

歯科用コーンビーム CT の臨床利用指針（案）

NPO 法人日本歯科放射線学会 診療ガイドライン委員会 編

目次

歯科用コーンビーム CT の臨床利用指針の発刊にあたって

歯科用コーンビーム CT とは

開発の歴史

歯科用コーンビーム CT の特徴

歯科用コーンビーム CT の具備すべき条件

有効利用のために

歯科用コーンビーム CT のトレーニング

撮影方法の実習

Viewer の実習

読像・診断の実習

レポートの作成実習

実際の歯科用コーンビーム CT 撮影実施手順

撮影実施時の留意点

小照射野の歯科用 CT の適応症例

顎骨全域や顎骨全体の広範囲の FOV（直径 8 cm 以上）の適応例

歯科用コーンビーム CT が適応とならない症例

低被曝化の考え方

歯科用コーンビーム CT の臨床利用指針（案）

NPO 法人日本歯科放射線学会 診療ガイドライン委員会 編

第 1 版 2017 年 9 月 29 日

歯科用コーンビーム CT の臨床利用指針の発刊にあたって

歯科用コーンビーム CT は 2000 年に薬事承認を得て、2012 年には国民健康保険に採用され広く普及してきている。この検査装置は歯科領域の硬組織を 3 次元的に観察し診断することを可能とした画期的なものであった。

一般に X 線画像検査の実施においては行為の正当化を行った上で、国際放射線防護委員会 (ICRP) の ALARA (as low as reasonably achievable) の原則に従い防護の最適化を行う。歯科用コーンビーム CT の運用においても、被曝線量によるリスクをできるだけ低くし、患者の得られる利益が極大になるように、効率的な運用をすることで国民の健康に貢献しなければならないことはいうまでもないところである。

また、我が国は国民皆保険制度のもと、先端的な医療が広く普及することが求められている。同時に、限られた人的・物理的資源と予算を効率良く使用し、しいては社会コストを低減し、安価で安心な医療を提供することが求められている。2025 年には“いわれる団塊の世代”が後期高齢者となり、我が国の高齢化も一つのピークを迎え、それに耐えうる包括的な医療連携が求められている。

そのような中で、歯科用コーンビーム CT が効率的に使用されることで国民医療に貢献することに、本書が一助となることを期待する。

歯科用コーンビーム CT とは

開発の歴史

口内法 X 線撮影はフィルムを直接口腔内に挿入し、被写体である歯に近接してフィルムが置かれることから、非常に高い空間分解能があり、鮮鋭な画像が得られた。しかし、重積像であることから、複雑な歯や歯周組織の解剖学的な構造を 3 次元的に診断するのは困難であった。

1972 年に Hounsfield が X 線 CT (Computed Tomography) の開発に成功し、1970 年代末から 1980 年代前半にコーンビーム CT の基本的な研究が Robb らによって行われた。1980 年代になると、歯科大学病院へ医科用 CT が普及していった。これによって、広範囲の炎症や腫瘍の 3 次元的な診断が可能となり、的確な診断と治療が行われるようになり、国民医療に大きく貢献したが、微細な歯や歯周組織の観察に最適化されているとはいえなかった。

こうした問題を解決するために、歯科用コーンビーム CT の基礎研究は 1980 年代前半に豊福らによって行われ、顎骨の 3 次元的な診断に有効であることが示された。しかし、実用化には被曝線量、撮影時間、装置の大きさ、計算時間、画質などの多くの解決すべき問題があった。特に、高い空間分解能を得るためにはボクセルを小さくする必要があったが、被曝線量や計算時間が指数的に増加することから、実現は困難と考えられていた。

1997 年にはイタリアの Mozzo らが、顎顔面頭頸部に特化した歯科用コーンビーム CT の実用化に成功した。この装置は患者を仰臥して撮影する装置で、蛍光増倍管 (Image Intensifier) を使用し、顎顔面全体を撮影する装置であった。歯科用インプラント (以下インプラント) の術前診断や、骨折などの外傷の診断に有効であった。1990 年代後半から、新井らは歯科用コーンビーム CT の研究を開始し、撮影領域を小さくすることで、高画質と低被曝を両立する歯科用コーンビーム CT の開発を行い、1998 年には日本大学歯学部附属歯科病院で臨床研究が開始された。

我が国では 2000 年に歯科用コーンビーム CT は薬事承認を得て普及が開始され、2012 年には国民皆保険に導入され、広く利用されるに至った。2016 年には累計で約 1 万 6 千台の歯科用コーンビーム CT が稼働し (株式会社 アール アンド ディ 歯科機器・用品年鑑 2017 年版より)、年間 22 万回前後の検査が実施されていると推定されている (平成 27 年度社会医療診療行為別調査より推定)。

歯科用コーンビーム CT の特徴

歯科用コーンビーム CT は歯・顎・顔面用に最適化された CT で、様々な方向の断層像を提供する。

X 線管と 2 次元のセンサーが頭部の周囲を 180～360 度回転し、投影データを収集し、コンピュータによって断層像を再構成する。ボクセルは正立方形である。その大きさは 1 辺が 0.08～0.4 mm である。観察領域 (Field of View; FOV) は直径 4 cm・高さ 3 cm～直径 20 cm・高さ 20 cm 程度まで様々である。X 線管の管電圧は 60～120 kV で管電流は 1～10 mA 程度である。1 回の撮影時間は 5～40 秒程度である。これらは機種や発売された年代によって大きく異なる。

座位や立位で撮影するものが主流であるが、仰臥して撮影する装置もある。最近では、パノラマ X 線撮影と歯科用コーンビーム CT の両方が可能な装置が増加している。

歯科用コーンビーム CT は X 線の吸収率の高い歯や骨に最適化されており、それらの微細な構造を診断するために空間分解能が高くなっている。しかしながら、ノイズと散乱線の影響が大きいことから、被写体コントラストの差すなわち濃度分解能が低い軟組織の診断はできない。従って、軟組織の診断を必要とする場合は医科用の MDCT (Multi Detector-row Computed Tomography 以下、医科用 CT) や MRI (Magnetic Resonance Imaging) を使用すべきである。

被曝線量は撮影条件により大きく異なり、1 回の撮影の実効線量は 10～1000 μ Sv と 100 倍のレンジがある。直径の大きな FOV を選択した場合は、低線量条件での医科用 CT より被曝線量が大きくなる場合があるので留意が必要である。

被曝線量は、ほぼ FOV の側方からの面積、すなわち直径と高さの積に比例することから、撮影目的に応じてできるだけ小さな FOV を選択する必要がある。

原理的に歯科用コーンビーム CT のボクセル値は不安定であり、一般に歯科用コーンビーム CT は FOV の直径は頭部より小さく、このため被写体のすべての投影データが得られない。すなわち、不完全投影データからの画像再構成を行うため、数学的に真の CT 値を求めることはできない。

また、従来の口内法 X 線撮影・パノラマ X 線撮影法・セファログラム (頭部 X 線規格撮影法) の実効線量は 1～8 μ Sv であるが、低線量の撮影条件で歯科用コーンビーム CT を撮影したとしても、従来法に比較して十数倍程度の被曝線量となるので留意が必要である。

これらの特徴を踏まえ、適切な症例を選択し、それに対して最適な条件での撮影が重要である。また、撮影後はすべての FOV を読像する必要がある。

歯科用コーンビーム CT の具備すべき条件

歯科用コーンビーム CT で、実際の撮影を行う場合に安全で確実な撮影が可能のように、基本的に具備しておくべき条件について述べる。

① 様々な観察領域 (Field of View; FOV)

撮影目的に応じた最適な FOV を選択することが可能であること。数歯の診断目的の場合は小照射野の FOV を頭頸部が診断目的の場合はそれに相当する大照射野の FOV を選択できること。

② 患者の導入と頭部の固定

患者の装置への導入が容易で頭部が確実に固定できる機構を有すること。

③ 被曝低減機能

患者の年齢・診断目的・FOV などの設定に対して X 線の照射量と照射範囲を最適化することにより被曝線量を低減するための機構を有すること。

④ 位置付け機能

直径 5 cm 以下の小照射野を選択した時に、確実な位置付けが可能な機構が必要である。3 方向からのレーザーガイドビーム、スカウトビュー等を具備し、FOV を確実に必要な部位に照準する機構を有すること。

単純な機構で、短時間に FOV の位置付けが可能であること。FOV が観察したい部位に正確に位置付ける機構を有することが望ましい。

患者の頭部を移動して FOV を位置付けする機構の場合は、患者の協力が必要となることから、疼痛・開口障害・その他運動障害等で患者の協力が十分に得られない場合があり、留意が必要である。また、患者の頭部を位置付けのために移動することで頭部の回転が生じ、FH 平面や正中矢状面が傾斜する場合があります、撮影の失敗の原因になりうるので留意が必要である。

⑤ 短時間撮影

患者の体動によるアーチファクトを防ぐために、X 線の照射時間はできるだけ短いことが求められる。20 秒以下が推奨され、10 秒以下が求められる。

⑥ 照射条件の変更

X 線管の管電圧および管電流が変更できること。特に、小児や女性の撮影時に線量を低減するために管電圧と管電流の変更が可能である必要がある。

⑦ デモモード

デモモードは X 線を照射しないで、撮影時と同じ状態で装置を可動する機構で、患者に事前に撮影中の注意事項を説明する時などに使用する。

⑧ 緊急停止ボタン

不測の事態に備えて、緊急停止ボタンが撮影装置のわかりやすい部位に設置されていること。

⑨ 感染対策

感染対策として、患者と接する機構が簡単に消毒可能である必要がある。また、患者を固定する機構は単純な機構が望ましい。

⑩ ボクセルサイズの変更

ボクセルサイズは撮影目的に応じて 0.1~0.4 mm 程度に変更できることが望ましい。ボクセルサイズを不用意に小さくするとノイズが増加するので、留意が必要である。

⑪ 小さいコーン角

X線コーンビームのコーン角（回転面を水平としたときの、X線束の上下方向の打ち上げ角度）はできるだけ小さい方が望ましい。このコーン角はX線管焦点センサー間距離が長いほど小さくなる。また、FOVの高さが小さいほどコーン角は小さくなるので、不必要にFOVの高さを高くしない。さらにFOVの中心部においてX線主線が回転軸に対して垂直に入射することが望ましい。

⑫ 撮影回転角度の変更

撮影時のアームの回転角度が180度と360度に切り替えることが可能であることが望ましい。180度撮影を選択すると360度撮影に比較して、他の条件が同じ場合、ノイズやストリークアーチファクトが増加する欠点があるが、被曝線量が低減し撮像時間の短縮によって体動によるアーチファクトの低減が期待されるので、診断目的によって選択できることが望ましい。

⑬ 高い解像力を有すること

歯髄腔や歯根膜腔の評価など微細な構造を診断目的とする場合は、高さ5 cm以下・直径5 cm以下の小照射野で撮影する。そのときの空間分解能をMTF (moderation transfer function) で評価した場合に2 line pair/mmにおいて水平垂直ともに0.1以上であること。

⑭ DICOM 対応

遠隔画像診断等に対応できるようにDICOM出力が可能であること

⑮ 画像データのバックアップ

コンピュータの故障に備えて、データのバックを行うこと。

⑯ 線量管理

データベースに各種撮影時のパラメータが自動的に記録されること。

有効利用のために

限られた人的・物理的・財政的な資源を効率良く使用し国民福祉に貢献するため、有用な症例を選択し（正当化）、ALARA の原則に則って、放射線の被曝線量（リスク）をできるだけ小さくし（最適化）、患者の利益をできるだけ多くなるように、以下の様に留意する必要がある。

一般に歯科用コーンビーム CT は低被曝といわれているが、観察領域（FOV）の大きさ・照射条件や機種によって、100 倍の被曝線量の差があることが報告されている。頭部全体を撮影した場合はその条件によっては医用 CT と同等の被曝線量がある。また、小照射野の撮影の場合でも最新のデジタルパノラマ X 線撮影装置の数倍の被曝線量があるので留意が必要である。最新の低被曝化を考慮した頭頸部用の歯科用コーンビーム CT であっても、従来のセファログラムに比較すると十数倍の被曝線量となるので留意が必要である。

また、厚生労働省の通達により、新規の医療装置について研修を受けることが義務付けられている。したがって、歯科用コーンビーム CT においても、使用する前に十分にその構造を理解し、撮影および読像の訓練を行う必要がある。

以下のように歯科用コーンビーム CT のトレーニング等について記述する。

歯科用コーンビーム CT のトレーニング

撮影方法の実習

実際の歯科用コーンビーム CT で撮影を行う前に、構造と撮影原理を習得する。その上で、マネキン等で撮影実習を行いその撮影方法に習熟する。

歯科用コーンビーム CT は様々な FOV が選択できるので、それらの選択の方法、患者の位置付けの方法について実習を行う。特に、小照射野で撮影する場合は、上下の前歯部・犬歯部・臼歯部・水平埋伏智歯および左右の顎関節など目的の部位を確実に撮影できるようになるまで実習を行う。

X 線を照射しないで装置を動作させるデモモードの確認、緊急停止ボタンの動作確認、小児を撮影する場合の照射線量の低減の方法等を確実に習得する。

パノラマ X 線撮影法も撮影できる装置では、その撮影練習も同時に実施する。

Viewer の実習

歯科用コーンビーム CT の画像はパソコン等を使用してアプリケーションソフトの一つである専用の Viewer で観察する。Viewer の起動の方法、症例の表示の方法、輝度とコントラストの調整方法、軸位断、矢状断、冠状断の表示方法、各軸を回転させて任意の方向・

任意の位置の断層像の表示の方法、画像の拡大縮小方法、距離の測定方法、画像の保存方法、断層厚さの変更方法を確実に習得する。必要に応じて DICOM の出力方法を習得する。ボックスサイズを変更できる Viewer ではその方法を習得する。

読像・診断の実習

実際の Viewer で、観察領域にある基本的な解剖学的構造をすべて確認する。体動によるアーチファクトがないか確認し、体動がある場合は追加撮影をするか検討する。金属の有無を確認し、金属がある場合にはそれによるアーチファクトを確認する。小照射野で撮影した場合、FOV の外側にある金属からのアーチファクトが重層している場合があり、留意が必要である。

前述の画像の基本的なチェックを終了した後、観察領域にある以下の様な詳細な解剖学的構造を確認する。

エナメル質・象牙質・歯根・歯髄・歯根膜腔・白線・歯槽骨・顎骨・オトガイ棘、オトガイ孔・舌孔・下顎管・切歯枝・栄養管・下顎孔・筋突起・下顎切痕・下顎頸部・下顎頭・下顎窩・関節結節・翼状突起・外耳孔・茎状突起・大口蓋孔・小口蓋孔・口蓋溝・上顎結節・上顎洞・自然口・眼窩下管・歯槽孔・前上歯槽管・後上歯槽管・鼻涙管・眼窩・鼻甲介・鼻腔底・梨状口・前鼻棘・正中口蓋縫合・切歯管・歯槽突起・舌骨・気道

最後に、病態に伴う骨の欠損や解剖学的構造の変化・炎症性の骨硬化などを観察する。

レポートの作成実習

患者の氏名等の ID・検査日時とともに歯科用コーンビーム CT の撮影部位・撮影目的を記述する。

歯科用コーンビーム CT で観察された所見を記述する。特に、歯列に直交する断層像について詳細な所見を記述する。また病的な形態異常について詳細に記述する。たとえ、病的な異常がない場合であっても、必ず正常解剖の状態について記述をする。

診断に寄与した断層像を選択し、レポートに掲示する。

所見から考えられる診断名を記述し、必要に応じてコメントを追加する。

読像者の氏名を自署または、電子的に署名する。

実際の歯科用コーンビーム CT 撮影実施手順

十分に問診を行い、現病歴や既往歴を記録する。その上で、歯や顎骨などの硬組織に限局した病変が疑われ、正確な診断に必要な情報が口内法 X 線撮影またはパノラマ X 線撮影法で得られると考えられた時には、それら撮影を実施する。

その後、口内法 X 線撮影またはパノラマ X 線撮影法から得られた情報では十分な診断ができない場合でも、抜歯・難症例の抜髄等の外科的な非可逆的な緊急処置が必要でない場合は愛護的な対症療法を実施し経過を注意深く観察する。この時点では、歯科用コーンビーム CT の撮影は治療方針に大きな影響を与えないと考えられるので、撮影は行わない。

しかし、原因が不明で症状が緩解しない場合や、前述の非可逆的な処置が必要とされ、歯や歯周組織の 3 次元的な解剖学的な情報が安心・確実な医療を遂行するために必要と考えられた場合に限り、歯科用コーンビームの撮影は正当化される。

ただし、被曝のリスクを過大に評価しすぎて、必要な歯科用コーンビームの検査が行われないのも患者の不利益となるので留意が必要である。

なお、歯科用コーンビーム CT は軟組織の病態の診断はできないので、そのような症例では歯科用コーンビーム CT の撮影は正当化されないため、医科用 CT や MRI などの撮影を検討する必要がある。

撮影に当たっては、被曝線量を最適化するために必要最小限の大きさの FOV を選択する。小児については、撮影時間の短縮、X 線装置の管電圧と管電流を適切に下げて被曝線量低減に配慮する。

この時、歯科用コーンビーム CT の撮影が必要な理由を明確に記録することが求められる。また、その撮影によって得られた画像を、十分に時間をかけて全撮影領域の観察を行う。この 3 次元的な画像情報と、それから導きだされる診断名や治療方針を記録し、患者に十分に説明する。

広範囲を撮影した場合や、小照射野撮影であっても腫瘍が疑われる病変では、診断の精度を上げるために歯科放射線専門医の意見を求めるべきである。現在は遠隔診断によって、歯科放射線専門医の見解を得ることは容易になっているので、今後の活用が期待されている。

撮影実施時の留意点

以下に歯科用コーンビーム CT の撮影時の留意点を列挙する。

留意点 1

- ・他の検査方法を検討する

一般的な検査で十分な診断が得られない場合において、歯や歯周組織以外の軟組織の情報が必要な場合がある。このような場合は、歯科用コーンビームは軟組織の診断には最適化されていないので、医科用 CT・MRI 等の検査が優先されるため、歯科用コーンビーム CT の撮影は行わない。

留意点 2

- ・診断目的に最適な FOV を選択する

必ず撮影目的に合った FOV を選択すること。たとえば、下顎第二大臼歯の槓状根の状態を 3 次元的に知りたい時は、撮影範囲がデンタルフィルムに相当する直径 5 cm 以下・高さ 5 cm 以下の小さな範囲の FOV を選択する。

これによって、直径 6 cm や 8 cm の FOV を選択するのに比較して、患者の被曝線量を低減することが可能となる。また、散乱線が低減され、画像も鮮鋭になることが期待される。

また、顎骨骨折などが疑われる場合で、広範囲の撮影が必要な場合は広い範囲の FOV を選択する。ただし、このような場合は頭部の診断も同時に必要になることが多いことから、歯科用コーンビーム CT より医科用 CT が有効な場合があり、留意が必要である。

留意点 3

- ・適切なボクセルサイズを選択する

5 cm 以下のデンタルフィルムに相当する小照射野の FOV を選択した場合は、ボクセルサイズを 0.1 mm 程度と小さくすることで、根管などの微細な構造まで識別できる場合がある。ただし、ノイズが増加するので留意が必要である。また、機械的な運動精度や X 線管の焦点の大きさ、センサー自身のボクセルサイズ、被写体の拡大倍率によっては、ある限界を超えてボクセルサイズを小さくしても解像力が上昇することはない、ノイズのみが上昇するので極端に小さなボクセルサイズは選択されるべきではない。

例えば、小児の過剰歯の診断では高い解像力は必要とされないため、0.2～0.3 mm 程度のボクセルサイズで十分である。これによって、0.1 mm 程度のボクセルサイズを選択するよりもノイズが軽減されるので管電圧や管電流を下げるのが可能となり、結果として小児の被曝線量を軽減することが可能となる。

低線量で広い範囲を撮像した場合は、ノイズが増加し診断に支障がでる場合がある。そのような場合はボクセルサイズを 0.3～0.4 mm 程度と大きく設定することでノイズを減少で

きる。この場合、解像力は低下するがノイズが減少するので低線量で撮影した場合に有効である。

留意点 4

- ・適切なコントラストと明るさで観察する

歯科用コーンビーム CT は撮像の被写体の大きさや FOV の大きさの影響によってボクセル値は不安定となる。したがって、医科用 CT のように安定した輝度でモニター画面に自動表示することが難しい。このため、術者は観察目的に応じて、断層面のコントラストと明るさを適切に調整する必要がある。

一般的には、空気は最も暗い“黒”に、金属が“白”に配色されるように淡いコントラストに調整をして全体を観察し、その後読像すべき対象を中間程度の濃度になるようにウィンドウレベルを合わせてウィンド幅を狭めてコントラストをあげた画像で、再度観察を行う。

留意点 5

- ・3方向の断面を6自由度で断層面を移動させながら全撮影領域を観察する

一般に医科用 CT では広範囲の断面を観察し、左右の形態の差を観察することが多いことから、軸位断を基本とし、それに追加して矢状断・冠状断を観察することが多い。

一方、歯科用コーンビーム CT ではそれらに加えて歯列・下顎管・歯根に沿って断層面を再構成し観察するのが一般的である。このため、断層面を X 軸 Y 軸 Z 軸の 3 方向の軸にそって回転を行い、断層面と観察する部位の方向を一致させる。さらに、再構築された断層面に平行する方向および直交する方向に断面を移動しながら連続的に断層像を観察する。すなわち、XYZ 方向の断面の自由度と各軸の回転の自由度を加えた 6 自由度で断層面を移動させながら、全撮影領域を観察する。

また、目的とする観察部位はそれぞれ直交する 3 つの断面に投影されているので、その 3 つの画像を確認する。最終的に、十分時間をかけてこれらを繰り返しながら撮影した全領域を観察する。

留意点 6

- ・全ての解剖指標を確認する

歯科用コーンビーム CT の画像は断層像であるために、1 枚の断層像は非常に薄い。このため、重積像である口内法 X 線撮影と異なり、解剖学的な構造を確認するには断層面を 6 自由度で変換しながら観察する必要がある。FOV の範囲に存在する解剖学的な指標を確認してから、診断目的の部位を精査する。

留意点 7

- ・奥行き方向の錯覚（錯視）に留意する

特に、3次元画像を **Volume Rendering** をして3次元表示をしている場合、2次元のスクリーンで表示されていて実際には奥行き方向の情報がないにも関わらず、奥行きを感じるのは、脳の錯覚（錯視）を巧みに利用したものである。したがって、容易に奥行き方向が逆転して観察される場合があり、留意が必要である。

軸位断では、頭頂部の上方から観察したものか下方からかによって左右が反転するので留意が必要である。また、**Viewer** を操作して断層面を回転している間に、しばしば前後・左右・上下の方向を失うので留意が必要である。

以上のような錯覚（錯視）は、それを回避することは基本的に不可能であり、口内法やパノラマ X 線撮影法などの他の X 線像や口腔内写真および研究用模型などを参照しながら、CT 画像を観察する必要がある。

留意点 8

- ・断層厚さの変更

断層厚さを変更できる **Viewer** では断層厚さを厚くすることで、ノイズを減少することが可能となるので、適切に調整して観察を行うことが推奨される。歯髄などの細かい構造を観察する場合は、断層厚さは **0.25~1 mm** が適切と考えられる。歯根膜腔など厚みのある構造を観察する場合は、断層厚さは **1 mm** が適切と考えられる。

留意点 9

- ・撮像時間とモーションアーチファクト

撮影中に患者が動くと、モーションアーチファクトとなって、場合によっては診断が不可能になる場合がある。このため頭部の固定を確実に実施する。

また、撮影時間が長いと生じやすいので、撮影時間が短い撮影モードを検討すべきである。もし、**360 度撮影**と **180 度撮影**を選択できる場合は、**180 度撮影**では **360 度撮影**に比較して約半分の撮影時間となるので、モーションアーチファクトに対しては有利となり、体動の影響が懸念される小児の撮影には特に有効である。

留意点 10

- ・コーン角によるアーチファクト

歯科用コーンビーム CT はその原理から、X 線束がコーン状で **FOV** の上下端では X 線が斜めに入射する。このコーン角度が大きくなると、アーチファクトが生じる。これによって、**FOV** の上の端および下の端では円柱状の形態の蓋の部分が膨らんで観察されたり、輝度が低くなったりする場合があります留意が必要である。このようなアーチファクトは X 線主線が回転軸に垂直に入射する **FOV** の中心部では生じないので、精密に観察したい部位がその付近になるように撮影の位置付けを行う。

歯科用コーンビーム CT とパノラマ X 線撮影法の複合機の場合、X 線の主線が回転軸に垂直に入る場所が FOV の下方になる場合がある。その様な撮影装置では、FOV の上方での打ち上げ角度が大きくなりアーチファクトを生じるので、精密に診断したい部位はできるだけ FOV の下方に位置付けるようにして、なるべく上方の領域での精密診断は避けるようにする。

留意点 1 1

・ 歯根破折とアーチファクト

根管に金属ポストやガッタパーチャポイントがあると放射状のアーチファクトを生じる。これは、歯根破折と非常に類似した画像を示すので、留意が必要である。歯根破折の診断は歯科用コーンビーム CT の画像のみで行うのではなく、ポケットの深さや現病歴を十分に検討して総合的な判断をする必要がある。それらを考慮しても、診断ができない場合は安易に抜歯するのではなく、待機的な治療を行い、長期的に経過を追って最終的に診断をする必要がある。

留意点 1 2

・ 金属アーチファクト

観察範囲内の金属のみならず、その外に存在する金属も様々なアーチファクトを生じるため、歯にカリエスや根破折あるいは骨吸収があるように観察されることがあり、十分に留意する必要がある。

CT 像を観察する時は、口内法 X 線画像やパノラマ X 線画像を参照しながらどこに金属があるかを確認して、その周辺ではアーチファクトが発生するので留意をする。

留意点 1 3

・ 観察する室内の明るさ

一般に歯科診療室はその作業環境から、非常に明るく設計されている。しかし、歯科用コーンビーム CT の断層画像をモニターで観察する場合は周囲を薄暗くし、モニターに照明が写り込まないようにすることが推奨される。もし、モニターに照明が写り込んでいると眼精疲労の原因となるので留意が必要である。

留意点 1 4

・ 防護エプロンの装着について

歯科用コーンビーム CT では、患者が防護エプロンを装着したとしても、実質的な患者の線量低減効果はほとんど期待できない。

もし、撮影中に防護エプロンが原因でセンサーや X 線管が接触すると再撮影せざるを得なくなるため、防護エプロンは不要と考えられる。ただし、患者が希望し、撮影の障害にな

らない場合は防護エプロンを装着することに問題はない。

また広範囲の FOV を選択して撮影を行う場合、甲状腺に対しては甲状腺プロテクターが被曝線量の減弱に有効であるという報告がある。特に小児の場合は甲状腺の位置が顎骨に近い位置にあり、感受性も高いことから広範囲の FOV を選択した場合は甲状腺プロテクターの使用が望ましい。

留意点 1 5

- ・適切に歯科放射線専門医に読像を依頼する

顎骨全体を撮影した場合は、広範囲の読像が必要となり予想されない様々な所見や病変が発見されることがある。したがって、より精度の高い診断を行うために歯科放射線専門医による読像を依頼する。

また、5 cm 以下の小照射野の撮像であっても、腫瘍が疑われる場合や診断が確定できない場合は歯科放射線専門医による読像を依頼するのが望ましい。

留意点 1 6

- ・照射時間延長による高画質撮影

画質を向上させるために撮影時間を延長し歯科用コーンビーム CT の撮影をする場合がある。この場合、患者の体動によるアーチファクトによる画質悪化や被曝線量の上昇が懸念されるので、この点に十分に留意する。

留意点 1 7

- ・スティッチ撮影

撮影範囲を拡張するために FOV の位置を移動させて数回撮影する場合がある。あるいは、FOV の中心を撮影中に連続的に移動することで、FOV を拡大する撮影法がある。この方式は一部の例外を除き、照射時間が延長されるので、体動によるアーチファクトの発生や被曝線量の増加に留意が必要である。

留意点 1 8

- ・咬合法との併用

正中過剰歯や埋伏智歯があり、口内法 X 線撮影またはパノラマ X 線撮影法で診断が不十分な場合、咬合法を追加撮影する場合がある。しかし、歯科用コーンビーム CT が咬合法よりも有効と考えられる場合は、咬合法の撮影を中止して歯科用コーンビーム CT のみの撮影が推奨される。

留意点 1 9

- ・偏心投影との併用

複数の根があり、口内法 X 線撮影またはパノラマ X 線撮影法で診断が不十分な場合、偏心投影法を追加撮影する場合がある。特に、観察部位に隣接して金属やガッタパーチャポイントなどがあり歯科用コーンビーム CT ではアーチファクトの影響が大きくなり十分な観察ができないと予想される場合は偏心投影法の追加が推奨される。しかし、歯科用コーンビーム CT が偏心投影法よりも有効と考えられる場合は、偏心投影法の撮影を中止して歯科用コーンビーム CT のみの撮影が推奨される。

留意点 20

・装置の定期点検

歯科用コーンビーム CT は精密機械であるため、定期的な保守点検が必要とされる。歯科用コーンビーム CT は医用 CT に比べ画素値の安定性がなく、アーチファクトも大きいため、装置の性能劣化に気が付きにくい。このため添付のテストピースの撮影などのマニュアルに記載された日常点検を決められた間隔で行わなければならない。画質の低下や著しい変化を見た場合には速やかにメーカーと連絡をとるべきである。半年に一度は、専門スタッフにより、空間分解能・被写体コントラスト・ノイズ・コリメータ・照射線量・線質などの基本的な性能の低下がないかを点検し、必要に応じて再調整等を実施する。これらによって基本性能を 6 年間維持し、さらに長期間性能を維持されることが望ましい。

小照射野撮影の歯科用コーンビーム CT の適応症例

歯科用コーンビーム CT は口内法 X 線撮影やパノラマ X 線撮影法では診断ができない場合に追加されるが、以下に小照射野撮影の適応症例を具体的に示す。

例 1

- ・ 下顎智歯と下顎管

下顎の智歯が埋伏し、口内法 X 線撮影あるいはパノラマ X 線撮影法で下顎管の走行と埋伏している歯が重複している場合、歯科用コーンビーム CT で小照射野撮影により埋伏歯と下顎管との位置関係を確認することは有効である。

例 2

- ・ 埋伏歯

埋伏歯を抜歯する症例で、深部に埋伏しているために一部の骨の骨削が必要な場合は有効である。下顎の埋伏智歯では下顎管が 2 つに枝分かれしている場合があり、骨削時に問題となる可能性があり、歯科用コーンビームで小照射野撮影による精査は有効である。

同様に、上顎においても上顎洞と埋伏歯の位置関係を把握するために歯科用コーンビームで小照射野撮影による精査は有効である。

例 3

- ・ 埋伏過剰歯

正中過剰歯に代表される過剰歯はその埋伏している位置が様々であることから、その位置関係を 3 次元的に把握することは、抜歯を安全・確実に行うために不可欠である。

また、隣接する歯の根尖の完成度を評価し、歯髄保護のために根尖の完成を待ってから過剰歯の抜歯を行うなどの、抜歯時期を判定するのにも有効である。ただし、明らかに隣接する永久歯の歯根が未完成で石灰化が不十分である時期は、明らかに外科的に摘出する時期ではないので歯科用コーンビーム CT の撮影は適応とはならない。

例 4

- ・ 過剰な根や歯髄・槌状根の判定

上顎の大白歯部および小白歯は形態が複雑で、過剰な根管が頻繁に認められる。下顎の大白歯部においても、過剰な根や槌状根が認められる。下顎の第 1 小白歯においても、過剰な根管や槌状根を認める。下顎の側切歯においても、頻繁に 2 根管性を認める。これらの複雑な根や根管の形態を診断するのに歯科用コーンビームで小照射野撮影による精査は有効である。

例 5

・根尖病変

歯根嚢胞・歯根肉芽腫・歯槽膿瘍等の根尖病変を外科的に切除するとき、その範囲や隣接する骨や歯との関係を術前に把握しておくことは、治療成績を上げるために有効である。特に、根によって術野の死角になる舌側（口蓋側）の病変の広がりや、皮質骨の有無の判断に歯科用コーンビームで小照射野撮影による精査は有効である。

さらに、外科処置に顕微鏡を併用することでその治療成績を高めることが可能である。

例 6

・原因根の特定

複数の根管のある歯で根尖性歯周炎がある時、どの根管が原因であるかを判断する時に歯科用コーンビームで小照射野撮影による精査は有効である。特に、一度根管治療を終了したあとに再発があった場合に、上顎大臼歯近心頬側根第 2 根管（MB2）などの再根管治療を必要とする根管を特定するのに有効である。

例 7

・歯性上顎洞炎

歯性上顎洞炎の診断において、原因歯と上顎洞との関係、上顎洞底の骨欠損やドーム状の挙上の有無、粘膜肥厚の状態を把握することは重要である。原因歯の特定に歯科用コーンビームで小照射野撮影による精査が有効な場合がある。ただし、歯性上顎洞炎でも、広範囲に広がったものは、他の疾患との鑑別も必要になることから、医科用 CT や MRI が適応となる。

例 8

・歯根破折

歯根破折は過剰な咬合力によるものだけではなく、加齢的にも発生するので増加傾向にある。歯科用コーンビーム CT で小照射野撮影による精査は診断に有効であるが、金属ポストやガッタパーチャポイントからのアーチファクトの影響を受けるため、臨床症状と併せて慎重に診断する必要がある。

例 9

・根分岐部病変

大臼歯部の根分岐部病変は複数の根に囲まれた部分に発生するため、一般的な X 線画像検査ではその状態を把握することは困難である。また、プローブを挿入するのも困難である。このような症例の診断に歯科用コーンビームで小照射野撮影による精査は有効である。

例 1 0

・瘻孔

瘻孔が歯肉に形成されていても、原因歯や根を特定できないことがある。このような場合は小照射野の歯科用コーンビーム CT を撮影することで、その原因を精査するのは有効である。

例 1 1

・顎関節の変形性関節症

顎関節では骨構造の変形が見られることがあり、その診断に有効である。ただし、関節円板の描出はできないので、それらの診断には MRI が必要になる。

例 1 2

・フェネストレーション

頬側の皮質骨が歯根部で欠損する開窓（フェネストレーション）はすべての歯において生じる可能性があるが、特に上顎の犬歯や第 1 小臼歯で頻発する。原因不明の違和感を生じる場合があり、それらの診断に歯科用コーンビーム CT で小照射野撮影による精査は有効である。

例 1 3

・鼻口蓋管（切歯管）嚢胞

鼻口蓋管（切歯管）嚢胞は上顎前歯部の歯列不正を誘発する場合がある。特に隣接する切歯や鼻腔底との位置関係を把握することは重要であり、そのような診断に小照射野撮影の歯科用コーンビーム CT は有効である。

例 1 4

・移植歯

歯の移植を成功させるためには、事前にドナーとなる歯の歯根の形態や大きさを立体的に把握しておくことが重要である。特に、根の数、根の形態、根の長さ、近遠心、頬舌方向の幅の測定が必要となるので、小照射野撮影の歯科用コーンビーム CT による計測は有用である。

例 1 5

・歯原性良性腫瘍

非常に限局的に生じた歯原性腫瘍の診断や腫瘍内の微細な石灰化の診断に有効な場合がある。しかしながら、多くは他の腫瘍との鑑別が必要なことから、医科用 CT や MRI での

精査が必要となる。

例 1 6

・インプラント

インプラントの術前検査において、少数歯のインプラントの埋入計画を立案するのに有効である。撮影された領域内の解剖学的構造を 3 次元的に十分に観察し、その上で病変等がないことを確認する。

骨髄炎・大理石病・炎症性の骨硬化・骨粗鬆化・上顎洞炎等が偶然発見される場合があり留意が必要である。病変が発見された場合はインプラントの埋入を中止し、その加療をする必要がある。

病変がないことが確認された場合に、インプラントの埋入部位の検索を実施する。特にインプラント体を傾斜埋入するときに、下顎管に留意することはもちろんであるが、下顎骨へ血管が進入する部位として舌孔の位置にも十分注意する必要がある。特に、オトガイ下動脈や舌下動脈の走行に留意した下顎下縁舌側の陥凹形態の把握は重要である。同様に、切歯管、上顎洞底部を走行する後上歯槽枝、上顎犬歯付近を走行する前上歯槽枝の血管にも留意が必要である。

例 1 7

・歯科矯正用アンカースクリュー

歯科矯正用アンカースクリュー埋入のための術前診査として歯科用コーンビーム CT は必ずしも必要ではない。しかし、隣接する歯根に傷害を与える可能性がある場合や、皮質骨が薄い可能性があるときは、その適応の判断が必要な場合は、歯科用コーンビーム CT の検査が有効という報告があり、患者との合意のもとで慎重に実施する。

例 1 8

・癒着・外部吸収・内部吸収

歯根膜腔の状態の診断・根の外部吸収および内部吸収の診断には小照射野の歯科用コーンビーム CT は有用である。特に、埋伏歯や矯正力で移動してこない歯について、その診断が有用である。

例 1 9

・経過観察

歯科用コーンビーム CT で診断を行った後に、必要に応じて X 線撮影で経過観察をする場合がある。特に、慢性的な疾患で再発の可能性のある場合に必要とされる。その様な症例の場合は一般的には口内法 X 線撮影やパノラマ X 線撮影法で経過観察を実施する。したがって、通常は歯科用コーンビーム CT では経過観察は行わない。

ただし、経過観察中に、再発などで治療方針が大きく変わる可能性があり、それを決定するために必要な診断情報を得るために歯科用コーンビーム CT の撮影が有効と考えられる場合に限り、それは正当化される。

また、撮影はどの方法であっても、一般には 6 か月以上、最低でも 3 か月の間隔をあける。病態の急変がないかぎり、新たな診断情報が得られないので頻繁な撮影は行わない。

例 2 0

・顎関節腔のパンピング・マニピュレーション

顎関節腔のパンピング・マニピュレーションを安全確実に実施するために、事前に針を挿入する方向と深さを確認するために歯科用コーンビーム CT を撮影することは有効である。

特に、施術時間の短縮と偶発症を防ぐのに有効と考えられる。

顎骨全域や頭部全体の広範囲の FOV（直径 8 cm 以上）の 適応例

歯科用コーンビーム CT は口内法 X 線撮影やパノラマ X 線撮影法では診断ができない場合に追加されるが、以下に広範囲の FOV によるの歯科用コーンビーム CT の撮影を必要とする適応症例を具体的に示す。

例 1

・顎変形症

顎変形症に対して、広範囲の FOV を選択した歯科用コーンビームは矯正治療における診断に有効である。ただし、撮影条件によっては医用 CT と同等の被曝線量になる場合があり留意が必要である。一般にはボクセルサイズを 0.3 mm 以上にして、低被曝の条件下で撮影をする。

また、FOV の上下方向の高さが 8 cm を超えてくると、上下方向の打ち上げ角が大きくなり、断層像にアーチファクトが重層し、距離などの診断精度に影響がでる可能性があり留意が必要である。

外科手術が必要な症例では、軟組織の診断も重要なので、歯科用コーンビームの撮影は行わずに医用 CT の撮影をすべきである。

例 2

・顎口蓋裂

口蓋裂の手術は原則として乳幼児に実施されるため、座位で撮影される歯科用コーンビ

ーム CT では体位保持が極めて困難であるため、原則としてその適応にならない。撮影が必要な場合は線量に十分留意して仰臥位で撮影可能な医科用 CT を用いるべきである。

小児以上の年齢において撮影を必要とする場合は、その有効性について十分に留意して、慎重に実施する。

例 3

・インプラント

インプラントの術前検査において、全顎におよぶ多数歯のインプラントの埋入計画を立案するのに有効である。撮影された領域内の解剖学的構造を 3 次元的に十分に観察し、その上で病変等がないことを確認してインプラントの埋入部位の検索を実施する。インプラント体を傾斜埋入する場合は骨に侵入する血管の位置を正確に把握する。特に、オトガイ下動脈や舌下動脈の走行に留意した下顎下縁舌側の陥凹形態の把握は重要である。

骨髄炎・大理石病・炎症性の骨の硬化反応・骨粗鬆化・上顎洞炎・腫瘍等が偶然発見される場合があり留意が必要である。病変が発見された場合はインプラントの埋入を中止し、その加療をする必要がある。

歯科用コーンビーム CT が適応とならない症例

例 1

・軟組織におよぶ症例

悪性腫瘍、蜂窩織炎などの広範囲の炎症等、軟組織におよぶ症例は歯科用コーンビーム CT の適応とならない。

例 2

・経過観察

経過観察は、歯科用コーンビーム CT では行わない。一般には口内法 X 線撮影、パノラマ X 線撮影法やセファログラムなどで経過を観察する。

ただし、予想される経過と異なり、再治療などの必要がある場合では歯科用コーンビーム CT の撮影は正当化される場合があるが、このような症例はまれと考えられる。

経過不良で再治療などが必要な場合は、歯科用コーンビーム CT では診断ができない軟組織などに病変が存在する可能性も否定できないので、より高次の医療機関に転医し医科用 CT や MRI などの検査を検討すべきである。

例 3

・気道の観察

仰臥位の気道の観察は睡眠時無呼吸症候群の診断に対して重要な意義がある。歯科用コーンビーム CT は一般に座位で撮影するために、この診断に適しているとはいえない。仰臥位にて一般撮影をするか、必要に応じて低線量に最適化された医科 CT で評価すべきである。

低被曝化の考え方

ヒトが大量の放射線を被曝した場合は、悪性腫瘍の発生や不妊・白内障などの障害が発生することが知られている。しかし、放射線自体は 5 感で感じる事ができないため直感的な理解ができない。また、その量を表す単位も複雑で難解であるために一般の患者に理解していただくのを難しくしている。

統計上は、我が国における悪性腫瘍の発生原因の 3%は医科用 CT 検査に由来するとう報告もある。また、小児の脳腫瘍の発生原因の一つは脳の医科用 CT 検査であるという報告がある。

我が国の医科用 CT の普及率は世界一で、国民皆保険制度もあって年間に約 2000 万回の検査が行われている（平成 27 年社会医療診療行為別統計より）。1 回の被曝線量はおよそ 1-4 mSv である。これは我が国の年間の自然放射線量に対して、半年から 2 年分の値となっている。一般公衆の許容できる年間の放射線の量は 1 mSv となっているので、ほぼそれに匹敵するかそれを超える量となっている。

一方で、我が国のがんの 5 年生存率は 62%を超え OECD の諸外国と比較しても大変良い成績となり、今後もこの値は上昇すると予想されている。また、脳梗塞などによる後遺症が克服され、多くの患者が社会復帰をすることが可能となっている。その成果の一つとして国民の平均寿命は世界で 1~2 位となっている。この要因の一つは、医科用 CT の普及により悪性腫瘍や脳梗塞の的確な診断が非常に早期に可能となり、それに基づいた適切な治療が実施できたと考察されている。したがって、この医療被曝による不利益よりも利益の方が明らかに大きいと考えられることから、国民の医療に貢献していることに疑いはない。

しかしながら、できるだけ被曝線量を減少させそのリスクを低減する努力が必要であることも云うまでもない。同時に迅速な診断と治療によりその恩恵を増加させて、両者の総合的な国民の健康への寄与が極大になるようにしなければならない。

技術の進歩により医科用 CT 検査の被曝線量の低減がさらになされれば、統計上の医療被曝による悪性腫瘍の発生は有意に減少させることが可能となる。それ以外にも、不要不急の検査を実施しないようにし、もし撮影する場合でも照射条件を工夫してできるだけ低被曝で撮影することによって線量の低減を図るべきである。ただし、被曝線量を下げ過ぎると画質が悪化し、本来の目的の診断ができなくなるので、診断能が低下しない範囲で行わなければならない。

特に、小児は成人に比較して放射線感受性が高く、余命が長いことから将来放射線が原因で悪性腫瘍発生リスクが高い。したがって、検査に当っては慎重に対応し、代替の検査方法があるかなどを積極的に検討し、放射線の使用を必要最小限に押さえるべきである。

歯科用コーンビーム CT においても、基本的な考え方に医科用 CT とは相違はない。しかし、歯科臨床と歯科用コーンビーム CT の特徴から以下のようにいくつかの留意点がある。

不要不急の歯科用コーンビーム CT の撮影は行わないことが重要である。検査を実施する場合は最小限の FOV を選択する。小児においては成人に比較して半分程度の照射線量とする。具体的には表 1 に示す様に、成人に対して X 線管の管電圧を 0~10%低減し、管電流を 40~60%低減する。または、360 度撮影から 180 度撮影に変更し撮影時間を半分にするのは効果的である。

また、歯科用コーンビーム CT は硬組織の描出には優れているが、被写体コントラストの低い軟組織の評価には使用できないので、広範囲の炎症や腫瘍の診断には適応とはならない。このような場合は医科用 CT や MRI を選択すべきである。

照射野を頭頸部まで広げると、医科用 CT と同等の被曝線量になる場合があり、留意が必要である。広範囲の撮影を実施する場合は、ボクセルサイズを大きくし、できるだけノイズを低減し、低被曝になる条件設定での撮影を行う必要がある。詳細は本文の留意点等を参照のこと。

ただし、被曝線量が低すぎると画質が悪化し診断目的を達成できなくなるので、診断可能な範囲で線量の低減を行う必要がある。

矯正治療への歯科用コーンビーム CT の応用は、低被曝化された歯科用コーンビーム CT でも頭部全体の FOV を選択して撮影すると、従来のセファログラムに比較して数十倍の被曝線量があり、その適応には慎重になるべきである。したがって、矯正治療において歯科用コーンビーム CT はルチーンに使用すべきではない。

表 1

低被曝化の一例	成人	小児	効果
撮影時間を短縮する	17.5 秒	9 秒	体動によるアーチファクトも低減
180 度撮影の選択	360 度	180 度	
管電圧を 0~10% 下げる	90 kV	80 kV	線量率の減少
管電流を 40~60% 下げる	5 mA	3 mA	
Voxel サイズを大きくする	0.125 mm	0.25 mm	ノイズの減少
相対的な吸収線量	100%	25%	線量が 1/4 に減少

注 必要不可欠な撮影であるかを慎重に判断し、正当化できない場合は撮影を中止する
 診断目的に応じて最小の FOV を選択する
 条件は 3DX multi image micro CT(京都 モリタ)の一例

参考文献

CBCT 歴史関連

- 1: Hounsfield G. Computerized transverse axial scanning (Tomography) Part 1 Description of system. Br J Radiol 1973; 46:1016 -1022.
- 2: Robb RA, Greenleaf JF, Ritman EL, Johnson SA, Sjostrand JD, Herman GT, Wood EH. Three-dimensional visualization of the intact thorax and contents: A technique for cross-sectional reconstruction from multiplanar X-ray views. Computers and Biomedical Research 7:395-419,1974.
- 3: Robb RA. The dynamic spatial reconstructor: an X-ray video-fluoroscopic CT scanner for dynamic volume imaging of moving organs. IEEE trans Med Imaging 122-33, 1982.]
- 4: 豊福不可依,田中武昌,神田重信,I.I.+TV系を用いたX線CTによる歯・顎骨の3次元再構成, Medical Imaging Technology Vol.5 No3,335-343, 1987
- 5: Mozzo P, Proccacci A et al : A new volumetric CT machine for dental imaging based on the cone-beam technique: preliminary results. Eur Radiol 8:1558-64, 1998
- 6: Y Arai, E Tammsalo, K Iwai, K Hashimoto, K Shinoda. Development of a compact computed tomographic apparatus μ S for dental μ Se. Dentomaxillofac Radiol. 28:245-248,1999

正当化

歯科診療における放射線の管理と防護 日本歯科放射線学会放射線防護委員会編 第2版
P67 行為の正当化 医歯薬出版 東京 2002

Voxel サイズ

- 5: Pauwels R, Jacobs R, Bogaerts R, Bosmans H, Panmekiate S. Determination of size-specific exposure settings in dental cone-beam CT. Eur Radiol. 2016 Apr 23. [Epub ahead of print] PubMed PMID: 27108296.

ガイドライン

Review

- 18: Kiljunen T, Kaasalainen T, Suomalainen A, Kortensniemi M. Dental cone beam CT: A review. Phys Med. 2015 Dec;31(8):844-60. doi: 10.1016/j.ejmp.2015.09.004. Epub 2015 Oct 23. Review. PubMed PMID: 26481816.

Review

- 22: MacDonald D. Cone-beam computed tomography and the dentist. J Investig Clin

Dent. 2015 Jul 14. doi: 10.1111/jicd.12178. [Epub ahead of print] Review. PubMed PMID: 26175061.

撮影の正当化

129: Jacobs R. Dental cone beam CT and its justified use in oral health care. JBR-BTR. 2011 Sep-Oct;94(5):254-65. Review. PubMed PMID: 22191290.

ノルウェー

8: Strindberg JE, Hol C, Torgersen G, Møystad A, Nilsson M, Näsström K, Hellén-Halme K. Comparison of Swedish and Norwegian Use of Cone-Beam Computed Tomography: a Questionnaire Study. J Oral Maxillofac Res. 2015 Dec 31;6(4):e2. doi: 10.5037/jomr.2015.6402. eCollection 2015 Oct-Dec. PubMed PMID: 26904179; PubMed Central PMCID: PMC4761432.

スイス

50: Dula K, Bornstein MM, Buser D, Dagassan-Berndt D, Ettl DA, Filippi A, Gabioud F, Katsaros C, Krastl G, Lambrecht JT, Lauber R, Luebbers HT, Pazera P, Türp JC; SADMFR. SADMFR guidelines for the use of Cone-Beam Computed Tomography/
Digital Volume Tomography. Swiss Dent J. 2014;124(11):1169-83. PubMed PMID: 25428284.

US

151: Hatcher DC. Operational principles for cone-beam computed tomography. J Am Dent Assoc. 2010 Oct;141 Suppl 3:3S-6S. PubMed PMID: 20884933.

US

157: Scarfe WC, Farman AG, Levin MD, Gane D. Essentials of maxillofacial cone beam computed tomography. Alpha Omegan. 2010 Jun;103(2):62-7. PubMed PMID: 20645632.

口腔外科 systematic review

167: De Vos W, Casselman J, Swennen GR. Cone-beam computerized tomography (CBCT) imaging of the oral and maxillofacial region: a systematic review of the literature. Int J Oral Maxillofac Surg. 2009 Jun;38(6):609-25. doi: 10.1016/j.ijom.2009.02.028. Epub 2009 May 21. Review. PubMed PMID: 19464146.

MDCT との 比較 legal

158: Friedland B. Conebeam computed tomography: legal considerations. Alpha Omegan. 2010 Jun;103(2):57-61. PubMed PMID: 20645631.

DMFR

12: Goulston R, Davies J, Horner K, Murphy F. Dose optimization by altering the

operating potential and tube current exposure time product in dental cone beam CT: a systematic review. *Dentomaxillofac Radiol.* 2016;45(3):20150254. doi: 10.1259/dmfr.20150254. Epub 2016 Jan 6. Review. PubMed PMID: 26732433; PubMed Central PMCID: PMC4846147.

線量評価総合 DMFR 訂正

29: Ludlow JB, Timothy R, Walker C, Hunter R, Benavides E, Samuelson DB. Correction to Effective dose of dental CBCT--a meta analysis of published data and additional data for nine CBCT units. *Dentomaxillofac Radiol.* 2015;44(7):20159003. doi: 10.1259/dmfr.20159003. PubMed PMID: 25874892; PubMed Central PMCID: PMC4628416.

線量 systematic review

87: Metsälä E, Henner A, Ekholm M. Quality assurance in digital dental imaging: a systematic review. *Acta Odontol Scand.* 2014 Jul;72(5):362-71. doi: 10.3109/00016357.2013.840736. Epub 2013 Sep 30. Review. PubMed PMID: 24074393.

ICRP 2015 CBCT

31: Rehani MM. Radiological protection in computed tomography and cone beam computed tomography. *Ann ICRP.* 2015 Jun;44(1 Suppl):229-35. doi: 10.1177/0146645315575872. Epub 2015 Mar 12. PubMed PMID: 25816279.

ALARA

13: Jaju PP, Jaju SP. Cone-beam computed tomography: Time to move from ALARA to ALADA. *Imaging Sci Dent.* 2015 Dec;45(4):263-5. doi: 10.5624/isd.2015.45.4.263. Epub 2015 Dec 17. PubMed PMID: 26730375; PubMed Central PMCID: PMC4697012.

線量 DMFR review 総合 meta analysis PubMed etc

58: Ludlow JB, Timothy R, Walker C, Hunter R, Benavides E, Samuelson DB, Scheske MJ. Effective dose of dental CBCT--a meta analysis of published data and additional data for nine CBCT units. *Dentomaxillofac Radiol.* 2015;44(1):20140197. doi: 10.1259/dmfr.20140197. Review. Erratum in: *Dentomaxillofac Radiol.* 2015;44(7):20159003. PubMed PMID: 25224586; PubMed Central PMCID: PMC4277438.

CBCT 紹介 コストとリスクの問題

179: White SC, Pharoah MJ. The evolution and application of dental maxillofacial imaging modalities. *Dent Clin North Am.* 2008 Oct;52(4):689-705, v. doi: 10.1016/j.cden.2008.05.006. PubMed PMID: 18805224.

CBCT 特徴 紹介

178: Scarfe WC, Farman AG. What is cone-beam CT and how does it work? *Dent Clin*

North Am. 2008 Oct;52(4):707-30, v. doi: 10.1016/j.cden.2008.05.005. PubMed PMID: 18805225.

CBCT 特徴 紹介

168: Miracle AC, Mukherji SK. Conebeam CT of the head and neck, part 2: clinical applications. AJNR Am J Neuroradiol. 2009 Aug;30(7):1285-92. doi: 10.3174/ajnr.A1654. Epub 2009 May 20. Review. PubMed PMID: 19461061.

CBCT MDCT 比較特徴

169: Liang X, Jacobs R, Hassan B, Li L, Pauwels R, Corpas L, Souza PC, Martens W, Shahbazian M, Alonso A, Lambrechts I. A comparative evaluation of Cone Beam Computed Tomography (CBCT) and Multi-Slice CT (MSCT) Part I. On subjective image quality. Eur J Radiol. 2010 Aug;75(2):265-9. doi: 10.1016/j.ejrad.2009.03.042. Epub 2009 May 1. PubMed PMID: 19410409.

CBCT MDCT 特徴

41: Suomalainen A, Pakbaznejad Esmaeili E, Robinson S. Dentomaxillofacial imaging with panoramic views and cone beam CT. Insights Imaging. 2015 Feb;6(1):1-16. doi: 10.1007/s13244-014-0379-4. Epub 2015 Jan 10. PubMed PMID: 25575868; PubMed Central PMCID: PMC4330237.

線量比較 MDCT CBCT 2008

187: Silva MA, Wolf U, Heinicke F, Bumann A, Visser H, Hirsch E. Cone-beam computed tomography for routine orthodontic treatment planning: a radiation dose evaluation. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2008 May;133(5):640.e1-5. doi: 10.1016/j.ajodo.2007.11.019. PubMed PMID: 18456133.

線量評価 MDCT

Estimation of exposure dose on MDCT examination--the measurement of organ dose and effective dose by anthropomorphic phantom. Hirata T, Inoue K, Shigemori S, Matsuzaki M, Inatomi K. Nihon Hoshasen Gijutsu Gakkai Zasshi. 2010 Aug 20;66(8):901-10. Japanese

線量比較 MDCT CBCT

125: Qu XM, Li G, Zhang ZY, Ma XC. [Comparative dosimetry of dental cone-beam computed tomography and multi-slice computed tomography for oral and maxillofacial radiology]. Zhonghua Kou Qiang Yi Xue Za Zhi. 2011 Oct;46(10):595-9. Chinese. PubMed PMID: 22321628.

線量比較 MDCT CBCT

181: Loubele M, Jacobs R, Maes F, Denis K, White S, Coudyzer W, Lambrechts I, van Steenberghe D, Suetens P. Image quality vs radiation dose of four cone beam computed tomography scanners. Dentomaxillofac Radiol. 2008 Sep;37(6):309-18. doi:

10.1259/dmfr/16770531. PubMed PMID: 18757715.

線量評価 icat nextG 新機種はより低線量へ

131: Davies J, Johnson B, Drage N. Effective doses from cone beam CT investigation of the jaws. *Dentomaxillofac Radiol.* 2012 Jan;41(1):30-6. doi: 10.1259/dmfr/30177908. PubMed PMID: 22184626; PubMed Central PMCID: PMC3520268.

フィルムとデジパンの線量比較

184: Garcia Silva MA, Wolf U, Heinicke F, Gründler K, Visser H, Hirsch E. Effective dosages for recording Veraviewepocs dental panoramic images: analog film, digital, and panoramic scout for CBCT. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2008 Oct;106(4):571-7. doi: 10.1016/j.tripleo.2008.03.031. Epub 2008 Jul 7. PubMed PMID: 18602314.

線量測定法 DAP

191: Lofthag-Hansen S, Thilander-Klang A, Ekestubbe A, Helmrot E, Gröndahl K. Calculating effective dose on a cone beam computed tomography device: 3D Accuitomo and 3D Accuitomo FPD. *Dentomaxillofac Radiol.* 2008 Feb;37(2):72-9. doi: 10.1259/dmfr/60375385. PubMed PMID: 18239034.

線量 DAP

103: Araki K, Patil S, Endo A, Okano T. Dose indices in dental cone beam CT and correlation with dose-area product. *Dentomaxillofac Radiol.* 2013;42(5):20120362. doi: 10.1259/dmfr.20120362. Epub 2013 Mar 21. PubMed PMID: 23520392; PubMed Central PMCID: PMC3635780.

線量 3DX

183: Hirsch E, Wolf U, Heinicke F, Silva MA. Dosimetry of the cone beam computed tomography Veraviewepocs 3D compared with the 3D Accuitomo in different fields of view. *Dentomaxillofac Radiol.* 2008 Jul;37(5):268-73. doi: 10.1259/dmfr/23424132. PubMed PMID: 18606748.

線量 DAP 21機種 小照射野

107: Endo A, Katoh T, Vasudeva SB, Kobayashi I, Okano T. A preliminary study to determine the diagnostic reference level using dose-area product for limited-area cone beam CT. *Dentomaxillofac Radiol.* 2013;42(4):20120097. doi: 10.1259/dmfr.20120097. Epub 2013 Feb 18. PubMed PMID: 23420859; PubMed Central PMCID: PMC3667520.

線量測定 4CBCT MDCT 2009

165: Suomalainen A, Kiljunen T, Käser Y, Peltola J, Kortenesniemi M. Dosimetry and

image quality of four dental cone beam computed tomography scanners compared with multislice computed tomography scanners. *Dentomaxillofac Radiol.* 2009

Sep;38(6):367-78. doi: 10.1259/dmfr/15779208. Erratum in: *Dentomaxillofac Radiol.*

2009 Dec;38(8):554. PubMed PMID: 19700530.

線量測定 i-CAT 2008

177: Roberts JA, Drage NA, Davies J, Thomas DW. Effective dose from cone beam CT examinations in dentistry. *Br J Radiol.* 2009 Jan;82(973):35-40. doi:

10.1259/bjr/31419627. Epub 2008 Oct 13. PubMed PMID: 18852212.

線量測定 14機種

147: Pauwels R, Beinsberger J, Collaert B, Theodorakou C, Rogers J, Walker A, Cockmartin L, Bosmans H, Jacobs R, Bogaerts R, Horner K; SEDENTEXCT Project Consortium. Effective dose range for dental cone beam computed tomography scanners. *Eur J Radiol.* 2012 Feb;81(2):267-71. doi: 10.1016/j.ejrad.2010.11.028.

Epub 2010 Dec 31. PubMed PMID: 21196094.

線量測定 ProMax3D

150: Qu XM, Li G, Ludlow JB, Zhang ZY, Ma XC. Effective radiation dose of ProMax 3D cone-beam computerized tomography scanner with different dental protocols.

Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 2010 Dec;110(6):770-6. doi:

10.1016/j.tripleo.2010.06.013. Epub 2010 Oct 16. PubMed PMID: 20952220.

線量測定 2機種 小照射野の有効性

124: Okano T, Matsuo A, Gotoh K, Yokoi M, Hirukawa A, Okumura S, Koyama S.

[Comparison of absorbed and effective dose from two dental cone beam computed tomography scanners]. *Nihon Hoshasen Gijutsu Gakkai Zasshi.* 2012;68(3):216-25.

Japanese. PubMed PMID: 22449896.

CS9300 線量 画質評価

16: Abouei E, Lee S, Ford NL. Quantitative performance characterization of image quality and radiation dose for a CS 9300 dental cone beam computed tomography

machine. *J Med Imaging (Bellingham).* 2015 Oct;2(4):044002. doi:

10.1117/1.JMI.2.4.044002. Epub 2015 Nov 18. PubMed PMID: 26587550; PubMed

Central

PMCID: PMC4650966.

線量評価 3DX

175: Lofthag-Hansen S. Cone beam computed tomography radiation dose and image quality assessments. *Swed Dent J Suppl.* 2010;(209):4-55. PubMed PMID: 21229915.

線量 CBCT10機種 評価

99: Rottke D, Patzelt S, Poxleitner P, Schulze D. Effective dose span of ten

different cone beam CT devices. *Dentomaxillofac Radiol.* 2013;42(7):20120417. doi: 10.1259/dmfr.20120417. Epub 2013 Apr 12. PubMed PMID: 23584925; PubMed Central PMCID: PMC3699973.

線量 小照射野の有効性

95: Horner K. Cone-beam computed tomography: time for an evidence-based approach. *Prim Dent J.* 2013 Jan;2(1):22-31. PubMed PMID: 23717887.

小照射野の位置づけとスカウトの有効性

155: Dawood A, Sauret-Jackson V, Patel S, Darwood A. A novel alignment device for cone beam computed tomography: principle and application. *Dentomaxillofac Radiol.* 2010 Sep;39(6):375-82. doi: 10.1259/dmfr/21679313. PubMed PMID: 20729188; PubMed Central PMCID: PMC3520241.

360-180度撮影

17: Al-Nuaimi N, Patel S, Foschi F, Mannocci F. The Detection of Simulated Periapical Lesions in Human Dry Mandibles with Cone Beam Computed Tomography - A Dose Reduction Study. *Int Endod J.* 2015 Oct 20. doi: 10.1111/iej.12565. [Epub ahead of print] PubMed PMID: 26485615.

線量 360-180度 歯内 180度推奨

109: Hashem D, Brown JE, Patel S, Mannocci F, Donaldson AN, Watson TF, Banerjee A. An in vitro comparison of the accuracy of measurements obtained from high- and low-resolution cone-beam computed tomography scans. *J Endod.* 2013 Mar;39(3):394-7. doi: 10.1016/j.joen.2012.11.017. Epub 2012 Dec 20. PubMed PMID: 23402514.

ボクセルサイズ

26: Pauwels R, Faruangsang T, Charoenkarn T, Ngonphloy N, Panmekiate S. Effect of exposure parameters and voxel size on bone structure analysis in CBCT.

Dentomaxillofac Radiol. 2015;44(8):20150078. doi: 10.1259/dmfr.20150078. Epub 2015 Jun 9. PubMed PMID: 26054572; PubMed Central PMCID: PMC4628422.

低線量化 MDCT CBCT 画質

105: Hofmann E, Schmid M, Sedlmair M, Banckwitz R, Hirschfelder U, Lell M. Comparative study of image quality and radiation dose of cone beam and low-dose multislice computed tomography--an in-vitro investigation. *Clin Oral Investig.* 2014 Jan;18(1):301-11. doi: 10.1007/s00784-013-0948-9. Epub 2013 Mar 5. PubMed PMID: 23460022.

線量最適化 180 小照射野

149: Lofthag-Hansen S, Thilander-Klang A, Gröndahl K. Evaluation of subjective image quality in relation to diagnostic task for cone beam computed tomography

with different fields of view. *Eur J Radiol.* 2011 Nov;80(2):483-8. doi: 10.1016/j.ejrad.2010.09.018. Epub 2010 Oct 20. PubMed PMID: 20965675.

線量最適化

189: Palomo JM, Rao PS, Hans MG. Influence of CBCT exposure conditions on radiation dose. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2008 Jun;105(6):773-82. doi: 10.1016/j.tripleo.2007.12.019. Epub 2008 Apr 18. PubMed PMID: 18424119.

眼 FOV 線量

59: Pauwels R, Zhang G, Theodorakou C, Walker A, Bosmans H, Jacobs R, Bogaerts R, Horner K; SEDENTEXCT Project Consortium. Effective radiation dose and eye lens dose in dental cone beam CT: effect of field of view and angle of rotation. *Br J Radiol.* 2014 Oct;87(1042):20130654. doi: 10.1259/bjr.20130654. PubMed PMID: 25189417; PubMed Central PMCID: PMC4170857.

CT 値不安定

112: Parsa A, Ibrahim N, Hassan B, Motroni A, van der Stelt P, Wismeijer D. Influence of cone beam CT scanning parameters on grey value measurements at an implant site. *Dentomaxillofac Radiol.* 2013;42(3):79884780. doi: 10.1259/dmfr/79884780. Epub 2012 Aug 29. PubMed PMID: 22933535; PubMed Central PMCID: PMC3667541.

MDCT CBCT 比較 軟組織診断に弱い

163: Carrafiello G, Dizonno M, Colli V, Strocchi S, Pozzi Taubert S, Leonardi A, Giorgianni A, Barresi M, Macchi A, Bracchi E, Conte L, Fugazzola C. Comparative study of jaws with multislice computed tomography and cone-beam computed tomography. *Radiol Med.* 2010 Jun;115(4):600-11. doi: 10.1007/s11547-010-0520-5. Epub 2010 Feb 22. English, Italian. PubMed PMID: 20177988.

小児 利用原則

100: Aps JK. Cone beam computed tomography in paediatric dentistry: overview of recent literature. *Eur Arch Paediatr Dent.* 2013 Jun;14(3):131-40. doi: 10.1007/s40368-013-0029-4. Review. PubMed PMID: 23564647.

小児 低線量

20: Hidalgo Rivas JA, Horner K, Thiruvengkatachari B, Davies J, Theodorakou C. Development of a low-dose protocol for cone beam CT examinations of the anterior maxilla in children. *Br J Radiol.* 2015 Oct;88(1054):20150559. doi: 10.1259/bjr.20150559. Epub 2015 Aug 17. PubMed PMID: 26279087; PubMed Central PMCID: PMC4730983.

小児 線量

32: Pauwels R. Cone beam CT for dental and maxillofacial imaging: dose matters. *Radiat Prot Dosimetry*. 2015 Jul;165(1-4):156-61. doi: 10.1093/rpd/ncv057. Epub 2015 Mar 23. PubMed PMID: 25805884.

小児線量測定 ファントム測定

126: Theodorakou C, Walker A, Horner K, Pauwels R, Bogaerts R, Jacobs R; SEDENTEXCT Project Consortium. Estimation of paediatric organ and effective doses from dental cone beam CT using anthropomorphic phantoms. *Br J Radiol*. 2012 Feb;85(1010):153-60. doi: 10.1259/bjr/19389412. PubMed PMID: 22308220; PubMed Central PMCID: PMC3473956.

小児 線量測定 iCA_t

34: Choi E, Ford NL. Measuring absorbed dose for i-CAT CBCT examinations in child, adolescent and adult phantoms. *Dentomaxillofac Radiol*. 2015;44(6):20150018. doi: 10.1259/dmfr.20150018. Epub 2015 Mar 18. PubMed PMID: 25785822; PubMed Central PMCID: PMC4628404.

小児 線量低減 条件

94: Al Najjar A, Colosi D, Dauer LT, Prins R, Patchell G, Branets I, Goren AD, Faber RD. Comparison of adult and child radiation equivalent doses from 2 dental cone-beam computed tomography units. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2013 Jun;143(6):784-92. doi: 10.1016/j.ajodo.2013.01.013. PubMed PMID: 23726328.

コスト リスク 年齢

35: Petersen LB, Olsen KR, Matzen LH, Vaeth M, Wenzel A. Economic and health implications of routine CBCT examination before surgical removal of the mandibular third molar in the Danish population. *Dentomaxillofac Radiol*. 2015;44(6):20140406. doi: 10.1259/dmfr.20140406. Epub 2015 Mar 18. PubMed PMID: 25785820; PubMed Central PMCID: PMC4628400.

線量評価 皮膚線量 リスク 評価

67: Pauwels R, Cockmartin L, Ivanauskaitė D, Urbonienė A, Gavala S, Donta C, Tsiklakis K, Jacobs R, Bosmans H, Bogaerts R, Horner K; SEDENTEXCT Project Consortium. Estimating cancer risk from dental cone-beam CT exposures based on skin dosimetry. *Phys Med Biol*. 2014 Jul 21;59(14):3877-91. doi: 10.1088/0031-9155/59/14/3877. Epub 2014 Jun 24. PubMed PMID: 24957710.

線量評価 OPG CBCT MDCT

68: Deman P, Atwal P, Duzenli C, Thakur Y, Ford NL. Dose measurements for dental cone-beam CT: a comparison with MSCT and panoramic imaging. *Phys Med Biol*. 2014 Jun 21;59(12):3201-22. doi: 10.1088/0031-9155/59/12/3201. Epub 2014 May 27.

PubMed PMID: 24862349.

線量評価 CBCT OP 小児—成人条件 DAP

69: Shin HS, Nam KC, Park H, Choi HU, Kim HY, Park CS. Effective doses from panoramic radiography and CBCT (cone beam CT) using dose area product (DAP) in dentistry. *Dentomaxillofac Radiol.* 2014;43(5):20130439. doi:

10.1259/dmfr.20130439. Epub 2014 Mar 10. PubMed PMID: 24845340; PubMed Central

PMCID: PMC4082268.

線量評価 OP CBCT 小照射野

98: Al-Okshi A, Nilsson M, Petersson A, Wiese M, Lindh C. Using GafChromic film to estimate the effective dose from dental cone beam CT and panoramic radiography. *Dentomaxillofac Radiol.* 2013;42(7):20120343. doi:

10.1259/dmfr.20120343. Epub 2013 Apr 22. PubMed PMID: 23610090; PubMed Central

PMCID: PMC3699970.

甲状腺 プロテクター

51: Hidalgo A, Davies J, Horner K, Theodorakou C. Effectiveness of thyroid gland shielding in dental CBCT using a paediatric anthropomorphic phantom.

Dentomaxillofac Radiol. 2015;44(3):20140285. doi: 10.1259/dmfr.20140285. Epub 2014 Nov 20. PubMed PMID: 25411710; PubMed Central PMCID: PMC4614166.

甲状腺 プロテクター

108: Goren AD, Prins RD, Dauer LT, Quinn B, Al-Najjar A, Faber RD, Patchell G, Branets I, Colosi DC. Effect of leaded glasses and thyroid shielding on cone beam CT radiation dose in an adult female phantom. *Dentomaxillofac Radiol.*

2013;42(6):20120260. doi: 10.1259/dmfr.20120260. Epub 2013 Feb 14. PubMed PMID: 23412460; PubMed Central PMCID: PMC3667524.

線量評価 GALILEOS®

52: Chambers D, Bohay R, Kaci L, Barnett R, Battista J. The effective dose of different scanning protocols using the Sirona GALILEOS® comfort CBCT scanner.

Dentomaxillofac Radiol. 2015;44(2):20140287. doi: 10.1259/dmfr.20140287. Epub 2014 Oct 31. PubMed PMID: 25358865; PubMed Central PMCID: PMC4614170.

距離精度 CBCT MDCTlowDose

192: Suomalainen A, Vehmas T, Kortnesniemi M, Robinson S, Peltola J. Accuracy of linear measurements using dental cone beam and conventional multislice computed tomography. *Dentomaxillofac Radiol.* 2008 Jan;37(1):10-7. doi:

10.1259/dmfr/14140281. PubMed PMID: 18195249.

距離精度

27: Sheikhi M, Dakhil-Alian M, Bahreinian Z. Accuracy and reliability of linear measurements using tangential projection and cone beam computed tomography. *Dent Res J (Isfahan)*. 2015 May-Jun;12(3):271-7. PubMed PMID: 26005469; PubMed Central PMCID: PMC4432612.

距離精度

63: Tarazona-Álvarez P, Romero-Millán J, Peñarrocha-Oltra D, Fuster-Torres MÁ, Tarazona B, Peñarrocha-Diago M. Comparative study of mandibular linear measurements obtained by cone beam computed tomography and digital calipers. *J Clin Exp Dent*. 2014 Jul 1;6(3):e271-4. doi: 10.4317/jced.51426. eCollection 2014 Jul. PubMed PMID: 25136429; PubMed Central PMCID: PMC4134857.

歯内 AAE AAOMR position statement

140: American Association of Endodontists; American Academy of Oral and Maxillofacial Radiography. AAE and AAOMR joint position statement. Use of cone-beam-computed tomography in endodontics. *Pa Dent J (Harrisb)*. 2011 Jan-Feb;78(1):37-9. PubMed PMID: 21739834.

歯内 紹介 2009

171: Patel S. New dimensions in endodontic imaging: Part 2. Cone beam computed tomography. *Int Endod J*. 2009 Jun;42(6):463-75. doi: 10.1111/j.1365-2591.2008.01531.x. Epub 2009 Mar 2. Review. PubMed PMID: 19298576.

歯内 review 小照射野

74: Patel S, Durack C, Abella F, Shemesh H, Roig M, Lemberg K. Cone beam computed tomography in Endodontics - a review. *Int Endod J*. 2015 Jan;48(1):3-15. doi: 10.1111/iej.12270. Epub 2014 Apr 2. PubMed PMID: 24697513.

歯内 コンセンサス

54: Gurtu A, Aggarwal A, Mohan S, Singhal A, Bansal R, Agnihotri K. CBCT: a revolutionary diagnostic aid for endodontic dilemmas. *Minerva Stomatol*. 2014 Sep;63(9):325-31. Review. PubMed PMID: 25308570.

歯内 review

89: Jeger FB, Lussi A, Bornstein MM, Jacobs R, Janner SF. [Cone beam computed tomography in endodontics: a review for daily clinical practice]. *Schweiz Monatsschr Zahnmed*. 2013;123(7-8):661-8. Review. German. PubMed PMID: 23966013.

歯内 Voxel サイズ

28: Celikten B, Uzuntas CF, Kursun S, Orhan AI, Tufenkci P, Orhan K, Demiralp KÖ. Comparative evaluation of shaping ability of two nickel-titanium rotary systems

using cone beam computed tomography. *BMC Oral Health*. 2015 Mar 10;15:32. doi: 10.1186/s12903-015-0019-5. PubMed PMID: 25887521; PubMed Central PMCID: PMC4358850.

歯内 高解像力小照射野 CBCT 有効性

102: Ball RL, Barbizam JV, Cohenca N. Intraoperative endodontic applications of cone-beam computed tomography. *J Endod*. 2013 Apr;39(4):548-57. doi: 10.1016/j.joen.2012.11.038. Epub 2013 Jan 26. PubMed PMID: 23522555.

歯内 根破折

173: Bernardes RA, de Moraes IG, Húngaro Duarte MA, Azevedo BC, de Azevedo JR, Bramante CM. Use of cone-beam volumetric tomography in the diagnosis of root fractures. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2009 Aug;108(2):270-7. doi: 10.1016/j.tripleo.2009.01.017. Epub 2009 Mar 9. PubMed PMID: 19272806.

歯内 根破折

40: Jones D, Mannocci F, Andiappan M, Brown J, Patel S. The effect of alteration of the exposure parameters of a cone-beam computed tomographic scan on the diagnosis of simulated horizontal root fractures. *J Endod*. 2015 Apr;41(4):520-5. doi: 10.1016/j.joen.2014.11.022. Epub 2015 Jan 13. PubMed PMID: 25595466.

歯内 根破折

64: Neves FS, Freitas DQ, Campos PS, Ekestubbe A, Lofthag-Hansen S. Evaluation of cone-beam computed tomography in the diagnosis of vertical root fractures: the influence of imaging modes and root canal materials. *J Endod*. 2014 Oct;40(10):1530-6. doi: 10.1016/j.joen.2014.06.012. Epub 2014 Aug 12. PubMed

歯内 根破折 小照射野

97: Bechara B, McMahan CA, Noujeim M, Faddoul T, Moore WS, Teixeira FB, Geha H. Comparison of cone beam CT scans with enhanced photostimulated phosphor plate images in the detection of root fracture of endodontically treated teeth. *Dentomaxillofac Radiol*. 2013;42(7):20120404. doi: 10.1259/dmfr.20120404. Epub 2013 Apr 26. PubMed PMID: 23625067; PubMed Central PMCID: PMC3699972.

歯内 破折 有効性 症例報告

83: Makowiecki P, Witek A, Pol J, Buczkowska-Radlińska J. The maintenance of pulp health 17 years after root fracture in a maxillary incisor illustrating the diagnostic benefits of cone beam computed tomography. *Int Endod J*. 2014 Sep;47(9):889-95. doi: 10.1111/iej.12221. Epub 2014 Jan 9. PubMed PMID: 24289865. PMID: 25127934.

歯内 根破折 ガッタパーチャポイントの影響

120: Khedmat S, Rouhi N, Drage N, Shokouhinejad N, Nekoofar MH. Evaluation of three imaging techniques for the detection of vertical root fractures in the absence and presence of gutta-percha root fillings. *Int Endod J.* 2012 Nov;45(11):1004-9. doi: 10.1111/j.1365-2591.2012.02062.x. Epub 2012 May 2. PubMed PMID: 22551491.

齒內 診斷精度 距離 VS μ CT

47: EzEldeen M, Van Gorp G, Van Dessel J, Vandermeulen D, Jacobs R. 3-dimensional analysis of regenerative endodontic treatment outcome. *J Endod.* 2015 Mar;41(3):317-24. doi: 10.1016/j.joen.2014.10.023. Epub 2014 Dec 12. PubMed PMID: 25498128.

齒內 MB2

106: Vizzotto MB, Silveira PF, Arús NA, Montagner F, Gomes BP, da Silveira HE. CBCT for the assessment of second mesiobuccal (MB2) canals in maxillary molar teeth: effect of voxel size and presence of root filling. *Int Endod J.* 2013 Sep;46(9):870-6. doi: 10.1111/iej.12075. Epub 2013 Feb 26. PubMed PMID: 23442087.

齒內 1 8 0 低線量

137: Lennon S, Patel S, Foschi F, Wilson R, Davies J, Mannocci F. Diagnostic accuracy of limited-volume cone-beam computed tomography in the detection of periapical bone loss: 360° scans versus 180° scans. *Int Endod J.* 2011 Dec;44(12):1118-27. doi: 10.1111/j.1365-2591.2011.01930.x. Epub 2011 Sep 5. PubMed PMID: 21895701.

TMJ 有効性

T82: Honda K, Bjørnland T. Image-guided puncture technique for the superior temporomandibular joint space: value of cone beam computed tomography (CBCT). *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2006 Sep;102(3):281-6. Epub 2006 Jun 30. PubMed PMID: 16920534.

TMJ dose

23: Kadesjö N, Benchimol D, Falahat B, Näsström K, Shi XQ. Evaluation of the effective dose of cone beam CT and multislice CT for temporomandibular joint examinations at optimized exposure levels. *Dentomaxillofac Radiol.* 2015;44(8):20150041. doi: 10.1259/dmfr.20150041. Epub 2015 Jun 2. PubMed PMID: 26119344; PubMed Central PMCID: PMC4628419.

TMJ 診斷精度

36: Yadav S, Palo L, Mahdian M, Upadhyay M, Tadinada A. Diagnostic accuracy of 2 cone-beam computed tomography protocols for detecting arthritic changes in temporomandibular joints. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2015 Mar;147(3):339-44.

doi: 10.1016/j.ajodo.2014.11.017. PubMed PMID: 25726401.

TMJ 最適化 小さい照射野が有効

142: Librizzi ZT, Tadinada AS, Valiyaparambil JV, Lurie AG, Mallya SM. Cone-beam computed tomography to detect erosions of the temporomandibular joint: Effect of field of view and voxel size on diagnostic efficacy and effective dose. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2011 Jul;140(1):e25-30. doi: 10.1016/j.ajodo.2011.03.012. PubMed PMID: 21724068.

TMJ

96: Krishnamoorthy B, Mamatha N, Kumar VA. TMJ imaging by CBCT: Current scenario.

Ann Maxillofac Surg. 2013 Jan;3(1):80-3. doi: 10.4103/2231-0746.110069. PubMed PMID: 23662265; PubMed Central PMCID: PMC3645617.

TMJ 骨折

156: Sirin Y, Guven K, Horasan S, Sencan S. Diagnostic accuracy of cone beam computed tomography and conventional multislice spiral tomography in sheep mandibular condyle fractures. *Dentomaxillofac Radiol.* 2010 Sep;39(6):336-42. doi: 10.1259/dmfr/29930707. PubMed PMID: 20729182; PubMed Central PMCID: PMC3520235.

口蓋裂

24: de Moura PM, Hallac R, Kane A, Seaward J. Improving the Evaluation of Alveolar Bone Grafts With Cone Beam Computerized Tomography. *Cleft Palate Craniofac J.* 2016 Jan;53(1):57-63. doi: 10.1597/14-304. Epub 2015 Jun 23. PubMed PMID: 26101811.

矯正 AAOMR Clinical recommendations

91: American Academy of Oral and Maxillofacial Radiology. Clinical recommendations regarding use of cone beam computed tomography in orthodontics. [corrected]. Position statement by the American Academy of Oral and Maxillofacial Radiology. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol.* 2013 Aug;116(2):238-57. doi: 10.1016/j.oooo.2013.06.002. Erratum in: *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol.* 2013 Nov;116(5):661. PubMed PMID: 23849378.

矯正 線量 OP Cp CBCT MDCT

187: Silva MA, Wolf U, Heinicke F, Bumann A, Visser H, Hirsch E. Cone-beam computed tomography for routine orthodontic treatment planning: a radiation dose evaluation. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2008 May;133(5):640.e1-5. doi: 10.1016/j.ajodo.2007.11.019. PubMed PMID: 18456133.

矯正 線量

121: Lorenzoni DC, Bolognese AM, Garib DG, Guedes FR, Sant'anna EF. Cone-beam computed tomography and radiographs in dentistry: aspects related to radiation dose. *Int J Dent*. 2012;2012:813768. doi: 10.1155/2012/813768. Epub 2012 Apr 4. PubMed PMID: 22548064; PubMed Central PMCID: PMC3324904.

矯正

11: Signorelli L, Patcas R, Peltomäki T, Schätzle M. Radiation dose of cone-beam computed tomography compared to conventional radiographs in orthodontics. *J Orofac Orthop*. 2016 Jan;77(1):9-15. doi: 10.1007/s00056-015-0002-4. Epub 2016 Jan 8. PubMed PMID: 26747662.

矯正 コンセンサス

37: Garib DG, Calil LR, Leal CR, Janson G. Is there a consensus for CBCT use in Orthodontics? *Dental Press J Orthod*. 2014 Sep-Oct;19(5):136-49. doi: 10.1590/2176-9451.19.5.136-149.sar. Review. PubMed PMID: 25715727; PubMed Central PMCID: PMC4296664.

矯正 応用

45: Machado GL. CBCT imaging - A boon to orthodontics. *Saudi Dent J*. 2015 Jan;27(1):12-21. doi: 10.1016/j.sdentj.2014.08.004. Epub 2014 Oct 22. Review. PubMed PMID: 25544810; PubMed Central PMCID: PMC4273277.

矯正 有効性には限界あり？

101: Noar JH, Pabari S. Cone beam computed tomography--current understanding and evidence for its orthodontic applications? *J Orthod*. 2013 Mar;40(1):5-13. doi: 10.1179/1465313312Y.0000000040. Review. PubMed PMID: 23524542.

矯正 症例

144: Dalessandri D, Laffranchi L, Tonni I, Zotti F, Piancino MG, Paganelli C, Bracco P. Advantages of cone beam computed tomography (CBCT) in the orthodontic treatment planning of cleidocranial dysplasia patients: a case report. *Head Face Med*. 2011 Feb 27;7:6. doi: 10.1186/1746-160X-7-6. PubMed PMID: 21352577; PubMed Central PMCID: PMC3053235.

矯正 症例

145: Laffranchi L, Dalessandri D, Tonni I, Paganelli C. Use of CBCT in the orthodontic diagnosis of a patient with pycnodysostosis. *Minerva Stomatol*. 2010 Nov-Dec;59(11-12):653-61. English, Italian. PubMed PMID: 21217630.

外科的矯正

172: Swennen GR, Mollemans W, De Clercq C, Abeloos J, Lamoral P, Lippens F, Neyt

N, Casselman J, Schutyser F. A cone-beam computed tomography triple scan procedure to obtain a three-dimensional augmented virtual skull model appropriate for orthognathic surgery planning. *J Craniofac Surg.* 2009 Mar;20(2):297-307. doi: 10.1097/SCS.0b013e3181996803. PubMed PMID: 19276829.

矯正 偶然発見された病変

146: Rogers SA, Drage N, Durning P. Incidental findings arising with cone beam computed tomography imaging of the orthodontic patient. *Angle Orthod.* 2011 Mar;81(2):350-5. doi: 10.2319/032210-165.1. PubMed PMID: 21208090.

矯正 ミニインプラント

53: Landin M, Jadhav A, Yadav S, Tadinada A. A comparative study between currently used methods and Small Volume-Cone Beam Tomography for surgical placement of mini implants. *Angle Orthod.* 2015 May;85(3):446-53. doi: 10.2319/042214-298.1. Epub 2014 Oct 24. PubMed PMID: 25343688.

矯正 低線量 MDCT CBCT 大 FOV

61: Hofmann E, Schmid M, Lell M, Hirschfelder U. Cone beam computed tomography and low-dose multislice computed tomography in orthodontics and dentistry: a comparative evaluation on image quality and radiation exposure. *J Orofac Orthop.* 2014 Sep;75(5):384-98. doi: 10.1007/s00056-014-0232-x. Epub 2014 Aug 28. PubMed PMID: 25158951

低線量 MDCT

116: Jeong DK, Lee SC, Huh KH, Yi WJ, Heo MS, Lee SS, Choi SC. Comparison of effective dose for imaging of mandible between multi-detector CT and cone-beam CT. *Imaging Sci Dent.* 2012 Jun;42(2):65-70. doi: 10.5624/isd.2012.42.2.65. Epub 2012 Jun 25. PubMed PMID: 22783473; PubMed Central PMCID: PMC3389051.

大 FOV CBCT 紹介

123: Scarfe WC, Li Z, Aboelmaaty W, Scott SA, Farman AG. Maxillofacial cone beam computed tomography: essence, elements and steps to interpretation. *Aust Dent J.* 2012 Mar;57 Suppl 1:46-60. doi: 10.1111/j.1834-7819.2011.01657.x. Review. PubMed PMID: 22376097.

大 FOV 応用紹介

77: Casselman JW, Gieraerts K, Volders D, Delanote J, Mermuys K, De Foer B, Swennen G. Cone beam CT: non-dental applications. *JBR-BTR.* 2013 Nov-Dec;96(6):333-53. Review. PubMed PMID: 24617175.

大 FOV 応用紹介

78: Anderson PJ, Yong R, Surman TL, Rajion ZA, Ranjitkar S. Application of

three-dimensional computed tomography in craniofacial clinical practice and research. *Aust Dent J*. 2014 Jun;59 Suppl 1:174-85. doi: 10.1111/adj.12154. Epub 2014 Feb 24. Review. PubMed PMID: 24611727.

顎補綴

122: De Ceulaer J, Swennen G, Abeloos J, De Clercq C. Presentation of a cone-beam CT scanning protocol for preprosthetic cranial bone grafting of the atrophic maxilla. *Int J Oral Maxillofac Surg*. 2012 Jul;41(7):863-6. doi: 10.1016/j.ijom.2012.03.012. Epub 2012 Apr 16. PubMed PMID: 22513353.

口蓋裂

190: Papat H, Drage N, Durning P. Mid-line clefts of the cervical vertebrae - an incidental finding arising from cone beam computed tomography of the dental patient. *Br Dent J*. 2008 Mar 22;204(6):303-6. doi: 10.1038/bdj.2008.199. PubMed PMID: 18356876.

上顎洞

38: Saccucci M, Cipriani F, Carderi S, Di Carlo G, D'Attilio M, Rodolfino D, Festa F, Polimeni A. Gender assessment through three-dimensional analysis of maxillary sinuses by means of cone beam computed tomography. *Eur Rev Med Pharmacol Sci*. 2015;19(2):185-93. PubMed PMID: 25683929.

上顎洞

57: Sheikhi M, Pozve NJ, Khorrami L. Using cone beam computed tomography to detect the relationship between the periodontal bone loss and mucosal thickening of the maxillary sinus. *Dent Res J (Isfahan)*. 2014 Jul;11(4):495-501. PubMed PMID: 25225564; PubMed Central PMCID: PMC4163829.

上顎洞 線量比較 CBCT MDCT

70: Dierckx D, Saldarriaga Vargas C, Rogge F, Lichtherte S, Struelens L. Dosimetric analysis of the use of CBCT in diagnostic radiology: sinus and middle ear. *Radiat Prot Dosimetry*. 2015 Jan;163(1):125-32. doi: 10.1093/rpd/ncu117. Epub 2014 Apr 24. PubMed PMID: 24771211.

金属 体動 アーチファクト

39: Nardi C, Borri C, Regini F, Calistri L, Castellani A, Lorini C, Colagrande S. Metal and motion artifacts by cone beam computed tomography (CBCT) in dental and maxillofacial study. *Radiol Med*. 2015 Jul;120(7):618-26. doi: 10.1007/s11547-015-0496-2. Epub 2015 Jan 30. PubMed PMID: 25634792.

補綴 応用紹介

44: John GP, Joy TE, Mathew J, Kumar VR. Fundamentals of cone beam computed tomography for a prosthodontist. *J Indian Prosthodont Soc.* 2015 Jan-Mar;15(1):8-13. doi: 10.4103/0972-4052.157001. Review. PubMed PMID: 26929479; PubMed Central PMCID: PMC4762290.

インプラント 有用性

113: Cavézian R, Pasquet G. [Cone Beam computerized tomography and implants]. *Rev Stomatol Chir Maxillofac.* 2012 Sep;113(4):245-58. doi: 10.1016/j.stomax.2012.05.009. Epub 2012 Aug 11. Review. French. PubMed PMID: 22889565.

インプラント 有用性 臨床例

188: Madrigal C, Ortega R, Meniz C, López-Quiles J. Study of available bone for interforaminal implant treatment using cone-beam computed tomography. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal.* 2008 May 1;13(5):E307-12. PubMed PMID: 18449115.

インプラント治療計画 有用性

48: Jansen CE. CBCT technology for diagnosis and treatment planning: what general practitioners should consider. *Compend Contin Educ Dent.* 2014 Nov-Dec;35(10):749-53; quiz 754, 756. PubMed PMID: 25454528.

インプラント有効性

84: Gupta J, Ali SP. Cone beam computed tomography in oral implants. *Natl J Maxillofac Surg.* 2013 Jan;4(1):2-6. doi: 10.4103/0975-5950.117811. Review. PubMed PMID: 24163545; PubMed Central PMCID: PMC3800380.

インプラント線量評価

174: Chau AC, Fung K. Comparison of radiation dose for implant imaging using conventional spiral tomography, computed tomography, and cone-beam computed tomography. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2009 Apr;107(4):559-65. doi: 10.1016/j.tripleo.2008.11.009. Epub 2009 Jan 25. PubMed PMID: 19168378.

インプラント 管電流 最適化

159: Sur J, Seki K, Koizumi H, Nakajima K, Okano T. Effects of tube current on cone-beam computerized tomography image quality for presurgical implant planning in vitro. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2010 Sep;110(3):e29-33. doi: 10.1016/j.tripleo.2010.03.041. Epub 2010 Jul 2. PubMed PMID: 20598589.

インプラント線量 最適化

55: Vasconcelos TV, Neves FS, Queiroz de Freitas D, Campos PS, Watanabe PC. Influence of the milliamperage settings on cone beam computed tomography imaging for implant planning. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2014 Nov-Dec;29(6):1364-8. doi: 10.11607/jomi.3524. Epub 2014 Sep 26. PubMed PMID: 25265127.

インプラント review リスク 小照射野

76: Bornstein MM, Scarfe WC, Vaughn VM, Jacobs R. Cone beam computed tomography

in implant dentistry: a systematic review focusing on guidelines, indications, and radiation dose risks. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2014;29 Suppl:55-77.

doi: 10.11607/jomi.2014suppl.g1.4. Review. PubMed PMID: 24660190.

インプラント 最適化 小照射野

130: Dawood A, Brown J, Sauret-Jackson V, Purkayastha S. Optimization of cone beam CT exposure for pre-surgical evaluation of the implant site. *Dentomaxillofac Radiol*. 2012 Jan;41(1):70-4. doi: 10.1259/dmfr/16421849. Epub 2011 Dec 19. PubMed PMID: 22184628; PubMed Central PMCID: PMC3520272.

唾石

65: Çağlayan F, Sümbüllü MA, Miloğlu Ö, Akgül HM. Are all soft tissue calcifications detected by cone-beam computed tomography in the submandibular region sialoliths? *J Oral Maxillofac Surg*. 2014 Aug;72(8):1531.e1-6. doi: 10.1016/j.joms.2014.04.005. Epub 2014 Apr 13. PubMed PMID: 25037186.

唾液腺

71: Shahidi S, Hamedani S. The feasibility of cone beam computed tomographic sialography in the diagnosis of space-occupying lesions: report of 3 cases. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol*. 2014 Jun;117(6):e452-7. doi: 10.1016/j.oooo.2014.02.023. Epub 2014 Mar 12. PubMed PMID: 24745944.

QAMTF Image quality

79: Steiding C, Kolditz D, Kalender WA. A quality assurance framework for the fully automated and objective evaluation of image quality in cone-beam computed tomography. *Med Phys*. 2014 Mar;41(3):031901. doi: 10.1118/1.4863507. PubMed PMID:

24593719.

眼窩骨折

85: Brisco J, Fuller K, Lee N, Andrew D. Cone beam computed tomography for imaging orbital trauma--image quality and radiation dose compared with conventional multislice computed tomography. *Br J Oral Maxillofac Surg*. 2014

Jan;52(1):76-80. doi: 10.1016/j.bjoms.2013.09.011. Epub 2013 Oct 16. PubMed PMID: 24139635.

口腔インプラント anterior loop 下顎管

134: Apostolakis D, Brown JE. The anterior loop of the inferior alveolar nerve: prevalence, measurement of its length and a recommendation for interforaminal implant installation based on cone beam CT imaging. *Clin Oral Implants Res.* 2012 Sep;23(9):1022-30. doi: 10.1111/j.1600-0501.2011.02261.x. Epub 2011 Aug 3. PubMed PMID: 22092440.

スタフネ

135: Sisman Y, Miloglu O, Sekerci AE, Yilmaz AB, Demirtas O, Tokmak TT. Radiographic evaluation on prevalence of Stafne bone defect: a study from two centres in Turkey. *Dentomaxillofac Radiol.* 2012 Feb;41(2):152-8. doi: 10.1259/dmfr/10586700. Epub 2011 Nov 10. PubMed PMID: 22074869; PubMed Central PMCID: PMC3520381.

3Dプリンターでの距離精度

154: Weitz J, Deppe H, Stopp S, Lueth T, Mueller S, Hohlweg-Majert B. Accuracy of templates for navigated implantation made by rapid prototyping with DICOM datasets of cone beam computer tomography (CBCT). *Clin Oral Investig.* 2011 Dec;15(6):1001-6. doi: 10.1007/s00784-010-0468-9. Epub 2010 Sep 21. PubMed PMID: 20857309.

Navigation surgery

166: Eggers G, Mühling J, Hofele C. Clinical use of navigation based on cone-beam computer tomography in maxillofacial surgery. *Br J Oral Maxillofac Surg.* 2009 Sep;47(6):450-4. doi: 10.1016/j.bjoms.2009.04.034. Epub 2009 Jun 24. PubMed PMID: 19556040.

BMD 測定 MDCT CBCT

160: Nomura Y, Watanabe H, Honda E, Kurabayashi T. Reliability of voxel values from cone-beam computed tomography for dental use in evaluating bone mineral density. *Clin Oral Implants Res.* 2010 May;21(5):558-62. doi: 10.1111/j.1600-0501.2009.01896.x. PubMed PMID: 20443807.

歯科における線量測定方法

161: Helmrot E, Thilander-Klang A. Methods for monitoring patient dose in dental radiology. *Radiat Prot Dosimetry.* 2010 Apr-May;139(1-3):303-5. doi:

10.1093/rpd/ncq095. Epub 2010 Mar 11. PubMed PMID: 20223852.