

Determinación de Valores Numéricos en la Escala de Grises de Diferentes Materiales Dentales Mediante Tomografía Computarizada de Haz Cónico (CBCT)

Determination of Numeric Gray Scale Values of Different Dental Materials Using Cone Beam Computed Tomography (CBCT)

Torrealba Triviño Marcela¹; Contreras Escobar Carolina² & Guzmán Zuluaga Carmen Lucía³

TORREALBA, T. M.; CONTRERAS, E. C. & GUZMÁN, Z. C. L. Determinación de valores numéricos en la escala de grises de diferentes materiales dentales mediante tomografía computarizada de haz cónico (CBCT). *Int. J. Odontostomat.*, 11(1):25-30, 2017.

RESUMEN: Los materiales dentales (MD) tienen diferentes densidades, es decir, dependiendo de sus características estructurales generarán diferentes imágenes al ser atravesados por los rayos X, por lo tanto, la obtención de los índices absorcionales específicos o coeficientes de atenuación de los rayos X (valor numérico en la escala de grises en la imagen) para un MD ayudaría a predecir su presencia, aportando información útil para el diagnóstico, pronóstico y tratamiento de los pacientes odontológicos. El objetivo de este estudio fue determinar los índices absorcionales de algunos MD, con 3 diferentes equipos CBCT. Se realizó un estudio experimental utilizando dispositivos inanimados, consistentes en bloques de cera odontológica rosada con forma de herradura a semejanza de una arcada dentaria donde se tallaron cavidades y se colocaron seis materiales: resina compuesta, amalgama, vidrio ionómero de autocurado, acrílico, vidrio ionómero modificado con resina y cemento de eugenato. Estos materiales fueron elegidos por su relevancia en el quehacer odontológico. Se adquirieron exámenes con 3 equipos CBCT de las marcas comerciales iCat, Galileos Comfort (Sirona) y ProMax 3D s (Planmeca). Las imágenes fueron procesadas con el software de cada equipo y se obtuvieron valores de densidad radiográfica o índices absorcionales para cada MD, los cuales corresponden a un número que el software asigna a cada tono de gris generado. Al analizar los resultados obtenidos de cada CBCT para distintos MD, los valores de tonos de gris de los materiales estudiados son propios para cada equipo, es decir, no es homologable un resultado numérico obtenido en un cierto equipo con el de otra marca comercial debido a las diferencias significativas obtenidas en los valores numéricos de tonos de gris entre los diferentes equipos CBCT.

PALABRAS CLAVE: materiales dentales, tomografía computarizada cone beam, valor en la escala de grises, índices absorcionales, índices de atenuación.

INTRODUCCIÓN

El examen radiográfico es esencial para el diagnóstico y plan de tratamiento en odontología. Sin embargo, la interpretación de una imagen puede verse alterada por la anatomía tanto de los dientes como de las estructuras vecinas, a lo que se suma la limitada información obtenida a partir de las radiografías retroalveolares, ya que la anatomía tridimensional del área radiografiada se comprime a una imagen

bidimensional (Manoj Kumar *et al.*, 2011). Debido a lo señalado anteriormente, la Tomografía Computarizada de Haz de Cono, en inglés "Cone Beam Computed Tomography" (CBCT) para uso dental ha sido ampliamente recomendada como una herramienta útil en la planificación preoperatoria (Nomura *et al.*, 2010). Este nivel de desarrollo tecnológico para la obtención de diagnósticos mediante imágenes radiológicas digitales

¹ Radiólogo Máxilo Facial, Magister en Imagenología Máxilo Facial. Profesor Asistente Cátedra Imagenología de Pre y Postgrado, Universidad Finis Terrae, Santiago, Chile.

² Radiólogo Máxilo Facial, Profesor Asistente Cátedra Imagenología de Pre y Postgrado, Universidad Finis Terrae, Santiago, Chile.

³ Radiólogo Máxilo Facial. Profesor Titular, Directora Programas de Pregrado y Postgrado Imagenología, Universidad Finis Terrae, Santiago, Chile.

ha abierto una nueva dimensión en la valoración cualitativa y cuantitativa de los tejidos duros (Lopez-Videla *et al.*, 2009). De manera particular, resultaría especialmente útil en la evaluación imagenológica de los componentes esqueléticos y dentales, así como también en la verificación y control de tratamientos con materiales biocompatibles (Lopez-Videla *et al.*).

El conocimiento del perfil matemático estándar de las estructuras naturales y los biomateriales odontológicos utilizados permite la detección de alteraciones estructurales ya sea por patologías como también fallas en los materiales restauradores (Lopez-Videla *et al.*). Los biomateriales odontológicos (BO) tienen diferentes densidades, es decir, dependiendo de sus características estructurales generarán diferentes imágenes indicando de esta manera diferentes índices absorcionales (Lopez-Videla *et al.*; Whaites, 2008). En una radiografía convencional podemos inferir la presencia de una determinada restauración al observar un área radiopaca en un diente, pero no podemos determinar exactamente de qué tipo de material se trata (Akerboom *et al.*, 1993; D'Addazio *et al.*, 2011; Stona *et al.*, 2012).

El valor o escala de grises es el rango de tonos de grises en los píxeles, y representan el coeficiente de atenuación de los rayos X que permite la evaluación de la densidad de los tejidos en la tomografía computarizada (Azeredo *et al.*, 2013). Actualmente, no existen valores promedios asociados a los diferentes materiales usados en odontología que permitan identificar o estimar el material observado en una imagen digital (Akerboom *et al.*; D'Addazio *et al.*; Stona *et al.*).

De acuerdo al estudio realizado por López-Videla Montaña *et al.* (2009), donde imágenes 2D digitales directas fueron calibradas dimensionalmente, y luego analizadas cualitativamente mediante sus índices absorcionales, concluyeron que su utilidad podría ser limitada debido a la condición de volumen parcial adquirido de las estructuras anatómicas, producto de la sobre proyección de elementos en la sumatoria del recorrido del haz de radiación, lo que se manifestaría como un valor promedio y no individual de cada una de ellas (López-Videla Montaña *et al.*). Con el CBCT podemos obtener un valor numérico digital de cada área escaneada según su capacidad de absorción de los rayos X (índice absorcional o valor en la escala de grises), sin la sobreproyección de estructuras, lo que permitiría aproximarse a un valor estimado para cada material (Lopez-Videla *et al.*; Azeredo *et al.*). La obtención de rangos promedios de índices absorcionales especí-

ficos para un material dental ayudaría a predecir su presencia, aportando información útil para el diagnóstico, pronóstico y tratamiento de los pacientes de la clínica odontológica. Por esta razón, el objetivo del presente estudio fue determinar los índices absorcionales de algunos biomateriales utilizados en odontología, mediante la aplicación de la técnica Cone Beam CT con diferentes equipos.

MATERIAL Y MÉTODO

Se confeccionaron seis dispositivos correspondientes a bloques de cera odontológica rosada con forma de herradura a semejanza de una arcada dentaria para poder disponerlos en los diferentes equipos CBCT. Estos fueron enumerados del 1 al 6 (Fig. 1). A lo largo de cada dispositivo se confeccionaron 6 cavidades de 4 mm de ancho, largo y profundidad. Cada cavidad se encontraba separada de la siguiente por 10 mm. Se prepararon diferentes materiales dentales (MD) y se colocaron dentro de dichas cavidades. Estos materiales fueron:

1. Resina compuesta (RC): Filtek® Z250 Restaurador Universal, color A2. 3M ESPE Deutschland GmbH Dental Products, Neuss, Germany.
2. Amalgama (Am): Securalloy cápsulas, Septodont®. Saint-Maur-des-Fossès Cedex, France.
3. Vidrio Ionómero de autocurado (de tercera generación) (ViA): ChemFil® Superior, Densply. Konstanz, Alemania.
4. Acrílico de autocurado (Acr): Blanco color 46. Marche®, Santiago, Chile.
5. Vidrio Ionómero modificado con resina (de cuarta generación) (ViR): Vitremer®, 3M ESPE Deutschland GmbH Dental Products, Neuss, Germany.
6. Cemento Eugenato de Zinc (Eug): Eugenol USP y Óxido de Zinc USP. Alfa Dental, Santiago, Chile.

Los Dispositivos 1, 2 y 3 se confeccionaron exactamente iguales y en cada uno de ellos se colocaron tres materiales, donde cada material estaba repetido dos veces. Del mismo modo los Dispositivos 4, 5 y 6 también se confeccionaron iguales y albergaron a los otros tres materiales (Fig. 1).

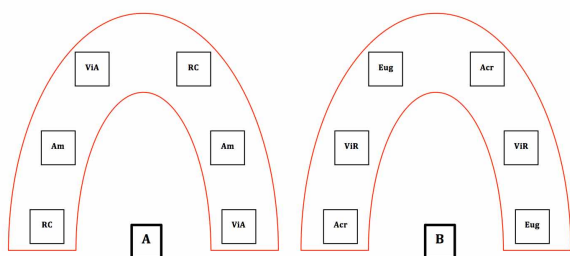


Fig. 1. A: Diagrama que muestra la distribución de los materiales en los dispositivos 1, 2 y 3. B: Diagrama que muestra la distribución de los materiales en los dispositivos 4, 5 y 6. (RC: Resina Compuesta; Am: amalgama; ViA: Vidrio ionómero de Autocurado; Acr: acrílico; Eug: eugenato).

La preparación y colocación de los materiales dentro de las cavidades se realizó siguiendo las indicaciones de los respectivos fabricantes. Los tres equipos CBCT utilizados fueron: i-Cat (Imaging Sciences International, Hatfield, PA, USA), GALILEOS Comfort (Sirona Dental Systems, Bensheim, Germany), y Planmeca ProMax 3D s (Planmeca, Helsinki, Finland).



Fig. 2. Pareja de dispositivos simulando arcadas dentarias en el equipo CBCT Galileos Sirona.

Se posicionaron los dispositivos en parejas uno sobre el otro simulando ambas arcadas dentarias en oclusión, quedando los 6 materiales evaluados en una adquisición, y se procedió a la toma de un volumen en los diferentes equipos de CBCT por cada par de dispositivos o herraduras de cera (Fig. 2).

Los nueve volúmenes adquiridos fueron evaluados como sigue: para cada material usado se obtuvieron los valores numéricos de densidades en escala de gris o de índice absorcional (IA) que entrega el software del equipo y clasificados en una tabla por equipo que contenía las variables número de dispositivo, material y valor. Para obtener el valor de IA, se utilizaron las correspondientes herramientas de cada software de los tres equipos, eligiendo un área de 1 mm por 1 mm en el centro de cada cavidad con material restaurador, de tal manera de analizar sólo volumen de ese material, y se registró en cada caso, el número de unidades de atenuación o índice absorcional que arrojó el software para dicha área seleccionada (valor numérico en la escala de grises).

RESULTADOS

Se realizó un análisis estadístico descriptivo de cada examen realizado a cada dispositivo. Se obtuvo un total de seis mediciones para cada material por cada equipo CBCT, obteniendo un total de 36 mediciones por equipo y 108 mediciones totales. Los datos se importaron al software Stata 13.0 para el análisis estadístico. Se consideró un nivel de significancia de los intervalos de confianza de un 95 %. Los resultados se resumieron en tablas de frecuencia por equipos (Tablas I, II y III). Luego se construyó una tabla resumen por equipos con los intervalos de confianza (Tabla IV), que permiten identificar un material según el valor numérico estimado. No se realizó comparación entre equipos debido a la diferencia entre los equipos que no los hace comparables.

Tabla I. Valores de Índices Absorcionales para cada biomaterial con el equipo iCat.

Equipo	iCat						
	Material	RC	Am	ViA	Acr	ViR	Eug
Examen 1		-154	15558	2372	-185	1140	5265
		-150	15560	2374	-187	1145	5262
Prom. Intra-examen		-152	15569	2373	-186	1142,5	5263,5
Examen 2		-156	15549	2370	-187	1143	5267
		-148	15556	2376	-188	1148	5260
Prom. Intra examen		-152	15552,5	2373	-187,5	1145,5	5263,5
Examen 3		-150	15560	2377	-188	1147	5269
		-148	15548	2370	-189	1143	5262
Prom. Intra-examen		-149	15554	2373,5	-188,5	1145	5265,5
Promedio material		-151	15555,17	2373,16	-187,33	1144,33	5264,16

Tabla II. Valores de Índices Absorcionales para cada biomaterial con el equipo Galileos Comfort, Sirona.

Equipo Material	Galileos					
	RC	Am	ViA	Acr	ViR	Eug
Examen 1	2251	4094	4094	1490	3943	4094
	2288	4094	4094	1498	3973	4094
Prom. Intra-examen	2269,5	4094	4094	1494	3958	4094
Examen 2	2256	4094	4094	1497	3948	4094
	2243	4094	4094	1485	3979	4094
Prom. Intra examen	2249,5	4094	4094	1491	3963,5	4094
Examen 3	2248	4094	4094	1495	3927	4094
	2252	4094	4094	1495	3929	4094
Prom. Intra-examen	2250	4094	4094	1495	3928	4094
Promedio material	2256,33	4094	4094	1493,33	3949,83	4094

Tabla III. Valores de Índices Absorcionales para cada biomaterial con el equipo Planmeca ProMax 3D s.

Equipo Material	Planmeca					
	RC	Am	ViA	Acr	ViR	Eug
Examen 1	393	3095	3095	-271	2293	4094
	373	3095	3095	-278	2297	4094
Prom. Intra-examen	383	3095	3095	-274,5	2295	4094
Examen 2	388	3095	3095	-274	2292	4094
	374	3095	3095	-270	2293	4094
Prom. Intra examen	381	3095	3095	-272	2292,5	4094
Examen 3	392	3095	3095	-270	2298	4094
	388	3095	3095	-276	2295	4094
Prom. Intra-examen	390	3095	3095	-273	2296,5	4094
Promedio material	384,66	3095	3095	-273,16	2294	4094

Tabla IV. Tabla resumen de estadística descriptiva de Indices Absorcionales (IA) para cada biomaterial según equipo de CBCT.

	iCat	Galileos	Planmeca
RC	-151 Sd 3,28; IC [-154,44:-147,55]	2256,33 Sd 16,1; IC [2239,42:2273,23]	384,66 Sd 8,89; IC [375,33:393,99]
Am	15555,17 Sd 5,38; IC [15549,52:15560,81]	4094 Sd 0; IC [4094:4094]	3095 Sd 0; IC [3095:3095]
ViA	2373,16 Sd 2,99; IC [2370,02:2376,30]	4094 Sd 0; IC [4094:4094]	3095 Sd 0; IC [3095:3095]
Acr	-187,33 Sd 1,36; IC [-186,76: -185,89]	1493,33 Sd 4,92; IC [1488,16:1498,50]	-273,16 Sd 3,37; IC [-276,70:-269,62]
ViR	1144,33 Sd 2,94; IC [1141,24:1147,23]	3949,83 Sd 21,87; IC [3926,87: 3972,79]	2294 Sd 2,19; IC [2291,70:2296,29]
Eug	5264,16 Sd 3,43; IC [5260,56:5267,76]	4094 Sd 0; IC [4094:4094]	3095 Sd 0; IC [3095:3095]

DISCUSIÓN

Se obtuvieron los valores correspondientes a los índices absorcionales (IA) de cada material dental por equipo, seleccionados debido a su constante uso en la práctica clínica odontológica. Esto es, un valor numérico que el software asigna a cada tono en la escala de tonos de grises en la imagen de cada material dental analizado.

Del mismo modo, se eligieron tres equipos de CBCT de marcas reconocidas y ampliamente usadas en radiología cráneo maxilofacial. Al analizar los valores numéricos obtenidos para cada material sólo resultan comparables entre equipos de igual marca, por lo tanto no es posible establecer rangos comunes de reconocimiento independientes del equipo utilizado.

Por su parte los Intervalos de Confianza obtenidos, con cada equipo de acuerdo a los valores de IA correspondientes a los distintos biomateriales, resultaron ser bastante estrechos. Esta situación sugiere la posibilidad de construir una escala numérica propia para cada equipo con rangos de IA asociada a los biomateriales estudiados. Desde el punto de vista clínico, esto significaría que al realizar un examen CBCT con un determinado equipo a un paciente que presente algunos de estos materiales en sus dientes, el valor de su índice absorcional debería estar dentro de los rangos preestablecidos. Por lo tanto, al analizar en el examen de un paciente el número de tono de gris obtenido en una zona de un diente donde haya restauraciones sintéticas, podríamos predecir de qué material está compuesta dicha restauración, o bien qué tipo de material se utilizó como base cavitaria.

En la literatura se han reportado intentos de evaluar la radiopacidad de biomateriales en las radiografías convencionales 2D digitales (intraorales retroalveolares o extraorales panorámicas), pero lamentablemente la valoración cuantitativa de estos materiales está sujeta a la superposición o sumación de estructuras propias de cada paciente, las que le van a agregar o quitar densidad y por lo tanto, sumar o restar valor al número real que correspondería para ese material (Akerboom *et al.*; D'Addazio *et al.*; Lopez-Videla *et al.*; Stona *et al.*). Este aspecto de poder predecir la presencia de un material sólo en la etapa de examinación del paciente, constituiría una herramienta de valor clínico agregado para la práctica del odontólogo, pues dadas las desventajas que plantean los exámenes convencionales de dos dimensiones es muy difícil evaluar lo que sucede con las restauraciones o bajo ellas sin realizar procedimiento invasivos. Este aporte imagenológico podría ayudar incluso a una planificación más adecuada de los tratamientos o evitar subdiagnósticos. Sin embargo, los IA para Eugenato de Zinc, Amalgama y Vidrio ionómero de autocurado obtuvieron respectivamente el mismo valor tanto en los equipos Planmeca como Galileos. Clínicamente esto significa que frente a un valor de 4094 en un equipo Galileos o un valor de 3096 en un equipo Planmeca sólo se podrá predecir que corresponde a uno de esos tres materiales, pero no cuál de ellos.

A pesar de las limitaciones en la aplicabilidad clínica de los IA estos resultan más útiles en la tecnología CBCT que el uso de la escala de tonalidad de grises de Hounsfield, ya que esta última fue propuesta para tomografía computarizada, y la metodología de este estudio no permite hacer una comparación entre ambas.

La tecnología CBCT ha alcanzado una amplia difusión en el ámbito odontológico, debido a que permite hacer evaluaciones de estructuras maxilofaciales y dentoalveolares en diferentes planos del espacio, a un menor costo y con menor dosis de radiación que la tomografía convencional usada en medicina, lo que ha hecho que esta herramienta sea cada día más utilizada por los odontólogos para hacer diagnósticos más precisos (Dawood *et al.*, 2009; Lenguas Silva *et al.*, 2010; Manoj Kumar *et al.*; Pauwels *et al.*, 2014).

Los diferentes equipos de CBCT disponibles en el mercado entregan para cada área analizada un valor numérico que corresponde al índice absorcional o valor de atenuación de los rayos X de esa estructura en particular, que se traduce en un tono de gris. Debido a lo anterior, se estudiaron algunos biomateriales odontológicos ampliamente usados en la práctica clínica. Sin embargo, como muestran los resultados, se podría decir que cada equipo, de acuerdo a sus características de software y procesamiento de la información, parece asignar sus propios valores numéricos a cada tono de gris computacionalmente generado.

Los resultados de este estudio sugieren desarrollar para cada marca de equipo en particular, una escala de identificación que le sea propia, incluyendo idealmente la mayor cantidad de elementos y materiales para su confección, con el fin de contar con ella cada vez que haya interrogantes diagnósticas. A pesar de las ventajas observadas y de acuerdo a las limitaciones de esta investigación se hace necesario realizar trabajos que involucren otros diseños metodológicos que exploren la factibilidad de su utilidad clínica, con el fin de sacar provecho del alto desarrollo alcanzado por estas tecnologías.

TORREALBA, T. M.; CONTRERAS, E. C. & GUZMÁN, Z. C. L. Determination of numeric gray scale values of different dental materials using cone beam computed tomography (CBCT). *Int. J. Odontostomat.*, 11(1):25-30, 2017.

ABSTRACT: Dental materials (DM) have different densities, that is, depending on their structural characteristics generate different images when they are traversed by X-rays, thus obtaining specific absorcional indices or x-ray attenuation coefficients (numerical value in the gray scale of the image) for an DM help predict its presence, providing useful information for the diagnosis, prognosis and treatment of dental patients. The aim of this study was to determine the gray values for some DM in 3 cone-beam CT (CBCT) scanners. An experimental study was performed using inanimate devices consisting of blocks of pink dental wax

horseshoe shaped in the likeness of a dental arch where cavities were carved and six materials were placed: composite resin, amalgam, glass ionomer self-curing, acrylic, glass ionomer and resin-modified cement eugenate. These materials were chosen for their relevance in dental imaging. The devices were scanned with the following three CBCT scanners: iCat, Galileos Comfort (Sirona) and ProMax 3D s (Planmeca). The computed gray levels or density values for each material at predetermined points were measured with the corresponding softwares of each unit. When analyzing the values obtained from each CBCT for different DM, the gray levels of the materials studied are specific for each CBCT scanner, it is not homologable a numerical result in a CBCT unit with another trademark because of the significant differences in gray levels between different CBCT scanners.

KEY WORDS: dental materials, cone-beam computed tomography, gray scale value, x-ray attenuation coefficient.

with direct digital radiographic system. *J. Dent. Child. (Chic.)*, 79(2):59-62, 2012.

Whaites, E. *Fundamentos de Radiología Dental*. 4ª ed. Madrid, Elsevier Masson - Churchill Livingstone, 2008.

Dirección para correspondencia

Marcela Torrealba

Radiólogo Máxilo Facial

Magister en Imagenología Máxilo Facial.

Profesor Asistente Cátedra Imagenología de Pre y Postgrado

Universidad Finis Terrae

Santiago

CHILE

E-mail: m.torrealba.t@gmail.com

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Akerboom, H. B.; Kreulen, C. M.; van Amerongen, W. E. & Mol, A. Radiopacity of posterior composite resins, composite resin luting cements, and glass ionomer lining cements. *J. Prosthet. Dent.*, 70(4):351-5, 1993.
- Azeredo, F.; de Menezes, L. M.; Enciso, R.; Weissheimer, A. & Oliveira, R. B. Computed gray levels in multislice and cone-beam computed tomography. *Am. J. Orthod. Dentofacial Orthop.*, 144(1):147-55, 2013.
- D'Addazio, P. S.; Campos, C. N.; Özcan, M.; Teixeira, H. G.; Passoni, R. M. & Carvalho, A. C. A comparative study between cone-beam computed tomography and periapical radiographs in the diagnosis of simulated endodontic complications. *Int. Endod. J.*, 44(3):218-24, 2011.
- Dawood, A.; Patel, S. & Brown, J. Cone beam CT in dental practice. *Br. Dent. J.*, 207(1):23-8, 2009.
- Lenguas Silva, A. L.; Ortega Aranegui, R.; Samara Shukeir, G. & López Bermejo, M. A. Tomografía computarizada de haz cónico. Aplicaciones clínicas en odontología; comparación con otras Técnicas. *Cient. Dent.*, 7(2):147-59, 2010.
- López-Videla Montaña, G.; Rudolph Rojas, M. & Guzmán Zuluaga, C. L. Valoración digital de índices de atenuación radiológica de estructuras anatómicas normales y materiales dentales observables en imágenes panorámicas. *Rev. Fac. Odontol. Univ. Antioq.*, 20(2):119-28, 2009.
- Manoj Kumar, S.; Chandra Mouli, P. E.; Kailasam, S.; Raghuram, P. H.; Sateesh, S. & Karpagavalli. Applications of Cone-Beam Computed Tomography in dentistry. *J. Indian Acad. Oral Med. Radiol.*, 23(4):593-7, 2011.
- Nomura, Y.; Watanabe, H.; Honda, E. & Kurabayashi, T. Reliability of voxel values from cone-beam computed tomography for dental use in evaluating bone mineral density. *Clin. Oral Implants Res.*, 21(5):558-62, 2010.
- Pauwels, R.; Araki, K.; Siewerdsen, J. H. & Thongvigitmanee, S. S. Technical aspects of dental CBCT: state of the art. *Dentomaxillofac. Radiol.*, 44(1):20140224, 2014.
- Stona, P.; Bertella, S. M.; Rockenbach, M. I.; Holderbaum, R. M. & Weber, J. B. Radiopacities of glass ionomer cements measured

Recibido : 19-08-2016

Aceptado: 20-12-2016