sella.	66.4	67.0	0.6	0.8

平均誤差 1.2 ± 1.1 mm (1.4 ± 1.3 %)

実測値とCT像との間に有意差はみられなかった。(U検定)

図 5 被験者の初診時のレントゲン写真

図 6 被験者の骨表面形態の3次元CT像
左から、右70°、正面、左70°より観察した像。

ものが表2である。CT像で得られる値と実測値との差は、平均 1.2 ± 1.1 mm, $1.4 \pm 1.3\%$ と、高い再現性が認められた。Mann-Whitney検定により、 $p < 0.05$ においてCT像により得られる計測値と実測値の間には有意差は認められなかった。

2. 3次元CTの臨床像

前歯および臼歯部に骨吸収を示した被験者の骨表面形態を調べるために3次元CT撮影を行った。図5にレントゲン像、図6に3次元CT像を示す。3次元CT像において、図5に示された骨の吸収像が正確に反映されていることがわかる。また、歯周外科時に重要なオトガイ孔の位置が観察される。

3次元CT像は、XYZ軸の任意の方向への回転が

図7 被験者の骨表面を右70°, 上方30°から観察した像

可能で、通常のレントゲン像には現れてこないクレーター状の骨欠損が観察されることがわかる(図7)。

撮影データにさらにthreshold処理を行い、歯牙のみ単独の分離を行った3次元CT像を示す(図8)。

3次元CTでは、レントゲン像では容易に捉えることのできない歯根の分岐状態が観察された。

考 察

従来より、歯周病により喪失した歯槽骨の形態を診査するため、種々の方法が試みられてきた。これには、外科的侵襲を伴う方法として、リエントリーやボーンサウンディングなどと、外科的侵襲を伴わない画像診断を用いる方法などがある。このうち最も日常的に用いられる診査法としてはレントゲン診査が挙げられる。しかし、レントゲン診査では、3次元的な構造物である歯牙と歯周組織を2次元的な像としてしか捉えることができなかったために限界があった。例えば、1) 歯根と重なりあう歯槽骨はコントラストがつかないため観察ができない、2) 頬舌方向の骨欠損の進展の度合を2次元的にしか把握できない、といったことである。このようなレントゲン診断の限界により、クレーター状の骨欠損の形態などを検出できないなどの欠点がある^{1,6)}。これらの透過型のレントゲン診断の限界に起因して、デンタルX線が歯槽骨の形態把握に関して、ボーンサウンディングやリエントリーとは相関が低かったという報告がなされている^{7,8)}。

3次元CTは、まさにこのような従来のX線診断の

図8 歯牙の3次元CT像
threshold処理により軟組織と骨を除去した。

欠点を補うものである。3次元CTでは任意の方向からの立体的な観察が行えるため、歯牙や歯槽骨によって覆い隠される骨欠損の検出が可能となった。また、CT装置の編集機能を利用することにより、特定の部位や組織のみを取り出した状態での観察を行うことができるため、断面の観察も可能で、垂直性の骨吸収の範囲を特定することができる。さらに、スキャンデータを保存しておけば、後日新たに画像処理を行い、必要な像を作成することもできる。患者ごとにこれらのデータを保存し、疾患部の経時的变化を定量的に分析することも可能である。

本研究では、若年性歯周炎のような複雑な骨吸収像を示す症例に関して、3次元CTの臨床応用を行い、骨欠損の立体的構造を正確に描出し、歯周外科時に有用な情報が得られることを明らかにした。またthreshold処理により、根分岐形態などの把握が可能であることを示した。これらの歯牙の解剖学的形態を捉えることは、分岐部処置などに関して従来では得られなかった情報により、適確な処置選択が可能になるものと思われる。

外科的侵襲を併わない画像診断は、レントゲン診断のほかに超音波断層法、MRIなどが試みられている。このうち超音波診断の応用は、検査部位の皮膚の凹凸が著しいことから探触子のあて方に問題があること、下顎骨の後方は超音波がとどかないので診断できないことから、顎・顔面領域には適さないとされている⁹⁾。また、診断に熟練を要すること、再現性に乏しいといった欠点も指摘されている¹⁰⁾。MRIは、組織間の分解能が高く、軟組織の描出には優れているものの、石灰化の情報が得られず、骨の形態診査には適しないとされている^{4,10)}。CTを含むレントゲン診断は、骨と軟組織のコントラストが大きいことから、硬組織の診断にはもっとも適したものと考えられている^{11,12)}。特にCTでは、骨と軟組織の吸収X線量、すなわちCT値の差が大きく、顎顔面領域における骨や皮膚などの表面観察に有用である。

3次元CTの再現性の評価は、顎口腔領域に関して以前にもMattesonら¹³⁾によりなされ、誤差の平均が0.28%であったことが報告されている。今回の実験に使用したCT装置における誤差も平均 $1.4 \pm 1.3\%$ と、信頼に足る数値であった。さらに、本機の空間分解能は0.35 mmと、従来型CTより改善され、歯槽骨の形態を観察するには十分な能力を有していると思われる。

次に被曝量の問題であるが、西本ら¹⁴⁾、佐藤ら¹⁵⁾の研究では、頭部ファントムを使った右眼球表面での被曝線量の測定で、3次元CT(125 kV, 120 mA, 75 slice)で2.10 rad, 単純撮影(70 kV, 640 mAs, 0.05 sec, FFD 1 m)で0.22 rad, 断層撮影(66 kV, 50 mAs, 5 sec)で0.68 radとなり、3次元CTでの被曝は単純撮影の約10枚分, 断層撮影の約3~5枚分であり、1回で数枚の撮影を行う断層撮影より被曝量は少ないとしている。今回の実験での撮影条件(120 kV, 165 mA, 46 slice, spiral mode)では、通常撮影よりスパイラルモードにおいては被曝量が低減化されることから、さらに少ない被曝量での撮影が可能になった。さらに、骨の表面形態の観察のみを行うならば、管電流は85 mAs程度まで下げられることから、3次元CTではさらに被曝量を軽減することも可能である。むしろ、他のレントゲン画像では得られない豊富な情報が得られるメリットがある。また、保存したデータを後日処理して画像が得られることから、新たに撮影を行う必要もなくなる。このようなことから、被曝量に関して総合的に判断すると必ずしも多いとはいえない。

3次元CTの歯周治療領域における将来的な展望としては、軟組織と骨組織をトレースして歯周診査に応用したり、歯周外科プランニング、CT値を利用した骨塩量の経時的な観察など多岐にわたる。可及的に少ない被曝量でより多くの情報や得られるように、条件設定を行い、適応症の選択を行ったうえで、総合的な診断として有効な方法となるように発展させていくつもりである。

結 論

頭蓋ファントムを使用して3次元CTの再現性の評価を行った。また、3次元CTを臨床的な歯周組織の描出に応用し、次のような結論を得た。

- 1) 3次元CTを使用した計測誤差は平均 $1.4 \pm 1.3\%$ で、高い再現性が得られる。
- 2) 3次元CTの臨床像では、様々な方向から歯槽骨の立体的構造が把握でき、またクレーター状の骨欠損の観察が可能である。
- 3) 歯牙の描出が可能で、歯科レントゲンでは把握が難しい根分岐部形態を把握できる。
- 4) 保存されたスキャンデータの処理により、骨の経時的变化の分析に応用できる可能性がある。

謝 辞

本稿を終えるにあたり，本研究に御協力いただきました
八幡製鉄病院放射線部 内田和昭氏ならびにシーメンス旭
メディテック(株)林 昭人氏に謹んで謝意を表します。

文 献

- 1) Jeffcoat, M.K. : Radiographic methods for the detection of progressive alveolar bone loss. *J. Periodontol.*, 63 : 367-372, 1992.
- 2) Mutoh, Y., Ohashi, Y., Uchiyama, N., Terada, K., Hanada, K. and Sasaki, F. : Three Dimensional Analysis of Condylar Hyperplasia with Computed Tomography. *J. Cranio - Max. - Fac. Surg.*, 19 : 49-55, 1991.
- 3) 村岡宣明：超音波装置による歯周組織診査—特に歯槽骨辺縁形態について—。日歯周誌, 24 : 40-53, 1982.
- 4) Som, P.M. and Shapiro, M.D. : MRI of the head and neck. *Radiol. Clin. North. Am.*, 27 : 195-479, 1989.
- 5) Marsh, J.L. and Vannier, M.W. : The “third” dimension in craniofacial surgery. *Plastic Reconstruct. Surg.*, 71 : 759-767, 1983.
- 6) Goldman, H.M. and Stallard, R.E. : Limitations of the radiograph in the diagnosis of osseous defects in periodontal disease. *J. Periodontol.*, 44 : 626-628, 1973.
- 7) Renvert, S., Badersten, A., Nilveus, R. and Egelberg, J. : Healing after treatment of periodontal intraosseous defects I. comparative study of clinical methods. *J. Clin. Periodontol.*, 8 : 387-399, 1981.
- 8) Akesson L., Hakansson J. and Rohlin M. : Comparison of panoramic and intraoral radiography and pocket probing for the measurement of the marginal bone level. *J. Clin. Periodontol.*, 19 : 326-332, 1992.
- 9) 佐久間貞行：超音波断層診断と CT 検査の得失，超音波医学, 7 : 5-17, 1980.
- 10) 宮下次廣，恵畑欣一：頸部腫瘍の臨床 診断のすすめ方。臨床外科, 42 : 451-459, 1987.
- 11) 新橋 武，友成 博，石井昌博，桜井信彰，小立健，久保英一，土田義隆，高木 博：顎顔面変形に対する 3 次元 CT の応用（第 1 報）。形成外科, 30 : 580-590, 1987.
- 12) 内野正文，小名木敦雄，清水義勝，松元幹郎，柴田家門，寺尾栄夫，河野 武，周藤安造，小竹 隆：3 次元 CT 像の脳神経領域への応用。CT 研究, 9 : 631-640, 1987.
- 13) Matteson, S.R., Bechtold, W., Phillips C. and Staab, E.V. : A Method for Three-Dimensional Image Reformation for Quantitive Cephalometric Analysis. *J. Oral Maxillofac. Surg.*, 47 : 1053-1061, 1989.
- 14) 西本 博，築山 節，西村二郎，藤岡睦久，坪川孝志：Craniosynostosis における Three Dimensional Surface Reconstruction CT (3D-CT) の検討。CT 研究, 9 : 543-552, 1987.
- 15) 佐藤公治，木造博貴，青山立子，奥井宣三，安藤博史，桑原未代子，日比五郎，岡 達，片田和瘤：顎顔面領域疾患に対する 3 次元 CT システムの応用。日口外誌, 36 : 2531-2537, 1990.

連絡先：

九州歯科大学歯科保存学第 2 講座

〒 803 北九州市小倉北区真鶴 2-6-1