



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO

FACULTAD DE MEDICINA

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO

INSTITUTO MEXICANO DEL SEGURO SOCIAL  
UNIDAD MÉDICA DE ALTA ESPECIALIDAD  
CENTRO MÉDICO NACIONAL SIGLO XXI  
HOSPITAL DE ESPECIALIDADES "DR. BERNARDO SEPÚLVEDA"  
SERVICIO DE NEUROCIRUGÍA

TÍTULO: EVALUACION ULTRASONOGRAFICA DEL DIAMETRO DE LA VAINA  
DEL NERVIO OPTICO EN PACIENTE OPERADOS DE TERCER  
VENTRICULOSTOMIA MICROSCOPICA EN CASOS DE HEMORRAGIA  
SUBARACNOIDEA ANEURISMATICA

T E S I S

PARA OBTENER EL DIPLOMA  
EN LA ESPECIALIDAD DE:

NEUROCIRUGÍA

P R E S E N T A:

DR. MARCO ANTONIO GARFIAS RODRÍGUEZ

TUTOR:

DR. RABINDRANATH GARCÍA LÓPEZ

CIUDAD DE MÉXICO, FEBRERO 2022





Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

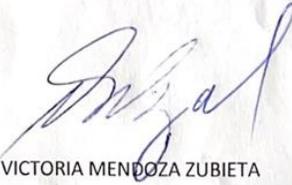
**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

TITULO

EVALUACION ULTRASONOGRAFICA DEL DIAMETRO DE LA VAINA DEL NERVIO OPICO EN  
PACIENTES OPERADOS DE TERCER VENTRICULOSTOMIA MICROSCOPICA EN CASOS DE  
HEMORRAGIA SUBARACNOIDEA ANEURISMATICA



DRA. VICTORIA MENDOZA ZUBIETA

JEFE DE LA DIVISION DE EDUCACION EN SALUD UMAE HOSPITAL DE ESPECIALIDADES CMN SIGLO XXI



DR. BLAS EZEQUIEL LOPEZ FELIX

JEFE DE SERVICIO Y PROFESOR TITULAR DEL CURSO DE ESPECIALIZACION EN NEUROCIRUGIA

HOSPITAL DE ESPECIALIDADES CMN SIGLO XXI



DR. RABINDRANATH GARCIA LOPEZ

ASESOR DE TESIS

MEDICO ADSCRITO AL SERVICIO DE NEUROCIRUGIA DEL

HOSPITAL DE ESPECIALIDADES CMN SIGLO XXI



INSTITUTO MEXICANO DEL SEGURO SOCIAL  
DIRECCIÓN DE PRESTACIONES MÉDICAS



Dictamen de Aprobado

Comité Local de Investigación en Salud No. 301.

HOSPITAL GENERAL DE LA UNAM, CIUDADELA DE LA UNAM, CENTRO MÉDICO BUCAL ALBINO 10.

Registro COFIDE No. 0148 015 014

PROCESO DE REGISTRO INSTITUCIONAL

FECHA Suscrita, 30 de febrero de 2021

DR. E. RABINDRANATH GARCIA LOPEZ

PRESENTE

Tengo el honor de notificarle, que el protocolo de investigación con título EVALUACION ULTRASONOGRAFICA DEL DIAMETRO DE LA VAINA DEL NERVO OPTICO EN PACIENTE OPERADOS DE TRINCRIST VENTRICULOSTOMIA MICROSCOPICA EN CASOS DE HEMORRAGIA SUBARACNOIDEA ANEURISMATICA que someto a consideración de la evaluación de este Comité de acuerdo con las recomendaciones de sus integrantes y de la UNAM, cumple con la calidad metodológica y los requerimientos de ética y de investigación, por lo que el dictamen es **A.P.R.O.B.A.D.O.**

Número de Registro Institucional  
R-2021-3601-191

De acuerdo a la normativa vigente, acerca del desarrollo del necesario, requerirá

presentar en junio de cada año un informe de seguimiento técnico. Este dictamen tiene vigencia de un año, por lo que en caso de ser del Comité de Ética en la UNAM, al término de la vigencia del

García  
Comité Local de Investigación en Salud No. 301

Dr. E. R.

IMSS

IGUALDAD Y SEGURIDAD SOCIAL

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a mi asesor de tesis, el Dr. Rabindranath García López, por su tiempo, apoyo y enseñanzas durante mi residencia médica, así como en la realización de mi tesis.

Agradezco a mi jefe de servicio, el Dr. Blas Ezequiel López Félix, por su confianza y apoyo durante mi formación académica.

Agradezco a mis padres y mi hermano por su apoyo incondicional sin el cuál no llegaría a ser neurocirujano ni sería la persona que ahora soy.

Agradezco a Irene, mi compañera incondicional durante mi residencia médica, que con su apoyo, amor e inspiración me llevó de la mano a una de las mejores etapas de formación académica y personal de mi vida.

## **DEDICATORIAS**

A Iker, mi dulce niño chiapaneco.

## INDICE

	Página
<b>1</b> Resumen	7-9
Datos	9
<b>2</b> Marco teórico	10-20
Introducción	10
Presentación, diagnóstico y tratamiento	11-12
Escalas de clasificación	12-14
Complicaciones	14-16
Evaluación de la presión intracraneal	16-17
Ultrasonido transorbitario	17-18
Manejo de la presión intracraneal elevada	18-19
Tercer ventriculostomía microscópica	19-20
<b>3</b> Pregunta de Investigación	20-21
<b>4</b> Planteamiento del problema	21
<b>5</b> Justificación	21-22
<b>6</b> Hipótesis de Investigación	22
<b>7</b> Objetivos	22-23
<b>8</b> Diseño	23
<b>9</b> Métodos: Población y lugar de estudio	24-25
<b>11</b> Descripción de variables	25-27
<b>12</b> Metodología	27-29
<b>13</b> Factibilidad	29

<b>14</b>	Aspectos éticos	30-31
<b>15</b>	Resultados	31-37
<b>16</b>	Discusión	37-43
<b>17</b>	Conclusiones	43
<b>18</b>	Bibliografía	44-50

## RESUMEN

**TITULO:** EVALUACION ULTRASONOGRAFICA DEL DIAMETRO DE LA VAINA DEL NERVIÓ OPTICO EN PACIENTE OPERADOS DE TERCER VENTRICULOSTOMIA MICROSCOPICA EN CASOS DE HEMORRAGIA SUBARACNOIDEA ANEURISMATICA

**Antecedentes:** La hemorragia subaracnoidea aneurismática es una emergencia neurológica aguda con una alta morbi-mortalidad. Se han propuesto variaciones de la técnica quirúrgica como la tercer ventriculostomía microscópica durante el clipaje del aneurisma intracraneal para optimizar los resultados clínicos y reducir el riesgo de complicaciones.

**Objetivo:** Evaluar el impacto en los valores indirectos de presión intracraneal mediante la medición del diámetro de la vaina del nervio óptico (DVNO) y la disminución del riesgo de desarrollo de hidrocefalia del tratamiento mediante tercer ventriculostomía microquirúrgica durante el clipaje de aneurismas intracraneales en comparación con la técnica quirúrgica convencional sin fenestración de la lámina terminalis.

**Material y métodos:** Se realizará un estudio observacional, comparativo, de casos y controles, retrospectivo, unicéntrico en los pacientes atendidos en el Hospital de Especialidades, CMN SXXI.

Se revisaran los expedientes de los pacientes con diagnóstico de hemorragia subaracnoidea aneurismática que se manejaron quirúrgicamente mediante tercer ventriculostomía microscópica durante el clipaje del aneurisma intracraneal entre julio y octubre del 2020, evaluando el resultado funcional mediante la escala de coma de Glasgow, el diámetro de la vaina del nervio óptico medido por ultrasonografía como medida indirecta de la presión intracraneal (PIC), la incidencia de hidrocefalia, el requerimiento de derivación ventricular, la incidencia de vasoespasma e isquemia cerebral posterior al tratamiento quirúrgico. El grupo control estará constituido por pacientes con hemorragia subaracnoidea aneurismática manejados mediante tratamiento quirúrgico convencional sin fenestración de la lámina terminalis.

Se realizó de forma rutinaria indicada en los pacientes con HSA-a en el servicio de imagenología del mismo hospital la medición de DVNO con equipo de ultrasonido General Electric modelo LOGIC E9 con transductor lineal multifrecuencia en rangos de 4 a 10 MhZ perteneciente al servicio de Imagenología del HE CMNSXXI. Se realizará por el Dr. Eduardo Camacho Zarco y la Dra. Dalia Dayadara Prezas Pichardo, médico adscrito al servicio de Imagenología del HE CMNSXXI.

El equipo de médicos radiólogos tiene amplia experiencia en el manejo de estas mediciones (DVNO), así como un grado de alta especialidad en ultrasonido transcraneal y protocolos de investigación previamente realizados.

Se realizará un análisis descriptivo para las variables cualitativas determinando las frecuencias absolutas y proporciones. Se utilizarán medidas de tendencia central y de dispersión de las variables de acuerdo a la distribución de las mismas. En caso de media se utilizará desviación

estándar y para las medianas se utilizarán los rangos intercuartílicos. Se realizará un análisis de asociaciones utilizando prueba de Chi cuadrada ( $\chi^2$ ) o prueba exacta de Fisher y con T de Student para variables cuantitativas.

**Factibilidad.** En el servicio de Neurocirugía del HE CMNSXXI se cuenta con los recursos humanos, materiales y logísticos para captar a los pacientes que cumplan las características necesarias para el ingreso a este protocolo de estudio. Ya que se realizará una revisión de expedientes, no se planea una intervención que ponga en riesgo la vida de los pacientes.

**Experiencia del grupo:** El Dr. Rabindranath García López, adscrito de la clínica de Neurocirugía Vascular, experto en evaluación y manejo integral de pacientes con patología vascular aneurismática, el cual guiará el desarrollo del estudio, junto con el médico residente de quinto año de Neurocirugía, Marco Antonio Garfias Rodríguez, para poder realizar este protocolo.

**Tiempo a desarrollarse:** El estudio se desarrollará de los meses de junio a agosto del 2021.

*Abreviaturas:* DVNO (diámetro de la vaina del nervio óptico), DVP (derivación ventriculoperitoneal), ECG (escala de coma de Glasgow), HIC (hipertensión intracraneal), HSA-a (hemorragia subaracnoidea aneurismática), IST (isquemia cerebral tardía), LCR (líquido cefalorraquídeo), NO (nervio óptico), PAM (presión arterial media), PIC (presión intracraneal), PPC (presión de perfusión cerebral), RM (resonancia magnética), SIADH (síndrome de secreción inapropiada de hormona antidiurética), TAC (tomografía axial computarizada), USG (ultrasonido)

<b>1. Datos del Alumno</b>	
Apellido paterno	Garfias
Apellido materno	Rodríguez
Nombre (s)	Marco Antonio
Teléfono	5591978775
Universidad	Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad o escuela	Facultad de Medicina
Carrera/ Especialidad	Neurocirugía
No de Cuenta	517221653
Correo electrónico	marco_garfias16@hotmail.com
Matrícula	98296445
<b>2. Datos de los Asesores</b>	
Apellido paterno	García
Apellido materno	López
Nombre (s)	Rabindranath
	Matrícula 98374932
	Neurocirujano, Maestro en Ciencias
	Médico adscrito, Neurocirugía, Hospital de Especialidades, CMN S.XXI, IMSS. 56276900 extensión 21493.
	Correo electrónico: rabingal@hotmail.com
<b>3. Datos de la Tesis</b>	
Título	<b>EVALUACION ULTRASONOGRAFICA DEL DIAMETRO DE LA VAINA DEL NERVIO OPTICO EN PACIENTE OPERADOS DE TERCER VENTRICULOSTOMIA MICROSCOPICA EN CASOS DE HEMORRAGIA SUBARACNOIDEA ANEURISMATICA</b>
No de páginas	2022
Año	
Número de registro	

## MARCO TEÓRICO

### Introducción.

Los aneurismas intracraneales son dilataciones patológicas adquiridas de las principales arterias cerebrales, que se presentan en el 3.2 al 4.3% de la población adulta, pueden ser únicos o múltiples en el 20 a 30% de los casos. Estas lesiones intracraneales se observan con más frecuencia en la circulación anterior, con una proporción mujer/hombre de 2:1 en mayores de 50 años. <sup>(1-3)</sup>

La rotura de un aneurisma intracraneal conduce a sangrado en el espacio subaracnoideo, entidad denominada hemorragia subaracnoidea aneurismática (HSA-a), siendo los aneurismas saculares los que generan la mayoría de éstas. Tanto el tamaño como la ubicación del aneurisma influyen en el riesgo de rotura y de HSA-a, lo que se traduce en una morbi-mortalidad significativa, ya que hasta 18% de los pacientes muere tempranamente e incluso los supervivientes presentan tasas de mortalidad a un año del 22%, además hasta 20% presenta secuelas neurológicas a largo plazo entre las que se encuentran disfunción neurocognitiva, epilepsia y otros déficits neurológicos focales. <sup>(1,4-7)</sup>

La HSA-a representa el 5% de los accidentes cerebrovasculares, con una incidencia mundial de 7,9 por 100.000 personas/año y una tasa anual de hospitalización en población mexicana de 9,5 por 100 000 personas. Se desarrolla a una edad media de entre 50 y 55 años de edad, con una incidencia ligeramente mayor en mujeres que en hombres. <sup>(5, 8-11)</sup>

Los factores de riesgo para HSA-a más consistentemente reportados son la hipertensión arterial sistémica, el tabaquismo y los antecedentes familiares de HSA-a. La mayoría de los casos de aneurismas intracraneales y HSA-a son de origen no genético, sin embargo, puede ocurrir en el contexto de enfermedades hereditarias relativamente raras como el síndrome de Ehlers-Danlos, la enfermedad renal poliquística autosómica dominante y el aldosteronismo remediable con glucocorticoides. <sup>(10, 12, 13)</sup>

## **Presentación clínica, diagnóstico y tratamiento.**

La presentación clínica de los pacientes con HSA-a incluye cefalea intensa de aparición súbita (cefalea relámpago) que llega a su máximo en minutos, dura más de una hora y que el paciente describe “como la más fuerte de su vida”; pudiendo acompañarse de alteración del estado de despierto, náusea y/o vómito. <sup>(14-16)</sup>

Clínicamente puede presentarse hipertensión arterial, meningismo, dolor lumbar, hemorragias prerretinianas (signo de Terson) y déficits neurológicos focales incluyendo parálisis de pares craneales. <sup>(14-16)</sup>

Puede ocurrir en el contexto de esfuerzo físico, actividades asociadas con maniobra de Valsalva o durante el descanso. 10-43% presentan cefalea centinela como síntoma prodrómico 6-20 días previos como resultado de una hemorragia menor o de los cambios físicos dentro de la pared del aneurisma. <sup>(17,18)</sup>

El diagnóstico se basa en la sospecha clínica, la evidencia radiológica de HSA-a por tomografía axial computarizada (TAC) de cráneo de cortes finos (5mm) sin contraste con una sensibilidad del 98,7% y una especificidad del 99,9% cuando se realiza dentro de las primeras 6 horas, o la demostración de xantocromía y glóbulos rojos en una punción lumbar si la TAC resulta negativa. Adicionalmente se pueden realizar pruebas con angiografía por sustracción digital, TAC o resonancia magnética (RM) en los casos que presenten más de dos semanas de evolución. <sup>(19-23)</sup>

El tratamiento incluye técnicas quirúrgicas y endovasculares, siendo el tratamiento quirúrgico con microcirugía, mediante clipaje en el cuello del aneurisma, el tratamiento de elección por su durabilidad, en aneurismas pequeños y aquellos con una base amplia y una relación de cúpula a cuello baja. Mientras centros neuroquirúrgicos especializados con experiencia en tratamiento endovascular podrá considerarse preferentemente el tratamiento endovascular como una alternativa válida al clipaje quirúrgico. <sup>(22,24)</sup>

Como parte del manejo inicial debe estabilizarse al paciente enfocándose en revertir o estabilizar las condiciones que amenazan la vida, asegurar una vía aérea con cuidados

durante la intubación que incluyan un posicionamiento cuidadoso y sedación adecuada; normalizar la función cardiovascular mediante el control de la presión arterial con una meta de presión arterial media <110 mmHg con el adecuado mantenimiento de la euvolemia evitando la hipotensión; y tratar las convulsiones en caso necesario. Al ser el manejo quirúrgico o endovascular del aneurisma la única intervención terapéutica que puede eliminar el riesgo de resangrado todos los esfuerzos iniciales deben concentrarse en estabilizar a los pacientes para que el tratamiento del aneurisma se pueda realizar de manera rápida y segura. Las medidas adicionales deben enfocarse en reducir el riesgo de complicaciones, en particular vasoespasmo e isquemia cerebral tardía. <sup>(16, 22, 25, 26)</sup>

Estas intervenciones deben basarse en una evaluación cuidadosa del escenario clínico individual e incluyen el tratamiento con nimodipino, uso de un ciclo corto de antifibrinolíticos durante las primeras 72 horas, la elevación de la cabeza, control del dolor, tratamiento intensivo de la fiebre, uso de diuréticos osmóticos, indicar ablandadores de heces para disminuir las fluctuaciones hemodinámicas, evitar estímulos que pudieran inducir Valsalva como la succión endotraqueal y realizar una monitorización apropiada. <sup>(16, 22, 25-31)</sup>

### **Escalas de Clasificación.**

Para cuantificar la gravedad de la hemorragia de acuerdo a su grado clínico se usa el sistema de clasificación de Hunt y Hess, en el que el grado 1 representa al paciente asintomático o con cefalea leve y ligera rigidez de nuca; grado 2 en el que se presenta cefalea moderada a intensa y rigidez de cuello, sin déficit neurológico excepto parálisis de pares craneales: grado 3 donde ocurre confusión, somnolencia o déficit neurológico focal leve; grado 4 representado por estupor y hemiparesia moderada a grave y grado 5 donde se presenta coma profundo o postura de descerebración. <sup>(32)</sup>

El sistema de clasificación de la Federación Mundial de Cirujanos Neurológicos (WFNS) evalúa el estado de alerta medido por la escala de coma de Glasgow (ECG) y la presencia de déficit motor, describiendo 5 grados. Grado 1 con 15 puntos en la ECG, grado 2 entre 13 y 14 puntos de ECG, grado 3 entre 13 y 14 puntos asociada a déficit motor;

grado 4 entre 7 y 12 puntos de la ECG, asociada o no a déficit motor; y grado 5 entre 3 y 6 puntos de la ECG, con o sin déficit motor.<sup>(32,-35)</sup>

Otras escalas evalúan el riesgo de complicaciones, incluyendo el riesgo de vasoespasmio estimado mediante los hallazgos de la TAC como la escala de Fisher y el riesgo de isquemia cerebral tardía (ICT) como la clasificación de Claassen o escala de Fisher modificada y la escala de VASOGRADE. (Ver tabla 1).<sup>(36-39)</sup>

Considerándose a los pacientes que se categoricen como “rojo” en la escala de VASOGRADE con un Odds ratio (OR) de 3.19 para isquemia cerebral tardía, mientras que los categorizados como “amarillo” tendrán un OR de 1.31 comparativamente con los categorizados como “verde”. Lo que permite la estratificación del riesgo de ICT permitiéndonos reconocer a los pacientes de alto riesgo.<sup>(39)</sup>

Tabla 1. Escalas de evaluación de riesgo de complicaciones		
Escala de Fisher. <sup>(38)</sup>	Clasificación de Claassen (Escala de Fisher modificada). <sup>(36, 37)</sup>	Escala de VASOGRADE. <sup>(39)</sup>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>Grupo 1:</b> No se detectó sangre</li> <li>▪ <b>Grupo 2:</b> Deposición difusa o capa delgada con todas las capas verticales de sangre de menos de 1 mm de espesor.</li> <li>▪ <b>Grupo 3:</b> Coágulos localizados y / o capas verticales de sangre de 1 mm o más de espesor.</li> <li>▪ <b>Grupo 4:</b> Coágulos intracerebrales o intraventriculares con sangre subaracnoidea difusa o sin sangre.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>Grado 0:</b> sin HSA-a o HIV</li> <li>▪ <b>Grado 1:</b> HSA-a mínima y sin HIV</li> <li>▪ <b>Grado 2:</b> HSA-a mínima con HIV bilateral</li> <li>▪ <b>Grado 3:</b> HSA-a espesa sin HIV bilateral</li> <li>▪ <b>Grado 4:</b> HSA-a espesa con HIV bilateral</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <b>Verde:</b> WFNS 1 o 2 y EFm 1 o 2</li> <li>▪ <b>Amarillo:</b> WFNS 1 a 3 y EFm 3 o 4</li> <li>▪ <b>•Rojo:</b> WFNS 4 o 5 y cualquier EFm</li> </ul>

**HSA-a:** Hemorragia subaracnoidea aneurismática, **HIV:** Hemorragia intraventricular, **HSA-a espesa:** llenado completo de una o más sistemas o fisuras. **WFNS:** Sistema de clasificación de la federación mundial de cirujanos neurológicos. **EFm:** Escala de Fisher modificada.

Para predecir el pronóstico posquirúrgico se utiliza el sistema de clasificación de Ogilvy y Carter, que estratifica a los pacientes según la edad, el grado de Hunt y Hess, el grado de Fisher y el tamaño del aneurisma. Se otorga un punto por cada una de las siguientes variables: edad mayor de 50 años, grado de Hunt y Hess de 4 a 5, grado de Fisher de 3 a 4, tamaño del aneurisma >10 mm y se agrega un punto adicional para aneurismas de

circulación posterior gigantes ( $\geq 25$  mm). Obteniendo una puntuación total de 0 a 5, correspondiente a los grados 0 a 5 donde los grados 2, 3 y 4 tienen más probabilidad de peores resultados clínicos en comparación con los del grado menores. <sup>(40)</sup>

## **Complicaciones.**

Con la rotura de un aneurisma cerebral se libera sangre directamente al espacio subaracnoideo y al líquido cefalorraquídeo (LCR), desde donde puede diseminarse al espacio intraventricular o subdural, con el consiguiente aumento repentino de la presión intracraneal. Este sangrado puede ocasionar una lesión cerebral precoz dentro de las primeras 72 horas, mediada por el efecto mecánico que produce la sangre en el espacio subaracnoideo, así como la compresión y constricción de arterias de áreas adyacentes. Además, pueden ocurrir diversas complicaciones tempranas, que incluyen resangrado, hidrocefalia obstructiva, edema cerebral, vasoespasmo, isquemia cerebral tardía, convulsiones, anomalías cardiopulmonares, hiponatremia y/o disfunción endocrina.<sup>(41-44)</sup>

Ocurren crisis convulsiones en el 6 al 18% de los pacientes y puede representar una nueva hemorragia en el 64% de los pacientes que presentan convulsiones antes del tratamiento definitivo del aneurisma. Siendo la edad avanzada, la presencia de hematoma parenquimatoso y la localización del aneurisma en la arteria cerebral media los factores que predisponen a su presentación después de la HSA-a. <sup>(45)</sup>

El sangrado generalmente dura segundos, pero el resangrado puede presentarse entre el primer y séptimo día, con un riesgo del 4 al 14% en las primeras 24 horas y un riesgo máximo en las primeras 2 a 12 horas. Clínicamente genera un deterioro agudo del estado neurológico acompañado de la aparición de una nueva hemorragia en la TAC de cráneo. El resangrado se asocia con una tasa más alta de otras complicaciones, peores resultados clínicos y se informa una mortalidad asociada del 70%, por lo que los pacientes con resangrado deben someterse a reparación del aneurisma de emergencia.<sup>(22, 31, 46-50)</sup>

Los hemoderivados que se generan durante la HSA-a pueden obstruir el flujo de LCR o reducir su absorción en las granulaciones aracnoideas provocando hidrocefalia obstructiva,

que puede afectar del 20 al 30% de los pacientes y presentarse de forma aguda (0 a 3 días), subaguda (4 a 13 días) o crónica (>14 días). Se manifiesta como un deterioro progresivo del nivel de conciencia, acompañado de dilatación ventricular en la TAC de cráneo y puede manifestar signos clínicos oculares de presión intracraneal elevada como ptosis, midriasis, hipotropía y exotropía. <sup>(49-52)</sup>

Además, durante la lisis de los coágulos sanguíneos se activa la cascada inflamatoria y se generan sustancias espasmogénicas (principalmente oxihemoglobina y endotelina 1), que producen daño endotelial, interfirieren con la producción de óxido nítrico y provocan contracción del músculo liso del endotelio vascular; generando vasoespasmo. El cual, a su vez, puede causar hipoperfusión, isquemia o infarto cerebral y asociarse con isquemia cerebral tardía (ICT) en el 30% de los casos, típicamente 4-14 días después del inicio de síntomas. La ICT puede manifestarse como la aparición de deterioro neurológico focal o disminución de al menos dos puntos en la ECG que dura al menos una hora. <sup>(16, 43, 44, 53)</sup>

Las complicaciones cardiopulmonares como el edema pulmonar, las arritmias cardíacas, las alteraciones electrocardiográficas (depresión del segmento ST, prolongación del intervalo QT, ondas U prominentes o inversión de la onda T) y la disfunción del ventrículo izquierdo pueden presentarse en el 23 al 35% de pacientes. Otras complicaciones médicas que pueden presentarse son hiperglucemia, fiebre, anemia y disfunción hipotálamica-hipofisaria. <sup>(48, 54-58)</sup>

Se desarrolla hiponatremia hasta en el 30% de los pacientes, mediada por lesión hipotálamica. Se puede generar retención de agua libre debida al síndrome de secreción inapropiada de hormona antidiurética (SIHAD) o pérdida de sal cerebral y depleción de volumen causada por la secreción excesiva de péptidos natriuréticos cerebrales. <sup>(16,49)</sup>

Los pacientes con HSA-a pueden desarrollar PIC elevada hasta en el 54% de los casos por la intervención de varios factores, que incluyen la hidrocefalia obstructiva, el volumen de la hemorragia, meningitis química, la vasodilatación arteriolar cerebral distal, la hiperemia reactiva después de la hemorragia y/o isquemia cerebral. Los síntomas de elevación de la PIC incluyen cefalea, mediada por las fibras dolorosas del quinto nervio craneal en la duramadre y los vasos sanguíneos, deterioro del estado de alerta debido al efecto masa

sobre la formación reticular del mesencéfalo y vómito. Puede identificarse parálisis del sexto nervio craneal, edema de papila, hematomas periorbitarios espontáneos y la tríada de bradicardia, depresión respiratoria e hipertensión (tríada de Cushing).<sup>(43, 44,59, 60, 61)</sup>

### **Evaluación de la presión intracraneal elevada.**

La PIC es una presión positiva supra-atmosférica que resulta de la interacción entre el flujo sanguíneo arterial, el LCR y el sistema venoso. Sus valores normales son menores a 15 mmHg en adultos, mientras que valores mayores a 20 mmHg son considerados diagnósticos de hipertensión intracraneal (HIC). Esta elevación de la PIC puede afectar la presión de perfusión cerebral (PPC), que de forma fisiológica se encuentra entre 50 y 70 mmHg y puede determinarse como la diferencia entre la presión arterial media (PAM) y la PIC.<sup>(62, 63)</sup>

Situaciones como la hidrocefalia obstructiva en el contexto de HSA-a pueden elevar la PIC y afectar deletéreamente la PPC, traducándose en peores desenlaces clínicos. La medición de la presión intracraneal en la monitorización del paciente con HSA-a es esencial para el seguimiento y el manejo exitoso de estos pacientes, permitiendo la detección oportuna y el tratamiento dirigido. El propósito de la monitorización de la PIC es mejorar la capacidad del médico para mantener una PPC y una oxigenación adecuada.<sup>(62- 65)</sup>

Dentro de la medición de la PIC se han propuesto métodos invasivos tales como cateterismo intracraneal: intraventricular, parenquimatoso, subaracnoideo epidural; así como métodos no invasivos tales como la medición ultrasonográfica del diámetro de la vaina del nervio óptico (DVNO), el ultrasonido doppler transcraneal, el monitoreo por medio de hallazgos de RMN y/o TAC craneal, los hallazgos mediante fundoscopia, el desplazamiento de la membrana timpánica evaluado mediante otoscopia, entre otros.<sup>(66-68)</sup>

El monitoreo de la PIC mediante cateterismo intraventricular se considera el "estándar de oro" para monitorización de la misma, ya que es un método con alta precisión y permite el drenaje de LCR. Sin embargo, requiere la colocación quirúrgica de un catéter en el sistema ventricular, que se fijan a una bolsa de drenaje y a un transductor de presión con una llave

de tres vías. Siendo la principal desventaja el riesgo de infección hasta en el 20% de los pacientes y el riesgo de hemorragia durante la colocación en el 2%.<sup>(69, 70)</sup>

Entre los métodos no invasivos el ultrasonido doppler transcraneal permite medir la velocidad del flujo sanguíneo en la circulación cerebral proximal permitiendo estimar la PIC basándose en los cambios característicos en las formas de onda que se producen en respuesta a una mayor resistencia al flujo sanguíneo cerebral. El éxito clínico reproducible de esta forma de monitorización aún no se ha determinado, pero actualmente está en curso el ensayo clínico IMPRESSIT para cuantificar su sensibilidad, especificidad y validez comparándolo con monitorización invasiva.<sup>(71, 72)</sup>

### **Ultrasonido Transorbitario.**

El nervio óptico (NO) es una prolongación del sistema nervioso central (SNC) que está recubierto por meninges y líquido cefalorraquídeo (LCR). Está rodeado por una vaina dural que se comunica con el espacio subaracnoideo y al ser una estructura distensible, experimenta los mismos cambios de presión que el compartimiento intracraneal, particularmente en su porción retrobulbar anterior (3 mm detrás de la retina). Por lo que en situaciones donde se eleva la PIC, se incrementa el diámetro de la vaina del nervio óptico (DVNO) de forma directamente proporcional, lo que fundamenta la evaluación y monitorización ultrasonográfica de esta estructura.<sup>(66, 73,74)</sup>

La medición del DVNO puede realizarse con ultrasonido transorbitario, mediante un transductor lineal de 12 MHz con potencia acústica reducida (índice mecánico: 0.2), colocado sobre el párpado superior cerrado del paciente en decúbito supino con elevación de la cabecera a 20°. El nervio óptico se identifica como una imagen lineal, vertical, hipoecóica que se extiende posterior a la retina, donde la vaina del nervio óptico es ligeramente más ecogénica y rodea al nervio óptico. Usando el modo bidimensional (modo B) se realiza la medición de la vaina del nervio óptico desde el punto que se encuentra 3 mm por detrás de la cámara posterior del globo ocular, en un plano transversal, a lo largo de un eje perpendicular al nervio óptico y se obtienen 2 a 4 mediciones que se promedian para obtener una medición objetiva del DVNO.<sup>(75)</sup>

El valor normal del DVNO en adultos sanos es de 3.5 a 5.1 mm, con un umbral normal/anormal de 4.8 a 5.9 mm, estableciéndose como punto de corte para identificar HIC valores >5.5mm (rango 5-5.9 mm en adultos), con una sensibilidad de 95.6-98.77%, especificidad de 85.19-92.3%, índice de probabilidad positiva de 12.5 y una relación de probabilidad negativa de 0.05. Por lo que se considera que la medición de la DVNO es una determinación confiable para la detección de HIC, con alta precisión para determinar PIC elevada en un grupo de alto riesgo.<sup>(76-81)</sup>

Es un estudio no invasivo, seguro, económico, sencillo ya que se puede realizar a pie de cama y consta de una técnica que se aprende rápidamente, eficiente con una duración promedio de medición de entre 4-5 minutos por paciente y preciso de la PIC con una confiabilidad intraobservador de 0.2 mm e interobservador de 0.2 a 0.3mm. Puede ser usado en entornos donde no se dispone monitoreo invasivo, permite la medición en serie para un diagnóstico temprano de la elevación de la PIC y la monitorización del manejo. Pero tiene la limitación de proporcionar una estimación cualitativa de la PIC elevada, sin poder determinar valores cuantitativos para el grado de elevación; además, su exactitud en pacientes con trauma o patología ocular (como atrofia o neuritis óptica) sigue sin estar clara.  
(76, 80-83)

### **Manejo de la presión intracraneal elevada.**

El mejor tratamiento para el manejo de la PIC elevada es la resolución de la causa, por lo que la reparación quirúrgica o el tratamiento endovascular del aneurisma son los únicos tratamientos eficaces y deben realizarse preferiblemente dentro de las 24 horas. Sin embargo, además de la terapia definitiva, existen intervenciones que pueden emplearse para reducir la PIC de forma aguda.<sup>(22, 25)</sup>

Se ha propuesto el uso de terapia osmótica y diuresis en pacientes con PIC elevada para mejorar la perfusión cerebral, mediante el uso de solución salina hipertónica en algunos estudios observacionales donde se ha sugerido que puede ser útil para reducir la PIC y por consiguiente la perfusión cerebral. Sin embargo, el efecto de esta intervención temprana sobre los resultados clínicos a largo plazo sigue sin estar claro.<sup>(84)</sup>

Se debe realizar derivación del LCR mediante drenaje ventricular externo (ventriculostomía) en pacientes con deterioro del estado de despierto, evidencia de PIC elevada y/o hidrocefalia. Cuando se coloca la ventriculostomía se recomienda evitar la aspiración rápida del LCR, recomendándose su extracción a una velocidad lenta y de forma intermitente o mediante drenaje gravitacional pasivo hasta lograr una PIC <20 mmHg o hasta que el LCR ya no se obtenga fácilmente. Esta medida puede mejorar los resultados clínicos, especialmente los resultados cognitivos, al preservar el flujo hacia la microcirculación. <sup>(85,86)</sup>

Más de 20% de los pacientes con HSA-a necesitarán una derivación permanente del LCR para tratar la hidrocefalia crónica que se genera por la formación de granulaciones aracnoideas y fibrosis de leptomeninges. Generalmente esta se realiza en forma de derivación ventriculoperitoneal (DVP), evaluando su necesidad en el periodo subagudo mediante intentos de destete de la ventriculostomía o por pinzamiento del drenaje ventricular externo. Además, aquellos pacientes con hidrocefalia crónica o recurrencia tardía sintomática de hidrocefalia posterior al retiro de ventriculostomía requerirán la colocación de DVP para mejorar los resultados clínicos en estos pacientes y evitar secuelas neurológicas. <sup>(23,87, 88)</sup>

En casos seleccionados, en especial en el contexto de edema cerebral severo puede ser necesarias técnicas quirúrgicas como hemicraniectomía descompresiva para el control de la PIC elevada, reduciéndola en un 15% y hasta en un 70% en los casos donde se realiza apertura de la duramadre conjuntamente. <sup>(89, 90)</sup>

### **Tercer ventriculostomía microquirúrgica**

La tercer ventriculostomía microquirúrgica (TVM) es una técnica que consiste en efectuar una fenestración de la lámina terminalis permitiendo el drenaje del LCR hacia las cisternas basales. Se realiza durante la reparación microquirúrgica abierta del aneurisma roto para la

prevención o disminución de la hidrocefalia poshemorrágica, disminuyendo la incidencia de hidrocefalia dependiente de derivación (HDD) en más del 80% de los casos. Además, ofrece las ventajas de ajustarse a la dinámica normal del LCR y de no requerir la colocación de materiales o cuerpos extraños.<sup>(91,- 95)</sup>

Los pacientes con HDD tienen un peor pronóstico a corto y largo plazo con una mayor mortalidad, una estancia hospitalaria más prolongada y es un factor de riesgo independiente que predice un resultado funcional desfavorable a largo plazo en los pacientes con HSA-a. LA TVM puede disminuir esta complicación al facilitar la dinámica del líquido del LCR en los ventrículos y sobre las convexidades cerebrales con aumento del aclaramiento sanguíneo, disminuir la fibrosis leptomeníngea y usar la presión de pulso como una fuerza para prevenir el desarrollo de membranas oclusivas y coágulos.<sup>(96-101)</sup>

En un metaanálisis recientemente publicado que incluyó 15 estudio y 2839 pacientes se demostró la utilidad clínica de la TVM reportándose una incidencia de HDD del 11,4% en la cohorte de TVM vs 15,3% en la cohorte no fenestrada ( $p = 0,008$ ) y un riesgo relativo de HDD en la cohorte de TVM de 0,67 (intervalo de confianza del 95%: 0,50-0,90). Esto, en contraste con la controversia previa que existía con respecto a su utilidad clínica, reflejado en las pautas de tratamiento de la HSA-a de la American Heart Association/American Stroke Association, basadas en un metaanálisis anterior donde no se pudo encontrar una asociación significativa entre la fenestración de la lámina terminalis y la disminución de la dependencia de la derivación. Por lo que se espera que estas consideraciones se modifiquen en futuras directrices sobre el tratamiento quirúrgico de la HSA-a.<sup>(22, 95, 102, 103)</sup>

## **PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN**

En pacientes derechohabientes al HE CMNSXXI:

- ¿Cuál es el impacto en los valores indirectos de presión intracraneal mediante la medición del DVNO y la disminución del riesgo de desarrollo de hidrocefalia poshemorrágica del tratamiento mediante tercer ventriculostomía microquirúrgica durante el clipaje de aneurismas intracraneales rotos en comparación con la técnica

quirúrgica convencional sin fenestración de la lamina terminalis en pacientes del Hospital de Especialidades de Centro Médico Nacional Siglo XXI?

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

La optimización de los resultados después de una hemorragia subaracnoidea aneurismática sigue siendo un desafío. La elevación de la presión intracraneal y la hidrocefalia son complicaciones muy comunes y poco reconocidas en estos pacientes, asociadas a alta morbilidad y a altos costos sanitarios. Resulta fundamental establecer medidas que permitan una reducción de estas complicaciones y estrategias que permitan su identificación y tratamiento oportuno para mejorar desenlaces clínicos de estos pacientes.

En países en vías desarrollo como México, donde los recursos son limitados resulta prioritario contar con instrumentos que permitan la monitorización adecuada de estos pacientes, por lo que la evaluación de la presión intracraneal mediante métodos no invasivos como el ultrasonido cobra importancia en este escenario al ser un método seguro, económico y sencillo.

La evidencia es aún escasa y subóptima con respecto a muchos aspectos del tratamiento de estos pacientes. Si variaciones en la técnica quirúrgica en el momento del tratamiento del aneurisma pudieran modificar los resultados quirúrgicos, se esperaría que los pacientes con tercer ventriculostomía microquirúrgica realizada durante el tratamiento quirúrgico del aneurisma presenten mejores desenlaces clínicos que los pacientes a los que no se les realizó este procedimiento y esto se traduzca en menos complicaciones.

Se desconoce en la población mexicana la eficacia de esta intervención terapéutica por lo que es necesario describirla.

## **JUSTIFICACIÓN**

Se ha escrito en México sobre la evolución clínica de los pacientes con diagnóstico hemorragia subaracnoidea aneurismática, pero no se ha abordado la eficacia de la tercer ventriculostomía microscópica en estos pacientes. En series internacionales esta variación

de la técnica quirúrgica se ha asociado a menor incidencia de hidrocefalia y menor necesidad de derivación ventricular.

Al ser el Hospital de Especialidades de CMN SXXI un centro de referencia en patología neuroquirúrgica donde se realiza la tercera ventriculostomía microquirúrgica durante el clipaje del aneurisma, resulta indispensable evaluar su desempeño para racionalizar su uso y establecer pautas de manejo basados en población local.

## **HIPÓTESIS**

En pacientes con diagnóstico de hemorragia subaracnoidea aneurismática del servicio de Neurocirugía del HE CMNSXXI:

- El tratamiento mediante tercer ventriculostomía microquirúrgica resultará en una incidencia de elevación de la presión intracraneal menor al 54% en comparación con el grupo control medida indirectamente mediante la evaluación ultrasonográfica del diámetro de la vaina del nervio óptico.
- El tratamiento mediante tercer ventriculostomía microquirúrgica resultará en una incidencia de hidrocefalia y de necesidad de derivación ventricular menor al 30%.
- El tratamiento mediante tercer ventriculostomía microquirúrgica es una técnica segura similar a la técnica convencional sin fenestración de la lámina terminalis con menos de 8% de complicaciones mayores.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo General**

En pacientes que cuenten con diagnóstico de hemorragia subaracnoidea aneurismática tratados en el servicio de Neurocirugía del HE CMNSXXI:

- Evaluar el impacto en los valores indirectos de presión intracraneal mediante la medición del DVNO y la disminución del riesgo de desarrollo de hidrocefalia

posthemorrágica del tratamiento mediante tercer ventriculostomía microquirúrgica durante el clipaje de aneurismas intracraneales rotos en comparación con la técnica quirúrgica convencional sin fenestración de la lamina terminalis en pacientes del Hospital de Especialidades de Centro Médico Nacional Siglo XXI.

### **Objetivos Específicos**

- Describir las características demográficas, clínicas y por imagen de los pacientes con diagnóstico de hemorragia subaracnoidea aneurismática manejados mediante tercer ventriculostomía microquirúrgica y en los pacientes en los que no se realizó al tercer ventriculostomía.
- Describir los resultados clínicos y por ultrasonido transorbitario de los pacientes manejados mediante tercer ventriculostomía microquirúrgica.
- Describir las complicaciones posquirúrgicas inmediatas de los pacientes con diagnóstico de hemorragia subaracnoidea aneurismática manejados mediante tercer ventriculostomía microquirúrgica.
- Describir la frecuencia de necesidad de derivación ventricular en pacientes manejados mediante tercer ventriculostomía microquirúrgica.
- Comparar los resultados clínicos y por ultrasonido transorbitario de los pacientes manejados mediante tercer ventriculostomía microquirúrgica y la técnica quirúrgica convencional sin fenestración de la lámina terminalis.
- Comparar las complicaciones posquirúrgicas y la necesidad de derivación ventricular en los pacientes manejados mediante tercer ventriculostomía microquirúrgica y la técnica quirúrgica convencional sin fenestración de la lámina terminalis.

### **DISEÑO**

Estudio observacional, comparativo, de casos y controles, retrospectivo, unicéntrico en los pacientes atendidos en el Hospital de Especialidades, CMN SXXI.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### POBLACIÓN Y LUGAR DE ESTUDIO.

**Universo de trabajo.** Pacientes con diagnóstico de hemorragia subaracnoidea aneurismática del servicio de Neurocirugía del Hospital de Especialidades, Centro Médico Nacional Siglo XXI, IMSS.

**Población blanco.** Pacientes mayores de 18 años con diagnóstico de hemorragia subaracnoidea aneurismática tratados mediante tercer ventriculostomía microscópica durante el tratamiento quirúrgico del aneurisma intracraneal atendidos en el servicio de Neurocirugía del Hospital de Especialidades del CMN Siglo XXI entre julio a octubre de 2020.

**Grupo control.** Pacientes mayores de 18 años con diagnóstico de hemorragia subaracnoidea aneurismática tratados quirúrgicamente mediante clipaje sin fenestración de la lámina terminalis atendidos en el servicio de Neurocirugía del Hospital de Especialidades del CMN Siglo XXI entre julio a octubre de 2020.

Se realizó el USG trans-orbitario de forma rutinaria indicada en los pacientes con HSA-a en el servicio de imagenología del mismo hospital la medición de DVNO con equipo de ultrasonido General Electric modelo LOGIC E9 con transductor lineal multifrecuencia en rangos de 4 a 10 MhZ perteneciente al servicio de Imagenología del HE CMNSXXI. Se realizó por el Dr. Eduardo Camacho Zarco y la Dra. Dalia Dayadara Prezas Pichardo, médico adscrito al servicio de Imagenología del HE CMNSXXI.

El equipo de médicos radiólogos tiene amplia experiencia en el manejo de estas mediciones (DVNO), así como un grado de alta especialidad en ultrasonido transcraneal y protocolos de investigación previamente realizados.

### CRITERIOS DE SELECCIÓN.

### ELEGIBILIDAD DE LOS PACIENTES.

## CRITERIOS DE INCLUSIÓN.

- Hombres o mujeres mayores de 18 años con diagnóstico de hemorragia subaracnoidea aneurismática tratados quirúrgicamente.
- Que cuenten con expediente clínico completo y estudios de imagen.
- Que cuenten con evaluación del diámetro de la vaina del nervio óptico mediante ultrasonido transorbitario posoperatorio.

## CRITERIOS DE NO INCLUSIÓN:

- Pacientes que no cuenten con datos completos.

## CRITERIOS DE ELIMINACIÓN:

- Pacientes con manejo anticoagulante.
- Pacientes con otras enfermedades estructurales del sistema nervioso central distintas a enfermedad aneurismática.
- Pacientes que se sometieron a terapia endovascular.

## MUESTREO.

**Tipo de muestreo:** no probabilístico de casos consecutivos por conveniencia de julio a octubre de 2020.

## DEFINICIÓN DE VARIABLES

Variable	Tipo	Definición conceptual	Definición operacional	Escala de Medición	Fuente de información
<b>Edad</b>	Cuantitativa continua	Tiempo transcurrido desde el nacimiento hasta la fecha actual.	Años cumplidos desde el nacimiento al momento del ingreso hospitalario.	Años	Expediente clínico electrónico
<b>Género</b>	Cualitativa Dicotómica	Construcción simbólica que alude al conjunto de atributos socioculturales asignados a las personas a partir del sexo biológico que convierten la diferencia sexual en una desigualdad social entre hombres y mujeres..	Sexo asignado al nacer en documentos legales.	Hombre/mujer	Expediente clínico electrónico
<b>Diabetes Mellitus</b>	Cualitativa Dicotómica	Enfermedad caracterizada por el fenotipo de elevación de la glucosa en sangre	Referido en el interrogatorio, recibir tratamiento hipoglucemiante. Corroborado con estudios de laboratorio.	Si/No	Expediente clínico electrónico.
<b>Hipertensión</b>	Cualitativa	Enfermedad crónica	Referido en el interrogatorio.	Si/No	Expediente

<b>Arterial Sistémica</b>	Dicotómica	caracterizada por elevación persistente de la presión arterial sanguínea	Recibir tratamiento antihipertensivo.		clínico electrónico.
<b>Dislipidemia</b>	Cualitativa Dicotómica.	Enfermedad multifactorial caracterizada por elevación en la concentración de lípidos en la sangre.	Concentraciones elevadas de Colesterol total, Triglicéridos, LDL o disminución en la concentración de HDL por diagnóstico previo referido en el interrogatorio o registrado en nota médica.	Si/No.	Expediente Clínico Electrónico
<b>Obesidad</b>	Cualitativa Dicotómica	Enfermedad que se encuentra conformada por el aumento de peso corporal y elevación de la relación entre peso y talla por encima del valor de sobrepeso	Aumento del índice de masa corporal por encima de 30 kg/m2 registrado en nota médica.	Si/No.	Expediente Clínico Electrónico
<b>Tabaquismo activo</b>	Cualitativa Dicotómica	Enfermedad crónica que consiste en consumo habitual de tabaco a causa de la adicción a la nicotina.	Consumo de tabaco actual referido en el interrogatorio o en la nota médica.	Si/No.	Expediente Clínico Electrónico
<b>Morfología del aneurisma</b>	Cualitativa Dicotómica	Clasificación de los aneurismas intracraneales de acuerdo a su forma.	Clasificación de los aneurismas intracraneales de acuerdo a su forma por los hallazgos reportados en la angiografía cerebral durante la hospitalización.	1. Sacular 2. Fusiforme 3. Blister	Angiografía Cerebral
<b>Localización del aneurisma</b>	Cualitativa	Clasificación de los aneurismas intracraneales de acuerdo a su ubicación.	Clasificación de los aneurismas intracraneales de acuerdo a su ubicación por los hallazgos reportados en la angiografía cerebral durante la hospitalización.	1.Arteria Comunicante Anterior 2. Arteria Cerebral Anterior Distal 3. Arteria Comunicante Posterior 4. Bifurcación Arteria Carótida Interna 5.Arteria Cerebral Media 6. Paraclinoideos 7. Circulación posterior	Angiografía Cerebral
<b>Clasificación del aneurisma por tamaño</b>	Cualitativa	Clasificación de los aneurismas intracraneales de acuerdo a el tamaño.	Clasificación de los aneurismas intracraneales de acuerdo a su tamaño por los hallazgos reportados en la angiografía cerebral durante la hospitalización.	Pequeño (<3mm) mediano (<11mm) grande (11-25mm) gigante (>25mm)	Angiografía Cerebral
<b>Número de aneurismas</b>	Cuantitativa Continua	Presencia de aneurismas intracraneales en segmentos distintos	Presencia de aneurismas intracraneales en segmentos distintos registrados en la angiografía cerebral	1-5	Angiografía Cerebral
<b>Clasificación de Hunt y Hess</b>	Cualitativa	Sistema de clasificación por categorías para cuantificar la gravedad de la hemorragia de acuerdo a su grado clínico.	Sistema de clasificación por categorías para cuantificar la gravedad de la hemorragia de acuerdo a su grado clínico referido en la nota médica.	Grado 1: asintomático o con cefalea leve y ligera rigidez de nuca. Grado 2: cefalea moderada a intensa y rigidez de cuello, sin déficit neurológico excepto parálisis de pares craneales: Grado 3: confusión, somnolencia o déficit neurológico focal leve. Grado 4: estupor y hemiparesia moderada a grave. Grado 5: coma profundo o postura de descerebración	Angiografía Cerebral
<b>Clasificación de la Federación Mundial de Cirujanos Neurológicos</b>	Cualitativa	Sistema de clasificación por categorías para cuantificar el estado de alerta medido por la escala de coma de Glasgow (ECG) y la presencia de déficit motor.	Sistema de clasificación por categorías para cuantificar el estado de alerta medido por la escala de coma de Glasgow (ECG) y la presencia de déficit motor referido en la nota médica.	Grado 1: ECG 15 puntos. Grado 2: 13-14 puntos de ECG, Grado 3: 13-14 puntos de ECG asociada a déficit motor. Grado 4: 7-12 puntos	Expediente clínico electrónico.

(WFNS)				de la ECG, asociada o no a déficit motor. Grado 5: 3-6 puntos de la ECG, con o sin déficit motor	
<b>Clasificación de Fisher</b>	Cualitativa	Escala de clasificación para categorizar el riesgo de vasoespasmio mediante los hallazgos en la tomografía axial de cráneo.	Escala de clasificación para categorizar el riesgo de vasoespasmio mediante los hallazgos en la tomografía axial de cráneo referido en la nota médica.	Grupo 1: No se detectó sangre Grupo 2: Deposición difusa o capa delgada con todas las capas verticales de sangre de menos de 1 mm de espesor. Grupo 3: Coágulos localizados y / o capas verticales de sangre de 1 mm o más de espesor. Grupo 4: Coágulos intracerebrales o intraventriculares con sangre subaracnoidea difusa o sin sangre.	Expediente clínico electrónico.
<b>Escala de Fisher modificada (EFM)</b>	Cualitativa	Sistema de clasificación para estimar el riesgo de isquemia cerebral tardía de acuerdo a los hallazgos en la tomografía de cráneo.	Sistema de clasificación para estimar el riesgo de isquemia cerebral tardía de acuerdo a los hallazgos en la tomografía de cráneo referido en la nota médica.	Grado 0: sin HSA-a o HIV Grado 1: HSA-a mínima y sin HIV Grado 2: HSA-a mínima con HIV bilateral Grado 3: HSA-a espesa sin HIV bilateral Grado 4: HSA-a espesa con HIV bilateral	Expediente clínico electrónico.
<b>Escala de VASOGRADE</b>	Cualitativa	Sistema de clasificación para estimar el riesgo de isquemia cerebral tardía de acuerdo a los hallazgos en la tomografía de cráneo.	Sistema de clasificación para estimar el riesgo de isquemia cerebral tardía de acuerdo a los hallazgos en la tomografía de cráneo referido en la nota médica.	Verde: WFNS 1 o 2 y EFM 1 o 2 Amarillo: WFNS 1 a 3 y EFM 3 o 4 Rojo: WFNS 4 o 5 y cualquier EFM	Expediente clínico electrónico.
<b>Escala de Ogilvy y Carter</b>	Cualitativa	Sistema de clasificación que estratifica a los pacientes según la edad, el grado de Hunt y Hess, el grado de Fisher y el tamaño del aneurisma para establecer un pronóstico quirúrgico.	Sistema de clasificación que estratifica a los pacientes según la edad, el grado de Hunt y Hess, el grado de Fisher y el tamaño del aneurisma, otorgando un punto a cada categoría para establecer un pronóstico quirúrgico referido en la nota médica.	Grado 0 Grado 1 Grado 2 Grado 3 Grado 4 Grado 5	Expediente clínico electrónico.
<b>Diámetro de la vaina del nervio óptico</b>	Cuantitativa continua	Medición de la vaina del nervio óptico mediante ultrasonido transorbitario desde el punto que se encuentra 3 mm por detrás de la cámara posterior del globo ocular, en un plano transversal, a lo largo de un eje perpendicular al nervio óptico.	Medición de la vaina del nervio óptico en mm mediante ultrasonido transorbitario referido en el expediente clínico.	mm	Expediente clínico.

## METODOLOGÍA

### Procedimientos Generales.

- 1) Se incluirán a los pacientes mayores de 18 años que cumplan los criterios de inclusión que cuenten con tomografía, angiografía y ultrasonido transorbitario.

- 2) Se obtendrán los datos del expediente clínico electrónico de los pacientes con diagnóstico de hemorragia subaracnoidea aneurismática para obtener la información variables demográficas y clínicas.
- 3) Se construirá una base de datos en Excel, a partir del expediente clínico y los hallazgos reportados en los estudios de gabinete.

### **Análisis de resultados.**

- 1) Análisis exploratorio: posterior a vaciamiento de los datos se realizará análisis general de las variables de estudio, de datos faltantes y datos incorrectos.
- 2) Se realizará un muestreo no probabilístico de casos consecutivos.
- 3) Análisis descriptivo: para las variables cualitativas se determinarán las frecuencias absolutas y proporciones.
- 4) Se utilizarán medidas de tendencia central y de dispersión de las variables de acuerdo a la distribución de las mismas. En caso de media se utilizará la desviación estándar y para las medianas se reportarán los rangos intercuartílicos.
- 5) Se realizará un análisis de asociaciones utilizando prueba de Chi cuadrada ( $\chi^2$ ) o prueba exacta de Fisher y con T de Student para variables cuantitativas.
- 6) Se llevará a cabo análisis multivariado con regresión logística para las variables que en el análisis bivariado tengan diferencia estadísticamente significativa con  $p < 0.05$ .
- 7) Para el análisis estadístico se utilizará el programa estadístico SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) versión 25.

### **Recursos, Financiamiento y Factibilidad**

#### **Recursos Humanos:**

Equipo multidisciplinario del servicio de Neurocirugía. El Dr. Rabindranath García López, médico adscrito de la clínica de Neurocirugía Vascular, experto en evaluación y manejo

integral de pacientes con patología vascular aneurismática, el cual guiará el desarrollo del estudio y asesorará la elección de aquellos que serán incluidos. Junto con el médico residente de quinto año de Neurocirugía, Marco Antonio Garfias Rodríguez quien colabora en la elaboración de la base de datos, el análisis estadístico y la redacción de resultados e informe final.

El USG de la DVNO se realizará por el Dr. Eduardo Camacho Zarco y la Dra. Dalia Dayadara Prezas Pichardo, médico adscrito al servicio de Imagenología del HE CMNSXXI.

**Recursos materiales:**

Equipo de ultrasonido General Electric modelo LOGIC E9 con transductor lineal multifrecuencia en rangos de 4 a 10 MhZ perteneciente al servicio de Imagenología del HE CMNSXXI.

Sistema PACS ENTERPRISE del HE CMNSXXI.

Los componentes que se utilizarán para la realización del USG del DVNO serán gel transductor y gasas estériles pertenecientes al área de Imagenología del HE CMNSXXI.

Para el presente estudio no se utilizarán recursos monetarios externos a los materiales disponibles del servicio de Neurocirugía y/o Imagenología del HE CMNSXXI.

**FACTIBILIDAD**

En la Clínica de Neurocirugía del HE CMNSXXI actualmente hay más de 100 pacientes en seguimiento con diagnóstico de aneurisma cerebral. En este centro se cuenta con los recursos humanos, materiales y logísticos para captar y valorar a los pacientes que cumplan las características necesarias para el ingreso a este protocolo de estudio.

**Financiamiento:**

Este estudio no requiere de financiamiento.

**ASPECTOS ÉTICOS**

Este protocolo se apega a los lineamientos establecidos en la Declaración mundial de Helsinki y en el reglamento de la Ley General de Salud en materia de investigación para salud.

**Riesgo de la Investigación:** de acuerdo a lo establecido en el reglamento de la Ley general de salud en materia de investigación para la salud, titulo segundo, capítulo I, artículo 17; este estudio se considera como investigación sin riesgo.

**Posibles beneficios:** Ningún paciente obtendrá beneficio directo de la realización de este estudio.

**Balance riesgo/beneficio:** el balance se inclina hacia el beneficio, considerando que se obtendrá información relevante sobre la patología vascular aneurismática, no se incrementa el riesgo para el paciente en ningún sentido ya que solo se revisaran datos en el expediente clínico electrónico y los estudios angiográficos en el sistema de manejo de imágenes digitales IMPAX.

**Confidencialidad:** Los datos de los participantes y la información relacionada con su privacidad serán codificados por medio de clave numérica durante la realización de la base de datos y no se utilizaron con ningún otro fin más que la identificación del expediente.

**Consentimiento informado:** debido a que esta investigación se clasifica como sin riesgo y es un estudio retrospectivo, no se requiere de la obtención de consentimiento informado para la revisión del expediente de los pacientes.

**Conflicto de intereses:** no existe conflicto de interés dentro del equipo de colaboradores.

### Cronograma de Actividades

ACTIVIDAD	2020			2021							
	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO
Elaboración del protocolo	■	■	■	■	■	■	■				
Revisión del protocolo								■	■		
Aprobación									■	■	
Recolección de Datos										■	
Llenado de Bases de Datos										■	
Análisis de datos											■
Reporte de Resultados											■

## RESULTADOS

**Tabla 2: Características demográficas de la población**

Total	n = 46
Sexo, n (%) /	
- Hombre	23 (50)
- Mujer	23 (50)
Edad II	62.8 (14.3)
Comorbilidad, n (%) /	
- Hipertensión arterial sistémica	23 (50)
- Diabetes Mellitus	12 (26.1)
- Dislipidemia	2 (4.3)
- Obesidad	21 (45.7)
- Otras <sup>(a)</sup>	7 (15.2)
Tabaquismo, n (%) /	15 (32.6)

Localización del aneurisma	18 (39.1)
- Arteria comunicante anterior	1 (2.2)
- Arteria cerebral anterior distal	11 (23.9)
- Arteria comunicante posterior	11 (23.9)
- Arteria cerebral media	1 (2.2)
- Paraclinoideos	4 (8.7)
- Circulación posterior	
Lateralidad del aneurisma, n (%) /	
- Derecho	14 (30.4)
- Izquierdo	12 (26.1)
- Bilaterales	2 (4.3)
- No aplica (b)	18 (39.1)
Aneurismas múltiples, n (%) /	3 (6.5)
Tamaño del aneurisma //	9.36
Clasificación del tamaño, n (%) /	
- Pequeño	2 (4.3)
- Mediano	31 (67.4)
- Grande	13 (28.3)
Clasificación morfología, n (%) /	
- Sacular	35 (76.1)
- Fusiforme	2 (4.3)
- Blister	0 (0)
- Bilobulado	4 (8.7)
- Multilobulado	5 (10.9)
Escala de Fisher, n(%) /	
- I	5 (10.9)
- II	3 (6.5)
- III	8 (17.4)
- IV	30 (65.2)
Hematoma parenquimatoso, n (%) /	16 (34.8)
Escala de Graeb, n (%) /	
- Leve	20 (43.5)

- Moderado	9 (19.6)
- Grave	3 (6.5)
Derivación ventricular, n(%) /	14 (30.4)
- Externa (ventriculostomía)	12 (26.1)
- Interna (DVP)	
Tercer ventriculostomía microscópica, n (%)	21 (45.7)
Vasoespasmó, n (%)	17 (37)
Isquemia cerebral tardía, n (%) /	20 (43.5)
Muerte, n (%) /	6 (13)
Otras complicaciones, n (%) /, (c)	12 (26.1)
Escala Hunt & Hess, n (%) /	17 (37)
- Grado 1	9 (19.6)
- Grado 2	4 (8.7)
- Grado 3	11 (23.9)
- Grado 4	5 (10.9)
- Grado 5	
Clasificación de escala de coma de Glasgow prequirúrgico, n (%) /	
- Leve	26 (56.5)
- Moderado	5 (10.9)
- Grave	15 (32.6)
Clasificación de escala de coma de Glasgow postquirúrgico, n (%) /	
- Leve	22 (52.4)
- Moderado	14 (33.3)
- Grave	6 (14.3)
Mejoría de la escala de coma de Glasgow, n (%) /	35 (85.4)
Escala de Rankin, n (%) /	
- Grado 0	2 (4.3)
- Grado 1	20 (43.5)
- Grado 2	10 (21.7)
- Grado 3	6 (13)
- Grado 4	2 (4.3)
- Grado 5	0 (0)
- Grado 6	6 (13)
Escala de WFNS, N (%) /	
- Grado 1	17 (37)

- Grado 2	12 (26.1)
- Grado 3	0 (0)
- Grado 4	5 (10.9)
- Grado 5	12 (26.1)
Clasificación de escala de WFNS, N (%) I	
- Leve	29 (63)
- Grave	17 (37)
Escala de Vasograde, n (%) I	8 (17.4)
- Verde	20 (43.5)
- Amarillo	18 (39.1)
- Rojo	
Escala de Ogilvy, n (%) I	
- Grado 1	3 (6.5)
- Grado 2	12 (26.1)
- Grado 3	19 (41.3)
- Grado 4	11 (23.9)
- Grado 5	1 (2.2)
Clasificación de escala de Ogilvy, n (%) I	
- Excelente	12 (26.1)
- Bueno	21 (45.7)
- Moderado	12 (26.1)
- Malo	1 (2.2)
Escala de Yamamoto, n (%) I	20 (43.5)
- Grado 0	19 (41.3)
- Grado 1	6 (13)
- Grado 2	1 (2.2)
- Grado 3	
a: presencia de otras comorbilidades que no sean HTA, DM, obesidad ni dislipidemia.	
b: presencia de aneurisma en arteria comunicante anterior	
c: presencia de otras complicaciones que no sea vasoespasmo, isquemia cerebral tardía, hidrocefalia o muerte.	
I: los datos son presentados en frecuencias y porcentajes	
II: los datos son presentados en media y desviación estándar	

Se incluyeron en el estudio 46 pacientes, de los cuales 23 fueron mujeres (50%) y 23 fueron hombres (50%). La edad promedio de los participantes fue de 62.8 años (Tabla 2).

Las comorbilidades observadas fueron hipertensión arterial sistémica en 23 pacientes (50%), seguido de obesidad en 21 pacientes (45.7%), diabetes mellitus en 12 pacientes (26.1%) y dislipidemia en 2 pacientes (4.3%).

Se observó tabaquismo en 15 pacientes (32.6%).

La localización más frecuente observada de aneurisma en la población fue en la arteria comunicante anterior en 18 pacientes (39.1%), seguido de arteria comunicante posterior en 11 pacientes (23.9%), arteria cerebral media en 11 pacientes (23.9%), circulación posterior en 4 pacientes (8.7%), arteria cerebral anterior distal en 1 paciente (2.2%) y aneurisma paraclinoideo en 1 paciente (2.2%).

La lateralidad más común observada del aneurisma fue del lado derecho en 14 pacientes (30.4%), seguido de lado izquierdo en 12 pacientes (26.1%). Se observaron 2 casos de aneurismas bilaterales (4.3%) y en 18 pacientes no aplicó lateralidad (39.1%) al ser la topografía del aneurisma en la arteria comunicante anterior.

Se observaron 3 pacientes con aneurismas múltiples (6.5%). El tamaño más frecuente del domo aneurismático fue mediano en 31 pacientes (67.4%) siendo el promedio del tamaño de 9.36mm.

La morfología más común observada fue de tipo sacular en 35 pacientes (76.1%) seguido de multilobulado en 5 pacientes (10.9%) y bilobulado en 4 pacientes (8.7%).

De acuerdo a la estadificación de los pacientes en la escala de Fisher (I-IV) la más frecuente fue de tipo IV (30 pacientes en 65.2%), de los cuales 16 pacientes (34.8%) tuvieron hematoma parenquimatoso.

De acuerdo a la estadificación de gravedad por hemorragia intraventricular clasificados según la escala de Graeb, 34 pacientes (43.5%) se clasificaron como hemorragia

intraventricular leve, 9 pacientes (19.6%) se clasificaron como hemorragia intraventricular moderada y 3 pacientes (6.5%) como graves.

De acuerdo a la estadificación clínica de los pacientes se utilizaron 4 escalas: Hunt & Hess, Glasgow, WFNS y Rankin, observaron los siguientes resultados:

En la escala de Hunt & Hess al ingreso de los pacientes lo más frecuente observado fue catalogado en grado 1 (leve) en 17 pacientes (37%), seguido de grado 4 (grave) en 11 pacientes (23.9%).

En cuanto a la escala de Glasgow prequirúrgico se observaron 26 pacientes (56.5%) clasificados como leve seguido de 15 pacientes (32.6%) clasificados como grave. Sin embargo, en la evaluación postquirúrgica de la escala de Glasgow se observó mejoría de 35 pacientes clasificados 22 pacientes (52.4%) como leves y 6 pacientes (33.4%) como grave.

En cuanto a la escala de WFNS se observaron 17 pacientes (37%) como grado 1 y 12 pacientes (26.1%) como grado 2, clasificando así 29 pacientes (63%) como estadio leve y 17 pacientes (37%) como estadio grave.

En cuanto a la escala de Rankin clasificada en el periodo postoperatorio lo más frecuente fue observar 20 pacientes (43.5%) en grado 1 seguido de 10 pacientes (21.7%) en grado 2. 6 pacientes (13%) fueron catalogados en grado 6 (finados).

De las complicaciones observadas se identificó vasoespasmo en 17 pacientes (37%), isquemia cerebral tardía en 20 pacientes (43.5%), hidrocefalia obstructiva en 26 pacientes (56.5%), de los cuales necesitaron derivación ventricular externa (ventriculostomía) 14 pacientes (30.4%) y necesitaron derivación ventricular interna (DVP) 12 pacientes (26.1%).

Se observaron otras complicaciones que no fueron vasoespasmo, isquemia cerebral tardía, hidrocefalia o muerte en 12 pacientes (26.1%).

Para estadificar el riesgo preoperatorio de presentar vasoespasmo, ya sea clínico, tomográfico o angiográfico, se utilizó la escala de Vasograde observando 8 pacientes (17.4%) en semáforo verde (riesgo leve), 20 pacientes (43.5%) en semáforo amarillo (riesgo moderado) y 18 pacientes (39.1%) en semáforo rojo (riesgo alto). Para estadificar el grado de vasoespasmo angiográfico observado se utilizó la escala de Yamamoto observando 20 pacientes (43.5%) grado 0, 19 pacientes (41.3%) grado 1, 6 pacientes (13%) grado 2 y 1 paciente (2.2%) grado 3.

La escala de Ogilvy Carter se utilizó como predictor de resultados del tratamiento quirúrgico de los aneurismas intracraneales observando como resultado excelente (78% de probabilidad de éxito) en 12 pacientes (26.1%), resultado bueno (67% de probabilidad de éxito) en 21 pacientes (45.7%), resultado moderado – malo (25% de probabilidad de éxito) en 12 pacientes (26.1%) y mal resultado (0% probabilidades de éxito) en 1 paciente (2.2%).

## **DISCUSIÓN**

La TVM se realizó en 21 pacientes (45.7%) de los cuáles no hubo significancia estadística en relación a la muerte presentado de los pacientes a los cuáles no se les realizó la maniobra y a los que si se les realizó.

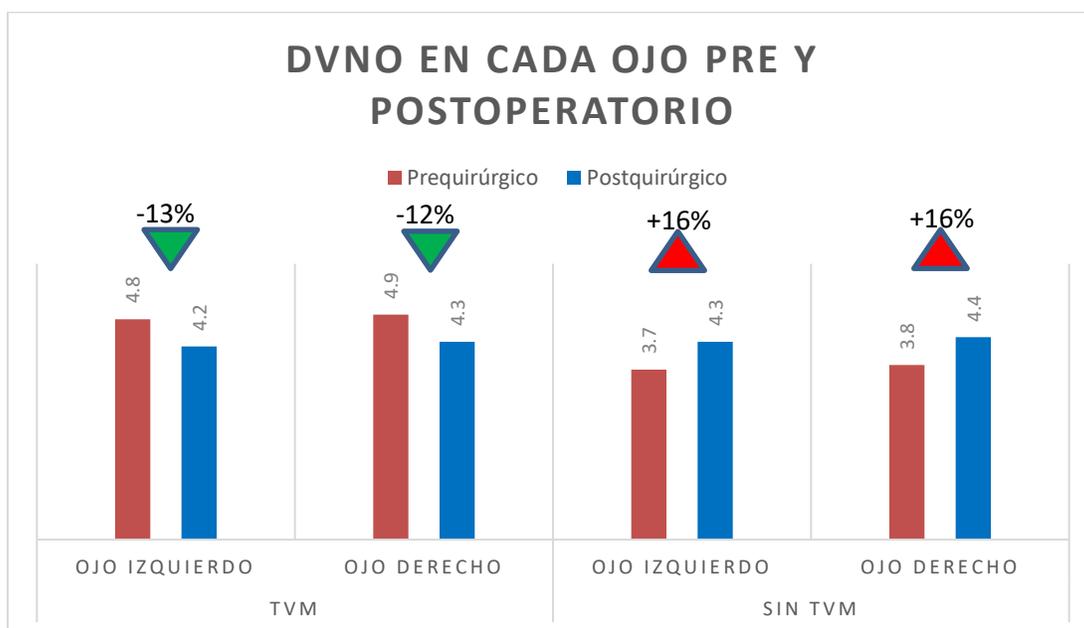
En los pacientes que se les realizó TVM observamos una disminución del DVNO en comparación con el estado pre y post operatorio, medida que se realizó en ambos ojos y esto traduce disminución con mejoría de la PIC. Hasta el 85.7% de los pacientes en este grupo presentaban HSA-a grado Fisher III y IV mostrando entonces una relación estrecha

entre la cantidad de hemorragia subaracnoidea (Fisher III – IV) y el aumento de la presión intracraneal y la morbi – mortalidad <sup>(102, 103)</sup> (Tabla 3).

**Tabla 3: DVNO en cada ojo pre y postoperatorio**

	TVM	Sin TVM
<b>Prequirúrgico //</b>		
- Ojo derecho	4.9 (0.9)	3.8 (0.8)
- Ojo izquierdo	4.8 (0.9)	3.7 (1.0)
<b>Postquirúrgico //</b>		
- Ojo derecho	4.3 (1.1)	4.4 (0.9)
- Ojo izquierdo	4.2 (1.1)	4.3 (0.9)

**Gráfica 1: DVNO en cada ojo pre y postoperatorio**



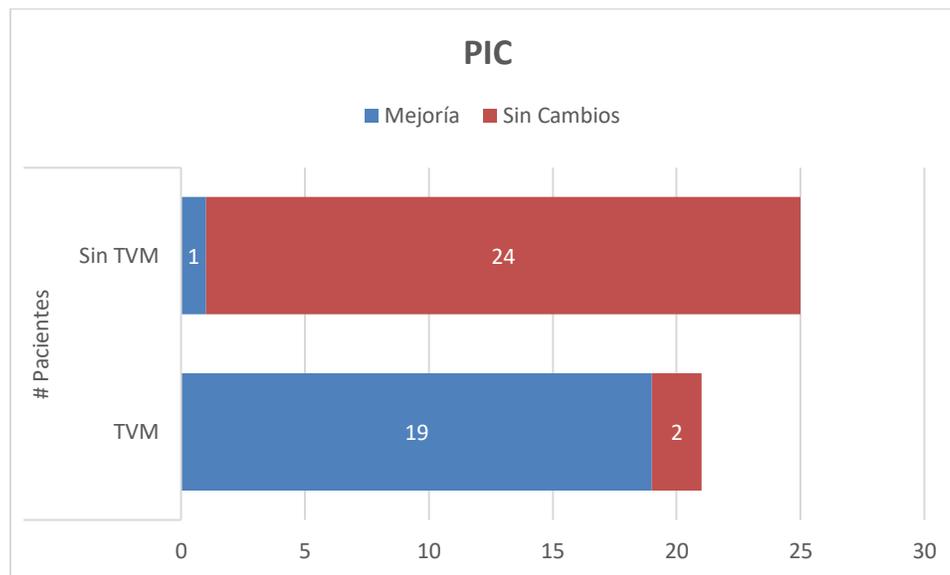
Igualmente se observó significancia estadística en mejoría de la PIC postoperatoria, menor necesidad de derivación ventricular interna y mejor pronóstico funcional valorado en

RANKIN en los pacientes a los cuáles se les realizó la tercer ventriculostomía microscópica (ver tablas 4, 5 y 6).

**Tabla 4: Mejoría de la PIC posterior a realizar TVM**

TVM	PIC		RR (IC 95%)
	Mejoría n (%)	Sin cambios n (%)	
Presente	19 (95)	2 (7.7)	22.6 (3.2 - 155.1)
Ausente	1 (5)	24 (92.3)	

**Gráfica 2: Mejoría de la PIC posterior a realizar TVM**



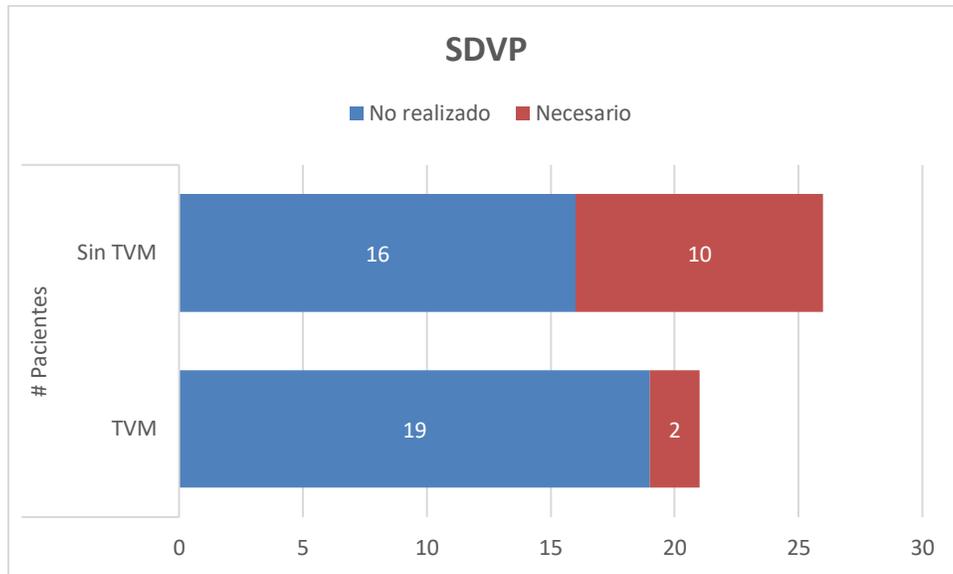
Se realizó mediante una prueba de Xi cuadrada el análisis de los cambios post operatorios de la PIC a los pacientes a los cuales se les realizó la TVM vs a los cuales no se les realizó.

Mediante la medición del riesgo relativo con un índice de confianza del 95% se concluyó que la probabilidad de disminuir la PIC en un paciente que se le realizó TVM es de 22 veces mayor en comparación a los pacientes a los cuáles no se les realizó, siendo que al 95% de los pacientes que se les realizó la TVM disminuyó la PIC postoperatoria.

**Tabla 5: Necesidad de derivación ventricular interna posterior a realizar TVM**

TVM	SDVP		RR (IC 95%)
	Necesaria n (%)	No realizada n (%)	
Presente	2 (16.7)	19 (54.3)	0.24 (0.061 - 1.0)
Ausente	10 (83)	16 (45.7)	

**Gráfica 3: Necesidad de derivación ventricular interna posterior a realizar TVM**



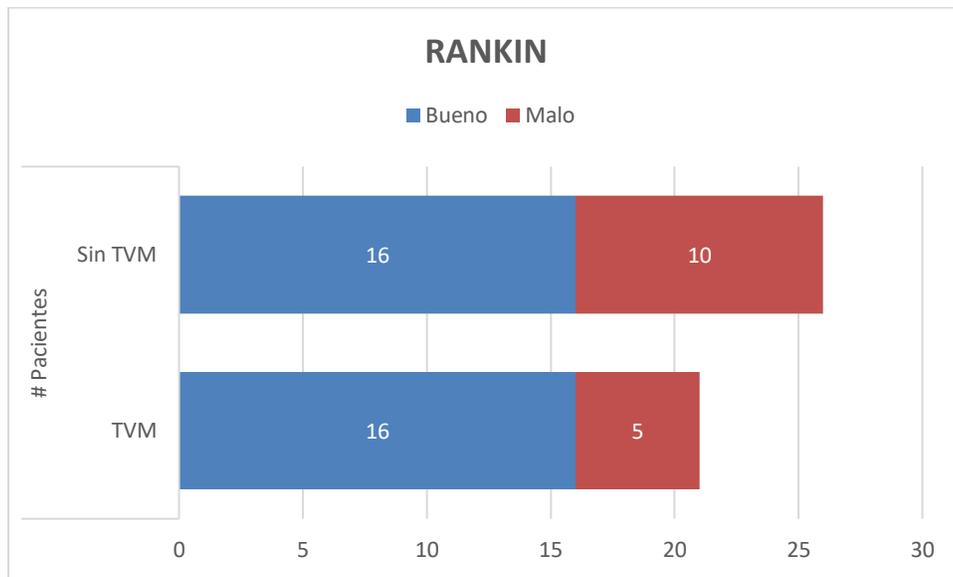
Se realizó mediante una prueba de Xi cuadrada el análisis de la necesidad post operatoria de una derivación ventricular secundaria a hidrocefalia a los pacientes a los cuales se les realizó la TVM vs a los cuales no se les realizó.

Mediante la medición del riesgo relativo con un índice de confianza del 95% se concluyó que a los pacientes a los que se les realizó TVM disminuyó el riesgo de necesidad de derivación ventricular 75.4 %. En base a lo anterior se concluyó que la necesidad de una derivación ventricular disminuyó de 20% a 4.96% al realizar una TVM.

**Tabla 6: Pronóstico valorado en RANKIN posterior a realizar TVM**

TVM	Pronóstico (RANKIN) Bueno 0-3, Malo 4-6		RR (IC 95%)
	Bueno n (%)	Malo n (%)	
Presente	16 (50)	5 (33.3)	1.23 (0.84 - 1.8)
Ausente	16 (50)	10 (66.7)	

**Gráfica 4: Pronóstico valorado en RANKIN posterior a realizar TVM**



Se realizó mediante una prueba de Xi cuadrada el análisis de pronóstico postoperatorio medido mediante la escala de RANKIN a los pacientes a los cuales se les realizó la TVM vs a los cuales no se les realizó.

Mediante la medición del riesgo relativo con un índice de confianza del 95% se concluyó que los pacientes a los cuales se les realizó TVM tienen 23% de probabilidad de tener mejor pronóstico, evaluado como escala de RANKIN 0-3 (asintomáticos a discapacidad moderada).

Entonces la probabilidad de tener un mejor pronóstico postoperatorio en los pacientes que se les realizó TVM es de 1.2 veces mayor que a los pacientes a los cuáles no se les realizó TVM.

Es bien sabido la fisiopatología por la cual se incrementa la presión intracraneal acuñados por la doctrina de Monro – Kellie. En el caso de la hemorragia subaracnoidea aneurismática la sangre a nivel cisternal, sobre todo basal, incrementa de manera abrupta la presión intracraneal, sumado a esto la probabilidad aumentada de presentar hidrocefalia obstructiva por la simple presencia de sangre en el espacio subaracnoideo y sobre todo al observarse irrupción ventricular. Es por lo mismo que la hidrocefalia obstructiva se convierte en uno de los principales enemigos de morbi – mortalidad a tratar durante una hemorragia subaracnoidea. (57, 71, 89, 105, 106)

De ahí radica la importancia de monitorear, ya sea de manera invasiva o no invasiva, en los pacientes neurocríticos que presentan hemorragia subaracnoidea, la presión intracraneal, tanto en el periodo preoperatorio como en el periodo postoperatorio. (29, 31)

La evaluación ultasonográfica transorbitaria se ha convertido en una importante herramienta objetiva y no invasiva para monitorizar la presión intracraneana reflejada en el diámetro de la vaina del nervio óptico, la cuál es una extensión diencefálica del SNC. (3,15)

Así mismo la importancia de realizar cualquier maniobra para disminuir la presión intracraneal al comunicar el sistema ventricular ya sea de forma externa (ventriculostomía) o interna (derivación ventricular interna, la más común realizada siendo la DVP) forma parte muy importante en el quehacer del neurocirujano para tratar de disminuir la morbi – mortalidad de los pacientes con hemorragia subaracnoidea aneurismática. (32, 44, 55, 59, 101)

En nuestro servicio ésta técnica micro quirúrgica (TVM) se realiza de manera aleatoria y mediante el uso del USG transorbitario y la medición del diámetro de la vaina del nervio

óptico de forma pre y postoperatoria medir la diferencia en la PIC en los pacientes a los que se les realizó la maniobra (TVM) encontrando resultados con significancia estadística en cuanto a la relación del uso de la TVM con la disminución post operatoria de la PIC, mejor pronóstico funcional (RANKIN) y menor necesidad de necesidad de un sistema de derivación ventricular interno (DVP) con los riesgos que esto implica de infección del catéter de derivación o disfunción del mismo y necesidad de nuevas intervenciones quirúrgicas para recolocación.

## **CONCLUSIONES**

Con el presente estudio podemos concluir la importancia y objetividad del uso del USG transorbitario para medir el diámetro de la vaina del nervio óptico en relación con la monitorización de la PIC, al ser éste un estudio no invasivo, fácil de transportar, fácil de utilizar y de bajo costo. Sin embargo, presenta la desventaja, cómo la de cualquier otro estudio sonográfico, de ser operador dependiente.

Nosotros proponemos el uso del USG transorbitario en todos los pacientes con diagnóstico de hemorragia subaracnoidea aneurismática para monitorización de la PIC por el riesgo alto de presentar hidrocefalia obstructiva, y así al encontrar valores de  $>5.5$  mm de diámetro de la vaina del nervio óptico, aunado al estado clínico de los pacientes, tomar decisiones terapéuticas tempranas como la colocación de dvp o ventriculostomía dependiendo de la evolución clínica de los pacientes para tratar la hidrocefalia per sé.

Igualmente, con el presente estudio podemos concluir la utilidad y necesidad de la TVM como maniobra en todos pacientes con hemorragia subaracnoidea aneurismática para disminuir la PIC y con ello mejorar el pronóstico funcional de los pacientes durante su seguimiento, así como disminuir el riesgo de presentar hidrocefalia y la necesidad de requerir una derivación ventricular con los riesgos que esto conlleva.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Yntem RM. Management of Unruptured Cerebral Aneurysms and Arteriovenous Malformations. *Contin (Minneapolis Minn)*. 2020;26(2):478-498.
2. Vlak MHM, Algra A, Brandenburg R, Rinkel GJE. Prevalence of unruptured intracranial aneurysms, with emphasis on sex, age, comorbidity, country, and time period: A systematic review and meta-analysis. *Lancet Neurol*. 2011;10(7):626-636. doi:10.1016/S1474-4422(11)70109-0
3. Imaizumi Y, Mizutani T, Shimizu K, Sato Y, Taguchi J. Detection rates and sites of unruptured intracranial aneurysms according to sex and age: An analysis of MR angiography-based brain examinations of 4070 healthy Japanese adults. *J Neurosurg*. 2019;130(2):573-578. doi:10.3171/2017.9.JNS171191
4. Nieuwkamp DJ, Setz LE, Algra A, Linn FH, de Rooij NK, Rinkel GJ. Changes in case fatality of aneurysmal subarachnoid haemorrhage over time, according to age, sex, and region: a meta-analysis. *Lancet Neurol*. 2009;8(7):635-642. doi:10.1016/S1474-4422(09)70126-7
5. van Gijn J, Kerr RS, Rinkel GJ. Subarachnoid haemorrhage. *Lancet*. 2007;369(9558):306-318. doi:10.1016/S0140-6736(07)60153-6
6. Lindbohm JV, Kaprio J, Jousilahti P, Salomaa V, Korja M. Risk Factors of Sudden Death from Subarachnoid Hemorrhage. *Stroke*. 2017;48(9):2399-2404. doi:10.1161/STROKEAHA.117.018118
7. Schatlo B, Fung C, Stienen MN, et al. Incidence and Outcome of Aneurysmal Subarachnoid Hemorrhage: The Swiss Study on Subarachnoid Hemorrhage (Swiss SOS). *Stroke*. 2020;(January):344-347. doi:10.1161/STROKEAHA.120.029538
8. Etminan N, Chang HS, Hackenberg K, et al. Worldwide Incidence of Aneurysmal Subarachnoid Hemorrhage According to Region, Time Period, Blood Pressure, and Smoking Prevalence in the Population: A Systematic Review and Meta-analysis. *JAMA Neurol*. 2019;76(5):588-597. doi:10.1001/jamaneurol.2019.0006
9. Cantu-Brito C, Majersik JJ, Sánchez BN, et al. Hospitalized stroke surveillance in the community of Durango, Mexico: The brain attack surveillance in Durango study. *Stroke*. 2010;41(5):878-884. doi:10.1161/STROKEAHA.109.577726
10. Vlak MHM, Rinkel GJE, Greebe P, Greving JP, Algra A. Lifetime risks for aneurysmal subarachnoid haemorrhage: Multivariable risk stratification. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*. 2013;84(6):619-623. doi:10.1136/jnnp-2012-303783
11. Shea AM, Reed SD, Curtis LH, Alexander MJ, Villani JJ SK. Characteristics of nontraumatic subarachnoid hemorrhage in the United States in 2003. *Neurosurgery*. 2007;61(6):1131-1137.
12. Müller TB, Vik A, Romundstad PR, Sandvei MS. Risk factors for unruptured intracranial aneurysms and subarachnoid hemorrhage in a prospective population-based study. *Stroke*. 2019;50(10):2952-2955. doi:10.1161/STROKEAHA.119.025951
13. Korja M, Silventoinen K, McCarron P, et al. Genetic epidemiology of spontaneous subarachnoid hemorrhage: Nordic twin study. *Stroke*. 2010;41(11):2458-2462. doi:10.1161/STROKEAHA.110.586420
14. Perry JJ, Stiell IG, Sivilotti MLA, et al. High risk clinical characteristics for subarachnoid haemorrhage in patients with acute headache: Prospective cohort study. *BMJ*. 2010;341(7781):1035. doi:10.1136/bmj.c5204
15. McCarron MO, Alberts MJ, McCarron P. A systematic review of Terson's syndrome: Frequency and prognosis after subarachnoid haemorrhage. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*. 2004;75(3):491-493. doi:10.1136/jnnp.2003.016816
16. Suarez JI. Diagnosis and management of subarachnoid hemorrhage. *Contin Lifelong Learn Neurol*. 2015;21(5):1263-1287. doi:10.1212/CON.0000000000000217

17. Matsuda M, Watanabe K, Saito A, Matsumura K ichi, Ichikawa M. Circumstances, Activities, and Events Precipitating Aneurysmal Subarachnoid Hemorrhage. *J Stroke Cerebrovasc Dis.* 2007;16(1):25-29. doi:10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2006.09.001
18. Polmear A. Sentinel headaches in aneurysmal subarachnoid haemorrhage: What is the true incidence? A systematic review. *Cephalalgia.* 2003;23(10):935-941. doi:10.1046/j.1468-2982.2003.00596.x
19. Edlow JA. Managing Patients With Nontraumatic, Severe, Rapid-Onset Headache. *Ann Emerg Med.* 2018;71(3):400-408. doi:10.1016/j.annemergmed.2017.04.044
20. Czuczman AD, Thomas LE, Boulanger AB, et al. Interpreting red blood cells in lumbar puncture: Distinguishing true subarachnoid hemorrhage from traumatic tap. *Acad Emerg Med.* 2013;20(3):247-256. doi:10.1111/acem.12095
21. Dubosh NM, Bellolio MF, Rabinstein AA, Edlow JA. Sensitivity of Early Brain Computed Tomography to Exclude Aneurysmal Subarachnoid Hemorrhage: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Stroke.* 2016;47(3):750-755. doi:10.1161/STROKEAHA.115.011386
22. Connolly ES, Rabinstein AA, Carhuapoma JR, et al. Guidelines for the management of aneurysmal subarachnoid hemorrhage: A guideline for healthcare professionals from the american heart association/american stroke association. *Stroke.* 2012;43(6):1711-1737. doi:10.1161/STR.0b013e3182587839
23. Rabinstein AA, Lanzino G. Aneurysmal Subarachnoid Hemorrhage: Unanswered Questions. *Neurosurg Clin N Am.* 2018;29(2):255-262. doi:10.1016/j.nec.2018.01.001
24. Lanzino G, Murad MH, D'Urso PI, Rabinstein AA. Coil embolization versus clipping for ruptured intracranial aneurysms: A meta-analysis of prospective controlled published studies. *Am J Neuroradiol.* 2013;34(9):1764-1768. doi:10.3174/ajnr.A3515
25. Berman MF, Solomon RA, Mayer SA, Johnston SC, Yung PP. Impact of hospital-related factors on outcome after treatment of cerebral aneurysms. *Stroke.* 2003;34(9):2200-2205. doi:10.1161/01.STR.0000086528.32334.06
26. Lawton, M. T., & Vates GE. Subarachnoid Hemorrhage. *New England Journal of Medicine, N Engl J Med.* 2019;377(3):257-266. doi:10.1016/0002-9610(60)90183-5
27. Kuschinsky W. Physiology of cerebral blood flow and metabolism. *Arzneimittel-Forschung/Drug Res.* 1991;41(3 A):284-288.
28. Procaccio F, Stocchetti N, Citerio G, et al. Guidelines for the treatment of adults with severe head trauma (part I). Initial assessment; evaluation and pre-hospital treatment; current criteria for hospital admission; systemic and cerebral monitoring. *J Neurosurg Sci.* 2000;44(1):1-10.
29. Davella D, Brambilla GL, Delfini R, et al. Guidelines for the treatment of adults with severe head trauma (part III). Criteria for surgical treatment. *J Neurosurg Sci.* 2000;44(1):19-24.
30. Rosner MJ, Rosner SD, Johnson AH. Cerebral perfusion pressure: Management protocol and clinical results. *J Neurosurg.* 1995;83(6):949-962. doi:10.3171/jns.1995.83.6.0949
31. Hillman J, Fridriksson S, Nilsson O, Yu Z, Säveland H, Jakobsson KE. Immediate administration of tranexamic acid and reduced incidence of early rebleeding after aneurysmal subarachnoid hemorrhage: A prospective randomized study. *J Neurosurg.* 2002;97(4):771-778. doi:10.3171/jns.2002.97.4.0771
32. Luszczynska A, Benight CC, Cieslak R. A systematic review. *Eur Psychol.* 2009;14(1):51-62. doi:10.1027/1016-9040.14.1.51
33. Rosen DS, Macdonald RL, Batjer HH, et al. Grading of Subarachnoid Hemorrhage: Modification of the World Federation of Neurosurgical Societies Scale on the Basis of Data for a Large Series of Patients. *Neurosurgery.* 2004;54(3):566-576. doi:10.1227/01.NEU.0000108862.32404.A5
34. Pérez IP, García-Pérez D, Abascal AL. Positive Outcome of Endoscopic Third Ventriculostomy in Fourth Ventricular Outlet Obstruction. *World Neurosurg.* 2019;132:135-137. doi:10.1016/j.wneu.2019.08.164

35. Lagares A, Gómez PA, Lobato RD, Alén JF, Alday R, Campollo J. Prognostic factors on hospital admission after spontaneous subarachnoid haemorrhage. *Acta Neurochir (Wien)*. 2001;143(7):665-672. doi:10.1007/s007010170044
36. Frontera JA, Claassen J, Schmidt JM, et al. Prediction of symptomatic vasospasm after subarachnoid hemorrhage: The modified fisher scale. *Neurosurgery*. 2006;59(1):21-26. doi:10.1227/01.NEU.0000218821.34014.1B
37. Claassen J, Bernardini GL, Kreiter K, et al. Effect of cisternal and ventricular blood on risk of delayed cerebral ischemia after subarachnoid hemorrhage: The fisher scale revisited. *Stroke*. 2001;32(9):2012-2020. doi:10.1161/hs0901.095677
38. C. M. Fisher, J. P. Kistler JMD. Fisher TC vasospasm 1980.pdf. Published online 1980.
39. De Oliveira Manoel AL, Jaja BN, Germans MR, et al. The VASOGRADE: A Simple Grading Scale for Prediction of Delayed Cerebral Ischemia after Subarachnoid Hemorrhage. *Stroke*. 2015;46(7):1826-1831. doi:10.1161/STROKEAHA.115.008728
40. Ogilvy CS, Carter BS. A proposed comprehensive grading system to predict outcome for surgical management of intracranial aneurysms. *Neurosurgery*. 1998;42(5):959-970. doi:10.1097/00006123-199805000-00001
41. Sakowitz OW, Santos E, Nagel A, et al. Clusters of spreading depolarizations are associated with disturbed cerebral metabolism in patients with aneurysmal subarachnoid hemorrhage. *Stroke*. 2013;44(1):220-223. doi:10.1161/STROKEAHA.112.672352
42. Biesbroek JM, Van Der Sprenkel JWB, Algra A, Rinkel GJE. Prognosis of acute subdural haematoma from intracranial aneurysm rupture. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*. 2013;84(3):254-257. doi:10.1136/jnnp-2011-302139
43. Douglas MR, Daniel M, Lagord C, et al. High CSF transforming growth factor b levels after subarachnoid haemorrhage: Association with chronic communicating hydrocephalus. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*. 2009;80(5):545-550. doi:10.1136/jnnp.2008.155671
44. Dhar R, Scalfani MT, Blackburn S, Zazulia AR, Videen T, Diringer M. Relationship between angiographic vasospasm and regional hypoperfusion in aneurysmal subarachnoid hemorrhage. *Stroke*. 2012;43(7):1788-1794. doi:10.1161/STROKEAHA.111.646836
45. Molyneux AJ, Kerr RS, Yu LM, et al. International Subarachnoid Aneurysm Trial (ISAT) of neurosurgical clipping versus endovascular coiling in 2143 patients with ruptured intracranial aneurysms: A randomised comparison of effects on survival, dependency, seizures, rebleeding, subgroups, and aneurysm occlusion. *Lancet*. 2005;366(9488):809-817. doi:10.1016/S0140-6736(05)67214-5
46. Naidech AM, Janjua N, Kreiter KT, et al. Predictors and impact of aneurysm rebleeding after subarachnoid hemorrhage. *Arch Neurol*. 2005;62(3):410-416. doi:10.1001/archneur.62.3.410
47. Ohkuma H, Tsurutani H, Suzuki S. Incidence and significance of early aneurysmal rebleeding before neurosurgical or neurological management. *Stroke*. 2001;32(5):1176-1180. doi:10.1161/01.STR.32.5.1176
48. Giller AM, Samson D. Distribution of Hematocrit Values. Published online 1998.
49. Pearce JMS. Subarachnoid hemorrhage. *Semin Neurol*. 2006;26(1):148-149. doi:10.1055/s-2006-933320
50. Lord AS, Fernandez L, Schmidt JM, et al. Effect of rebleeding on the course and incidence of vasospasm after subarachnoid hemorrhage. *Neurology*. 2012;78(1):31-37. doi:10.1212/WNL.0b013e31823ed0a4
51. Kwon JH, Sung SK, Song YJ, Choi HJ, Huh JT, Kim HD. Predisposing factors related to shunt-dependent chronic hydrocephalus after aneurysmal subarachnoid hemorrhage. *J Korean Neurosurg Soc*. 2008;43(4):177-181. doi:10.3340/jkns.2008.43.4.177
52. Kuo LT, Huang APH. The pathogenesis of hydrocephalus following aneurysmal subarachnoid

hemorrhage. *Int J Mol Sci.* 2021;22(9). doi:10.3390/ijms22095050

53. Rowland MJ, Hadjipavlou G, Kelly M, Westbrook J, Pattinson KTS. Delayed cerebral ischaemia after subarachnoid haemorrhage: Looking beyond vasospasm. *Br J Anaesth.* 2012;109(3):315-329. doi:10.1093/bja/aes264
54. Solenski NJ, Haley ECJ, Kassell NF, et al. Medical complications of aneurysmal subarachnoid hemorrhage: A report of the multicenter, cooperative aneurysm study. *Crit Care Med.* 1995;23(6). [https://journals.lww.com/ccmjournal/Fulltext/1995/06000/Medical\\_complications\\_of\\_aneurysmal\\_subarachnoid.4.aspx](https://journals.lww.com/ccmjournal/Fulltext/1995/06000/Medical_complications_of_aneurysmal_subarachnoid.4.aspx)
55. Junttila E, Vaara M, Koskenkari J, et al. Repolarization abnormalities in patients with subarachnoid and intracerebral hemorrhage: Predisposing factors and association with outcome. *Anesth Analg.* 2013;116(1):190-197. doi:10.1213/ANE.0b013e318270034a
56. Latorre JGS, Chou SHY, Nogueira RG, et al. Effective glycemic control with aggressive hyperglycemia management is associated with improved outcome in aneurysmal subarachnoid hemorrhage. *Stroke.* 2009;40(5):1644-1652. doi:10.1161/STROKEAHA.108.535534
57. Badjatia N, Fernandez L, Schmidt JM, et al. Impact of induced normothermia on outcome after subarachnoid hemorrhage: A case-control study. *Neurosurgery.* 2010;66(4):696-700. doi:10.1227/01.NEU.0000367618.42794.AA
58. Schneider HJ, Kreitschmann-Andermahr I, Ghigo E, Stalla GK, Agha A. Hypothalamopituitary dysfunction following traumatic brain injury and aneurysmal subarachnoid hemorrhage: A systematic review. *J Am Med Assoc.* 2007;298(12):1429-1438. doi:10.1001/jama.298.12.1429
59. Heinsoo M, Kuklane M, Tomberg T, Tikk A, Asser T, Eelmäe J. The Possible Role of CSF Hydrodynamic Parameters Following in Management of SAH Patients. *Acta Neurochir Suppl.* 1998;1998(SUPPL. 71):13-15. doi:10.1007/978-3-7091-6475-4\_4
60. Hadjikitou S, Carroll C, Plant GT. Raised intracranial pressure presenting with spontaneous periorbital bruising: Two case reports. *J Neurol Neurosurg Psychiatry.* 2004;75(8):1192-1193. doi:10.1136/jnnp.2003.016006
61. Heuer GG, Smith MJ, Elliott JP, Winn HR, Leroux PD. Relationship between intracranial pressure and other clinical variables in patients with aneurysmal subarachnoid hemorrhage. *J Neurosurg.* 2004;101(3):408-416. doi:10.3171/jns.2004.101.3.0408
62. Koenig MA. Cerebral Edema and Elevated Intracranial Pressure. *Contin Lifelong Learn Neurol.* 2018;24(6):1588-1602. doi:10.1212/CON.0000000000000665
63. Vanderheyden BA, Buck BD. Management of elevated intracranial pressure. *J Pharm Pract.* 2002;15(2):167-185. doi:10.1106/55K6-GR05-T1PW
64. Cardim D, Griesdale DE, Ainslie PN, et al. A comparison of non-invasive versus invasive measures of intracranial pressure in hypoxic ischaemic brain injury after cardiac arrest. *Resuscitation.* 2019;137(January):221-228. doi:10.1016/j.resuscitation.2019.01.002
65. Mauritz W, Steltzer H, Bauer P, Dolanski-Aghamanoukjan L, Metnitz P. Monitoring of intracranial pressure in patients with severe traumatic brain injury: An Austrian prospective multicenter study. *Intensive Care Med.* 2008;34(7):1208-1215. doi:10.1007/s00134-008-1079-7
66. Carrillo Esper R, Flores Rivera OI, Peña Pérez CA, et al. [Ultrasonographic evaluation of the diameter of the optic nerve sheath for medication of intracranial pressure: a case report]. *Gac Med Mex.* 2014;150(2):165-170. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24603997>
67. Jiang DH MR. Planning for the Post-COVID Syndrome: How Payers Can Mitigate Long-Term Complications of the Pandemic. *J Gen Intern Med.* 2020;35(10):3036-3039. doi:10.1007/s11606-020-06042-3
68. Bratton SL, Chestnut RM, Ghajar J, et al. Guidelines for the management of severe traumatic brain injury. VII. Intracranial pressure monitoring technology. *J Neurotrauma.* 2007;24 Suppl 1:45-54.

doi:10.1089/neu.2007.9989

69. Holloway KL, Barnes T, Choi S, et al. Ventriculostomy infections: The effect of monitoring duration and catheter exchange in 584 patients. *J Neurosurg.* 1996;85(3):419-424. doi:10.3171/jns.1996.85.3.0419
70. Harary M, Dolmans RGF, Gormley WB. Intracranial pressure monitoring—review and avenues for development. *Sensors (Switzerland).* 2018;18(2):3-7. doi:10.3390/s18020465
71. Edouard AR, Vanhille E, Le Moigno S, Benhamou D, Mazoit JX. Non-invasive assessment of cerebral perfusion pressure in brain injured patients with moderate intracranial hypertension. *Br J Anaesth.* 2005;94(2):216-221. doi:10.1093/bja/aei034
72. Robba C. Invasive versus Noninvasive Measurement of Intracranial Pressure in the Brain Injury Trial (IMPRESSIT). Published online 2021:1-14 disponible en <https://ichgcp.net/es/clinical->.
73. Geeraerts T, Newcombe VFJ, Coles JP, et al. Use of T2-weighted magnetic resonance imaging of the optic nerve sheath to detect raised intracranial pressure. *Crit Care.* 2008;12(5):1-7. doi:10.1186/cc7006
74. Hansen HC, Helmke K. Validation of the optic nerve sheath response to changing cerebrospinal fluid pressure: Ultrasound findings during intrathecal infusion tests. *J Neurosurg.* 1997;87(1):34-40. doi:10.3171/jns.1997.87.1.0034
75. Prunet B, Asencio Y, Lacroix G, et al. Noninvasive detection of elevated intracranial pressure using a portable ultrasound system. *Am J Emerg Med.* 2012;30(6):936-941. doi:10.1016/j.ajem.2011.05.005
76. Wang LJ, Yao Y, Feng LS, et al. Noninvasive and quantitative intracranial pressure estimation using ultrasonographic measurement of optic nerve sheath diameter. *Sci Rep.* 2017;7(August 2016):1-7. doi:10.1038/srep42063
77. Bekerman I, Kimiagar I, Sigal T, Vaiman M. Monitoring of Intracranial Pressure by CT-Defined Optic Nerve Sheath Diameter. *J Neuroimaging.* 2016;26(3):309-314. doi:10.1111/jon.12322
78. Amini A, Kariman H, Arhami Dolatabadi A, et al. Use of the sonographic diameter of optic nerve sheath to estimate intracranial pressure. *Am J Emerg Med.* 2013;31(1):236-239. doi:10.1016/j.ajem.2012.06.025
79. Jeon JP, Lee SU, Kim SE, et al. Correlation of optic nerve sheath diameter with directly measured intracranial pressure in Korean adults using bedside ultrasonography. *PLoS One.* 2017;12(9):1-11. doi:10.1371/journal.pone.0183170
80. Dubourg J, Javouhey E, Geeraerts T, Messerer M, Kassai B. Ultrasonography of optic nerve sheath diameter for detection of raised intracranial pressure: A systematic review and meta-analysis. *Intensive Care Med.* 2011;37(7):1059-1068. doi:10.1007/s00134-011-2224-2
81. Ohle R, McIsaac SM, Woo MY, Perry JJ. Sonography of the optic nerve sheath diameter for detection of raised intracranial pressure compared to computed tomography: A systematic review and meta-analysis. *J Ultrasound Med.* 2015;34(7):1285-1294. doi:10.7863/ultra.34.7.1285
82. Toscano M, Spadetta G, Pulitano P, et al. Response to: Comment on "Optic nerve sheath diameter ultrasound evaluation in intensive care unit: Possible role and clinical aspects in neurological critical patients" daily monitoring." *Biomed Res Int.* 2018;2018. doi:10.1155/2018/4631581
83. Thotakura AK, Marabathina NR, Danaboyina AR, Mareddy RR. Role of serial ultrasonic optic nerve sheath diameter monitoring in head injury. *Neurochirurgie.* 2017;63(6):444-448. doi:10.1016/j.neuchi.2017.06.001
84. Al-Rawi PG, Tseng MY, Richards HK, et al. Hypertonic saline in patients with poor-grade subarachnoid hemorrhage improves cerebral blood flow, brain tissue oxygen, and pH. *Stroke.* 2010;41(1):122-128. doi:10.1161/STROKEAHA.109.560698
85. Chen S, Luo J, Reis C, Manaenko A, Zhang J. Hydrocephalus after Subarachnoid Hemorrhage: Pathophysiology, Diagnosis, and Treatment. *Biomed Res Int.* 2017;2017. doi:10.1155/2017/8584753

86. Fugate JE, Rabinstein AA, Wijedicks EFM, Lanzino G. Aggressive CSF diversion reverses delayed cerebral ischemia in aneurysmal subarachnoid hemorrhage: A case report. *Neurocrit Care*. 2012;17(1):112-116. doi:10.1007/s12028-012-9723-z
87. Chung DY, Mayer SA, Rordorf GA. External Ventricular Drains After Subarachnoid Hemorrhage: Is Less More? *Neurocrit Care*. 2018;28(2):157-161. doi:10.1007/s12028-017-0443-2
88. Klopfenstein JD, Kim LJ, Feiz-Erfan I, et al. Comparison of rapid and gradual weaning from external ventricular drainage in patients with aneurysmal subarachnoid hemorrhage: A prospective randomized trial. *J Neurosurg*. 2004;100(2):225-229. doi:10.3171/jns.2004.100.2.0225
89. Guerra WKW, Gaab MR, Dietz H, Mueller JU, Piek J, Fritsch MJ. Surgical decompression for traumatic brain swelling: Indications and results. *J Neurosurg*. 1999;90(2):187-196. doi:10.3171/jns.1999.90.2.0187
90. Jourdan C, Convert J, Mottolese C, Bachour E, Gharbi S, Artru F. [Evaluation of the clinical benefit of decompression hemicraniectomy in intracranial hypertension not controlled by medical treatment]. *Neurochirurgie*. 1993;39(5):304-310.
91. Komotar RJ, Olivi A, Rigamonti D, Tamargo RJ. Microsurgical fenestration of the lamina terminalis reduces the incidence of shunt-dependent hydrocephalus after aneurysmal subarachnoid hemorrhage. *Neurosurgery*. 2002;51(6):1403.
92. Mura J, Rojas-Zalazar D, Ruíz Á, Vintimilla LC, Marengo JJ. Improved outcome in high-grade aneurysmal subarachnoid hemorrhage by enhancement of endogenous clearance of cisternal blood clots: A prospective study that demonstrates the role of lamina terminalis fenestration combined with modern microsurgical cisternal blood evacuation. *Minim Invasive Neurosurg*. 2007;50(6):355-362. doi:10.1055/s-2007-993201
93. Burbridge MA. *Neurointensive Care Unit: Clinical Practice and Organization*. Vol 131.; 2020. doi:10.1213/ANE.00000000000005184
94. Lindert EJ. Microsurgical third ventriculocisternostomy as an alternative to ETV: Report of two cases. *Child's Nerv Syst*. 2008;24(6):757-761. doi:10.1007/s00381-007-0572-6
95. Komotar RJ, Hahn DK, Kim GH, et al. Efficacy of lamina terminalis fenestration in reducing shunt-dependent hydrocephalus following aneurysmal subarachnoid hemorrhage: A systematic review - Clinical article. *J Neurosurg*. 2009;111(1):147-154. doi:10.3171/2009.1.JNS0821
96. Bae I-S, Yi H-J, Choi K-S, Chun H-J. Comparison of Incidence and Risk Factors for Shunt-dependent Hydrocephalus in Aneurysmal Subarachnoid Hemorrhage Patients. *J Cerebrovasc Endovasc Neurosurg*. 2014;16(2):78. doi:10.7461/jcen.2014.16.2.78
97. Nam KH, Hamm IS, Kang DH, Park J, Kim YS. Risk of shunt dependent hydrocephalus after treatment of ruptured intracranial aneurysms: Surgical clipping versus endovascular coiling according to fisher grading system. *J Korean Neurosurg Soc*. 2010;48(4):313-318. doi:10.3340/jkns.2010.48.4.313
98. Germanwala A V., Huang J, Tamargo RJ. Hydrocephalus After Aneurysmal Subarachnoid Hemorrhage. *Neurosurg Clin N Am*. 2010;21(2):263-270. doi:10.1016/j.nec.2009.10.013
99. Xie Z, Hu X, Zan X, Lin S, Li H, You C. Predictors of Shunt-dependent Hydrocephalus After Aneurysmal Subarachnoid Hemorrhage? A Systematic Review and Meta-Analysis. *World Neurosurg*. 2017;106:844-860.e6. doi:10.1016/j.wneu.2017.06.119
100. O'Kelly CJ, Kulkarni A V, Austin PC, Urbach D, Wallace MC. Shunt-dependent hydrocephalus after aneurysmal subarachnoid hemorrhage: incidence, predictors, and revision rates. Clinical article. *J Neurosurg*. 2009;111(5):1029-1035. doi:10.3171/2008.9.JNS08881
101. Widenka DC, Wolf S, Schürer L, Plev D V, Lumenta CB. Factors leading to hydrocephalus after aneurysmal subarachnoid hemorrhage. *Neurol Neurochir Pol*. 2000;34(6 Suppl):56-60.
102. Mao J, Zhu Q, Ma Y, Lan Q, Cheng Y, Liu G. Fenestration of Lamina Terminalis During Anterior Circulation Aneurysm Clipping on Occurrence of Shunt-Dependent Hydrocephalus After Aneurysmal

Subarachnoid Hemorrhage: Meta-Analysis. *World Neurosurg.* 2019;129:e1-e5. doi:10.1016/j.wneu.2019.01.270

103. de Oliveira JG, Beck J, Setzer M, et al. Risk of shunt-dependent hydrocephalus after occlusion of ruptured intracranial aneurysms by surgical clipping or endovascular coiling: a single-institution series and meta-analysis. *Neurosurgery.* 2007;61(5):924. doi:10.1227/01.neu.0000303188.72425.24