

学 位 論 文 内 容 の 要 旨

愛知学院大学

論文提出者

疋田 涼

論文題目

小照射野歯科用コーンビーム CT 画像におけるチタニウムインプラント体周囲のグレイ値の変化：特に下顎骨とスキャン位置の影響

・緒言

歯科用コーンビーム CT (CBCT) 画像は歯科治療に必要不可欠なものであるが、画素のグレイ値の変化 (グレイ値変化) として現れるアーチファクトの存在が問題となる。グレイ値は様々な要因によって変化する相対値であるが、特に放射線減弱係数高い物質によるアーチファクトや画像領域 (field of view; FOV) の外側の組織や構造物などに起因する変化が強いとされている。しかし、これらがどのような方向にみられ、どの程度の距離で消失するかは明らかでない。また、機種によってもアーチファクト発生の様相が異なるが、グレイ値変化を詳細に分析する方法が確立されれば、それを明確に示すことが可能となる。以上より、本研究では 2 つの実験を行った。第 1 の実験ではインプラント体周囲のグレイ値変化の主たる要因として下顎骨の影響と FOV の位置の違いに着目し、変化の程度と方向をインプラントからの距離別に明らかにすることを目的とした。実験 2 では実験 1 の手法を、3 種の異なる歯科用 CBCT に適応して、その相異を分析することを目的とした。

・対象および方法

実験1 インプラント体周囲のグレイ値変化

1) CBCTの撮影

模擬インプラントとして直径4mm、長さ40mmのチタン棒（株式会社ニラコ、東京）を使用した。模擬下顎骨は歯科用超硬石膏（メガストーン、吉野石膏株式会社、東京）で作製した。これらを直径30cm、高さ7cmの水を満たした円柱の容器にいれて、CBCT装置(Alphard Vega、朝日レントゲン、京都)で撮影した。FOVのサイズは5cm×5cmを使用した。

2) 下顎骨のない場合

FOVは下顎右側中切歯（前方FOV）に設定した。最初にチタン棒を設置しない状態で3回撮影を行い、その後チタン棒をFOVの中心に設置し3回撮影した。次にFOVを下顎右側第一大臼歯（後方FOV）に設定して、同様にそれぞれ3回の撮影を行った。

3) 下顎骨のある場合

下顎骨のない場合の撮影と同様に前方FOVと後方FOVにおいて、それぞれ3回の撮影を行った。

4) グレイ値の計測方法とグレイ値変化の定義

取得したCBCTデータはDigital Imaging and Communication in Medicine (DICOM) 形式で保存し、分析用ソフト (Osirix、The Osirix foundation、Geneva、Switzerland) を用いて分析を行った。チタン棒の高さの中央の位置で軸位断像をつくり、その画像上でチタン棒から放射状に32本の直線を等間隔に引き頂点から順にNo. 0からNo. 31とした。その線上に直径0.5mmの円形のRegion of interest (ROI) をチタン

棒の辺縁から順に12mmの距離まで設定した。この円形ROIのグレイ値の平均値をROI値とし、計測は3回行った。チタン棒ありの条件で設定したROIをソフト上でコピーし、チタン棒なしの条件で行った撮影データに貼り付けすることで同位置のROI値を計測した。グレイ値変化をチタン棒辺縁から0.5mm毎に32方向で算出し、円グラフを用いて幾何学的に表現した。

5) 統計学的解析

チタン棒ありとなしでのROI値の平均の差をt-testで検定した。p<0.05を有意差ありとした。

1. 実験2 3機種におけるグレイ値変化の相違

1) CBCTの撮影

実験は実験1の「下顎骨のない場合」と同様に行った。FOVは機種によって異なるが、選択できる最小のものとした。

2) グレイ値の計測方法

実験1と同様にROIの設定、グレイ値変化の算出および幾何学的表現を行った。

・結果

1. 実験1：下顎骨のない場合

前方FOVにおける1.0mmの距離では、正のグレイ値変化は近心、遠心方向に、逆に頬側、舌側方向に負のグレイ値変化を認めた。全方向においてチタン棒の有無でROI値に有意差を認めた。この傾向は5.0mmの距離まで見られた。12.0mmの距離では32方向のうち21方向でROI値に有意差を認めた。後方FOVにおけるグレイ値変化は前方FOVよりも比較的小さかった。1.0mmの距離では近心方向と遠心方向に正のグレイ値変化が認められ、負のグレイ値変化は頬側方向にみられた。これらの24方向においてROI値に有意差を認めた。幾何学的には、下顎骨に沿うような楕円形を呈していた。この傾向は3.0mmの距離まで認めた。12.0mmでは21方向でROI値に有意差を認めなかった。

2. 実験1：下顎骨のある場合

下顎骨のある場合では正のグレイ値変化と負のグレイ値変化の方向は下顎骨のない場合からほぼ90度回転した位置に認めたが、下顎骨のない場合のグレイ値変化よりも大きく、幾何学的には複雑な形態を呈していた。前方FOVにおける1.0mmの位置では200以上の強い正のグレイ値変化を頬側、舌側に認め、強い負のグレイ値変化は近心、遠心方向に認めた。すべての方向でROI値に有意差を認めた。2.0mmの距離では、正のグレイ値変化が近心方向、遠心方向で認めた。その結果として、dark-bandsやstreak artifactのような負のグレイ値変化が十字形に発生していた。ほとんどすべての方向で、ROI値に有意差を認めた。

この傾向は7.0mmの位置まで見られた。12.0mmの距離においても、近心頬側、遠心舌側、遠心頬側において100以上の負のグレイ値変化を認めた。遠心方向では20以下のグレイ値変化であり、ROI値においても有意差は認められなかった。

後方FOVにおける1.0mmの距離では200以上の強い正のグレイ値変化は頬側と舌側方向に認められ、強い負のグレイ値変化が近心、遠心方向に認めた。幾何学的パターンは蝶の形を呈していた。この傾向は7.0mmの距離まで見られた。ROI値の有意差は主に頬側に認めたが、12.0mmの距離では頬側と舌側に50以下のグレイ値変化を認めた。

3. 実験2：3機種におけるグレイ値変化の相違

グレイ値変化は機種Aと機種Bではほぼ同様の方向依存性を示した。前方FOVでは近遠心方向に正のグレイ値変化、頬舌方向に負のグレイ値変化を認めた。後方FOVでは前方FOVのグレイ値変化を45度程度回転させた方向依存性を示したが、変化自体は前方FOVより小さい傾向を示した。

また、機種Aの方がグレイ値変化は小さかった。機種Cのグレイ値変化は特徴的であり、後方FOVでは5方向に正のグレイ値変化を示し、それを挟んで負のグレイ値変化を認めた。前方FOVでは後方FOVで認めたグレイ値変化を近遠心的に引き伸ばしたような形を呈していた。3機種ともに8.0mmの距離ではグレイ値変化は0に収束していた。

・考察

本研究ではインプラント体周囲のグレイ値変化の特徴を視覚化する方法を確立した。チタン棒辺縁からの距離が最も遠い位置でも、チタン棒の有無でその差自体は小さいもののROI値に有意差を認めた。これはCBCT画像上では下顎骨もしくはインプラントからの影響が確実に存在することを示している。

下顎骨がない場合においても前方FOVと後方FOVではグレイ値変化の傾向が異なっていたが、比較的注意が払われていない正のグレイ値変化も明らかに存在することが確認できた。したがって、読影でグレイ値を参照とする場合には正のグレイ値変化の存在も考慮に入れる必要がある。dark-bandやstreak artifactのような負のグレイ値変化は主としてインプラントによるビームハードニングや散乱効果によって発生すると考えられる。これに対して、正のグレイ値変化は画像構成に使用されるバックプロジェクションアルゴリズムにおいて隣り合う画素のグレイ値の違いが強調されることが発生の一因と考えられる。

模擬下顎骨を用いた場合のグレイ値変化は下顎骨のない場合とは全く異なっていた。しかし、負のグレイ値変化は臨床でよく経験するdark-bandの出現や従来の研究結果とよく一致していた。

後方FOVにおいてチタン棒辺縁から10mm以上の距離では舌側及び頬側ともにグレイ値変化は50以下と小さくなったが、実際にはこの距離では頬側

及び舌側の皮質骨を超えた軟組織に位置することになり、この部位の診断には注意が必要と思われる。

本研究では以前の研究に比べてグレイ値変化が大きくなる傾向にあった。これは小さいFOVの場合はFOVの外側に存在する構造物により大きな影響をうけることと低い管電圧ではビームハードニングの影響が強くなることに関連していると思われる。したがってこのような装置を使用する場合には注意が必要である。

下顎骨にインプラントを埋入した場合には、ビームハードニングは下顎骨とインプラント両方から発生するが、dark-bandやstreak artifactのような負のグレイ値変化はFOVの大きさや位置よりも下顎骨の存在そのものによる影響が強いと考えられる。

実験2の結果から、機種によってグレイ値変化に違いがあることが確認された。機種による違いは管電圧、管電流、照射時間、FOVの大きさの違い、画像構築アルゴリズムの違いなどが原因と考えられる。特に機種Cでの特徴的な傾向はアーチファクトを軽減するために独自のアルゴリズムで画像再構築を行っている結果かもしれない。このような違いが診断にどのように影響するかを明らかにすることは今後の課題であるが、機種毎の違いが判明すれば臨床に大きく貢献することが期待できる。さらに、本法を用いればインプラント体などの材料の違いによるアーチファクトの様相も把握することができると思われる。