

鶴見大学大学院歯学研究科博士学位論文

内容の要旨および審査の結果の要旨

氏名(本籍)	窪谷保則(東京都)
博士の専攻分野	博士(歯学)
学位記番号	乙第266号
学位授与年月日	令和元年5月16日
学位授与の要件	学位規則第4条第2項該当
学位論文題目	ヒト乾燥下顎骨の唇・頬側骨吸収におけるX線CTの診断精度に対する散乱体の影響に関する研究 鶴見歯学 第45巻 第2号 93頁～102頁掲載 2019年9月10日発行
論文審査委員	主査 教授 下田 信治 副査 教授 五味 一博 副査 教授 小林 馨

内容の要旨

【目的】

X線像の物理的画質は解像度、コントラスト、ノイズの3要素によって構成される。この3要素のすべてに悪影響を与えるのが散乱線である。そのため、X線検査の診断精度を明らかにするための実験研究では、散乱線の発生源となる軟組織を模すために水やレジンなどが散乱体として用いられている。コーンビームCT(以下、CBCT)で乾燥骨を用いた画像診断精度の研究では水以外には散乱体の配置が難しいため、乾燥骨を水浸している。これまでの研究では、X線の散乱による信号雑音比の低下、コントラストの低下、解像度の低下が診断精度に及ぼす影響についての定量的な検討はCBCTについては見られない。水による散乱線の影響が定量化できれば、水浸していない乾燥骨の撮影から、水浸時の診断精度の推定が可能になると考えられる。

そこで本研究では、多列検出器CT(以下、MDCT)とCBCTを用いて乾燥下顎骨を水浸しない状態と水浸した状態で撮影し、水浸が下顎骨、唇・頬側のフェネストレーションおよび歯槽骨吸収の診断精度におよぼす影響を定量化する事を目的とした。

【材料と方法】

下顎骨にフェネストレーション及び歯の唇・頬側面歯槽骨に骨吸収を認める乾燥下顎骨3体を用いた。乾燥下顎骨をプラスチック容器内に入れてMDCTとCBCTの大照射野(Iモード)と小照射野(Dモード)で撮影を行った。その後、軟組織を表現するための代用として水浸(以下、水浸)した。水浸しない時(以下、空気中)と同様の条件でMDCT、CBCTによる撮影を行った。その後、骨の頬舌的厚さを計測するため空気中でマイクロCT撮影を行った。

MDCT及びCBCTで撮影した画像を読影し、Gold Standardは肉眼観察所見とし、フェネストレーションならびに唇・頬側歯槽骨の骨吸収の有無を判定した。その後、水浸しない乾燥下顎骨及び水浸した乾燥下顎骨の画像の読影結果から、感度、特異度、陽性反応適中度、陰性反応適中度を求めた。

更に、各撮影装置間で水浸しない乾燥下顎骨及び水浸した乾燥下顎骨の評価の一致度を調べた。

【統計学的検討】

統計処理ソフトSPSS Ver. 22(日本IBM社)を用いて、MDCT、CBCTのIモード、Dモードの感度、特異度、陽性反応適中度、陰性反応適中度をMann-WhitneyのU検定で検定した。多重検定のため、Bonferroniの補正を行った。次に各CT撮影において評価した空気中の乾燥下顎骨と水浸した乾燥下顎骨の評価結果の一致度を比較するためにカッパ係数を求めた。

【結果】

空気中でのフェネストレーションの感度はMDCT、CBCT:Iモード、CBCT:Dモードの順で0.69、0.69、0.75、特異度

は 0.53, 0.50, 0.50, 陽性反応適中度は 0.26, 0.25, 0.27, 陰性反応適中度は 0.88, 0.87, 0.89 であり, 水浸でのフェネストレーションの感度は MDCT, CBCT : I モード, CBCT : D モードの順で 0.56, 0.75, 0.69, 特異度は 0.52, 0.50, 0.50, 陽性反応適中度は 0.22, 0.27, 0.25, 陰性反応適中度は 0.83, 0.89, 0.87 であり, 空気中と水浸との間に有意差はなかった。

空気中での骨吸収の感度は MDCT, CBCT : I モード, CBCT : D モードの順で 0.92, 1.00, 0.97, 特異度は 0.68, 0.77, 0.80, 陽性反応適中度は 0.71, 0.79, 0.80, 陰性反応適中度は 0.91, 1.00, 0.97 であり, 水浸での骨吸収の感度は MDCT, CBCT : I モード, CBCT : D モードの順で 0.95, 0.95, 0.95, 特異度は 0.82, 0.84, 0.80, 陽性反応適中度は 0.82, 0.84, 0.80, 陰性反応適中度は 0.95, 0.95, 0.95 であり, 空気中と水浸との間に有意差はなかった。

各撮影での空気中と浸水とのカッパ係数はそれぞれ MDCT は 0.731 で substantial agreement, CBCT : I モードは 0.852, CBCT : D モードは 0.902 で almost perfect agreement であった。

骨吸収における空気中の MDCT での有病誤診は 3 例, 無病誤診は 14 例であった。水浸における有病誤診は 2 例, 無病誤診は 8 例であった。CBCT : I モード, 空気中の有病誤診は 0 例, 無病誤診は 10 例であった。水浸における有病誤診は 2 例, 無病誤診は 7 例であった。CBCT : D モード, 空気中の有病誤診は 1 例, 無病誤診は 9 例であった。水浸における有病誤診は 2 例, 無病誤診は 9 例であった。

陽性反応の適中度が低かった原因となった無病誤診はフェネストレーションで 7 例, 骨吸収では 15 例であった。そのマイクロ CT での唇・頬側, 頬舌的骨幅は最小値 0.12 mm, 中央値 0.13 mm, 最大値 0.22 mm であった。

【考 察】

空気中と水浸との診断の一致度を示すカッパ係数は極めて高いのは次のような要因が考えられる。画像のデジタル化による画像コントラストの調整が可能となったことが影響した可能性がある。実験に用いた肉眼観察による診断精度では空気中と水浸との差を検出できない可能性がある。

画像のデジタル化による影響について Zhang らは, 歯質欠損のない齲蝕を対象に, フィルム, デジタル口内法と CBCT を比較している。この研究では口内法撮影では被写体の焦点側に 20 mm のアクリルブロック, CBCT では 20 mm の水ファントムで被写体周囲を覆って撮影している。その結果, 齲蝕の ROC 曲線にはフィルム, デジタル口内法と CBCT の三者の間に差はなかったとしている。これは, 24 mm 厚のプレキシガラスを被写体の焦点側に配置した Abesi らの結果も同様である。このことは, コントラストの調整によって診断精度は必ずしも向上しない可能性があることを示している。

肉眼観察によって求めた診断精度では空気中と水浸との差を検出できない可能性がある。撮影方法による差を検討したものとして, Wenzel らは, 頬側に 10 mm の水ファントムを設置した状態で, イメージングプレートと CMOS による口内法ならびに CBCT の齲蝕に対する診断精度について, 6 名の観察者による肉眼的評価によって, CBCT が口内法に比べて, 有意に高い感度があり, 有意な特異度の低下がなかったことを報告している。また, ノイズの影響を検討した Okano らは, 初期隣接面齲蝕の X 線像による診断精度について, 11 名の歯科医師の読影結果による正診率と ROC 曲線によって評価し, ノイズの増加が初期隣接面齲蝕の診断精度を低下させることを報告している。このように, 画像の肉眼観察による診断精度は, 本実験の目的とした空気中と水浸との差を評価するための方法の一つであると考えられた。

個々の観察者および読影結果全体の空気中と水浸とのカッパ係数が高かったことは, 空気中と水浸との読影結果が極めて類似していることが明らかとなった。このことは, 今後の研究において本実験の対象とした歯根の唇・頬側の骨の評価については, 空気中の実験による推定が可能であることを示唆していると考えられる。

本研究では空気または水と骨という高コントラストの病態を対象としたため, 低コントラスト病態よりもノイズの影響が少なかった可能性もある。

CT を用いた研究では MDCT と CBCT とでは被写体・受像器間距離に違いがあり, 散乱線に対するグレーデル効果により, 単純 X 線撮影に対する散乱線の影響による違いがあると思われる。さらに, MDCT では散乱線低減の対策がなされており, その影響の可能性も考えられた。

【結 論】

水浸しない空気中での乾燥下顎骨と水浸した同じ乾燥下顎骨を用いて撮影した MDCT, CBCT 間において, フェネストレーション及び唇・頬側骨吸収の診断精度に有意差は認めなかった。このため, 目的とした散乱線が診断精度におよぼす影響を定量化することはできなかった。MDCT ならびに CBCT で判断できる唇・頬側の骨吸収は 0.2 mm 以下の非薄部では妥当性が低いことが明らかになった。

審査の結果の要旨

歯科臨床における画像診断は、解剖学的に硬軟組織が複雑に混在する身体部位であり、均質組織に比較してより高い診断精度を得るためには注意深い画像検査技術と読影能力が要求される。

歯と歯周組織の歯科用 X 線撮影では読影不能な病変も、コーンビーム CT (以下, CBCT) 装置では歯と歯周組織の唇(頬)舌断面のみならず、あらゆる方向からの画像が得られるという特性を備えている。本論文は歯科用 X 線撮影では読影不能な唇・頬側歯槽骨皮質に生じるフェネストレーションについて、CBCT を用いた場合の X 線検査の診断精度を明らかにするための実験研究である。

これまでの実験研究では、乾燥骨を用いた画像診断精度の研究は水以外には散乱体の配置が難しいため、X 線の散乱による信号雑音比の低下、コントラストの低下、解像度の低下が診断精度に及ぼす影響を考慮して、乾燥骨を水浸しておこなっている。しかしながら、貴重な人体の頭蓋骨を水浸しておこなうことは試料の腐敗、損傷も懸念される。

そこで本研究では CBCT と多列検出器 CT (以下, MDCT) をもちい、各撮影装置間で、(1) 撮影した画像を読影し、Gold Standard は肉眼観察所見とし、フェネストレーションならびに唇・頬側歯槽骨の骨吸収の有無を判定し、(2) その後、水浸しない乾燥下顎骨及び水浸した乾燥下顎骨の画像の読影し、その結果から感度、特異度、陽性および陰性反応適中度を求め、(3) 乾燥下顎骨を水浸しない状態と水浸した状態の評価の一致度を調べることを目的としている。

得られた結果とその考察において、唇・頬側の骨吸収レベルについて、(1) 水浸しない空気中での乾燥下顎骨と水浸した同じ乾燥下顎骨を用いて撮影した MDCT, CBCT 間において、フェネストレーション及び唇・頬側骨吸収の診断精度に有意差は認めなかったこと、このため (2) 散乱線が診断精度におよぼす影響を定量化することはできなかったこと、(3) MDCT ならびに CBCT で判断できる唇・頬側の骨吸収は 0.2 mm 以下の非薄部では妥当性が低いこと、を提示している。

本研究で得られた知見は、方法論に照らして結果の再現性は高く、綿密な実験計画と精度の高い実験手順、および適切な統計学的処理から得られた結論は論理性に優れており、従来の CBCT による実験的研究の手法に新たな影響を及ぼす研究である。

よって、本論文は博士(歯学)の学位請求論文として十分な価値を有するものと判定した。