

論文の内容の要旨

氏名：加藤 正雄

博士の専攻分野の名称：博士（歯学）

論文題名：Reduction of ghost images of cervical vertebrae and intervertebral space in vertical dual-exposure panoramic radiography

（垂直2重パノラマ X線撮影法による頸椎と椎間の障害陰影の低減）

新型コロナウイルス感染症によるパンデミックが始まった 2020 年以降、感染リスク低減のため、う蝕や根尖性歯周炎の画像診断においても、パノラマ X線撮影法（以下、PR）が第1選択として推奨されるようになった。PRは、1949年に開発され、左右の顎関節と上下歯列弓が総覧的に観察できる撮影法である。スリット状の X線束が頭部の周囲を回転することで、断層画像と展開画像の2つの性質を持ち合わせている PR画像が得られる。PRで前歯部を撮影している間は、X線焦点は頭部の後方、ディテクターは顔の前方に位置し、X線束は頸椎と椎間および前歯部を通過し、ディテクターに到達する。前歯の前後的な位置と機種ごとに設定された断層面が一致することで、前歯の鮮鋭な画像が形成される。一方、断層面の設定が不適切だと、前歯は断層面から外れてボケを生じる。頸椎と椎間は、断層面から大幅に離れているために、大きなボケと歪みが生じ、障害陰影となる。この頸椎と椎間の障害陰影が前歯に重なることによって、前歯部の診断能を低下させる。椎間を透過した X線による透過像の障害陰影が、前歯の根尖部に重積すると、根尖病変の透過像か、障害陰影による透過像かの鑑別が困難となる。このような場合には、頸椎や椎間が重積することなく、根尖部の観察が可能な口内法 X線撮影が追加される。しかし、口内法 X線撮影の追加撮影が制限されているパンデミック下においては、これに代わる前歯の鮮鋭な画像が得られる検査の開発が望まれていた。

そこで本研究では、通常の PRを実施した後に、X線焦点とディテクターの位置を通常より上方に移動させて2回目の撮影を実施し、得られた画像を重ね合わせる垂直2重 PRを用いた前歯部障害陰影の低減効果について検証した。

撮影用ファントムは、前歯に相当する位置にアルミブロック、頸椎に相当する位置にヒト頸椎を配置した直径 17 cm の円柱状水槽（以下、水槽ファントム）と頸椎付きの人体等価の頭部ファントム（以下、頭部ファントム）の2つである。それぞれのファントムを三脚で固定し、水平、正中、側方からのレーザービームで通常の PRの位置関係を再現した。通常の半分の線量で PRの撮影を2回実施し、X線焦点とディテクターの高さ 0 mm の PR画像を2枚得た。その後、PRの回転アームを上昇させ、X線焦点とディテクターの高さを 5 mm、10 mm、15 mm および 20 mm の位置でそれぞれ撮影を行った。得られた PR画像をトリミングし、切歯部を抽出した後、最初に撮影した 0 mm の PR画像と2回目の 0 mm の PR画像を最小二乗法で位置合わせし、差分画像（以下、Sub_{0-0 mm}）と重ね合わせ画像（以下、Merg_{0+0 mm}）を得た。同様に、最初に撮影した 0 mm の PR画像と 5 mm、10 mm、15 mm および 20 mm の高さで撮影した PR画像をそれぞれ位置合わせし、差分画像（以下、Sub_{0-5 mm}、Sub_{0-10 mm}、Sub_{0-15 mm}、Sub_{0-20 mm}）と重ね合わせ画像（以下、それぞれ Merg_{0+5 mm}、Merg_{0+10 mm}、Merg_{0+15 mm}、Merg_{0+20 mm}）を作成した。各差分画像と重ね合わせ画像に対して、切歯相当部垂直方向のラインプロファイルを設定し、画素値を測定した。ヒストグラムを作成し、画素値の分布を定性的に評価した。また、歯科放射線専門医 6 名が、それぞれのファントムの重積画像の主観的評価を行った。液晶画面にランダムな組み合わせで表示される2枚の重積画像を用い、どちらが障害陰影の影響が少ないかを評価した。主観的評価は、2週間の間隔を置いて2回実施し、同一評価者の1回目と2回目の平均を取って、その画像の評価点とした。基準となる Merg_{0+0 mm} に対する他の重積画像の評価点の差を Wilcoxon signed-rank sum test で評価した。また、評価者間信頼性、評価者内信頼性を級内相関係数（以下、ICC）で評価した。

ラインプロファイル上の画素値のヒストグラムから、水槽ファントムでは、Sub_{0-5 mm}、Sub_{0-10 mm}、Sub_{0-15 mm}、Sub_{0-20 mm} の画素値の最頻値は、Sub_{0-0 mm} の最頻値とほぼ一致した。また、その画素値の標準偏差（以下、SD）は、Sub_{0-0 mm}、Sub_{0-5 mm}、Sub_{0-20 mm}、Sub_{0-15 mm}、Sub_{0-10 mm} の順に大きくなった。一方、頭部ファントムでは、X線焦点とディテクターの位置が高い PRの差分画像ほど、最頻値

がプラスに大きくなった。また、画素値の SD は $\text{Sub}_{0-0\text{mm}}$ が最も小さく、X 線焦点とディテクターの位置が高い PR の差分画像ほど大きくなる傾向を示した。

主観的評価において、水槽ファントムの重積画像では、 $\text{Merg}_{0+0\text{mm}}$ に比べ、その他の条件の方が有意に高い評価点を示した ($P < 0.05$)。評価者内信頼性の ICC は 0.944 (範囲 : 0.753~1.000)、評価者間信頼性の ICC は 0.973 であった。一方、頭部ファントムでは、 $\text{Merg}_{0+0\text{mm}}$ に比べ、 $\text{Merg}_{0+5\text{mm}}$ 、 $\text{Merg}_{0+10\text{mm}}$ 、 $\text{Merg}_{0+15\text{mm}}$ は有意に高い評価点であったが ($P < 0.05$)、 $\text{Merg}_{0+0\text{mm}}$ と $\text{Merg}_{0+20\text{mm}}$ との間に有意差はみられなかった。評価者内信頼性の ICC は 0.719 (範囲 : 0.304~1.000)、評価者間信頼性の ICC は 0.732 であった。

以上のように、本研究の結果から垂直 2 重パノラマ X 線撮影法の障害陰影低減効果について、以下の結論が得られた。

1. X 線焦点とディテクターの上下的な位置を変えることによって、前歯部に投影される頸椎と椎間の障害陰影が移動した。
2. X 線焦点とディテクターの上下的な位置に応じて、画素値のプロファイルと SD が変化した。
3. 主観的評価において、高さ 0 mm での PR 画像と X 線焦点とディテクターの高さを上昇させた PR 画像の重積画像は、頸椎と椎間による前歯部の障害陰影の影響が $\text{Merg}_{0+0\text{mm}}$ よりも少なかった。
4. 垂直 2 重 PR を用いることで、障害陰影は低減し、前歯部口内法 X 線撮影の代替検査となる可能性が示された。