

Universidad Abierta Interamericana



**Facultad de Medicina y Ciencias de la Salud
Licenciatura en producción de Bioimágenes**

Frecuencia de artefactos de movimiento en Resonancia Magnética

TRABAJO FINAL DE CARRERA

Autor: Marcantoni Carolina

Fecha: Marzo 2025

Resumen

En la actualidad, los artefactos, específicamente los de movimiento, se presentan como una problemática significativa en el área de resonancia magnética nuclear, encontrándose una escasa oferta de investigaciones sobre este tema en particular. A raíz de ello, el presente trabajo de investigación tiene como objetivo determinar la frecuencia con la que se producen los artefactos por movimiento en resonancia magnética (RM), lográndose mediante la observación participativa en donde se analizaron y estudiaron a 25 pacientes de forma aleatoria que concurrían al servicio de resonancia magnética de un efector provincial de la ciudad de Rosario, Santa Fe, en el periodo de prácticas hospitalarias comprendidas entre el 20/09/ 2024 al 29/11/2024. Además, se busca describir el impacto que generan estas distorsiones indeseadas a la hora de la realización del estudio. Los resultados muestran que, la mayoría de los pacientes que se sometieron a esta prueba realizaron artefactos por movimiento, comprendiendo el 56% de los pacientes, siendo el impacto principal la repetición de secuencias. A partir de estos hallazgos, el proyecto contribuye a brindar información sobre la importancia de los artefactos y el impacto que generan tanto para el paciente, como para la calidad del estudio, siendo una herramienta más para futuras tomas de decisiones e investigaciones.

Palabras clave

Resonancia magnética, artefactos, artefactos de movimiento, calidad de imagen.

Contenido

Resumen	1
Justificación	4
Problema	4
Objetivo General	6
Objetivos Específicos	6
Marco Teórico	6
Resonancia Magnética	6
Historia de la RM	7
Principios Básicos	8
Parámetros técnicos de la adquisición	9
Uso y Aplicaciones	10
Estrategias de manejo del paciente	11
Imagen por RM	11
Calidad de imagen	12
Factores de la calidad de imagen	12
Factores Físicos	13
Artefactos	14
Artefactos por la obtención de la imagen	15
Artefactos generados por el campo magnético	19
Artefactos del equipo	20
Artefactos de movimiento	20
Movimientos por Deglución	21
Movimientos por dolor	21
Movimientos oculares	22
Movimientos respiratorios	22
Movimientos cardiacos	22
Movimiento por flujo circulante	23
Movimientos peristálticos	23
Movimiento por discomfort-inquietud	23
Movimiento en embarazadas	24
Movimiento por condiciones especiales o discapacidad	24
Metodología	25
Resultados	27
Análisis de la entrevista realizada a licenciados	36
Conclusión	38
Anexos	40

Bibliografía	42
---------------------------	-----------

Justificación

Este trabajo resulta relevante porque aborda una de las problemáticas centrales en el campo de la resonancia magnética como lo son los artefactos causados por el movimiento voluntario o involuntario del paciente a la hora de la adquisición de la imagen. Estos artefactos, son distorsiones no deseadas en las imágenes obtenidas, que representan un desafío diario para los técnicos y licenciados en bioimágenes y profesionales de la salud, ya que afectan la precisión en el diagnóstico final. Al ser una técnica clave en la medicina moderna, es fundamental que las imágenes adquiridas sean lo más claras y libres de imperfecciones posibles para lograr un diagnóstico correcto.

A raíz de esto se pretende recopilar información y profundizar sobre la problemática que representan los artefactos en RM a la hora de obtener una imagen de alta calidad, buscando contrarrestar la escasez de investigaciones sobre el tema en cuestión. Por lo tanto es importante conocer la frecuencia con la que se produce el movimiento del paciente y otros artefactos para el beneficio de futuras investigaciones, como también llevar un control sobre el impacto que genera en el servicio, en la calidad de imagen y en el diagnóstico final.

Al conocer en qué tipos de estudios y bajo qué condiciones se producen con mayor frecuencia estos artefactos, esta investigación puede aportar información a los servicios de resonancia magnética para optimizar sus procedimientos, anticiparse a los problemas y minimizar la aparición de interferencias. Comprender cómo impacta los movimientos del paciente en el estudio, no solo mejoraría la calidad de las imágenes obtenidas, sino que también permitiría mejorar la gestión del tiempo y los recursos del servicio, al evitar repeticiones de estudios y optimizar los tiempos de atención.

Además, aportar información sobre los movimientos del paciente puede ayudar a lograr un impacto positivo en la calidad de atención, ya que realizarse un estudio de resonancia magnética puede generar inseguridad y ansiedad en algunas personas, lo que incrementa los movimientos indeseados y al conocer en qué tipo de pacientes se producen con mayor frecuencia se pueden implementar instrucciones precisas antes y durante el estudio o técnicas de inmovilización para disminuir inconformidades del paciente.

Problema

La Resonancia Magnética Nuclear (RMN) es una técnica no invasiva, que proporciona imágenes médicas tridimensionales detalladas. Se emplea para identificar enfermedades, realizar diagnóstico y supervisar tratamientos, mediante un campo electromagnético y

ondas de radio, permitiendo examinar estructuras anatómicas de una forma segura, ya que no emplea radiación ionizante. Los profesionales de la salud emplean esta tecnología de diagnóstico por imágenes como herramienta clave para diagnosticar una amplia gama de condiciones médicas, que abarcan desde lesiones musculoesqueléticas, como ruptura de ligamentos, procesos epilépticos hasta patologías más complejas, como tumores, anomalías congénitas o neurodegenerativas.

En 1997, la FDA (Food and Drug Administration) de los Estados Unidos, declaró la RM como una técnica con "riesgo no significativo", siempre que se use dentro de unos parámetros recomendados, (como se citó en Mut Pons, R et al, 2018). Este examen posee una tasa de complicaciones muy baja, sin embargo no son inexistentes. Entre los principales obstáculos que presenta este estudio para la obtención de imágenes de alta calidad se encuentran los artefactos o artificios. Como señalan Araya R. y Falcon F (2015) “La resonancia magnética es una técnica de imagen que, por su principio de funcionamiento y el diseño de los equipos, es muy susceptible a la aparición de artefactos que deterioran la calidad de imagen”

En la práctica habitual, técnicos y licenciados se encuentran con imperfecciones en la imagen que no corresponden a estructuras anatómicas existentes. Según Sartori, P et al (2015) “Un artefacto o artificio se define como una distorsión, adición o error en una imagen que no tiene correlato en el sujeto o región anatómica. Como término, deriva de las palabras latinas artis (artificial) y actum (efecto), y refiere a un efecto artificial que altera la calidad y fidelidad de una imagen, pudiendo encubrir una patología o crear hallazgos falsos”.

“Estos artefactos representan un desafío significativo para la obtención de imágenes de alta calidad, ya que puede distorsionar la imagen, dificultando la interpretación diagnóstica”. La calidad de las imágenes refiere a la relación de cuatro factores, la correlación señal-ruido, el contraste, la resolución espacial y el tiempo de adquisición. La mala utilización de ellos logra una falta de nitidez, percepción visual y claridad, impidiendo realizar un diagnóstico preciso y provocando, en el peor de los casos, la repetición del estudio o secuencias, lo cual implica enfrentar otros tipos de inconvenientes como el aumento de tiempo, costos adicionales y el posible malestar del paciente.

Las distorsiones pueden originarse por distintos factores, como problemas del equipo, mala respiración del paciente, flujo sanguíneo, presencia de metales y movimiento.

Siendo este último el motivo principal para la realización de esta investigación, con el fin de determinar la frecuencia de los artefactos en resonancia magnética, específicamente por movimientos del paciente, y como estos influyen en el estudio e imagen final. Por lo tanto surge la siguiente pregunta de investigación: ¿Cuál es la frecuencia en la que se producen artefactos de movimiento en efector provincial de Rosario, Santa Fe, durante el cuarto trimestre del año 2024?

Objetivos

Objetivo General

- Describir la frecuencia de artefactos por movimiento.

Objetivos Específicos

- Identificar cuáles son los estudios en los que se produce mayor cantidad de movimiento del paciente.
- Detectar los distintos tipos de artefacto que se producen.
- Describir de qué forma impactó el movimiento del paciente en el estudio.

Marco Teórico

En este trabajo de investigación es importante tener presente las siguientes definiciones que son conceptos relevantes para este proyecto.

Resonancia Magnética

La Resonancia Magnética es una técnica que entrega gran calidad de imágenes dentro del área de medicina como método de diagnóstico y funcional de las estructuras anatómicas que componen el cuerpo humano. Es una nueva tecnología que ha causado revolución dentro del mercado médico siendo una técnica no invasiva y siguiendo las seguridades del caso no está asociada a radiaciones de alta potencia que pueda dañar o generar riesgos en nuestra integridad corporal. (Han, H., Cid, A., Cárdenas, C., & Villalobos, D. 2022). Este equipo manipula campos magnéticos utilizando grandes imanes, ondas de radiofrecuencia y una computadora para la producción de las imágenes. (Hernández, C. A., Martínez, O. H. C., y Ramírez, C. A. A. 2009). Las IMR o imágenes por resonancia magnética son multiplanares, lo que significa que tiene la capacidad de producir cortes que se encuentran en los tres planos, axial, coronal y sagital.

En resonancia magnética los agentes de contraste a utilizar son derivados del gadolinio que tiene propiedades magnéticas, lo que ayuda a resaltar tejido anormal gracias a que

perturba los tiempos de relajación de los protones. Se pueden visualizar con mayor definición estructuras vasculares y patologías como los tumores, entre otros. A diferencia de otros medios de contraste como el yodo, utilizado en tomografía o rayos x, el gadolinio se caracteriza por ser muy seguro, con mínimas probabilidades de efectos adversos lo que hace que la resonancia magnética sea una prueba ideal para pacientes con problemas de alergias al yodo.

Los múltiples cortes, la ausencia de efectos dañinos para la salud, la elevada resolución de contraste y el bajo índice de consecuencias con el manejo del contraste medico supone una ventaja significativa en comparación a otros métodos de diagnóstico por imágenes. Sin embargo, también presenta desventajas de las cuales se destacan: El ruido fuerte, comúnmente llamados como golpes o pitidos, que puede alcanzar los 120 decibeles en ciertos equipos, provocando la utilización de audífonos y algodones en los oídos. Personas con implantes como marcapasos, monitores cardiacos subcutáneos, desfibrilador-cardioversor implantable, bombas de insulina, capsulas endoscópicas, estimuladores cerebrales profundos o cualquier aparato que contenga hierro o metales puros no deben realizarse una RM debido a que estos equipos son atraídos por el campo magnético. Por último la claustrofobia, ya que los equipos cerrados pueden resultar angostos para ciertos pacientes, provocando sensación de encierro y dificultando tolerar largos periodos de tiempo inmóvil. Estas desventajas pueden llevar a la aparición de artefactos en la imagen, ya sea por el movimiento o por los metales.

Historia de la RM

Sus inicios fueron en el periodo denominado “La prehistoria” que abarca del año 1921 a 1945. En el año 1924 Wolfgang Pauli propuso el concepto de “Spin”. Pauli, en los años veinte demostró que muchas de las características de la estructura hiperfina de los espectros atómicos se podían explicar si los núcleos atómicos presentaban también spin y su respectivo momento magnético. (Canals, M. 2008). En 1933, Otto Stern y Walther Gerlach refinaron la investigación confirmando la proposición de la existencia del Spin nuclear que sería fundamental para el posterior desarrollo en el área. Con posterioridad Gorter y Rabi se reunieron para continuar con el desarrollo de estudios, lo que logro que a partir de los conceptos de Gorter, Rabi y su grupo publicaran en 1938 sus exitosos resultados donde denominaron a la resonancia magnética, espectroscopia por radiofrecuencia, llevando a recibir el premio Nobel de Física en 1944 por sus grandes descubrimientos. En 1942 Gorter utiliza por primera vez el término de resonancia magnética nuclear. En 1946 se tomaron los primeros datos del fenómeno de la

resonancia magnética. En Estados Unidos, en ese año, Félix Bloch y Edward Purcel demostraron que determinados núcleos sometidos bajo un campo magnético intenso, absorben energía de radiofrecuencia y pueden generar una señal de radiofrecuencia que es capaz de ser captada por una antena receptora.(González, L., Aldana, D., Rosa, M. 2012).

Luego continuó la “Era Medica” donde en 1955 Eric Odeblad y Gunnar Lindstrom comenzaron a experimentar con ratas. Según Pebet, N. (2004) “el método fue aplicado a objetos sólidos en estudios de espectroscopia, en 1967, J. Jackson comenzó a aplicar los descubrimientos logrados hasta entonces, en organismos vivos, y recién en 1972, P. Laterbur en Nueva York, se dio cuenta que era posible utilizar esta técnica para producir imágenes, llegando por fin a probarlo con seres humanos”. En el año 75 se logra la primera sección transversal del dedo humano y las primeras tomografías axiales de encéfalo fueron publicadas los años 79 y 80 por Hawkes y Moore. Posteriormente en el año 1981 se instaló el primer prototipo de tomógrafo por RM en Londres (Parra, R., & García, C. 2002) y en 1983 se obtuvo el primer equipo de resonancia magnética en Barcelona, España. Por último la llegada del primer resonador a la Argentina se dio de la mano del Hospital Italiano en 1988, como cuenta Domb, B. (2018) “fue un Dasonics de 0,5T diseñado por el Dr. León Kaufman, argentino, eminente investigador de la Universidad de California en San Francisco, y uno de los grandes desarrolladores de la Resonancia.”

Todos estos descubrimientos logrados por físicos, ingenieros, químicos, médicos y matemáticos permitieron que el área de la resonancia magnética nuclear siga creciendo y desarrollando nuevas tecnologías para el diagnóstico hasta la actualidad.

Principios Básicos

Ciertos núcleos atómicos (protones de hidrogeno) sometidos a un campo magnético y estimulado mediante ondas de radio con frecuencia apropiada absorben energía. Cuando cesa el campo magnético los núcleos atómicos liberan la energía absorbida la cual denominamos señal de resonancia. La señal de resonancia producida es recibida por la antena o mejor dicho por bobinas y luego esas intensidades de señal son analizadas mediante algoritmos computarizados. Los tiempos de relajación representan las mediciones de la rapidez con que se produce esa liberación de energía. (González, L., Aldana, D., Rosa, M. 2012). Finalmente se pueden observar las imágenes anatómicas minuciosas por un monitor.

Parámetros técnicos de la adquisición

Los parámetros técnicos en resonancia magnética son configuraciones elementales que determinan como se forma y se obtiene la señal de la imagen. Estos contienen distintos parámetros como el tiempo de repetición (TR), el tiempo de eco (TE), la matriz de adquisición, el grosor de corte, el ancho de banda, el campo de visión (FOV) y el número de excitaciones (NEX). Cada uno de estos factores interviene directamente en la calidad de imagen, el tiempo necesario para adquirirla y la perceptibilidad a movimientos.

Dado que estos parámetros establecen la resolución espacial y el tiempo de adquisición, la configuración incorrecta puede provocar el aumento de movimientos indeseados, interfiriendo en la elaboración de la imagen. Por ejemplo, un tiempo de adquisición extenso aumenta las probabilidades de movimientos por parte del paciente y una resolución espacial muy elevada, puede alterar la relación señal-ruido, desarrollando la susceptibilidad a movimientos tenues.

- TR: El tiempo de repetición al ser corto disminuye el tiempo de adquisición, lo que favorece y ayuda a tomar imágenes con mayor velocidad, aunque puede sacrificar la relación señal-ruido.
- TE: Al utilizar un tiempo de eco corto la adquisición de la imagen puede ser más rápida, pero puede impactar negativamente en el contraste deseado.
- Matriz: A mayor tamaño mejor resolución espacial, pero aumenta el tiempo de adquisición, como consecuencia mayor probabilidad de artefactos de movimiento.
- Espesor de corte: Mientras más grueso sea, es más capaz de interceder movimientos, aunque reduce la resolución espacial.
- Ancho de banda: Explica como a mayor ancho de banda más se puede reducir los artefactos de desplazamiento químico.
- FOV: Cuando el campo de visión se amplía, puede visualizarse mayor movimiento involuntario de las estructuras anexas. A su vez, si se disminuye puede aumentar el ruido en la imagen perturbando la calidad de la misma.
- NEX: Expone que al aumentar la excitaciones aumenta positivamente la relación señal-ruido, como consecuencia alarga el tiempo de adquisición.

Por lo tanto estos parámetros se encuentra estrechamente relacionados con el movimientos, en la creación de artefactos y como es el resultado final de la imagen. La

correcta utilización de los mimos puede ser beneficiosa cuando se trata de repetición del estudio y optimización.

Uso y Aplicaciones

Los escáneres de la RM son especialmente apropiados para obtener imágenes de los tejidos blandos o las estructuras no óseas. Estructuras como el cerebro, los nervios, medula espinal, ligamentos y tendones se ven con mucha más resolución y definidos que en otras técnicas como rayos x o tomografía convencional. Como indica Pebet, N. (2004) entre sus aplicaciones se encuentran:

- **Neurológicas:** Proporciona imágenes de mayor resolución que la tomografía computada (TC) para las estructuras nerviosas. Permite detectar edemas cerebrales, tumores, trombosis venosas, placas de desmielinización (esclerosis múltiple) e infartos cerebrales. Casi todas las anomalías cerebrales presentan alteraciones en el contenido de agua, que se consigue registrar con la RM. Una diferencia en el contenido acuoso de menos del uno por ciento es suficiente para detectar los cambios patológicos.
- **Cardiovasculares:** A veces, en colaboración con la radiografía, la TC o el ecocardiograma. Se puede estudiar el corazón así como las arterias y las venas.
- **Otorrinolaringología:** Alteraciones de oídos, senos paranasales, boca y garganta.
- **Oftalmología.**
- **Tumorales:** Permite detectar alteraciones tumorales de cualquier tipo y en cualquier órgano.
- **Aparato locomotor:** Permite localizar lesiones óseas o musculares de todo tipo y en cualquier región del organismo. Es el único procedimiento que permite ver los ligamentos.

En general, puede ser utilizada para visualizar estructuras como corazón, pulmones, glándulas mamarias, hígado, vías biliares, bazo, páncreas, riñones, útero, ovarios, próstata, etc. (Pebet, N. 2004).

Su técnica consiste en introducir al paciente en un campo magnético el cual es creado por un imán y aplicando ondas electromagnéticas se obtiene la señal de los núcleos de sus átomos. Después se recoge la energía que se ha liberado en forma de señal. En este proceso físico se pueden formar artefactos que lo que hacen es distorsionar la imagen dando lugar a errores diagnósticos y clínicos. (Omedes, C. M, et al 2024).

Estrategias de manejo del paciente

Para lograr minimizar los artefactos se nos presenta distintas estrategias para aplicar antes y durante el estudio de resonancia magnética.

La comunicación efectiva con los pacientes es uno de los pilares principales para disminuir el movimiento, esto se lleva a cabo mediante la explicación del estudio con sus instrucciones previo a que comience, también aclarar cualquier tipo de duda que tenga el paciente para despejar sus miedos.

También la buena preparación física de paciente es fundamental para que se sienta cómodo y no produzca movimientos, entre ellos se destacan la buena posición del paciente y atenuación del ruido ya sea proporcionando auriculares, tapones o algodones para los oídos.

Luego se puede acudir a dispositivos de inmovilización para mantener el paciente estable ya sea con cintas, almohadillas, soportes, etc. Si el paciente no colabora se acudirá a la sedación leve o moderada bajo supervisión médica, generalmente es más utilizada en pacientes pediátricos, con claustrofobia, ansiedad extrema o con discapacidades.

Finalmente adaptar y personalizar el estudio según el paciente puede ser una estrategia útil, utilizando secuencias rápidas donde el tiempo de la prueba disminuye.

Imagen por RM

El “brillo” de los tejidos en una IMR se denomina intensidad relativa de la señal que está explícita por ciertos factores como: Las propiedades intrínsecas T1 y T2 (secuencias) de los distintos tejidos, la concentración de protones de hidrogeno en los diversos tipos de tejidos en el cuerpo y el impulso de radiofrecuencia y las variaciones del campo de gradiente para generar la imagen. Al ajustar las variaciones de las ondas de gradiente y el pulso de radiofrecuencia, los programas computarizados crean secuencias de pulso determinadas que intervienen en la obtención de una imagen (ponderado) y como se visualizan los diferentes tejidos.

Las secuencias básicas son T1 y T2 y DP o densidad protónica que tienen la función de modificar la apariencia de cada tejido, resaltando o atenuando sus características según las propiedades intrínsecas de cada uno. Cuando una estructura se visualiza de color negro, se la denomina como “hipointensa”, lo que indica una baja intensidad relativa de señal, en comparación con las áreas adyacentes. Si el tejido es de color gris, se describe como “isointensa”, lo que sugiere que tiene una intensidad de señal o brillo similar a las

estructuras circundantes. Por último, si la estructura se observa de color blanco quiere decir que es “hiperintensa”, lo que apunta a una alta cantidad de brillo (intensidad de la señal) que la hace resaltar y destacar sobre los otros tejidos a su alrededor. Tabla 1.

Tabla 1. Tejidos en T1

Secuencia T1	Color
Agua	Negro
Hueso	Blanco
Grasa	Blanco
Musculo	Gris
Sangre	Blanco y negro
Tendones y ligamentos	Negro

Los equipos de resonancia magnética actuales son de alta resolución por lo que presentan mucha variedad de secuencias adicionales para determinar aún más las patologías y anatomía normal, aumentando la calidad de imagen y la fidelidad del diagnóstico.

Calidad de imagen

La calidad de la imagen en RM se refiere a la capacidad de estas técnicas para producir imágenes claras y precisas que representen fielmente las estructuras anatómicas y/o patológicas de interés (Ardila Gómez, D. G et al 2023). Según Sodickson y Baeyens (2017), dicha calidad está influenciada por varios factores técnicos y físicos que intervienen en la formación de la imagen (como se citó en Ardila Gómez, D. G et al 2023). Como señala Yañez, A (2014) “los cuatro factores de calidad de imagen son tiempo de adquisición, la relación señal-ruido, el contraste y la resolución espacial”. Es decir en una imagen diagnóstica y de calidad es la que con un determinado contraste obtiene un equilibrio entre la relación señal ruido y la resolución espacial, en un tiempo de adquisición aceptable, evitando el mayor número de artefactos. (Yañez, A. 2014).

Factores de la calidad de imagen

- Tiempo de adquisición de la imagen: Está ligada con el movimiento del paciente ya que deteriora la imagen, en cuanto menor sea el tiempo de adquisición la probabilidad de que sea afectada por dicho movimiento será menor. Un parámetro es el TR, si es menor la magnetización longitudinal será menor y por tanto menor tiempo para adquirir hay que tener en cuenta que se tendrá menor

S/R. Otro parámetro es el número de adquisiciones que se realizan pudiendo disminuir la adquisición en fase esto implicaría que los datos inexistentes lo calcule el sistema. Un último parámetro es obtener un eco fraccionado mediante la reducción del TE, esto ocasiona que solo se capte ciertas frecuencias y el resto calcule el equipo. (López Bonilla, A. D. 2013)

- Señal-Ruido: La relación señal-ruido en resonancia está relacionada directamente con el tamaño del vóxel. Los parámetros que afectan al tamaño del vóxel son el field of view (FOV), número de codificaciones de fase, frecuencia, espesor de corte, cantidad de excitaciones (Nex) y ancho de banda. Aparte de estos parámetros manipulables en el momento de planificar la secuencia de adquisición que se utilizará, la obtención de una alta SNR también está condicionada por la integridad en el funcionamiento de la bobina receptora que se esté utilizando en el momento de la adquisición, así una descalibración de algún elemento de la bobina, conllevará a aumentar el ruido existente de tal manera de reducir la SNR. Por último, también juega un rol importante para obtener una buena SNR la intensidad y la homogeneidad del campo magnético principal.(Araya, R. y Falcón, F. 2015)
- Relación Contraste Ruido(C/R): Es la diferencia existente entre dos señales de áreas adyacentes. Está determinado por los parámetros de las secuencias a usar. Depende directamente de TI, T2, densidad protónica y los tiempos de repetición y eco (TR y TE). Como se conoce estos tiempos están dados por las propiedades intrínsecas de cada tejido haciendo diferente el pulso de RF de acuerdo el tejido y por tanto el vector en el plano transversal sea diferente determinando el contraste de la señal. (López Bonilla, A. D. 2013)
- Resolución Espacial: Está dado por el tamaño del voxel y es la capacidad de demostrar estructuras anatómicas de pequeño tamaño en la imagen. Los parámetros que intervienen son: el grosor de corte, el campo de imagen (FOV) y la matriz de imagen. Si se disminuye el vorel aumenta la resolución espacial, pero existe un problema si se mejora la resolución espacial disminuye la relación señal ruido. Otra manera es disminuir el corte o el FOV y aumentar la matriz. (López Bonilla, A. D. 2013).

Factores Físicos

La calidad de imagen se ve afectada por diversos elementos físicos que interactúan durante el momento de la obtención de la imagen entre ellos se encuentran la

calibración del equipo y la homogeneidad del campo magnético. Estos son fundamentales para que se logren imágenes de buena calidad, claras y libres de artefactos.

La calibración se trata de que el equipo de resonancia magnética tenga un rendimiento óptimo, un equipo con mala calibración lleva a que las imágenes tengan mala calidad y aumenta la aparición de artefactos técnicos. Un equipo bien calibrado logra un impacto positivo para la disminución del tiempo de adquisición y optimización de recursos, además mejora la precisión del diagnóstico entregando imágenes de alta calidad.

Algunos aspectos a tener en cuenta que interfieren con la calibración son: las bobinas que deben encontrarse en buen estado y calibradas correctamente, si están mal ajustadas pueden disminuir la relación señal-ruido y generar debilidades en la señal. Los sistemas de enfriamiento son esenciales ya que los imanes superconductores necesitan temperaturas considerablemente bajas, si falla el sistema de enfriamiento puede implicar problemas en la seguridad del campo magnético. También, tener en los gradientes del campo magnético ya que, la exactitud de la aplicación de los mismos establece la localización espacial de la señal. Esta desviación en la calibración puede originar artefactos geométricos.

La homogeneidad del campo magnético permite que los protones en el cuerpo se establezcan a frecuencias determinadas durante la obtención de la imagen. Las irregularidades en el campo pueden provocar desviaciones en la señal (artefactos de susceptibilidad magnética). Entre los factores que afectan la homogeneidad se encuentran: la composición del paciente, debido a las interfaces producidas entre tejidos de diferente densidad, presencia de metales (implantes, prótesis, accesorios) y la configuración del equipo ya que, la calidad y el diseño de las bobinas e imán pueden afectar el campo y dañar la señal.

Artefactos

De acuerdo con Joseph P. Hornak, Ph.D. (2013) “Un artefacto en la imagen es cualquier detalle que aparece en la imagen que no se encuentra presente en el objeto original a representar. Un artefacto en la imagen es el resultado del funcionamiento inapropiado del equipo algunas veces y, otras, es consecuencia de procesos naturales del cuerpo humano. Es importante estar familiarizado con la apariencia de los artefactos ya que los mismos pueden confundir y ser confundidos con una patología. Por lo tanto, los artefactos en la imagen pueden producir falsos negativos y falsos positivos”

Existen distintos motivos por el cual se generan este tipo de distorsiones, entre los más frecuentes se destacan: Artefacto de solapamiento (aliasing), artefactos de cremallera (zipper), artefactos de susceptibilidad magnética (magnetic susceptibility), artefactos por cambio químico (chemical shift), artefactos de truncamiento, artefactos del ángulo mágico, artefactos de volumen parcial, artefactos técnicos y los artefactos de movimiento (ghosting) que según Rinck, P. (2016) “son los artefactos más frecuentes en la imagen por RM y han dificultado seriamente el uso de la RM.”

Estos artefactos pueden clasificarse según la causa que los generó y se dividen en paciente, obtención de la imagen, antena, campo magnético y gradientes del campo magnético. A su vez pueden clasificarse en artefactos intrínsecos que son los que están dentro del paciente y no podemos modificar y artefactos extrínsecos que son ajenos al equipo y al paciente. Tabla 2.

Tabla 2. Clasificación de los artefactos.

Artefactos Intrínsecos	• Homogeneidad del campo (condición técnica del equipo) • Desplazamiento químico (podemos desviarlo, pero no eliminarlo) • Movimiento (si se puede eliminar)
Artefactos Extrínsecos	• Objetos magnéticos • Joyas • Prótesis

Artefactos por la obtención de la imagen

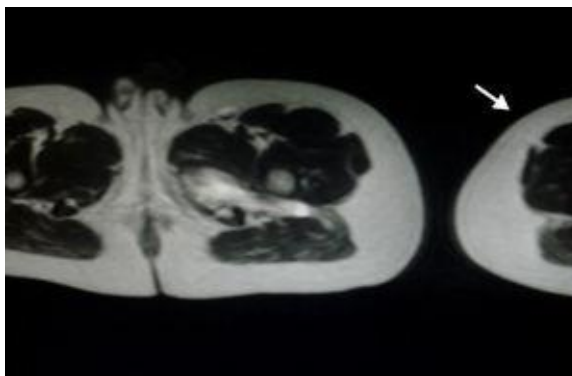
Los artefactos de solapamiento (aliasing) (fig. 1) aparecen cuando el campo de estudio no incluye todas las estructuras anatómicas presentes en la sección de corte de una imagen. Así, la parte excluida queda incompleta en un extremo del corte y continúa en el borde opuesto. (Sartori, P. et al 2015)

Etiología: ocurre en la dirección de la codificación de fase. Es debido a que una determinada área/posición (localizada dentro del campo de adquisición - FOV) tiene asignado un período de fase específico. Mientras que a la estructura localizada fuera del

FOV se le asigna la misma fase también, causando solapamiento de la imagen. (Gwiazdowski, F. J., Leon, J. G., & Jurado, A. M. 2021).

Existen diversas maneras para revertir este artefacto. Se utiliza el sobremuestreo (oversampling) para evitar que las imágenes se superpongan en dirección de codificación de fase, se amplía el campo de visión, alargando la codificación de fase a un área más extensa. Otra manera de evitar el artefacto es con adquisiciones intercaladas en la dirección de fase, consiguiendo que el FOV se duplique y que las estructuras que se encuentran fuera del área de interés se eliminan con posterioridad. Para finalizar se pueden usar una antena de superficie apropiada a la zona de estudio lo que logra que no se obtenga señal de las estructuras fuera del campo de visión.

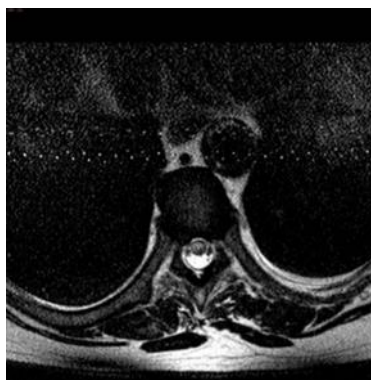
Figura 1. Resonancia magnética de cadera, se observa un corte del muslo derecho que se extiende hasta la izquierda de la imagen, marcada por la flecha.



Nota. Sartori, P et al (2015) [Fotografía] Artefactos y artificios frecuentes en tomografía computada y resonancia magnética.

Los artefactos de cremallera o zipper (Fig. 2) son como dice Lavin, C. (2019) “una o más bandas espurias de ruido electrónico que se extienden perpendiculares a la dirección de codificación de la frecuencia y están presentes en todas las imágenes de una serie”, en otras palabras son rayas y puntos blancos y negros en forma continua.

Figura 2. RM de columna corte axial, se distinguen puntos continuos en forma de línea horizontal, donde se forma el artefacto de cremallera.



Nota. Gwiazdowski, F. J., Leon, J. G., & Jurado, A. M. (2021) [Fotografía] Los artefactos más frecuentes en resonancia magnética, tomografía computarizada y ecografía que todos los radiólogos deberían conocer.

Los artefactos por cambio o desplazamiento químico (Fig. 3) se producen en el sentido de la codificación de frecuencia, y se traduce por una banda en forma de semiluna de hipo señal que se alterna con otra banda de hiperseñal. Esto ocurre en las zonas anatómicas donde las interfaces de tejidos son de composición muy distinta como es el interfaz de grasa a agua. (Lavin, C. 2019).

La solución principal para esta distorsión es la utilización de secuencias de supresión de grasa como Fat-Sat y Stir. También se puede reducir el campo de visión ya que se alcanza un superior gradiente de campo y como consecuencia hay mínimo deslizamiento en la imagen, ya que está en manos del tamaño del pixel. Por último se puede aumentar el ancho de banda pero como desventaja interfiere de forma negativa en la relación señal-ruido.

Figura 3. RM de abdomen, corte axial, secuencia fuera de fase: se evidencia una banda hipointensa, originada por el desplazamiento químico, que rodea los riñones (flechas). Este efecto también se denomina “sello de agua”.

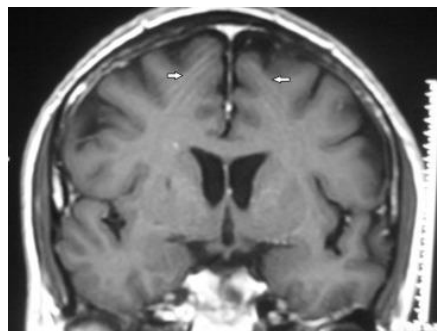


Nota. Sartori, P et al (2015) [Fotografía] Artefactos y artificios frecuentes en tomografía computada y resonancia magnética.

Los Artefactos de truncamiento (Fig. 4) se definen por la diferencia entre la imagen original y la reconstrucción. Este se aprecia como bandas intercaladas hiper e hipointensas, paralelas a los bordes, con bruscos cambios de intensidad. (Sartori, P et al 2015)

Como solución se encuentra el aumento de tamaño de la matriz lo que genera que se aumente el tiempo de adquisición, y por otro lado la utilización de filtros donde se traspasan los datos brutos previo a la reconstrucción de la imagen, sin embargo, como desventaja se pierde nitidez.

Figura 4. RM de cerebro, corte coronal, en ponderación T1 con gadolinio: se ven bandas hipo e hiperintensas superpuestas en la topografía de los lóbulos frontales (flechas). Esto es característico del artefacto de truncamiento de Gibbs.



Nota. Sartori, P et al (2015) [Fotografía] Artefactos y artificios frecuentes en tomografía computada y resonancia magnética.

Los artefactos de volumen parcial describen cualquier artefacto que ocurre cuando el tamaño del vóxel de la imagen es más grande que el tamaño del detalle a representar. Por ejemplo, si un pequeño vóxel contiene solo señal de agua o grasa, y un vóxel más grande puede contener una combinación de ambas, un vóxel grande posee una intensidad de señal que equivale al promedio ponderado de la cantidad de agua y grasa presente en el vóxel. Otra manifestación de este tipo de artefacto es la pérdida de resolución debido a múltiples características presentes en el vóxel de la imagen. Por ejemplo, un pequeño vaso sanguíneo que pasa en diagonal a través de una sección puede aparecer nítida en una sección de 3 mm de espesor, pero borrosa en una sección de 5 mm o 10 mm. (Joseph P. Hornak, Ph.D. 2013).

La solución más utilizada se encuentra disminuir el grosor de corte y así se reduce el tamaño del vóxel y de la cantidad de intensidades de tejidos que se implican en él. Sucede cuando el tamaño del vóxel es superior que la dimensión del detalle a simbolizar.

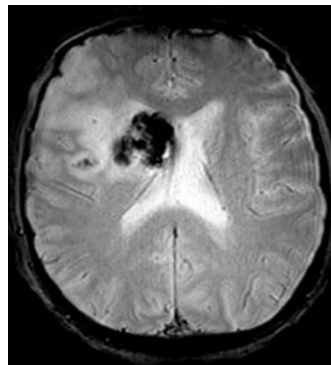
Artefactos generados por el campo magnético

Los artefactos de susceptibilidad magnética (Fig. 5) generan una deformidad local del campo magnético, causando un error en el registro espacial. La susceptibilidad magnética describe el grado de magnetización de una materia expuesta a un campo magnético. Las sustancias con susceptibilidad positiva son llamadas paramagnéticas (gadolinio, titanio o platino) y aquellas con susceptibilidad negativa se denominan diamagnéticas (agua). Las de fuerte susceptibilidad magnética positiva se clasifican como superparamagnéticas. (Sartori, P. et al 2015)

Etiología: las sustancias paramagnéticas (hemoglobina y oxígeno) y ferromagnéticas (hierro, cobalto y níquel) causan distorsión del campo magnético reduciendo la intensidad de la señal recibida. (Gwiazdowski, F. J., Leon, J. G., & Jurado, A. M. 2021)

Para solucionarlo se debe retirar cualquier elemento metálico antes de comenzar el estudio, utilizar bandas de saturación, disminuir el tamaño del vóxel acrecentando la matriz y mantener la puerta de la sala siempre cerrada para que no genere interferencias del exterior.

Figura 5. Artefactos de susceptibilidad magnética: área hipointensa en la cabeza del núcleo caudado causado por depósitos de hemosiderina.



Nota. Gwiazdowski, F. J., Leon, J. G., & Jurado, A. M. (2021) [Fotografía] Los artefactos más frecuentes en resonancia magnética, tomografía computarizada y ecografía que todos los radiólogos deberían conocer.

El artefacto por ángulo mágico es un fenómeno que, como declara Sartori, P. et al (2015) “Se origina cuando las estructuras anatómicas formadas por fibras paralelas (tendones o ligamentos) descritas un ángulo de 55° en relación con el eje B0. Se evidencian hiperintensos en las secuencias con TE corto 5, 13, 15, y producen una imagen que aparente una lesión en el tejido blando evaluado (meniscos, ligamento, cartílago o tendón).”

La solución es utilizar secuencias con un tiempo de eco alto para impedir la confusión con estructuras patológicas.

Artefactos del equipo

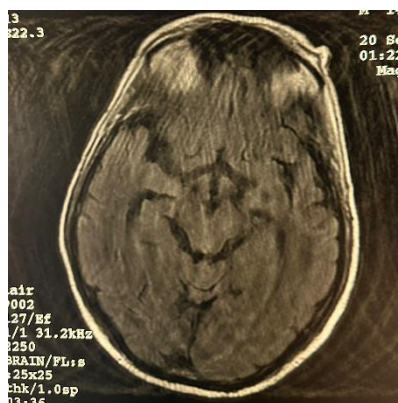
Entre los artefactos más usuales se encuentran los artificios tecnológicos, como señalan Sartori et al (2015) “Ocurren cuando hay una falla en los sistemas electrónicos, las bobinas, el equipamiento, la jaula de Faraday, etc., con artificios geométricos sobre la imagen. Las recalibraciones periódicas del sistema o la reparación por parte del servicio técnico del fabricante pueden solucionar esta alteración”.

Como indica Gwiazdowski, F. J., Leon, J. G., & Jurado, A. M. (2021) “Un adecuado conocimiento de los artefactos y sus principios físicos resulta esencial en nuestro trabajo. Permittiéndonos mejorar la calidad de la imagen y ayudarnos en la correcta interpretación de los hallazgos radiológicos”.

Artefactos de movimiento

Por último, los artefactos de movimiento (ghosting) (Fig. 6) son causados por el movimiento de todo o parte del objeto a representar durante la adquisición de la imagen. El movimiento de todo el objeto produce borrosidad de toda la imagen con imágenes fantasmas en la dirección de codificación de fase. El movimiento de pequeñas porciones del objeto a representar produce borrosidad de esa pequeña porción del objeto en la imagen. (Joseph P. Hornak, Ph.D. 2013).

Figura 6. Resonancia Magnética de Cráneo a paciente internado donde provoco artefacto y borrosidad (líneas en gris claro) en la imagen por movimiento de cabeza.



Esos movimientos pueden ser tanto voluntarios como involuntarios, según Sartori, P. et al (2015) se los puede dividir en controlados (voluntarios como deglución, movimientos oculares, temblor por discomfort-inquietud o movimientos por dolor) y fisiológicos

(involuntarios como movimientos respiratorios, latidos cardíacos. flujo circulante, vascular, linfático, líquido cefalorraquídeo) estos últimos, a su vez, se clasifican en rítmicos/periódicos (latidos cardíacos, pulso, respiración) o no rítmicos (al azar, por ej. peristaltismo intestinal) Tabla 3.

Tabla 3. Clasificación de Movimientos.

Movimientos Voluntarios	• Deglución • Movimientos oculares • Por dolor • Por discomfort-inquietud
Movimientos Involuntarios	• Respiración • Latidos cardiacos • Flujo circulante (LCF, vascular, linfático) • Movimientos peristálticos • Movimientos fetales en embarazadas

Movimientos por Deglución

Estos movimientos se producen cuando deglutimos, generalmente no hay inconvenientes que se plasmen en la imagen, aunque si la forma de tragar secreción salivar es muy brusca o compromete otras estructuras corporales puede producir movimientos que interfieran con la calidad de la imagen y si esta situación es recurrente como consecuencia puede llevar a la repetición de secuencias.

Movimientos por dolor

El dolor es una causa frecuente durante una resonancia magnética, debido a la incomodidad puede dificultar que el paciente mantenga una posición estática durante mucho tiempo lo que lleva al impedimento del estudio. Pacientes con lesiones y operaciones recientes, artritis, fibromialgia, fracturas, desgarros entre otras, presentan complicaciones significativas para permanecer inmóvil gracias al dolor que estas generan. El impacto del dolor en el procedimiento lleva a artefactos por movimiento y mayor tiempo de adquisición ya que utiliza el método de repetición de secuencias.

Movimientos oculares

Se produce mediante el parpadeo repetitivo que promueve al dinamismo en las áreas anteriores, lo que simula una actividad theta delta, que son ondas cerebrales lentas o fuertes que se caracterizan por su frecuencia u oscilaciones electromagnéticas. La solución para estos movimientos es pedirle al paciente que mantenga los ojos cerrados o tapar la mirada con algún elemento como gasas para que no mantenga los ojos abiertos.

Movimientos respiratorios

Dentro de los artefactos de movimiento se originan los artefactos por respiración que producen una imagen fantasma y desenfoque asociados a los movimientos respiratorios, que pueden ocultar o simular lesiones patológicas (Budrys, T. et al. 2018)

Etiología: los protones de hidrógeno cambian de posición entre los impulsos, por lo que perturba su posicionamiento en el espacio K y provoca la pérdida de nitidez de las estructuras y/o la formación de imágenes fantasmas. (Gwiazdowski, F. J., Leon, J. G., & Jurado, A. M. 2021)

La solución para este tipo de movimiento se basa en la disminución del artefacto ya que no se puede eliminar completamente porque el paciente tendría que dejar de respirar. Para ello se toman las siguientes medidas: Utilizar gating respiratorio, que es una banda que se coloca alrededor del pecho del paciente con la función de controlar el ciclo respiratorio, pues se expande y contrae en cada respiración, cuando el pecho sube y baja, de manera que se adquieren imágenes con menor movimiento. Suprimir la grasa, ayuda a reducir significativamente los artefactos por respiración ya que la grasa tiene un TR (tiempo de relajación) T1 más corto en comparación con otras secuencias, lo que la hace aparecer con mayor intensidad en la imagen. Por último, implementar secuencias más rápidas en apnea ayuda a obtener la imagen en menor tiempo y así evitar los artefactos respiratorios, se utilizan secuencias EG (eco gradiente), que reconocen un tiempo de repetición más corto.

Movimientos cardiacos

Estos artefactos se deben al movimiento producido por el ritmo de los latidos del corazón. Su solución recae en gating cardiaco que son electrodos que se colocan en el pecho de la persona, logrando armonizar el ciclo cardiaco alcanzando continuamente la señal en el propio punto del ciclo. La frecuencia cardiaca determina la velocidad de adquisición, mientras más rápida sea, más veloz es la adquisición. También se puede utilizar el método de bandas de presaturación que se colocan por encima de donde se

origina el artefacto, ya sea por latido cardiaco, vena o arteria. Por último, se puede manipular el gating periférico que toma, a través de un detector infrarrojo, el flujo arterial ya sea de un dedo de la mano o el pie y como resultado se puede sincronizar el latido con la adquisición, y disminuir movimientos involuntarios e indeseados.

Movimiento por flujo circulante

Asimismo se puede encontrar dentro de los artefactos por movimiento, los artefactos por flujo o movimiento del líquido cefalorraquídeo. Como señala Joseph P. Hornak, Ph.D. (2013) “Los artefactos por flujo son causados por el flujo sanguíneo u otros fluidos corporales. Un líquido que fluye a través de una sección transversal puede recibir un pulso de RF y luego salir de la sección en el momento que se obtiene la señal”. Los artefactos relacionados con el movimiento LCR, causados por la falta de estimulación de los protones de LCR por las ondas de radiofrecuencia, lo que produce la disminución de la señal recibida por la antena. (Gwiazdowski, F. J., Leon, J. G., & Jurado, A. M. 2021). Como solución se presentan las bandas de saturación o pulsos de compensación, estos últimos son pulsos de gradientes anexos en sentido contrario para eliminar el desplazamiento de fase, producidos por el movimiento del líquido cefalorraquídeo.

Movimientos peristálticos

Son movimientos aleatorios y continuos del contenido abdominal producidos por el tubo digestivo. Su solución recae principalmente en la utilización de fármacos antiperistálticos como la buscapina, ya que detiene estos movimientos un promedio de 15 a 20 minutos y debe administrarse con ayuno. También se puede aumentar el número de adquisiciones pero esta medida alarga el estudio ya que se obtienen mayor cantidad de imágenes y por último, se pueden aplicar bandas de saturación donde se emplea un pulso de 90° a todos los tejidos que se encuentran dentro de esta banda, previos al pulso de radiofrecuencia, esto consigue que la señal originada de la zona exterior del estudio no esté en fase a la hora de recoger la señal de la región de interés.

Movimiento por discomfort-inquietud

Estos movimientos se pueden dar por distintas causas como lo son los pacientes pediátricos, el desconocimiento, claustrofobia, el tiempo extenso del estudio, miedo, pánico entre otras. Su solución recae primeramente en la buena comunicación y explicación del técnico al paciente, si este sigue sin cooperar se pedirá la realización del estudio bajo sedación médica, o en el mejor de los casos se inmoviliza al paciente con correas o bandas para aliviar el movimiento.

Los pacientes pediátricos suelen tener conflicto para mantenerse inmóviles durante largos periodos de tiempo, ya que el conocimiento del procedimiento es escaso o nulo y su capacidad de autocontrol aún no está desarrollada, además las grandes máquinas y ruidos fuertes pueden aumentar el miedo o inquietud. Otro inconveniente es el desconocimiento de la resonancia magnética que puede aumentar los movimientos, ya que la falta de información como por ejemplo la duración del estudio, que puedo sentir o como me puedo comunicar con los técnicos en caso de necesitarlo, entre otras cuestiones lleva al nerviosismo, ansiedad e incluso no querer realizarse el estudio. Para continuar, la claustrofobia, es muy habitual en esta prueba ya que los pacientes pueden tener la sensación de espacio cerrado, debido al tubo de la máquina, causando movimientos por ansiedad, por el intento de salir del resonador o querer evitar ese escenario e irse. La duración prolongada del estudio puede llevar a molestias, dolores corporales e incomodidad por permanecer en la misma posición durante periodos largos y como resultado se producen movimientos por espasmos musculares, bostezos, tos entre otros. Por último un gran causal de movimientos no deseados es la ansiedad, miedo o pánico. Esto está estrechamente relacionado con el desconocimiento, la incertidumbre, la claustrofobia, situaciones sentimentales y miedo a los resultados o pensamientos sobre enfermedades graves.

Movimiento en embarazadas

El estudio de resonancia magnética es una práctica muy segura tanto para personas embarazadas como para el bebé, ya que no se han encontrado casos en los que se produzcan daños significativos en las últimas tres décadas. Este tipo de estudio puede ayudar a encontrar patologías maternas que no llegan a detectarse en una ecografía, como también diagnosticar anomalías en el feto como espina bífida entre otras. En este tipo de casos no es recomendable la utilización de medios de contraste, ya que el gadolinio puede afectar al feto a raíz de que tiene la capacidad de traspasar la barrera placentaria. Si hablamos de los artefactos en este tipo de pacientes, el movimiento fetal es una situación inevitable, que suele presentarse y afectar a la gran mayoría de estudios en personas embarazadas. Lamentablemente no hay solución para este tipo de movimientos más que la repetición de las secuencias o la cancelación del estudio si el feto se mueve demasiado.

Movimiento por condiciones especiales o discapacidad

Realizar una RM en personas con discapacidades o condiciones que involucran movimientos involuntarios como Parkinson, Síndrome de Tourette, autismo y epilepsia,

requieren estrategias determinadas para la obtención de una correcta imagen. En estos casos la sedación bajo supervisión médica es esencial para realizar un estudio de resonancia magnética sin comprometer la seguridad del paciente ni la calidad del estudio, ya que los movimientos son incontrolables por parte de los pacientes, específicamente con temblores, tics severos o cuando la condición que se presenta está muy avanzada que es prácticamente imposible solo depender de la medicación para controlar los movimientos del paciente.

Metodología

El presente trabajo de investigación es un estudio de caso de carácter descriptivo, ya que busca analizar y detallar las características del fenómeno, es decir, determinar a quienes, como y cuando se produce la frecuencia de artefactos por movimiento en resonancia magnética. Se desarrolla una estrategia metodológica cuali-cuantitativa, utilizando fuentes primarias y secundarias, mediante una observación participativa se recopilan los datos provenientes de pacientes en un hospital provincial de la ciudad de Rosario. Además, se utilizan datos recabados por otros investigadores como en artículos, revistas científicas y libros relacionados con la temática, con el fin de responder a los objetivos planteados.

Este trabajo tiene como propósito producir información sobre los artefactos de movimiento, específicamente cuantificar la frecuencia, determinar sus causas, evaluar de qué forma impactan los movimientos y ayudar a proponer soluciones para disminuir su aparición como por ejemplo, técnicas de inmovilización, para optimizar la atención del paciente, reducir repeticiones innecesarias y mejorar la calidad del estudio.

Lugar

La investigación se desarrolla en el servicio de resonancia magnética en un hospital provincial de la ciudad de Rosario, provincia de Santa Fe, Argentina, ubicado en zona centro de la ciudad. Donde se desempeñan trabajos de pasantías hospitalarias en el sector de bioimágenes, con la presencia y supervisión de un técnico a cargo.

El efector cuenta con un equipo cerrado marca General Electric 1.5 tesla de alto campo, el cual permite realizar todo tipo de estudios, con o sin contraste, entre ellos se destacan la resonancia de cráneo, columna, tórax, abdomen, del corazón, pélvica y resonancias magnéticas de miembros superiores e inferiores.

El servicio opera las 24 horas, siete días a la semana, contando con guardias pasivas y urgencias, donde se atiende a pacientes ambulatorios con turnos programados e internados.

Universo, muestra

Se utiliza como muestra a los pacientes que asisten al servicio de resonancia magnética en el efector público, los días viernes de 14:30 a 17:30 horas, durante el periodo comprendido entre el 20/09/ 2024 al 29/11/2024, debido a que los días viernes hay mayor diversidad de estudios siendo beneficioso para el estudio. Se analizarán a 25 pacientes seleccionados de manera aleatoria, entre 17 y 74 años sin distinción de género, tipo de estudio o patologías para asegurar la representatividad.

Técnicas e Instrumentos de recolección de datos

Con la finalidad de obtener información pertinente, se utilizaron distintos métodos de recolección, uno de ellos se basó en la observación tanto pasiva como activa. En la observación no participante, se tomó nota del servicio, pacientes y el trabajo del técnico presente y la observación participante, con la intervención activa en las tareas cotidianas que se desempeñan en un servicio de resonancia magnética en mayor o menor medida y con la respectiva supervisión.

Otra de las técnicas utilizadas fue una ficha de observación y encuestas a 25 pacientes que concurrieron al servicio de resonancia magnética durante los meses de Septiembre, Octubre, Noviembre y Diciembre del año 2024. Se registraron todos los acontecimientos que ocurrieron durante el periodo establecido, en el cual se tomaron en cuenta distintos factores como: sexo, edad, tipo de estudio, motivo de realización de la RM, duración del estudio, primera vez que se realiza una RM, contraste, movimiento del paciente, otros artefactos que se producen y como afecta al estudio la presencia de artefactos.

Por último, se realizó una encuesta a los técnicos y licenciados que trabajan en el servicio de resonancia magnética (3) sobre su experiencia personal y laboral en relación a los artefactos por movimiento. En la misma se preguntó: ¿Son frecuentes los artefactos de movimiento en este servicio de RM? ¿Afecta la forma en la que trabajan? ¿De qué manera impactan estos artefactos en el servicio de RM? ¿Qué estrategias utilizan en el caso de que el paciente no se quede inmóvil? ¿En qué tipo de pacientes ven con mayor frecuencia los artefactos de movimiento? ¿Se produce algún otro artefacto con frecuencia? ¿Hay artefactos por movimiento que no se puedan solucionar?

Resultados

Con base en los datos recopilados a partir de las encuestas aplicadas a los pacientes, así como en las observaciones realizadas en el servicio de resonancia magnética, se han analizado y sintetizado los resultados obtenidos. A continuación, se presentan dichos resultados de manera gráfica sobre la ficha de observación con el propósito de facilitar su interpretación y destacar las tendencias y esquemas más relevantes identificados durante el proceso.

Grafico N°1: El siguiente grafico muestra la distribución porcentual de los pacientes según su sexo que se sometieron a un estudio de resonancia magnética durante el periodo de prácticas hospitalarias. Del total de pacientes estudiados (25) los datos revelan que el 56% de los pacientes corresponden a mujeres, mientras que el 44% son hombres.

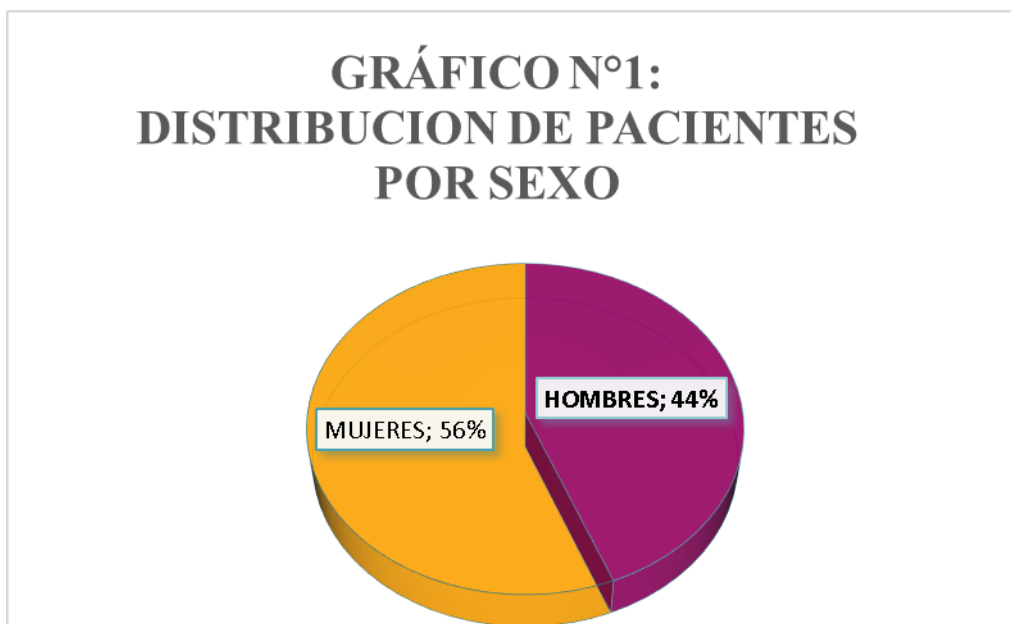


Gráfico N°2: A través de una tabla de frecuencias, donde utilizamos una amplitud de clases de 8, nos permitió graficar un Histograma de Pearson y el polígono de frecuencias en el cual pudimos plasmar las edades de los pacientes atendidos, donde se observa una media de edad de 47,68 años. Del total de pacientes estudiados se observó que la mayoría se encuentra en el rango etario de 33-41 años con un total de 5 pacientes y la minoría entre 41-49 y 73-81 años, con un total de 1 paciente en cada grupo.

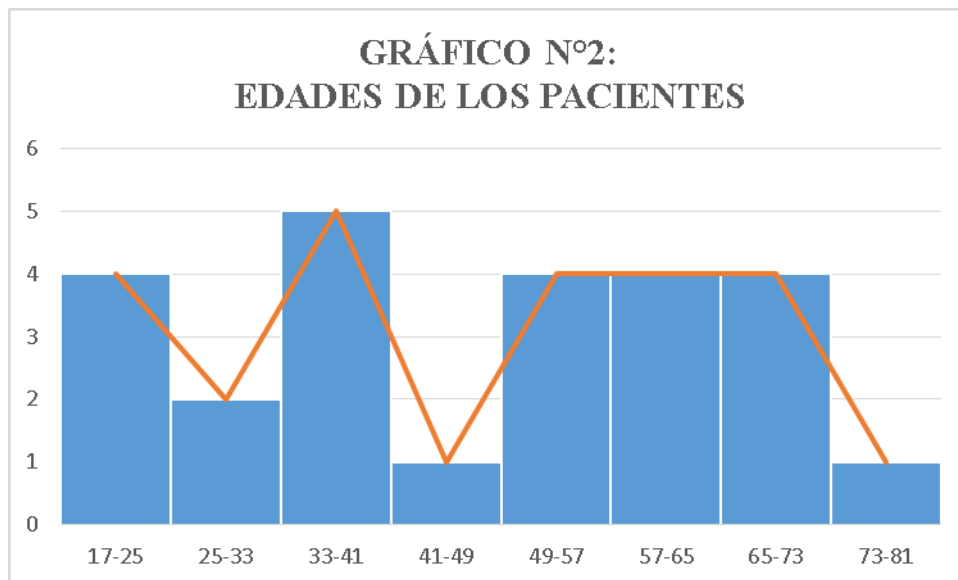


Gráfico 3: En la siguiente grafica se presenta los porcentajes del motivo de realización de una resonancia magnética de cada paciente. Como resultado se observó que la mayoría de pacientes acudieron al servicio por tumores, masas ocupantes de espacio, cefalea y distintos tipos de cáncer. Entre la minoría se encuentran con el mismo porcentaje del 4% golpes, apendicitis, acv, linfoma, problemas motrices, epilepsia, pólipos y compresión medular.

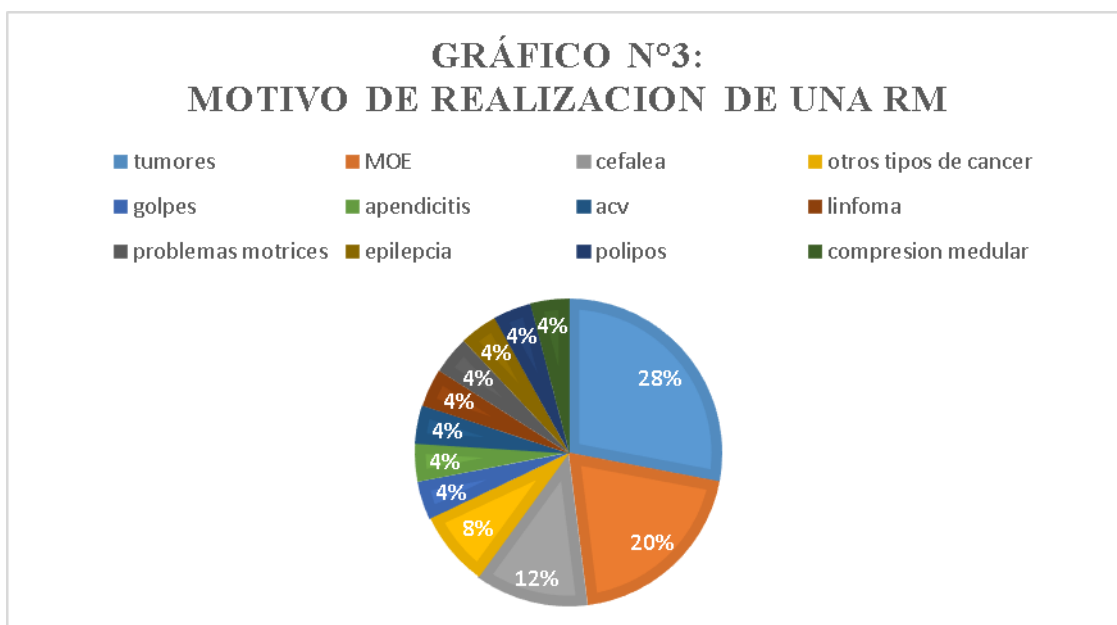


Gráfico N° 4: Del total de los estudios analizados, se determinó que los exámenes más frecuentes en el servicio de resonancia magnética son las RM de cráneo con un 40% de los estudios, de los cuales un 50% del total realizaron movimientos durante el procedimiento. Luego, lo sigue con un 20% los estudios de abdomen, y de ese total se observó que el 40% realizaron movimientos durante la RM de abdomen. Continuamente se encuentran los estudios de pelvis, y abdomen y pelvis en conjunto, con un 12% cada uno, siendo los estudios que más presentaron movimientos en proporción a los procedimientos realizados, con un 100% de movimientos en la RM de abdomen y pelvis, y un 66% de movimiento en la RM de pelvis. Por último, con igualdad porcentual se encontraron los estudios de columna, pie, rodilla y próstata con un 4% de los procedimientos observados.

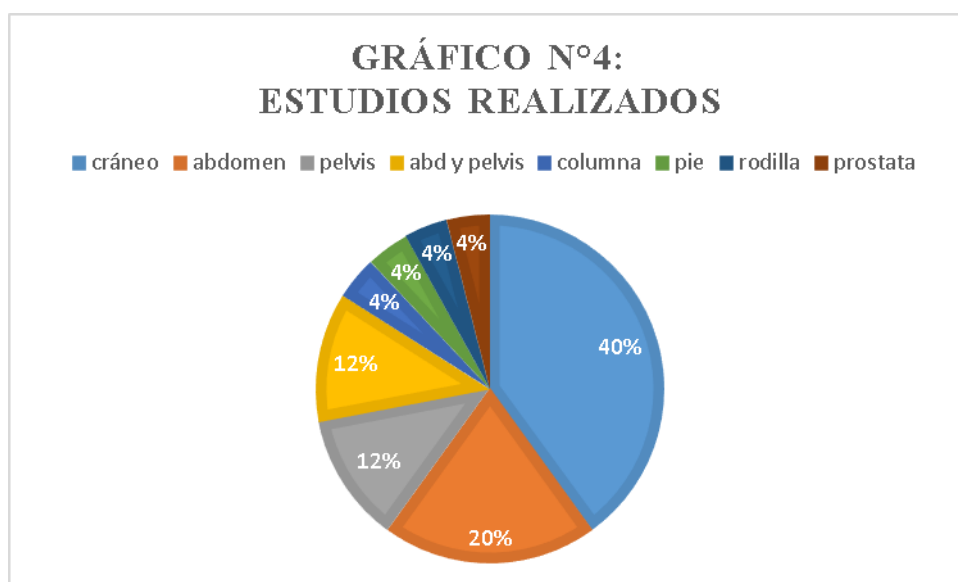


Gráfico N°5: Del total de pacientes analizados (25) se observó que el 56% realizaron movimientos de algún tipo durante el estudio de resonancia magnética, dando un total de 14 pacientes se movieron y un 44% de pacientes que no realizaron ningún movimiento dando un total de 11 pacientes. A su vez se estudió la cantidad de pacientes que se movieron discriminando por sexo, dando como resultado que el 57% fueron mujeres y el 43% fueron hombre que se movieron durante la realización de la prueba. Por lo que se entiende que las mujeres generaron mayor cantidad de artefactos por movimiento que los hombres.

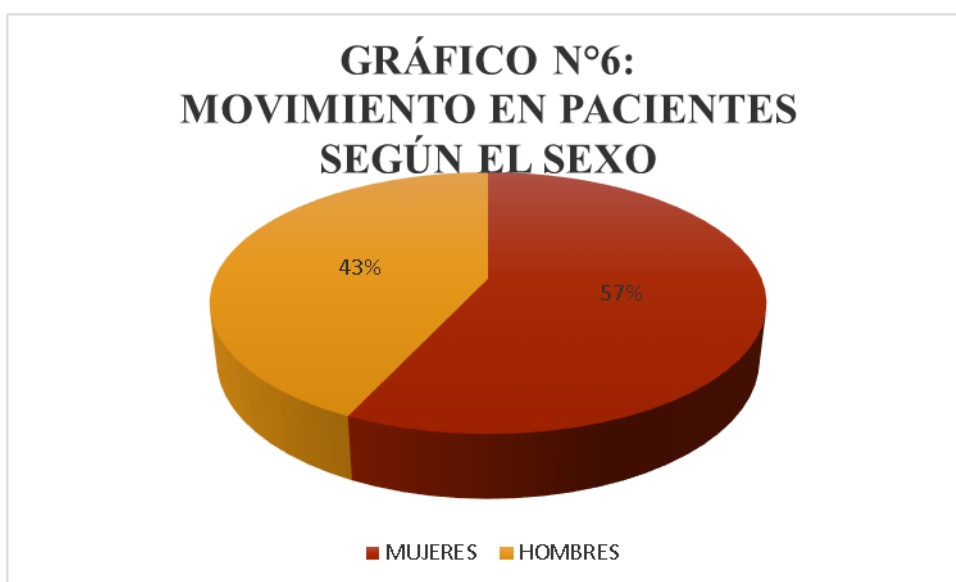
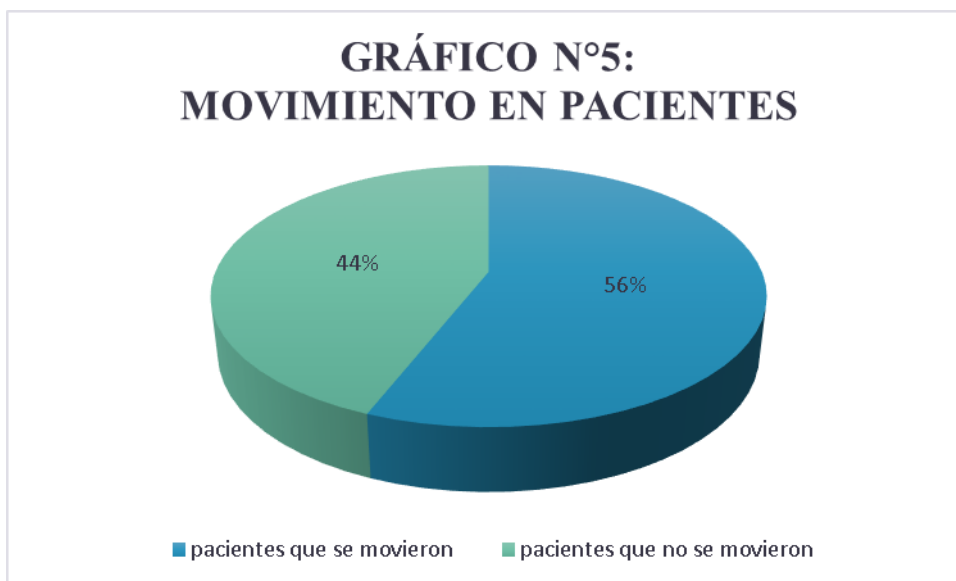


Gráfico N°7: De acuerdo con los pacientes estudiados se concluyó que el rango etario donde se produjo mayor cantidad de movimiento es entre 65-73 años con un total de 3 personas que se movieron, después continúan los grupos de 17-25, 25-33, 33-41, 49-57 con un total de 2 personas que realizaron movimientos en cada clase y por último, con un total de 1 solo paciente que se movió se encuentran los grupos etarios de 41-49, 57-65 y 73-81 años.

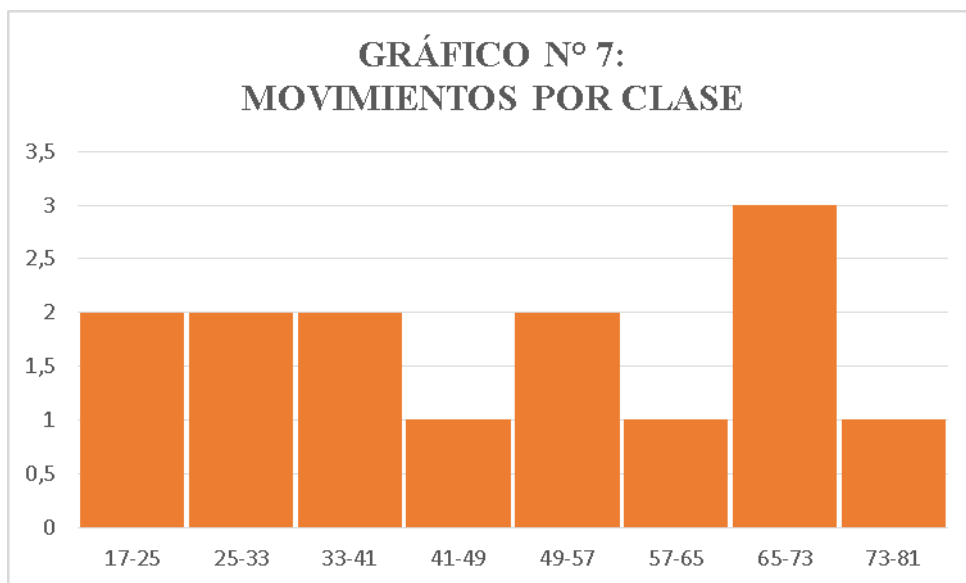


Gráfico N° 8: Del total de pacientes analizados de los cuales realizaron movimientos (14) se observó que la mayoría de los artefactos fueron por movimientos de cabeza y cuello, siguiendo con movimientos de respiración y de miembros inferiores con un 29% cada uno y por último, con un 6% movimientos fetales en pacientes embarazadas.



Gráfico N° 9: En relación con los pacientes analizados (25) se concluyó que el 68% (17 pacientes) ya se había sometido a una prueba de resonancia magnética, en cambio el 32% (8 pacientes) era su primera vez en realizarse dicho estudio. A raíz de esto se analizó un subgrupo de los pacientes que realizaron movimientos, dando como resultado que del total de pacientes que ya se habían realizado un estudio de RM (17) el 53% efectuaron artefactos por movimiento y del total de pacientes que era su primera vez (8) el 62% se movieron.

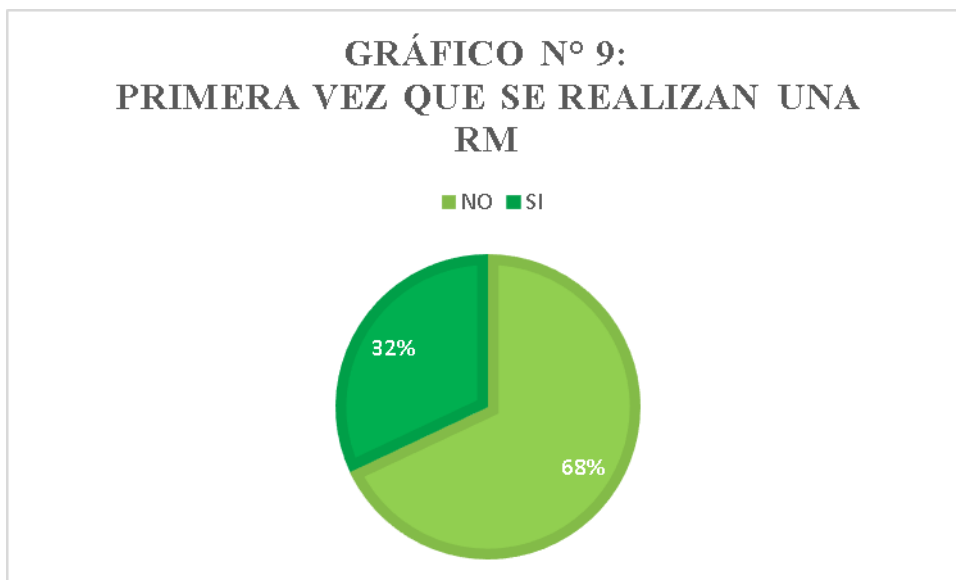


**GRÁFICO N°11:
MOVIMIENTO EN PACIENTES QUE
NUNCA SE HABIAN REALIZADO UNA
RM**

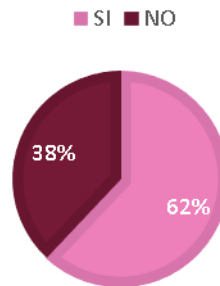
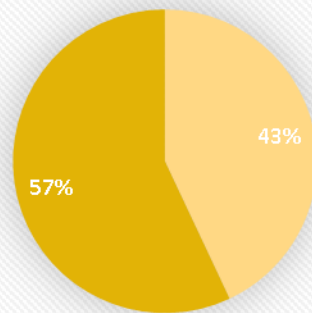


Gráfico N° 12: Del conjunto de pacientes que se sometieron a un estudio de resonancia magnética y realizaron movimientos, se observó que la mayoría de ellos eran ambulatorios representando el 57% y la minoría eran pacientes hospitalizados representando el 43%.

**GRÁFICO N° 12:
TIPO DE PACIENTES QUE REALIZARON
MOVIMIENTOS**



■ Hospitalizados ■ Ambulantes

Gráfico N° 13: En el siguiente gráfico se evaluó la cantidad de pacientes que se les administro medio de contraste, en este caso gadolinio, para la realización del estudio de resonancia magnética. El 76% (19 pacientes) se sometió a una prueba con contraste y el 24% (6 pacientes) se realizaron una resonancia sin contraste. Además se realizó un subgrupo en relación al movimiento del paciente dando como resultado que del total de personas que realizaron movimientos (14), el 79% se les aplico medio de contraste en base a gadolinio y el 21% fueron pacientes que no se les aplico contraste.

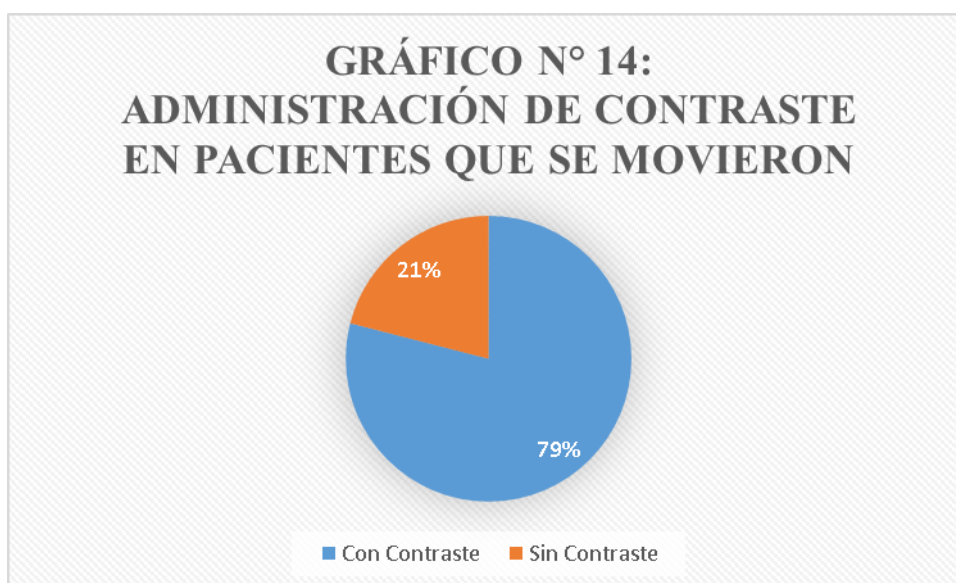


Gráfico N° 15: A raíz de los movimientos realizados por los pacientes, se observó y analizo como afectaron esos artefactos a la hora de realizar el estudio de resonancia magnética. Se concluyó que el 72% de los estudios realizados sufrieron repeticiones de secuencias, el 21% no se pudo realizar el estudio ya sea por dolor, claustrofobia y falta de inmovilización, por último, el 7% no afecto como tal al estudio ya que se debieron a movimientos leves que permitieron continuar con normalidad.

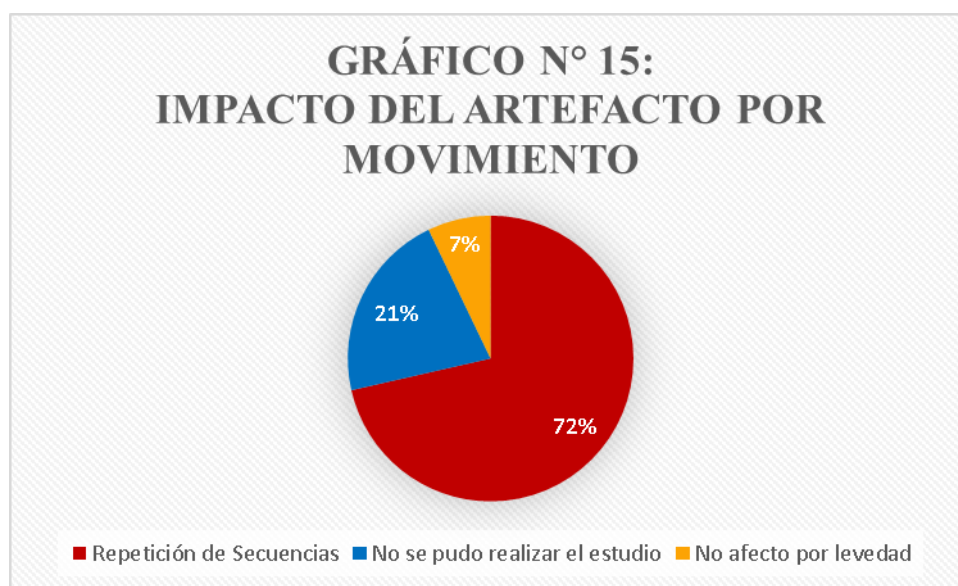
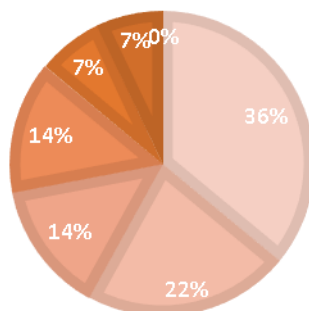


Gráfico N° 16: Del conjunto de pacientes que realizaron movimientos (14) se determinó que la mayoría de los artefactos de movimiento fueron en estudios de RM de cráneo con un 36%, seguido de la RM de abdomen y pelvis con un 22%, luego con igual porcentaje de 14% se encuentran los estudios de pelvis y abdomen por separado y los últimos estudios en los que se registraron movimientos fueron próstata y pie con un 7% cada uno. En los estudios que no se registraron ningún tipo de movimientos se destacan la RM de rodilla y la RM de columna con un 0% de artefactos de movimiento.

**GRÁFICO N°16:
ARTEFACTOS DE MOVIMIENTO EN
ESTUDIOS REALIZADOS**

■ cráneo ■ abd y pelvis ■ pelvis ■ abdomen ■ prostata ■ pie ■ rodilla ■ columna



Análisis de la entrevista realizada a licenciados

De acuerdo con los entrevistados, conformados por dos licenciados en producción de bioimágenes y el jefe del servicio de resonancia magnética del hospital, se confirma que la presencia de artefactos por movimiento durante la realización de los estudios si son un problema frecuente. Según lo señalado por los tres entrevistados, los artefactos de movimiento, se manifiestan y se observan recurrentemente en el trabajo diario, afectando de forma negativa en el flujo operativo del servicio con los tiempos de espera y retrasando la atención, llevando a posibles conflictos entre pacientes y el personal de salud debido a la insatisfacción de ambas partes. Este inconveniente es atribuido, principalmente, por la falta de colaboración de los pacientes, quienes no logran mantenerse inmóviles durante el tiempo que persiste cada procedimiento.

Para evitar situaciones dificultosas los licenciados resaltan la importancia de optimizar recursos y utilizan estrategias previas a la realización del estudio, la principal de ellas es la buena comunicación, explicar el procedimiento y despejar todas las dudas y miedos de los pacientes para asegurar su tranquilidad, como segunda medida utilizan estructuras para fijar la estructura anatómica que se desea estudiar y que el paciente tome una postura lo más cómoda y beneficiosa posible, también ofrecen mantas para el frío para que el clima no se convierta en un factor de incomodidad. Si los movimientos realizados por los pacientes son leves y no afectan las estructuras que se desean visualizar en las imágenes continúan con normalidad, pero si se produce mucha borrosidad utilizan la edición o repiten secuencias para lograr una óptima calidad de la imagen, aunque se produzca un retraso en la atención. Como última medida si el paciente no colabora en

quedarse inmóvil se recurre a la reprogramación del estudio bajo sedación medica ya que imposibilita el trabajo de los licenciados.

En cuanto a los pacientes que ellos observan que realizan con mayor frecuencia los movimientos respondieron que en pacientes primerizos, que nunca se han realizado una resonancia magnética con anterioridad, también se observa en pacientes pediátricos y en pacientes con mucho dolor, siendo el desconocimiento de la importancia de la inmovilidad, la ansiedad, el temor y la incomodidad del dolor o condiciones físicas factores puntuales para los movimientos indeseados.

Por otra parte se les pregunto si se produce algún otro artefacto, como respuesta volvieron a ratificar que los artefactos por movimiento son los más comunes, ya que cualquier desplazamiento del paciente durante la adquisición de las imágenes puede llegar a generar distorsiones significativas, además ocasionalmente se observan artefactos técnicos por fallas en el equipo, que pueden deberse a interferencias eléctricas, configuraciones inadecuadas o descalibraciones. En menor medida sugirieron la presencia de artefactos relacionados con estructuras metálicas o accesorios que no se han retirado correctamente los pacientes, como dispositivos ortopédicos, implantes dentales entre otros.

Para finalizar se les pregunto si existen artefactos por movimientos que no se puedan solucionar. Para esta cuestión, los entrevistados, expresaron diversas respuestas, uno de ellos hizo hincapié en los movimientos fetales en embarazadas, declarando que, en estos casos, las soluciones son limitadas ya que el movimiento del feto es impredecible, por ende, la única opción posible es repetir secuencias si él bebe está inquieto, para lograr conseguir imágenes de calidad. Paralelamente se destacaron los movimientos de pacientes que son muy bruscos, observados generalmente en personas con discapacidades o afecciones graves, como episodios epilépticos, autismo y Parkinson entre otros, mencionaron los tres entrevistados. Para este tipo de movimientos, al ser tan drásticos, como única alternativa eficaz se propone la sedación completa del paciente bajo supervisión de un equipo médico. Recalaron que estas situaciones se consideran como últimos recursos al no encontrar soluciones y estrategias menos invasivas.

Conclusión

Los argumentos y datos desarrollados en la investigación ponen de relieve la importancia del estudio de los artefactos de movimiento en RM, desde la descripción y análisis de la frecuencia de movimiento hasta los impactos de los mismos en el estudio y todo lo que conlleva. En el transcurso del trabajo se logró estudiar a pacientes que se sometieron a estudios en resonancia magnética, lo cual permitió analizar la generación de artefactos por movimientos, de que tipo, con qué frecuencia y como afectaban esos movimientos en el estudio final.

Los resultados alcanzados destacan que, la frecuencia en la que se produjeron los artefactos de movimiento es alta, la mayoría de los pacientes que se sometieron a esta prueba realizaron artefactos por movimiento, comprendiendo el 56% de los pacientes, sobre el 44% de los pacientes que no se movieron. A su vez la mayoría de pacientes que realizaron movimientos fueron mujeres con un porcentaje del 57% sobre el de los hombres que fue 43%. Los estudios con mayor frecuencia de movimientos fueron los de cráneo, esto puede deberse a que también fue el estudio más realizado, seguido de abdomen y pelvis. Por último el gran impacto de estos artefactos se ve reflejado en la repetición de secuencias con un 72% de los estudios realizados, lo que generó retrasos en la atención de los pacientes y disconformidad. Estos resultados reafirman la importancia del buen conocimiento y manejo de los artefactos, para una interpretación precisa de las imágenes, la prevención de errores técnicos, el ahorro de tiempo y recursos, como también la seguridad y comodidad del paciente.

Otro de los resultados fue que no se identificaron diferentes tipos de artefactos, durante el periodo de prácticas, a excepción de los de movimiento ya mencionados. Este hallazgo confirma que los artefactos por movimiento son los más frecuentes en el servicio de resonancia magnética y en la práctica clínica.

Además, se presentaron ciertos desafíos durante el periodo de estudio, entre ellos se encuentran pacientes con dificultades físicas, mentales y con discapacidades a los cuales no se les pudo llevar a cabo el procedimiento por falta de inmovilidad, por lo cual, se pidió la reprogramación del estudio bajo anestesia. Entre los principales factores que se presentaron durante el estudio se destacan el dolor físico, el temor, la angustia y pacientes con autismo.

Finalmente, se espera que este trabajo no solo sirva como nuevo conocimiento en el campo de la resonancia magnética, sino también contribuya a futuras investigaciones

sobre cuestiones como calidad de atención al paciente, optimización de recursos y tiempo y manejo de situaciones adversas.

Anexos

Ficha de Observación y Encuesta:

1. Sexo: Hombre/Mujer
2. Edad
3. Motivo de realización de estudio
4. Tipo de estudio
5. Duración del estudio
6. ¿Es su primera vez realizándose una resonancia magnética?
7. ¿Se produjo movimiento? ¿De qué tipo?
8. ¿Se produjo otro artefacto? ¿Cuál?
9. Aplicación de contraste: Si/No
10. Paciente hospitalizado: Si/No
11. ¿Cómo afectó el movimiento en el estudio?

Encuesta a Licenciados que trabajan en el hospital:

1. ¿Son frecuentes los artefactos de movimiento en este servicio de RM?
2. ¿Cómo afectan los artefactos de movimiento en la forma en la que trabajan?
3. ¿De qué manera impactan estos artefactos en el servicio de RM?
4. ¿Qué estrategias utilizan en el caso de que el paciente no se quede inmóvil?
5. ¿En qué tipo de pacientes ven con mayor frecuencia los artefactos de movimiento?
6. ¿Se produce algún otro artefacto con frecuencia?
7. ¿Hay artefactos por movimiento que no se puedan solucionar?

Bibliografía

Sartori,P, Rozowykniatb, M, Sivieroc, L, Barbad, A, Penad, M, Mayold, N, Acosta,D, Castro,J y Ortiz,A (2015). Artefactos y artificios frecuentes en tomografía computada y resonancia magnética. Revista Argentina de Radiologia. 79,192-204.

<https://www.elsevier.es/es-revista-revista-argentina-radiologia-383-articulo-artefactos-artificios-frecuentes-tomografia-computada-S0048761915000794>

ARAYA R, Gonzalo y FALCON F, Carlos. Control de calidad en imagen por resonancia magnética: Evaluación de parámetros de calidad en protocolos de neuroimagen. Rev. chil. radiol. [online]. 2015, vol.21, n.1 [citado 2024-10-09], pp.10-17. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-93082015000100004>

Mut Pons, R., Miralles Aznar, E., Moreno Ballester, V., Alonso Muñoz E., Soriano Mena, D., & Sanchez Aparisi, E. (2018). Seguridad en RM:: Qué se puede y qué no se puede introducir en un equipo de RM. Seram. <https://piper.espacio-seram.com/index.php/seram/article/view/287>

Hernández, C. A., Martínez, O. H. C., & Ramírez, C. A. A. (2009). Resonancia magnética funcional: evolución y avances en clínica. Tecnura, 13(25), 88-103. <https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/Tecnura/article/view/6672/8255>

Yáñez, Andrea. (2014) Calidad de la imagen en resonancia magnética <https://es.slideshare.net/slideshow/calidad-de-la-imagen-en-resonancia-magntica/40226650>

Subias, J. C., y Jerez, J. A. S. (2021). Resonancia magnética dirigida a técnicos superiores en imagen para el diagnóstico. Elsevier. https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=k7gZEAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=calidad+de+imagen+en+resonancia+magnetica&ots=XSv7zvelaQ&sig=0pCFBaaQ74xzabE3s_KWqeMAa9A#v=onepage&q=calidad%20de%20imagen%20en%20resonancia%20magnetica&f=false

Han, H., Cid, A., Cárdenas, C., & Villalobos, D. (2022). Evaluación de calidad de imagen en Resonancia Magnética mediante la técnica compressed sensing con bobinas de cerebro de 20 canales. <https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/2192/1/09654.pdf>

Omedes, C. M, Gimenez. H. M, Pajuelo, M. A, Périz, B. E, Train, M. N, Acón, G. M. (2024). Artefactos en resonancia magnética inducidos por el paciente. Revista Ocronos

Pág. Inicial: Vol. VII; N.º 8: 1594 <https://revistamedica.com/artefactos-resonancia-magnetica-inducidos-paciente/>

Joseph P. Hornak, Ph.D. (2013). Principios básicos de IMR. Cap 11
<https://www.cis.rit.edu/htbooks/mri/chap-11/chap-11-s.htm#11.1>

Gwiazdowski, F. J., Leon, J. G., & Jurado, A. M. (2021). Los artefactos más frecuentes en resonancia magnética, tomografía computarizada y ecografía que todos los radiólogos deberían conocer. *Seram*, 1(1). <https://www.piper.espacio-seram.com/index.php/seram/article/view/3791>

Lavin, C. (2019) Artefactos en RM <https://es.slideshare.net/slideshow/artefactos-en-rm/134226757>

Budrys, T., Veikutis, V, Lukosevicius, S, Gleizniene, R, Monastyreckiene, R y Kulakiene, I. (2018) “Artefactos en la resonancia magnética: ¿cómo pueden afectar realmente a la calidad de la imagen diagnóstica y confundir el diagnóstico clínico?” *Journal of Vibroengineering* 20, n.º 2 1202–13.
<https://doi.org/10.21595/jve.2018.19756>.

Bae, J., Clay, J. L., Thapa, B. R., Powell, D., Turpin, H., Partovi, S. T.& Raslau, F. D. (2023). Configuración del equipo y eliminación de artefactos para electroencefalograma simultáneo y resonancia magnética funcional para revisión clínica en epilepsia. *Journal of Visualized Experiments (JoVE)*, (196), e64919.
<https://repository.unad.edu.co/handle/10596/62923>

Parra, R., & García, C. (2002). Resonancia magnética en pediatría. *Revista chilena de pediatría*, 73(4), 341-347.
https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0370-41062002000400002

Pebet, N. (2004). Resonancia nuclear magnética. XIII Seminario de Ingeniería Biomédica, 1-5. http://www.nib.fmed.edu.uy/sitio_nib/BibliotecaNIB/Literatura-Gris/GreyLitNIB108.pdf

López Bonilla, A. D. (2013). Imágenes por Resonancia Magnética (Bachelor's thesis, Universidad del Azuay). <https://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/2192>

Domb, B. (2018). *Diagnostico Journal*. <https://diagnosticojournal.com/dalde-celebra-30-anos-acompanando-la-expansion-de-la-resonancia-magnetica-en-latinoamerica/#:~:text=Los%20inicios,5T%20dise%C3%B1ado%20por%20el%20Dr.>

González, L., Aldana, D., Rosa, M. (2012). <https://librossanitarios.wordpress.com/wp-content/uploads/2012/12/principios-de-resonancia-magn3a9tica-11.pdf>

Canals, M. (2008). Revista Chilena de Radiología. Vol. 14 N° 1
<https://scielo.conicyt.cl/pdf/rchradiol/v14n1/art09.pdf>

Rinck P. Resonancia Magnética en Medicina, El Texto Básico del Foro Europeo en Resonancia Magnética. 9ª edición; 2016. Versión digital 9, publicada el 1 de Marzo del 2016 <http://www.resonancia-magnetica.org/ch/17-03.html>