



**UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
ESCUELA DE CIENCIAS BIOMEDICAS Y TECNOLOGIACAS
T.S.U IMAGENOLOGIA**



**TOMOGRAFIA COMPUTARIZADA VS RESONANCIA MAGNETICA EN EL
DIAGNOSTICO DE ANEURISMA CEREBRAL**

AUTORES:

KARLA BRAVO:24.293.274
NELVIAGNYS PEREZ:25.780.757
ENDERSON REBOLLEDO:25.441.120
ANIBAL SANGRONA:24.304.101
RICARDO ZAMBRANO:24.573.337

TUTOR METODOLOGICO: FRANGY FLORES

DOCENTE DE LA ASIGNATURA: CRISTINA LORENZO

VALENCIA, FEBRERO DE 2017



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
ESCUELA DE CIENCIAS BIOMEDICAS Y TECNOLOGIACAS
T.S.U IMAGENOLOGIA



CONSTANCIA DE APROBACION

Los suscritos miembros del jurado designado para examinar el Trabajo de Investigación
titulado:

**TOMOGRAFIA COMPUTARIZADA VS RESONANCIA MAGNETICA EN EL
DIAGNOSTICO DE ANEURISMA CEREBRAL**

KARLA BRAVO CI: 24.293.274
NELVIAGNYS PEREZ CI: 25.780.757
ENDERSON REBOLLEDO CI: 25.441.120
ANIBAL SANGRONA CI: 24.304.101
RICARDO ZAMBRANO CI: 24.573.337

Hacemos constar que hemos examinado y aprobado la misma, y que, aunque no nos
hacemos responsables de su contenido, lo encontramos correcto en su calidad y forma de
presentación.

Fecha: 20/06/2017

Rossana Bosco

Jazlena Zerpa

Nerkis Angulo



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
ESCUELA DE CIENCIAS BIOMEDICAS Y TECNOLOGIACAS
T.S.U IMAGENOLOGIA



**TOMOGRAFIA COMPUTARIZADA VS RESONANCIA MAGNETICA EN EL
DIAGNOSTICO DE ANEURISMA CEREBRAL**

TUTOR DE CONTENIDO:
FRANGY FLORES

AUTORES:
KARLA BRAVO
NELVIAGNYS PEREZ
ENDERSON REBOLLEDO
ANIBAL SANGRONA
RICARDO ZAMBRANO
Año: 2017

RESUMEN

Los aneurismas cerebrales son una de las patologías que más frecuente afecta la vascularización cerebral. Se caracterizan por la dilatación de la pared interna de las arterias lo cual puede conllevar a múltiples complicaciones e incluso la muerte. La tomografía computarizada y la Resonancia Magnética nuclear, son las técnicas imagenológicas más eficaces para detectar y evaluar los aneurismas cerebrales. La TC utiliza radiación ionizante y un medio de contraste yodado para obtener imágenes del sistema vascular cerebral; mientras que la RMN realiza la obtención de las imágenes basándose en la utilización de campos magnéticos y el flujo sanguíneo. Siendo estas dos técnicas las más eficaces a la hora de diagnosticar y evaluar los aneurismas cerebrales. **Objetivo General:** comparar la tomografía computarizada y la resonancia magnética nuclear como técnicas imagenológicas eficaces para el diagnóstico de aneurisma cerebral. **Conclusiones:** Luego de analizadas estas técnicas de estudios por imagen, se ha llegado a la conclusión de que ambas son ideales para el diagnóstico de aneurisma cerebral debido a que ambas técnicas nos proporcionan excelentes imágenes bidimensionales y tridimensionales de los vasos sanguíneos cerebrales para el diagnóstico médico. Sin embargo, la elección de una u otra dependerá del médico tratante basándose en el estado de salud con el que ingresa el paciente y la disponibilidad inmediata de la técnica diagnóstica.

Palabras Clave: Aneurisma cerebral, sistema vascular, Tomografía computarizada (TC) y Resonancia Magnética Nuclear (RMN).



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
ESCUELA DE CIENCIAS BIOMEDICAS Y TECNOLOGICAS
T.S.U IMAGENOLOGIA



COMPUTATIONAL TOMOGRAPHY VS MAGNETIC RESONANCE IN THE
DIAGNOSIS OF CEREBRAL ANEURISM

CONTENT

AUTHORS:

FRANGY FLORES
BRAVO

TUTOR:

KARLA

NELVIAGNYS PEREZ
ENDERSON REBOLLEDO
ANIBAL SANGRONA
RICARDO ZAMBRANO

Year: 2017

ABSTRACT

Cerebral aneurysms are one of the pathologies that most frequently affect cerebral vascularization. They are characterized by dilatation of the internal wall of the arteries which can lead to multiple complications and even death. Computed tomography and Nuclear Magnetic Resonance are the most effective imaging techniques to detect and evaluate cerebral aneurysms. Computed tomography uses ionizing radiation and an iodinated contrast medium to obtain images of the cerebral vascular system; While NMR performs imaging based on the use of magnetic fields and blood flow. These two techniques are the most effective in diagnosing and evaluating cerebral aneurysms. **General Objective:** To compare computed tomography and nuclear magnetic resonance as effective imaging techniques for the diagnosis of cerebral aneurysm. **Conclusions:** After analyzing these imaging techniques, it has been concluded that both are ideal for the diagnosis of cerebral aneurysm. However, the choice of one or the other will depend on the treating physician based on the state of health with which the patient enters and the immediate availability of the diagnostic technique.

Key words: Cerebral aneurysm, vascular system, Computed Tomography (CT) and Nuclear Magnetic Resonance (NMR).

Introducción

El encéfalo es la parte central del sistema nervioso, que se encuentra protegida por la cavidad craneal, está compuesto por el cerebro, el cerebelo y el bulbo raquídeo. El cerebro es uno de los órganos más importantes del cuerpo humano y tiene como función controlar todas las actividades del organismo desde la respiración, la digestión hasta el hecho de caminar o moverse.

Debido a la complejidad de dicho órgano y su vital importancia para la vida, necesita de un constante flujo sanguíneo con la finalidad de aportar oxígeno y nutrientes para el mantenimiento de su actividad metabólica. El cerebro se encuentra irrigado por dos pares de vasos sanguíneos, las arterias carótidas internas y las arterias vertebrales, estas ascienden por el cuello de manera simétrica hasta llegar al cráneo, donde las arterias vertebrales se unen formando la arteria basilar, la cual a su vez se divide y da lugar a las arterias cerebrales posteriores. Por otra parte, las arterias carótidas internas forman las arterias cerebrales medias y anteriores, que junto con a las arterias cerebrales posteriores forman el polígono de Willis. Cada arteria del polígono de Willis tiene su territorio de distribución cerebral.

Cuando existe debilidad de alguna porción de la pared interna de estas arterias, ocasiona una dilatación o protuberancia en forma de globo, lo que se denomina aneurisma cerebral. Los aneurismas cerebrales intracraneales ocurren mayormente en las arterias ubicadas en la base del cerebro, cuando el tamaño del aneurisma aumenta hay una mayor probabilidad de ruptura, lo que conlleva a un accidente cerebrovascular hemorrágico, daño nervioso permanente, aneurismas adicionales, hemorragia subaracnoidea, cefaleas severas, isquemia de algún segmento o lóbulo cerebral e incluso la muerte.

Existen tres tipos de aneurisma cerebral: el sacular, que representa el 90% de los casos; el fusiforme, que mayormente está asociado a la arteriosclerosis, y el disecante, que ocurre al haber desgarrado a lo largo de la capa interna de la arteria.

En la actualidad no se conoce con exactitud la causa de un aneurisma cerebral, sin embargo, la mayoría de los casos son congénitos debido a una anomalía de la pared arterial, pero existen diversos factores de riesgos que promueven la aparición de los mismos tales como, la hipertensión arterial (HTA), hábitos tabáquicos, traumatismos e infecciones en la pared arterial.

Un diagnóstico previo de esta patología puede ayudar a prevenir muchas complicaciones y reducir el riesgo de muerte. Por ende, es necesario recurrir a estudios imagenológicos especializados. Los estudios más eficaces para el diagnóstico de esta patología son la resonancia magnética nuclear (RMN) y la tomografía computarizada (TC), ya que permiten obtener imágenes bidimensionales y tridimensionales del cuerpo en diferentes planos y cortes, proporcionando una buena calidad de imagen diagnóstica.

La TC, es un procedimiento imagenológico que utiliza radiación ionizante emitida a través de un equipo especial de rayos X, para crear imágenes en diferentes planos y cortes del cuerpo. Las imágenes en tomografía computarizada se representan a través de una escala de valores denominada Unidades Hounsfield (UH), donde la sangre se encuentra en un rango de valor entre 45-55 UH, que en el caso de la tomografía computarizada cerebral es muy útil para visualizar la presencia de aneurisma o hemorragia.

Un método muy eficaz subsecuente de la TC para la visualización del trayecto vascular cerebral es la angiografía por TC (AngioTC). Esta adquisición de imagen es realizada mediante la inyección de un medio de contraste yodado con el fin de obtener imágenes más exactas del sistema vascular, y a su vez permite diagnosticar alteraciones en los vasos sanguíneos.

La resonancia magnética nuclear a diferencia de la tomografía computarizada utiliza ondas de radiofrecuencia potentes con la capacidad de alterar las moléculas de hidrógeno (H) del cuerpo y así crear imágenes internas del mismo en diferentes cortes. Las imágenes en resonancia magnética nuclear se representan a través de señales de intensidad que varían según el tipo de tejido. Estas señales se clasifican en: hiperintensas, que representan una señal alta donde la imagen se verá brillante; isointensas, que representan una señal intermedia donde la imagen se verá gris y, las hipointensas, que representan una señal baja

donde la imagen se verá oscura. Estas señales pueden aumentar o disminuir dependiendo de los tipos de secuencias que se apliquen para cada tipo de patología.

Uno de los métodos más utilizados dentro la RMN para visualización de los vasos sanguíneos cerebrales es la angiografía por resonancia magnética (ARM). Con este método se puede obtener imágenes más detalladas de los vasos sanguíneos mediante el uso, o no, de un medio de contraste específico que es inyectado por vía intravenosa.

Este trabajo documental tiene como propósito comparar la tomografía computarizada y la resonancia magnética como técnicas imagenológicas eficaces para el diagnóstico de aneurisma cerebral. Para ello se describió la anatomía vascular cerebral normal así como también la patología del aneurisma cerebral, luego se evaluaron factores de riesgo causantes de aneurisma cerebral; además se establecieron los parámetros de adquisición en TC y RMN para la visualización anatómica vascular normal y patológica del aneurisma cerebral; por último, se establecieron las ventajas y desventajas del uso de la tomografía computarizada y la resonancia magnética para el diagnóstico de aneurisma cerebral.

Abordar esta temática es de mucha importancia para todo el personal de ciencia de la salud, debido a que los aneurismas cerebrales cuando no son diagnosticados a tiempo pueden conllevar a problemas graves, muchas veces el desconocimiento por parte del personal médico de las ventajas y desventajas de la tomografía computarizada y la resonancia magnética, se deriva en una detección tardía de aneurismas e incluso pueden pasar desapercibidos por no utilizar el estudio correcto. Es por ello que utilizar la técnica imagenológica adecuada para el diagnóstico de esta anomalía puede reducir el riesgo de complicaciones e incluso de muerte, y además permite al médico encargado dar un tratamiento adecuado para que el paciente pueda recuperarse, y tenga una mejor condición de vida.

Anatomía Cerebral Vascular

El encéfalo, requiere aproximadamente la cuarta parte de la sangre total que el corazón hace circular, puesto que las células nerviosas necesitan mucho oxígeno y nutrientes para funcionar adecuadamente. La sangre oxigenada viaja a través de las arterias y llega al encéfalo.

Las arterias son un conducto membranoso, elástico y poseen ramificaciones divergentes. Cada una de ellas cuenta con tres capas concéntricas: la íntima, es la más interna de la pared arterial, la importancia de esta es su estructura lisa y flexible, ya que permite el flujo sanguíneo sin ningún tipo de obstrucción; la media, es de aspecto compacto y de espesor regular debido a que posee fibras elásticas y musculares, esto ayudara al corazón a bombear la sangre; la externa o adventicia, está compuesta principalmente por colágeno, fibroblastos y pequeños vasos sanguíneos “*vasa vasorum*”, que nutren las paredes de las arterias más grandes.¹

El encéfalo se encuentra irrigado por las dos arterias carótidas internas que ascienden por el cuello y atraviesan la base del cráneo, y por las dos arterias vertebrales que penetran por el agujero occipital, luego se anastomosan en la superficie inferior del encéfalo formando el polígono de Willis.

El polígono de Willis es un circuito arterial que asegura el aporte sanguíneo al cerebro, el cual se da mediante cuatro arterias. A través del agujero occipital entran las arterias vertebrales que se unen en el tronco basilar, luego este se divide y forma las arterias cerebrales posteriores. A través del peñasco del hueso temporal entran las arterias carótidas internas que se alojan en el seno cavernoso; lateral a la silla turca se emiten las arterias cerebrales anteriores y medias, además de las oftálmicas. Las tres arterias cerebrales se unen alrededor de la silla turca mediante las arterias comunicantes anterior y posterior para formar un polígono de siete lados. Esta formación es un mecanismo de seguridad en la vascularización cerebral, ya que algunos vasos pueden suplir a los otros. Finalmente, cada arteria tiene su propio territorio de distribución cerebral.²

Arteria cerebral anterior: Irriga la corteza orbitaria, hueso frontal y parietal, cuerpo calloso, diencéfalo, cuerpo estriado, capsula interna y ventrículos laterales.

Arteria cerebral posterior: Irriga el territorio cortical: cara inferior del temporoccipital; Irriga el territorio central: parte posterior del tálamo, rodete del cuerpo calloso; Irriga el territorio pedicular: parte interna del pedúnculo cerebral y parte anterior de la calota craneal.

Arteria cerebral media: Irriga la corteza orbitaria, hueso frontal, parietal y temporal, cuerpo estriado y capsula interna.

Arteria basilar: se distribuye hacia el tronco del encéfalo, el oído interno, el cerebelo y la región posterior de los hemisferios cerebrales.

Arterias comunicantes anteriores: se encargan de unir las arterias cerebrales anteriores.

Arterias comunicantes posteriores: conectan la arteria cerebral posterior y la carótida interna.²

Aneurisma Cerebral

Una de las patologías más frecuentes que afectan las arterias del polígono de Willis son los aneurismas, esta anomalía conlleva a una dilatación en la capa intima de la arteria y produce un ensanchamiento anormal. Debido a esta debilidad en la arteria, es posible que exista una probabilidad de ruptura del aneurisma.

Desde 1979, el doctor Albert Rhoton introdujo tres reglas relacionadas con la anatomía de los aneurismas que deben ser consideradas en función del manejo diagnóstico de estas lesiones. La primera regla se refiere a que los aneurismas se originan en los sitios de ramificación de los vasos principales, esto puede presentarse de dos maneras, ya sea adyacente al vaso que se ramifica del tronco principal, como es el caso de los aneurismas que se originan en la carótida interna, en el nacimiento de la arteria comunicante posterior o bien en las bifurcaciones del vaso principal; como es el caso de los aneurismas que se originan en la bifurcación de la arteria cerebral media, así como en la arteria basilar. La segunda regla hace referencia a que los aneurismas se originan en la curvatura de las

arterias, ya que esta curvatura produce alteraciones hemodinámicas intravasculares que generan un estrés de la onda pulsátil en las regiones apicales, por esta razón se originan en la convexidad de la curvatura y no en la concavidad. La tercera regla estipula que la dirección de los aneurismas sigue siempre la dirección del flujo sanguíneo.

Sin duda alguna, el pleno conocimiento de la anatomía vascular cerebral normal y sus variantes se traduce en un mejor resultado diagnóstico, sin olvidar también que el conocimiento de la anatomía de los aneurismas con sus múltiples variantes respecto a morfología y las variaciones que producen en los vasos que le da origen, es también muy importante a tener en cuenta.

Los aneurismas intracraneales pueden ser clasificados de diversas formas, basados en su morfología, tamaño (fig. 1), localización y etiología. La mayoría son verdaderos aneurismas, puesto que contienen todas las capas que constituyen la pared de un vaso normal. Según su morfología se conocen tres tipos de aneurisma: ³

El sacular, debe su nombre por presentar dilataciones en forma de sacos, siendo este el más común, representa el 90% de los aneurismas cerebrales en las bifurcaciones de la mitad anterior del polígono de Willis. En lo que su patogenia se refiere, está descrito que lo más probable sea que el estrés hemodinámico y los demás factores asociados inducen engrosamiento de la capa íntima de las paredes arteriales, distal y proximal de los sitios de bifurcación, y se consideran estos cambios íntimales como estadios tempranos en la formación de aneurismas, ya que estos engrosamientos son inelásticos y por lo tanto generan una compensación por los sitios de la pared arterial que mantiene su elasticidad.

El aterosclerótico o fusiforme, está asociado con aterosclerosis y presenta dilataciones de forma irregular y en distintos sentidos. Son caracterizados por la ausencia de un cuello bien definido y por involucro circunferencial del tronco arterial de origen; pueden originarse por defectos congénitos, adquiridos o iatrogénicos de las paredes arteriales o pueden aparecer posterior al desgarro íntimo de una disección. Estos aneurismas pueden ocurrir en cualquier localización, sin embargo, los sitios más frecuentes son en la arteria vertebral distal, la arteria basilar y la arteria carótida supraclinoidea.

Los disecantes o micóticos, usualmente ocurren en el extremo distal de las arterias, particularmente en la cerebral media, y pueden producirse por un desgarramiento en la pared de la capa interna debido a lesiones traumáticas o espontáneas. Son mayormente asociados a un antecedente traumático, infecciones, artritis y enfermedades del tejido conectivo. En su anatomía, los aneurismas disecantes consisten en un falso lumen dentro de la pared arterial lesionada, ya que un desgarramiento intimal es seguido por el desarrollo de una hemorragia intramural entre la capa media y la adventicia; con esto el cuadro clínico más común se debe al embolismo y eventos isquémicos subsecuentes.³⁻⁴

Baby Aneurisma	Menores de 2 mm
Pequeños	2-6 mm
Medianos	6-15 mm
Grandes	15-25 mm
Gigantes	25-60 mm

Fig. 1.
Fuente: González P. Aneurismas Arteriales

Factores De Riesgo

En la actualidad, no se conoce con exactitud cuál es la causa del aneurisma cerebral; sin embargo, se aceptan dos posibles teorías: una congénita, que acepta la posibilidad de presentar un defecto de continuidad en la capa del músculo liso de la túnica media arterial, esto normalmente ocurre en las bifurcaciones arteriales y es ahí donde comúnmente se encuentran los aneurismas; otra posibilidad es la adquirida, ocasionada por la presencia de cambios degenerativos en localizaciones críticas de la pared arterial y su vez promovidas por la edad, alteraciones ateroscleróticas, enfermedades del tejido conectivo y traumatismos craneoencefálicos.⁵

Los aneurismas cerebrales también se asocian con distintos factores de riesgo que conllevan a una HSA, entre estos:

El consumo excesivo de cigarrillos, es uno de los factores más influyentes que promueve la aparición del aneurisma cerebral.

La ingesta excesiva de alcohol ha demostrado tener un efecto dosis-dependiente, generalmente tienen una peor evolución con aumento de la incidencia de sangrado, así como de isquemia por vaso-espasmo.

La HTA es una de las causas que promueven a la HSA. La asociación entre el consumo excesivo de cigarrillos y la HTA parece tener incidencia en el aumento de probabilidad de una HSA, siendo quince veces mayor el riesgo en comparación con aquellos que no son hipertensos o no promueven el consumo de cigarrillos.

El consumo de drogas como la cocaína, se ha descrito en estos casos que los aneurismas suelen ser pequeños, generalmente menores de 4,9 mm.⁵

La mayoría de los aneurismas son indetectables hasta el tiempo de ruptura; la hemorragia subaracnoidea (HSA) es el cuadro de presentación más común. En algunos casos donde no hay ruptura aneurismática, la sintomatología puede deberse al efecto local de compresión o eventos isquémicos por embolismo.

Gracias al avance de la tecnología se han desarrollado varios métodos imagenológicos que permiten visualizar este tipo de patologías, ayudando notablemente a diagnosticar, evaluar y prevenir complicaciones. Los estudios más eficaces para la obtención de imágenes médicas más detalladas son la TC y la RMN. Estos son los métodos de diagnóstico más solicitados por los médicos, ya que permiten obtener mayor información referente a esta patología.

Resonancia Magnética Cerebral

La RMN es un fenómeno físico por medio del cual ciertas partículas como los núcleos atómicos con un número impar de protones y neutrones, como el núcleo de hidrógeno (H), puede absorber selectivamente energía electromagnética y ondas de radiofrecuencia,⁶ las cuales utiliza para crear imágenes detalladas de los órganos y tejidos internos sin necesidad de utilizar radiación.

Cuando se introduce el paciente dentro del equipo, los magnetos generan un campo de atracción magnética y son usados clínicamente para la excitación y obtención de imágenes de los átomos de H contenidas en el núcleo de los tejidos del cuerpo. Los protones son

alineados en serie por la actividad del magneto, inmediatamente a la excitación por radiofrecuencia programada, los iones de hidrogeno emiten energía y retornan a un estado de equilibrio al disminuir la fuerza de atracción magnética. La energía es detectada y medida; los tejidos normales tienen una intensidad distinta de lo patológico.⁷

Los distintos tejidos pueden diferenciarse potenciando las imágenes en T1, que es el tiempo que tarda la magnetización longitudinal en recuperar su estado de equilibrio (también llamado tiempo de relajación longitudinal) o en T2 que es el tiempo que tarda la magnetización transversal en disminuir su valor (también llamado de relajación transversal)⁶

El tiempo de repetición (TR) controla la recuperación de la magnetización longitudinal antes de enviar el próximo pulso de radiofrecuencia, mientras que el tiempo de eco (TE) se define como el tiempo transcurrido entre la emisión del pulso de radiofrecuencia, estimulador de los spines, y el momento en el que se obtiene la señal emitida por los mismos durante su relajación.⁸ La fuerza y duración del pulso de RF determina el grado de angulación del vector con respecto del eje Z. Además, el grado de precesión de las moléculas de H dependerá del ángulo de angulación (FLIP) predeterminado para cada tipo de secuencia.

Una imagen potenciada en T1 por lo general utiliza TR y TE cortos, y está relacionada con la mayor o menor facilidad que tienen los núcleos de H de liberar energía. El H en una molécula de grasa tiene facilidad para liberar energía (T1 corto), mientras que el H en una molécula de agua tiene dificultad en liberar energía (T1 largo). Una imagen está potenciada T1 cuando la grasa aparece hiperintensa y los líquidos aparecen hipointensos.⁹

Por lo tanto, usando tiempos de repetición y tiempos de eco largos, se elimina el efecto T1 y se obtienen imágenes potenciadas en T2. Una imagen esta potenciada en T2 cuando la grasa aparece hipointensa y los líquidos aparecen hiperintensos⁸. Esta secuencia es útil en la identificación de lesiones patológicas que suelen caracterizarse por un aumento en el contenido de agua. También se produce inversión en la intensidad de señal de la sustancia blanca, que se observa de menor intensidad de señal con respecto a la sustancia gris.

La RMN ha demostrado su alta sensibilidad a una gran variedad de enfermedades del sistema nervioso central, con la capacidad de generar imágenes en múltiples planos sin necesidad de manipular al paciente, además no se reconocen efectos biológicos indeseables.⁷

La ARM corresponde a la aplicación de técnicas de resonancia magnética para crear imágenes de la sangre en movimiento.⁶

Si se sospecha la existencia de un aneurisma cerebral se puede realizar ARM, ya que la evaluación intracraneal de la fosa posterior y el polígono de Willis es relativamente pequeña y puede realizarse con cortes finos sin contraste y a su vez detectar aneurismas de hasta 2mm de diámetro.

Existen varias secuencias de adquisición de imagen que nos permite visualizar el flujo sanguíneo cerebral, sin embargo, la secuencia predilecta utilizada para este estudio es la Time Of Flight (TOF). Se basa en el realce de los vasos aumentando la señal de los protones móviles de la sangre y, simultáneamente, suprimiendo la señal de los protones de los tejidos estacionarios. La alta señal de la sangre se basa en el fenómeno de realce de flujo que muestran los vasos. La señal de los tejidos que rodean los vasos se atenúa o suprime por la aplicación de tiempos de relajación muy cortos que saturan su señal. Por el contrario, los protones de la sangre fuera del corte que llegan con un vector de magnetización longitudinal grande no tienen tiempo de saturarse durante su paso por el corte, manteniendo un vector de magnetización longitudinal grande por lo que, en consecuencia, muestran una alta señal.

Esta técnica posee una desventaja en el caso de que existan placas de ateroma, ya que estas presentan alta señal confundándose con el flujo o con otras patologías que por su intensidad de señal puedan ser confundidas. Debido a esto, la secuencia TOF de anular la señal de la grasa aplicando la secuencia STIR. Esta anula la señal de la grasa utilizando un tiempo de inversión que anula dicha señal. Esta técnica es similar a la FAT-SAT, y aunque el objetivo de ambas técnicas es el mismo, la neutralización de la señal de la grasa y, en consecuencia, el oscurecimiento de todos los órganos que contienen tejido adiposo; la elección de una u otra, para lograr el rendimiento óptimo depende de algunos matices.

Los vasos se muestran mejor si son perpendiculares a la dirección del corte, siendo posible observar selectivamente arterias o venas, aplicando bandas de saturación para eliminar el flujo en una dirección determinada.

Las imágenes se pueden adquirir en 2D y 3D. La técnica 2D es más rápida, pero tiene menor resolución espacial. La 3D muestra más detalle y está indicada en vasos finos y con forma irregular, pero es más lenta que la 2D. En algunos casos esta técnica puede realizarse con gadolinio endovenoso, principalmente en estudios 3D en vasos periféricos y en estudios en fase venosa.

La TOF 2D se basa en la adquisición de múltiples cortes finos en diferentes zonas de un vaso. El número de cortes adquiridos depende del tamaño del vaso y del espesor de corte. La obtención de la imagen se hace de forma que el plano sea perpendicular a la dirección del vaso. Una vez obtenida la imagen, el plano es ligeramente desplazado, repitiéndose la adquisición sucesivamente. La resolución de la imagen 2D depende del espesor elegido para cada plano, el cual está condicionado por los gradientes magnéticos. Generalmente se utilizan espesores de 2 a 3 centímetros, intentando mejorar la resolución espacial mediante solapamientos parciales de los planos y con este método se pueden obtener particiones con un espesor mayor a 2mm.

Como la señal del flujo se observa en ambas direcciones en el plano imagen, se quita la señal de los vasos en los que el flujo circula en dirección opuesta utilizando bandas de pre-saturación adyacentes al plano y en el lado de la circulación que se quiere anular. Este método es sensible a los flujos lentos y esto se debe a que usa divisiones muy finas como volúmenes de imagen en las que la sangre no se satura tan rápido como en un volumen grande, mostrando una alta intensidad de señal de la sangre. En cambio, la TOF 3D tiene una sensibilidad más baja para los flujos lentos debido a que la sangre tiene que atravesar un volumen de imagen mayor que en TOF 2D, en el que la sangre se satura si no fluye rápido.

En la TOF 3D se obtiene todo un volumen (SLAB) a la vez. El tamaño del SLAB es de 3 a 8 cm, el cual se divide en 32 o 64 planos o particiones. La ventaja de este método es que las

particiones pueden tener un espesor menor a 1 mm, consiguiendo una mayor resolución espacial con respecto a la TOF 2D.

Estos 2 métodos pueden utilizarse juntos, combinando la buena resolución espacial de la TOF 3D con la gran sensibilidad de la TOF 2D a los flujos lentos. A esta variante se la llama técnica MOTSA (múltiple overlapping thin slab acquisition). Se basa en adquirir muchos SLAB muy delgados, para evitar una significativa saturación de los spins dentro del SLAB, y ligeramente superpuestos, debido a las imperfecciones del perfil de corte y así evitar que alguna zona quede sin explorar.

Para obtener una imagen en Resonancia Magnética existen diversos parámetros de adquisición dependiendo del equipo a utilizar, en la secuencia TOF los parámetros utilizados son:

Espesor del plano: mientras más grande sea el espesor del plano, mayor será la distancia a recorrer por la sangre y por lo tanto mayor cantidad de pulsos de radiofrecuencia recibirá, lo que genera una rápida saturación del flujo disminuyendo el contraste con respecto al fondo.

TR: deben ser tiempos de relajación lo más cortos posibles para que el tejido estacionario reciba durante el tiempo de excitación los suficientes impulsos y quede lo más saturado posible, pero no tan corto para que no afecte el flujo sanguíneo.

TE: debe ser el menor tiempo posible para lograr una mayor señal de la sangre y evitar la dispersión propia de las irregularidades del flujo.

FLIP: influye en la saturación de los spins. Si se aplica un ángulo grande proporciona alta intensidad de señal en la entrada al plano, suprimiendo bastante la señal de fondo, y saturando rápidamente la señal de los spins fluyendo (flujo sanguíneo).⁶

NEX: es el número de excitaciones o adquisiciones por estudio, normalmente suelen realizarse 1 o 2 adquisiciones.¹⁰

SLICE: tamaño del corte, comúnmente expresado en mm. Para la secuencia TOF 2D o 3D se utilizan cortes no mayores a 2mm.⁶

MATRIX o MATRIZ: es el número de píxeles que cubren el campo de visión en cada una de las dimensiones X e Y (2D) y Z (si es una adquisición 3D Y corresponde entonces al plano de selección de corte). Las matrices habituales suelen ser de 256 × 256.

FOV (Field of View): Es el tamaño de la región sometida a estudio. El volumen de voxel determina el número de protones contenidos para emitir la señal y está determinado por el espesor de corte y las combinaciones entre FOV y matriz.¹

MTC: consiste en disminuir la señal de algunos tejidos transfiriendo su magnetización a los tejidos vecinos.¹⁰

Los parámetros de lanzamiento utilizados en secuencia TOF 2D para obtener una adecuada calidad de imagen del sistema vascular son (fig. 2):

TR	TE	FLIP	NEX	SLICE	MATRIX	FOV	MTC
28-35	5-8	60	1	2MM	256X256	250	ON

Fig. 2.
Fuente: Costa. J, Alfonso J. Resonancia Magnética dirigida a Técnicos Superiores en Imagen para el diagnóstico

Los parámetros de lanzamiento utilizados en secuencia TOF 3D para obtener una adecuada calidad de imagen del sistema vascular son (fig. 3):

TR	TE	FLIP	NEX	SLICE	MATRIX	FOV	VELOCITY
68-75	8-9	15	2	1MM	256X256	280	10

Fig. 3.
Fuente: Costa. J, Alfonso J. Resonancia Magnética dirigida a Técnicos Superiores en Imagen para el diagnóstico

Tomografía Computarizada Cerebral

Hoy en día se ha utilizado la TC como método estándar para el diagnóstico de diversas enfermedades cerebrales vasculares, ya que puede detectar sangre en el espacio subaracnoideo en un 92% de los casos. Debido a su alta precisión en la detección de sangre subaracnoidea, la potencialidad de ubicar la causa de ella, así como la evaluación de la cantidad de sangre, tiene un papel fundamental en la predicción de posibles complicaciones en los pacientes evaluados.

La TC cerebral nos permite visualizar los vasos intracraneales con la ayuda de otros equipos complementarios, al que se denomina inyector y que, mediante la sincronización

de los mismos permite evaluar el sistema arterial y venoso de los vasos cerebrales; todo esto también se realiza mediante la utilización de un reactivo importante al que se le denomina medio de contraste yodado no iónico, en cantidades específicas. Gracias a la utilización del contraste se logra el realce de las arterias o venas, con el objetivo de buscar malformaciones, trombosis o aneurisma.¹¹

La utilidad de esta técnica no sólo radica en el estudio de la luz arterial, sino también en los procesos que afecten a la pared de los vasos. Tras la administración de contraste yodado mediante bomba de infusión se obtiene información volumétrica y es muy amplia la cantidad de vasos que pueden ser estudiados. Sin embargo, los resultados más alentadores se obtienen en los de mediano y gran calibre, lo que convierte a la AngioTC un método adecuado para la evaluación del polígono de Willis, especialmente en la detección de aneurismas cerebrales, los cuales pueden ser valorados incluso tras su ruptura ya que el contraste yodado puede diferenciarse de una HSA en ventanas altas.¹²

Este procedimiento se logra realizando múltiples cortes del área anatomía expuesta los rayos X. El tubo de rayos X emite un haz de radiación que atraviesan al paciente, cierta cantidad de estos electrones emitidos llegan a los detectores dependiendo del grado de atenuación que posee cada estructura del cuerpo. La radiación que captan los detectores es transformada en imágenes que finalmente son enviadas al monitor del equipo para ser evaluadas. El grado de atenuación, esta formulado en UH y expresado de forma numérica para cada tejido que atraviesa, la atenuación es la intensidad que experimenta el haz de rayos, desde que sale por la ranura del tubo hasta que llega atenuado a la bandeja de los detectores que se dispone en el polo opuesto (fig. 4). La UH es el número asignado a cada pixel en la imagen final de una TC y es la expresión final de la densidad del objeto irradiado. tienen un rango que va desde los -1000 a +1000, cada uno constituyendo un nivel diferente de densidad óptica. Esta escala de densidades relativas está basada en aire (-1000), agua (0) y hueso denso (+1000).

Visualización de la anatomía cerebral de las densidades en UH

SUSTANCIA	VALOR DE UH
Agua	0

Grasa	-100 a -50
Líquido cefalorraquídeo	15
Sangre	50 a 70
Sustancia gris	37 a 45
Sustancia blanca	20 a 30
Medios de contraste	100 a 300
Hueso trabecular	700
Hueso cortical	1000

Fig. 4.
Fuente: Perez A. Atlas Practico de Tomografía Computarizada

La TC helicoidal y multicorte son las más indicadas para la realización de este estudio, ya que el avance de la mesa es continuo, minimiza el tiempo de barrido y no existe pausa entre la adquisición de la imagen. Se realizan cortes múltiples en espiral y no queda área sin estudiar. La rotación dura aproximadamente entre 10 a 30 segundos, por lo que permite seguir el flujo del contraste en los vasos, por ello ha supuesto un gran avance para el estudio de la anatomía y la patología vascular.¹²

Para la realización de este estudio con medio de contraste, previamente debe evaluarse la funcionalidad renal del paciente por lo que se le debe solicitar pruebas de laboratorio de urea y creatinina, las cuales deben encontrarse en los valores normales para así conseguir una excreción adecuada del medio de contraste administrado. En caso de superar el nivel máximo de urea y creatinina se recomienda hidratación parenteral 24 horas antes y después de la administración del medio de contraste, sobre todo en pacientes diabéticos, hipertensos, con alguna patología renal y de edad avanzada.

Parámetros De Adquisición

Corte (Slice): se produce cuando un haz colimado de rayos X atraviesa el cuerpo del paciente produciendo imágenes de la sección del mismo.¹³

Grosor del corte: está definido por el espesor del haz de rayos X en la dirección del eje Z del paciente, y el valor de este parámetro está relacionado con la definición de la imagen.

La decisión entre cortes finos o gruesos viene determinada, en primer lugar, por el deseo de obtener una mayor resolución espacial o bien una mayor resolución de contraste.¹³

Intervalo del corte: delimita la distancia existente entre corte.¹³

Pitch: es el índice de desplazamiento de la mesa durante una rotación completa del gantry respecto al espesor del corte. En TC cerebral habitualmente se utiliza un pitch de 1, esto significa que durante un giro completo del gantry, la mesa del paciente se desplazara a una distancia igual al espesor del corte.¹³

FOV (Field of View): es el área de la superficie de corte que estudiamos y que podemos ampliar o reducir en función de la zona de interés.¹³

Ancho de ventana: es el intervalo de valores en la escala de UH que nos permite adecuar la escala de grises a un valor reducido de dicha escala.¹³

Tiempo (Scan time): es el tiempo de adquisición del estudio.¹³

KV: es el responsable de la calidad de los rayos x, es decir de la penetración. Este factor en TC siempre es alto y varía entre 100 y 150.

mAs: es el producto del mA x tiempo exposición. El mAs es lo único factor que se modifica durante el estudio, para así en evitar el ruido; esto conlleva a que un aumento del mA proporcionara menor ruido al momento de obtener las imágenes.

Estudio MIP (máxima intensidad de proyección): imágenes obtenidas por representación de los pixeles de densidad más elevada sobre un sólo plano, obteniéndose múltiples visiones variando el ángulo de proyección. Este método permite observar una arteriografía que puede ser vista en cualquier orientación espacial que se desee y a su vez evitando cualquier tipo de superposición.¹³

Estudio 3D: este estudio muestra la superficie de las estructuras observadas en proyecciones axiales, coronales y oblicuas creando una impresión tridimensional mediante un sistema de sombreado.

Los parámetros de adquisición de imagen para la obtención de una adecuada imagen del sistema vascular son (fig. 5.):

KV	120
mAs	400
Volumen de contraste	100-120 ml
Velocidad de infusión	3 ml/seg
Grosor del corte	3mm
Espacio entre corte para reconstrucción	0.625 mm
Numero de rotaciones	25
Tiempo por rotación	20 seg
Pitch	1.0
Tiempo del estudio	525 seg.

Fig. 5.

Fuente: Perez A. Atlas Practico de Tomografía Computarizada

Ventajas y desventajas de la Resonancia Magnética y Tomografía Computarizada en la detección de Aneurisma Cerebral.

La RMN es una técnica de exploración no invasiva que no implica exposición a la radiación ionizante¹⁴ y nos brinda la oportunidad de obtener imágenes en los tres planos de la zona anatómica a estudiar. Mientras que la TC si utiliza radiación ionizante por lo, siempre existe la leve posibilidad de cáncer como consecuencia de la exposición excesiva a la radiación. Sin embargo, el beneficio de un diagnóstico exacto pesa mucho más que el riesgo y los rayos X utilizados en las exploraciones por TAC no deberían tener efectos secundarios inmediatos.¹⁵

En la RMN se pueden obtener imágenes detalladas de varios vasos sanguíneos y del torrente sanguíneo sin tener que insertar un catéter IV dentro de una vena pequeña del brazo. Cuando es necesario, se puede insertar un pequeño catéter dentro de una vena pequeña en el brazo, de manera tal que no exista riesgo de dañar ningún vaso sanguíneo importante, ya que es un procedimiento menos invasivo¹⁴.

Al igual que la RMN la angiografía computarizada puede obtener imágenes detalladas capaz de detectar el estrechamiento u obstrucción de vasos sanguíneos permitiendo llevar a cabo una terapia que podría llegar a corregir el problema.¹⁵

El material de contraste utilizado en los exámenes de RMN tiene menos probabilidades de producir una reacción alérgica que los materiales a base de yodo, utilizados para rayos X convencionales y exploraciones por TC¹⁴. la administración de este material de contraste iodado podría dañar aún más la función renal en los pacientes que presentan riesgo importante de sufrir fallo renal¹⁵.

Debido a la calidad de la imagen y la sensibilidad, la RMN es actualmente la mejor prueba para evaluar las anomalías o trastornos en el cerebro ya que posee una mayor resolución de imagen de tejidos blandos que otras técnicas imagenológicas, por lo que es una herramienta excelente para detectar un aneurisma a tiempo. Siempre teniendo en cuenta que algunos pacientes con trastornos de conciencia, movimientos involuntarios, en edad pediátrica o con problemas de claustrofobia, requerirán de sedación para poder realizar el examen.¹⁴

Una gran ventaja del TAC respecto a la RMN es la rapidez con que se realiza la prueba. En RMN Los estudios son más largos (15 minutos o incluso hasta una hora) por lo que requieren de la colaboración del paciente (permanecer muy quietos, colaborar con la respiración).¹⁴

En el caso de realizarse una angiotomografía computarizada si se posee antecedentes de alergias al material de contraste empleado para rayos X, es posible que su médico le aconseje tomar algún medicamento preventivo especial, como los esteroides, durante unas pocas horas, o durante todo el día anterior a la angiotomografía computarizada, a fin de disminuir la posibilidad de sufrir una reacción alérgica. Otra opción es someterse a otro tipo de examen que no requiera de un material de contraste.¹⁵

Conclusión.

Luego de analizadas estas técnicas de estudios por imagen, se ha llegado a la conclusión de que ambas son ideales para el diagnóstico de aneurisma cerebral. Sin embargo, la elección de una u otra dependerá del médico tratante basándose en el estado de salud con el que ingresa el paciente y la disponibilidad inmediata de la técnica diagnóstica.

La tomografía computarizada, posee ciertas ventajas ante la resonancia magnética ya que suele ser más económica y accesible, aparte de contar con una adquisición más rápida lo que la hace ideal para casos de emergencia.

La resonancia magnética, permite un diagnóstico más acertado que la tomografía, no se hace indispensable la administración de medios de contraste ya que juega con el flujo sanguíneo, y tampoco utiliza radiación ionizante por lo que no conlleva a efectos biológicos indeseables.

Mientras que un estudio de TC cerebral puede obtenerse de 8 a 10 minutos, en la RMN, aunque no se requiere de la administración medio de contraste, éste suele tardar alrededor de 20 minutos en hacer la adquisición de las imágenes utilizando las secuencias adecuadas.

Por lo que cada una de estas técnicas imagenológicas tiene cualidades específicas que permiten un diagnóstico oportuno y acertado tomando en cuenta el cuadro clínico de cada paciente a la hora de su elección.

Recomendaciones.

Una vez culminado este trabajo monográfico, se recomienda:

- Evaluar las condiciones del paciente para elegir el estudio adecuado.
- En el caso de la AngioTC, solicitar y evaluar las pruebas de urea y creatinina, así como también descartar que el paciente sea alérgico al medio de contraste yodado.
- En el caso de pacientes femeninos, interrogar acerca de la fecha de última regla para descartar embarazos.
- En el caso de la ARN, es importante el buen interrogatorio al paciente para conocer si posee algún implante metálico que pueda ser movilizado por el campo magnético.
- Se recomienda el uso de TC en caso de paciente con sospecha de ruptura de aneurisma.

- Se recomienda el uso de la RMN como método de seguimiento en paciente con un diagnóstico previo de aneurisma.
- Se recomienda mantener una buena comunicación con el paciente y explicarle lo que se espera de él durante el estudio, así como también informarle lo que experimentara durante la adquisición de imágenes.
- Finalmente se recomienda al utilizar la TC evitar la sobreexposición del paciente teniendo en cuenta el principio ALARA.

Referencias

- 1: DefinicionABC, Definición de Arteria [en línea]. Sao Paulo, Brasil: Onmidia LTDA; 2007 [citado 15 ene 2017]. Disponible en: <http://www.definicionabc.com/salud/arteria.php>
- 2: Ciencias Cognoscitivas. Poligono de Willis: La vascularización del cerebro [Archivo de video]. 29 ene 2012 [citado 15 de ene de 2017]. [3:07min]. Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=2RJUS6heEC8>
- 3: Muñoz A. Aneurismas Cerebrales experiencia de los últimos 5 años en el servicio de neurocirugía en el hospital general de México O.D. [Tesis Neurocirujano en línea]. México: Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad Ciencias de la Salud: 2012.[citado 17 ene 2012]. Disponible en:

file:///C:/Users/Vicente/Downloads/Experincia%205%20a%C3%B1os%20aneurisma%20U
NAM.pdf

4: Musc Health Medical University [en línea].Carolina del sur:Health library; 2000-2017 [actualizado 17 de mayo 2012;citado 17 ene 2012];Aneurisma cerebral; [aprox 2 pant.].Disponible en: <https://muschealth.staywellsolutionsonline.com/Spanish/Encyclopedia/85,P08773>

5: Rocca U, Rosell A, Dávila A, Bromley L , Palacios F. Aneurismas cerebrales. Revi Neuro-Psiquiatría Perú[en línea].2001[citado 19 ene 2017];64 [aprox 2 pant.].Disponible en: http://sisbib.unmsm.edu.pe/BVrevistas/Neuro_psiquiatria/v64_n4/aneurismas_cerebrales.htm

6: Quintana Y. Angiografía por Resonancia Magnética.[Proyecto Final Integrador en línea].San Martín:Universidad Nacional de General San Martín,Facultad Ciencias de la Salud: 2007.[Citado 22 ene 2017].Disponible en: [http://www.unsam.edu.ar/escuelas/ciencia/alumnos/PUBLIC.2007-/\(RMN\)%202007-QUINTANA%20YAMILA.pdf](http://www.unsam.edu.ar/escuelas/ciencia/alumnos/PUBLIC.2007-/(RMN)%202007-QUINTANA%20YAMILA.pdf)

7: Onofre J.” Diagnósis comparativa de los aneurismas arteriales intracraneales por medio de Resonancia Magnética y Angiografía” [tesis Doctor en medicina en línea].Monterrey:Universidad Autónoma de Nuevo León,Facultad de Medicina:1991.[Citado 22 ene 2017].Disponible en: <http://eprints.uanl.mx/5731/1/1080125922.PDF>

8: Diccionario Medico [en línea]. Clínica Universidad de Navarra;2015[citado 23 ene 2017]. Disponible en: <http://www.cun.es/diccionario-medico/terminos/tiempo-eco>

9: Dr. Carlos Valencia-Calderón, Dra. Ana Calderón-Valdiviezo, Dr. Amadeo Muntané-Sánchez, Dr. Sirajh Bechich, Dr. Rupero Oliveró-Rigau, Dr. Cristòbal. Segura-Cros. Descripción y Fundamentos de la Resonancia Magnética en el Diagnóstico de la Enfermedad Cerebrovascular.Rev Ecuatoriana Neurología [en línea].2004 [citado 23 ene 2017];13 (1-2) [aprox 3 pant]. Disponible en:

http://www.medicosecuador.com/revecuatneuro/vol13_n12_2004/neuro_descripcion_resonancia.htm

10: Martincho. RM - Calidad de imagen y artefactos [Blog en línea]. Madrid, España:Martincho. Ene 2011[citado 23 ene 2017]. Disponible en: <http://dxiparatecnicos.blogspot.com/2010/09/rm-calidad-de-imagen-y-artefactos.html>

11: Ramirez S, Rodriguez T. Prevalencia de aneurisma mediante angiotomografía cerebral en pacientes del departamento de Imagenología del hospital Vicente Corral Moscoso-Cuenca,junio-noviembre 2012.[tesis lic Imagenología en línea].Cuenca-Ecuador: Universidad de Cuenca, facultad de ciencias Médicas;2014[citado 25 ene 2017].Disponible en: <file:///C:/Users/Vicente/Downloads/TECI10.pdf>

12: Montero M. Angio-TC. Aplicaciones y protocolos específicos.Rev Elsevier[en línea].1999[citado 25 ene 2017];(41) 1: [aprox 2 pant].Disponible en: <http://www.elsevier.es/es-revista-radiologia-119-articulo-angio-tc-aplicaciones-protocolos-especificos-13004458>

13: García P. Principios técnicos de la tomografía axial computarizada [en línea]. La Habana-cuba:Libros de Autores Cubanos;2008[citado 26 ene 2017].Disponible en: <http://gsdl.bvs.sld.cu/cgi-bin/library?e=d-00000-00---off-0imaginol--00-0---0-10-0---0---0direct-10---4-----0-11--11-es-50---20-about---00-0-1-00-0-0-11-1-0utfZz-8-00&a=d&cl=CL1&d=HASH01d25e177d27dd4092e9194c.5.fc>

14: Asociacion Salvadoreña de Radiología Ultrasonografía e Imágenes Diagnosticas [en línea].El Salvador:2014[22 sep 2015;citado 26 ene 2016]; Ventajas y desventajas de La Resonancia Magnética;[aprox 1 pant]. Disponible en: <http://radiologosdeelsalvador.com/ventajas-y-desventajas-de-la-resonancia-magnetica/>

15: RadiologyInfo.org, Angiotomografía computarizada [en línea] Norte América: Copyrigh;2015[citado26ene 2016. Disponible en: <http://www.radiologyinfo.org/sp/info.cfm?pg=angiocr>

16: González P. Aneurismas Arteriales [en línea] [citado 26 ene 2016] Disponible en: <http://www.libroslandia.com/libros/aneurismas-arteriales-1/>

17: Atlas Practico de Tomografía Computarizada [en línea] [citado 26 ene 2016]

Disponible en: <http://www.fatedocencia.info/1006/1006.pdf>

18: Costa. J, Alfonso J. Resonancia Magnética dirigida a Técnicos Superiores en Imagen para el diagnóstico [en línea] [citado 26 ene 2016] Disponible en <https://biebere-51aa9.firebaseio.com/38/Resonancia-Magn%C3%89Tica-Dirigida-A-T%C3%89Cnicos-Superiores-En-Imagen-Para-El-Diagn%C3%93Stico.pdf>.