

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) 江口康久万(神奈川県)
博士の専攻分野 博士(歯学)
学位記番号 乙第252号
学位授与年月日 平成26年4月17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 X線CTデータからの再構成投影頭部X線規格画像による骨形態計測の信頼性と妥当性
鶴見歯学 第40巻 第2号 37頁～44頁掲載 平成26年9月10日発行
論文審査委員 主査 教授 中村芳樹
副査 教授 鶴本明久 副査 教授 小林馨

内容の要旨

X線CTで得られる三次元的なボクセルのX線吸収データからX線投影再構成を行えば、種々の投影画像を作成することが可能である。この再構成画像を用いて、これまで二次元X線画像を用い蓄積されてきた臨床資料の活用が可能になる。しかし、三次元データからの二次元再構成画像の精度は、らせんCTやコーンビームCT(CBCT)装置による影響や、再構成を行うコンピュータとソフトウェアからの影響を受ける可能性がある。特に近年の研究で多く用いられている歯科用CBCTはCT値が不確かであり、再構成画像の精度低下をまねく可能性がある。

【目的】

CT値の保証されている全身用らせんCTを用いて、再構成頭部X線規格画像と従来の頭部X線規格画像との比較を行い、同じ計測値が得られるかを明らかにすることを目的として研究を行った。

【方法】

研究資料として鶴見大学歯学部口腔顎顔面放射線・画像診断学講座所蔵の乾燥頭蓋骨23体を用い、頭部X線規格撮影とらせんCT撮影を行った。

頭部X線規格撮影装置は、CX-150STで焦点・正中間距離150cm、正中・IP間距離15cm、管電圧80kV、管電流250mA、撮影時間0.016sec.で撮影した。画像処理装置は、FCR-AC3を用い、イメージングプレートはST-Vn(10×12inch)、カセットはIPカセット(10×12inch)を用いて撮影した。画像出力装置は富士メディカルドライレーザーイメージャー(FM-DPL)を用いて、従来のX線フィルム像と同じ透過型フィルムに出力し、拡大率は従来のX線フィルムと同じ拡大率とした。

X線CT撮影は単列らせんCT装置RADIX-Prima(日立メディコ、東京)を用いて、管電圧120kV、管電流25mA、スライス厚1.0mmで撮影テーブル送り速度1.0mm/sec.で撮影した。CT用頭部固定装置を用い乾燥頭蓋骨を固定し、FH平面ができるだけ、床面と垂直になるように位置づけた。CT撮影後、FOV205mm、マトリックス512、再構成間隔0.4mmで再構成し、ボクセルサイズ0.4×0.4×0.4mmのデータを作製した。このデータを画像ワークステーションVirtual Place WS-LE21に転送し、再構成画像ピクセルサイズ0.4×0.4mmのRaySum画像を二次元再構成した。この、二次元再構成画像を画像出力装置：富士メディカルドライレーザーイメージャー：DRY PIX 7000で、拡大率1.1の透過型フィルムで出力した。

1名の計測者が、1か月以上間隔をあけて頭部X線規格画像とCT再構成頭部X線規格画像をそれぞれ2回トレースし計測値を求め、角度分析16項目、距離分析2項目について評価した。計測者は、公益社団法人日本矯正歯科学会の認定医を現在まで17年間継続している。乾燥頭蓋骨23体、18分析項目で、1回目と2回目のそれぞれのデータ数は414であった。

SPSS PASW Statistics 18を用いて、正規性についてはKolmogorov-Smirnovの検定を行った。信頼性(Reliability)は、

1回目と2回目の計測の再現性について、Spearmanの相関と級内相関係数（Intraclass correlation coefficients；以下ICC）を求め評価した。CT再構成頭部X線規格画像の妥当性（Validity）は、頭部X線規格画像との計測値の比較を2群間でWilcoxonの符号付き順位検定、Spearmanの相関、ICCを求め評価した。

【結 果】

有意確率5%以下で正規性が棄却されたのは、頭部X線規格画像で、Angle of convexity, L1 to mandible plane angel, CT再構成頭部X線規格画像では、Angle of convexity, SNA, U1 to SN planeであったため、以降の統計処理にはノンパラメトリック検定を用いた。

信頼性については、Spearmanの相関は頭部X線規格画像において1.000で有意確率0.000、CT再構成頭部X線規格画像において0.999で有意確率0.000であり、相関は1%水準で有意であった。ICCは頭部X線規格画像で1.000、有意確率0.000、CT再構成頭部X線規格画像で1.000、有意確率0.000で、いずれもLandisの基準によればalmost perfect、桑原の基準によればgreat（優秀）と判定される信頼性であった。

妥当性は、頭部X線規格画像全データとCT再構成頭部X線規格画像全データとのSpearmanの相関は相関係数0.997、有意確率0.000で、1%水準で有意であった。ICCは0.999、有意確率0.000で信頼係数の基準で、almost perfectあるいはgreat（優秀）と判定された。

Wilcoxonの符号付き順位検定については、Bonferroniの補正を行い、有意水準 $5\% \div 18$ で、 $p < 0.0028$ を有意水準とした。頭部X線規格画像計測値とCT再構成頭部X線規格画像計測値とが0.28%水準で有意であったのは、Facial plane angle, Y axis to FH plane angle, SNA, SNB, Gonial angle, Ramus inclinationの6項目でいずれも角度分析項目であり、その平均値の差は5項目では1度以下だった。

【考 察】

今回の研究で正規性が棄却された項目があった。これまでの報告では明確でないものが多かったが、ノンパラメトリック検定が統計解析方法として妥当なことが確認できた。

信頼性については、1回目と2回目のSpearmanの相関は頭部X線規格画像において1.000で有意確率0.000、CT再構成頭部X線規格画像において0.999で有意確率0.000であった。このことから、頭部X線規格画像ならびにCT再構成頭部X線規格画像の繰り返し計測の信頼性は極めて高いと言える。

再構成頭部X線規格画像の計測の妥当性について、乾燥頭蓋骨の直接計測値を基準としてCBCTからの再構成頭部X線規格画像と頭部X線規格画像の比較検討を行った報告では、ボクセルサイズは $0.4 \times 0.4 \times 0.4$ mmで矢状面における線計測の測定精度は、再構成頭部X線規格画像が優れているとしている。また、線計測で評価報告では、頭部X線規格画像と再構成頭部X線規格画像とは頭部計測上での有意な問題はなかったとの報告がある。このように、乾燥頭蓋骨にCBCTを用いた検討では、再構成頭部X線規格画像は頭部計測に問題はないとされている。いずれも立方体のボクセルを用いており、そのボクセルの一辺は0.3、0.4、0.5 mmであった。本研究において、らせんCTを用い一辺0.4 mmの正立方体のボクセルで再構成画像を作成し、同様の結果が得られたことは、CBCTのCT値の不正確さは、再構成頭部X線規格画像の頭部計測の計測精度には影響を及ぼさないと考えられ、ボクセルサイズ0.3～0.5 mmの範囲ではボクセルサイズも影響しないと推定できた。

頭部X線規格画像計測値とCT再構成頭部X線規格画像計測値との間で有意な差があったのは、18項目中6項目でいずれも角度分析項目あった。その平均値の差は0.6～1.4度で5項目では1度以下と極めて小さかったので、臨床的には影響はないと考えられた。臨床例については、Cattaneoらが34名の患者について、 $0.3 \times 0.3 \times 0.36$ mmのボクセルサイズのCBCTからの再構成頭部X線規格画像と17項目の角度計測について検討したが、MANOVAですべての項目に有意差を認めなかったことから、頭部X線規格画像をCT再構成頭部X線規格画像に置き換えることは可能であると結論している。

以上のように、本研究を含む乾燥頭蓋骨を用いた基礎的研究と臨床研究から、CT再構成頭部X線規格画像による計測は、信頼性と妥当性があることが明らかである。

しかし、これまでの頭部X線規格画像をCT再構成頭部X線規格画像に置き換えるためには、電離放射線被曝を伴う検査である限り、その正当性を確立する必要がある。頭部X線規格撮影と再構成頭部X線規格画像の原画像であるCBCTとを撮影する被曝線量の比を文献の値を基に計算すると、3.75～288.3倍であり、いずれにしても被曝線量の増加になる。このため、同じ診断目的では、頭部X線規格撮影をCBCTやCTに置き換えることは正当化できない。CBCTやCTの適応は、頭部X線規格画像のみでは診断情報が不十分な症例とすべきであると考えられる。例えば、左右非対称な顎顔面の変形が

考えられるが、適応については今後の研究が必要である。

【結 論】

CT データからの再構成頭部 X 線規格画像は、統計学的に高い信頼性と妥当性のある頭部計測が行える。

審査の結果の要旨

X 線 CT で得られる三次元的なボクセルの X 線吸収データから X 線投影再構成を行えば、種々の投影画像を作成することが可能である。本研究では乾燥頭蓋標本 23 体を用いて、CT 値の保証されている全身用らせん CT 撮影より得られた再構成頭部 X 線規格画像と従来の頭部 X 線規格画像を用いて 18 の計測項目について、同じ計測値が得られるかについて統計学的検討を行った。

本研究により以下の結果が得られた。

1. 有意確率 5% 以下で正規性が棄却されたのは、頭部 X 線規格画像で、Angle of convexity, L1 to mandible plane angle, CT 再構成頭部 X 線規格画像では、Angle of convexity, SNA, U1 to SN plane であったため、以降の統計処理にはノンパラメトリック検定を用いた。
2. 信頼性については、Spearman の相関は、頭部 X 線規格画像において 1.000 で有意確率 0.000, CT 再構成頭部 X 線規格画像において 0.999 で有意確率 0.000 であり、相関は 1% 水準で有意であった。ICC は頭部 X 線規格画像で 1.000, 有意確率 0.000, CT 再構成頭部 X 線規格画像で 1.000, 有意確率 0.000 で、いずれも Landis の基準によれば almost perfect, 桑原の基準によれば great (優秀) と判定される信頼性であった。
3. 妥当性は、頭部 X 線規格画像全データと CT 再構成頭部 X 線規格画像全データとの Spearman の相関は、相関係数 0.997, 有意確率 0.000 で、1% 水準で有意であった。ICC は 0.999, 有意確率 0.000 で信頼係数の基準で、almost perfect あるいは great (優秀) と判定された。
4. Wilcoxon の符号付き順位検定については、Bonferroni の補正を行い、有意水準 $5\% \div 18$ で、 $p < 0.0028$ を有意水準とした。頭部 X 線規格画像計測値と CT 再構成頭部 X 線規格画像計測値とが 0.28% 水準で有意であったのは、Facial plane angle, Y axis to FH plane angle, SNA, SNB, Gonial angle, Ramus inclination の 6 項目でいずれも角度分析項目であり、その平均値の差は 5 項目では 1 度以下だった。

本研究の乾燥頭蓋を用いた基礎的研究から、CT 再構成頭部 X 線規格写真像を用いた頭部 X 線規格写真分析はその計測値の信頼性と妥当性が高いことが明らかとなり、臨床応用に十分に耐えうるものと考えられる。従って、この結果は、従来の矯正治療では CT 像と頭部 X 線規格写真を撮影していたのに対し、CT 像のみで対応することができることになり、患者の被曝線量の低減にも寄与するものである。

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。