

歯科用コーンビームCTの 臨床における有用性

大阪歯科大学 歯科放射線学講座
講師 四井 資隆



はじめに

CTとはComputed tomographyの略で、エックス線を用いて人体を薄く輪切りにした画像（断層像）を撮影する装置のことをいう。大容量のエックス線管球とそれに対向する多数のエックス線検出器群が回転して撮影を行うものでSDCT（Single Detector CT）やMDCT（Multi Detector CT）として知られている。これら従来のCTではファンビームと呼ばれる扇状の薄いエックス線が用いられるため、人体の広範囲を撮影する場合には、患者を体軸方向に移動させなければならない。

一方、歯科用コーンビームCTは従来のMDCT（SDCTを含む）とは異なり、円錐形のエックス線が用いられる。スペースを取らず、なおかつ患者移動の必要性が無いコーンビームCTでは円錐形のエックス線を用いることで、一気に厚みのある範囲の照射を行い、透過エックス線量の計測を行うことができる（但し、CT値の計測は不可）。歯科用として医療界にもっとも早く開発されたもので歯科用コーンビームCTの名で現在普及しつつある。

歯科用コーンビームCTの適応は以下の通りである。

- ① インプラントの術前・術後検査（手術計画時のインプラント植立部位の歯槽頂から下顎管までの距離測定、頬舌的な植立方向の確認などの3次元的观察）
- ② 埋伏（智）歯の位置確認
- ③ 歯根破折
- ④ 歯槽骨の疾患への臨床応用
- ⑤ 副根管に起因する歯髄炎、根尖性歯周炎の確認など

歯科用コーンビームCTによるインプラント治療に関する画像診断の使用経験・有用性を述べた報告は多い。しかし、歯科領域での本装置の持つ

可能性はインプラント埋入時の設計の簡易化といったことにとどまらない。むしろ一般的な歯科治療に対して多くの情報を導き出し、治療効果の向上につながる事が大きいと考える。特に、歯内療法や歯周治療ではその微細な構造の観察に適しているため、歯根・歯槽骨の診断にもその有用性は高い。そこで、本学附属病院・中央画像検査室に現存する歯科用コーンビームCT 3DX（モリタ製作所製）における過去10年間の研究成果を、『歯科用コーンビームCTの臨床における有用性』と題して、歯根破折、顎骨骨折および根尖病巣に焦点を絞り報告する。

試料および方法

使用機材は大阪歯科大学附属病院中央画像検査室の歯科用コーンビームCT装置 3DX Accuitomo（モリタ製作所製）で、撮影条件は本学中央画像検査室で通常使用している撮影条件（管電圧80kV、管電流7mA）を基準とした。画像試料は付属の画像データベースの中から抽出した。

医用CTについては同じく中央画像検査室設置のシングルヘリカルスライスCT HiSpeed Advantage（GE：General Electronic社，Milwaukee, WI, USA）またはマルチスライスヘリカルCT BrightSpeed（GE：General Electronic社，Milwaukee, WI, USA）を使用した。画像試料は同じく画像データベースから抽出した。

デンタルエックス線写真はコダックウルトラスピードフィルムを使用して歯科用エックス線装置で撮影を行った。撮像条件や写真処理条件は通法に従った。

(1) 歯根破折モデル実験

抜去前歯をハンマーで殴打し、人工的破折を

作成後、接着剤にて修復。その検出率をコーンビームCT、デンタルエックス線写真および医科用CTで比較した。観察は20名の歯科医師（臨床経験1～16年）が行った。

(2) 顎骨骨折モデル実験

歯根破折の場合と同じく鶏の手羽先の骨をハンマーで殴り、人工的骨折を作成後、接着剤にて修復。その検出率を同様にコーンビームCT、デンタルエックス線写真、医科用CTで比較した。観察は20名の歯科医師が行った。

(3) 根尖病巣の検出

中央画像検査室のコーンビームCT内のデータベースから無作為に症例抽出を行い、元データから症例毎にピクセルサイズの異なった画像(0.125 mm, 0.250 mm, 0.500 mm)を再構成し歯根膜腔と歯槽硬線、根尖部のエックス線透過像の大きさの観察を行い、デンタルエックス線写真の所見との比較を行った。観察は20名の歯科医師が行った。

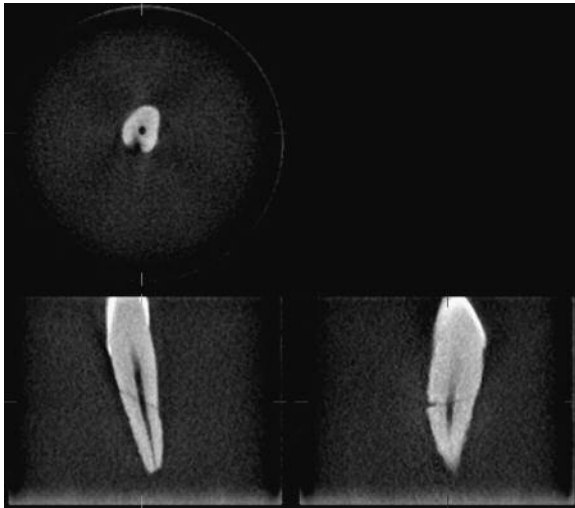


図1 コーンビームCTでの歯根破折例

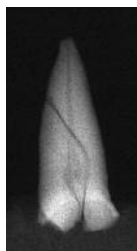


図2 デンタルエックス線写真での歯根破折例

結果

(1) 歯根破折のモデル実験で得られた画像を図1～3に示す。また、各画像の検出率に関するデータを表1に示す。その評価を要約すると以下の結果となった。

- 1) デンタルエックス線写真は歯根の破折方向によっては検出できない場合があった。
- 2) コーンビームCTでは歯根破折方向の影響を受けることはなかった。
- 3) コーンビームCTの場合には根管側枝と歯根破折の鑑別が困難な場合があった。
- 4) 実験的な歯根破折の検出感度に関してはデンタルエックス線写真の方がコーンビームCTより高かった。
- 5) 臨床症例で、一枚の画像ではなくブラウジングを行って観察した場合には、コーンビームCTの方が他の撮影法より歯根破折を明確に表示した。

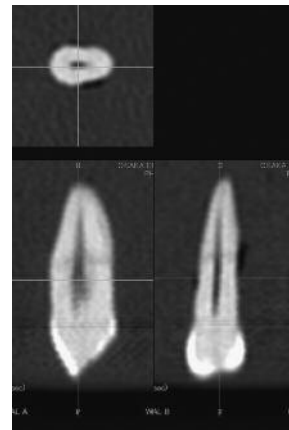


図3 医科用CTでの歯根破折例

表1 歯根破折モデルの検出率

	感度	特異性	正診率
Dental	0.88	0.81	0.74
3DX	0.56	0.63	0.71
SDCT	0.38	0.64	0.90
MDCT	0.62	0.73	0.85

SDCT : Single Detector CT

MDCT : Multi Detector CT

(2) 顎骨骨折モデル実験で得られた画像を図4・5に示す。また、各画像の検出率に関するデータを表2に示す。その評価を要約すると

1) デンタルエックス線写真は歯根破折モデルの場合と同様に骨折線の方によっては検

出できない場合があった。

- 2) コーンビームCTでは骨折の方向に影響を受けず、明確に表示することが可能であった。
- 3) 医用CTでは骨折と血管孔との鑑別が困難であった。
- 4) 変位を伴う骨折の場合には医用CTで十分に高い検出率を得ることができた。

(3) 根尖病巣の検出実験で得られた画像を図6～9に示す。その評価を表3・4に示す。

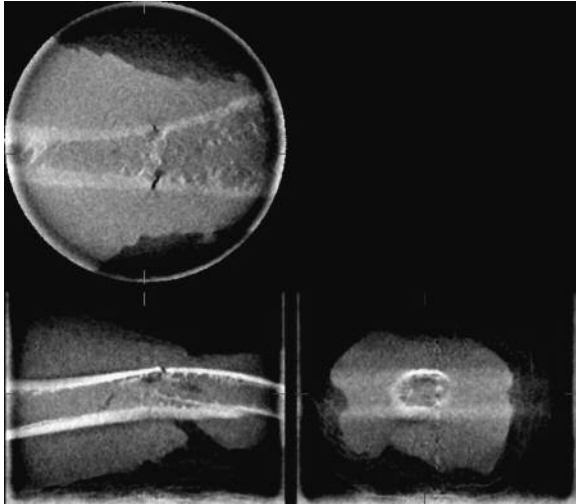


図4 コーンビームCTでの骨折例

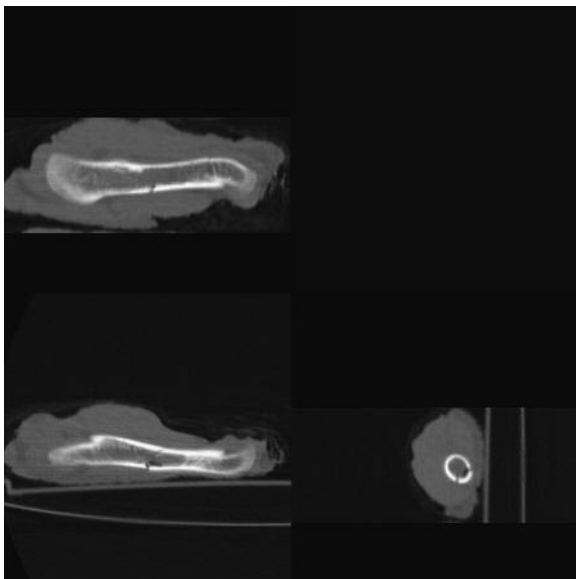


図5 医用CTでの骨折例

表2 骨折モデルの検出率

	感度	特異性	正診率
Dental	0.85	0.85	0.85
3DX	0.90	0.93	0.96
SDCT	0.88	0.78	0.69

SDCT : Single Detector CT



図6 コーンビームCT断層厚0.125mm



図7 コーンビームCT断層厚0.250mm



図8 コーンビームCT断層厚0.500mm



図9 同患者のデンタルエックス線写真（コア除去前）

表3 断層厚による画像評価

Judge	Pixel size (mm)		
	0.125	0.250	0.500
良	0	15	5
可	7	5	8
不可	13	0	7

表4 歯根膜腔の変化に関するデンタルエックス線写真とコーンビームCTの評価の比較

		デンタルエックス線写真所見					
		正常	拡大	根尖部消失	広範囲消失	全体消失	合計
コーン ビームCT 所見	正常	0	0	0	0	0	0
	拡大	7	5	1	0	0	13
	根尖部消失	2	1	6	0	0	9
	広範囲消失	0	1	0	0	0	1
	全体消失	2	8	1	0	3	14
	合計	11	15	8	0	3	37

- 断層厚 0.125 mmでは画像の粒子粗さが目立ち、微細構造の観察が困難であった。
- 断層厚 0.250 mmでは画像の粒子粗さが減少し、微細構造の観察が可能となった。
- 断層厚 0.500 mmでは全体に像の輪郭がスムーズになっているが、最も微細な構造の観察には不向きとなった。
- 20人の評価ではコーンビームCTの断層厚 0.250 mmが最も診断に適していた。
- デンタルエックス線写真では歯根に対して近心および遠心部の骨や歯根膜腔、歯槽硬線の変化に関して検出能が高かった。しかし、舌（口蓋）側や頬（唇）側面の骨や歯根膜腔、歯槽硬線の変化に関しては検出能が低かった。
- コーンビームCTでは歯根に対して全周で骨や歯根膜腔、歯槽硬線の変化に関して検出が可能であった。

- 7) 骨吸収の大きさについては、コーンビームCTではデンタルエックス線写真より大きく認識する傾向があった。
- 8) 歯根に金属コアが存在する場合に、コーンビームCTでは金属アーチファクトが発生し、観察が困難であった。
- 9) デンタルエックス線写真とコーンビームCTを用いた評価で最も整合性が見られた所見は歯根膜腔の変化に関する「根尖部消失」であった。

まとめ

歯科用コーンビームCTは基本的に歯科用の単焦点管球を使用しているため、医科用CTよりも低出力での撮影を行っている。これは、被曝線量の軽減につながる反面、十分な画像コントラストが得られない可能性がある。また、最近の報告では十分なコントラストを求めた場合に耳下腺などの局所に対する被曝線量では医科用CTを上回っているという報告も散見される。従って、ヨーロッパではその設置や撮影に関するガイドライン（ヨーロッパ顎顔面放射線学会が定めたCone Beam CTの使用に関する基本原則*）を設けている。同時にコーンビームCTの使用にあたっては、歯科医師が画像診断に関する十分な知識と経験を有することも求められている。日本ではガイドラインの作成前に多くの臨床家がコーンビームCTを購入した経緯があり、適正化を図るには困難な状況下にある。

今回取り上げている項目は、平成20年度大阪歯科大学同窓会大阪支部講演会において報告した

ものであるが、その結果にはどうもコーンビームCTの長所と短所が見え隠れする。

歯根破折モデルの実験では、デンタルエックス線写真や他のモダリティーに比較して検出率の低さが示唆された。これは微細な歯根破折を観察する場合、たとえコーンビームCTであろうと、根管側枝や副根管といった構造物と破折線との鑑別が一枚の断層像だけでは困難であることを意味する。

顎骨骨折モデルの実験では、骨内に走行する血管や骨表面の圧痕などの構造物が骨折と誤って診断されている場合があった。骨の構造を十分に理解した上で観察する必要があることを示唆している。

根尖病巣の検出に関する実験では、従来のデンタルエックス線写真では観察が困難であった頬側や口蓋側部の歯根膜腔や歯槽骨の状態を、コーンビームCTで把握することが可能であることが示されている。ただ、このような所見も断層像の特性で、適切な断層厚を選択しなければ観察することはできない。断層厚の設定が薄すぎると信号量が少なく雑音を多く含んだ画像になる。厚すぎるとパーシャルボリューム効果（部分容積効果）**によって適切な所見を得ることができなくなる。但し、ここでいうパーシャルボリューム効果（部分容積効果）とは医科用MDCT：Multi Detector CT（SDCT：Single Detector CTを含む）の場合に考慮されるべき事柄である。コーンビームCTではCT値の計測はできない。

上記の如く、コーンビームCTの特徴を十分に理解した上、活用されることを推奨する。

*ヨーロッパ顎顔面放射線学会が定めたCone Beam CTの使用に関する基本原則

1	病歴の把握と臨床検査を行う以前でのCBCT検査は行わないこと
2	患者が受ける利益がリスクよりも上回ることが示せる場合にのみ、CBCT検査は正当化される
3	患者の管理において補助的な情報が新たに引き出される可能性がある場合にCBCT検査を行うこと
4	同一患者にCBCTを“ルーチン”で繰り返し撮像しないこと。撮像する際はその都度、利益とリスク評価を行うこと
5	CBCT検査を他施設へ依頼する歯科医師は、CBCT検査施設が検査の正当性を評価できる十分な患者情報（病歴や診察の結果など）を提供しなければならない
6	従来のパノラマX線など放射線量の少ない撮像方法では十分ではないと思われる場合においてのみ、CBCTが使用されるべきである
7	CBCT画像は撮像部位のみならず画像データ全体の臨床評価（放射線学的レポート）を行うこと
8	患者の放射線学的評価において軟組織像が必要と予測できる場合はCBCTではなく、医用CTまたはMR撮像が適切である
9	CBCT装置はボリュームサイズの選択ができるものであること。検査では患者の放射線量を抑えるため、臨床症状に応じて最小のサイズを選択すること
10	解像度が選べるCBCT装置の場合は、適切に診断が行える最低の解像度を使用すること
11	CBCT装置を導入した各施設において、装置や技術面の品質管理手順が含まれた“質的保証プログラム”を確立し実施すること
12	正確にポジショニングするための、レーザー光ビームを必ず使用すること
13	CBCT装置の新規導入の際は、職員や一般公衆ならびに患者の放射線防護の観点から使用前に臨界試験および詳しい製品検査を実施すること
14	診療所や施設の使用者ならびに患者の放射線防護の観点において著しい劣化がないか、CBCT装置の検査を定期的に行うこと
15	CBCT装置における職員の防護については、欧州委員会公的刊行物“放射線防護136－歯科X線検査の放射線防護に関するヨーロッパのガイドライン：歯科診療における安全なX線の利用のために”の第6章のガイドライン（Section 6 of the European Commission document ‘Radiation Protection 136. European Guidelines on Radiation Protection in Dental Radiology’）に従うものとする
16	CBCTに関わる全ての者は、放射線業務や放射線防護能力に関する適切な理論および臨床訓練を受けた者であること
17	資格取得後も継続的に学習や訓練を受けること。特に新しいCBCT装置または技術の採用があった場合には必須である
18	CBCT施設の管理者となる歯科医師が適切な理論および臨床訓練を受けていない場合は、学術機関（大学やそれと同等の機関）が認証する理論および臨床訓練を受講し修了すること。口腔顎顔面放射線科専門医の国家資格が存在する国においては、専門医がCBCT訓練プログラムに直接関与し企画および講師を行うこと
19	歯や歯を支えている組織、下顎と鼻腔底部までの上顎の歯槽骨のCBCT画像（例、8cm×8cmまたはそれより狭いField of View）の臨床評価（放射線学的レポート）は特別な訓練を受けた口腔顎顔面放射線科専門医により作成されること。これが実行不可能である場合においては適切に訓練された一般歯科臨床医が行うこと
20	歯槽骨以外のFOV（例、側頭骨）や頭蓋顔面のCBCT画像（歯や歯を支えている組織、顎関節を含む下顎と鼻腔底部までの上顎の歯槽骨を越えて広がっているFOV）の臨床評価（放射線学的レポート）は特別な訓練を受けた口腔顎顔面放射線科専門医もしくは臨床放射線科医（医科放射線科医）により作成されること

**パーシャルボリューム効果（部分容積効果）：

CT画像で表される吸収値（CT値）は、単位体積（ボクセル＝ピクセル×スライス厚）に含まれる組織の平均吸収値である。もし、単位体積中に種々な吸収値のものが含まれている場合、その内容物が占める割合に応じてCT画像で表現される吸収値（CT値）は変化する。ボクセル内に複数の組織が含まれる場合、それらの組織のCT値を平均した値がピクセルのCT値となり、これをパーシャルボリューム効果という。つまり、パーシャルボリューム効果により、組織の境界で吸収値

（CT値）は不正確になる。また、組織の辺縁が不明瞭になる。パーシャルボリューム効果の影響を小さくするには、①スライス厚（断層厚）を薄くする、②ピクセルサイズを小さくする（マトリックス数を増加する）方法がある。しかし、いたずらにスライス厚を薄くすると、パーシャルボリューム効果を小さくできるが、被曝線量の増加を招く。骨の微細な変化や根尖と組織との関連を診断する場合はスライス厚1mmで撮影される場合が多い。