

Presencia de artefactos en imágenes de resonancia magnética en pacientes con restauraciones dentales

Presence of Artifacts in Magnetic Resonance Images of Patients with Dental Restorations

López Acuña Luis Javier,¹ Zayas Carranza Rocío Elizabeth,¹ Hidalgo Tobón Silvia,¹
Magaña Barrios Guadalupe Violeta,¹ Cuairán Ruidíaz Vicente¹

¹Hospital Infantil de México "Federico Gómez" Calle Dr. Márquez No.162,
colonia Doctores, alcaldía Cuauhtémoc, Ciudad de México. C.P. 06720.

Resumen

Introducción: La resonancia magnética es una técnica de obtención de imágenes de alta precisión siendo de suma importancia como auxiliar de diagnóstico y seguimiento de enfermedades. Emplea un campo magnético intenso por lo que los materiales metálicos representan una contraindicación importante por la generación de distorsiones o artefactos, pudiendo dar falsos positivos o negativos en el diagnóstico del paciente. **Objetivo:** describir el grado de artefactos o distorsiones en imágenes de resonancia magnética anatómicas y funcionales en pacientes con restauraciones dentales sometidos a estudios de resonancia magnética en el Hospital Infantil de México. **Metodología:** estudio descriptivo-retrospectivo, de propósito analítico con mediciones transversales, en donde se identificó a pacientes que fueron rehabilitados en el Servicio de Odontopediatría y que por seguimiento de su enfermedad base fueron sometidos a estudios de resonancia magnética de cabeza y cuello en el Servicio de Resonancia Magnética del Hospital Infantil. **Resultados:** los pacientes sometidos a estudios de resonancia magnética que presentaban restauraciones dentales a base de metal presentaron cierto grado de artefacto, sin embargo, este no afectaba la visualización de estructuras craneales, independientemente del número de restauraciones y la combinación de materiales de estas. Por lo tanto, si se decide realizar un estudio de resonancia magnética anatómica en cabeza y cuello, se pueden realizar sin necesidad de retirar las restauraciones dentales metálicas, siendo contraindicadas en estudios funcionales.

Palabras clave: *Resonancia Magnética, materiales dentales, artefacto, compromiso craneal.*

Abstract

Introduction: Magnetic resonance imaging is a technique of obtaining high-precision images, being of utmost importance as an aid in the diagnosis and monitoring of diseases, which uses intense magnetic fields, so metallic materials represent an important contraindication due to the generation of distortions or artifacts. **Objective:** to describe the degree of artifacts or distortions in anatomical and functional magnetic resonance images in patients with dental restorations undergoing magnetic resonance studies at the Hospital Infantil de México. **Methodology:** a descriptive-retrospective study, with analytical purpose with cross-sectional measurements, where patients were identified who were rehabilitated in the Pediatric Dentistry Service and who, for follow-up of their underlying disease, underwent magnetic resonance studies of the head and neck in the Magnetic Resonance Service of the Children's Hospital. **Results:** patients undergoing magnetic resonance studies who presented metal-based dental restorations presented a certain degree of artifact, however, this did not affect the visualization of cranial structures, regardless of the number of restorations and the combination of their materials. Therefore, if it is decided to perform an anatomical magnetic resonance study on the skull, it can be performed without the need to remove the metal dental restorations, which are contraindicated in functional studies.

Key Word: *Magnetic Resonance, dental materials, artifact, cranial compromise.*

Manuscrito recibido 22 de noviembre del 2024.

Revisión aceptada 12 de marzo del 2025.

Dirección de correspondencia: López Acuña Luis Javier, Especialidad de Estomatología Pediátrica del Hospital Infantil de México "Federico Gómez" Calle Dr. Márquez No.162, colonia Doctores, alcaldía Cuauhtémoc, Ciudad de México. C.P. 06720. E-mail: luis-xavier@hotmail.com

Introducción

La Resonancia magnética nuclear (RMN) es una técnica de radiación no ionizante, no invasiva de diagnóstico, la cual tiene como propiedad generar imágenes de tejidos blandos con alta resolución espacial. La RMN funciona por un fenómeno físico en que el paciente es expuesto a un campo magnético intenso y de manera selectiva por radiofrecuencia los núcleos de los átomos de hidrógeno absorben energía.^{1,2} Los tejidos blandos, al presentar una gran cantidad de agua aproximadamente entre el 70% a 90% nos asegura la presencia de los átomos de hidrógeno y en especial de los núcleos de hidrogeno que por sus características físicas responden al fenómeno de resonancia magnética nuclear.³

El equipo de IRMN utiliza un imán que produce un campo magnético intenso, ocasionando que los momentos magnéticos asociados a cada núcleo se alineen, tal cual vectores apuntando en la misma dirección del campo magnético producido por el imán. Al enviar un pulso de radiofrecuencia, los momentos magnéticos que estaban en equilibrio ahora rotan en un plano perpendicular al del campo magnético, cuando se deja de enviar el pulso de radiofrecuencia, los momentos magnéticos envían una señal que es capturada por la antena de radiofrecuencia, esta señal se procesa para obtener imágenes de RMN.^{3,4,5}

Los átomos de hidrógeno son parte importante de la formación de diferentes moléculas que conforman los tejidos orgánicos. Las propiedades para los hidrógenos en diferentes tejidos cambian por la vecindad en la que se encuentran, es decir la señal para los hidrógenos de materia gris o materia blanca es diferente lo que permite tener el contraste.⁵ Las ponderaciones básicas de contraste que son utilizados en resonancia magnética son T1, T2 y densidad de protones, dichas ponderaciones se consiguen utilizando secuencias de pulsos con los tiempos adecuados del tiempo de eco y el tiempo de repetición.^{5,7,8}

Contrastes básicos en resonancia magnética nuclear

El contraste en la imagen por resonancia magnética es a partir del cambio de varios parámetros como el TE, TR, utilizados en las secuencias que se modifican para lograr una diferencia de contraste por T1, T2 o densidad de protones dependiendo de los tejidos o patología a estudiar.^{9,10}

Contraste T1: Caracterizado por tiempo de repetición corto, y tiempo eco corto. El valor característico de un tejido está determinado por el tiempo que demora la magnetización longitudinal en obtener un estado de equilibrio del 63%, estas otorgan un detalle inmejorable de la anatomía y, si se utiliza algún tipo de medio de contraste, estas imágenes pueden evidenciar fácilmente algún tipo de patología.^{10,11}

Contraste T2: Se emplea un tiempo de repetición largo, y un tiempo eco largo. Es un contraste muy utilizado en lesiones patológicas que comúnmente son determinadas por un cambio en la composición molecular del tejido.^{10,12}

Resonancia magnética avanzada: BOLD y Tensor de Difusión

La resonancia magnética funcional es una técnica por la que se obtiene de manera indirecta la región del cerebro que reacciona a un estímulo bien dirigido, esto es debido al consumo de oxígeno que tienen las neuronas de esa región específica, la oxihemoglobina con características diamagnéticas al entregar el oxígeno se convierte en deoxihemoglobina con propiedades diamagnéticas. Esto ocasiona que la señal emitida por núcleos de los átomos de hidrógeno sea alterada por este cambio del cambio de campo magnético de manera local al que se expone entre la oxihemoglobina y la deoxihemoglobina. En un proceso mental, las neuronas aumentan su requerimiento energético, siendo obtenida por el oxígeno a través de la sangre, generando una acumulación en la zona del cerebro activo viéndose reflejada en el cambio de los capilares, detectada por el resonador; es decir, no se pretende identificar la actividad neuronal, sino la demanda metabólica compensada a través del flujo sanguíneo, siendo la técnica de BOLD (Blood Oxygen Level dependant) la más común.

Otra técnica utilizada es el Tensor de difusión o tractografía. Esta técnica está basada en el movimiento de difusión de las moléculas de agua extracelular asociadas a la mielina de los axones de las neuronas, esto permite evaluar de manera indirecta propiedades de difusión, ADC (coeficiente de difusión aparente), FA (anisotropía fraccional), entre otras.

Ambas técnicas se caracterizan: 1) el estudio de procesos cognitivos, donde permite adelantarse en la relación que existe entre el cerebro y la conducta, permitiendo estudiar, la percepción sensorial así como procesos mentales más complejos como problemas y juicios morales, además de permitir hacer distinciones de funcionabilidad entre regiones cerebrales específicas y 2) la aplicación dentro de la práctica clínica en la identificación del correlato neuronal de un trastorno neurológico o psiquiátrico.^{12,13,14}

Imagenología por Resonancia magnética

La imagen por resonancia magnética es utilizada para el estudio de básicamente todo el cuerpo humano, permitiendo la visualización de estructuras anatómicas sin utilizar radiación ionizante, limitando el riesgo de mutaciones dentro de la célula o cáncer, permite obtener imágenes con gran resolución espacial, se pueden visualizar cortes muy finos de 1mm, examinando estructuras anatómicas que no se pueden apreciar bajo otro método; además, concede la obtención de imágenes multiplanares sin la exigencia de modificar la posición del paciente.^{4,10.}

Consideraciones de los materiales metálicos y su susceptibilidad magnética.

El escáner de resonancia magnética está compuesto por un imán potente, antenas de radiofrecuencia, bobinas gradientes y una serie de electrónica. El imán que encontramos en clínica puede ir de un valor de 0.5 Tesla a 3 Tesla, estos son valores de campo magnético muy intensos por lo que las cuestiones de seguridad es un punto medular para el bienestar del paciente. Las propiedades magnéticas de la materia pueden clasificarse en:

Ferromagnético. Materiales que se encuentran altamente atraídos por un imán, por ejemplo: óxido de cromo, cobalto, hierro, gadolinio, níquel, magnetita, entre otros.

Paramagnético. Estos son aquellos materiales que son moderadamente atraídos por un imán y actúan en la dirección del campo magnético, por ejemplo: magnesio, estaño, platino, litio, tántalo, aluminio, etc.

Diamagnético. Materiales que son repelidos por un imán. Están ligeramente magnetizados cuando se colocan en un campo magnético fuerte y actúan en la dirección opuesta al campo. Por ejemplo: madera, zinc, cobre, bismuto, plata, oro, etc.^{15,16,17}

Efectos no deseados en RMN

Una de las indicaciones para la realización de estudios de RMN es eliminar cualquier dispositivo u objeto metálico, ya que puede producir efectos no deseados los cuales caen en 3 categorías principales:

Formación de artefactos. Un artefacto inducido por RMN se define por pixeles que no representan fielmente los componentes de los tejidos en estudios.

Desplazamiento inducido magnéticamente. El riesgo más inmediato asociado con el entorno es la tracción entre dispositivos de resonancia magnética (imán) y los objetos metálicos ferromagnéticos. El campo magnético es lo suficientemente potente como para atraer objetos pesados hacia el escáner a una velocidad muy alta.

Calentamiento por radiofrecuencia. El campo magnético que varía en el tiempo debido a las secuencias de pulsos bajo circunstancias muy poco probables pudiera causar quemaduras en la piel.^{18,19,20}

Materiales restauradores usados en odontopediatría y su relación con la RMN

Como ya se mencionó, algunos materiales de naturaleza metálica o que contienen metales causan “artefactos”, en odontología algunos materiales de restauración son de naturaleza metálica o poseen componentes ferromagnéticos o diamagnéticos, por lo que es de esperar que interfieran y alteren el diagnóstico definitivo en resonancias de cabeza y cuello.^{20,21}

En el Hospital Infantil de México Federico Gómez (HIMFG) un número elevado de pacientes del servicio de Estomatología Pediátrica (odontopediatría) requieren de estudios diagnósticos y/o control con resonancias magnéticas de cabeza y cuello, siendo la epilepsia, tumores, trastornos de crecimiento, alteraciones hipofisarias, patologías glandulares e incluso traumatismos los casos más comunes que solicitan la eliminación y/o cambio de restauraciones metálicas que presentan en cavidad bucal, lo que nos ha obligado a valorar la necesidad de retirar aquellos materiales que puedan causar interferencias en la imagen y la posibilidad de colocar algún tipo de material de manera provisional que cause menos o ningún “artefacto” que comprometa el valor diagnóstico de la resonancia magnética. Sin embargo, considerando que los materiales tienen indicaciones terapéuticas específicas, y no siempre existen opciones restaurativas y debido a la extensión de la estructura dental dañada, y en ocasiones, el solo retirar el material compromete la integridad y permanencia dental, afectando la función del sistema estomatognático, además, los tratamientos restaurativos odontopediátricos son caros, requiere de varias citas y en ocasiones se realizan bajo condiciones muy especiales como sedación, anestesia general y/o protección estabilizadora, según conducta, condición sistémica y necesidades restaurativas. El presente estudio pretende describir el grado de artefactos o distorsiones en imágenes de resonancia magnética funcional y anatómica en pacientes con presencia de restauraciones dentales rehabilitados bucalmente en el servicio de odontopediatría del HIMFG y que por seguimiento de su enfermedad base fueron sometidos a estudios de resonancia magnética de cabeza y cuello, observando la extensión de los artefactos causados por dispositivos dentales metálicos dependiendo de su susceptibilidad magnética y conductividad eléctrica del dispositivo, forma y orientación en el campo magnético, ubicación en la cavidad bucal, relacionados con las especificaciones del escáner de RMN, el tipo de contraste deseado, el volumen de interés y las limitaciones de tiempo del estudio.

Materiales y métodos

Se efectuó un estudio descriptivo- retrospectivo de propósito analítico con mediciones transversales, en donde se identificó en la base de datos del HIMFG a pacientes que fueron rehabilitados en el Servicio de Odontopediatría del HIMFG y que fueron sometidos a estudios de RMN

de cabeza y cuello en el Servicio de Resonancia Magnética del Departamento de Imagenología del HIMFG, obteniendo 211 expedientes potenciales para dicha investigación (marzo-agosto 2019); cumpliendo los criterios de selección únicamente 21 expedientes, previa autorización del departamento de Enseñanza y el servicio de Bioestadística y Archivo Clínico del HIMFG. Teniendo como criterios de exclusión a: 1) pacientes que se movieron al momento del estudio que no permitió la valoración de imágenes, 2) Pacientes rehabilitados con materiales libres de metal y 3) pacientes donde los cortes de los estudios de resonancia magnética no alcanzaban la ubicación espacial de los órganos dentarios a examinar o el corte no lo permitía. Dichos estudios analizados fueron efectuados con un

equipo de 3 Teslas (*MAGNETOM Symphony nuestro eloss, Siemens k Medical Systems*). Se examinaron imágenes en planos sagitales, en contrastes de T1 y T2. Las especificaciones técnicas incluyeron uso de antena de RF de 32 canales para cráneo estándar, obteniendo cortes de 5 mm en las imágenes sagitales. Las imágenes obtenidas para dicha investigación fueron de estudios de estudios indicados por los servicios tratantes como parte de pruebas diagnósticas y de seguimiento.

Análisis estadístico

Se desarrolló una base de datos en Excel Office 2016, incluyendo las variables de estudio con el fin de relacionar la presencia de artefactos en imágenes de pacientes que presentaban restauraciones dentales y que fueron sometidos a estudios de resonancia en el HIMFG. Analizando únicamente pacientes que cumplían con criterios de inclusión. Para describir los datos se utilizaron promedios, frecuencias, desviación estándar y proporciones.

Resultados

Características demográficas y diagnóstico clínico. De los 21 pacientes incluidos la edad media fue de 10 años con una desviación estándar de 4.0 años. La frecuencia de hombres y mujeres fue de 12 y 9, respectivamente con un porcentaje de .1% y 42.9%.

El principal diagnóstico clínico fue retraso global del desarrollo con un porcentaje de 28.6%. Le siguieron en frecuencia neurofibromatosis (23.8%) y epilepsia focal (19%). Otros diagnósticos se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1. Frecuencia del diagnóstico clínico de los pacientes.

Diagnóstico clínico	Frecuencia (n)	Porcentaje (%)
Neurofibromatosis	5	23.8
Epilepsia focal	4	19.0
Retraso global del desarrollo	6	28.6
Craneosinostosis	1	4.8
Neurofibroma plexiforme	1	4.8
Meduloblastoma	1	4.8
Craneofaringioma	1	4.8
Neurodesarrollo	1	4.8
Quiste Dentigero	1	4.8

Características de la restauración dentaria. Se evaluaron las características de la restauración realizada a los pacientes encontrando que al 52.4% se les colocó algún material metálico y al 47.6% un material no metálico. En relación con

el material específicamente utilizado, se les colocó amalgama al 23.8%, corona de acero cromo al 28.6%, ionómeros de vidrio al 23.8%, resina al 4.8% y sellador de fosetas y

filuras al 19.0%. Es decir, el tipo de material utilizado fue aleación de metal en el 52.4% de los casos, libres de metal en 47.6% de los casos.

Los sitios de restauración fueron diversos y se presentan en la Tabla 2. En relación con el área de restauración el promedio fue 24.7±6 cm, mientras que el tiempo medio desde la restauración hasta la realización de RMN fue 2.7±2.0 años.

Tabla 2. Sitio de la restauración.

Característica	Frecuencia (n)	Porcentaje (%)
Sitio de restauración		
14, 15	1	4.8
16, 26	2	9.5
36	1	4.8
51, 52, 53, 63, 64, 65, 73, 74, 75	1	4.8
54, 55, 64, 65	1	4.8
55, 65	3	14.3
64, 65	1	4.8
64, 65, 74, 75, 84, 85 64, 65	1	4.8
73, 74, 83, 84, 85	1	4.8
74	1	4.8
74, 75	1	4.8
75, 84, 85, 36	2	9.5
84	1	4.8
84, 85, 73	1	4.8
85	2	9.5

FUENTE: Depto. de Bioestadística y Archivo Clínico del HIMFG

Modalidad de contraste. La modalidad del contraste utilizado fue T1 en el 85.7% de los casos y T2 en el 14.3%.

Se recopiló la información de los 21 pacientes seleccionados donde se observó la presencia de artefactos tomando en cuenta la secuencia de contraste y el tipo de restauraciones dentales (tabla 3), de estos se seleccionaron 4 de ellos donde las imágenes tienen mayor nitidez y se puede valorar de manera precisa el tamaño de dichos artefactos, así como el tipo de restauraciones, la combinación de materiales y la posición de estas en la cavidad bucal.

Tabla 3. Tipo de secuencias y tratamientos

PX	Secuencias	Tratamientos realizados	BX	Secuencias	Tratamientos realizados
1	P2D_DIFF_3SCAN_TRACE_P2_/Echo Planar Imaging, Diffusion T1_FL2D_SAG/ Ultrafast Gradient Echo 2D with preparation pulse T1_PETRA_TRA-50000/ Inaudible" 3D sequence with half radials T1_PETRA_TRA-50000_GADO / Inaudible" 3D sequence with half radials T1_FL2D_TRA / Ultrafast Gradient Echo 2D with preparation pulse T2_TSE_TRA_P2 Turbo Spin Echo/Echo Turbo Spin Echo/ Fast Spine Echo	Sellador ¹ de fosetas fisuras OD 36, 35, 34, 46, 45, 44, 16, 17, 14. Inomero de vidrio OD 27, 26, 25.	11 2	T1_FL2D_SAG/ Ultrafast Gradient Echo 2D with preparation pulse T1_FL2D_SAG_S5_DIS3D/ Ultrafast Gradient Echo 2D with preparation pulse T1_FL2D_SAG_S5_DIS3D/Ultrafast Gradient Echo 2D with preparation pulse L_T1_TSE_SAG_384 /Turbo Spin Echo/ Fast Spine Echo T1_TSE_TRA/ Turbo Spin Echo/ Fast Spine Echo L_T1_TSE_SAG_384_P2/ Turbo Spin Echo/ Fast Spine Echo T2_TSE_TRA_P2/ Turbo Spin Echo/ Fast Spine Echo T2_TSE_DARK_FLUID_TRA_S8_DIS3D/ Turbo Spin Echo/ Fast Spine Echo Long-Tau IR T2_TSE_DARK-FLUID_COR_S9_DIS3D/ Turbo Spin Echo/ Fast Spine Echo Long-Tau IR T2_SPACE_SAG_P4_ISO/ 3D TSE with variable Flip Angle T2_TSE_SAG_384 /Turbo Spin Echo/ Fast Spine Echo T2_TSE_SAG_384_P2/ Turbo Spin Echo/ Fast Spine Echo T2_TSE_TRA/ Turbo Spin Echo/ Fast Spine Echo	Resinas OD 23, 24, 25
2	KEY_IMAGES -DIR_SPACE_SAG_1.2MM/Dual Inversion Recovery -EP2D_DIFF_3SCAN_TRACE_P2_TRACEW/ Echo Planar Imaging, Diffusion T1_FL2D_SAG/ Ultrafast Gradient Echo 2D with preparation pulse T2_TSE_TRA_P2/ Turbo Spin Echo/ Fast Spine Echo T2_SPACE_DARK-FLUID_SAG_P2-ISO/ Long-Tau IR	Coronas de acero cromo OD 51	3 12	T1_FL2D_SAG/ Ultrafast Gradient Echo 2D with preparation pulse T2_TSE_TRA_P2/ Turbo Spin Echo/ Fast Spine Echo	Amalgama OD 85 Corona de acero cromo OD 84
3	T1 fld2_sag/ Ultrafast Gradient Echo 2D with preparation pulse T1_PETRA_TRA-50000/ "Inaudible" 3D sequence with half radials t2_tse_tra_p2/Turbo Spin Echo/ Fast Spine Echo T2_TSE_DARK-FLUID_TRA/Long-Tau IR T2_TSE_TRA_P2/Turbo Spin Echo/ Fast Spine Echo	Inomero de vidrio OD 85	13	DWI HR/ Diffusion-weighted Imaging T1W_FFE GADO/ Spoiled Gradient Echo T1W_SE_MTC/ Magnetization Transfer Contrast T1W_FFE/ 7 Spoiled Gradient Echo T2W_FLAIR/ Long-Tau IR T2W_TSE Turbo Spin Echo/ Fast Spine Echo	Resina OD 16
4	EP2D_DIFF_3SCAN_TRACE_P2_TRACEW/Echo Planar Imaging, Diffusion PERFUSIOM_WEGHTED ASL_3D_TRA_FAST/ Arterial Spin Labeling T1_FL2D_SAG/ Ultrafast Gradient Echo 2D with preparation pulse T1_FL2D_TRA/ Ultrafast Gradient Echo 2D with preparation pulse T1_MPRAGE_TRA_P2_ISO/ Ultrafast Gradient Echo T2_TSE_TRA_P2/ Turbo Spin Echo/ Fast Spine Echo T2_SPACE_SAG_P4_ISO/3D TSE with variable Flip Angle	Amalgama ⁴ OD 65, 74, 75, 84, 85 Corona de acero cromo OD 65	14	T1_FL2D_SAG/ Ultrafast Gradient Echo 2D with preparation pulse T2_TSE_DARK-FLUID_TRA/ Long-Tau IR T1_TSE_R_COR_2MM/ Turbo Spin Echo/ Fast Spine Echo T1_TSE_R_COR_2MM/ Turbo Spin Echo/ Fast Spine Echo T2_TSE_FS_COR_2MM_DYNAMIC/ Turbo Spin Echo/ Fast Spine Echo T1_FL2D_COR_2MM_CTE/ Ultrafast Gradient Echo 2D with preparation pulse T1_FL2D_SAG_2MM_CTE/ Ultrafast Gradient Echo 2D with preparation pulse T1_PETRA_TRA-50000/ Inaudible" 3D sequence with half radials	Corona de acero cromo OD 61,85 Amalgama OD 74
5	MT1 fld2_sag/ Ultrafast Gradient Echo 2D with preparation pulse T2_TSE_DARK-FLUID_TRA,Long-Tau IR T2_TSE_TRA_P2, T1_PETRA_TRA-50000/ Inaudible" 3D sequence with half radials	Resina ⁵ OD 75	15	DWI HR Diffusion-weighted Imaging SURVEY T1W_FFE GADO Spoiled Gradient Echo T1W_SE_MTC Magnetization Transfer Contrast T1W_SE_MTC Magnetization Transfer Contrast T1W_FFE Spoiled Gradient Echo T2W_FLAIR Long-Tau IR T2W_FLAIR Long-Tau IR T2W_TSE Turbo Spin Echo/ Fast Spine Echo	Corona de acero cromo OD 84

PX	Secuencias	Tratamientos realizados	DX	Secuencias	Tratamientos realizados
6	T1_fld2_sag/ Ultrafast Gradient Echo 2D with preparation pulse T1_PETRA_TRA-50000 /Inaudible" 3D sequence with half radials L_T1_TSE_SAG_384 /Turbo Spin Echo/ Fast Spine Echo T2_TSE_DARK-FLUID_TRA/ Long-Tau IR T2_TSE_TRA_P2/Turbo Spin Echo/ Fast Spine Echo	Amalgama OD 64, 85, 75 Corona de acero cromo OD 55, 64,74, 64, 85. Ionomero de vidrio OD 55	16	FLOW_PC3D_SAG_P3_VENC10_SINUS FLOW_PC3D_SAG_P3_VENC10_SINUS_MSUM FLOW_PC3D_SAG_P3_VENC10_SINUS_MSUM_MIP ANGIO VEN T1_VOBE_FS_TRA_P2 T1_TSE_AXIAL_SPIR/ Turbo Spin Echo/ Fast Spine Echo T1_FL2D_TRA / Ultrafast Gradient Echo 2D with preparation pulse T1_FL2D_SAG/ Ultrafast Gradient Echo 2D with preparation pulse T2_TSE_TRA_P2/ Turbo Spin Echo/ Fast Spine Echo T2_STIR_COR_P2 TE_SPACE_TRA_ISO/ 3D TSE with variable Flip Angle T2_FL2D_COR_P2_HEMO/ Ultrafast Gradient Echo 2D with preparation pulse	Amalgama OD 26
7	T1_PETRA_TRA-50000 Inaudible" 3D sequence with half radials L_T1_TSE_SAG_384 Turbo Spin Echo/ Fast Spine Echo T2_TSE_DARK-FLUID_TRA Long-Tau IR T2_SPACE_SAG_P4_ISO 3D TSE with variable Flip Angle	Amalgama OD 36	17	DIFUSION_3SCAN_TRACE_TRA_P2_160_ADC DIFUSION_3SCAN_TRACE_TRA_P2_160_TRACEW T1_PETRA_TRA-50000/ Inaudible" 3D sequence with half radials T1_PETRA_TRA-50000_GADO/ Inaudible" 3D sequence with half radials T1_FL2D_SAG/ Ultrafast Gradient Echo 2D with preparation pulse -T2_TSE_DARK-FLUID_TRA/Turbo Spin Echo/ Fast Spine Echo	Corona de acero cromo OD 65, 64
8	-T1_PETRA_TRA-50000/Inaudible" 3D sequence with half radials L_T1_TSE_SAG_384/ Turbo Spin Echo/ Fast Spine Echo T2_TSE_DARK-FLUID_TRA/ Long-Tau IR T2_SPACE_SAG_P4_ISO/ 3D TSE with variable Flip Angle	Ionomero de vidrio OD 85, 36,73 74.			
19	T1_fld2_sag / Ultrafast Gradient Echo 2D with preparation pulse T2_TSE_TRA_P2 / Turbo Spin Echo/ Fast Spine Echo	Ionomero de vidrio OD 74,75			
10	T1_PETRA_TRA-50000/ "Inaudible" 3D sequence with half radials L_T1_TSE_SAG_384/ Turbo Spin Echo/ Fast Spine Echo L_T1_TSE_SAG_384_P2/ Turbo Spin Echo/ Fast Spine Echo T1_TSE_TRA/ Turbo Spin Echo/ Fast Spine Echo T2_TSE_DARK-FLUID_TRA/ Long-Tau IR T2_SPACE_SAG_P4_ISO/ 3D TSE with variable Flip Angle T2_TSE_SAG_384/Turbo Spin Echo/ Fast Spine Echo T2_TSE_SAG_384_P2/Turbo Spin Echo/ Fast Spine Echo T2_TSE_TRA Turbo Spin Echo/ Fast Spine Echo	Corona de acero cromo od 73, 74,83, 85, 85.			

Composición de materiales dentales:

FUENTE: Depto. de Bioestadística y Archivo Clínico del HIMFG

¹ Sellador de fasetas y fisuras (clin pro 3m):

² Corona de acero cromo (3m): aleación de acero inoxidable con níquel y cromo elemental.

³ Ionomero de vidrio (3m): vidrio de fluoraminosilicato activado con solución acuosa polialquenoico modificado sensible a la luz, copolímero 3m, agua, hema y fotoindicadores.

⁴ Amalgama (denstply) aleación de 68% plata, 18% estaño, 13% cobre y 1% Zinc

⁵ Resina fotocurable (3m): contiene una mezcla de udma (uretano dimetacrilato) y bis-ema (6)I(bisfenol a diglicidil éter dimetacrilato)

Caso 1

En el paciente del caso 1, según las características otorgadas por el artefacto, en el estudio realizado en el año 2018 este cuenta con artefacto con dimensión de 49.6mm x 43mm según la secuencia T1_fl2d_sag, llegando a su máxima dimensión en el corte 15 con un artefacto de 65.2mm x 47.9mm. Mediante la revisión del expediente de dicho caso se observó que este fue rehabilitado coronas de acero cromo en dientes 74 y 74, así como extracción de dientes 51, 52, 61 y 62. Sin embargo, el artefacto presentado no se observa compromiso anatómico del cráneo (Figura 1).

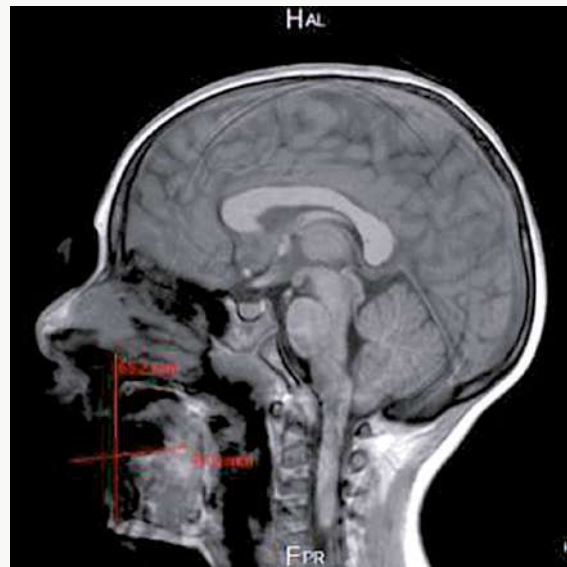


Figura 1. Región con artefacto que abarca hasta una distancia de 65.2 mm a partir de la presencia de coronas de acero cromo.

Caso 2

En el paciente del caso 2, según las características otorgadas por el artefacto, en el estudio realizado en el año 2014 este cuenta con artefacto con dimensión de 30.2 mm x 33.5 mm según la secuencia T1w_FFE, llegando a su máxima dimensión en el corte 11 con un artefacto de 47.4mm x 48.6mm. Mediante la revisión del expediente de dicho caso se observó que este fue rehabilitado con coronas de acero cromo en el año 2014 en los órganos dentarios 64 y 65. No obstante, al igual que con el caso 1 no se observa compromiso anatómico del cráneo (Figura 2).

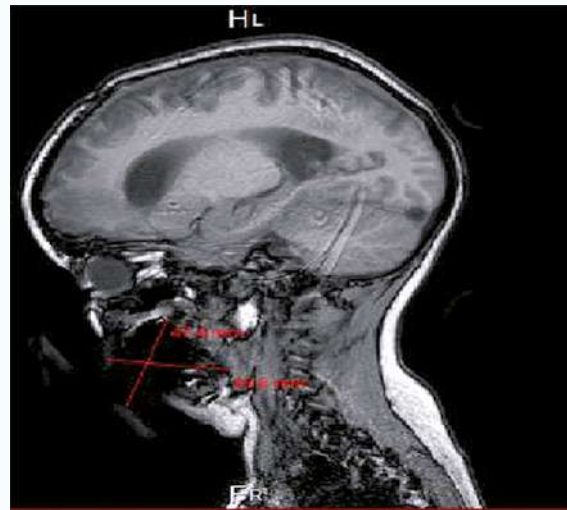


Figura 2. Región con artefacto que abarca hasta una distancia de 48.6 mm a partir de la presencia de coronas de acero cromo.

Caso 3

En el paciente del caso 3, según las características otorgadas por el artefacto, en el estudio realizado en el año 2018 este cuenta con artefacto con dimensión de 30.2mm x 33.5mm según la secuencia T1_fled_sag, llegando a su máxima dimensión en el corte 17 con un artefacto de 62.6mm x 33.5mm. Mediante la revisión del expediente de dicho caso se observó que este fue rehabilitado con sellador de fosetas y fisuras en diente 84, corona de acero cromo en el diente 85 y extracción del diente 74, así como corona de acero cromo en diente 61 y amalgama del 75. Sin embargo, al igual que con el caso 1 y no se observa compromiso anatómico del cráneo (Figura 3).



Figura 3. Región con artefacto que abarca hasta una distancia de 62.6 mm a partir de la presencia de coronas de acero cromo y amalgamas

Caso 4

En el paciente del caso 4, según las características otorgadas por el artefacto, en el estudio realizado en el año 2018 este cuenta con artefacto con dimensión de 17.2mm x 28.7 mm según la secuencia T1_fl2d_sag, llegando a su máxima dimensión en el corte 11 con un artefacto de 46.9mm x 39.3mm. Mediante la revisión del expediente de dicho caso se observó que este fue rehabilitado con coronas de acero cromo en el año 2014 y 2015 en los órganos dentarios 73, 74, 83, 84 y 85. A pesar de ello, no se observa compromiso anatómico del cráneo, por lo que se puede concluir el estudio de resonancias magnéticas para análisis anatómico se encuentra indicado, ahora bien, en estudios funcionales dicho estudio no es valorable (Figura 4).

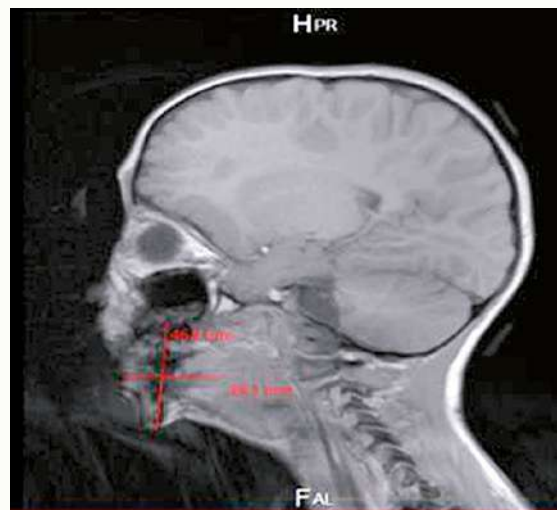


Figura 4. Región con artefacto que abarca hasta una distancia de 46.9 mm a partir de la presencia de coronas de acero cromo

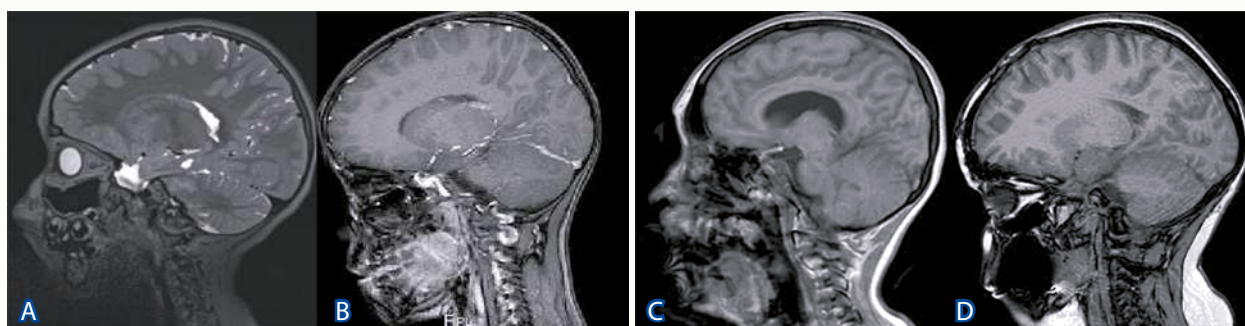


Figura 5. a) imagen sagital ponderada en T2-difusión de un paciente con restauraciones a base de resinas b) imagen sagital ponderada en T1-difusión de un paciente con restauraciones a base de amalgama c) imagen sagital ponderada en T1-difusión de un paciente con restauraciones a base de coronas de acero cromo sector anterior d) imagen sagital ponderada en T1-difusión de un paciente con restauraciones a base de coronas de acero cromo y amalgamas.

Discusión

Los artefactos son un problema importante de los exámenes por resonancia magnética orofacial. Ya que dependerán del tipo de secuencia de contraste que se use, material restaurador, número de restauraciones y la posición de estas dentro de la cavidad, ya que de eso dependerá los alcances y zonas afectadas (figura 5). Chalakuzhiyl y cols (2013)¹³, mencionan que dentro de los factores que afectan la dimensión del artefacto están el tamaño, profundidad y posición del material, mientras más grande sea la masa del material, mayor será el artefacto, el área máxima de señal perdida será, cuando el material se encuentre en un radio de 10 cm de la zona de interés, hablando principalmente del tipo de metal este va a depender directamente sobre el tipo de susceptibilidad magnética y conductibilidad eléctrica Starcková y cols (2008)¹⁶. Esto concuerda con lo escrito por Egger y cols (2005)²¹, donde mencionan que el oro y el acero inoxidable, siendo materiales ferromagnéticos, son los metales que producen un artefacto de mayor tamaño, en odontopediatría utilizamos este último como material restaurativo muy importante en rehabilitación de lesiones cariosas de gran extensión, la literatura concuerda que la extensión de artefacto que puede producir una corona de acero-cromo es de aproximadamente 7mm, en nuestra investigación el artefacto más grande producido por una CAC fue de 46mm de manera individual y de 65mm

en una combinación de 5 CAC, lo que hace indicar que el grado de distorsión va aumentar, sin embargo, esto no será de manera significativa, ya que dependerá del tamaño y la ubicación de la restauración (arcada superior o inferior y/o zona anterior o posterior de la cavidad bucal). Tomifyeva y cols. (2013)¹⁸ refirieron que la amalgama es una aleación compatible con estudios de RMN, debido a que no se observaron artefactos en sus respectivos estudios, datos que se contradicen con Tonyama y cols. (2010)⁹ que observaron que un campo magnético de señal de radiofrecuencia induce una corriente de superficie en un anillo metálico no magnético colocado perpendicularmente al campo magnético, y que el campo magnético generado por esa corriente provoca una irregularidad en el campo magnético de la señal y distorsiona el vector de flujo magnético provocando artefactos, situación comprobada en nuestro estudio donde al realizar la prueba con dicho material se mostraron artefactos de tamaño importante. Los materiales libres de metales no quedan exentos de dichos efectos no deseados, ya que según lo mencionado por Tomifyeva y cols. (2013)¹⁸ existen empresas donde sus ingredientes son considerados secretos de fabricación, y muchas veces estos elementos no mencionados pueden ser altamente susceptibles al campo magnético y provocar artefactos, situación similar a la experimentada por nuestro estudio al exponer coronas de cerámico consideradas libres de elementos metálicos.

Si bien, la presencia de artefactos no es el único efecto no deseado dentro de los estudios de resonancia magnética, en la revisión de expedientes no se observaron reportes de desplazamiento o daño al tejido por calentamiento por la realización de dicho estudio, estos efectos entraran a discusión en estudios futuros.

Conclusiones

El grado de artefacto que puede afectar la interpretación de imágenes de resonancia magnética dependerá directamente del tipo de elementos metálicos que los componen, en odontopediatria, materiales como: coronas de acero-cromo, amalgama, Zirconia, aparatología ortodóncica, coronas de cerámico, generan este tipo de efectos, aún con materiales que aparentemente son considerados libres de metal como las coronas de cerámico (Heres) y resinas (Ivoclar), caso contrario a otras marcas como la resinas (3M) donde no se observan artefacto alguno, esto se puede asociar a que cada casa comercial utiliza distintos elementos en la elaboración de estos y algunos presentan agentes pigmentantes con componentes de esta naturaleza.

Al observar estudios de resonancias magnéticas en pacientes rehabilitados con materiales metálicos, donde dichos elementos se encontraban en distintas regiones de la cavidad bucal, con diferente composición y combinación de restauraciones metálicas, se demostró que en ninguno de ellos el artefacto altera de manera significativa la interpretación de las imágenes en la región de cabeza y cuello, esto, siempre que el objetivo sea observar la anatomía de una zona en específico (resonancia magnética anatómica), por lo que el médico debería tomar una decisión costo/beneficio para mantener, retirar o realizar el cambio de materiales de rehabilitación, dependiendo del fin del estudio o si se realizarán más por seguimiento. En el caso de estudios de resonancia magnética funcionales (como sería el caso de tensor de difusión o bould) estarían contraindicadas ya que por la naturaleza de la secuencia de pulsos sí afectan directamente el análisis y la interpretación de las imágenes pudiendo tener un falso positivo o falso negativo en el diagnóstico y/o seguimiento de la enfermedad base del paciente.

Referencias:

1. Hubáková H, La Serna P, Linetskiy I, Dostálov T. Dental alloys and magnetic resonance imaging. *International Dental Journal*. 2016;56(3):135-141. doi: 10.1111/j.1875-595x.2006.tb00085.x.
2. Gili J. Introducción Biofísica a la resonancia magnética en neuroimagen. Barcelona, España; 2014.
3. Shafiei F, Honda E, Takahashi H, Sasaki T. Artifacts from dental casting alloys in magnetic resonance imaging. *J Dent Res*. 2003; 82(8):602-606. doi: 10.1177/154405910308200806.
4. Rivera DM., Puentes S., Caballero L., Resonancia magnética cerebral: secuencias básicas e interpretación. *Univ. Méd.* 2011; 52(3):292-306.
5. Quispe M., Sovero A., Gutiérrez F. Evaluación anatómica del piso de boca mediante resonancia magnética. *Rev Estomatol Herediana*. 2015;25(4):309- 317.
6. Bitar R, Leung G, Perng R, Tadros S, Moody, AR, Sarrazin J et al. MR pulse sequences: What every radiologist wants to know but is afraid to ask. *Radiographics*. 2006; 26(2):513-37.
7. Chavhan G, Babyn P, Thomas B, Shroff M, Haacke E. Principles, techniques, and applications of T2*-based MR imaging and its special applications. *Radiographics*. 2009; 26(2):513-537. doi: 10.1148/rg.262055063
8. Álvarez L., Aldana DME., Carmona M. Principios de resonancia magnética. *Tecnura*. 2012; 1(1):2-51. Disponible en: <https://librossanitarios.wordpress.com/wp-content/uploads/2012/12/principios-de-resonancia-magn3a9tica-11.pdf>
9. Taniyama T, Sohmura T, Etoh T, Aoki M, Sugiyama E, and Takahashi J. Metal artifacts in MRI from non-magnetic dental alloy and its FEM analysis. *Dental Materials Journal*. 2010;29(3): 297-302. 10.4012/dmj.2009-116
10. Laurella SL. Resonancia magnética nuclear. Una herramienta para la elucidación de estructuras moleculares. Argentina: Edulp. 2017; 8-40. Disponible en: <https://libros.unlp.edu.ar/index.php/unlp/catalog/book/781>
11. Casado A. Uso de resonancia magnética en investigación farmacéutica [Tesis para obtención de Biología] Brasil: Universidad Complutense. Facultad de Farmacia; 2016. Disponible en: <https://docta.ucm.es/rest/api/core/bitstreams/ce452577-da6c-492a-9379-31dc4bef0f71/content>
12. Armony J, Trejo-Martínez D, Hernández D. Resonancia Magnética Funcional (RMf): Principios y aplicaciones en Neuropsicología y Neurociencias Cognitivas. 2012;4(2):36-50. Disponible en: https://www.neuropsicolatina.org/index.php/Neuropsicologia_Latinoamericana/article/view/103
13. Caicedo Martínez OH, Aldana Ramírez CA, Hernández Suarez CA. Resonancia magnética funcional: evolución y avances en clínica. *Tecnura*. 2009;13(25):88-103. Disponible en <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=257020617009>
14. Mercadillo R., Sánchez-Rey A., Sánchez- Cortazar J., Ramírez E., Barrios FA. Resonancia magnética funcional en el diagnóstico clínico del déficit de atención y de la agresión impulsiva infantil: Una propuesta exploratoria. *Salud Mental*. 2011;34(1):11- 20. Disponible en: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-33252011000100002
15. Chalakuzhiyl A., Maller S., Maheshwaran. Interactions between magnetic resonance imaging and dental material. *Journal of Pharmacy and Bioallied Sciences*. 2013;5(1):113-116. doi: 10.4103/0975-7406.113309.
16. Intriago DV., Astudillo AE., Cordero CA. Implementación de un manual técnico de protocolos en resonancia magnética. Hospital José Carrasco Arteaga, Cuenca Febrero-Julio 2012. [Tesis para obtención del título de licenciada en imagenología. Cuenca, Ecuador: Universidad de Cuenca, Facultad de Ciencias Médicas; 2012. Disponible en: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/3812>
17. Chalakuzhiyl-Abraham M., Sudhakara M., Udita M., Maheshwaran M., Valarmathi S., Karrunakara B. Evaluation of awareness among dentists about magnetic resonance imaging and their interactions with restorative dental materials: A survey among dentists in three districts of Tamilnadu. *Journal of Indian Academy of Dental Specialist Researchers*. 2016;3(1):1-4
18. Tymofiyeva O, Vaegler S, Rottner K, Boldt J, Hopfgartner AJ, Proff PC et al. Influence of dental materials on dental MRI. *Dentomaxillofac Radiol*. 2013;42(6):1-9. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23610088/>
19. Starcuková J., Starcuk Z., Hubáková H., Linetskiy I. Magnetic susceptibility and electrical conductivity of metallic dental materials and their impact on MR imaging artifacts. *Dent Mater*. 2008;24(1):715-723. doi: 10.1016/j.dental.2007.07.002.
20. Chockattu S., Suryakant D., Thakur S. Unwanted effects due to interactions between dental materials and magnetic resonance imaging: a review of the literature. *Restor Dent Endod*. 2018;30(4):39. doi: 10.5395
21. Egger G., Rieker M., Kress B., Flebach J., Diekhaus H., Hassfeld S. *MAGMA*. 2005 ;18:103-111.