



**CONCORDANCIA EN LA DETECCIÓN DE HEMORRAGIA
SUBARACNOIDEA NO TRAUMÁTICA POR MEDIO DE TOMOGRAFÍAS
COMPUTARIZADAS DE CRÁNEO SIMPLE ENTRE CLÍNICOS Y EL
REPORTE RADIOLÓGICO DEFINITIVO EN UN HOSPITAL DE 4º NIVEL
DE ATENCIÓN EN BOGOTÁ D.C, COLOMBIA: 2020**

Autor:

ALFREDO JOSÉ GUTIÉRREZ VARGAS

**Trabajo presentado como requisito para optar por el título de Especialista en Medicina
de Emergencias**

Bogotá D.C – Colombia

2021

**CONCORDANCIA EN LA DETECCIÓN DE HEMORRAGIA SUBARACNOIDEA NO
TRAUMÁTICA POR MEDIO DE TOMOGRAFÍAS COMPUTARIZADAS DE
CRÁNEO SIMPLE ENTRE CLÍNICOS Y EL REPORTE RADIOLÓGICO
DEFINITIVO EN UN HOSPITAL DE 4º NIVEL DE ATENCIÓN EN BOGOTÁ D.C,
COLOMBIA: 2020**

Autor:

ALFREDO JOSÉ GUTIÉRREZ VARGAS

Tutores:

SALVADOR EDUARDO MENÉNEZ RAMÍREZ

MARÍA JOSÉ VARGAS BROCHERO

Facultad de Medicina

Programa de Medicina de Emergencias

Universidad del Rosario

Bogotá D.C – Colombia

2021

Identificación del Proyecto

Institución Académica: Universidad del Rosario.

Dependencia: Facultad de Medicina, Programa de Medicina de Emergencias.

Título de la Investigación: Concordancia en la detección de hemorragia subaracnoidea no traumática por medio de tomografías computarizadas de cráneo simple entre clínicos y el reporte radiológico definitivo en un hospital de 4º nivel de atención en Bogotá D.C, Colombia: 2020.

Instituciones participantes: Fundación Santafé de Bogotá.

Tipo de Investigación: Estudio primario observacional de diseño transversal de tipo Pruebas Diagnósticas.

Investigador principal: Alfredo José Gutiérrez Vargas

Investigadores asociados: ninguno.

Asesor temático: Salvador Eduardo Menéndez Ramírez

Asesor metodológico: Salvador Eduardo Menéndez Ramírez y María José Vargas Brochero

CONTENIDO

1. Introducción.....	10
1.1 Planteamiento del Problema.....	10
1.2 Justificación.....	12
2. Marco Teórico.....	13
Estado del Arte.....	13
Estudios de Concordancia.....	14
Teoría de la Concordancia.....	16
Características operativas de la Tomografía computarizada de cráneo simple.....	19
3. Objetivos.....	22
3.1 Objetivo General.....	22
3.2 Objetivos específicos.....	22
4. Formulación de Hipótesis.....	23
5. Metodología.....	24
5.1 Tipo y Diseño del estudio.....	24
5.2 Población.....	24
5.3 Criterios de inclusión y exclusión.....	25
5.3.1 Criterios de inclusión.....	25
5.3.2 Criterios de exclusión.....	25
5.4 Tamaño de la muestra.....	25
5.5 Definición y operacionalización de variables.....	26
5.6 Técnicas, procedimientos e instrumentos de recolección de datos.....	29
6. Aspectos éticos.....	33

7. Resultados.....34

8. Discusión.....38

9. Conclusiones.....42

10. Referencias bibliográficas.....43

Resumen

Introducción: La hemorragia subaracnoidea (HSA) consiste en el sangrado en la cavidad encefálica por debajo de la aracnoides. Los pacientes que presentan HSA ingresan a los diversos servicios de urgencias presentando cefalea hasta en el 25% de los casos, siendo la HSA la causa de esta cefalea en el 1-3%. Establecer el diagnóstico es importante dado que los desenlaces pueden ser fatales. Por tal razón, el uso de la tomografía de cráneo (TC) simple ha venido en ascenso en las últimas décadas como método diagnóstico efectivo y rápido para el estudio de múltiples patologías neurológicas agudas.

Objetivo: establecer la concordancia interobservador entre médicos clínicos y el reporte definitivo por parte del radiólogo en la detección de HSA dentro de un banco de imágenes de una institución específica de 4° nivel de atención en la ciudad de Bogotá D.C.

Método: Se realizó la evaluación del banco de tomografías computarizadas de cráneo simple tomadas en el servicio de urgencias por causa no traumática en un período comprendido entre enero a junio de 2018; de éstas 619 imágenes, 1.62% correspondieron a HSA; se tomaron 195 imágenes comparando la interpretación entre médicos clínicos (emergenciólogos y residentes de Medicina de Emergencias), con muestreo no probabilístico y con selección aleatoria de las tomografías de cráneo simple evaluadas.

Resultados: El porcentaje de acuerdo a la interpretación de la tomografía de cráneo simple para diagnóstico de HSA entre el médico clínico y el radiólogo fue de 81.5%, con un porcentaje esperado por el azar de 55% y un Kappa de Cohen de 0.58 (IC 95% 0.71-0.46), $p < 0,000$). En la evaluación exploratoria por subgrupos entre emergenciólogos y radiólogos versus residentes y radiólogos se observa un comportamiento similar con un Kappa de 0.59 y 0.57, respectivamente.

Discusión: El resultado de este estudio aporta al conocimiento e interpretación tomográfica de los médicos clínicos versus radiólogos, siendo una de ellas la hemorragia subaracnoidea, evidenciando concordancia moderada como punto de mejora, enfocado en ofrecerle al paciente la mejor y más oportuna conducta terapéutica posible.

Palabras claves: Hemorragia subaracnoidea, concordancia interobservador, kappa, tomografía, diagnóstico, sensibilidad y especificidad.

Abstract

Introduction: Subarachnoid hemorrhage (SAH) consists of bleeding in the brain cavity below the arachnoid. Patients who present with SAH are admitted to the various emergency services presenting headaches in up to 25% of cases, with SAH being the cause of this headache in 1-3%. Establishing the diagnosis is important since the outcomes can be fatal. For this reason, the use of simple skull tomography (CT) has been on the rise in recent decades as an effective and rapid diagnostic method for the study of multiple acute neurological pathologies.

Objective: To establish the interobserver agreement between clinical physicians and the definitive report by the radiologist on the detection of SAH within an image bank of a specific 4th level care institution in Bogota city.

Method: The evaluation of the bank of computed tomography of the simple skull taken in the emergency department for non-traumatic causes was carried out in a period between January and June 2018; of these 619 images, 1.62% corresponded to HSA; 195 images were taken comparing the interpretation between clinical physicians (emergency physicians and residents of Emergency Medicine), with non-probabilistic sampling and with random selection of the evaluated simple skull tomographies.

Results: The percentage according to the interpretation of the simple skull tomography for diagnosis of SAH between the clinician and the radiologist was 81.5%, with a percentage expected by chance of 55% and a Cohen's Kappa of 0.58 (CI 95% 0.71-0.46), $p < 0.000$). In the exploratory evaluation by subgroups between emergencilogists and radiologists versus residents and radiologists, a similar behavior is observed with a Kappa of 0.59 and 0.57, respectively.

Discussion: The result of this study contributes to the knowledge and tomographic interpretation of clinicians versus radiologists, one of them being subarachnoid hemorrhage, showing moderate concordance as a point of improvement, focused on offering the patient the best and most timely therapeutic conduct possible.

Key words: Subarachnoid hemorrhage, interobserver agreement, kappa, tomography, diagnosis, sensitivity and specificity.

1. Introducción

1.1 Planteamiento del problema

El rol de la tomografía computarizada en el abordaje diagnóstico de la hemorragia subaracnoidea como parte de una amplia diversidad de enfermedades agudas se ha incrementado más de 20 veces desde 1980(1,2). Una porción sustancial de este incremento ha sido debido a su creciente papel en el diagnóstico temprano de entidades agudas potencialmente amenazantes para la vida, incluyendo accidente cerebrovascular agudo(3), trauma mayor(4–6), trauma craneoencefálico(7–9), embolismo pulmonar(10–12), dolor abdominal(13–15), cefalea(16–18), cólico renal (19,20) y dolor torácico(21,22). Un importante estudio del National Hospital Ambulatory Medical Care Survey (NHAMCS) demostró un aumento del 330% en el uso de la tomografía computarizada en los servicios de urgencias de 1996 al 2007, en relación probable con un número cada vez mayor de indicaciones, disponibilidad y retribución económica favorable(23). En la literatura médica, las discrepancias en la interpretación de radioimágenes entre los emergenciólogos y los radiólogos han sido el sujeto de estudio de varios grupos de investigación(24–28). Los diferentes estudios de concordancia de interpretación de radioimágenes publicados hasta el momento han documentado una variabilidad significativa entre la interpretación radiológica de los clínicos y el reporte oficial de los radiólogos en diferentes poblaciones de pacientes y escenarios clínicos, sobretodo para radiografía simple donde la tasa de discrepancia oscila en un rango del 8-11%; afortunadamente, la mayor parte de ellas sin impacto clínico(27). Respecto a las diferencias en la interpretación de tomografías de cráneo simple, el estudio de Mehta y col. mostró una discrepancia entre los clínicos y los

neurorradiólogos superior al 20% de los casos y sugirió que se podían observar cambios potenciales en el manejo en un 6.6% de los mismos(29). Asimismo, Alfaro y col. encontró discordancia en 38.7% de los casos, de los cuales en el 11.4% la discordancia fue mayor(30). Dolatabadi y col., demostraron que tanto los emergenciólogos como los residentes Senior de Medicina de Emergencias presentaron una discrepancia significativa en la interpretación de tomografías de cráneo simple versus la lectura del radiólogo(31).

En contraparte, también existen estudios que han concluido que la habilidad de interpretación de tomografías computadas de los médicos emergenciólogos es buena. El estudio de Harding y col., y el de Kartal y col., demostraron ambos una tasa de discordancia de tan sólo el 2% en la interpretación de tomografías de cráneo simple entre emergenciólogos versus el reporte oficial por radiología, sin embargo, ambos estudios tuvieron la limitación que solamente incluyeron condiciones amenazantes para la vida(32,33). Los resultados dicotómicos entre los diferentes estudios de concordancia publicados y previamente enunciados, ninguno de ellos en Latinoamérica, hacen pertinente la realización de un estudio de concordancia con criterios de inclusión y que cuente con una rigurosa metodología y un sólido análisis estadístico que permita determinar la concordancia en la interpretación de las tomografías de cráneo simple entre los médicos clínicos (emergenciólogos, residentes de Medicina de Emergencias) y el reporte radiológico definitivo. Asimismo, en nuestro país existen clínicas y hospitales, entre los que se encuentra la Fundación Santa Fé de Bogotá, que cuentan con lectura casi inmediata de las tomografías de cráneo simple, con disponibilidad 24/7 por parte del departamento de Radiología; sin embargo, esto no está disponible en gran parte de las instituciones prestadoras de servicios de salud de alta y mediana complejidad, lo cual genera la imperiosa necesidad de contar con médicos clínicos ampliamente capacitados en la interpretación adecuada de este tipo

de radioimágenes con el fin de realizar diagnósticos oportunos y certeros, disminuyendo la tasa de errores de interpretación y, de esta forma, mejorar los desenlaces de los pacientes y reducir al máximo los indicadores de morbimortalidad derivados de las diversas entidades neurológicas agudas.

1.2 Justificación

Este trabajo de investigación busca determinar la concordancia existente en la interpretación de tomografías de cráneo simple entre médicos clínicos y el reporte oficial del radiólogo en un Hospital Universitario de Alta Complejidad de Bogotá D.C, Colombia, enfocado especialmente en la hemorragia subaracnoidea (HSA) no traumática. Esto tiene relevancia en el sentido que permitirá establecer objetivamente las habilidades de médicos clínicos que laboran en el servicio de Urgencias de nuestro centro en cuanto a la interpretación de las tomografías de cráneo simple, la cual es la herramienta más utilizada en los servicios de Urgencias de todo el mundo para el diagnóstico de patologías neurológicas agudas. Además, la concordancia en la interpretación de tomografías de cráneo simple entre éstos versus el reporte oficial del radiólogo tendría un impacto positivo en el ejercicio de las buenas prácticas clínicas en la diversidad de instituciones prestadoras de servicios de salud que carecen de la disponibilidad y oferta de servicios de radiología a tiempo completo, así como evaluar a los profesionales en formación y establecer objetivos educativos y desarrollar habilidades de los mismos de acuerdo a los resultados obtenidos.

2. Marco Teórico

Estado del Arte. Los departamentos de Urgencias son puntos de entrada cruciales para los servicios de salud en todas partes del mundo y, por lo general, permanecen colapsados por exceso de consultas médicas. Asimismo, la naturaleza urgente de las diversas condiciones médicas que llevan a los pacientes a acudir a los servicios de Urgencias aumentan la importancia de un diagnóstico oportuno y preciso(34). En años recientes, la tomografía computarizada (TC) se ha convertido en la modalidad de diagnóstico de elección para una gran cantidad de patologías y cada vez se encuentra mucho más fácilmente disponible, incluso en centros médicos pequeños sin disponibilidad de radiólogos(31).

Igualmente, se ha convertido en una de las pruebas diagnósticas de mayor crecimiento y demanda por los médicos de emergencias para el apoyo diagnóstico de entidades neurológicas y no neurológicas que requieren intervenciones terapéuticas oportunas, muchas veces instauradas antes de la disponibilidad de una lectura formal por un especialista en radiología(30,35). Una porción sustancial de este incremento ha sido debido a su creciente papel en el diagnóstico temprano de entidades agudas potencialmente amenazantes para la vida, incluyendo el accidente cerebrovascular agudo, al cual pertenece la hemorragia subaracnoidea(3), el trauma mayor(4–6), el traumatismo craneoencefálico(7–9) y la cefalea aguda(16–18). Ahora bien, teniendo en cuenta la importancia de la detección oportuna de los diferentes accidentes cerebrovasculares, encontramos que la prevalencia a nivel de Suramérica es del 26%, lo cual da un valor añadido a la importancia de este estudio(36).

Si bien es clara la importancia crucial de la exactitud en la interpretación de una tomografía computarizada cerebral por parte de los médicos de emergencias, muchos programas de especialización en Medicina de Emergencias no asignan suficiente tiempo para un entrenamiento adecuado de los profesionales en formación en los aspectos concernientes a la interpretación de la misma(37).

Por otra parte, en nuestro país nos encontramos ante un déficit de radiólogos (2 radiólogos por cada 100.000 habitantes en el año 2011), además de una distribución desigual de éstos, encontrando aproximadamente un 45% del total en Bogotá D.C, un 20% en Medellín y el restante 35% en las demás ciudades principales del país(38). Teniendo en cuenta lo anterior, es prácticamente imposible contar con la disponibilidad inmediata de un radiólogo para la lectura definitiva de una tomografía de cráneo en un servicio de urgencias en la mayor parte del territorio nacional, lo cual hace imperiosa la necesidad de contar con emergenciólogos ampliamente capacitados en la interpretación adecuada de este tipo de radioimágenes con el fin de realizar diagnósticos oportunos y certeros, disminuyendo la tasa de errores de interpretación y, de esta forma, mejorar los desenlaces de los pacientes y reducir al máximo los indicadores de morbimortalidad derivados de las diversas entidades neurológicas agudas. Con base en estas consideraciones, se llevará a cabo un estudio de concordancia de prueba diagnóstica.

Estudios de Concordancia. Son un tipo de estudios que busca comparar los resultados de dos o más métodos en sus resultados, en este sentido, de dos observadores diferentes; en este caso, aplicable al diagnóstico de la hemorragia subaracnoidea (HSA). Ahora bien, los diferentes estudios de concordancia de interpretación de radioimágenes publicados hasta el momento han documentado una variabilidad significativa entre la interpretación radiológica de los clínicos y

el reporte oficial de los radiólogos en diferentes poblaciones de pacientes y escenarios clínicos, sobretodo para radiografía simple donde la tasa de discrepancia oscila en un rango del 8-11%; afortunadamente, la mayor parte de ellas sin impacto clínico(27). Con respecto a la discrepancia en la interpretación de tomografías de cráneo simple, el estudio de Alfaro y cols. estableció a través de una cohorte prospectiva que la tasa de malinterpretación de tomografías de cráneo simple por emergenciólogos era un aspecto clínico de potencial preocupación; sin embargo, es raro; y dentro de sus recomendaciones sugieren que la educación formal en interpretación tomográfica sea incluida en los programas de Medicina de Emergencias. Este estudio pionero marcó una pauta sobre este importante tópico de la Medicina de Emergencias y conllevó al advenimiento de múltiples estudios de concordancia sobre el tema(30). Mehta y cols. mostraron una discrepancia entre los clínicos y los neurorradiólogos superior al 20% de los casos y sugirió que se podían observar cambios potenciales en el manejo en un 6.6% de los mismos(29). Dolatabadi y cols., demostraron que tanto los emergenciólogos como los residentes Senior de Medicina de Emergencias presentaron una discrepancia significativa en la interpretación de tomografías de cráneo simple versus la lectura del radiólogo (16.2% y 15.8%, respectivamente)(31). Además, este estudio tuvo una proporción de hallazgos anormales muy similar al estudio de Alfaro y cols. previamente mencionado y al estudio de Arendt y col.(37), lo cual tiene importancia ya que después de revisar la literatura se encuentra que un mayor número de anomalías encontradas en los estudios se asocia con mayores discrepancias de interpretación(34,39–41).

En contraparte, también existen estudios que han concluido que la habilidad de interpretación de tomografías computadas de los médicos emergenciólogos es adecuada. A principios de siglo, Mucci y col. a través de una serie retrospectiva en el Reino Unido compararon la interpretación

de tomografías de cráneo entre emergenciólogos y radiólogos generales, reportando un 86.6% de concordancia(29). Al- Reesi y col. demostraron una muy buena concordancia (índice Kappa: 0.83) entre la interpretación de emergenciólogos entrenados versus los reportes oficiales de neuroradiólogos(35). Más recientemente, los estudios de Harding y col., y el de Kartal y col., demostraron ambos una tasa de discordancia de tan sólo el 2% en la interpretación de tomografías de cráneo simple entre emergenciólogos versus el reporte oficial por radiología, sin embargo, ambos estudios tuvieron la limitación que solamente incluyeron condiciones amenazantes para la vida(32,33).

Levitt y cols. en un estudio de intervención prospectivo demostró que con una sesión educacional de una hora se mejoran las habilidades interpretativas de tomografías de cráneo de los emergenciólogos(42).

Perron y cols. refuerzan la importancia de los cursos educacionales en interpretación de tomografías entre los residentes de Medicina de Emergencias en un estudio multicéntrico representativo publicado en 1998(39).

Teoría de la Concordancia. Para calcular el grado de acuerdo entre dos observadores que midan el mismo fenómeno observado (concordancia interobservador) que en condiciones ideales debería ser igual, podemos hacerlo de diferentes maneras dependiendo de las características de las variables y los objetivos. Se requiere que las variables se expresen en la misma escala de medición y que cada escala contenga el mismo número de categorías (deben ser conmensurables). Si existe un patrón de oro con el cual comparar se pueden hacer cálculos de sensibilidad, especificidad, determinación de curvas ROC y áreas bajo la curva. Éstos

estudios son de conformidad o desempeño. Cuando no existe un patrón de oro o este es técnicamente difícil de realizar (patología, necropsia, etc), se realizan estudios de consistencia entre los instrumentos u observadores. En ausencia de un estándar, cuando un proceso genera resultados que son mayores o menores de forma sistemática con respecto a otro, no es posible determinar cuál de ellos es el correcto. En la comparación de dos procesos, es posible que se observe un acuerdo solo por azar. Este se debe tener en cuenta y ser corregido en el cálculo de los índices de concordancia(43).

Cuando se trata de variables categóricas, una forma sencilla de expresar concordancia es utilizar la proporción o porcentaje observado de mediciones concordantes, sin embargo, éste no toma en cuenta el factor aleatorio. El método más frecuentemente utilizado es la determinación del estadístico Kappa, método descrito por Cohen en 1960 para comparar observadores cuando la variable categórica no es ordinal(44). Más tarde, en 1968 el mismo Cohen extendió este mismo tipo de medición a las variables ordinales introduciendo el concepto de ponderación(45). El índice Kappa mide el acuerdo que hay entre observadores más allá del debido al azar. Es decir, mide el nivel de concordancia corregido por el atribuible al azar. La fórmula es:

$$\kappa = \frac{(\% \text{Acuerdo observado} - \% \text{Acuerdo atribuible al azar})}{1 - \% \text{Acuerdo atribuible al azar}}$$

Tomado de Abaira V. Índice De Kappa. Semergen . 2000; 27:247–9.

El valor máximo es 1, que es igual a un acuerdo total entre ambos observadores, es decir que el acuerdo esperado solamente por el azar es igual a cero. El valor mínimo depende del valor del acuerdo atribuible al azar, siendo -1 cuando el valor del acuerdo atribuible al azar es 0,5; sin

embargo, cuando el valor observado es menor que el atribuible al azar, la concordancia es tan baja que no interesa saber su valor exacto. Landis y Koch(46) sugirieron los siguientes niveles de significación cuantitativa del valor de Kappa:

- < 0 : No hay acuerdo
- 0-0,2: Insignificante
- 0,21-0,40: Baja
- 0,41-0,60: Moderada
- 0,61-0,80: Alta
- 0,81-1,0: Muy alta

Cuando la variable es ordinal se calcula el valor de Kappa ponderado, es decir le atribuye parte del acuerdo a categorías más cercanas jerárquicamente. Cuando la variable es continua pueden utilizarse coeficientes de correlación y concordancia (Coeficiente de Lin, intraclass, etc.).

Limitaciones del estadístico Kappa.(47) La medición de la concordancia entre dos observadores cuando se utiliza el coeficiente de Kappa de Cohen se ve afectada en situaciones específicas:

- Prevalencias muy bajas o muy altas: los resultados del Kappa pueden ser bajos aún existiendo una buena concordancia entre los observadores.
- Número de categorías: entre más categorías existan, más difícil es clasificar correctamente las observaciones por lo que habrán Kappas más bajos.
- Para categorías ordinales que resulten de agrupar variables continuas, la concordancia depende de las definiciones con que se hacen las categorías que son, en algunas ocasiones, arbitrarias.

Características operativas de la Tomografía computarizada de cráneo simple (TCS)(48).

La TC es un método de diagnóstico por imagen de uso cada vez más extendido en la práctica clínica diaria. Hoy por hoy, la TC es una herramienta con aplicaciones e indicaciones de estudio en todas las especialidades clínicas sin excepción. Los avances técnicos han permitido crear aparatos cada vez más complejos en su diseño pero a la vez más sencillos en su manejo, el soporte informático obtiene las imágenes en pocos instantes después de realizado el corte, imágenes que manipularemos mejorando su calidad y extrayendo mayor información diagnóstica. La Tomografía Computarizada es la reconstrucción por medio de un ordenador de toda la materia del plano tomográfico de un objeto. La imagen se consigue con las medidas de absorción de rayos X hechas alrededor del objeto. El papel del ordenador en la TC es la síntesis de imágenes y para conseguirlo se utiliza una unidad básica que es el volumen de superficie del elemento. Cada unidad volumétrica que compone un corte de escáner posee una absorción característica que es representada en el monitor como una imagen bidimensional denominada Píxel, ese Píxel posee una profundidad, y a todo ese volumen se le denomina Voxel.

La obtención de imágenes a través de un TC se realiza a través de un tubo de rayos X. Un haz de Rayos X colimado atraviesa al paciente mientras todo el sistema realiza un movimiento circular, se mide el haz atenuado remanente y los valores se envían a un ordenador. Éste analiza la señal recibida por el detector, reconstruye la imagen y la muestra en un monitor. La imagen reconstruida puede ser almacenada, pudiendo visualizarla cada vez que se desee. También puede ser impresa en una placa convencional a través de una impresora láser conectada al monitor de visualización.

Naturaleza de los rayos X. Los Rayos X descubiertos por W. K. Roentgen en 1895, son ondas electromagnéticas con una longitud de onda menor de 10 Angstrom y una frecuencia inferior a $3 \cdot 10^{16}$ y que por estas características son capaces de atravesar la materia, perdiendo parte de su energía o bien siendo desviados transmitiendo parte de su energía e ionizando a los átomos con quienes interacciona. Gracias a esa atenuación energética de la fuente de radiación, pueden obtenerse imágenes del cuerpo atravesado. Los rayos X se originan a partir de una aceleración de los electrones (-) generados en un filamento incandescente (cátodo), y su frenado brusco al chocar contra el ánodo (+) de un tubo de Rayos X que por efecto de este choque, se produce un 99% de energía calorífica y un 1% de energía radiactiva, es necesario algún sistema adicional de dispersión de calor.

Recuerdo histórico de la tomografía computarizada. En 1972, el Dr. Godfrey Hounsfield describe y pone en práctica la Tomografía Axial Computarizada. Su teoría se fundamenta en el coeficiente de atenuación que experimenta el haz de rayos X al atravesar la materia. En Radiología Convencional, la imagen se consigue por la interacción fotoquímica de los fotones que atraviesan la materia con las sales de plata de la emulsión de la placa radiográfica, después del proceso de revelado, fijado, lavado y secado. En radiología digital, aunque no se puede prescindir por el momento, de la placa radiográfica para su estudio e informe posterior, la imagen se consigue mediante los cálculos de atenuación de la radiación X, al interactuar y atravesar la materia de estudio. La calidad de la imagen digital depende de varios factores como el haz de rayos X, los detectores, el número y la velocidad de los cálculos, los algoritmos que se utilicen en la reconstrucción de las imágenes, etc. Cada corte tomográfico de la TC es como una "rebanada" más o menos delgada. La pantalla del monitor se divide en un número de celdillas (píxel) con un volumen (voxel) (48) determinado por el grosor de la "rebanada".

Desde Hounsfield hasta la actualidad, se han introducido muchos cambios, encaminados casi todos ellos a acortar el tiempo de barrido y la mejora de la calidad de imagen.

Diferencias entre las diversas generaciones de aparatos de TAC(48).

1ª Generación. El tubo de rayos X y un detector en posiciones opuestas recorren una zona determinada, realizando los cálculos de atenuación correspondientes a esa zona, rotan ambos y recorren otra zona sobre el mismo eje realizando los cálculos de esta zona y repiten el proceso hasta conseguir los cálculos correspondientes a un ángulo de 180° sobre el mismo eje. Los tiempos de barrido por corte eran de 4 a 5 minutos.

2ª Generación. Treinta detectores opuestos al tubo de rayos X, reducen el número de rotaciones de 180 a 6 por cada barrido, lo que a su vez reduce el tiempo total del barrido entre 20 y 60 segundos.

3ª Generación: Un conjunto de detectores, junto con el tubo de rayos X opuesto a ellos describen un giro de 360° con lo que se reduce el barrido a tiempos inferiores a 3 segundos.

4ª Generación. El tubo rota por el interior de una corona de detectores fijos que recogen y envían los datos para su cálculo. Aunque así no se desajusta con facilidad la posición de los detectores, el tiempo de barrido viene a ser igual que el de la generación anterior.

5ª Generación. Adquisición volumétrica, reducción del tiempo de estudio y la reconstrucción tridimensional de imágenes. En la actualidad se están realizando múltiples investigaciones sobre el diseño de escáneres de tomografía computarizada que prometen traducirse en mejoras en la calidad de imagen y reducciones en la dosis de radiación que recibe el paciente. Algunos de estos modelos en fase de desarrollo incluyen formas novedosas de movimiento del tubo de rayos X y de la matriz de detectores, o de ambos elementos a la vez.

3. Objetivos

3.1 Objetivo General

Evaluar la concordancia interobservador en la interpretación de tomografías de cráneo simple en el hallazgo de Hemorragia Subaracnoidea (HSA) no traumática entre médicos clínicos (emergenciólogos y residentes de Medicina de Emergencias) y el reporte radiológico definitivo.

3.2 Objetivos específicos

1. Describir la prevalencia de la Hemorragia Subaracnoidea (HSA) en el banco de imágenes del Instituto de Servicios Médicos de Emergencia y Trauma (ISMET) de la Fundación Santa Fé de Bogotá en el período de Enero a Junio de 2018.
2. Calcular la concordancia en las interpretaciones de las tomografías de cráneo simple entre el reporte radiológico definitivo y los subgrupos: emergenciólogos y residentes de Medicina de Emergencias como análisis exploratorio.

4. Formulación de Hipótesis

Hipótesis nula (H₀): Exista baja concordancia entre la interpretación del clínico (emergenciólogo, residente de Medicina de Emergencias) y el reporte definitivo por parte de radiología de las tomografías de cráneo simple, con un kappa inferior a 0,6

Hipotesis Alternativa (H₁): Existe moderada a alta concordancia entre la interpretación del clínico (emergenciólogo, residente de Medicina de Emergencias) y el reporte definitivo por parte de radiología de las tomografías de cráneo simple, con un kappa de $> 0,6$

5. Metodología

5.1 Tipo y Diseño del estudio

Estudio primario observacional de diseño transversal de tipo Pruebas Diagnósticas, para conocer la concordancia entre la lectura de tomografías de cráneo simple de un radiólogo experto versus la interpretación del clínico (emergenciólogos y residentes de Medicina de Emergencias). Entendiendo un estudio de concordancia como aquel estudio utilizado para realizar la comparación entre dos observadores diferentes de un mismo fenómeno, y evaluar el nivel de congruencia entre éstos.

5.2 Población

Lecturas de imágenes de tomografías de cráneo simple por causas no traumáticas de pacientes mayores de 18 años de edad que ingresaron al servicio de Urgencias de la Fundación Santafé de Bogotá (Instituto de Servicios Médicos de Emergencia y Trauma (ISMET)) desde el 1 de enero de 2018 al 30 de junio de 2018. Los datos se tomarán del Censo de pacientes del servicio de Urgencias (ISMET) y del archivo de imágenes diagnósticas del HUFBS correspondientes a enero– junio de 2018, previa aprobación del Comité de Investigación del HUFBS.

5.3 Criterios de inclusión y exclusión

5.3.1 Criterios de inclusión

- Interpretaciones de las Tomografías de cráneo simple por causas no traumáticas en pacientes mayores de 18 años de edad que ingresaron al servicio de Urgencias de la Fundación Santafé de Bogotá.
- Lectura de Tomografías de cráneo simple en las fechas establecidas (desde el 1 de enero de 2018 al 30 de junio de 2018).

5.3.2 Criterios de exclusión

- Formularios con mal diligenciamiento de los datos básicos del clínico.
- Interpretaciones mal diligenciadas en el formulario de recolección de datos.
- Formularios diligenciados con letra ilegible.
- Imágenes reportadas por radiología como de mala calidad

5.4 Tamaño de la muestra

Se realiza el cálculo de la muestra para la prueba de hipótesis para un kappa mínimo de 0,6 con una proporción del desenlace HSA del 40%, con un poder de 80% y un alfa de 0,05 a dos colas,

con tasa de pérdida del 10%, con la ayuda de un programa web (<https://wnarifin.github.io/ssc/sskappa.html>)(49); con un resultado de 146 imágenes a evaluar por los médicos clínicos y radiólogos; recolectando finalmente 195.

5.5 Definición y Operacionalización de variables

Tabla 1. Operacionalización de las variables

Variable	Definición	Dependencia	Naturaleza	Nivel de Medición	Nivel operativo
Sexo	Sexo	Dependiente	Cualitativa	Nominal	<ul style="list-style-type: none"> ○ 0= mujer ○ 1= hombre
Edad	Años cumplidos	Dependiente	Cuantitativa	Continua	
HSAPREV	Prevalencia de hallazgo por radiología de HSA del banco de imágenes en los 6 meses de la evaluación	Dependiente	Cuantitativa	Continua	

TACA	Prevalencia de hallazgo por radiología de TAC de cráneo anormal del banco de imágenes en los 6 meses de la evaluación	Dependiente	Cuantitativa	Continua	
TACN	Prevalencia de hallazgo por radiología de TAC de cráneo normal del banco de imágenes en los 6 meses de la evaluación	Dependiente	Cuantitativa	Continua	
Médico que interpreta la tomografía (TCS) de cráneo simple	Clínico (emergenciólogo, residente) que interpreta y diligencia el formulario de recolección de datos	Dependiente	Cualitativa	Nominal	<ul style="list-style-type: none"> ○ Médico especialista en Medicina de Emergencias ○ Residente de Medicina de Emergencias

<p>Interpretación de la tomografía (TC) de cráneo simple</p>	<p>Lectura de la tomografía calificada de forma dicotómica por el clínico</p>	<p>Dependiente</p>	<p>Cualitativa</p>	<p>Nominal</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ Normal ○ Anormal
<p>Hallazgos tomográficos específicos interpretados por el clínico</p>	<p>Descripción de las lesiones observadas, interpretadas y diligenciadas por el clínico (emergenciólogo, residente) en el formulario de recolección de datos</p>	<p>Dependiente</p>	<p>Cualitativa</p>	<p>Nominal</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ Hemorragia subgaleal ○ Hemorragia subdural ○ Hemorragia epidural ○ Hemorragia intraparenquimatosa ○ Hemorragia subaracnoidea ○ Absceso cerebral ○ Isquemia ○ Fractura ○ Otros
<p>Reporte definitivo de la TC</p>	<p>Lectura definitiva de la TC calificada de forma dicotómica</p>	<p>Dependiente</p>	<p>Cualitativa</p>	<p>Nominal</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ Normal ○ Anormal

	según el reporte radiológico				
Reporte definitivo de HSA	Lectura de HSA según el reporte radiológico	Dependiente	Cualitativa	Nominal	<input type="radio"/> Si <input type="radio"/> No
Hallazgos tomográficos específicos reportados en la tomografía de cráneo simple (lectura oficial de radiología)	Descripción de las lesiones observadas e interpretadas por el radiólogo y documentadas en el reporte radiológico definitivo	Dependiente	Cualitativa	Nominal	<input type="radio"/> Hemorragia subgaleal <input type="radio"/> Hemorragia subdural <input type="radio"/> Hemorragia epidural <input type="radio"/> Hemorragia intraparenquimatosas <input type="radio"/> Hemorragia subaracnoidea <input type="radio"/> Absceso cerebral <input type="radio"/> Isquemia <input type="radio"/> Fractura <input type="radio"/> Otros

5.6 Técnicas, procedimientos e instrumentos de recolección de datos

Se revisaron las imágenes del período del estudio (enero- junio de 2018) del banco de imágenes con un número total de 619 casos de tomografías de cráneo simple, y que corresponden a

pacientes mayores de 18 años que ingresaron por Urgencias al ISMET del HUFBS. Las imágenes recolectadas fueron tomadas del censo de pacientes de Urgencias del ISMET y del sistema digital de archivo de radioimágenes (Xero) del HUFBS, respectivamente. Se realizó una base de datos en forma de tabla de Excel, con especificación de datos correspondiente de cada tomografía seleccionada y sus diferentes variables. Se escogieron los TAC tomados por causas no traumáticas en el servicio de urgencias de la institución (ISMET), y de esta selección se tomaron 15 casos por conveniencia con una secuencia de selección garantizando de forma intencional que un 40% de la muestra correspondiesen a casos de HSA asegurando la prevalencia definida de esta enfermedad.

Se garantizó que dichas tomografías de cráneo simple tuvieran un reporte definitivo plenamente establecido y documentado en la historia clínica (o en el sistema digital de información de radioimágenes: Xero) por lectura oficial de un radiólogo institucional. A cada una de las tomografías escogidas se les adicionó información clínica básica correspondiente (sexo, edad del paciente, síntomas, signos) y se insertaron en un documento de presentación de Power Point desde el cual los médicos clínicos (emergenciólogos, residentes de Medicina de Emergencias) las visualizaron, analizaron e interpretaron, consignando sus conclusiones en el formulario de recolección de datos destinado para ello. Para este estudio de concordancia se utilizó una herramienta estadística (encuesta), en la que se brindó a los observadores clínicos los mismos datos básicos suministrados al servicio de radiología (en la orden médica del estudio) el día de la lectura; en esta encuesta se obtuvieron inicialmente los datos del observador clínico, y posteriormente los hallazgos observados dentro de la tomografía y reportados por los emergenciólogos y por los residentes de Medicina de emergencias que participaron en el

estudio; ulteriormente, se realizó un cruce de los resultados obtenidos, lográndose establecer el índice de concordancia mediante la fórmula de Índice de Kappa.

5.7 Plan de análisis de datos

Se realizó un análisis descriptivo de las tomografías tomadas durante el período de evaluación estipulado de enero- junio de 2018 y que corresponden a tomografías de cráneo simple tomadas de pacientes mayores de 18 años que ingresaron por Urgencias al ISMET del HUFBSB, por causas no traumáticas.

Se realizó análisis univariado, con el fin de caracterizar los pacientes (edad y sexo), y los hallazgos de las tomografías seleccionadas (normal, anormal, HSA) de las imágenes evaluadas por los médicos clínicos.

A la variable continua edad , se le evaluó normalidad con la prueba de Shapiro-Wilk . Acorde a la distribución se presentó la medida de tendencia central y su correspondiente medida de dispersión. Para las variables cualitativas se determinó la distribución de frecuencias absolutas y relativas en una tabla univariada.

Para conocer la concordancia entre la interpretación de cada categoría de médicos evaluadores clínicos (emergenciólogos, residentes de Medicina de Emergencias) y el reporte definitivo del radiólogo, se utilizó el índice de Kappa simple de Cohen.

Se presentó la información mediante tablas y diagramas de torta para facilitar la comprensión de los resultados descriptivos.

Como análisis exploratorio, ya que el tamaño de la muestra no es suficiente, se realizó una evaluación por subgrupos entre emergenciólogos y residentes, que hacían parte de los médicos clínicos evaluadores.

El análisis estadístico se realizó mediante el uso del programa estadístico SPSS versión 22.

6. Aspectos éticos

Se trata de un estudio sin riesgo por tratarse de un estudio de concordancia de una prueba diagnóstica en el que el objeto de estudio son historias clínicas, imágenes tomográficas y reportes radiológicos sin identificación nominal del paciente (sólo se tomarán los números de identificación para recolectar los reportes radiológicos definitivos en el sistema informático de historia clínica de la institución) por lo que no requiere consentimiento informado. Se ajusta a las normas nacionales e internacionales de investigación en seres humanos, resolución 8430 de 1993, declaración de Helsinki. Se sometió a la aprobación del comité de ética del Hospital Universitario Fundación Santa Fé de Bogotá.

7. Resultados

Del banco de imágenes elegido para el estudio (Enero- Junio de 2018), hacían parte 619 tomografías de cráneo simple por causa no traumática, con una prevalencia (P) de hallazgos anormales de un 13,25% y de HSA en el 1,62% de los casos (ver Tabla 2).

Tabla 2. Descripción de número de tomografías por mes, hallazgos anormales y frecuencia de presentación de HSA en el estudio.

Mes	TAC	Anormal	Normal	HSA
Enero	100	14	86	1
Febrero	95	13	82	2
Marzo	107	12	95	3
Abril	99	18	80	2
Mayo	123	15	108	1
Junio	95	10	85	1
TOTAL	619	82	536	10

*TAC: tomografía axial computarizada de cráneo simple, *HSA: hemorragia subaracnoidea

Características descriptivas:

Se tomaron 195 imágenes tomográficas para ser interpretadas por el grupo de médicos clínicos (garantizando que el 40% correspondan a casos de HSA) y realizar la concordancia interobservador. De éstas, el 26,7% no presentó hallazgos anormales, casos de HSA en el 40%, seguido de hemorragia subdural no traumática (HSD) (Ver Figura 1).

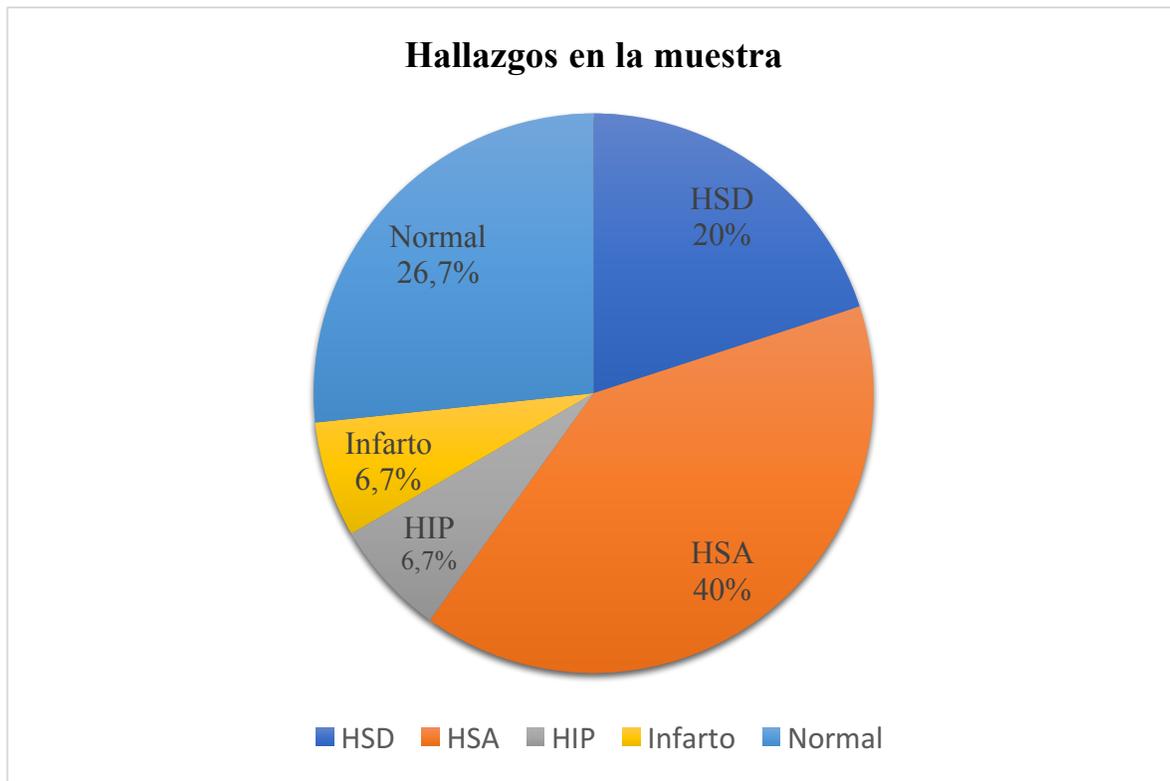
Los pacientes fueron en su mayoría mujeres, con una edad media de 66,2 años y con un rango muy amplio de edades de 33 a 95 años (ver Tabla 3).

Tabla 3. Descripción de la población en la muestra total de imágenes.

Sexo	Mujer 73,3% (11)
Edad	66,2 Me DE 16,6

- Prueba Shapiro-Wilk $p = 0,712$, *Me = Media DE = desviación estándar

Figura 1. Descripción de frecuencia de hallazgos en la muestra de tomografías de cráneo simple a evaluar por los observadores clínicos (emergenciólogos y residentes de Medicina de Emergencias)



*HSD: hemorragia subdural no traumática, HSA: hemorragia subaracnoidea, HIP: hemorragia intraparenquimatosa, Infarto: isquemia.

Concordancia:

En las 195 imágenes evaluadas, el porcentaje de acuerdo de la interpretación de la tomografía de cráneo simple para diagnóstico de HSA no traumática entre el clínico y el radiólogo fue de 81,5%, con un porcentaje esperado por el azar de 55% y un Kappa de Cohen de 0,58 (IC 95% 0.71 - 0.46), $p < 0,000$), evidenciando un grado de acuerdo moderado.

Tabla 4. Concordancia entre clínicos y radiólogos

Radiólogos	Clínicos		Total
	1	0	
1	43	35	78
0	1	116	117
Total	44	151	195

Se realizó una evaluación exploratoria por subgrupos entre los médicos clínicos, emergenciólogos y residentes, versus radiólogos; en el grupo de emergenciólogos con 105 imágenes y el grupo de residentes con 90 imágenes evaluadas.

En el grupo de emergenciólogos se encontró un Kappa de 0,596 y en el grupo de residentes un Kappa inferior de 0,57. Con un porcentaje de acuerdo entre emergenciólogos del 82% y en los residentes del 81%.

Tabla 5. Concordancia entre clínicos y radiólogos por subgrupos

	Estadístico Kappa	Valor de p
Radiólogos versus clínicos	0,58	<0,001
Radiólogos versus emergenciólogos	0,596	<0,001
Radiólogos versus residentes de emergencias	0,573	<0,001

8. Discusión

En este estudio se encontró que la prevalencia de hallazgos anormales en las tomografías de cráneo simple tomadas por causas médicas no traumáticas es de 13,25%, y la presencia de HSA es poco menor del 2%, con una toma de alrededor de 100 tomografías de cráneo simple mensuales (619 totales durante el período total de evaluación). Aunque no encontramos un estudio que revise en general las características de todos los estudios realizados en causa no traumática, encontramos en Accidente cerebrovascular agudo que los de fisiopatología hemorrágica representan un 13% de estos casos, siendo a su vez la HSA responsable de un 3% de éstos(50). Estos hallazgos no discrepan mucho a los encontrados por Sarti y cols. quienes documentaron que la HSA representó el 11% de todos los casos de Accidentes cerebrovasculares agudos detectados en un registro basado en estudios comunitarios en tres áreas de Finlandia durante un período comprendido entre 1983-1985, teniendo la particularidad que la incidencia y mortalidad de esta patología en Finlandia se encuentra dentro de las más altas del mundo (51). En la descripción inicial de imágenes tomográficas de nuestro estudio los casos fueron en su mayoría mujeres (73,3%), con una Mediana de edad de 61 años, con un rango muy amplio de edades de 33 a 95 años. Los estudios revisados de HSA aneurismática, la población femenina oscila entre el 54-61%; y simultáneamente se ha descrito una preponderancia en mujeres mayores de 50 años, más no en mujeres más jóvenes, lo cual ha sugerido que la influencia hormonal juega un rol importante en el riesgo de sufrir una HSA(52), así como otros estudios han demostrado una reducción del riesgo de presentar HSA en mujeres post-menopáusicas sometidas a Terapia de Reemplazo hormonal(53).

Los observadores clínicos desconocían en el momento de la evaluación que el hallazgo tomográfico en estudio era la HSA, por lo que la presencia intencionada de una prevalencia alta en la muestra a evaluar puede considerarse un sesgo con algún nivel de influencia en la interpretación de las mismas, sin embargo lo que se buscaba con el estudio era evaluar la interpretación “pura” de las imágenes tomográficas por parte de los médicos clínicos sin información clínica de ningún tipo, generando un escenario lo más cercano posible al del radiólogo; y además, por otro lado resultaba imprescindible aumentar la prevalencia de la HSA en nuestro estudio para efectos de un óptimo proceso de análisis estadístico de los datos obtenidos, siendo dicha prevalencia utilizada para el cálculo de la muestra.

Con respecto a los estudios de Concordancia, se han publicado hasta el momento diversos estudios que han documentado una variabilidad significativa entre la interpretación de radioimágenes por parte de médicos clínicos versus el reporte oficial de los radiólogos en diferentes poblaciones de pacientes y escenarios clínicos, sobretodo para radiografías simples(27). Para tomografías de cráneo simple, el estudio de Alfaro y cols. estableció a través de una cohorte prospectiva que la tasa de malinterpretación de tomografías de cráneo simple por parte de emergenciólogos es más bien rara, y siendo un estudio pionero conllevó al advenimiento de otros estudios(30); entre ellos, el de Mehta y cols. que mostró una discrepancia entre clínicos y neurorradiólogos superior al 20% sugiriendo además que se podían observar cambios potenciales en el manejo en un 6,6% de los mismos(29). Dolatabadi y cols. por su parte demostró que tanto los emergenciólogos como los residentes Senior de Medicina de Emergencias presentaron una discrepancia significativa en la interpretación de tomografías de cráneo simple versus la lectura del radiólogo (16,2% y 15,8%, respectivamente)(31). Por otro lado, Mucci y cols. en una serie retrospectiva en el Reino Unido compararon la interpretación

de tomografías de cráneo simple entre emergenciólogos y radiólogos generales, reportando un 86.6% de porcentaje de acuerdo(29). Asimismo, Al-Reesi y cols. demostraron una muy buena concordancia (κ : 0,83) entre emergenciólogos entrenados versus los reportes oficiales de neurorradiólogos(35). Estas publicaciones, evidenciaron resultados comparables a los que obtuvimos, en el sentido que, en nuestro estudio el porcentaje de acuerdo de la interpretación de la tomografía de cráneo simple para el diagnóstico de HSA no traumática entre los médicos clínicos y el radiólogo fue del 81,5%, con un acuerdo de κ moderado (0,58). Asimismo, en el análisis por subgrupos que se realizó de forma exploratoria, se evidenció una mejor concordancia entre los médicos emergenciólogos con el radiólogo comparado con la encontrada entre los residentes de Medicina de emergencias y el radiólogo. Con respecto a este punto, podemos adjudicar estas diferencias en la concordancia y en los porcentajes de acuerdo a favor de los médicos emergenciólogos ya titulados, a la potencial mayor frecuencia de exposición a casos sospechosos de HSA, con una mayor cantidad de tomografías de cráneo evaluadas por unos comparados a los otros, en este caso versus los residentes de Medicina de Emergencias, lo cual puede ser un factor que influya y que se traduce en una mayor capacidad interpretativa por efecto de la cotidianidad y el grado de familiaridad adquirida por la mayor exposición a estos casos particulares.

Existe una carencia de programas de educación continuada que le permitan a los emergenciólogos que tuvieron peor rendimiento, optimizar y no perder las habilidades interpretativas de esta importante prueba diagnóstica, sobretodo en nuestra institución de 4° nivel donde contamos con una rápida y oportuna lectura oficial de las radioimágenes, lo cual puede llevar a la espera intencionada del reporte oficial de la neuroimagen por parte del clínico sustrayéndose de la revisión de la imagen y la posibilidad de “entrenar el ojo”.

Las discrepancias en los resultados derivados de estudios análogos, algunos de ellos previamente mencionados, aunados a la escasez de estudios comparables, sobretodo en la literatura local y regional, resaltan la importancia de los resultados obtenidos por nuestro estudio, convirtiéndose en una plataforma de lanzamiento para la profundización en la demostración de nuestra hipótesis con nuevos estudios a nivel local. Dentro de las limitaciones de nuestro estudio, es importante mencionar que los médicos clínicos no fueron elegidos de forma aleatoria y la realización de la encuesta fue de carácter voluntario; asimismo, aunque se hizo aclaración que buscamos generar un escenario casi idéntico entre el clínico y el radiólogo, la información clínica de los casos, de alguna manera, siempre puede incidir en la interpretación de una tomografía de cráneo simple por parte de un médico clínico, ya sea por presencia o por carencia de la misma.

9. Conclusiones

En nuestro estudio el porcentaje de acuerdo de la interpretación de la tomografía de cráneo simple para el diagnóstico de HSA no traumática entre los médicos clínicos y el radiólogo fue del 81,5%, con un acuerdo de kappa moderado (0,58). Asimismo, en el análisis por subgrupos que se realizó de forma exploratoria se evidenció una mejor concordancia entre los médicos emergenciólogos versus el radiólogo, y una concordancia ligeramente menor entre los residentes de Medicina de emergencias versus el radiólogo.

Esto enfatiza en la necesidad de crear/mantener estrategias de educación sólidas para los residentes del programa de Medicina de Emergencias, y sobretodo, genera la imperiosa necesidad de establecer programas de educación continuada entre los médicos especialistas emergenciólogos en aras de que mantengan y/o fortalezcan sus habilidades para interpretar adecuadamente las tomografías de cráneo simple que se presentan en su práctica clínica cotidiana. De esta forma, se impactará positivamente en términos de detección diagnóstica oportuna de la HSA en el servicio de Urgencias (ISMET), generando un efecto significativamente favorable en los pacientes afectados por esta entidad, reduciendo las altas tasas de morbimortalidad inherentes a esta patología en particular.

10. Referencias Bibliográficas

1. Brenner D, Hall E. Computed tomography-an increasing source of radiation exposure. *N Engl J Med.* 2007;357:2277–84.
2. Mettler FJ, Bhargavan M, Faulkner K, Gilley D, Gray J, Ibbott G, et al. Radiologic and nuclear medicine studies in the United States and worldwide: frequency, radiation dose, and comparison with other radiation sources- 1950-2007. *Radiology.* 2009;253(2):520–31.
3. Adams HJ, Del Zoppo G, Alberts M, Bhatt D, Brass L, Furlan A, et al. Guidelines for the early management of adults with ischemic stroke. *Stroke.* 2007;38:1655–711.
4. Tillou A, Gupta M, Baraff L, Schriger D, Hoffman J, Hiatt J, et al. Is the use of pan-computed tomography for blunt trauma justified? a prospective evaluation. *J Trauma.* 2009;67(4):779–87.
5. Sampson M, Colquhoun K, Hennessy N. Computed tomography whole body imaging in multi-trauma: 7 years experience. *Clin Radiol.* 2006;61(4):365–9.
6. Tien HCM, Tremblay, Lorraine N. MD P, Rizoli, Sandro B. MD P, Gelberg JB, Spencer FM, Caldwell CP, et al. Radiation Exposure From Diagnostic Imaging in Severely Injured Trauma Patients. *J Trauma Inj Infect Crit Care.* 2007;62(1):151–6.
7. Jagoda AS, Bazarian JJ, Bruns J, Cantrill S, Gean A, Howard P, et al. Clinical policy: neuroimaging and decisionmaking in adult mild traumatic brain injury in the acute setting. *Ann Emerg Med.* 2008;52(6):714–48.
8. Kuppermann N, Holmes J, Dayan P, Hoyle JJ, Atabaki S, Holubkov R, et al. Identification of children at very low risk of clinically-important brain injuries after head trauma: a prospective cohort study. *Lancet.* 2009;374:1160–70.

9. Stiell I, Clement C, Rowe B, Schull M, Brison R, Cass D, et al. Comparison of the Canadian CT Head Rule and the New Orleans Criteria in patients with minor head injury. *JAMA*. 2005;294(12):1511–8.
10. Prologo J, Gilkeson R, Diaz M, Asaad J. CT pulmonary angiography: a comparative analysis of the utilization patterns in emergency department and hospitalized patients between 1998 and 2003. *AJR Am J Roentgenol*. 2004;183(4):1093–6.
11. Kline J, Courtney D, Beam D, King M, Steuerwald M. Incidence and predictors of repeated computed tomographic pulmonary angiography in emergency department patients. *Ann Emerg Med*. 2009;54(1):41–8.
12. Stein E, Haramati L, Chamrathy M, Sprayregen S, Davitt M, Freeman L. Success of a safe and simple algorithm to reduce use of CT pulmonary angiography in the emergency department. *AJR Am J Roentgenol*. 2010;194(2):392–7.
13. Modahl L, Digumarthy S, Rhea J, Conn A, Saini S, SI L. Emergency department abdominal computed tomography for nontraumatic abdominal pain: optimizing utilization. *J Am Coll Radiol*. 2006;3(11):860–6.
14. Pines J. Trends in the rates of radiography use and important diagnoses in emergency department patients with abdominal pain. *Med Care*. 2009;47(7):782–6.
15. Pritchett C, Levinsky N, Ha Y, Dembe A, Steinberg S. Management of acute appendicitis: the impact of CT scanning on the bottom line. *J Am Coll Surg*. 2010;210(5):699–707.
16. Byyny RL, Mower WR, Shum N, Gabayan GZ, Fang S, Baraff LJ. Sensitivity of noncontrast cranial computed tomography for the emergency department diagnosis of subarachnoid hemorrhage. *Ann Emerg Med [Internet]*. 2008 Jun;51(6):697—703. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.annemergmed.2007.10.007>

17. Lateef TM, Grewal M, McClintock W, Chamberlain J, Kaulas H, Nelson KB. Headache in young children in the emergency department: use of computed tomography. *Pediatrics*. 2009 Jul;124(1):e12-7.
18. Edlow JA, Panagos PD, Godwin SA, Thomas TL, Decker WW. Clinical policy: critical issues in the evaluation and management of adult patients presenting to the emergency department with acute headache. *Ann Emerg Med*. 2008 Oct;52(4):407–36.
19. Ha M, MacDonald RD. Impact of CT scan in patients with first episode of suspected nephrolithiasis. *J Emerg Med*. 2004 Oct;27(3):225–31.
20. Cullen IM, Cafferty F, Oon SF, Manecksha R, Shields D, Grainger R, et al. Evaluation of suspected renal colic with noncontrast CT in the emergency department: a single institution study. *J Endourol*. 2008 Nov;22(11):2441–5.
21. Hoffmann U, Bamberg F, Chae CU, Nichols JH, Rogers IS, Seneviratne SK, et al. Coronary computed tomography angiography for early triage of patients with acute chest pain: the ROMICAT (Rule Out Myocardial Infarction using Computer Assisted Tomography) trial. *J Am Coll Cardiol*. 2009 May;53(18):1642–50.
22. Hollander JE, Chang AM, Shofer FS, McCusker CM, Baxt WG, Litt HI. Coronary computed tomographic angiography for rapid discharge of low-risk patients with potential acute coronary syndromes. *Ann Emerg Med*. 2009 Mar;53(3):295–304.
23. Kocher KE, Meurer WJ, Fazel R, Scott PA, Krumholz HM, Nallamothu BK. National trends in use of computed tomography in the emergency department. *Ann Emerg Med*. 2011 Nov;58(5):452-62.e3.
24. Guly HR. Diagnostic errors in an accident and emergency department. *Emerg Med J*. 2001 Jul;18(4):263–9.
25. Espinosa JA, Nolan TW. Reducing errors made by emergency physicians in

- interpreting radiographs: longitudinal study. *BMJ*. 2000 Mar;320(7237):737–40.
26. de Lacey G, Barker A, Harper J, Wignall B. An assessment of the clinical effects of reporting accident and emergency radiographs. *Br J Radiol*. 1980 Apr;53(628):304–9.
 27. Wardrope J, Chennells PM. Should all casualty radiographs be reviewed? *Br Med J (Clin Res Ed)*. 1985 Jun;290(6482):1638–40.
 28. Bengier JR, Lyburn ID. What is the effect of reporting all emergency department radiographs? *Emerg Med J*. 2003 Jan;20(1):40–3.
 29. Mucci B, Brett C, Huntley LS, Greene MK. Cranial computed tomography in trauma: The accuracy of interpretation by staff in the emergency department. *Emerg Med J*. 2005;22(8):538–40.
 30. Alfaro D, Levitt MA, English DK, Williams V, Eisenberg R. Accuracy of interpretation of cranial computed tomography scans in an emergency medicine residency program. *Ann Emerg Med*. 1995 Feb;25(2):169–74.
 31. Arhami Dolatabadi A, Baratloo A, Rouhipour A, Abdalvand A, Hatamabadi H, Forouzanfar M, et al. Interpretation of Computed Tomography of the Head: Emergency Physicians versus Radiologists. *Trauma Mon*. 2013 Sep;18(2):86–9.
 32. Harding J, Craig M, Jakeman N, Young R, Jabarin C, Kendall J. Emergency physician interpretation of head CT in trauma and suspected subarachnoid haemorrhage--is it viable? An audit of current practice. *Emerg Med J*. 2010 Feb;27(2):116–20.
 33. Kartal ZA, Kozacı N, Çekiç B, Beydilli İ, Akçimen M, Güven DS, et al. CT interpretations in multiply injured patients: comparison of emergency physicians and on-call radiologists. *Am J Emerg Med*. 2016 Dec;34(12):2331–5.
 34. Abbuhl S. Principles of emergency department use of computed tomography. In: *Emergency Medicine: A Comprehensive Study Guide*. 6th ed. 2003. p. 1878.

35. Al-Reesi A, Stiell IG, Al-Zadjali N, Cwinn AA. Comparison of CT head interpretation between emergency physicians and neuroradiologists. *Eur J Emerg Med Off J Eur Soc Emerg Med.* 2010 Oct;17(5):280–2.
36. O'Donnell MJ, Xavier D, Liu L, Zhang H, Chin SL, Rao-Melacini P, et al. Risk factors for ischaemic and intracerebral haemorrhagic stroke in 22 countries (the INTERSTROKE study): a case-control study. *Lancet (London, England).* 2010 Jul;376(9735):112–23.
37. Arendts G, Manovel A, Chai A. Cranial CT interpretation by senior emergency department staff. *Australas Radiol.* 2003 Dec;47(4):368–74.
38. Bencardino JT, Uriza-Carrasco LF, Beltran J, Jaramillo D. International skeletal society outreach in Colombia. Vol. 40, *Skeletal radiology.* Germany; 2011. p. 1245–7.
39. Perron AD, Huff JS, Ullrich CG, Heafner MD, Kline JA. A multicenter study to improve emergency medicine residents' recognition of intracranial emergencies on computed tomography. *Ann Emerg Med.* 1998 Nov;32(5):554–62.
40. Gratton MC, Salomone JA 3rd, Watson WA. Clinically significant radiograph misinterpretations at an emergency medicine residency program. *Ann Emerg Med.* 1990 May;19(5):497–502.
41. Heng RC, Bell KW. Interpreting urgent brain CT scans: Does review by a radiology trainee make a difference in accuracy? *Australas Radiol.* 2001 May;45(2):134–40.
42. Levitt MA, Dawkins R, Williams V, Bullock S. Abbreviated educational session improves cranial computed tomography scan interpretations by emergency physicians. *Ann Emerg Med.* 1997 Nov;30(5):616–21.
43. Ruiz Morales A, Gómez-Restrepo C. Introducción a los diseños de investigación: selección del diseño apropiado. In: *Epidemiología Clínica Investigación Clínica*

Aplicada. 2da ed. 2015. p. 168.

44. Cohen J. A Coefficient of Agreement for Nominal Scales. *Educ Psychol Meas.* 1960;20(1):37–46.
45. Cohen J. Weighted kappa: nominal scale agreement with provision for scaled disagreement or partial credit. *Psychol Bull.* 1968 Oct;70(4):213–20.
46. Landis JR, Koch GG. The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics.* 1977 Mar;33(1):159–74.
47. Abraira V. El índice Kappa. *Semergen.* 2000;27:247–9.
48. Molina J, Carretero J. Estudios craneoencefálicos a través del tac. *FESITESS ANDALUCÍA.* 2011.
49. Arifin WN. A Web-based Sample Size Calculator for Reliability Studies. *Educ Med J.* 2018;10(3):67–76.
50. Go AS, Mozaffarian D, Roger VL, Benjamin EJ, Berry JD, Borden WB, et al. Heart disease and stroke statistics--2013 update: a report from the American Heart Association. *Circulation.* 2013 Jan;127(1):e6–245.
51. Sarti C, Tuomilehto J, Salomaa V, Sivenius J, Kaarsalo E, Narva E V, et al. Epidemiology of subarachnoid hemorrhage in Finland from 1983 to 1985. *Stroke.* 1991 Jul;22(7):848–53.
52. Longstreth WT, Nelson LM, Koepsell TD, van Belle G. Subarachnoid hemorrhage and hormonal factors in women. A population-based case-control study. *Ann Intern Med.* 1994 Aug;121(3):168–73.
53. Feigin VL, Rinkel GJE, Lawes CMM, Algra A, Bennett DA, van Gijn J, et al. Risk factors for subarachnoid hemorrhage: an updated systematic review of epidemiological studies. *Stroke.* 2005 Dec;36(12):2773–80.

