

Corrección del artefacto producido en imágenes tomográficas en equipos odontológicos.

Correction of the artifact produced in tomographic images in dental equipment.

Diego Vázquez,* Beatriz Subirán,‡ Martín Pujol,‡ Alejandro Estévez,‡ Leonardo Nart,§ Pedro Hecht¶

RESUMEN

Objetivo: disminuir el efecto de artefacto que generan objetos de alta densidad mediante la utilización de filtros de distintos materiales y espesores, ubicados en lugares estratégicos del tomógrafo. **Material y métodos:** se utilizaron filtros de aluminio y de cobre ubicados en lugares estratégicos en el equipo tomográfico. Se realizaron cortes oblicuos en piezas dentarias con restauraciones metálicas y en implantes; se midió la extensión del artefacto en ancho y alto en cada adquisición tomográfica. **Resultados:** se hallaron diferencias significativas respecto a la disminución de la dispersión de acuerdo con cada filtro con respecto a la no utilización de estos elementos. **Conclusión:** la utilización de filtros logró disminuir el efecto de artefacto en estructuras de alta densidad, obteniendo una mejor calidad de imagen para el diagnóstico, permitiendo que el software pueda reconstruir una imagen real.

Palabras clave: tomografía, implante dentario, artefacto, filtro, CBCT (Cone Beam Computed Tomography).

ABSTRACT

Objective: to diminish the artifact effect generated by high density objects by using filters of different materials and thickness, located in strategic places of the tomograph. **Material and methods:** aluminum and copper filters located in strategic places in the tomographic equipment were used. Oblique cuts were made on dental pieces with metal restorations and implants; the extension of the artifact in width and height was measured in each tomographic acquisition. **Results:** significant differences were found regarding the decrease of the dispersion according to each filter with respect to the non-use of these elements. **Conclusion:** the use of filters achieves to diminish the artifact effect in structures of high density, obtaining a better image quality for the diagnosis, allowing the software to reconstruct a real image.

Keywords: tomography, dental implant, artifact, filter, CBCT (Cone Beam Computed Tomography).

INTRODUCCIÓN

Un artefacto en tomografía se define como la distorsión en zonas cercanas a estructuras de alta densidad. La imagen resultante genera un efecto artificial que altera la calidad y fidelidad del estudio, lo que puede generar un posible error en su diagnóstico. Los artefactos en tomografía pueden alterar la calidad e interpretación de las imágenes, pudiendo simular una condición patológica inexistente.¹

En tomografía computarizada se hallan múltiples causas de presuntos artefactos. Uno de los más frecuentes es el «endurecimiento del haz de rayos» que se genera por la absorción de los fotones de menor energía en los tejidos, en especial, en áreas de mayor atenuación cuando, al atravesar el haz de rayos X, las estructuras a estudiar encuentran transiciones muy marcadas de espesor y densidad. En este caso, se aprecian líneas intercaladas, oscuras y claras. Este tipo de error disminuye mediante el empleo de filtros metálicos en la salida del haz de rayos

* Profesor titular. Cátedra de Diagnóstico por Imágenes.

‡ Profesor adjunto. Cátedra de Diagnóstico por Imágenes.

§ Jefe de trabajos prácticos. Cátedra de Diagnóstico por Imágenes.

¶ Profesor titular consultor. Cátedra de Biofísica y Bioestadística.

Facultad de Odontología de la Universidad de Buenos Aires, Argentina.

Recibido: 21 de octubre de 2019. Aceptado: 16 de julio de 2023.

Citar como: Vázquez D, Subirán B, Pujol M, Estévez A, Nart L, Hecht P. Corrección del artefacto producido en imágenes tomográficas en equipos odontológicos. Rev ADM. 2023; 80 (4): 204-208. <https://dx.doi.org/10.35366/112309>



X o con la corrección matemática de la curva de atenuación. Para compensar este defecto el operador debería aumentar el kilovoltaje.¹⁻³

Uno de los artefactos más comunes en tomografía dental son los «cuerpos extraños» de alta densidad que se originan debido a elementos compuestos por algún metal, como prótesis dentales, implantes, restauraciones metálicas. Este tipo de artefacto se identifica en la imagen como un halo hiperdenso en forma de bandas en una o varias direcciones como si fuera un rayo de sol, como consecuencia de la variación abrupta de densidades entre la llegada normal del haz de radiación y la no llegada (debido a esta abrupta atenuación) al sensor. Para reducir la distorsión es posible realizar reconstrucciones algorítmicas con supresión metálica a partir de los programas que poseen cada tomógrafo a la inclusión de algún filtro metálico entre el paciente y el equipo.^{1,4,5}

Otro de los artefactos de importancia en tomografía es el «ruido» producido por una falla del cálculo estadístico que genera rayas y líneas en diferentes direcciones, preferentemente en la dirección de mayor atenuación. Al aumentar el ruido, los objetos con mayor peso atómico y densidad presentan una imagen con un contraste disminuido, mientras que las zonas de baja densidad no suelen

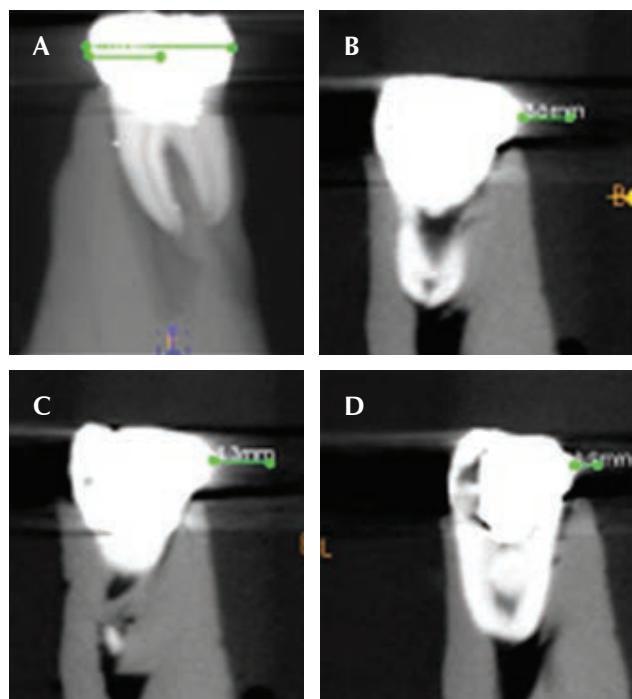


Figura 1: Medición de la extensión del artefacto. **A)** Corte panorámico. **B-D)** Cortes paraxiales.

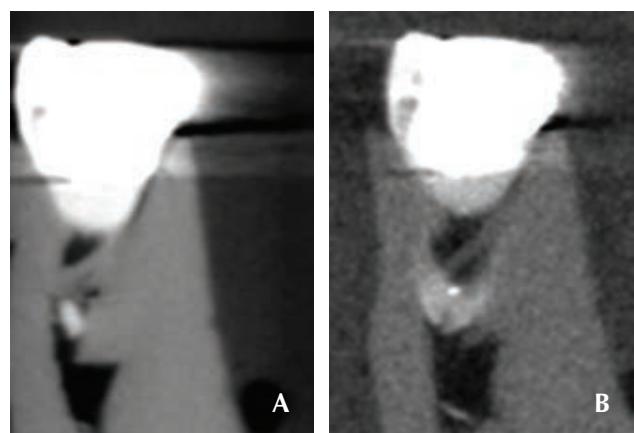


Figura 2: Se observa: **A)** Pieza dentaria sin filtro. **B)** Pieza dentaria con filtro de cobre de espesor 0.5 mm rodeando al diente.

visualizarse en las imágenes en estudio. Este artefacto disminuye aumentando el miliamperaje.^{1,5,6}

La proyección incompleta del paciente por una mal ubicación en el tomógrafo, pero que es igualmente escaneada, genera artefacto como si fueran bandas con espículas debido a que el ordenador no tiene suficientes datos para reconstruir esa región. Este defecto se corrige ubicando correctamente al paciente en el equipo tomográfico.

El «efecto blooming» se produce en los equipos tomográficos que tienen tecnología CCD (charge-coupled-device) en sus sensores y está relacionada con la carga que excede la capacidad del pozo de electrones de cada píxel, afectando a los píxeles vecinos y generando una distorsión marcada en dicho sitio. La única forma de corregir este efecto es reducir la cantidad de luz que llega al sensor.^{7,8}

Un factor que genera presuntas alteraciones en las imágenes es el aumento de la temperatura ambiente y de la humedad, así como el exceso de partículas de polvo dentro del ordenador que causan errores en el algoritmo de reconstrucción. Por eso es de importancia la colocación de un equipo de aire acondicionado y una correcta limpieza que evitarán la presencia de estas alteraciones.^{9,10}

El objetivo del presente trabajo es disminuir el efecto de artefacto que generan objetos de alta densidad mediante la utilización de filtros de distintos materiales y espesores, ubicados en lugares estratégicos del tomógrafo.

MATERIAL Y MÉTODOS

El operador introdujo en un modelo de una pieza dental extraída con una restauración metálica ubicada

estratégicamente sobre compuesto de modelar de bajo peso atómico por dentro de un tubo plástico con agua en su interior. Se le realizaron exposición en tomográficas en un equipo marca Kodak 9000 con valores de 66 kV, 6.3 mA, 10.8 seg de tiempo de exposición y voxel de 76 μm . Se realizó en la primera toma sin filtro y después con filtros ubicados estratégicamente a la salida del foco radiográfico, a la entrada del sensor y rodeando al diente. Se utilizaron filtros de aluminio de espesor de 1 mm; y otros dos de cobre de 0.5 mm y de 0.1 mm. Una vez

obtenido el volumen se procesó el corte axial y se obtuvo una imagen oblicua que abarca la pieza de mesial a distal (*Figura 1A*). Se realizaron a partir de corte oblicuo tres cortes perpendiculares. El primero exactamente en el medio de la pieza (*Figura 1B*); otro, a una distancia de 1.2 mm por mesial (*Figura 1C*) del corte medio y el último a 1.2 mm por distal del corte inicial (*Figura 1D*). Todos los cortes con el espesor mínimo de 76 μm . A partir de allí se realizaron las mediciones de la extensión del artefacto en ancho y alto en cada corte final (*Figura 2*) (*Tablas 1 y 2*).

Tabla 1: Mediciones realizadas según cada corte en el diente con restauración metálica en ancho y alto.

| Material y espesor | Lugar de ubicación | Corte 1 | | Corte 2 | | Corte 3 | |
|--------------------|--------------------|---------|------|---------|------|---------|------|
| | | Ancho | Alto | Ancho | Alto | Ancho | Alto |
| Sin filtro | | 4.3 | 3.7 | 3.6 | 3.5 | 1.9 | 1.3 |
| Aluminio de 1 mm | Foco | 3.4 | 3.1 | 2.2 | 1.2 | 0.0 | 0.0 |
| | Sensor | 3.6 | 3.5 | 2.9 | 3.2 | 1.6 | 0.5 |
| | Diente | 3.1 | 3.1 | 1.9 | 1.7 | 0.0 | 0.0 |
| Cobre de 0.5 mm | Foco | 2.0 | 1.6 | 1.6 | 0.9 | 0.0 | 0.0 |
| | Sensor | 2.0 | 2.6 | 1.7 | 2.5 | 0.0 | 0.0 |
| | Diente | 1.4 | 2.5 | 1.1 | 2.3 | 0.0 | 0.0 |
| Cobre de 0.1 mm | Foco | 2.3 | 3.2 | 2.0 | 2.9 | 0.0 | 0.0 |
| | Sensor | 3.2 | 3.3 | 2.2 | 3.1 | 1.5 | 1.1 |
| | Diente | 2.9 | 3.1 | 2.6 | 2.6 | 1.1 | 0.6 |

Tabla 2: Mediciones realizadas según cada corte en el implante dentario en ancho y alto.

| Material y espesor | Lugar de ubicación | Corte 1 | | Corte 2 | | Corte 3 | |
|--------------------|--------------------|---------|------|---------|------|---------|------|
| | | Ancho | Alto | Ancho | Alto | Ancho | Alto |
| Sin filtro | | 3.6 | 4.2 | 3.8 | 4.6 | 4.2 | 3.9 |
| Aluminio de 1 mm | Foco | 2.9 | 2.5 | 3.0 | 2.6 | 2.7 | 2.1 |
| | Sensor | 3.2 | 3.6 | 3.9 | 3.4 | 3.1 | 3.2 |
| | Diente | 2.7 | 2.5 | 2.7 | 2.5 | 2.4 | 2.0 |
| Cobre de 0.5 mm | Foco | 2.1 | 2.1 | 1.7 | 2.0 | 0.6 | 1.8 |
| | Sensor | 2.0 | 2.2 | 2.0 | 2.2 | 1.5 | 2.0 |
| | Diente | 1.4 | 1.6 | 1.1 | 1.9 | 0.9 | 1.6 |
| Cobre de 0.1 mm | Foco | 2.9 | 3.0 | 2.7 | 3.1 | 2.5 | 2.7 |
| | Sensor | 3.1 | 3.3 | 3.2 | 3.2 | 2.7 | 3.0 |
| | Diente | 2.5 | 2.4 | 2.4 | 2.4 | 2.0 | 2.0 |

Tabla 3: Porcentaje de disminución en total de la dispersión realizando el promedio entre el diente con amalgama e implante según los cortes medidos en alto y ancho.

| | 1 mm de aluminio | 0.1 mm de cobre | 0.5 mm de cobre |
|--------|------------------|-----------------|-----------------|
| Foco | 39.6 | 35.5 | 61.5 |
| Diente | 42.2 | 35.9 | 62.9 |
| Sensor | 16.2 | 22.7 | 51.4 |

A posteriori se realizó el mismo procedimiento y metodología con un implante dentario en lugar de la pieza dentaria ubicado sobre compuesto de modelar de bajo peso atómico por dentro de un tubo plástico con agua en su interior (Tabla 3). Se realizaron exactamente la misma toma con los mismos valores y los mismos filtros que en el primer método.

RESULTADOS

La dispersión del artefacto en promedio disminuye cuando el filtro es de aluminio con un espesor de 1 mm ubicado en el foco radiográfico en 39.6%, ubicado en el sensor en 16.2% y ubicado alrededor del diente en 42.2% (Figura 3). Cuando utilizamos el filtro de cobre con un espesor de 0.1 mm la dispersión disminuye en 35.9% en el ubicado en el foco radiográfico, 22.7% en el sensor y 35.5% el ubicado alrededor del diente y con el filtro de cobre de espesor de 0.5 mm ubicado en el foco radiográfico disminuye la dispersión en 61.5%, en el sensor en 51.4% y alrededor del diente en 62.9% (Figura 4). Aplicando un estudio ANOVA factorial sobre los datos, se hallaron diferencias significativas respecto a la disminución de la dispersión según cada filtro utilizado ($p < 0.000001$), pero no se observaron diferencias de la misma entre las mediciones del ancho y alto de la dispersión al nivel $p = 0.05$.

DISCUSIÓN

Se utilizan filtros de aluminio (peso atómico 27) por su bajo peso atómico y la posibilidad de homogenizar los haces de radiación, permitiendo disminuir el efecto nocivo de los artefactos generados en estructuras de mayor densidad para obtener imágenes con mayor

nitidez sin alterar la imagen obtenida. En el caso del cobre es un metal de alta utilidad, debido a la combinación de sus propiedades químicas, físicas, mecánicas y eléctricas con un mayor peso atómico (peso atómico 63) que el aluminio, en el que se obtiene una imagen resultante más nítida y con un alto contorno entre los elementos de distintas densidades; pero a diferencia del aluminio, se observa una disminución leve del contraste y gradación de toda la imagen hallada en la captura tomográfica. Estos elementos serían de gran utilidad con programas o software específicos que mejoran la calidad de las imágenes.

No se pudieron realizar comparaciones bibliográficas dado que no se realizó en la casuística mundial un artículo que utilice estos elementos metálicos como filtro en artefactos en tomografía odontológica.

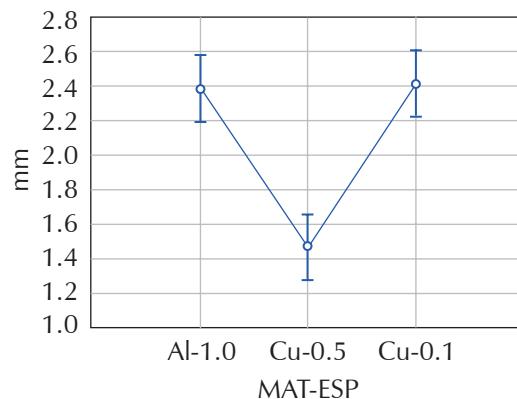


Figura 3: Diferencias en milímetros entre filtro de aluminio de 1 mm, cobre de 0.1 mm y cobre de 0.5 mm.

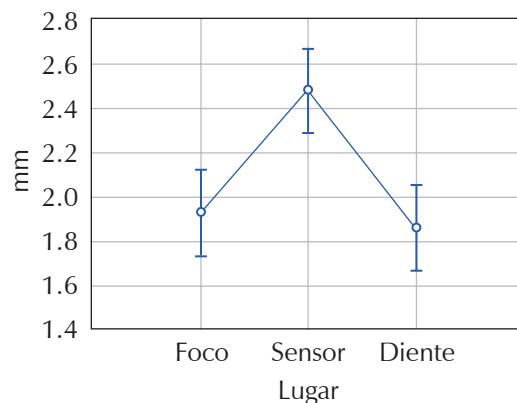


Figura 4: Diferencias en milímetros en la ubicación de los filtros en el foco, en el sensor y alrededor del diente.

CONCLUSIONES

La utilización de filtros logró disminuir el efecto de los artefactos en estructuras de alta densidad, consiguiendo una mejor calidad de imágenes para el diagnóstico y permitiendo que el software pueda reconstruir una imagen real. Sería importante incorporar nuevos elementos para poder mejorar aún más la calidad visual en elementos metálicos como los utilizados para restauraciones dentarias o protéticas.

REFERENCIAS

1. Sartori P, Rozowykniat M, Sivieroc L, Barba G, Pena A, Mayol N et al. Artefactos y artificios frecuentes en tomografía computada y resonancia magnética. *Rev Argent Radiol.* 2015; 79 (4): 192-204.
2. Stadler A, Schima W, Ba-Ssalamah A, Kettenbach J, Eisenhuber E. Artifacts in body MR imaging: their appearance and how to eliminate them. *Eur Radiol.* 2007; 17 (5): 1242-1255.
3. Al-Shakhrah I, Al-Obaidi T Common artifacts in computerized tomography: a review. *Appl Radiol.* 2003; 32: 25-32.
4. Boas FE, Fleischmann D. CT artifacts: causes and reduction techniques. *J Med Imaging.* 2012; 4 (2): 229-240.
5. Lisanti C, Carlin C, Banks KP, Wang D. Normal MRI appearance and motion-related phenomena of CSF. *AJR Am J Roentgenol.* 2007; 188 (3): 716-725.
6. Zhuo J, Gullapalli RP. AAPM/RSNA physics tutorial for residents: MR artifacts, safety, and quality control. *Radiographics.* 2006; 26 (1): 275-297.
7. Barbieri Petrelli G, Flores Guillén J, Escribano Bermejo M, Discepoli N. Actualización en radiología dental: Radiología convencional Vs digital. *Av Odontoestomatol.* 2006; 22 (2): 131-139.
8. Wenzel A, Kirkevang LL. High resolution charge-coupled device sensor vs. medium resolution photostimulable phosphor plate digital receptors for detection of root fractures *in vitro*. *Dent Traumatol.* 2005; 21 (1): 32-36.
9. Zhang X, Wang J, Xing L. Metal artifact reduction in x-ray computed tomography (CT) by constrained optimization. *Med Phys.* 2011; 38 (2): 701-711.
10. Berkhout WE, Beugel DA, Sanderink GC, van der Stelt PF. The dynamic range of digital radiographic systems: dose reduction or risk of overexposure? *Dentomaxillofac Radiol.* 2004; 33 (1): 1-5.

Correspondencia:

Diego Vázquez

E-mail: dr.diegovazquez@hotmail.com