

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE SAN MARCOS
CARRERA: MEDICO Y CIRUJANO
COMISIÓN DE TRABAJOS DE GRADUACIÓN**



MONOGRAFÍA MÉDICA

**VIDEOANGIOGRAFIA INTRAOPERATORIA CON VERDE INDOCIANINA EN
PATOLOGIA NEUROVASCULAR.**

ESTUDIANTE:

Hugo Esteeven Guzmán Ramos
Correo electrónico: hugoguzman@outlook.com
Tel:31813185

No. DE CARNÉ:

201645637

ASESOR:

Dr. Juan Alberto Paz Archila.
MSc. Neurocirugía con especialidad en Neurocirugía vascular.
Colegiado No. 16,727

REVISOR:

Ing. Genner Alexander Orozco Gonzales
Ingeniero Industrial
Colegiado No:8,786

San Marcos, Julio 2024

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE SAN MARCOS
CARRERA MÉDICO Y CIRUJANO

AUTORIDADES UNIVERSITARIAS
MIEMBROS DEL CONSEJO DIRECTIVO

DIRECTOR: MsC. Juan Carlos López Navarro

SECRETARIO CONSEJO DIRECTIVO: Licda. Astrid Fabiola Fuentes M.

REPRESENTANTE DOCENTES: Ing. Agr. Roy Walter Villacinda M.

REPRESENTANTE ESTUDIANTIL: Lic. Oscar Alberto Ramírez Monzón

REPRESENTANTE ESTUDINATIL: Br. Luis David Corzo Rodríguez

**CENTRO UNIVERSITARIO DE SAN MARCOS
CARRERA MÉDICO Y CIRUJANO**

MIEMBROS DE LA COORDINACIÓN ACADÉMICA.

PhD.Dr. Robert Enrique Orozco Sánchez	Coordinador Académico
Ing. Agr. Carlos Antulio Barrios Morales	Coordinador Carrera de Técnico en Producción Agrícola e Ingeniero Agrónomo con Orientación en Agricultura Sostenible.
Lic. Antonio Ethiel Ochoa López	Coordinador Carrera de Pedagogía y Ciencias de la Educación.
Licda. Aminta Esmeralda Guillén Ruíz	Coordinadora Carrera de Trabajo Social, Técnico y Licenciatura.
Ing. Víctor Manuel Fuentes López	Coordinador Carrera de Administración de Empresas, Técnico y Licenciatura.
Lic. Mauro Estuardo Rodríguez Hernández	Coordinadora Carrera de Abogado y Notario y Licenciatura en Ciencias Jurídicas y Sociales.
Dr. Byron Geovany García Orozco.	Coordinadora Carrera de Médico y Cirujano.
Lic. Nelson de Jesús Bautista López	Coordinador Pedagogía Extensión San Marcos.
Licda. Julia Maritza Gándara González	Coordinadora Extensión Malacatán.
Licda. Mirna Lisbet de León Rodríguez	Coordinadora Extensión Tejutla.
Lic. Marvin Evelio Navarro Bautista	Coordinador Extensión Tacaná.

Phd.Dr. Robert Enrique Orozco Sánchez	Coordinador Instituto de Investigaciones Del CUSAM.
Lic. Mario René Requena	Coordinador de Área de Extensión
Ing. Oscar Ernesto Chávez Ángel	Coordinador Carrera de Ingeniería Civil
Lic. Carlos Edelmar Velázquez González	Coordinador Carrera de Contaduría Pública y Auditoría.
Ing. Miguel Amílcar López López	Coordinador Extensión Ixchiguan.
Lic. Danilo Alberto Fuentes Bravo	Coordinador Carrera de Profesorado Bilingüe Intercultural.
Lic. Yovani Alberto Cux Chan	Coordinador Carreras Sociología, Ciencias Políticas y Relaciones Internacionales.

COORDINACIÓN DE LA CARRERA DE MEDICO Y CIRUJANO

**COORDINADOR DE LA
CARRERA**

Dr. Byron Geovany García Orozco

**COORDINACIÓN DE CIENCIAS
BÁSICAS**

Ing. Genner Alexander Orozco Gonzalez

**COORDINACIÓN DE CIENCIAS
SOCIALES**

Licda. María Elisa Escobar Maldonado

**COORDINACIÓN DE
INVESTIGACIÓN**

PhD.Dr. Juan José Aguilar Sánchez

**COORDINACIÓN DE CIENCIAS
CLÍNICAS**

Dra. Gloria Bonifilia Fuentes Orozco

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE SAN MARCOS
CARRERA MÉDICO Y CIRUJANO**

MIEMBROS DE LA COMISIÓN DE TRABAJOS DE GRADUACIÓN

PRESIDENTE

PhD.Dr. Juan José Aguilar Sánchez

SECRETARIA

Licda. María Elisa Escobar Maldonado

SECRETARIO

Ing, Genner Alexander Orozco González

Dr. Manglio Alejandro Ruano Ruíz

Dra. María Elena Solórzano

Dra. María Rebeca Bautista Orozco

Dra. Damaris Hilda Juárez Rodríguez

Dra. María de los Ángeles Navarro Almengor

Dr. Milgen Herminio Tul Velásquez

Dra. Jenny Vanessa Orozco Minchez

Ing. Agr. Roy Walter Villacinda M.

Dra. Gloria Bonifilia Fuentes Orozco

Dra. Yenifer Lucrecia Velázquez Orozco

Dr. Byron Geovany García Orozco

Dr. José Manuel Consuegra López

Dr. Allan Cristian Cifuentes López

Dr. Leonel José Almengor Gutiérrez

Dr. Miguel Velásquez

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE SAN MARCOS
CARRERA MÉDICO Y CIRUJANO**

TRIBUNAL EXAMINADOR

DIRECTOR	MsC. Juan Carlos López Navarro.
COORDINADOR ACADÉMICO	PhD.Dr. Robert Enrique Orozco Sánchez.
COORDINADORA DE LA CARRERA DE MÉDICO Y CIRUJANO	Dr. Byron Geovany García Orozco
ASESOR	Dr. Juan Alberto Paz Archila.
REVISOR.	Ing. Genner Alexander Orozco Gonzales.



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala
Centro Universitario de San Marcos

San Marcos, 19 de enero de 2,024

Comisión de Trabajos de Graduación
Centro Universitario de San Marcos
Carrera: Medico y Cirujano

Respetables integrantes de la comisión:

Atentamente me dirijo a ustedes, deseándoles éxitos en sus labores diarias.

Por medio de la presente, me permito informarles que he tenido bajo mi carga la revisión del trabajo de graduación titulado **“VIDEOANGIOGRAFIA INTRAOPERATORIA CON VERDE INDOCIANINA EN PATOLOGIA NEUROVASCULAR”** del estudiante: **HUGO ESTEEVEN GUZMAN RAMOS**, carné No. **201645637**.

Esta investigación cumple con los requisitos establecidos en el Normativo de Graduación de tesis de la Carrera Medico y Cirujano del Centro Universitario de San Marcos, por lo que emito DICTAMEN FAVORABLE y solicito que proceda a la revisión y aprobación correspondiente para el trámite de examen general público.

Al agradecer su fina atención y buena consideración a la misma, sin más sobre el particular, como su atenta servidora.



Dr. Juan Paz
Departamento de Neurocirugía
Hospital Roosevelt
Col. 16,727

Dr. Juan Alberto Paz Archila.
Asesora de tesis
MSc. Neurocirugía con especialidad en Neurocirugía vascular.
Colegiado No. 21,376
San Marcos.



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala
Centro Universitario de San Marcos

San Marcos, 22 de Febrero de 2,024

Comisión de Trabajos de Graduación
Centro Universitario de San Marcos
Carrera: Medico y Cirujano

Respetables integrantes de la comisión:

Atentamente me dirijo a ustedes, deseándoles éxitos en sus labores diarias.

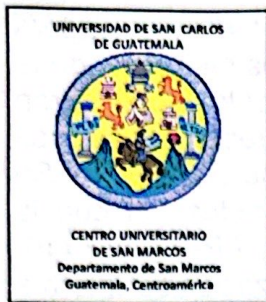
Por medio de la presente, me permito informarles que he tenido bajo mi carga la revisión del trabajo de graduación titulado **“VIDEOANGIOGRAFIA INTRAOPERATORIA CON VERDE INDOCIANINA EN PATOLOGIA NEUROVASCULAR”** de la estudiante: **HUGO ESTEEVEN GUZMAN RAMOS**, carné No. **201645637**.

Esta investigación cumple con los requisitos establecidos en el Normativo de Graduación de tesis de la Carrera Medico y Cirujano del Centro Universitario de San Marcos, por lo que emito **DICTAMEN FAVORABLE** y solicito que proceda a la revisión y aprobación correspondiente para el trámite de examen general público.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

REVISOR:

Ing. Genner Alexander Orozco Gonzales
Ingeniero Industrial
Colegiado No:8,786



LA INFRASCRITA SECRETARIA DEL COMITÉ DE TRABAJO DE GRADUACIÓN, DE LA CARRERA DE MÉDICO Y CIRUJANO, DEL CENTRO UNIVERSITARIO DE SAN MARCOS, DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA, CERTIFICA: LOS PUNTOS: PRIMERO, SEGUNDO, TERCERO, CUARTO, QUINTO, SEXTO Y SÉPTIMO DEL ACTA No. 0015-2024, LOS QUE LITERALMENTE DICEN:

ACTA No. 015-2024


En la ciudad de San Marcos, siendo las diez horas, del día lunes dieciocho de marzo del año dos mil veinticuatro, reunidos en el salón Las Pérgolas del Restaurante Cotzic ubicado en el Municipio de San Marcos, para llevar a cabo la actividad académica de Presentación de Seminario 2 convocada por la Comisión de Trabajos de Graduación -COTRAG- de la Carrera de Médico y Cirujano, del Centro Universitario de San Marcos, de la Universidad de San Carlos de Guatemala, integrados de la siguiente manera: Ing. Agr. Juan José Aguilar Sánchez, PRESIDENTE e integrante de la terna de evaluación y quién suscribe Licda. María Elisa Escobar Maldonado SECRETARIA, que de ahora en adelante se le denominará COTRAG; además, integrantes de la terna evaluadora: Dra. María Rebeca Bautista Orozco, Dra. Yenifer Lucrecia Velásquez, Ing. Roy Walter Villacinda; el estudiante **HUGO ESTEEVEN GUZMÁN RAMOS**, quien se identifica con el número de carnet dos mil dieciséis, cuarenta y cinco mil, seiscientos treinta y siete (**201645637**), para motivos de la presente se le denominará SUSTENTANTE; Dr. Juan Alberto Paz Archila e Ing. Genner Alexander Orozco González, que actúan como ASESOR y REVISOR del Trabajo de Graduación, respectivamente. Con el objeto de dejar constancia de lo siguiente: PRIMERO: Establecido el quórum y la presencia de las partes involucradas en el proceso de la presentación del Seminario 2 del Estudiante **HUGO ESTEEVEN GUZMÁN RAMOS**, previo a autorizar el Informe Final del Trabajo de Graduación denominado: "**VIDEOANGIOGRAFIA INTRAOPERATORIA CON VERDE INDOCIANINA EN PATOLOGÍA NEUROVASCULAR**". SEGUNDO: APERTURA: El presidente de la COTRAG procedió a dar la bienvenida a los presentes y a explicar los motivos de la reunión y los lineamientos generales del Seminario 2 al SUSTENTANTE y entrega a los miembros de la terna evaluadora la guía de calificación. TERCERO: El SUSTENTANTE presenta la hoja de vida de su ASESOR y REVISOR, así mismo, presentó el título del Trabajo de Graduación: "**VIDEOANGIOGRAFIA INTRAOPERATORIA CON VERDE INDOCIANINA EN PATOLOGÍA NEUROVASCULAR**"; presenta el vídeo de aproximación al problema, árbol de problemas, objetivo general y específicos, marco teórico referencial, realiza la explicación teórica de los siete capítulos que contiene la monografía con su respectivo título; por último, presenta y compara los objetivos con las conclusiones como también establece recomendaciones, al finalizar su presentación. CUARTO: Luego de escuchar al SUSTENTANTE, EL PRESIDENTE de la COTRAG, sugiere a los integrantes de la terna evaluadora, someter a interrogatorio al SUSTENTANTE, para asegurar la calidad científica y técnica del trabajo de graduación. En ese momento la Dra. María Rebeca Bautista, felicita a la SUSTENTANTE por su presentación y pregunta ¿Existen contraindicaciones para el uso de verde de indocianina? La Dra. Yenifer Lucrecia Velásquez felicita al SUSTENTANTE y corrige la redacción de conclusiones y mejorar el formato del informe, sobre todo los espacios; Ing. Roy Walter Villacinda felicita y sugiere cambios en la formación del árbol de problemas en relación con el contenido y mejorar el formato de informe final. El ASESOR felicitan al SUSTENTANTE por la apropiación del tema y este tipo de trabajo ayuda a la innovación de lo que se hace en Guatemala en neurocirugía. El REVISOR felicita al SUSTENTANTE por su presentación y apropiación del tema y menciona que apoyará para hacer las correcciones pertinentes. El PRESIDENTE, manifiesta que deben de hacerse correcciones al informe final que tiene las anotaciones en cada uno de los ejemplares y que fueron mencionados en el interrogatorio. QUINTO: EL PRESIDENTE de la

COTRAG, solicita al SUSTENTANTE que abandone la sala, mientras la terna evaluadora califica y delibera sobre los resultados del Seminario 2. En ese momento, los miembros de la TERNA DE EVALUACIÓN empiezan a revisar y a anotar algunos cambios, por lo que anotaron en los informes de cada miembro tenía previamente, dichas observaciones y recomendaciones que serán entregadas al SUSTENTANTE, para que proceda a hacer lo cambios. SEXTO: Se informa al SUSTENTANTE, la ASESORA y REVISOR del Trabajo de Graduación que la calificación asignada es de NOVENTA PUNTOS (90) por lo tanto, se da por APROBADO EL SEMINARIO 2. Sin embargo, se le comunica a las partes que previo a la autorización del Informe Final del Trabajo de Graduación, deberá hacer los cambios los cuales deben ser discutidos, revisados, presentados y autorizados por la ASESORA y REVISOR del Trabajo de Graduación, comunicárselo inmediatamente a la COTRAG para que se pueda entregar al SUSTENTANTE la certificación de aprobación de Informe Final. El SUSTENTANTE, la ASESORA y REVISOR hacen las anotaciones correspondientes y agradecen por los aportes realizados al estudio por parte de la TERNA EVALUADORA y felicitan al SUSTENTANTE por el resultado obtenido. SÉPTIMO: En base al artículo 56 del Normativo para la Elaboración de Trabajo de Graduación de la Carrera de Médico y Cirujano del Centro Universitario de San Marcos, el PRESIDENTE de la COTRAG le indica al estudiante que fue APROBADO el SEMINARIO 2 de HUGO ESTEEVEN GUZMÁN RAMOS, titulado "VIDEOANGIOGRAFIA INTRAOPERATORIA CON VERDE INDOCIANINA EN PATOLOGÍA NEUROVASCULAR". Por lo cual, se le AUTORIZA realizar la impresión de su informe final para continuar con los trámites correspondientes para su graduación. Concluyó la reunión en el mismo lugar y fecha, una hora después de su inicio, previa lectura que se hizo a lo escrito y enterados de su contenido y efectos legales, aceptamos, ratificamos y firmamos. DAMOS FE.

(FS) ilegibles Hugo Esteeven Guzmán Barrios, Dr. Juan Alberto Paz Archila, Ing. Genner Alexander Orozco González, Dra. María Rebeca Bautista, Dra. Yenifer Lucrecia Velásquez, Ing. Roy Walter Villancinda Maldonado, Ing. Juan José Aguilar Sánchez y Licda. María Elisa Escobar M.

A SOLICITUD DEL INTERESADO SE EXTIENDE, FIRMA Y SELLA LA PRESENTE CERTIFICACIÓN DE ACTA, EN UNA HOJA DE PAPEL MEMBRETADO DEL CENTRO UNIVERSITARIO, EN LA CIUDAD DE SAN MÁRCOS, A VEINTIÚN DÍAS DEL MES DE MAYO DEL AÑO DOS MIL VEINTICUATRO.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"



Licda. María Elisa Escobar Maldonado
Secretaria Comisión de Trabajos de Graduación



CC. archivo

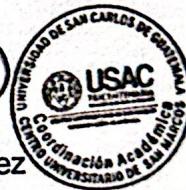
ESTUDIANTE: HUGO ESTEEVEN GUZMÁN RAMOS
CARRERA: MÉDICO Y CIRUJANO.
CUSAM, Edificio.

Atentamente transcribo a usted el Punto **QUINTO: ASUNTOS ACADÉMICOS, inciso a) subinciso a.9)** del Acta No. 011-2024, de sesión ordinaria celebrada por la Coordinación Académica, el 03 de julio de 2024, que dice:

“QUINTO: ASUNTOS ACADÉMICOS: a) ORDENES DE IMPRESIÓN. CARRERA: MÉDICO Y CIRUJANO. a.9) La Coordinación Académica conoció Providencia No. CMCUSAM-36-2024, de fecha 2 de julio de 2024, suscrita por el Dr. Byron Geovany García Orozco, Coordinador Médico y Cirujano, a la que adjunta solicitud del estudiante: HUGO ESTEEVEN GUZMÁN RAMOS, Carné No. 201645637, en el sentido se le **AUTORICE IMPRESIÓN DE LA MONOGRAFÍA MÉDICA VIDEOANGIOGRAFIA INTRAOPERATORIA CON VERDE INDOCIANINA EN PATOLOGIA NEUROVASCULAR**, previo a conferírsele el Título de MÉDICO Y CIRUJANO. La Coordinación Académica en base a la opinión favorable del Asesor, Comisión de Revisión y Coordinador de Carrera, **ACORDÓ: AUTORIZAR IMPRESIÓN DE LA MONOGRAFÍA MÉDICA VIDEOANGIOGRAFIA INTRAOPERATORIA CON VERDE INDOCIANINA EN PATOLOGIA NEUROVASCULAR**, al estudiante: HUGO ESTEEVEN GUZMÁN RAMOS, Carné No. 201645637, previo a conferírsele el Título de MÉDICO Y CIRUJANO.”
Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS


PhD. Robert Enrique Orozco Sánchez
Coordinador Académico



c.c. Archivo
REOS/ejle

DEDICATORIA

A DIOS

Con profunda gratitud y humildad, dedico esta tesis a ti, la fuente suprema de sabiduría y guía. En este viaje de aprendizaje y descubrimiento, reconozco tu gracia que ha iluminado mi camino y me ha concedido el privilegio de dedicar mi vida al servicio de la salud y el bienestar de otros. Que este trabajo refleje mi compromiso de aplicar los dones que me has dado para aliviar el sufrimiento y promover la curación. Que cada logro y descubrimiento en esta tesis sea una expresión de mi devoción hacia Ti y una contribución al mejoramiento de la salud de la humanidad.

A MIS PADRES

Esta tesis en medicina no solo representa el final de un capítulo académico, sino también la culminación de su amor, apoyo y sacrificio. A ustedes, mis pilares inquebrantables, dedico este logro. Su fe en mí, sus palabras de aliento y su ejemplo constante han sido mi guía. Gracias por ser mi inspiración y por enseñarme la importancia de la dedicación y el servicio. Cada paso en este camino ha sido posible gracias a su amor incondicional. Esta tesis es tanto de ustedes como mía, y espero que sea un testimonio de mi profundo agradecimiento por todo lo que han hecho por mí.

A MIS HERMANOS Y MEJORES AMIGOS

En este momento significativo, quiero expresar mi profundo agradecimiento. Su apoyo inquebrantable, aliento constante y amistad sincera han sido faros de luz en mi travesía académica. Hermano, tu apoyo incondicional y ejemplo inspirador me han impulsado a alcanzar metas que parecían inalcanzables. Amigos, su compañía y respaldo han convertido este viaje en un recorrido compartido lleno de risas y solidaridad. Esta tesis no solo representa mi esfuerzo individual, sino también la contribución de cada uno de ustedes a mi crecimiento y éxito. Gracias por ser parte esencial de este capítulo significativo de mi vida.

A MI FAMILIA

Querida familia y en especial a la memoria de mi querido tío William Ramos. Esta tesis es más que un logro académico; es un tributo a la fuerza y resiliencia que nuestra familia ha demostrado a lo largo del tiempo. A cada miembro de mi familia, su apoyo inquebrantable ha sido mi mayor fortaleza y motivación. A ti, tío William, aunque ya no estés físicamente con nosotros, dedico este logro en tu honor. Tu valentía, amor y el impacto positivo que dejaste en nuestras vidas siguen inspirándome cada día. Esta tesis lleva consigo la huella de tu espíritu y la gratitud por la influencia que tuviste en mi camino.

A MI ASESOR Y REVISOR

Quiero expresar mi sincero agradecimiento por su dedicación y guía invaluable durante la realización de esta tesis. Su sabiduría, experiencia y perspicacia han sido fundamentales para dar forma a este trabajo y para mi crecimiento académico. Aprecio enormemente el tiempo y esfuerzo que ha invertido en revisar y asesorar este proyecto, brindando una orientación crítica y constructiva que ha mejorado significativamente la calidad de mi investigación. Su compromiso con la excelencia académica ha sido una inspiración constante. Dr. Juan Alberto Paz Archila, Neurocirujano con especialidad en Neurocirugía vascular y al Ing. Genner Alexander Orozco Gonzales.

A MI CASA DE ESTUDIOS

Esta tesis es un testimonio de gratitud y respeto hacia mi querida alma mater, la Universidad de San Carlos de Guatemala. A través de los años, esta venerable institución ha sido más que un lugar de aprendizaje; ha sido mi hogar intelectual, donde las mentes se expanden y los sueños toman forma. Agradezco a esta universidad por brindarme un entorno propicio para el crecimiento académico y personal. Cada rotación, cada profesor, y cada desafío han contribuido a mi formación integral. La diversidad y la riqueza cultural de esta institución han enriquecido mi experiencia y han dejado una huella imborrable en mi corazón.

INDICE GENERAL

Contenido	No. Página
1. TITULO.....	XI
2. RESUMEN	XII
3. INTRODUCCIÓN.....	1
4. NOMBRE DEL PROBLEMA	3
5. ARBOL DE PROBLEMAS DE MONOGRAFÍA MÉDICA	4
6. OBJETIVOS.....	5
6.1 OBJETIVO GENERAL	5
6.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	5
7. CUERPO DE LA MONOGRAFIA	6
7.1 Capitulo I. Historia de la cirugía neurológica y neuroanatomía.....	6
7.1.1 Cerebro	8
7.1.2 Tronco encefálico	9
7.1.3 Cisternas cerebrales	11
7.1.4 Huesos del cráneo	12
7.1.5 Neuroanatomía vascular	13
7.2 Capítulo II. Malformación arteriovenosa cerebral.....	17
7.2.1 Epidemiología.....	18
7.2.2 Patogenia y factores de riesgo	19
7.2.3 Etiología.....	21
7.2.4 Fisiopatología y anatomía	23
7.2.5 Presentación clínica.....	24
7.2.5 Diagnóstico.....	26
7.2.6 Manejo inicial	28
7.2.7 Tratamiento quirúrgico	29
7.3 CAPITULO III. FISTULA ARTERIOVENOSA CEREBRAL	32
7.3.1 Patogenia y factores de riesgo.....	33
7.3.1 Malformación aneurismática de la vena de Galeno	35
7.3.2 Etiología.....	37

7.3.3 Clínica	38
7.3.4 Clasificación	40
7.3.5 Diagnóstico	42
7.4 CAPITULO IV ANEURISMAS CEREBRALES	44
7.4.1 Etiología.....	45
7.4.4 Fisiopatología	50
7.4.6 Diagnóstico.....	52
7.5 CAPITULO V TRATAMIENTO DE LAS ANEURISMAS CEREBRALES	54
7.5.1 Manejo inicial	54
7.5.2 Opciones de tratamiento	55
7.5.3 Técnica endovascular	57
Capítulo VI.....	¡Error! Marcador no definido.
7.6 CAPITULO VI OTROS USOS DEL VERDE INDOCIANINA EN LA ACTUALIDAD	59
7.6.1 Tumores hipofisarios.....	60
7.6.2 Etiología.....	60
7.6.3 Patogenia	60
7.6.4 Presentación clínica.....	61
7.6.6 Diagnóstico.....	62
7.6.7 Tratamiento.....	63
7.7 CAPITULO VII VIDEOANGIOGRAFIA CON VERDE INDOCIANINA.....	64
7.7.1 Videoangiografía con verde indocianina	64
7.2.1 Historia	65
7.7.2 Propiedades bioquímicas.....	66
7.7.3 Metabolismo y toxicidad	67
7.2.4 Propiedades de fluorescencia.....	69
7.7.5 Aplicación en cirugía neurovascular	70
7.7.6 Aplicación intraoperatoria de microneurocirugía.....	72
8. CONCLUSIONES	80
9. RECOMENDACIONES	82
10. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES MONOGRAFIA MEDICA 2023-2024.....	83
11. BIBLIOGRAFIA.....	85
12. ANEXOS	90

1. TITULO.

Videoangiografía intraoperatoria con verde indocianina en patología Neurovascular.

2. RESUMEN

Dentro de las principales patologías vasculares de manejo neuroquirúrgico que son susceptibles a videoangiografía por fluorescencia encontramos: aneurismas, fistula arteriovenosas y malformación arteriovenosa. La molécula de fluorescencia de verde indocianina es un colorante de yoduro de tricarbocianina anfifílico que se reconstituye en solución acuosa de pH 6,5 para inyección intravenosa, teniendo como objetivo principal aislar dicha anomalía de la circulación normal, para identificar intraoperatoriamente la vascularización de tejidos. Las aplicaciones de verde indocianina para uso en investigación neuroquirúrgica fueron aprobadas en 2003 se ha utilizado desde entonces para analizar la perfusión tisular y tratar cánceres seleccionados.

La neuroanatomía vascular desempeña un papel fundamental en neurocirugía, facilitando un tratamiento más preciso y seguro de enfermedades cerebrovasculares. La aplicación de tecnologías avanzadas como la fluorescencia con verde indocianina destaca el potencial de la tecnología para mejorar la comprensión y gestión de las complejidades vasculares cerebrales. Esto subraya la necesidad de una investigación y desarrollo continuos en este campo.

Las malformaciones arteriovenosas cerebrales (MAV) son anomalías vasculares congénitas que involucran una conexión anómala entre las arterias y venas en el cerebro, sin la presencia del lecho capilar habitual que normalmente media entre ambas. Estas malformaciones pueden dar lugar a diversas complicaciones neurológicas, como hemorragias cerebrales, convulsiones, cefaleas y, en algunos casos, déficits neurológicos progresivos. Los aneurismas cerebrales son una de las afecciones neurovasculares más críticas, definidos por la dilatación anormal de una arteria en el cerebro que puede desencadenar su ruptura y hemorragia subaracnoidea, con consecuencias potencialmente fatales o incapacitantes.

Las fístulas arteriovenosas cerebrales (FAVC) plantean un reto tanto en el diagnóstico como en el tratamiento en el ámbito de la neurología y la neurocirugía. Estas se caracterizan por conexiones directas entre las arterias y las venas del cerebro, sin la intermediación capilar normal. La presentación clínica de estas anomalías puede variar considerablemente, desde ser completamente asintomáticas hasta provocar síntomas severos y complicaciones potencialmente mortales, como hemorragias cerebrales y déficits neurológicos.

Palabras clave: fistula arteriovenosa; malformaciones arteriovenosas; aneurismas; videoangiografía; fluorescencia; verde indocianina

SUMMARY

Among the main vascular pathologies of neurosurgical management that are susceptible to fluorescence videoangiography are: aneurysms, arteriovenous fistulae and arteriovenous malformation. Indocyanine green fluorescence molecule is an amphiphilic tricyanocyanine iodide dye that is reconstituted in aqueous solution of pH 6.5 for intravenous injection, having as main objective to isolate such anomaly from the normal circulation, to identify intraoperatively the vascularization of tissues. Applications of indocyanine green for use in neurosurgical research were approved in 2003 and has since been used to analyze tissue perfusion and to treat selected cancers.

Vascular neuroanatomy plays a key role in neurosurgery, facilitating more accurate and safer treatment of cerebrovascular diseases. The application of advanced technologies such as indocyanine green fluorescence highlights the potential of the technology to improve the understanding and management of cerebral vascular complexities. This underscores the need for continued research and development in this field.

Cerebral arteriovenous malformations (AVMs) are congenital vascular abnormalities involving an anomalous connection between arteries and veins in the brain, without the presence of the usual capillary bed that normally mediates between the two. These malformations can lead to various neurological complications, such as cerebral hemorrhages, seizures, headaches and, in some cases, progressive neurological deficits. Cerebral aneurysms are one of the most critical neurovascular conditions, defined by the abnormal dilatation of an artery in the brain that can trigger its rupture and subarachnoid hemorrhage, with potentially fatal or disabling consequences.

Cerebral arteriovenous fistulas (AVFs) pose a challenge in both diagnosis and treatment in the field of neurology and neurosurgery. These are characterized by direct connections between the arteries and veins of the brain, without normal capillary intermediation. The clinical presentation of these anomalies can vary considerably, from being completely asymptomatic to causing severe symptoms and life-threatening complications such as cerebral hemorrhages and neurological deficits.

Keywords: arteriovenous fistula; arteriovenous malformations; aneurysms; videoangiography; fluorescence; indocyanine green.

3. INTRODUCCIÓN.

En la carrera de Médico y Cirujano del centro Universitario de San Marcos, es primordial la realización de investigación científica, conocer los avances científicos, que pone a Guatemala al nivel de otras instituciones con enfoque en neurocirugía vascular a nivel mundial, con procedimientos neurovasculares exitosos, complejos, utilizando tecnología innovadora. Por lo que la presente investigación se centra en informar y describir sobre la aplicación de la videoangiografía intraoperatoria con verde de indocianina y determinar el valor clínico de este método en patología neurovascular

Dentro del documento que se desarrollará, se describirán las principales patologías vasculares de manejo neuroquirúrgico que son susceptibles a videoangiografía por fluorescencia como aneurismas, FAV, MAV. La molécula de fluorescencia de verde indocianina es un colorante de yoduro de tricarbocianina anfifílico que se reconstituye en solución acuosa de pH 6,5 para inyección intravenosa, teniendo como objetivo principal aislar dicha anomalía de la circulación normal, para identificar intraoperatoriamente la vascularización de tejidos.³³

Para perfeccionar los procedimientos neuroquirúrgicos, el verde de indocianina ha sido aprobado por la Administración de Alimentos y Medicamentos (FDA) para uso clínico y de investigación en humanos. Por sus características bioquímicas la aplicación de rayos infrarrojos, tras su administración intravenosa, genera un aumento en la longitud de onda de dicha sustancia (fluorescencia) lo que resulta en un marcado contraste de la molécula que será captado por una cámara incorporada al microscopio quirúrgico logrando una visualización adecuada de la vasculatura cerebral.³²

La investigación de las propiedades fluorescentes de ICG verde indocianina comenzó en la década de 1970 donde amplió el uso del compuesto a la oftalmología. Su desarrollo extenso de la angiografía fluorescente se dio hasta mediados de la década de 1990, y la aceptación generalizada de la técnica se retrasó aún más hasta principios de la década de 2000. Las aplicaciones de ICG para uso en investigación neuroquirúrgica fueron aprobadas en 2003 se ha utilizado desde entonces para analizar la perfusión tisular y tratar cánceres seleccionados.

Con más investigación actualmente en curso para explorar otros usos del compuesto con una resolución mejorada de imágenes, sus propiedades fluorescentes se han utilizado recientemente en la evaluación intraoperatoria de la perfusión tisular. Tradicionalmente, este agente se utiliza en angiografía, con administración de una dosis en bolo y visualización inmediata de tejidos vascularizados, con una dosis de 0.2-0.5mg/kg, con una dosis estándar de menos de 2 mg/kg, ICG es prácticamente no tóxico, siempre que el paciente no tenga alergia al yoduro.

La molécula de yoduro fluorescente de verde de indocianina ICG por vía intravascular, el compuesto se une a las proteínas plasmáticas que confinan la mayor parte del bolo al espacio intravascular hasta la captación hepática y la excreción en la bilis. Las proteínas plasmáticas, en particular la albúmina sérica y las lipoproteínas α y β , se unen a el componente lipofílico de ICG por las regiones hidrofóbicas de la proteína. Esta interacción no altera la estructura de la proteína, pero produce una interfaz no tóxica y disminuye la extravasación del colorante.

Tomando en cuenta los avances de la medicina, durante los últimos años, la introducción de la videoangiografía intraoperatoria con verde de indocianina integrada al microscopio (ICG-VA) como una alternativa en la neurocirugía vascular ha permitido visualizar los vasos cerebrales durante el manejo quirúrgico de diferentes patologías vasculares siendo un complemento útil para el estudio intraoperatorio de la dinámica del flujo venoso y arterial.

Recientemente se han visto que el tiempo de duración según Kuroda et al. informaron que la videoangiografía IA puede repetirse al menos 5 veces, con la dosis total significativamente por debajo de los límites de seguridad.

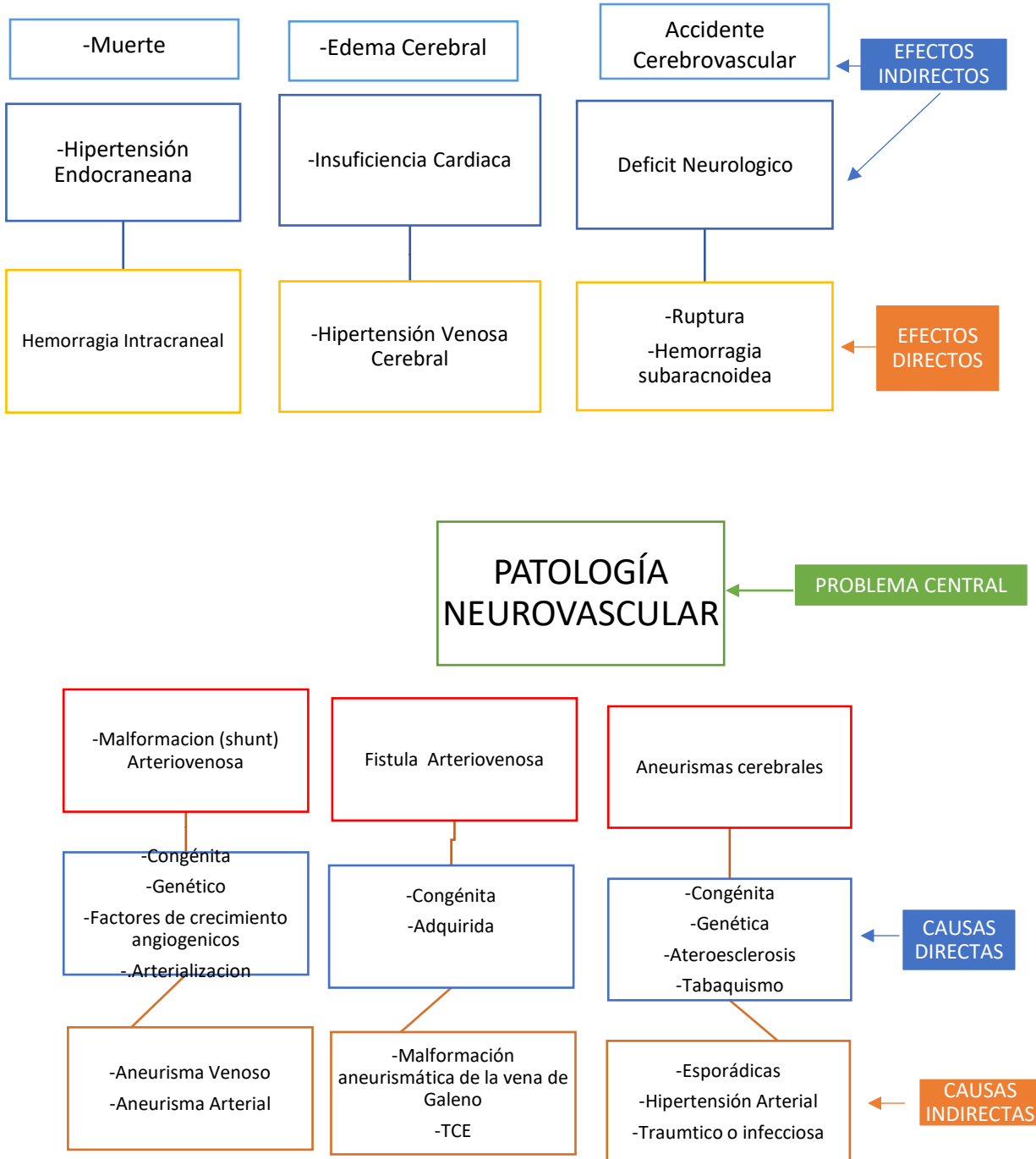
Sin embargo, la duración del período de estancia intravascular fue objeto de debate; Kakucs et al. Este autor defendió que por el metabolismo rápido de verde indocianina dicha molécula se disuelve rápido en el torrente sanguíneo y puede repetirse hasta 5 veces hasta llegar a una saturación adecuada de dicha molécula, capacidad que no tiene otra molécula estudiada para videoangiografía, haciendo posible realizar más disparos sin contaminarse. Después de 5 disparos la videangiografía es menos verídica y menos confiable.

4. NOMBRE DEL PROBLEMA

Patología neurovascular.

5. ARBOL DE PROBLEMAS DE MONOGRAFÍA MÉDICA

Figura 1. Árbol de problemas de Monografía Médica.



Fuente: Elaborado por autor 2023.

6. OBJETIVOS

6.1 OBJETIVO GENERAL

6.1.1 Describir la aplicación de la videoangiografía intraoperatoria con verde de indocianina, para el manejo quirúrgico de patología neurovascular cerebral.

6.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

6.2.1 Identificar la fisiopatología y anatomía de las principales patologías neurovasculares.

6.2.2 Describir las técnicas quirúrgicas aplicadas al tratamiento de las malformaciones arteriovenosas, fistulas arteriovenosas y aneurismas.

6.2.3 Determinar la utilidad de la aplicación de la videoangiografía intraoperatoria con verde de indocianina, para el manejo quirúrgico de patología vascular cerebral.

7. CUERPO DE LA MONOGRAFIA

7.1 Capitulo 1. Historia de la cirugía neurológica y neuroanatomía

Para desarrollar un análisis profundo sobre la historia de la cirugía neurológica, es fundamental reconocer los avances y contribuciones significativas en el campo a lo largo del tiempo. Antes del inicio del siglo XX, las herramientas médicas, especialmente para los cirujanos, dificultaban la realización de operaciones en el sistema nervioso central, a menos que fueran aplicaciones muy básicas. Este recorrido histórico no solo ilustra el progreso técnico y metodológico, sino que también refleja el cambio en la comprensión de la neuroanatomía y la fisiología cerebral, elementos cruciales para la evolución de las prácticas quirúrgicas neurológicas.

La cirugía neurológica, como disciplina médica, ha experimentado una evolución notable desde sus inicios. “En las etapas más tempranas, los procedimientos neurológicos estaban marcados por un carácter exploratorio y, a menudo, se realizaban sin un conocimiento profundo de la estructura y función del sistema nervioso. Sin embargo, con el paso del tiempo y el aumento del conocimiento científico, la cirugía neurológica ha avanzado hacia técnicas más precisas y menos invasivas, beneficiando enormemente a los pacientes.”¹

Un hito en la historia de la neurocirugía fue la introducción de la trepanación en la antigüedad, una práctica realizada por varias culturas con fines terapéuticos, creyendo que liberaba los malos espíritus causantes de enfermedades. Existen evidencias que indican que, influenciado por creencias mágicas o religiosas, el hombre neolítico elaboró "disquetes" post mortem a partir de cráneos de cadáveres con el propósito de utilizarlos como amuletos. Aunque estas prácticas eran rudimentarias, marcaron el comienzo del interés humano por intervenir quirúrgicamente el sistema nervioso para tratar afecciones.

“La verdadera transformación en la neurocirugía comenzó en el siglo XIX, con el desarrollo de la anestesia y la antisepsia, lo que permitió realizar procedimientos quirúrgicos más complejos y largos con un riesgo significativamente reducido de infección y dolor. Los progresos evolucionaron gradualmente, introduciendo técnicas e instrumentos médicos desde las civilizaciones incas y egipcias hacia el ámbito médico de Europa y Estados Unidos en el siglo XIX. Estos avances permitieron a los cirujanos

explorar y operar el cerebro con mayor seguridad y eficacia, marcando el comienzo de la neurocirugía moderna.”

“En el siglo XX, el campo de la neurocirugía experimentó avances significativos con el desarrollo de nuevas tecnologías, como la microcirugía, que permitió una precisión sin precedentes en los procedimientos quirúrgicos. La introducción de la tomografía computarizada (TC) y la resonancia magnética (MRI) revolucionó el diagnóstico y la planificación preoperatoria, permitiendo a los cirujanos visualizar el cerebro en detalle antes de la intervención quirúrgica.”

“La contribución de figuras pioneras en el campo, como Harvey Cushing en el siglo XX, no puede ser subestimada. Posiblemente, Harvey Cushing, reconocido como el neurocirujano más influyente hasta la fecha, ha ganado el apelativo reverente de "Padre de la neurocirugía". Cushing es ampliamente reconocido como el padre de la neurocirugía moderna, gracias a sus innovaciones en técnicas quirúrgicas, su enfoque en la reducción de la mortalidad perioperatoria y su meticulosa documentación de casos clínicos, que sentaron las bases para el desarrollo futuro de la especialidad.” ¹

En la actualidad, la neurocirugía se beneficia de avances tecnológicos como la cirugía asistida por robot, la neuroimagen en tiempo real y las técnicas de mapeo cerebral, que ofrecen una precisión y seguridad aún mayores. El campo quirúrgico de la neurocirugía se fundamenta en el conocimiento anatómico, permitiendo la ejecución exitosa y segura de diversos procedimientos. Estas innovaciones han abierto nuevas posibilidades en el tratamiento de trastornos neurológicos complejos, mejorando significativamente los resultados para los pacientes.

La evolución de la neurocirugía es un testimonio del ingenio humano y del deseo de superar los límites del conocimiento y la técnica. Desde sus humildes comienzos hasta la sofisticación tecnológica de hoy, la neurocirugía continúa avanzando, impulsada por el compromiso continuo con la investigación, la innovación y la mejora de la atención al paciente. La historia de la cirugía neurológica es rica y compleja, caracterizada por avances significativos en el conocimiento y la tecnología. Cada etapa de su desarrollo ha aportado una comprensión más profunda de la neuroanatomía y ha mejorado las técnicas quirúrgicas, contribuyendo en última instancia a mejores resultados para los pacientes.

7.1.1 Cerebro

Para desarrollar un análisis detallado sobre el cerebro en el contexto de la videoangiografía intraoperatoria con verde de indocianina, es esencial empezar por entender el cerebro no solo como un órgano, sino como el centro de comando del sistema nervioso humano. Este enfoque permite apreciar la complejidad y la delicadeza de las intervenciones neurovasculares, destacando la importancia de técnicas avanzadas para su estudio y tratamiento.

“El cerebro se compone de múltiples regiones, cada una con funciones específicas, pero interconectadas en una red compleja que permite desde las actividades cognitivas más básicas hasta las más avanzadas.”¹. La videoangiografía intraoperatoria con verde de indocianina (ICG-VA) se ha convertido en una herramienta invaluable para visualizar esta red vascular de manera detallada durante los procedimientos quirúrgicos, ofreciendo a los cirujanos una visión en tiempo real del flujo sanguíneo cerebral.

Esta técnica ha revolucionado el campo de la neurocirugía, permitiendo intervenciones más precisas y seguras, especialmente en patologías neurovasculares como aneurismas y malformaciones arteriovenosas. La ICG-VA destaca por su capacidad para proporcionar imágenes detalladas de la circulación sanguínea cerebral sin interferir con la anatomía o la funcionalidad cerebral, lo que reduce significativamente los riesgos asociados a estas complejas intervenciones.

Además, “el uso del verde de indocianina en la videoangiografía intraoperatoria no solo mejora los resultados quirúrgicos, sino que también contribuye significativamente al entendimiento de la fisiología cerebral. A través de esta técnica, los neurocirujanos pueden identificar áreas de perfusión insuficiente y evaluar la eficacia de los procedimientos de revascularización, lo que es crucial para la planificación quirúrgica y la toma de decisiones intraoperatorias.”¹

La integración de la ICG-VA en la neurocirugía representa un avance significativo en el tratamiento de las patologías neurovasculares, subrayando la importancia de las innovaciones tecnológicas en la mejora de los cuidados médicos. Sin embargo, es crucial continuar con la investigación y el desarrollo en este campo para expandir las aplicaciones y mejorar aún más la seguridad y eficacia de los procedimientos neuroquirúrgicos.

La evolución de las técnicas de imagen como la ICG-VA ilustra la intersección entre la tecnología y la medicina, destacando cómo los avances tecnológicos pueden ser aplicados de manera efectiva para mejorar la comprensión y el tratamiento de condiciones médicas complejas. Esta sinergia entre tecnología y medicina no solo beneficia a los pacientes al ofrecer opciones de tratamiento más seguras y efectivas, sino que también abre nuevas vías de investigación y desarrollo en el campo de la neurociencia y la neurocirugía.

El cerebro, con su intrincada estructura y función, requiere de técnicas avanzadas como la videoangiografía intraoperatoria con verde de indocianina para su estudio y tratamiento en el ámbito neurovascular. La ICG-VA es una herramienta que demuestra el potencial de las innovaciones tecnológicas en la medicina, ofreciendo nuevas posibilidades para el diagnóstico, tratamiento y comprensión de las patologías neurovasculares. La continua investigación y desarrollo en este campo son esenciales para avanzar en la neurocirugía y mejorar la calidad de vida de los pacientes con condiciones neurovasculares.

7.1.2 Tronco encefálico

“El tronco encefálico es una estructura crucial que conecta el cerebro con la médula espinal, regulando funciones vitales como la respiración, la frecuencia cardíaca y la conciencia. En el tronco encefálico se encuentran todas las principales vías motoras y sensoriales que se desplazan de ida y vuelta entre el cerebro, el cerebelo y la médula espinal. Esta región, compuesta por el mesencéfalo, el puente de Varolio y la médula oblongada, es fundamental para la coordinación de los movimientos y la transmisión de los impulsos nerviosos entre el cerebro y el resto del cuerpo.”²

La aplicación de la videoangiografía intraoperatoria con verde de indocianina (ICG-VA) en el tronco encefálico permite una visualización detallada de la vasculatura en esta área crítica. Dado que el tronco encefálico aloja arterias y venas fundamentales para el funcionamiento cerebral, la ICG-VA ofrece a los neurocirujanos una herramienta invaluable para identificar y preservar estas estructuras vasculares durante las intervenciones quirúrgicas. Esta capacidad es especialmente relevante en el tratamiento de patologías como malformaciones arteriovenosas y aneurismas, donde la precisión en la identificación de los vasos afectados y la evaluación del flujo sanguíneo resulta crítica.

“La importancia de la ICG-VA en la neurocirugía del tronco encefálico radica en su capacidad para mejorar significativamente la seguridad y la eficacia de los procedimientos quirúrgicos. Al proporcionar imágenes en tiempo real del flujo sanguíneo, los cirujanos pueden tomar decisiones informadas sobre la mejor manera de abordar las lesiones neurovasculares, minimizando el riesgo de daños a estructuras críticas y mejorando los resultados postoperatorios para los pacientes.”²

Además, la técnica de ICG-VA contribuye al avance del conocimiento científico en el campo de la neurocirugía. A través de la observación directa del flujo sanguíneo en el tronco encefálico, los investigadores pueden estudiar más a fondo la patofisiología de las enfermedades neurovasculares y desarrollar estrategias quirúrgicas más efectivas. Esta investigación es fundamental para el desarrollo de nuevas terapias y para la mejora continua de las técnicas quirúrgicas existentes.

En síntesis, el tronco encefálico, con su papel fundamental en la regulación de funciones vitales y en la coordinación de movimientos y sensaciones, requiere de herramientas diagnósticas y terapéuticas precisas como la ICG-VA para su estudio y tratamiento en el contexto de patologías neurovasculares. La adopción de esta técnica en la neurocirugía representa un avance significativo en el cuidado de los pacientes, ofreciendo nuevas posibilidades para el tratamiento de enfermedades complejas y mejorando el entendimiento científico del sistema nervioso central. La investigación continua y la innovación en este campo son esenciales para expandir las aplicaciones clínicas de la ICG-VA y para avanzar en la calidad de la atención médica proporcionada a los pacientes con condiciones neurovasculares

7.1.3 Cisternas cerebrales

“Las cisternas cerebrales son espacios llenos de líquido cefalorraquídeo (LCR) ubicados alrededor del cerebro y el tronco encefálico, desempeñando un papel crítico en la protección del sistema nervioso central al amortiguar estos tejidos contra impactos. Los ventrículos cerebrales son cavidades que albergan líquido cefalorraquídeo (LCR) y están revestidas por células endoteliales. Se distinguen cuatro ventrículos, que incluyen dos laterales, el tercero y el cuarto. Además, las cisternas facilitan el flujo de LCR, esencial para el mantenimiento del equilibrio químico y la eliminación de residuos del cerebro.”³

La importancia de las cisternas cerebrales en procedimientos neuroquirúrgicos es notable, especialmente en el tratamiento de patologías como aneurismas y malformaciones arteriovenosas. La videoangiografía con verde de indocianina (ICG-VA) ha revolucionado la visualización de las estructuras vasculares durante estas intervenciones, permitiendo a los cirujanos una mejor apreciación de la anatomía vascular compleja que a menudo está involucrada en estas condiciones.

En la práctica, la ICG-VA ayuda a identificar las relaciones espaciales entre los vasos sanguíneos y las cisternas cerebrales, proporcionando una guía visual invaluable durante la cirugía para evitar daños a estas estructuras críticas. Esta técnica mejora la seguridad de los procedimientos al permitir una distinción clara entre los vasos patológicos y el tejido normal circundante, minimizando el riesgo de complicaciones postoperatorias.

“La visualización mejorada que ofrece la ICG-VA es particularmente valiosa en el contexto de las cisternas cerebrales, donde la precisión es fundamental. Al identificar claramente los vasos sanguíneos dentro de las cisternas, diferenciando áreas elocuentes, los cirujanos pueden navegar de manera más efectiva durante la cirugía, optimizando de una mejor manera los resultados neuroquirúrgicos y mejorando el pronóstico para los pacientes.”³

Las cisternas cerebrales juegan un papel esencial en la neurocirugía, no solo como componentes críticos del sistema de amortiguación del cerebro sino también como áreas clave que requieren una visualización precisa durante los procedimientos quirúrgicos. La adopción de técnicas avanzadas como la ICG-VA representa un avance significativo en la capacidad de los neurocirujanos para realizar intervenciones seguras y efectivas en estas áreas delicadas, subrayando la importancia de la innovación continua en el campo de la neurocirugía.

7.1.4 Huesos del cráneo

Para desarrollar un análisis sobre los huesos del cráneo en relación con la neurocirugía y técnicas como la videoangiografía intraoperatoria con verde de indocianina (ICG-VA), es fundamental comprender su estructura y función. Los huesos del cráneo, formando la caja craneal, protegen el cerebro y proporcionan puntos de anclaje para los músculos faciales y de la masticación. Estos huesos incluyen el frontal, parietal, temporal, occipital, esfenoides y etmoides, cada uno con características específicas que contribuyen a la protección y soporte del cerebro.

La precisión en la neurocirugía es vital, especialmente cuando se trabaja cerca de los huesos del cráneo, ya que cualquier intervención en esta área requiere un conocimiento detallado de la anatomía craneal para minimizar los riesgos y proteger las estructuras cerebrales subyacentes. “La ICG-VA, al permitir una visualización mejorada del flujo sanguíneo cerebral y la vasculatura durante la cirugía, también ayuda a los cirujanos a navegar con seguridad alrededor de estos huesos, evitando daños a las áreas críticas.”⁴

“La interacción entre los huesos del cráneo y las técnicas neuroquirúrgicas subraya la importancia de una comprensión integral de la anatomía craneal para el éxito de los procedimientos. Esto se vuelve especialmente relevante en el tratamiento de condiciones que involucran fosa anterior, media y posterior, principalmente la base del cráneo, donde la proximidad de los vasos sanguíneos importantes y los nervios craneales a los huesos puede presentar desafíos significativos.”⁴

Los huesos del cráneo no solo sirven como una barrera física de protección para el cerebro, sino que también juegan un papel crucial en la neurocirugía, especialmente cuando se emplean técnicas avanzadas como la ICG-VA. El conocimiento detallado de la anatomía craneal es indispensable para la planificación y ejecución segura de procedimientos neuroquirúrgicos, destacando la interconexión entre la anatomía y la innovación tecnológica en la mejora de los cuidados de salud.

7.1.5 Neuroanatomía vascular

“La neuroanatomía vascular es fundamental para entender cómo se suministra sangre al cerebro, un órgano con un alto requerimiento metabólico y, por lo tanto, altamente dependiente de un flujo sanguíneo constante y eficiente. Esta área del conocimiento se centra en estudiar las arterias, venas y capilares que nutren el cerebro, destacando estructuras clave como el círculo de Willis, las arterias cerebrales anterior, media y posterior, y su relevancia clínica en patologías como los accidentes cerebrovasculares y aneurismas.”⁴

La técnica de videoangiografía intraoperatoria con verde de indocianina (ICG-VA) se ha integrado en la práctica neuroquirúrgica como una herramienta esencial para la visualización en tiempo real de la circulación sanguínea cerebral. Esta innovación permite a los cirujanos identificar con precisión las áreas de flujo sanguíneo restringido o anormal, facilitando intervenciones más seguras y dirigidas específicamente a las zonas afectadas por patologías vasculares.

Además, la comprensión profunda de la neuroanatomía vascular es crítica para la planificación quirúrgica, especialmente en procedimientos que implican el riesgo de afectar el suministro sanguíneo a áreas cerebrales críticas. La capacidad de visualizar la anatomía vascular en detalle proporciona a los neurocirujanos una guía invaluable, reduciendo el riesgo de isquemia y mejorando los desenlaces postoperatorios. La neuroanatomía vascular es una piedra angular en el campo de la neurocirugía, permitiendo un enfoque más seguro en el tratamiento de enfermedades cerebrovasculares. La integración de técnicas avanzadas como la ICG-VA demuestra el potencial de la tecnología para mejorar la comprensión y manejo de las complejidades vasculares del cerebro, subrayando la importancia de una continua investigación.

Neuroradiología: La neuroradiología es una rama especializada de la radiología que se enfoca en el diagnóstico y tratamiento de las enfermedades del sistema nervioso central, incluyendo el cerebro, la médula espinal, y los nervios periféricos, mediante el uso de técnicas de imagen. Este campo ha experimentado un crecimiento exponencial gracias a los avances tecnológicos, permitiendo a los profesionales de la salud obtener imágenes detalladas y precisas que contribuyen significativamente al diagnóstico, tratamiento y seguimiento de diversas patologías neurológicas.

Aporta una visión integral sobre cómo los sentimientos y la cognición interactúan dentro del marco de la consciencia, lo cual es fundamental para entender la complejidad de los procesos neurológicos que la neuroradiología intenta visualizar y comprender. Su enfoque destaca la importancia de considerar la interacción entre la estructura cerebral y las funciones mentales para abordar de manera efectiva los desafíos diagnósticos y terapéuticos en neurociencia.⁵

El uso de técnicas avanzadas de imagen, como la resonancia magnética (MRI) y la tomografía computarizada (CT), ha revolucionado nuestra capacidad para observar el cerebro en acción, no solo estructuralmente sino también funcionalmente. Estas herramientas nos permiten apreciar la complejidad de las redes neuronales y cómo las alteraciones en estas pueden conducir a diversas condiciones neurológicas. La relevancia de la neuroradiología radica en su capacidad para facilitar una comprensión más profunda de la patología cerebral, apoyando así en la personalización de los tratamientos para los pacientes.

La investigación en neuroradiología no solo se limita a la mejora de las técnicas de imagen, sino que también se extiende a la comprensión de cómo las imágenes pueden revelar la interacción entre los aspectos físicos del cerebro y la experiencia subjetiva de la consciencia. La contribución de Damasio en este sentido es invaluable; su análisis sobre cómo las emociones y los sentimientos surgen de las estructuras cerebrales subraya la importancia de interpretar las imágenes neuroradiológicas no solo desde una perspectiva física, sino también considerando su impacto en la experiencia consciente del individuo.

Otra dimensión crucial en la neuroradiología es la capacidad de identificar biomarcadores para enfermedades neurológicas tempranas, como el Alzheimer y el Parkinson. Esto no solo mejora las posibilidades de un diagnóstico temprano, sino que también abre la puerta a intervenciones más efectivas que pueden alterar el curso de estas enfermedades. La integración de la inteligencia artificial y el aprendizaje automático en la interpretación de imágenes neuroradiológicas representa un paso adelante en este campo, permitiendo análisis más rápidos y precisos que lo que es posible a través de la evaluación humana sola.

La neuroradiología también juega un papel crucial en la neurocirugía, facilitando procedimientos mínimamente invasivos guiados por imágenes que han reducido significativamente los riesgos y mejorado los resultados para los pacientes. La precisión de la neuroradiología en la localización de lesiones y la planificación de intervenciones quirúrgicas es fundamental para el éxito de estas operaciones, demostrando la intersección entre tecnología avanzada y cuidado del paciente en la neurociencia moderna.

Metabolismo cerebral y perfusión: El estudio del metabolismo cerebral y la perfusión se centra en cómo el cerebro procesa y utiliza los nutrientes, y cómo se mantiene el flujo sanguíneo adecuado para satisfacer las demandas metabólicas de este órgano tan energéticamente exigente. Esta área de investigación es crucial para comprender una variedad de condiciones neurológicas y psiquiátricas, así como para el desarrollo de intervenciones terapéuticas efectivas.

Damasio ⁵ arroja luz sobre la importancia del metabolismo cerebral y la perfusión desde una perspectiva que vincula los procesos fisiológicos con la experiencia consciente. Al analizar cómo los sentimientos y la consciencia emergen de la maquinaria biológica del cerebro, subraya la relevancia de los procesos metabólicos y de perfusión cerebral no solo para el mantenimiento de la salud neural, sino también para la generación de la experiencia subjetiva. Esta perspectiva destaca que el adecuado suministro de oxígeno y nutrientes al cerebro no solo es vital para su funcionamiento físico, sino también para la complejidad de la experiencia consciente.

“El cerebro representa solo el 2% del peso corporal, pero consume aproximadamente el 20% del oxígeno y la glucosa disponibles en el cuerpo. Este hecho subraya la importancia de la perfusión cerebral, el proceso mediante el cual el flujo sanguíneo suministra continuamente oxígeno y nutrientes al tejido cerebral. La regulación de este flujo sanguíneo es esencial para mantener la función cerebral óptima y para responder a las fluctuaciones en la demanda metabólica asociadas con diferentes actividades cognitivas y emocionales.”⁵

Las técnicas de imagen como la tomografía por emisión de positrones (PET) y la resonancia magnética funcional (fMRI) han revolucionado nuestra capacidad para estudiar el metabolismo cerebral y la perfusión in vivo. Estas herramientas permiten a los investigadores visualizar áreas de actividad cerebral y medir los cambios en el flujo sanguíneo y el consumo de oxígeno y glucosa, proporcionando información invaluable sobre cómo el cerebro regula sus necesidades metabólicas durante diversas tareas cognitivas y estados emocionales.

Un área de interés particular en el estudio del metabolismo cerebral y la perfusión es su relación con las enfermedades neurodegenerativas, como la enfermedad de Alzheimer y la enfermedad de Parkinson. Estas condiciones se caracterizan por alteraciones en el metabolismo cerebral y cambios en la perfusión, lo que sugiere que la disfunción en estos procesos puede jugar un papel en su patogénesis. La investigación en este campo busca entender cómo las alteraciones en el metabolismo y la perfusión cerebral contribuyen al desarrollo y progresión de estas enfermedades, con el objetivo de identificar biomarcadores para el diagnóstico temprano y desarrollar estrategias terapéuticas dirigidas a restablecer el equilibrio metabólico.

Además, el estudio del metabolismo cerebral y la perfusión tiene implicaciones para el tratamiento de trastornos psiquiátricos. Las alteraciones en el flujo sanguíneo cerebral y en el metabolismo de la glucosa han sido observadas en condiciones como la depresión mayor y la esquizofrenia. Comprender cómo estos cambios metabólicos se relacionan con los síntomas clínicos puede abrir nuevas vías para tratamientos más efectivos y personalizados.

El metabolismo cerebral y la perfusión son fundamentales para el funcionamiento del cerebro y la experiencia consciente. La integración de los hallazgos en este campo con los principios descritos por Damasio sobre la emergencia de los sentimientos y la conciencia ofrece una perspectiva rica y multidimensional sobre cómo la biología subyacente del cerebro contribuye a la complejidad de la mente humana. A medida que avanzamos en nuestra comprensión de estos procesos, estamos mejor posicionados para abordar una variedad de desafíos neurológicos y psiquiátricos, mejorando la calidad de vida de las personas afectadas por estas condiciones.

7.2 Capítulo 2. Malformación arteriovenosa cerebral

“Las malformaciones arteriovenosas cerebrales (MAV) son anomalías vasculares congénitas que implican una conexión anormal entre las arterias y venas en el cerebro, sin la presencia del lecho capilar normal que usualmente media entre ambas. Este tipo de malformaciones puede llevar a múltiples complicaciones neurológicas, entre ellas, hemorragias cerebrales, convulsiones, dolores de cabeza y, en algunos casos, déficits neurológicos progresivos.”⁶

La etiología de las MAV sigue siendo objeto de investigación, aunque se reconoce que su desarrollo ocurre durante las etapas iniciales de la vida fetal. Estas malformaciones son el resultado de un desarrollo vascular anormal, donde las conexiones directas entre arterias y venas provocan un aumento del flujo sanguíneo y presión en estas últimas, pudiendo causar su dilatación, ruptura y, como consecuencia, sangrado cerebral. A pesar de ser lesiones congénitas, los síntomas pueden no manifestarse hasta la adultez, siendo las hemorragias o las convulsiones los signos reveladores en muchos casos.⁶

La detección y el diagnóstico preciso de las MAV son cruciales para prevenir complicaciones y mejorar el pronóstico del paciente. Las técnicas de imagen, como la resonancia magnética (MRI) y la angiografía cerebral, juegan un papel fundamental en la identificación de estas malformaciones. La angiografía, en particular, ofrece una visualización detallada de la vasculatura cerebral, permitiendo a los especialistas evaluar la extensión y la naturaleza exacta de la malformación, información esencial para la planificación del tratamiento

En cuanto a las opciones terapéuticas, Madrid López et al ⁶ discuten diversas estrategias, que varían desde la observación en casos asintomáticos hasta intervenciones más invasivas como la cirugía, la radiocirugía estereotáctica o la embolización endovascular, dependiendo de la ubicación, el tamaño de la malformación y el riesgo de sangrado. La elección del tratamiento se basa en una evaluación cuidadosa del riesgo-beneficio para el paciente, considerando tanto la probabilidad de hemorragia como los potenciales efectos adversos de las intervenciones.

La embolización endovascular, por ejemplo, implica el uso de catéteres para inyectar agentes embólicos en las arterias alimentadoras de la MAV para reducir el flujo sanguíneo y el riesgo de ruptura. La radiocirugía estereotáctica, por otro lado, utiliza radiación focalizada para cerrar las anomalías vasculares con el tiempo. La cirugía, considerada en casos seleccionados, busca extirpar la malformación para eliminar el riesgo de sangrado. La revisión de Madrid López y colaboradores ⁶ también enfatiza la importancia de un enfoque multidisciplinario en el manejo de las MAV, incluyendo neurólogos, neurocirujanos, radiólogos y otros especialistas para asegurar una evaluación integral del paciente y una estrategia de tratamiento personalizada. Este enfoque colaborativo es fundamental para abordar la complejidad de las MAV

7.2.1 Epidemiología

La epidemiología de las malformaciones arteriovenosas cerebrales (MAV) ofrece una visión crucial para comprender la prevalencia, distribución y factores de riesgo asociados con estas complejas entidades vasculares. Según el estudio realizado por Madrid López ⁶, se proporciona una revisión exhaustiva que ilumina varios aspectos epidemiológicos clave de las MAV, contribuyendo a una mejor comprensión y manejo de esta condición.

“Las MAV son consideradas anomalías vasculares raras, pero cuando se presentan, pueden tener consecuencias significativas para la salud del individuo afectado. La prevalencia estimada de las MAV en la población general varía, pero se reconoce que estas malformaciones son una causa importante de hemorragia cerebral en jóvenes adultos, lo que subraya la importancia de su estudio y comprensión desde una perspectiva epidemiológica.” ⁶

La incidencia de las MAV, es decir, el número de nuevos casos identificados en un período determinado, también es un aspecto crítico explorado por Madrid López y su equipo. Aunque las MAV pueden estar presentes desde el nacimiento, los síntomas pueden no manifestarse hasta más tarde en la vida, lo que complica la determinación de su verdadera incidencia. Esto sugiere que muchas MAV pueden permanecer asintomáticas y, por lo tanto, no diagnosticadas, lo que representa un desafío para los esfuerzos epidemiológicos. Madrid López y su equipo discuten cómo estos factores pueden influir en la probabilidad de diagnóstico y las opciones de tratamiento, lo que es crucial para la planificación de estrategias de manejo personalizadas.

Los factores de riesgo para el desarrollo de complicaciones relacionadas con las MAV, como hemorragias, convulsiones o déficits neurológicos, son un área de interés particular en la epidemiología de estas malformaciones. La revisión de Madrid López et al ⁶ señalan la importancia de identificar estos factores de riesgo para mejorar el pronóstico y guiar las decisiones de tratamiento. Algunos factores, como la localización de la MAV, el tamaño, y la presencia de drenaje venoso profundo, han sido asociados con un mayor riesgo de hemorragia, lo que puede informar las recomendaciones para el manejo clínico.

La epidemiología de las MAV también abarca la evaluación de resultados a largo plazo y la eficacia de diferentes modalidades de tratamiento. Madrid López y su equipo destacan que, a pesar de los avances en las opciones de tratamiento, aún existen desafíos significativos en la prevención de complicaciones y en la mejora de la calidad de vida de los pacientes. La investigación epidemiológica continua es esencial para desarrollar estrategias de manejo más efectivas y para orientar la investigación futura hacia áreas que puedan tener el mayor impacto en los afectados por las MAV.

7.2.2 Patogenia y factores de riesgo

La patogenia de las MAV aún no se comprende completamente, pero se cree que resultan de un desarrollo anormal de los vasos sanguíneos durante la vida fetal. “Este desarrollo anormal conduce a la formación de conexiones directas entre arterias y venas, sin el lecho capilar normal que típicamente modula el flujo sanguíneo entre ellas. Esta ausencia de capilares resulta en un aumento del flujo sanguíneo y presión en las venas

afectadas, lo que puede llevar a la dilatación y el debilitamiento de las paredes venosas y, eventualmente, a su ruptura.”⁶

Las teorías actuales sugieren que factores genéticos y ambientales durante el desarrollo embrionario juegan un papel en la formación de las MAV. Las MAV se explican de forma más sencilla como un conjunto de arterias y venas con elementos displásicos, sin capilares transparentes y sin presencia de tejido cerebral en esta red vascular. Algunos estudios han identificado mutaciones genéticas específicas asociadas con un mayor riesgo de MAV, lo que indica una posible predisposición hereditaria en algunos casos. Sin embargo, la mayoría de las MAV ocurren de manera esporádica, sin un patrón claro de herencia.

Los factores de riesgo para el desarrollo de MAV pueden clasificarse en genéticos y ambientales:⁶

- Genéticos: las investigaciones han identificado algunas mutaciones genéticas que pueden aumentar el riesgo de desarrollar MAV. Los estudios familiares y la historia clínica detallada pueden ayudar a identificar patrones de herencia en casos de malformaciones arteriovenosas. Sin embargo, no todos los casos tienen un componente genético evidente. En algunos casos, las MAV forman parte de síndromes genéticos raros, como la enfermedad de Rendu-Osler-Weber (también conocida como telangiectasia hemorrágica hereditaria) y el síndrome de Cobb, que implican malformaciones vasculares en múltiples partes del cuerpo.
- Ambientales: aunque los factores ambientales en la patogenia de las MAV no están bien definidos, se cree que ciertas condiciones durante el embarazo, como la exposición a toxinas, podrían influir en el riesgo de MAV en el feto. La exposición a radiación, especialmente durante la radioterapia en el tratamiento de otras condiciones médicas, se ha asociado en algunos estudios con un mayor riesgo de desarrollar malformaciones arteriovenosas cerebrales. Sin embargo, se necesita más investigación para entender mejor la relación entre los factores ambientales y el desarrollo de MAV.

Además de los factores de riesgo para el desarrollo de MAV, también existen factores que pueden aumentar el riesgo de complicaciones en personas ya diagnosticadas con MAV. Estos incluyen el tamaño y la ubicación de la malformación, la presencia de drenaje venoso profundo, y ciertas características de flujo sanguíneo dentro de la MAV. Se clasifican como lesiones congénitas, presumiblemente desarrolladas por la desregulación de la proliferación de células endoteliales. Se postula que después de los 18 años, estas lesiones tienden a estabilizarse.

Las MAV de mayor tamaño y aquellas ubicadas en áreas del cerebro responsables de funciones vitales tienden a tener un mayor riesgo de ruptura y hemorragia. El entendimiento de la patogenia y los factores de riesgo asociados con las MAV es crucial para el desarrollo de estrategias de prevención y tratamiento. A medida que nuestra comprensión de estos aspectos mejora, se abren nuevas vías para el manejo clínico y la investigación, con el potencial de mejorar significativamente los resultados para los pacientes afectados por estas complejas malformaciones vasculares.

7.2.3 Etiología

La etiología de las malformaciones arteriovenosas cerebrales (MAV) se refiere a las causas subyacentes y los mecanismos de desarrollo de estas complejas entidades vasculares, se clasifican como lesiones congénitas, presumiblemente desarrolladas por la desregulación de la proliferación de células endoteliales. Se postula que después de los 18 años, estas lesiones tienden a estabilizarse, adicionalmente, 1 de cada 14 pacientes con MAV puede presentar un aneurisma asociado. Otras manifestaciones incluyen isquemia, hidrocefalia y diversas condiciones.

“Las MAV son consideradas lesiones vasculares congénitas, lo que significa que están presentes al nacer. La etiología de las MAV se relaciona con procesos anormales de desarrollo vascular durante la vida embrionaria. Aunque las MAV se manifiestan en el cerebro, su formación comienza en las etapas tempranas del desarrollo fetal, cuando las conexiones vasculares entre arterias y venas se forman de manera inapropiada. Este proceso resulta en la ausencia del lecho capilar normal, permitiendo un flujo sanguíneo directo de alta presión entre las arterias y venas, lo que puede llevar a diversas complicaciones.”⁷

Factores genéticos y ambientales, según Ogando-Rivas et al ⁷

Factores genéticos: la investigación ha sugerido que la genética juega un papel importante en la formación de MAV. Algunos estudios han identificado mutaciones en genes específicos que pueden contribuir al desarrollo de estas malformaciones. Por ejemplo, mutaciones en el gen RASA1 y en otros genes relacionados con la señalización vascular y la angiogénesis han sido asociadas con un mayor riesgo de MAV. Sin embargo, la mayoría de los casos de MAV ocurren de manera esporádica, sin un patrón de herencia genética claro, indicando que otros factores también están involucrados.

Factores ambientales: aunque el papel de los factores ambientales en la etiología de las MAV no está claramente definido, se ha especulado que ciertas condiciones durante el embarazo, como la exposición a toxinas o medicamentos, podrían influir en el riesgo de desarrollar MAV. Sin embargo, la evidencia concreta que vincula los factores ambientales con las MAV es limitada, y se requiere más investigación para esclarecer estos posibles vínculos.

Teorías de desarrollo: La formación de MAV se cree que resulta de una combinación de influencias genéticas y posiblemente ambientales que afectan el desarrollo vascular normal. La teoría más aceptada es que las anomalías en la diferenciación y maduración de las células vasculares durante el desarrollo embrionario llevan a la creación de conexiones arteriovenosas anormales. Este proceso se ve potencialmente influenciado por la interacción de múltiples genes y posiblemente por factores externos que aún no se han identificado completamente.

La etiología de las MAV es compleja y multifactorial, involucrando una mezcla de predisposiciones genéticas y factores de desarrollo poco comprendidos. Aunque se han logrado avances significativos en la identificación de los componentes genéticos asociados con las MAV, aún queda mucho por descubrir sobre cómo estos factores interactúan y cómo podrían influenciarse mutuamente con influencias ambientales. La investigación continua en este campo es esencial para desarrollar mejores estrategias de prevención, diagnóstico y tratamiento para las MAV, con el objetivo final de mejorar los resultados y la calidad de vida de los pacientes afectados.

7.2.4 Fisiopatología y anatomía

La fisiopatología y anatomía de las malformaciones arteriovenosas cerebrales (MAV) son esenciales para comprender cómo estas anomalías afectan al cerebro y provocan diversos síntomas clínicos. “Las MAV se caracterizan por conexiones anormales entre arterias y venas en el cerebro, sin la presencia del lecho capilar que normalmente regula el flujo sanguíneo entre estos dos tipos de vasos. Este defecto estructural conduce a una serie de consecuencias fisiopatológicas que pueden comprometer la función cerebral y aumentar el riesgo de complicaciones graves.”⁷

Anatomía de las Malformaciones arteriovenosas: Anatómicamente, una MAV se compone de una red de vasos sanguíneos anormales conocida como nidus, que conecta directamente las arterias con las venas. Este nidus varía en tamaño, forma y complejidad, y puede ubicarse en diferentes partes del cerebro o la médula espinal. Las arterias que alimentan la MAV están a menudo dilatadas y tortuosas debido al flujo sanguíneo aumentado y a la presión, mientras que las venas de drenaje pueden estar igualmente dilatadas y pueden desarrollar paredes delgadas y debilitadas debido al flujo sanguíneo arterial de alta presión.

Fisiopatología: La presencia de una MAV en el cerebro altera significativamente la hemodinámica local. Bajo condiciones normales, las arterias transportan sangre rica en oxígeno desde el corazón al cerebro, donde el oxígeno y los nutrientes se entregan a los tejidos a través del lecho capilar. La sangre luego regresa al corazón a través del sistema venoso, que lleva sangre desoxigenada y productos de desecho. En una MAV, el lecho capilar está ausente, lo que resulta en un paso directo de sangre de alta presión de las arterias a las venas.

Esto puede llevar a varias consecuencias fisiopatológicas, según Ogando-Rivas et al⁷

Robo de flujo y hemorragia: la sangre puede desviarse de los tejidos cerebrales normales, que entonces reciben menos oxígeno y nutrientes, un fenómeno conocido como efecto de robo. Esto puede resultar en disfunción neuronal y síntomas neurológicos. **Hemorragia:** la presión arterial elevada dentro del nidus de la MAV puede causar el debilitamiento y la eventual ruptura de las venas anormales, resultando en

hemorragia intracraneal, lo que representa la complicación más grave y potencialmente mortal de una MAV.

Efectos sobre la función cerebral: las MAV pueden causar síntomas neurológicos, ya sea por el efecto de robo, la irritación de estructuras cerebrales cercanas, o como resultado de hemorragias. Estos síntomas pueden incluir dolores de cabeza, convulsiones, déficits neurológicos focales, o incluso síntomas cognitivos y de comportamiento, dependiendo de la ubicación de la MAV. Se dispone de evidencia experimental que establece una relación entre los receptores de tirosina cinasa (TYR), el factor de Crecimiento Endotelial Vascular (VEGF-R1, VEGF-R2), y ciertos síndromes genéticos como el Osler-Weber-Rendu, así como condiciones clínicas como el Sturge-Weber

7.2.5 Presentación clínica

La presentación clínica de las malformaciones arteriovenosas cerebrales (MAV) es variada, reflejando la complejidad y diversidad de estas anomalías vasculares en el cerebro. “Los síntomas y signos asociados con las MAV pueden variar ampliamente entre individuos, dependiendo de factores como la ubicación, el tamaño de la malformación, y si la MAV ha causado o no hemorragias. La comprensión de estas presentaciones clínicas es fundamental para el diagnóstico temprano y la gestión efectiva de las MAV.”⁷

Hemorragia intracraneal: Una de las presentaciones más graves y potencialmente mortales de las MAV es la hemorragia intracraneal. “La ruptura de los vasos sanguíneos anormales puede llevar a sangrado dentro del cerebro, manifestándose clínicamente como un evento de apoplejía con dolor de cabeza repentino y severo, náuseas, vómitos, pérdida de conciencia, o signos neurológicos focales como debilidad en un lado del cuerpo, dificultades del habla o cambios visuales. La hemorragia representa el riesgo más significativo asociado con las MAV y es una causa importante de morbilidad y mortalidad en estos pacientes.”⁷

Convulsiones: “Las convulsiones son otra presentación común de las MAV, ocurriendo en aproximadamente el 20-40% de los casos. La irritación del tejido cerebral circundante por la MAV o por hemorragias secundarias puede llevar a actividad eléctrica anormal en el cerebro, resultando en convulsiones. Estas pueden variar desde convulsiones focales, afectando solo una parte del cuerpo o manifestándose como cambios sensoriales o psíquicos, hasta convulsiones generalizadas, que afectan a todo el cuerpo.”⁷

Cefaleas: La cefalea se caracteriza como una sensación dolorosa de intensidad variable que se localiza en la bóveda craneal, la parte alta del cuello o la nuca, así como la mitad superior de la cara (frente). Si el dolor se experimenta en la mitad inferior de la cara, se denomina algia o dolor facial. Las cefaleas, o dolores de cabeza, son un síntoma frecuentemente reportado por personas con MAV, aunque su relación directa con la malformación puede ser difícil de establecer. Las cefaleas pueden variar en intensidad y duración y no siempre se correlacionan con el tamaño o la ubicación de la MAV.

Déficits Neurológicos: En la actualidad, el término "discapacidad" es neutral y engloba deficiencias en funciones y estructuras corporales, limitaciones en la capacidad de realizar actividades y restricciones en la participación social de alguien con una condición de salud. De esta manera, se desvincula de ser simplemente la consecuencia o secuela de una enfermedad. Los déficits neurológicos focales, como la debilidad en una parte del cuerpo, dificultades con el habla, o problemas visuales, pueden ocurrir en función de la localización de la MAV en el cerebro. Estos síntomas pueden ser el resultado de un efecto de robo, donde la MAV desvía sangre de tejidos cerebrales normales, o pueden ser consecuencia de una hemorragia que daña áreas específicas del cerebro

Asintomáticos: Es importante destacar que muchas MAV son asintomáticas y se descubren incidentalmente durante la evaluación de otras condiciones o a través de estudios de imagen realizados por otras razones. En estos casos, la malformación no ha causado síntomas y se identifica únicamente por su presencia en estudios de imagen cerebral como resonancia magnética (MRI) o angiografía. Las MAV son lesiones presentes desde el nacimiento, siendo visibles en el 60% de los casos en ese momento.

Sin embargo, en el 20-30% se evidencian durante la adolescencia y en un rango del 10-20% en la edad adulta.

Manejo clínico: El manejo de las MAV se personaliza según la presentación clínica del paciente, el riesgo de hemorragia, y la ubicación y tamaño de la MAV. Las opciones de tratamiento pueden incluir la observación para MAV asintomáticas con bajo riesgo de hemorragia, mientras que las intervenciones terapéuticas como la cirugía, la embolización endovascular o la radiocirugía pueden ser recomendadas para MAV que presentan un riesgo significativo de complicaciones.

7.2.5 Diagnóstico

El diagnóstico de las malformaciones arteriovenosas cerebrales (MAV) es un proceso esencial para determinar el tratamiento y manejo adecuado de los pacientes afectados por esta condición. La identificación precisa de las MAV se basa en la utilización de diversas técnicas de imagen que permiten visualizar la estructura y la funcionalidad de los vasos sanguíneos cerebrales. Este proceso diagnóstico es crucial no solo para confirmar la presencia de una MAV, sino también para evaluar su tamaño, ubicación, y las características específicas que influirán en las decisiones de tratamiento.

Resonancia magnética (MRI): “La resonancia magnética es una herramienta diagnóstica clave en la evaluación de las MAV. Proporciona imágenes detalladas del cerebro, permitiendo a los médicos visualizar la MAV y determinar su tamaño y ubicación exactos. La MRI puede ser complementada con angiografía por resonancia magnética (MRA), que ofrece una vista más específica de los vasos sanguíneos y puede ayudar a definir la arquitectura de la MAV.”⁷

La tomografía computarizada (CT), proporciona una información más minuciosa acerca de las lesiones en la cabeza, hemorragias cerebrales, tumores cerebrales y otras afecciones cerebrales en comparación con las radiografías convencionales (rayos X), especialmente cuando se combina con la angiografía por CT (CTA), es útil para detectar hemorragias asociadas con las MAV y para proporcionar imágenes detalladas de la estructura vascular. La CTA puede ser particularmente valiosa en situaciones de emergencia para identificar rápidamente la presencia de sangrado.

“La angiografía cerebral digital (DSA, por sus siglas en inglés) sigue siendo el estándar de oro para el diagnóstico de las MAV. Este procedimiento invasivo implica la inyección de un medio de contraste en los vasos sanguíneos y la adquisición de imágenes radiográficas para visualizar el flujo sanguíneo a través del cerebro y la MAV. La DSA proporciona la imagen más detallada y precisa de la anatomía vascular de la MAV, incluyendo información sobre las arterias aferentes, la estructura del nidus y las venas de drenaje. Esta información es crucial para planificar cualquier tratamiento potencial, ya sea cirugía, radiocirugía o embolización.”⁷

Ecografía Doppler transcraneal: Aunque menos comúnmente utilizada para el diagnóstico de MAV, la ecografía Doppler transcraneal puede ofrecer información útil sobre el flujo sanguíneo cerebral en casos seleccionados, especialmente para monitorizar a los pacientes después del tratamiento. El diagnóstico de vasoespasmio cerebral se considera óptimo mediante la arteriografía cerebral (AC), aunque este procedimiento es costoso y no siempre está fácilmente disponible. Se estima que el riesgo asociado a esta técnica es un 0,07% de déficit neurológico permanente y un 0,63% de déficit neurológico transitorio en pacientes con hemorragia subaracnoidea relacionada con malformaciones vasculares

Selección del método diagnóstico: La elección del método diagnóstico adecuado depende de varios factores, incluyendo la presentación clínica del paciente, la sospecha clínica de una MAV, y la disponibilidad de tecnología de imagen. En muchos casos, se emplea una combinación de técnicas para obtener una comprensión completa de la MAV. Un diagnóstico preciso es fundamental para el manejo adecuado de las MAV, ya que la estrategia de tratamiento óptima depende de las características específicas de la malformación. La detección temprana y precisa permite a los equipos médicos evaluar el riesgo de hemorragia, planificar intervenciones para prevenir complicaciones, y asesorar a los pacientes sobre los riesgos y beneficios de las diferentes opciones de tratamiento.

7.2.6 Manejo inicial

El manejo inicial de las malformaciones arteriovenosas cerebrales (MAV) es un paso crítico para prevenir complicaciones y optimizar los resultados a largo plazo para los pacientes. Este manejo depende de varios factores, incluyendo la presentación clínica de la MAV, su tamaño, ubicación, y el riesgo asociado de hemorragia. El abordaje inicial puede variar desde la observación cuidadosa hasta la intervención inmediata, basándose en la evaluación integral del paciente.

“El primer paso en el manejo de una MAV es realizar una evaluación clínica detallada, que incluya la historia médica del paciente, una exploración física, y la utilización de técnicas de imagen avanzadas como la resonancia magnética (MRI), la tomografía computarizada (CT), y la angiografía cerebral digital (DSA). Estas evaluaciones ayudan a determinar la gravedad de la MAV y a identificar cualquier signo de hemorragia o riesgo de complicaciones.”⁷

Estrategias de manejo:

Observación: para las MAV asintomáticas o de bajo riesgo, la observación cuidadosa puede ser la estrategia recomendada. Esto implica seguimientos regulares con técnicas de imagen para monitorizar cualquier cambio en el tamaño o la configuración de la MAV que pueda aumentar el riesgo de hemorragia. **Control de síntomas:** el manejo de los síntomas asociados con las MAV, como las convulsiones, se aborda mediante medicamentos anticonvulsivos. Los dolores de cabeza pueden requerir un régimen de manejo del dolor personalizado.

Intervención médica: en casos donde el riesgo de hemorragia es significativo o si la MAV ha causado síntomas, se pueden considerar opciones de tratamiento invasivas. Estas incluyen: **Embolización endovascular:** un procedimiento mínimamente invasivo que implica el uso de catéteres para inyectar materiales embólicos en la MAV para reducir el flujo sanguíneo y el riesgo de ruptura. **Cirugía:** la resección quirúrgica de la MAV puede ser recomendada para malformaciones accesibles y en pacientes con alto riesgo de hemorragia o que han sufrido hemorragias previas. **radiación focalizada** para cerrar gradualmente los vasos anormales de la MAV.

Manejo de hemorragias: en caso de hemorragia, el tratamiento inmediato es crucial y puede incluir medidas para controlar la presión intracraneal, cirugía para evacuar el hematoma y estabilizar al paciente, y terapias para prevenir complicaciones secundarias como el vasoespasmo. Evaluación multidisciplinaria: el manejo de las MAV a menudo requiere un enfoque multidisciplinario, involucrando a neurólogos, neurocirujanos, radiólogos intervencionistas, y otros especialistas para desarrollar un plan de tratamiento personalizado basado en las características específicas de la MAV y las necesidades del paciente.

La decisión de proceder con el tratamiento invasivo se basa en una evaluación cuidadosa de los riesgos y beneficios, considerando factores como la edad del paciente, la localización de la MAV, y la probabilidad de hemorragia. La participación del paciente en el proceso de toma de decisiones es esencial para asegurar que se entiendan completamente los potenciales resultados y riesgos asociados con las diferentes opciones de manejo.

7.2.7 Tratamiento quirúrgico

El tratamiento quirúrgico de las malformaciones arteriovenosas cerebrales (MAV) es una opción terapéutica clave para pacientes seleccionados, basándose en la localización de la MAV, su tamaño, la presencia de síntomas y el riesgo de hemorragia. La cirugía busca eliminar la MAV para prevenir rupturas y hemorragias futuras, aliviar los síntomas como las convulsiones y mejorar la calidad de vida del paciente. La decisión de optar por la cirugía depende de una evaluación cuidadosa de los riesgos y beneficios, teniendo en cuenta tanto las características de la MAV como la salud general y las preferencias del paciente.

Autores y estudios relevantes en el tratamiento quirúrgico de las MAV:

- Lawton, M. T., & Vates, G. E. (2017). Lawton y Vates (8) han contribuido significativamente al campo con su revisión y análisis de técnicas quirúrgicas para el tratamiento de MAV cerebrales. En su trabajo, discuten las estrategias para la resección de MAVs y cómo la localización y las características de la MAV afectan la elección de la técnica quirúrgica. Su investigación enfatiza la importancia de una

planificación cuidadosa y la selección de pacientes para optimizar los resultados quirúrgicos y minimizar los riesgos.

- Spetzler, R. F., & Martin, N. A. (2015). Spetzler y Martin (9) son conocidos por desarrollar la escala de clasificación Spetzler-Martin, que se utiliza ampliamente para evaluar el riesgo quirúrgico de las MAV y para guiar la toma de decisiones de tratamiento. En su estudio, exploran cómo esta escala puede predecir los resultados quirúrgicos y ayudar en la selección de pacientes para la cirugía, subrayando el papel de la clasificación en la mejora de los enfoques terapéuticos para las MAV.

La cirugía para MAV implica técnicas microquirúrgicas que permiten al cirujano acceder y extirpar la malformación con precisión, minimizando el daño a las áreas circundantes del cerebro. La planificación preoperatoria incluye el uso de imágenes avanzadas como MRI y DSA para mapear detalladamente la MAV. La escala Spetzler-Martin, mencionada anteriormente, es una herramienta crucial para evaluar la factibilidad y los riesgos de la cirugía, basándose en el tamaño de la MAV, su localización en áreas elocuentes del cerebro y la presencia de drenaje venoso profundo.

Los resultados quirúrgicos dependen de una variedad de factores, incluyendo la experiencia del equipo quirúrgico y las características específicas de la MAV. Mientras que muchos pacientes experimentan mejoras significativas o la resolución completa de los síntomas, la cirugía conlleva riesgos de complicaciones, como déficits neurológicos, hemorragia, o infección. La monitorización postoperatoria y el seguimiento son esenciales para identificar y manejar cualquier complicación temprana y para evaluar la efectividad del tratamiento a largo plazo.

Radiocirugía y Técnicas endovasculares: La radiocirugía y las técnicas endovasculares han revolucionado el tratamiento de las malformaciones arteriovenosas cerebrales (MAV), ofreciendo opciones menos invasivas para pacientes donde la cirugía tradicional presenta riesgos elevados o no es viable. Estas alternativas son especialmente valiosas para MAVs localizadas en áreas del cerebro de difícil acceso o para pacientes que prefieren evitar los riesgos asociados con la cirugía abierta.

En el ámbito de la radiocirugía, la Gamma Knife se ha establecido como una herramienta potente. Su precisión milimétrica permite enfocar la radiación directamente en la MAV, minimizando el daño a los tejidos circundantes. Bruce Pollock y Michael Link, en su trabajo de 2018, han mostrado cómo la radiocirugía Gamma Knife no solo es efectiva sino también segura para tratar MAVs de tamaño pequeño a mediano. Este enfoque, según Pollock y Link, puede llevar a la oclusión de la MAV en muchos pacientes, reduciendo significativamente el riesgo de hemorragia sin necesidad de intervención quirúrgica ¹⁰

Por otro lado, las técnicas endovasculares, como la embolización, han proporcionado una vía para manejar las MAV de manera menos invasiva. Utilizando catéteres finos, los especialistas pueden navegar por el sistema vascular para depositar materiales embólicos directamente en la MAV, reduciendo su flujo sanguíneo. Un estudio notable en este campo es el realizado por Mounayer y sus colegas, quienes destacaron la efectividad de la embolización con Onyx, un material embólico moderno. Su investigación, publicada en 2007, demostró que la embolización con Onyx es una opción segura y eficaz para el tratamiento de las MAV, ofreciendo resultados prometedores con un perfil de riesgo bajo ¹¹

La elección entre radiocirugía, técnicas endovasculares o cirugía abierta depende de una evaluación detallada de cada caso individual. Factores como la ubicación de la MAV, su tamaño, y la condición clínica del paciente juegan un papel crucial en esta decisión. Lo más importante es el enfoque multidisciplinario para el tratamiento de las MAV, donde neurólogos, neurocirujanos y radiólogos intervencionistas trabajan juntos para diseñar el mejor plan de tratamiento para el paciente, equilibrando eficacia y seguridad.

En síntesis, tanto la radiocirugía como las técnicas endovasculares se han establecido como pilares fundamentales en el manejo de las MAV, complementando o, en algunos casos, ofreciendo una alternativa a la cirugía tradicional. La continua innovación y los estudios clínicos, como los de Pollock y Link, así como de Mounayer et al ¹¹, son esenciales para avanzar en nuestro entendimiento y tratamiento de las MAV, mejorando así los resultados para los pacientes afectados por esta compleja condición

7.3 CAPITULO 3. FISTULA ARTERIOVENOSA CEREBRAL

Las fístulas arteriovenosas cerebrales (FAVC) representan un desafío diagnóstico y terapéutico en el campo de la neurología y la neurocirugía, caracterizadas por conexiones directas entre las arterias y las venas del cerebro, sin el intermediario capilar normal. Estas anomalías pueden variar ampliamente en su presentación clínica, desde ser completamente asintomáticas hasta causar síntomas severos y complicaciones potencialmente mortales como hemorragias cerebrales y déficits neurológicos.

En cuanto a la comprensión y manejo de estas complejas patologías, dos autores han ofrecido contribuciones significativas a la literatura. Por ejemplo, Al-Shahi Salman y White, en 2016, discuten en profundidad las estrategias para el manejo de las FAVC, destacando la necesidad de un enfoque personalizado en el tratamiento. Subrayan que, dada la variedad de presentaciones y riesgos asociados con las FAVC, la decisión de tratar debe basarse cuidadosamente en una evaluación individualizada de los riesgos y beneficios para cada paciente ¹²

Este enfoque individualizado es crucial, ya que las opciones de tratamiento para las FAVC varían desde la observación vigilante en casos de fístulas asintomáticas y de bajo riesgo, hasta intervenciones más agresivas como la embolización endovascular o la cirugía para aquellas que presentan un alto riesgo de sangrado o síntomas significativos. La embolización endovascular, en particular, ha emergido como una técnica preferida para muchos especialistas, debido a su naturaleza menos invasiva y su capacidad para cerrar efectivamente la fístula, reduciendo así el riesgo de complicaciones futuras.

La importancia de un diagnóstico preciso también se enfatiza en la literatura, donde técnicas avanzadas de imagen como la resonancia magnética (MRI) y la angiografía digital cerebral (DSA) juegan roles clave. Estas técnicas no solo ayudan a confirmar la presencia de una FAVC sino que también proporcionan información vital sobre su tamaño, localización y las características hemodinámicas, lo cual es esencial para planificar el tratamiento.

El manejo de las FAVC requiere una comprensión profunda de su naturaleza heterogénea y potencialmente peligrosa. La literatura actual, reforzada por los trabajos de expertos como Al-Shahi Salman y White, aboga por un enfoque meticuloso y personalizado hacia el diagnóstico y tratamiento de estas condiciones, enfatizando la importancia de equilibrar los riesgos y beneficios de las intervenciones terapéuticas para cada paciente. Conforme avanzamos, es crucial que continuemos apoyándonos en la investigación y los avances tecnológicos para mejorar los resultados de los pacientes con FAVC.

7.3.1 Patogenia y factores de riesgo

La patogenia de las fístulas arteriovenosas cerebrales (FAVC) se centra en la formación anormal de conexiones directas entre las arterias y las venas del cerebro, sin el intermediario de los capilares que normalmente regularían el flujo sanguíneo. Este proceso puede derivar de anomalías en el desarrollo vascular durante la gestación o como resultado de factores adquiridos a lo largo de la vida. La comprensión de estos mecanismos es crucial para desarrollar estrategias de prevención y tratamiento eficaces.

“Una parte de las FAVC puede originarse durante el desarrollo embrionario, sugiriendo un componente genético o una interrupción en el proceso normal de vasculogénesis y angiogénesis. Aunque las investigaciones sobre las bases genéticas específicas están en curso, se cree que las mutaciones en genes implicados en el desarrollo vascular pueden jugar un rol en la formación de estas conexiones anormales. Sin embargo, a diferencia de otras malformaciones vasculares, las fístulas arteriovenosas suelen ser lesiones esporádicas sin un patrón claro de herencia.”¹³

Factores adquiridos: Además de los factores congénitos, las FAVC pueden desarrollarse como resultado de factores adquiridos, incluyendo:

- Traumatismos craneales: se describe como una condición médico-quirúrgica que se caracteriza por una disfunción cerebral derivada de una lesión traumática en la cabeza, acompañada por la presencia de al menos uno de los siguientes elementos: alteración de la conciencia y/o amnesia como consecuencia del trauma; cambios neurológicos o neurofisiológicos; o el diagnóstico de fractura de

cráneo o lesiones intracraneales atribuibles al trauma y lesiones que penetran o impactan gravemente el cráneo pueden dañar los vasos sanguíneos y conducir a la formación de una fístula arteriovenosa.

- Cirugía cerebral: procedimientos quirúrgicos en el cerebro pueden, en raras ocasiones, resultar en la creación inadvertida de conexiones anormales entre arterias y venas. La cirugía cerebral para la fístula arteriovenosa (FAV) implica la intervención quirúrgica destinada a corregir esta malformación vascular anómala. Durante el procedimiento, se busca corregir o cerrar la conexión anormal entre las arterias y venas en el cerebro para restablecer el flujo sanguíneo normal y prevenir complicaciones asociadas, como hemorragias o disfunción neurológica. Las técnicas específicas utilizadas pueden variar según la ubicación y la naturaleza de la fístula arteriovenosa, y pueden incluir métodos como la embolización o la resección quirúrgica, dependiendo de la evaluación individual del caso.
- Erosión de aneurismas: puede implicar que el aneurisma ha experimentado una ruptura o fisura en el contexto de una FAV, lo que podría aumentar el riesgo de hemorragia y otras complicaciones. El tratamiento dependerá de la evaluación específica del caso por parte de profesionales de la salud especializados en neurocirugía o radiología intervencionista. Podrían considerarse opciones como embolización para cerrar la FAV y/o tratamiento del aneurisma para prevenir complicaciones hemorrágicas. Los aneurismas cerebrales, especialmente aquellos que se rompen, pueden llevar a la formación de una FAVC como parte del proceso de cicatrización.

Factores de riesgo: Aunque cualquier persona puede desarrollar una FAVC, existen ciertos factores que pueden aumentar el riesgo, según Cervio ¹³

Historial de traumatismo craneal: individuos con antecedentes de lesiones graves en la cabeza tienen un riesgo mayor. Se han propuesto como posibles causas el sangrado intraventricular, la compresión del acueducto de Silvio por la fístula y el aumento de la presión venosa, lo que reduce la reabsorción del líquido cefalorraquídeo. De manera similar a las malformaciones arteriovenosas, las FAV pueden exhibir calcificaciones en las paredes venosas, dando lugar a crisis convulsivas, cefaleas y déficits neurológicos focales debido al robo arterial o la afectación del drenaje venoso en el tejido cerebral

cercano. Condiciones vasculares preexistentes: la presencia de otras anomalías vasculares puede predisponer a un individuo a desarrollar FAVC.

Hipertensión arterial: aunque menos directamente implicada, la hipertensión puede contribuir al riesgo de complicaciones en personas con FAVC. La patogenia de las FAVC es multifactorial, involucrando tanto componentes genéticos como adquiridos. La comprensión de estos mecanismos es fundamental para identificar a los individuos en riesgo y para el desarrollo de intervenciones preventivas y terapéuticas. A medida que avanzan las investigaciones, se espera que surjan nuevas estrategias para abordar tanto la formación como las complicaciones asociadas con las FAVC, mejorando así los resultados para los afectados por esta compleja condición vascular

7.3.1 Malformación aneurismática de la vena de Galeno

La malformación aneurismática de la vena de Galeno es una rara pero compleja condición vascular cerebral que afecta principalmente a recién nacidos y niños pequeños. Esta malformación se caracteriza por la dilatación anormal de la vena de Galeno, una importante vena cerebral profunda, debido a conexiones arteriovenosas anormales que resultan en un flujo sanguíneo aumentado y alterado hacia esta vena. La patología puede llevar a una serie de complicaciones graves, incluyendo insuficiencia cardíaca congestiva, hidrocefalia, hemorragias intracraneales, y retraso en el desarrollo neurológico.

Patogenia: “La malformación de la vena de Galeno es congénita, originándose durante el desarrollo embrionario. La anomalía se desarrolla cuando las arterias cerebrales se conectan directamente con la vena de Galeno, omitiendo el lecho capilar. Esta conexión directa entre arterias y venas resulta en un aumento significativo del flujo sanguíneo a través de la vena de Galeno, lo que puede causar su dilatación y el desarrollo de la malformación aneurismática. La etiología exacta sigue siendo objeto de investigación, pero se cree que factores genéticos y ambientales durante el embarazo pueden influir en su desarrollo.”¹⁴

Factores de riesgo: Dado que la malformación es congénita, los factores de riesgo están principalmente asociados con condiciones que pueden afectar el desarrollo

vascular fetal. Estos pueden incluir la exposición a ciertos medicamentos o sustancias, infecciones durante el embarazo, y posiblemente condiciones genéticas que afectan el desarrollo vascular. Sin embargo, en la mayoría de los casos, la malformación ocurre de manera esporádica sin una causa identificable clara o factores de riesgo específicos.

Presentación clínica: La presentación clínica puede variar ampliamente dependiendo del grado de la malformación y el flujo sanguíneo a través de la misma. En neonatos, la manifestación más común es la insuficiencia cardíaca congestiva debido al aumento del retorno venoso. Otros síntomas pueden incluir dificultades para alimentarse, retraso en el desarrollo, convulsiones, y signos de aumento de la presión intracraneal como una cabeza de tamaño creciente o fontanelas abultadas.

Diagnóstico: “El diagnóstico de la malformación aneurismática de la vena de Galeno se realiza a menudo mediante ultrasonido prenatal o poco después del nacimiento mediante ecografía transfontanelar. Para una evaluación más detallada, se pueden utilizar la resonancia magnética (MRI) y la angiografía por resonancia magnética (MRA), que proporcionan imágenes claras de la estructura vascular cerebral. La angiografía cerebral digital se considera el estándar de oro para confirmar el diagnóstico y planificar el tratamiento.”¹⁴

Tratamiento: El tratamiento de la malformación aneurismática de la vena de Galeno es complejo y depende de la severidad de la presentación clínica. Las opciones de tratamiento incluyen el manejo médico de la insuficiencia cardíaca, procedimientos endovasculares como la embolización para reducir el flujo sanguíneo anormal, y en casos raros, cirugía. El objetivo del tratamiento es estabilizar al paciente, reducir el flujo sanguíneo anormal, y prevenir o tratar las complicaciones.

La malformación aneurismática de la vena de Galeno es una condición desafiante que requiere un enfoque multidisciplinario para su manejo, involucrando neonatólogos, neurólogos pediátricos, radiólogos intervencionistas, y neurocirujanos. A pesar de los avances en el diagnóstico y tratamiento, la condición puede tener un pronóstico grave, subrayando la importancia de la detección temprana y el manejo adecuado. La investigación continua es crucial para mejorar las estrategias de tratamiento y los resultados a largo plazo para estos pacientes

7.3.2 Etiología

La malformación aneurismática de la vena de Galeno es una entidad neuropediátrica rara que se origina debido a anomalías en el desarrollo vascular durante la etapa fetal. Esta condición, que afecta predominantemente a la vena de Galeno, una de las principales venas cerebrales encargadas de drenar la sangre del cerebro hacia el corazón, resulta de conexiones arteriovenosas anormales que provocan un flujo sanguíneo excesivo hacia esta vena.

La etiología de la malformación aneurismática de la vena de Galeno sigue siendo un área de intensa investigación. Pueden ser de origen congénito o adquirido. Las fístulas arteriovenosas (FAV) congénitas se dividen en aquellas asociadas a la dilatación de la vena de Galeno en el espacio subaracnoideo y las FAV entre arterias y venas cerebrales en la localización subpial. Por otro lado, las adquiridas suelen ser secundarias a traumas craneales, destacándose las fístulas carótido-cavernosas postraumáticas como las más frecuentes. Se considera principalmente una anomalía congénita, implicando que la malformación se desarrolla durante la gestación. Los detalles específicos sobre qué interrumpe o altera el desarrollo vascular normal aún se están explorando, aunque se han propuesto varias teorías, según, Raupp.¹⁵

Factores genéticos: aunque casos específicos han sugerido una posible predisposición genética para el desarrollo de malformaciones vasculares, no se ha identificado un patrón hereditario claro para la malformación aneurismática de la vena de Galeno. La investigación genética está en curso para determinar si mutaciones específicas o alteraciones en los genes relacionados con el desarrollo vascular pueden contribuir a su formación.

Factores ambientales: existe la posibilidad de que factores ambientales durante el embarazo, como la exposición a ciertas sustancias o infecciones, puedan influir en el riesgo de desarrollar esta malformación. Sin embargo, la evidencia directa que vincula estos factores con la malformación aneurismática de la vena de Galeno es limitada y requiere más investigación. Interacciones genético-ambientales: es probable que la interacción entre predisposiciones genéticas y exposiciones ambientales durante el desarrollo fetal juegue un rol en el desarrollo de la malformación. Este modelo

multifactorial podría explicar la variabilidad en la presentación y severidad de la malformación entre individuos afectados.

Mecanismo de desarrollo: “El mecanismo por el cual se desarrolla la malformación implica la formación anormal de conexiones directas entre las arterias cerebrales y la vena de Galeno. Normalmente, la sangre fluye desde las arterias cerebrales a través de un lecho capilar antes de drenar en el sistema venoso. En los casos de malformación aneurismática de la vena de Galeno, este proceso se ve alterado, permitiendo que la sangre fluya directamente desde las arterias a la vena de Galeno a alta presión. Esto no solo provoca la dilatación de la vena, sino que también puede afectar el desarrollo cerebral y causar síntomas neurológicos y sistémicos graves debido a la alteración del flujo sanguíneo normal.”¹⁵

La malformación aneurismática de la vena de Galeno es una condición compleja cuya etiología involucra posiblemente una combinación de factores genéticos y ambientales. A pesar de los avances en la comprensión de las malformaciones vasculares cerebrales, aún queda mucho por aprender sobre las causas específicas y los mecanismos de desarrollo de esta rara malformación. La investigación continua es vital para desentrañar los misterios detrás de su etiología, lo que podría conducir a mejores estrategias de prevención, diagnóstico y tratamiento para los afectados por esta condición

7.3.3 Clínica

La malformación aneurismática de la vena de Galeno es una compleja condición vascular cerebral que puede presentar una amplia gama de manifestaciones clínicas, dependiendo en gran medida de la edad del paciente al momento del diagnóstico y la severidad de la malformación. Esta condición es más comúnmente identificada en neonatos y niños pequeños, aunque en raras ocasiones puede no diagnosticarse hasta la infancia o, menos frecuentemente, en la edad adulta.

La clínica de la malformación aneurismática de la vena de Galeno varía según la edad del paciente y la gravedad de la malformación. En neonatos, la manifestación más común y grave es la insuficiencia cardíaca congestiva. Esto se debe al aumento significativo del retorno venoso al corazón provocado por el flujo sanguíneo anormalmente alto a través de la malformación. Los síntomas pueden incluir, según

Elhammady, M. S., Ambekar, S., & Heros, R. C¹⁶: Dificultad respiratoria, taquicardia, hepatomegalia (aumento del tamaño del hígado), edema (hinchazón debido a la acumulación de líquido)

La hidrocefalia es otra complicación frecuente en lactantes debido al aumento de la presión venosa intracraneal, lo que afecta la absorción del líquido cefalorraquídeo. Los síntomas pueden incluir un aumento rápido del tamaño de la cabeza, fontanelas abultadas y, en casos severos, signos de aumento de la presión intracraneal. Las convulsiones y los retrasos en el desarrollo neurológico también son comunes debido al impacto de la malformación en la perfusión cerebral y la posible hemorragia intracraneal o infartos.

Manifestaciones clínicas en niños mayores y adultos: Las anomalías vasculares más comúnmente vinculadas son, principalmente, las venas varicosas localizadas en el espacio subaracnoideo de las cisuras interhemisféricas, la convexidad cerebral, las cisternas basales y la fosa posterior; en segundo lugar, se encuentran los aneurismas de hiperflujo. La presencia de estas malformaciones arteriovenosas (MAV) asociadas plantea interrogantes sobre el origen real de la hemorragia intracerebral.

Aunque menos común, cuando la malformación aneurismática de la vena de Galeno se diagnostica más tarde en la vida, las presentaciones pueden diferir y a menudo son menos severas, incluyendo, según Elhammady, M. S., Ambekar, S., & Heros, R. C¹⁶: dolores de cabeza crónicos, convulsiones, déficits neurológicos focales, como debilidad en un lado del cuerpo o dificultades con el habla, problemas auditivos o visuales debido a la presión sobre las estructuras adyacentes

Diagnóstico y evaluación: El diagnóstico se basa en la imagenología, con ultrasonido prenatal, ecografía transfontanelar en neonatos, y resonancia magnética (MRI) o angiografía por resonancia magnética (MRA) siendo herramientas clave para la identificación y caracterización de la malformación. La angiografía digital se mantiene como el principal método diagnóstico. Se han sugerido tres criterios diagnósticos para las fístulas arteriovenosas (FAV): la presencia de un tiempo de circulación ultrarrápido, la existencia de una arteria aferente con un diámetro superior al resto y el llenado directo con el fenómeno conocido como "chorro" en una várice venosa. Desde el punto de vista

morfológico, estas fístulas pueden presentar una o varias arterias aferentes, estableciendo comunicación con una o más venas de drenaje.

Tratamiento: El tratamiento de la malformación aneurismática de la vena de Galeno es desafiante y depende de la severidad de las manifestaciones clínicas y las complicaciones asociadas. Las opciones incluyen manejo médico para la insuficiencia cardíaca, procedimientos endovasculares para reducir el flujo sanguíneo hacia la malformación, y, en algunos casos, neurocirugía para tratar la hidrocefalia o directamente la malformación. El objetivo principal del tratamiento es estabilizar al paciente y prevenir o manejar las complicaciones para mejorar la calidad de vida.

La malformación aneurismática de la vena de Galeno es una patología con un amplio espectro de presentaciones clínicas que requiere un enfoque interdisciplinario para su manejo, involucrando a pediatras, neurólogos, radiólogos intervencionistas y neurocirujanos. La detección temprana y el tratamiento adecuado son cruciales para optimizar los resultados y minimizar las secuelas a largo plazo para los pacientes afectados por esta rara condición vascular

7.3.4 Clasificación

“La malformación aneurismática de la vena de Galeno es una rara y compleja condición vascular cerebral, cuya clasificación se basa en características anatómicas y hemodinámicas. Esta clasificación ayuda en la planificación del tratamiento y en la estimación del pronóstico para los pacientes afectados. Las clasificaciones más utilizadas son las propuestas por Yasargil y Raybaud, que dividen las malformaciones en diferentes tipos según la naturaleza de las conexiones arteriovenosas y las características estructurales de la malformación.”¹⁷

Clasificación de Yasargil: “Yasargil fue uno de los primeros en clasificar las malformaciones vasculares cerebrales, incluyendo las malformaciones de la vena de Galeno. Aunque su clasificación fue amplia y abarcó varias formas de malformaciones vasculares cerebrales, no se centró exclusivamente en la malformación de la vena de Galeno.”¹⁷. Sin embargo, su trabajo sentó las bases para la comprensión y clasificación de estas malformaciones, tal como lo menciona Borden, J. A., Wu, J. K., & Shucart, W.¹⁷

Clasificación de Raybaud: La clasificación propuesta por Raybaud es más específica para las malformaciones de la vena de Galeno y se basa en la anatomía angiográfica y el patrón de drenaje venoso. La función de la vena de Galeno radica en actuar como un puente conectivo entre el sistema venoso profundo del parénquima cerebral y los senos venosos. Este puente vascular desempeña un papel crucial en la circulación venosa intracraneal, facilitando el drenaje de sangre desde regiones profundas del cerebro hacia los senos venosos, contribuyendo así a la adecuada circulación venosa cerebral. Esta clasificación distingue principalmente dos tipos de malformaciones, al ser mencionado por Borden, J. A., Wu, J. K., & Shucart, W. A¹⁷:

- Malformación Aneurismática de la Vena de Galeno (MAVG): se caracteriza por la presencia de un verdadero aneurisma de la vena de Galeno. Se presenta una anomalía vascular congénita poco frecuente, con una incidencia de 1:25,000 en recién nacidos. Esta condición afecta por igual a ambos sexos y representa el 33% de las malformaciones arteriovenosas cerebrales infantiles. El término engloba un conjunto heterogéneo de malformaciones vasculares, siendo una de las más comunes la dilatación de la vena de Galeno asociada a un cortocircuito arteriovenoso. Esta forma es típicamente el resultado de conexiones arteriovenosas que drenan directamente en la vena de Galeno, causando su dilatación.
- Malformación Arteriovenosa (MAV) del cerebro medio con drenaje a la vena de Galeno: en esta variante, la malformación arteriovenosa se localiza en el tejido cerebral circundante, con múltiples alimentadores arteriales que drenan hacia una vena colectora dilatada, que a su vez drena en la vena de Galeno. A pesar de opciones avanzadas de imagen, la angiografía digital sigue siendo el método diagnóstico preferido. Se han propuesto tres criterios diagnósticos para las malformaciones arteriovenosas galénicas: la presencia de un tiempo de circulación ultrarrápido, una arteria aferente con mayor diámetro que el resto, y llenado directo con fenómeno "chorro" de una várice venosa. Esta forma es más compleja y puede ser más difícil de tratar debido a la extensión de la MAV.

La clasificación de las malformaciones de la vena de Galeno es crucial para el manejo clínico de esta condición. Las manifestaciones clínicas varían considerablemente, dependiendo de la edad en la que se manifieste la enfermedad y del tamaño de la

malformación. En el neonato, los síntomas pueden incluir soplo craneal o insuficiencia cardíaca congestiva (ICC). Durante la infancia temprana, se expresan con macrocefalia, hidrocefalia, ICC y convulsiones. En niños mayores y adultos, se presentan con cefalea, síncope por esfuerzo y hemorragia subaracnoidea. Diferenciar entre las formas aneurismáticas y las malformaciones arteriovenosas con drenaje en la vena de Galeno permite a los médicos: desarrollar un plan de tratamiento más específico y dirigido, informar sobre el pronóstico basado en la tipología y la severidad de la malformación, comunicar de manera efectiva sobre la condición y sus posibles intervenciones con el equipo de atención médica y con los familiares del paciente.

“El tratamiento varía significativamente dependiendo del tipo de malformación. Las opciones incluyen el manejo conservador, procedimientos endovasculares como la embolización, y en algunos casos, cirugía abierta. La elección del tratamiento se basa en la evaluación de los riesgos y beneficios, considerando factores como la edad del paciente, la presencia de síntomas, el riesgo de hemorragia, y las características específicas de la malformación.”¹⁷

7.3.5 Diagnóstico

El diagnóstico preciso de la malformación aneurismática de la vena de Galeno es fundamental para establecer un plan de tratamiento adecuado y mejorar los pronósticos de los pacientes. La evaluación diagnóstica involucra varias modalidades de imagen que proporcionan información detallada sobre la anatomía de la malformación, las conexiones arteriovenosas anormales y el flujo sanguíneo afectado, según Pabaney, A. H., Robin, A. M., Basheer, A., & Malik, G¹⁸:

Ultrasonido prenatal y ecografía transfontanelar: estas son herramientas de detección temprana, especialmente útiles para identificar la malformación antes del nacimiento y en neonatos. Con frecuencia, la detección se efectúa durante la ecografía prenatal de rutina, visualizando una imagen esférica y anecoica en la línea media. La aplicación del Doppler color revela la turbulencia característica. El ultrasonido también puede evidenciar anomalías en el cerebro y el sistema ventricular, como hidrocefalia o daño isquémico, así como manifestaciones adicionales como congestión cardiopulmonar y hídrops fetal. La

ecografía transfontanelar permite visualizar la estructura anormal a través de la fontanela abierta en la cabeza de los bebés.

Resonancia magnética (MRI) y angiografía por resonancia magnética (MRA): la MRI ofrece imágenes detalladas del cerebro y las estructuras vasculares, mientras que la MRA proporciona una visualización específica de los vasos sanguíneos. Juntas, estas técnicas ayudan a definir la extensión de la malformación y su impacto en el tejido cerebral circundante. La tomografía computarizada y la resonancia magnética, tanto en su versión simple como contrastada, han sido extensamente empleadas, principalmente para evaluar el daño en el parénquima. La tomografía computarizada facilita la detección de calcificaciones subcorticales.

Angiografía cerebral digital (DSA): es el estándar de oro para el diagnóstico de la malformación aneurismática de la vena de Galeno. Debido a su valor diagnóstico morfológico y la información adicional sobre los componentes arterial y venoso, fundamental para la planificación terapéutica (embolización transtorcular), en la actualidad, su justificación está estrechamente vinculada a la decisión de llevar a cabo el abordaje terapéutico simultáneo. Esto se debe a que existen varias opciones no invasivas para el diagnóstico. La DSA ofrece una imagen detallada del sistema vascular cerebral, permitiendo una evaluación precisa de las arterias alimentadoras, la vena de Galeno afectada y el patrón de drenaje venoso. Esta información es crucial para planificar el tratamiento.

7.3.6 Tratamiento quirúrgico

El tratamiento de la malformación aneurismática de la vena de Galeno es desafiante debido a su complejidad y la fragilidad de los pacientes afectados, especialmente neonatos y lactantes. El objetivo del tratamiento es reducir el flujo sanguíneo anormal a la malformación para prevenir complicaciones como la insuficiencia cardíaca, la hidrocefalia y las hemorragias cerebrales. A continuación, algunos tipos de tratamientos, según Litrán López¹⁹:

Manejo conservador: desde el punto de vista fisiopatológico, las fístulas arteriovenosas (FAV) generan cambios hemodinámicos locales que son comunes a todas las malformaciones arteriovenosas (MAV), tanto congénitas como adquiridas. La arteria

aferente drena directamente en una vena cortical, dando lugar a un cortocircuito arteriovenoso masivo, flujo turbulento y aumento de la presión venosa. En algunos casos, especialmente en malformaciones pequeñas y asintomáticas, se puede optar por un seguimiento cuidadoso sin intervención inmediata, monitoreando el crecimiento y el desarrollo del niño y la aparición de posibles síntomas.

Embolización endovascular: es el tratamiento de elección para la mayoría de los casos de malformación aneurismática de la vena de Galeno. Este procedimiento mínimamente invasivo implica el uso de catéteres para introducir materiales embólicos dentro de las conexiones arteriovenosas anormales, reduciendo así el flujo sanguíneo hacia la malformación. La embolización puede requerir varias sesiones para lograr una reducción significativa del flujo.

Cirugía abierta: la cirugía convencional es menos común debido al alto riesgo asociado con el procedimiento. La intervención quirúrgica inicial consiste en la evacuación y, posteriormente, la disección y clipado definitivo del trayecto fistuloso. Sin embargo, en casos seleccionados donde la embolización no es viable o ha sido incompleta, la cirugía puede ser necesaria para extirpar las conexiones arteriovenosas anormales o para tratar complicaciones como la hidrocefalia.

Tratamiento de complicaciones: además del tratamiento dirigido a la malformación en sí, es esencial manejar las complicaciones asociadas, como la insuficiencia cardíaca y la hidrocefalia. Esto puede incluir medicación para el control de la insuficiencia cardíaca, así como procedimientos quirúrgicos como la colocación de derivaciones para tratar la hidrocefalia. El manejo de la malformación aneurismática de la vena de Galeno requiere un enfoque multidisciplinario, involucrando a un equipo de especialistas en neonatología, neurocirugía, radiología intervencionista y pediatría, entre otros. La planificación del tratamiento se basa en una evaluación cuidadosa de cada caso individual, considerando la extensión de la malformación, la edad del paciente, y la presencia de síntomas o complicaciones

7.4 CAPITULO 4 ANEURISMAS CEREBRALES

Los aneurismas cerebrales son expansiones anormales de los vasos sanguíneos dentro del cerebro, generalmente causadas por una debilidad en la pared del vaso. Aproximadamente el 5% de la población sufre de esta condición, y su ruptura puede

resultar en una hemorragia subaracnoidea (HSA) muy grave. Entre el 5% y el 15% de todos los accidentes cerebrovasculares están relacionados con aneurismas cerebrales rotos. Alrededor del 45% de las personas con un aneurisma roto no logran llegar al hospital a tiempo para recibir tratamiento adecuado. Además, de los que sí llegan al hospital, un tercio quedará con discapacidades moderadas a graves de por vida. La hipertensión y el tabaquismo son factores de riesgo modificables que pueden influir en el desarrollo de los aneurismas cerebrales.

7.4.1 Etiología

“Los aneurismas cerebrales representan una de las patologías neurovasculares más críticas, caracterizados por la dilatación anormal de una arteria en el cerebro que puede llevar a la ruptura y hemorragia subaracnoidea, con consecuencias potencialmente fatales o debilitantes. Las mujeres representan aproximadamente dos tercios de todos los casos de aneurismas cerebrales, y el estado posmenopáusico es identificado como otro factor de riesgo significativo. El sexo femenino está asociado con un mayor riesgo de hemorragia subaracnoidea y una mayor tasa de mortalidad. Los casos de aneurismas cerebrales en el ámbito pediátrico son poco comunes. La etiología de los aneurismas cerebrales es multifactorial, involucrando tanto factores genéticos como ambientales.”²⁰

Factores genéticos: Tal como lo menciona Rocca, U., Rossell, A., Dávila, A., & Luis, L (20) “la predisposición genética juega un rol significativo en el desarrollo de aneurismas cerebrales. Estudios han demostrado que los individuos con antecedentes familiares de aneurismas tienen un riesgo mayor de desarrollar esta condición. Algunas enfermedades genéticas, como la poliquistosis renal autosómica dominante, el síndrome de Marfan, y el síndrome de Ehlers-Danlos tipo IV, también se asocian con un incremento en el riesgo de formación de aneurismas debido a la debilidad inherente en la pared arterial.”

Factores ambientales: Los factores de riesgo ambientales y el estilo de vida pueden contribuir significativamente a la formación y ruptura de aneurismas cerebrales. Entre estos factores se incluyen:

Hipertensión: la presión arterial elevada puede aumentar la tensión en las paredes arteriales, contribuyendo a la formación y crecimiento de aneurismas. Fumar: el tabaquismo es un factor de riesgo bien establecido para el desarrollo de aneurismas cerebrales, así como para su ruptura. Uso excesivo de alcohol: el consumo elevado de alcohol puede aumentar el riesgo de ruptura de aneurismas existentes.

Traumatismo craneal: lesiones severas en la cabeza pueden dañar las arterias cerebrales y llevar a la formación de aneurismas. Edad y sexo: los aneurismas cerebrales tienden a ser más comunes en adultos que en niños y son más frecuentes en mujeres que en hombres, posiblemente debido a las diferencias en los perfiles hormonales y a factores genéticos. Aterosclerosis: el endurecimiento de las arterias debido a la acumulación de placas puede contribuir a la formación de aneurismas al dañar la integridad de la pared arterial. Infecciones: en casos raros, las infecciones pueden llevar a la formación de aneurismas micóticos.

Mecanismos de formación “Los aneurismas cerebrales se forman generalmente en los puntos de bifurcación de las arterias dentro del círculo de Willis, una red de vasos sanguíneos que suministra sangre al cerebro. La tensión hemodinámica en estas áreas de ramificación puede causar el adelgazamiento y debilitamiento progresivo de la pared arterial, eventualmente llevando a la dilatación y formación de un aneurisma.”²⁰. Los aneurismas cerebrales afectan a una porción significativa de la población mundial, aunque no todos los aneurismas llevan a síntomas clínicos o a rupturas. La epidemiología de los aneurismas cerebrales proporciona información esencial sobre su prevalencia, factores de riesgo asociados, y las tasas de ruptura, lo que es crucial para la prevención y el manejo de esta condición.

Derivado del estudio de Rocca ²⁰ se puede afirmar que:

- Prevalencia: se estima que entre el 1% y el 5% de la población general tiene un aneurisma cerebral no roto. Esta variabilidad depende de múltiples factores, incluyendo la edad, el género, la herencia genética y los factores de riesgo ambientales. Factores de riesgo: además de los factores genéticos y ambientales mencionados anteriormente, la prevalencia de aneurismas cerebrales está influenciada por la hipertensión, el tabaquismo y el consumo excesivo de alcohol.

Las mujeres presentan una mayor prevalencia que los hombres, particularmente después de la menopausia, lo que sugiere un posible papel de los factores hormonales.

- Ruptura de aneurismas: la ruptura de un aneurisma cerebral, que puede llevar a una hemorragia subaracnoidea, es una emergencia médica con una alta tasa de morbilidad y mortalidad. La incidencia anual de ruptura es aproximadamente del 1% al 3% para aneurismas no tratados, aunque varía según el tamaño y la ubicación del aneurisma, así como por la presencia de ciertos factores de riesgo. La ruptura intraoperatoria durante el procedimiento de clipaje constituye una preocupación significativa, con una tasa de riesgo que oscila entre el 20% y el 40%. Este riesgo se traduce en un aumento notable de las tasas de mortalidad y morbilidad, que alcanzan el 35%.

7.4.2 Clasificación de los aneurismas cerebrales

Se estima que aproximadamente el 95% de todos los aneurismas cerebrales son defectos adquiridos de manera esporádica. Se sostiene la creencia de que menos del 5% de estos aneurismas son de origen congénito o se deben a enfermedades genéticas. Los aneurismas cerebrales se pueden clasificar de varias maneras, basándose en su forma, tamaño y la etiología de su formación. Esta clasificación es fundamental para determinar el riesgo de ruptura y la estrategia de tratamiento más adecuada. En ese sentido se pueden mencionar, Rocca²⁰:

Por forma:

Sacular o en baya: Los aneurismas saculares, denominados así debido a su forma de globo, representan alrededor del 90% de todos los aneurismas. La principal preocupación con los aneurismas saculares es el riesgo de ruptura, lo que podría ocasionar una hemorragia interna grave. La ruptura de un aneurisma sacular puede tener consecuencias potencialmente mortales. Los factores de riesgo asociados con la formación de aneurismas incluyen la presión arterial alta, la aterosclerosis y ciertos trastornos genéticos. La mayoría de los aneurismas cerebrales son saculares, caracterizados por una dilatación redondeada que se proyecta desde un punto en una arteria. Son los más propensos a la ruptura.

Fusiformes: se dilatan en todas direcciones, formando una expansión alargada de la arteria sin un cuello distinto. En un aneurisma fusiforme, la pared del vaso sanguíneo se debilita y se ensancha, creando una dilatación tubular. Esta forma de aneurisma puede afectar tanto a arterias como a venas. Pueden ocurrir en diversas ubicaciones del sistema vascular y están asociados con varias condiciones médicas, como aterosclerosis, inflamación de las paredes vasculares o trastornos genéticos que afectan la estructura de los vasos sanguíneos.

Por tamaño: Es importante tener en cuenta que estas categorías pueden variar en diferentes contextos médicos y entre profesionales de la salud. Además, la decisión de tratar un aneurisma a menudo depende de varios factores adicionales, como la ubicación del aneurisma, la forma, la presencia de síntomas, la salud general del paciente y otros riesgos asociados. La clasificación de los aneurismas por tamaño es una categorización que se utiliza para describir la magnitud o el diámetro de los aneurismas. La definición de estas categorías puede variar según la ubicación del aneurisma y las guías médicas específicas, pero a menudo se clasifican en términos de su tamaño máximo. A continuación, se presentan las categorías típicas:

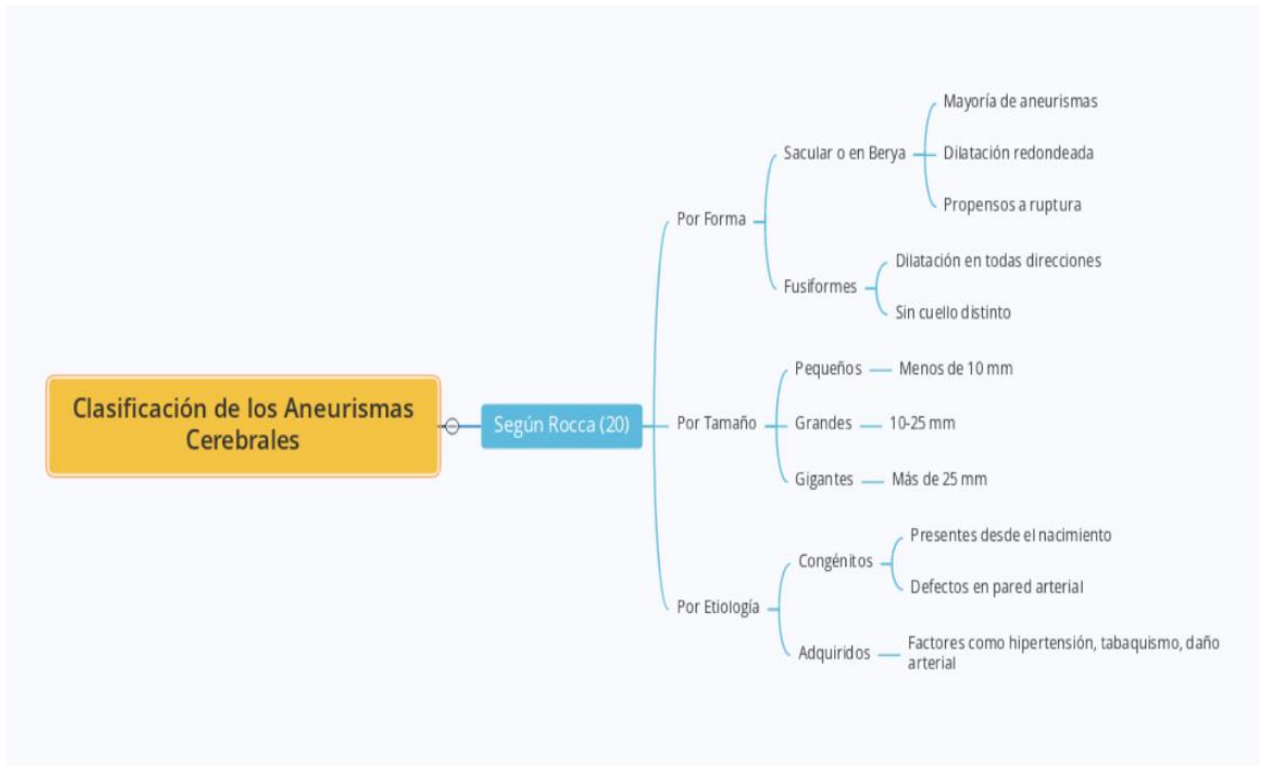
- Pequeños: Menos de 10 mm.
- Grandes: 10-25 mm.
- Gigantes: Más de 25 mm.

Por etiología:

Aneurismas congénitos: generalmente se refiere a aneurismas que están presentes desde el nacimiento, a menudo relacionados con defectos en la pared arterial. Los aneurismas congénitos son dilataciones anormales de los vasos sanguíneos que están presentes desde el nacimiento y que resultan de anomalías estructurales o del desarrollo durante la gestación. La presencia de un aneurisma congénito puede variar en gravedad y síntomas. Algunos pueden ser pequeños y pasar desapercibidos durante mucho tiempo, mientras que otros pueden causar complicaciones graves, como la ruptura del vaso sanguíneo y hemorragias internas.

Aneurismas adquiridos: pueden desarrollarse debido a factores como la hipertensión, el tabaquismo o el daño arterial. A diferencia de los aneurismas congénitos, los aneurismas adquiridos se forman debido a factores como la aterosclerosis o la debilidad en la pared vascular, los aneurismas congénitos tienen su origen en problemas durante la formación embrionaria.

Figura 2: Clasificación de los aneurismas



Fuente: Rocca, U. 2021

La determinación del tipo de aneurisma es esencial para evaluar el riesgo de ruptura y para guiar las decisiones de tratamiento. A diferencia de los aneurismas adquiridos, que se forman debido a factores como la aterosclerosis o la debilidad en la pared vascular, los aneurismas congénitos tienen su origen en problemas durante la formación embrionaria. Los aneurismas grandes y gigantes, así como los aneurismas saculares en ciertas ubicaciones, como la arteria comunicante anterior, tienen un riesgo más alto de ruptura y pueden requerir intervención más agresiva.

7.4.4 Fisiopatología

La fisiopatología de los aneurismas cerebrales se centra en la formación, crecimiento y eventual ruptura de una dilatación en la pared de una arteria cerebral, implica una serie de procesos que conducen a la formación, crecimiento y, en algunos casos, ruptura de estas dilataciones anormales en los vasos sanguíneos. A continuación, se describe de manera general la fisiopatología de los aneurismas. Este proceso es el resultado de una interacción compleja de factores mecánicos, hemodinámicos y biológicos que contribuyen al debilitamiento de la pared arterial, tal como hace mención, Rocca²⁰:

Debilitamiento de la pared arterial: los aneurismas cerebrales se forman en puntos de la pared arterial que están debilitados, a menudo en bifurcaciones arteriales donde la tensión hemodinámica es mayor. Factores como la hipertensión y la aterosclerosis pueden exacerbar este debilitamiento. **Cambios hemodinámicos:** el flujo sanguíneo turbulento en puntos de ramificación arterial puede contribuir al desarrollo y expansión de aneurismas. Las fuerzas de cizalladura desiguales pueden provocar cambios en las células endoteliales, lo que lleva a una remodelación negativa de la pared arterial.

Inflamación y degradación de la matriz: la inflamación juega un papel crucial en la patogenia de los aneurismas cerebrales. La activación de cascadas inflamatorias puede llevar a la degradación de componentes estructurales clave de la pared arterial, como el colágeno y la elastina, a través de la acción de metaloproteinasas de matriz y otros mediadores. **Ruptura de aneurisma:** la ruptura ocurre cuando las fuerzas hemodinámicas y el debilitamiento progresivo de la pared del aneurisma superan la capacidad de la pared para resistir la presión arterial. Esto resulta en la hemorragia subaracnoidea, una emergencia médica con altas tasas de morbilidad y mortalidad.

7.4.5 Clínica de los aneurismas cerebrales

La presentación clínica de los aneurismas cerebrales puede variar según diversos factores, incluyendo el tamaño, la ubicación y si han sufrido alguna ruptura. Es importante destacar que la presentación clínica puede variar considerablemente y que la presencia de uno o varios de estos síntomas debe evaluarse por un profesional de la salud. La

hemorragia subaracnoidea debido a la ruptura de un aneurisma es una emergencia médica y requiere atención inmediata. La presentación clínica de los aneurismas cerebrales varía desde la ausencia de síntomas hasta la ruptura catastrófica con hemorragia subaracnoidea, según, Rocca²⁰:

Aneurismas no rotos: La presentación clínica de los aneurismas cerebrales puede variar según diversos factores, incluyendo el tamaño, la ubicación y si han sufrido alguna ruptura muchos aneurismas cerebrales son asintomáticos y se descubren incidentalmente durante la evaluación de otra condición médica. Sin embargo, dependiendo de su tamaño y ubicación, pueden causar síntomas por compresión de estructuras circundantes, como dolores de cabeza, cambios en la visión, o parálisis de los nervios craneales.

Ruptura de Aneurisma: La ruptura de un aneurisma cerebral es una emergencia médica grave que puede tener consecuencias potencialmente mortales, es una emergencia médica caracterizada por un "dolor de cabeza trueno" súbito y extremadamente severo, a menudo descrito como el peor dolor de cabeza experimentado por el paciente. Otros síntomas pueden incluir náuseas, vómitos, rigidez de nuca, pérdida de conciencia y, en casos graves, muerte súbita.

Hemorragia subaracnoidea (HSA): La HSA se refiere a la acumulación de sangre en el espacio subaracnoideo, que es el espacio entre las membranas aracnoideas y piamadre que rodean el cerebro. La ruptura de un aneurisma conduce a la HSA, que puede causar un aumento rápido en la presión intracraneal, daño cerebral, vasoespasmos (estrechamiento de los vasos sanguíneos cerebrales), y otras complicaciones neurológicas.

El diagnóstico de aneurismas cerebrales involucra técnicas de imagen avanzadas como la tomografía computarizada (TC), la resonancia magnética (MRI) y, especialmente, la angiografía cerebral digital (DSA), que proporciona la visualización más detallada de la anatomía vascular cerebral. El tratamiento de los aneurismas cerebrales busca prevenir la ruptura en aneurismas no rotos y manejar las complicaciones de los aneurismas rotos. Las opciones de tratamiento incluyen la observación, el manejo médico del riesgo, y procedimientos intervencionistas como la embolización endovascular con coils o la colocación de stents, y la cirugía de clipado de aneurismas.

7.4.6 Diagnóstico

El diagnóstico de los aneurismas cerebrales es crucial para prevenir la ruptura y las consecuencias potencialmente fatales de una hemorragia subaracnoidea. La detección precisa de un aneurisma cerebral implica el uso de técnicas de imagen avanzadas que proporcionan información detallada sobre la ubicación, el tamaño, la forma y la relación del aneurisma con las estructuras circundantes. Estas herramientas de diagnóstico son fundamentales no solo para identificar la presencia de un aneurisma sino también para guiar la planificación del tratamiento, según, Rocca (20):

Técnicas de diagnóstico:

Tomografía computarizada (TC): la TC es a menudo el primer examen realizado en pacientes que llegan al servicio de emergencias con síntomas de una hemorragia subaracnoidea, como un dolor de cabeza severo y repentino. El diagnóstico de aneurismas mediante tomografía computarizada (TC) es una herramienta comúnmente utilizada en la evaluación de pacientes con sospecha de enfermedades cerebrovasculares. La TC proporciona imágenes detalladas del cerebro y sus estructuras vasculares, permitiendo la detección de aneurismas. Una TC sin contraste puede detectar rápidamente la presencia de sangre en el espacio subaracnoideo o dentro del cerebro.

Tomografía computarizada angiografía (TCA): la TCA involucra la inyección de un medio de contraste y proporciona imágenes detalladas de los vasos sanguíneos cerebrales. Es útil para identificar aneurismas y determinar su tamaño y forma. La reconstrucción tridimensional de las imágenes obtenidas durante la Angio-TC proporciona una representación detallada y espacialmente precisa de la anatomía vascular cerebral.

Resonancia magnética (MRI) y angiografía por resonancia magnética (MRA): la MRI ofrece imágenes detalladas del cerebro, y la MRA se enfoca específicamente en los vasos sanguíneos. Ambas pueden ser empleadas para detectar aneurismas y evaluar la anatomía cerebral sin exposición a la radiación. La AngioResonancia es una opción valiosa para la detección y caracterización de aneurismas cerebrales, ofreciendo una

alternativa no invasiva y sin radiación para la evaluación vascular cerebral. El enfoque diagnóstico dependerá de la situación clínica y las necesidades individuales del paciente.

Angiografía cerebral digital (DSA): considerada el estándar de oro para el diagnóstico de aneurismas cerebrales, la DSA proporciona la visualización más precisa de la anatomía vascular. La angiografía cerebral convencional es un procedimiento en el que se introduce un catéter a través de una arteria y se guía hasta los vasos cerebrales. Se inyecta un medio de contraste radiopaco que permite la visualización de los vasos sanguíneos, incluyendo aneurismas, durante la angiografía, se adquieren imágenes digitales en tiempo real que muestran la anatomía vascular cerebral.

Criterios para el diagnóstico: El diagnóstico de un aneurisma se realiza mediante una combinación de evaluación clínica, pruebas de diagnóstico por imágenes y, en algunos casos, procedimientos invasivos. La elección de la modalidad de diagnóstico dependerá de la presentación clínica, la disponibilidad de recursos y la necesidad de intervenciones terapéuticas. El diagnóstico definitivo de un aneurisma cerebral y la decisión de tratamiento se basan en varios factores, incluyendo: tamaño y forma, estado del paciente.

Tamaño y forma del aneurisma: los aneurismas más grandes y aquellos con ciertas configuraciones, como un cuello ancho o una forma irregular, tienen un mayor riesgo de ruptura. Ubicación: la ubicación del aneurisma influye en las opciones de tratamiento y el riesgo de complicaciones. El diagnóstico completo de un aneurisma implica una evaluación detallada de estos aspectos mediante técnicas de imagen, como la tomografía computarizada (TC), la resonancia magnética (RM) y la angiografía.

Estado del paciente: la edad, la salud general, los síntomas y los factores de riesgo individuales del paciente también son consideraciones importantes en la planificación del tratamiento. El diagnóstico temprano y preciso de los aneurismas cerebrales es fundamental para implementar estrategias efectivas de manejo que puedan prevenir la ruptura y mejorar los resultados para los pacientes. . La decisión de tratamiento también dependerá de estos factores, junto con la salud general del paciente y otros factores clínicos

7.5 CAPITULO V TRATAMIENTO DE LAS ANEURISMAS CEREBRALES

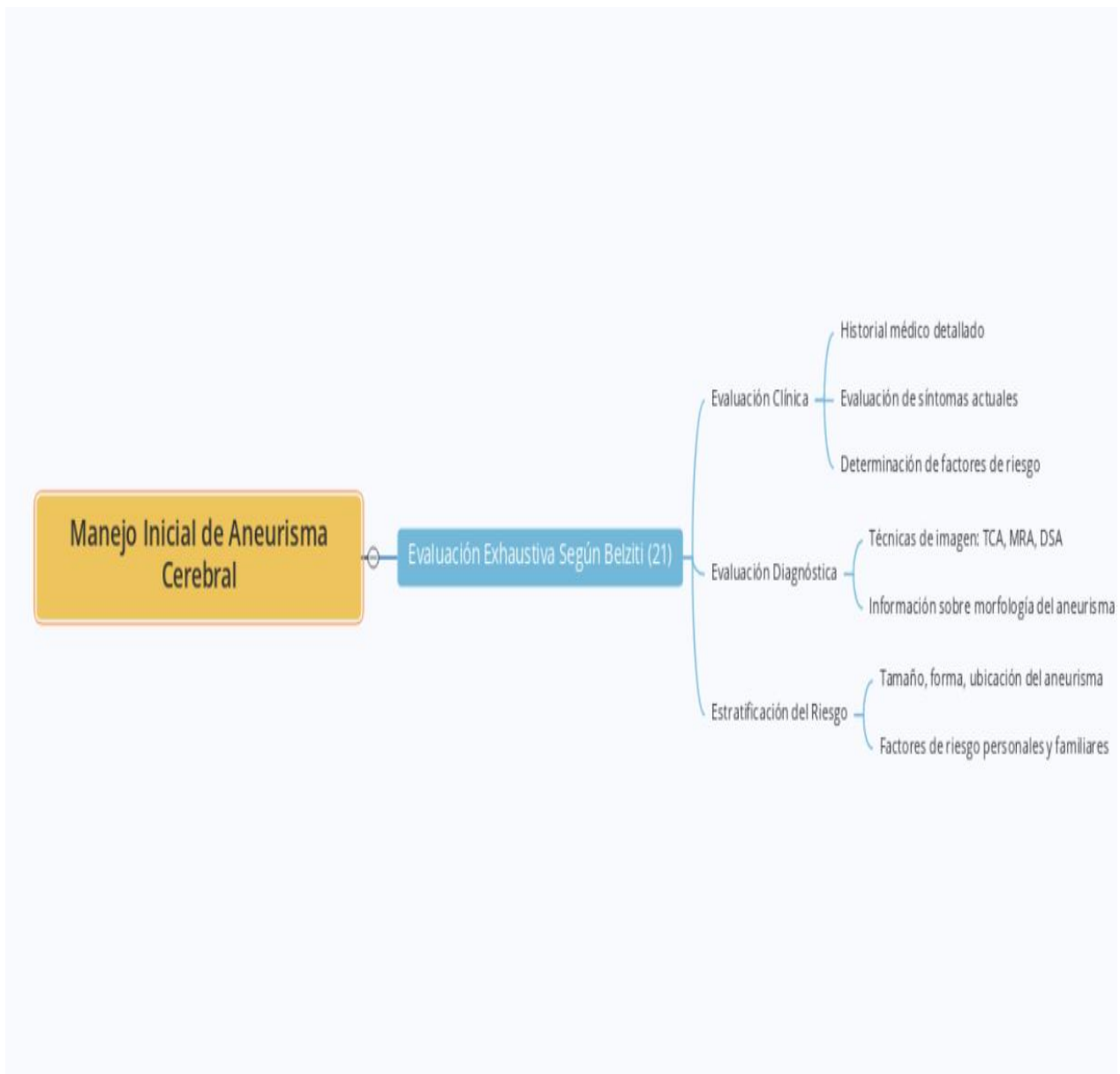
El tratamiento de los aneurismas cerebrales representa un desafío clínico, con el objetivo de prevenir la ruptura del aneurisma y las complicaciones asociadas, como la hemorragia subaracnoidea. La estrategia de tratamiento se basa en una evaluación cuidadosa de los riesgos y beneficios, teniendo en cuenta factores como el tamaño y la ubicación del aneurisma, la edad y el estado de salud general del paciente, así como la presencia de síntomas.

7.5.1 Manejo inicial

El enfoque inicial del tratamiento se determina según la presentación del paciente y el estado del aneurisma. La primera estrategia médica implica la implementación de un tratamiento antihipertensivo con el objetivo de mantener la presión arterial sistólica por debajo de 140 mmHg para prevenir la ruptura o el resangrado del aneurisma. En casos de aneurismas no rotos, se puede adoptar un enfoque más cauteloso en la planificación preoperatoria, considerando la ubicación y el tamaño, donde la opción de una espera vigilante puede ser una consideración. El manejo inicial de un aneurisma cerebral identificado implica una evaluación exhaustiva para determinar el riesgo de ruptura y las opciones de tratamiento más adecuadas. Esta fase puede incluir, según Belziti²¹:

Evaluación clínica: recopilación de un historial médico detallado, evaluación de los síntomas actuales, y determinación de factores de riesgo para la ruptura del aneurisma. Evaluación diagnóstica: uso de técnicas de imagen avanzadas como la TCA, MRA o DSA para obtener información detallada sobre la morfología del aneurisma. Estratificación del riesgo: consideración del tamaño, la forma y la ubicación del aneurisma, junto con factores de riesgo personales y familiares, para evaluar el riesgo de ruptura.

FIGURA 3 Manejo inicial.



Fuente: Belzit, H. 2021

7.5.2 Opciones de tratamiento

La historia de los aneurismas cerebrales ha cautivado a los cirujanos desde sus primeros descubrimientos. Los primeros intentos de tratamiento, registrados en el siglo XIX, se centraron en la ligadura de las arterias carótidas, una técnica popularizada por John Hunter con el propósito de redirigir el flujo sanguíneo. A pesar de su éxito frecuente en inducir trombosis intraluminal en el aneurisma, muchos pacientes experimentaron infartos incapacitantes que resultaron en hemiplejía.

Durante la década de 1960, las técnicas de recorte de aneurismas experimentaron varias mejoras. Los procedimientos modernos se fundamentan en tres técnicas principales: la sujeción, el enrollado y la utilización de stents o dispositivos de tubería para aislar de manera efectiva el saco del aneurisma y prevenir la ruptura. Las opciones de tratamiento para los aneurismas cerebrales varían desde el manejo conservador hasta intervenciones quirúrgicas o endovasculares, dependiendo de la evaluación de riesgo individual.

Manejo conservador: El manejo conservador, que incluye la monitorización regular y el control de factores de riesgo modificables (como la hipertensión y el tabaquismo), puede ser adecuado para aneurismas pequeños con bajo riesgo de ruptura. El enfoque conservador se utiliza en el tratamiento de aneurismas cuando no hay ruptura. Consiste en implementar medidas médicas, como el control de la presión arterial mediante la limitación de la presión sistólica a 140 mmHg, con el objetivo de prevenir la rotura o resangrado. En casos de aneurismas no rotos, se puede optar por una planificación preoperatoria más cuidadosa, considerando la ubicación y el tamaño del aneurisma. La estimación del riesgo de rotura a 5 años se realiza considerando la ubicación y el tamaño del aneurisma, siguiendo criterios como los publicados por Wiebers et al.

Tratamiento quirúrgico: Clipado de aneurisma: un procedimiento quirúrgico abierto que involucra la colocación de un clip metálico en el cuello del aneurisma para aislarlo del flujo sanguíneo y prevenir su ruptura. No obstante, al igual que en la técnica de enrollado, el clipaje también presenta el riesgo de desencadenar la rotura del aneurisma durante el procedimiento, en un fenómeno denominado "tijera", que puede ocurrir debido a fallas en el dispositivo o a una aplicación incorrecta.

Se ha considerado al clipaje de aneurismas como el estándar quirúrgico, aunque actualmente se prefiere generalmente el enrollamiento en espiral debido a su enfoque mínimamente invasivo. La selección apropiada de la población de pacientes es crucial. Las craneotomías mínimamente invasivas plantean un desafío para los enfoques endovasculares, pero su eficacia y seguridad no se comprenden completamente debido al bajo número de casos.

Tratamiento Endovascular: embolización con Coils, es una técnica de bobinado de aneurismas, introducida por Guido Guglielmi en 1991, utiliza bobinas de platino desmontables electrolíticamente. Estas bobinas desmontables de Guglielmi (GDC) se insertan en la cúpula del aneurisma a través de un catéter en un abordaje endovascular, con el propósito de inducir trombosis intraaneurismática y promover el crecimiento de tejido. A lo largo del tiempo, se han desarrollado sistemas de bobinas más complejas, que incluyen revestimientos de colágeno o polímeros biodegradables.

Belziti et al (21) destacan la efectividad y seguridad del tratamiento endovascular, especialmente la embolización con coils, para aneurismas cerebrales asintomáticos, subrayando su utilidad en la prevención de la ruptura de aneurismas y las consecuencias potencialmente devastadoras de la hemorragia subaracnoidea. Se han introducido otros dispositivos de soporte, como el stent-coiling, que utiliza un stent junto con una espiral para abordar aneurismas con formas complicadas o cuellos anchos, demostrando resultados comparables.

7.5.3 Técnica endovascular

La técnica endovascular ha ganado popularidad en las últimas décadas como un enfoque menos invasivo para el tratamiento de aneurismas cerebrales. Además, dispositivos oclusivos como el sistema embólico líquido Onyx se han utilizado con éxito para tratar aneurismas gigantes de cuello ancho y abordar complicaciones del enfoque endovascular, como punciones accidentales a través de la pared vascular. Un procedimiento mínimamente invasivo que implica el llenado del aneurisma con coils de platino a través de un catéter, induciendo la formación de un coágulo que excluye el aneurisma del flujo sanguíneo. Este método implica el uso de catéteres guiados a través del sistema vascular hasta llegar al aneurisma. Las técnicas endovasculares más comunes incluyen, según Vilalta²²: embolización con coils, stents y dispositivos de desvío de flujo.

Embolización con coils: Se han introducido otros dispositivos de soporte, como el stent-coiling, que utiliza un stent junto con una espiral para abordar aneurismas con formas complicadas o cuellos anchos, demostrando resultados comparables. Implica insertar espirales metálicas (coils) dentro del saco aneurismático para inducir la formación

de coágulos y prevenir el flujo de sangre hacia el aneurisma, reduciendo el riesgo de ruptura.

Stents y dispositivos de desvío de flujo: técnicas endovasculares que utilizan stents para estabilizar los coils o redirigir el flujo sanguíneo fuera del aneurisma, promoviendo su oclusión. El bobinado ha ganado popularidad en la última década debido a su naturaleza mínimamente invasiva y a los resultados perioperatorios mejorados. Sin embargo, investigaciones recientes indican que, en el caso de aneurismas muy pequeños (<3 mm), el enrollado puede tener ventajas superiores.

El ensayo internacional de aneurisma subaracnoideo (ISAT) reveló que la mortalidad o dependencia fueron significativamente mayores en los pacientes sometidos a clipaje aneurismático en comparación con el tratamiento endovascular. Mostró así mismo, que el resangrado fue más frecuente en el grupo endovascular que en el neuroquirúrgico. Las ventajas de las técnicas endovasculares incluyen un período de recuperación más corto y menos dolor postoperatorio en comparación con la cirugía abierta. Sin embargo, pueden ser necesarios procedimientos adicionales si el aneurisma no se ocluye completamente o si se produce una recanalización.

7.5.4 Tratamiento quirúrgico de aneurismas cerebrales

“El tratamiento quirúrgico tradicional para los aneurismas cerebrales implica una craneotomía para acceder directamente al aneurisma y aplicar un clip metálico en su base o cuello. Este clip aísla el aneurisma del flujo sanguíneo circulante, previniendo su ruptura. Aunque es más invasivo que el tratamiento endovascular, el clipado de aneurisma ofrece una solución permanente en muchos casos, con una baja tasa de recurrencia.”²²

Abordajes Operatorios en microneurocirugía: Las técnicas pueden incluir el clipaje del aneurisma, que implica colocar un clip metálico en la base del aneurisma para interrumpir el flujo sanguíneo y prevenir la ruptura. La microneurocirugía para aneurismas cerebrales utiliza técnicas quirúrgicas avanzadas y equipos especializados, como microscopios quirúrgicos, para permitir una visualización detallada y una manipulación precisa de estructuras neurológicas delicadas. Los abordajes operatorios en microneurocirugía incluyen, múltiples tipos de craneotomía y vías de abordaje

intracraneal, dependiendo la localización del aneurisma en la circulación anterior o posterior según Vilalta²²

Cada abordaje tiene sus propias ventajas y limitaciones, y la elección depende de la ubicación del aneurisma, su relación con las estructuras circundantes y la preferencia y experiencia del cirujano. El tratamiento óptimo para un aneurisma cerebral se determina individualmente, basándose en una evaluación cuidadosa de los riesgos y beneficios asociados con cada opción de tratamiento.

7.6 CAPITULO 6 OTROS USOS DEL VERDE INDOCIANINA EN LA ACTUALIDAD

La verde indocianina (ICG, por sus siglas en inglés) es un tinte fluorescente utilizado en diversas aplicaciones médicas, incluyendo la detección y el tratamiento de tumores hipofisarios. La verde indocianina es una molécula fluorescente utilizado en neurocirugía para diversas aplicaciones. Su uso se basa en su capacidad para emitir fluorescencia cuando se expone a luz infrarroja cercana. Algunos de los usos más comunes en neurocirugía incluyen la angiografía Intraoperatoria, para visualización de flujo sanguíneo, evaluar la perfusión cerebral y la vascularización de áreas específicas durante la cirugía, identificar vasos sanguíneos, evaluar la circulación cerebral y prevenir la isquemia. Se ha utilizado para ayudar a los cirujanos a identificar y delinear la extensión de los tumores cerebrales, especialmente aquellos cerca de áreas vasculares críticas.

Ayuda a la evaluación del flujo vascular, durante la reparación de aneurismas cerebrales, la ICG puede ayudar a visualizar la circulación sanguínea y asegurar la integridad vascular. En procedimientos de bypass vascular, la ICG se puede usar para evaluar la patencia del injerto y la circulación sanguínea. En cirugías de la médula espinal, la ICG se ha utilizado para evaluar la perfusión sanguínea y minimizar el riesgo de isquemia. La ICG puede ayudar a los cirujanos a identificar malformaciones vasculares y orientar la resección quirúrgica

A continuación, se abordan varios aspectos relacionados con el uso de ICG en este contexto:

7.6.1 Tumores hipofisarios

Los tumores hipofisarios son neoplasias que se originan en la glándula hipofisaria. El ICG se ha convertido en una herramienta valiosa para la detección de estos tumores debido a su capacidad para resaltar las lesiones durante la cirugía endoscópica transesfenoidal. El uso de verde de indocianina (ICG) en cirugías de tumores hipofisarios es una técnica que se emplea para evaluar la vascularización de la glándula pituitaria durante el procedimiento quirúrgico. El objetivo principal de utilizar ICG en cirugías de tumores hipofisarios es proporcionar información en tiempo real sobre la vascularización, lo que puede ser crucial para una resección segura y efectiva del tumor, minimizando el riesgo de complicaciones vasculares.

7.6.2 Etiología

La principal anomalía química reside en el exceso de hormona de crecimiento (HC), que se presenta en diversas formas debido a alteraciones en el procesamiento del ARN mensajero y modificaciones postraduccionales. Esta heterogeneidad abarca tanto el tamaño molecular como la carga molecular, atribuida a la presencia de formas oligoméricas y distintas asociaciones de la HC con proteínas en el plasma. Además, se observa la expresión de diversas formas moleculares monoméricas, como 22 K, 20 K, HC acetilada y HC deaminada. “La etiología de los tumores hipofisarios puede variar y puede estar relacionada con factores genéticos, hormonales o ambientales. Se han identificado mutaciones genéticas en algunos casos, mientras que otros tumores pueden estar relacionados con desequilibrios hormonales.” ²¹

7.6.3 Patogenia

La patogenia de los tumores hipofisarios puede implicar un crecimiento anormal de las células hipofisarias o una proliferación de células anormales. Esto puede dar lugar a una variedad de síntomas y manifestaciones clínicas. La patogenia de los adenomas hipofisarios, que son tumores que se desarrollan en la glándula hipofisis, implica una serie de procesos complejos y factores. Aquí se presenta una descripción general de la patogenia de los adenomas hipofisarios:

Mutaciones Genéticas: Las mutaciones en ciertos genes pueden desempeñar un papel crucial en el desarrollo de adenomas hipofisarios. Por ejemplo, mutaciones en el gen AIP (aril hidrocarbonado receptor de proteína de interacción) se han asociado con la aparición de adenomas. **Regulación hormonal desregulada:** La hipófisis está regulada por diversas señales hormonales que controlan su función. Alteraciones en la regulación hormonal pueden contribuir al desarrollo de adenomas, especialmente aquellos que secretan hormonas de manera excesiva, como las prolactinomas.

Factores Ambientales y Genéticos: Se ha observado una posible influencia de factores ambientales y genéticos en la predisposición a desarrollar adenomas hipofisarios en algunos casos. **Disfunción Celular y Proliferación Anormal:** Las células de la hipófisis pueden experimentar disfunciones que conducen a una proliferación celular anormal. Este crecimiento descontrolado da lugar a la formación de tumores. **Interacción con Microambiente Tumoral:** La interacción entre las células tumorales y su microambiente puede desempeñar un papel en el desarrollo y progresión de los adenomas hipofisarios.

Cambios Epigenéticos: alteraciones epigenéticas, como la metilación del ADN y las modificaciones en la estructura de la cromatina, pueden influir en la activación o desactivación anormal de genes asociados con la proliferación celular. **Expresión de Receptores Hormonales:** La expresión anormal de receptores hormonales en las células hipofisarias puede contribuir a la formación de adenomas secretantes de hormonas específicas, como prolactinomas o somatotropinomas.

7.6.4 Presentación clínica

La presentación clínica de los tumores hipofisarios puede variar ampliamente según el tipo de tumor y su tamaño. Los síntomas pueden incluir cambios en la visión, trastornos hormonales, dolores de cabeza y presión intracraneal elevada. Los adenomas hipofisarios se clasifican según su tamaño en microadenomas (menores de 1 cm) y macroadenomas (mayores de 1 cm), y el desarrollo de estos tumores puede depender de diversos factores genéticos y ambientales.

Clasificación: Los tumores hipofisarios se clasifican en varios tipos, incluyendo adenomas hipofisarios, craneofaringiomas y otros tumores menos comunes. La

clasificación es esencial para determinar el tratamiento más adecuado. Los adenomas hipofisarios se clasifican principalmente según su tamaño y la hormona que secretan. Es importante señalar que la patogenia de los adenomas hipofisarios puede variar según el tipo específico de tumor y la hormona que secreta

Por Tamaño: Microadenomas, son tumores hipofisarios con un diámetro menor de 1 cm. Macroadenomas, son tumores hipofisarios con un diámetro igual o mayor de 1 cm. Por Tipo de Hormona Secretada: Prolactinomas: Adenomas que secretan prolactina. Pueden causar trastornos menstruales, infertilidad y galactorrea. Somatotropinas: Adenomas que secretan hormona del crecimiento (GH). Pueden conducir a acromegalia en adultos o gigantismo en niños. Corticotropinomas: Adenomas que secretan hormona adrenocorticotropa (ACTH), provocando síndrome de Cushing. Tumores que Secretan Gonadotropinas: Adenomas que secretan hormonas que afectan las funciones gonadales.

7.6.6 Diagnóstico

La anomalía más significativa implica un exceso de hormona de crecimiento (HC) y de IGF-1 (Somatomedina C), constituyendo la base del diagnóstico. La prueba preferida para este propósito es la supresión de la hormona de crecimiento mediante una carga oral de glucosa. Se tiene conocimiento de que, en individuos normales, la administración de glucosa reduce los niveles de HC, pero esto no ocurre en personas con acromegalia. El diagnóstico de los tumores hipofisarios generalmente implica una combinación de estudios de imagen, como la resonancia magnética (RM) y la tomografía computarizada (TC), junto con análisis hormonales para evaluar la función de la glándula hipofisaria.

Diagnóstico diferencial: Es importante realizar un diagnóstico diferencial para distinguir los tumores hipofisarios de otras lesiones intracraneales que pueden presentar síntomas similares. Esto puede requerir una evaluación exhaustiva y pruebas adicionales. Los diagnósticos diferenciales más destacados se encuentran entre las lesiones de la silla turca: craneofaringioma, quiste de la Bolsa de Rathke, hiperplasia fisiológica de la glándula, Aneurismas de la región selar, meningioma, Hipofisitis.

7.6.7 Tratamiento

El tratamiento médico de los tumores hipofisarios puede incluir terapias farmacológicas para controlar la producción hormonal o reducir el tamaño del tumor. Estas terapias pueden ser efectivas en algunos casos, según, Belziti²¹. Tratamiento adyuvante. En algunos casos, se puede considerar el uso de tratamientos adyuvantes, como la radioterapia, después de la cirugía para tumores hipofisarios, especialmente si no se logra una resección completa del tumor. El seguimiento a largo plazo es esencial para monitorear la evolución de los tumores hipofisarios y evaluar la eficacia del tratamiento. Esto puede incluir pruebas de imagen periódicas y análisis hormonales.

Tratamiento quirúrgico: El tratamiento quirúrgico es una opción importante para muchos pacientes con tumores hipofisarios. Existen varios abordajes quirúrgicos para acceder a la glándula hipofisaria y extirpar el tumor. Los abordajes quirúrgicos pueden incluir la cirugía transesfenoidal endoscópica, que permite acceder a la hipófisis a través de la nariz y eliminar el tumor de manera mínimamente invasiva. Otros abordajes pueden requerir una craneotomía para acceder al tumor desde la parte superior del cráneo.

Abordaje endonasal-transesfenoidal: El abordaje endonasal-transesfenoidal es una técnica quirúrgica que utiliza el ICG para guiar la resección del tumor. El ICG se inyecta en el paciente y, bajo iluminación especial, permite una visualización mejorada del tumor y sus límites, lo que ayuda al cirujano a eliminarlo de manera más precisa.

Abordaje transcraneal: En casos más complejos, puede ser necesario un abordaje transcraneal, que implica la apertura del cráneo para acceder al tumor. Esta técnica se utiliza cuando el tumor es grande o está ubicado en una posición que no es accesible a través de la nariz.

Abordaje transeptal: El abordaje transeptal es otra opción quirúrgica que puede utilizarse para acceder a la hipófisis y extirpar tumores. Se realiza a través de una incisión en el tabique nasal. Belziti et al ²¹ han investigado el tratamiento endovascular de aneurismas cerebrales asintomáticos, mientras que Vilalta et al (22) han analizado tendencias en el tratamiento de los aneurismas cerebrales. Estos estudios ofrecen información valiosa sobre las opciones de tratamiento de los aneurismas cerebrales, lo

que puede ser relevante en el contexto de los tumores hipofisarios y otras afecciones cerebrales.

7.7 CAPITULO 7 VIDEOANGIOGRAFIA CON VERDE INDOCIANINA

La videoangiografía con verde indocianina (ICG-VA) es una técnica valiosa en neurocirugía que permite la visualización en tiempo real de la vascularización cerebral durante la cirugía. En este capítulo, se explorará el uso de ICG-VA y su comparación con la arteriografía en el contexto de la neurocirugía. La videoangiografía intraoperatoria con ICG es esencial en neurocirugía porque proporciona información en tiempo real sobre la irrigación sanguínea, lo que ayuda a los cirujanos a evaluar la perfusión cerebral y a identificar posibles problemas, como obstrucciones o malformaciones vasculares, durante la intervención quirúrgica.

7.7.1 Videoangiografía con verde indocianina

“La videoangiografía con verde indocianina es una técnica de imagen que utiliza la verde indocianina, una molécula fluorescente, para visualizar el flujo sanguíneo en los vasos cerebrales durante una cirugía. Esta técnica proporciona imágenes dinámicas y en tiempo real de la vascularización cerebral, lo que permite al cirujano evaluar la perfusión y la patología vascular mientras opera. La videoangiografía intraoperatoria con ICG es valiosa en neurocirugía porque proporciona información en tiempo real sobre la irrigación sanguínea, lo que ayuda a los cirujanos a evaluar la perfusión cerebral y a identificar posibles problemas, como obstrucciones o malformaciones vasculares, durante la intervención quirúrgica.”²³

Comparación prospectiva de videoangiografía intraoperatoria con arteriografía: El estudio realizado por Raabe et al (23) se centró en la comparación prospectiva entre la videoangiografía intraoperatoria con verde indocianina y la arteriografía, una técnica de imagen estándar para evaluar la vascularización cerebral. Este estudio arrojó resultados valiosos que respaldan la utilidad de la videoangiografía con verde indocianina en la neurocirugía. A continuación, se presentan algunos hallazgos clave: sensibilidad y especificidad, toma de decisiones.

Sensibilidad y especificidad: la videoangiografía con verde indocianina demostró una alta sensibilidad y especificidad en la detección de patologías vasculares, lo que la convierte en una herramienta confiable para evaluar la perfusión cerebral intraoperatoriamente. Tiempo y recursos: la videoangiografía con verde indocianina fue más rápida y menos invasiva en comparación con la arteriografía, lo que resultó en una reducción del tiempo quirúrgico y una menor exposición del paciente a radiación.

Toma de decisiones inmediata: la capacidad de obtener imágenes en tiempo real con ICG-VA permitió a los cirujanos tomar decisiones inmediatas durante la cirugía, como la revascularización de áreas críticas o la modificación de la estrategia quirúrgica. Reducción de complicaciones: la capacidad de evaluar la perfusión en tiempo real contribuyó a la reducción de complicaciones intraoperatorias relacionadas con la isquemia cerebral.

En este procedimiento, se inyecta el ICG en el torrente sanguíneo del paciente, y la sustancia fluye a través de los vasos sanguíneos en el área de interés. Luego, se utiliza una cámara especial sensible a la fluorescencia para capturar imágenes del flujo sanguíneo en el cerebro. La ICG emite una luz verde fluorescente cuando es excitada por la luz infrarroja cercana. Se ha convertido en una herramienta esencial en neurocirugía para evaluar la perfusión cerebral y detectar patologías vasculares intraoperatoriamente. El estudio de Raabe et al²³ respalda su eficacia y ventajas sobre la arteriografía en términos de rapidez y seguridad.

7.2.1 Historia

La angiografía con verde de indocianina (ICG) es una técnica médica avanzada que ha evolucionado a lo largo de la historia. “La historia de la ICG se remonta a sus primeros experimentos en la década de 1950. Fue inicialmente utilizada en investigaciones de laboratorio y en estudios preclínicos para evaluar la circulación sanguínea en diversos órganos. Sin embargo, su aplicación clínica en humanos se desarrolló gradualmente a lo largo de las décadas siguientes.”²⁴

Con el tiempo, la ICG se ha utilizado en diversas especialidades médicas, incluyendo cirugía cardiovascular, oftalmología y neurocirugía. Su capacidad para

proporcionar imágenes en tiempo real de la perfusión sanguínea ha revolucionado la forma en que los médicos evalúan la circulación y toman decisiones clínicas cruciales. “Uno de los hitos significativos en la historia de la ICG fue su aprobación por parte de la Administración de Alimentos y Medicamentos de los Estados Unidos (FDA) en la década de 1950 como un agente de contraste seguro para su uso en procedimientos médicos. Esto allanó el camino para su aplicación en la angiografía y otros procedimientos de imagen médica.”²⁴

A medida que se exploraron nuevas aplicaciones, la neurocirugía emergió como un campo donde el ICG podría ser valioso. Su capacidad para resaltar estructuras vasculares en tiempo real fue reconocida como beneficiosa en procedimientos cerebrales. La ICG se ha convertido en una herramienta invaluable en la cirugía cerebrovascular, permitiendo a los neurocirujanos evaluar la perfusión cerebral durante la cirugía y detectar posibles complicaciones vasculares. Su historia está marcada por avances científicos y tecnológicos que han mejorado su seguridad y eficacia, lo que ha llevado a su uso generalizado en la práctica médica actual.

7.7.2 Propiedades bioquímicas

La verde de indocianina es un compuesto anfifílico de tricarbocianina con una masa de 751,4 Da. Se prepara en una solución acuosa con un pH de 6,5 para su administración mediante inyección intravenosa. La indocianina verde (ICG) es un compuesto químico con propiedades únicas que lo hacen adecuado para su uso en angiografía y otros procedimientos médicos. Aiba (2021) explora algunas de las propiedades bioquímicas conocidas de la ICG: fluorescencia, rápida distribución.

Fluorescencia: una de las propiedades más destacadas de la ICG es su capacidad para fluorescer cuando se ilumina con luz infrarroja cercana. Esta característica permite la obtención de imágenes en tiempo real de la circulación sanguínea, ya que la ICG se une a las proteínas plasmáticas y emite fluorescencia cuando está presente en la sangre.

Baja toxicidad: la ICG se considera un agente de contraste seguro, con una baja toxicidad. Se excreta principalmente a través del hígado y no se acumula en el cuerpo, lo que minimiza los riesgos para los pacientes.

Rápida distribución: después de la administración intravenosa, la ICG se distribuye rápidamente por todo el sistema circulatorio, lo que permite una rápida visualización de la perfusión en el área de interés. Visibilidad en infrarrojo cercano: la ICG es especialmente útil en la detección de estructuras vasculares debido a su visibilidad en el espectro de infrarrojo cercano, que puede penetrar los tejidos y proporcionar imágenes de alta resolución.

Mientras se encuentra en el espacio intravascular, la progresión de la descomposición del ICG libera moléculas individuales de oxígeno que se unen a los productos de degradación y se descomponen térmicamente en compuestos de carbonilo de baja toxicidad. Debido a la retención del oxígeno singulete dentro del sistema ICG, el colorante presenta una dosis letal (LD50) de 50 a 80 mg/kg. Con una dosis estándar de menos de 2 mg/kg, el ICG es prácticamente no tóxico, siempre y cuando el paciente no tenga alergia al yoduro. Estas propiedades bioquímicas hacen que la ICG sea una herramienta valiosa en procedimientos médicos que requieren la evaluación de la circulación sanguínea y la detección de patologías vasculares.

7.7.3 Metabolismo y toxicidad

La indocianina verde (ICG) es un compuesto químico utilizado en la medicina como agente de contraste para diversos procedimientos, incluyendo la angiografía y la evaluación de la perfusión sanguínea. Para comprender completamente su uso y seguridad, es esencial examinar su metabolismo y posibles efectos adversos. El metabolismo de la ICG es un proceso importante para comprender cómo el cuerpo procesa y elimina este agente de contraste. A continuación, se describen los aspectos clave de su metabolismo, según Ortiz Loyola, K.E²⁵: administración intravenosa, proceso de eliminación, toxicidad.

Administración intravenosa: la ICG se administra típicamente por vía intravenosa durante procedimientos médicos. Una vez inyectada en la sangre, se une principalmente a las proteínas plasmáticas, como la albúmina. Distribución rápida: la ICG se distribuye rápidamente por todo el sistema circulatorio y llega a los tejidos y órganos a través del flujo sanguíneo. Esto permite una visualización temprana de la perfusión en el área de interés.

Proceso de eliminación: la ICG es metabolizada por el hígado. Se excreta en la bilis y se elimina principalmente a través de la vesícula biliar y los intestinos. Una pequeña cantidad puede ser excretada por los riñones en la orina. No acumulación: una ventaja importante de la ICG es que no se acumula en el cuerpo, ya que es metabolizada y excretada rápidamente. Esto reduce el riesgo de toxicidad a largo plazo.

Toxicidad de la ICG: La ICG se considera un agente de contraste seguro con una baja incidencia de efectos adversos. El colorante tiene una dosis letal (LD50) de 50 a 80 mg/kg. Con una dosis estándar inferior a 2 mg/kg, el ICG es prácticamente no tóxico, a condición de que el paciente no tenga alergia al yoduro. Sin embargo, es esencial comprender los posibles riesgos y efectos secundarios asociados con su uso, según Ortiz Loyola, K.E²⁵: reacciones alérgicas, excreción renal.

Reacciones alérgicas: aunque son poco comunes, algunas personas pueden experimentar reacciones alérgicas leves, como urticaria o picazón, después de recibir ICG. En raras ocasiones, pueden ocurrir reacciones alérgicas graves, como anafilaxia, pero son extremadamente infrecuentes. Efectos sobre la función hepática: dado que la ICG es metabolizada por el hígado, su uso puede afectar temporalmente la función hepática. Esto suele ser reversible y no causa daño permanente en individuos con función hepática normal.

Excreción renal: aunque la ICG se excreta principalmente a través del hígado y la bilis, una pequeña cantidad puede ser eliminada por los riñones. Por lo tanto, se debe tener precaución en pacientes con disfunción renal. Acumulación en tejidos: a pesar de que no se acumula en el cuerpo a largo plazo, en casos excepcionales de disfunción hepática grave, la ICG puede acumularse en la piel, dando lugar a una coloración temporal de la piel que desaparece a medida que la función hepática se restablece.

En general, la ICG se considera segura y se utiliza ampliamente en la práctica médica debido a su bajo riesgo de toxicidad. Sin embargo, es esencial que los profesionales de la salud evalúen a los pacientes antes de su administración y tomen precauciones en casos de alergias conocidas o disfunción hepática significativa. Esta información proporciona una visión general del metabolismo y la toxicidad de la ICG en

el contexto médico. Como con cualquier agente de contraste, su uso debe estar respaldado por una evaluación clínica adecuada y una comprensión de los riesgos y beneficios.

7.2.4 Propiedades de fluorescencia

La fluorescencia verde de indocianina se destaca por su alto contraste y sensibilidad, ya que la luz infrarroja cercana utilizada para medir la fluorescencia hace que los tejidos parezcan más translúcidos, penetrando varios milímetros en el tejido en comparación con otras longitudes de onda. La molécula suele ser excitada entre 750 y 800 nm, y la fluorescencia se observa alrededor del pico máximo de 832 nm. Esta absorbancia máxima es ventajosa porque coincide con el punto isobéptico de la hemoglobina y la oxihemoglobina, el punto en el cual la absorbancia de las moléculas no se ve alterada después de un cambio químico o físico. Siendo una herramienta valiosa en la medicina, especialmente en la visualización de la vascularización y la perfusión sanguínea durante procedimientos médicos. A continuación, se abordan las propiedades de fluorescencia de la ICG y su aplicación en la práctica clínica, según Hocheimer²⁶:

Propiedades de fluorescencia de la ICG: A pesar de la interacción del ICG con las proteínas plasmáticas, es esencial tener en cuenta su propensión a la agregación al establecer los parámetros adecuados para su aplicación. En el caso de la inyección intravenosa, el agua se considera el solvente preferido, ya que el grupo sulfato del ICG favorece su solubilidad, mientras que la solución salina puede propiciar la agregación de la molécula. La ICG es un compuesto químico que muestra propiedades de fluorescencia cuando se expone a la luz adecuada. Estas propiedades son fundamentales para su uso en procedimientos médicos, y aquí se describen en detalle: emisión en el espectro infrarrojo cercano y eliminación rápida.

Emisión en el espectro infrarrojo cercano: la ICG emite fluorescencia en el espectro de luz infrarroja cercana (NIR), que tiene longitudes de onda más largas que la luz visible. Esta característica es esencial porque el NIR puede penetrar los tejidos biológicos con facilidad, lo que permite la visualización de estructuras internas sin dañar los tejidos. Unión a proteínas plasmáticas: en la sangre, la ICG se une principalmente a las proteínas

plasmáticas, como la albúmina. Esta unión proteica estabiliza la ICG y evita su degradación prematura.

Eliminación rápida: la ICG es metabolizada por el hígado y excretada en la bilis. Esta eliminación eficiente garantiza que no se acumule en el cuerpo y reduce el riesgo de toxicidad a largo plazo. **Aplicación en angiografía:** la propiedad más destacada de la ICG es su capacidad para resaltar la circulación sanguínea. Cuando se administra ICG intravenosamente y se ilumina con luz NIR, los vasos sanguíneos que contienen ICG emiten fluorescencia, lo que permite a los médicos visualizar la vascularización en tiempo real.

Aplicaciones clínicas: Las propiedades de fluorescencia de la ICG tienen diversas aplicaciones clínicas, incluyendo, según Hocheimer²⁶:

- **Angiografía cerebral:** en neurocirugía, la ICG se utiliza para visualizar la vascularización cerebral durante la cirugía, lo que ayuda a evitar complicaciones vasculares y garantiza la perfusión adecuada del tejido cerebral. **Cirugía oftalmológica:** la ICG se usa en oftalmología para evaluar la circulación en la retina y la coroides, lo que es crucial en el tratamiento de enfermedades oculares.
- **Cirugía de tejidos periféricos:** en cirugía plástica y reconstructiva, la ICG se utiliza para evaluar la perfusión de tejidos transplantados o reconstruidos. **Cirugía de mama:** en la cirugía de mama, la ICG se utiliza para evaluar la perfusión de los colgajos de tejido durante la reconstrucción mamaria. Las propiedades de fluorescencia de la ICG la hacen indispensable en la medicina moderna para la visualización de la circulación sanguínea y la evaluación de la perfusión en diversos procedimientos médicos. Su capacidad para proporcionar imágenes en tiempo real y su seguridad hacen de la ICG una herramienta valiosa en la práctica clínica.

7.7.5 Aplicación en cirugía neurovascular

La Indocianina Verde (ICG) es una herramienta invaluable en la cirugía neurovascular debido a sus propiedades de fluorescencia y su capacidad para visualizar la vascularización en tiempo real. Su aplicación en este campo ha transformado la forma en que los neurocirujanos abordan procedimientos cerebrales y vasculares. A continuación, se exploran las aplicaciones específicas de la ICG en cirugía neurovascular

a la luz de los estudios de Bischoff, Flower²⁷. La ICG se utiliza con frecuencia en la visualización de la vascularización cerebral durante procedimientos neuroquirúrgicos. A continuación, se describen algunas de las aplicaciones clave: clipaje de aneurismas, bypass cerebral, cirugías de malformaciones y fisutulas arteriovenosas y resección de tumores cerebrales.

Clipaje de aneurismas: Esta técnica ofrece a los neurocirujanos una herramienta valiosa para visualizar la vascularización y asegurar los aneurismas de manera precisa durante la cirugía. La fluorescencia del verde de indocianina facilita la identificación de los vasos sanguíneos y ayuda en la toma de decisiones intraoperatorias. Durante la cirugía de clipaje de aneurismas cerebrales, la ICG se inyecta en el sistema circulatorio del paciente. Cuando se ilumina con luz infrarroja cercana, los aneurismas y los vasos sanguíneos circundantes se vuelven visibles. Esto permite al cirujano identificar la ubicación exacta del aneurisma y aplicar el clip de manera precisa, evitando daños en los vasos cercanos.

Resección de tumores cerebrales: en la resección de tumores cerebrales, la ICG se usa para evaluar la perfusión de la zona cerebral. Esto ayuda al cirujano a determinar los límites tumorales y a preservar las áreas cerebrales críticas durante la extirpación del tumor. **Cirugía de arteriovenosa malformaciones (AVM):** la ICG es esencial en la cirugía de AVM cerebrales. Permite al cirujano identificar la AVM y evaluar la perfusión en tiempo real, lo que guía la resección y la preservación de tejido cerebral sano. **Cirugía de bypass cerebral:** en la cirugía de bypass cerebral, la ICG se utiliza para evaluar la patencia del injerto y la perfusión en la zona de anastomosis. Esto asegura un flujo sanguíneo adecuado después de la realización del bypass.

Ventajas y beneficios: La aplicación de la ICG en cirugía neurovascular puede ser limitado, pero ofrece información valiosa, especialmente para aquellos pacientes cuyos vasos sanguíneos de interés son visualizables mediante esta tecnología, su bajo riesgo de toxicidad y su rápida eliminación del cuerpo hacen que la ICG sea segura para su uso en procedimientos quirúrgicos. Ofrece varias ventajas y beneficios: visualización en tiempo real y preservación de la función de la función cerebral, tal como lo menciona Barajas (2019).²⁸

Visualización en tiempo real: la ICG proporciona imágenes dinámicas en tiempo real de la vascularización, lo que permite a los cirujanos tomar decisiones precisas durante la cirugía. Reducción de complicaciones: al visualizar con precisión los vasos sanguíneos y las estructuras cerebrales, se reduce el riesgo de complicaciones vasculares y daño cerebral.

Preservación de la función cerebral: la ICG ayuda a preservar las áreas cerebrales críticas durante la cirugía, lo que minimiza el riesgo de déficits neurológicos. Los cirujanos pueden emplear la Angiografía con Verde de Indocianina (ICGA) para identificar anomalías que podrían prevenir hemorragias y detectar oclusiones o malformaciones arteriovenosas. Sin embargo, la principal limitación de la ICGA en estos procedimientos radica en la visibilidad de los vasos sanguíneos de interés. En situaciones donde los vasos son opacos debido a la aterosclerosis o si un vaso está ubicado detrás del saco de un aneurisma, la visualización puede ser comprometida.

La Indocianina Verde es una herramienta esencial en la cirugía neurovascular moderna, los cirujanos tienen la capacidad de evaluar de manera comparativa el flujo sanguíneo en regiones específicas definidas por el usuario dentro del campo operatorio mediante el análisis de perfiles de fluorescencia. Su capacidad para visualizar la vascularización cerebral en tiempo real ha mejorado la precisión y la seguridad de los procedimientos, lo que beneficia a los pacientes al reducir el riesgo de complicaciones y mejorar los resultados quirúrgicos.

7.7.6 Aplicación intraoperatoria de microneurocirugía

La aplicación intraoperatoria de la Indocianina Verde (ICG) en microneurocirugía es una técnica avanzada que ha revolucionado la forma en que se abordan los procedimientos cerebrales y vasculares de alta precisión. La ICG, con sus propiedades de fluorescencia, permite a los cirujanos obtener información en tiempo real sobre la vascularización y la perfusión sanguínea durante la cirugía microneuroquirúrgica. A continuación, se abordan cómo se aplica la ICG en este contexto y sus beneficios asociados.

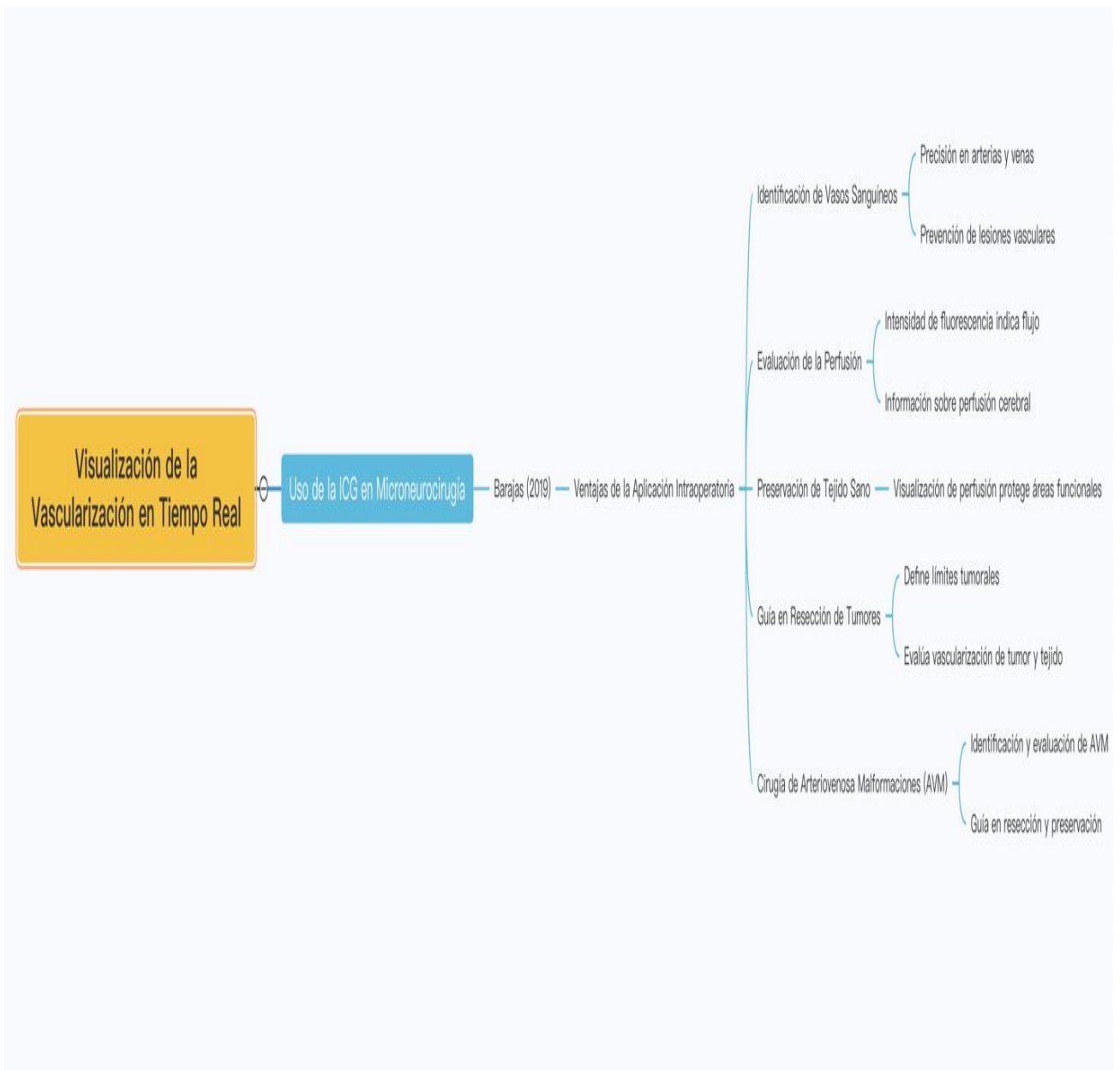
La ICG tiene la capacidad de observar la permeabilidad de los vasos sanguíneos, realizar un seguimiento completo del recorte de los aneurismas y evaluar el flujo

sanguíneo en cada rama de los vasos. Esto permite ajustar oportunamente el plan quirúrgico o la colocación del clip de aneurisma durante la operación, se utiliza en la microneurocirugía para la visualización de la vascularización cerebral y la perfusión sanguínea durante el procedimiento. Su aplicación intraoperatoria ofrece las siguientes ventajas, según Barajas (2019): identificación de vasos sanguíneos, preservación del tejido sano, resección de tumores cerebrales, cirugía de malformaciones y fistulas arteriovenosas cerebrales.

Identificación de vasos sanguíneos: la ICG permite a los cirujanos identificar con precisión los vasos sanguíneos, tanto arterias como venas, en el área quirúrgica. Esto es esencial para evitar lesiones vasculares accidentales durante la disección. Evaluación de la perfusión: los cambios en la intensidad de fluorescencia de la ICG a lo largo del tiempo indican la velocidad y la dirección del flujo sanguíneo. Esto proporciona información crucial sobre la perfusión de tejidos cerebrales y permite a los cirujanos tomar decisiones en tiempo real para optimizar la irrigación sanguínea.

Preservación de tejido sano: al visualizar la perfusión, los cirujanos pueden preservar el tejido cerebral sano circundante, lo que minimiza el riesgo de daño a áreas funcionales importantes. Guía en la resección de tumores: en la resección de tumores cerebrales, la ICG ayuda a definir los límites tumorales al evaluar la vascularización del tumor y el tejido circundante. Cirugía de arteriovenosa malformaciones (AVM): En la cirugía de AVM cerebrales, la ICG es esencial para identificar la AVM y evaluar la perfusión en tiempo real, lo que guía la resección y la preservación de tejido cerebral sano.

Figura 4: Uso de verde indocianina en microneurocirugía



Fuente: Barajas, V. 2019

La aplicación de ICG en microneurocirugía ha demostrado ser una herramienta valiosa para mejorar la visualización y la seguridad durante procedimientos delicados en el sistema nervioso central. La capacidad del ICG para fluorescer en el infrarrojo cercano proporciona imágenes claras y detalladas incluso en áreas profundas del cerebro. Proceso de aplicación: El proceso de aplicación de la ICG en la microneurocirugía suele

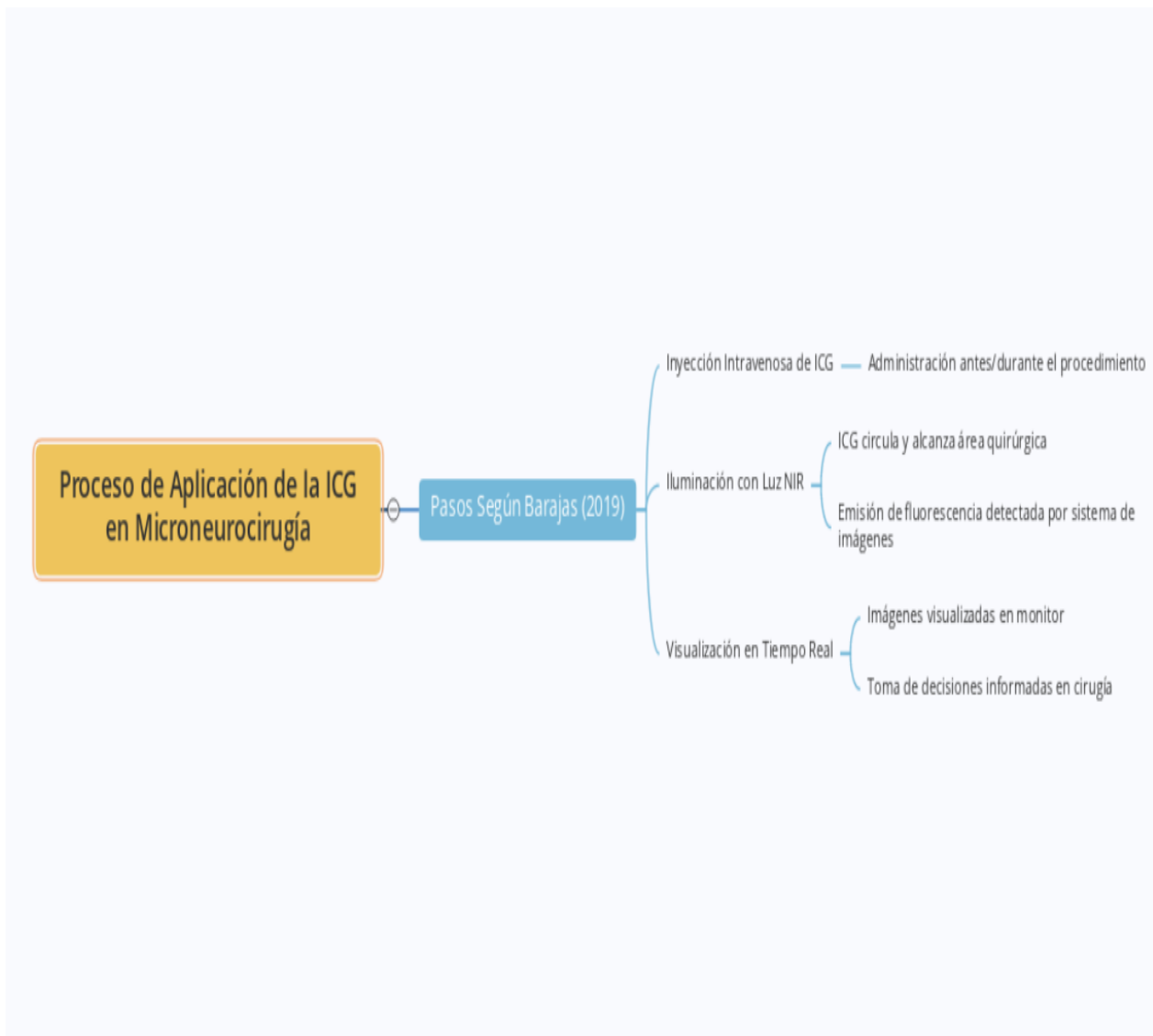
seguir estos pasos tal como lo menciona Barajas (2019): inyección intravenosa y visualización en tiempo real.

Inyección intravenosa de ICG: se administra una dosis de ICG al paciente por vía intravenosa antes o durante el procedimiento. Iluminación con luz NIR: una vez que la ICG ha circulado a través del sistema circulatorio y ha alcanzado el área quirúrgica, se ilumina con luz infrarroja cercana (NIR). Esto provoca que la ICG emita fluorescencia, que es detectada por un sistema de imágenes especializado. Tradicionalmente, este agente se utiliza en angiografía, con administración de una dosis en bolo y visualización inmediata de tejidos vascularizados, con una dosis de 0.2-0.5mg/kg, con una dosis estándar de menos de 2 mg/kg, ICG es prácticamente no tóxico, siempre que el paciente no tenga alergia al yoduro.

Visualización en tiempo real: las imágenes de fluorescencia se visualizan en tiempo real en un monitor, permitiendo al cirujano tomar decisiones basadas en la información proporcionada por la ICG, facilita la evaluación de la perfusión tisular. Los cirujanos pueden observar cómo fluye el colorante a través de los vasos sanguíneos, lo que ayuda a garantizar una adecuada irrigación sanguínea en áreas críticas.

Beneficios y avances: La aplicación intraoperatoria de la ICG en microneurocirugía ha revolucionado la precisión y la seguridad de estos procedimientos. Al permitir la visualización en tiempo real de la vascularización y la perfusión, los cirujanos pueden tomar decisiones más informadas y evitar complicaciones vasculares. Esto ha llevado a mejores resultados quirúrgicos y una mayor seguridad para los pacientes que se someten a cirugías cerebrales y vasculares de alta complejidad.

Figura 5: Aplicación de verde indocianina



Fuente: Barajas, V. 2019

La aplicación intraoperatoria de la Indocianina Verde (ICG) en microneurocirugía es un avance tecnológico crucial que ha transformado la manera en que se abordan los procedimientos cerebrales y vasculares de alta precisión. Este enfoque innovador se basa en las propiedades de fluorescencia de la ICG, lo que permite a los cirujanos obtener información en tiempo real sobre la vascularización y la perfusión sanguínea durante la cirugía microneuroquirúrgica.

Uno de los autores que ha contribuido significativamente a la comprensión y aplicación de la ICG en cirugía neurovascular es Dr. Albert L. Rhoton Jr²⁹. Su obra "The

"Cranial Anatomy and Surgical Approaches" es una referencia ampliamente reconocida en el campo de la neurocirugía. En su obra, el Dr. Rhoton²⁹ aborda en detalle la anatomía cerebral y las técnicas quirúrgicas avanzadas. En el contexto de la aplicación de la ICG en cirugía microneuroquirúrgica, el Dr. Rhoton²⁹ ha destacado la importancia de la visualización en tiempo real de la vascularización cerebral para garantizar la precisión y la seguridad en estos procedimientos.

La visualización en tiempo real de la vascularización cerebral es fundamental en la cirugía microneuroquirúrgica, ya que permite a los cirujanos identificar y preservar vasos sanguíneos críticos mientras realizan procedimientos delicados en el cerebro. La ICG facilita esta tarea al proporcionar una imagen clara de la perfusión sanguínea en el área quirúrgica. Cuando se inyecta ICG en el paciente y se ilumina con luz infrarroja cercana (NIR), los vasos sanguíneos se vuelven visibles en el monitor. Este enfoque permite a los cirujanos: identificar las arterias y venas, evaluar la velocidad del flujo sanguíneo y detectar cualquier obstrucción o malformación vascular.

La capacidad de ver la vascularización en tiempo real es especialmente beneficiosa en procedimientos como la resección de tumores cerebrales y la cirugía de malformaciones arteriovenosas (AVM). En estas cirugías, es esencial preservar el tejido cerebral sano mientras se abordan las áreas afectadas. La ICG proporciona una guía valiosa para asegurar que se mantenga una adecuada perfusión sanguínea en todo momento.

Beneficios clínicos: La aplicación de la ICG en microneurocirugía ha llevado a una serie de beneficios clínicos significativos como mayor precisión, los cirujanos pueden realizar procedimientos con una precisión excepcional al tener una visión clara de la vascularización cerebral, la visualización en tiempo real ayuda a evitar daños accidentales a los vasos sanguíneos, lo que reduce el riesgo de complicaciones vasculares y hemorragias, al identificar y preservar áreas cerebrales críticas, la ICG contribuye a minimizar el riesgo de déficits neurológicos, los pacientes que se someten a cirugías microneuroquirúrgicas asistidas por ICG a menudo experimentan una recuperación más rápida y resultados quirúrgicos mejorados.

La aplicación intraoperatoria de la Indocianina Verde en cirugía microneurovascular, como lo propone el Dr. Albert L. Rhoton Jr. en su obra "The Cranial Anatomy and Surgical Approaches", ha revolucionado la forma en que se abordan los procedimientos cerebrales y vasculares. Esta tecnología proporciona una visión en tiempo real de la vascularización cerebral, lo que aumenta la precisión y la seguridad en estos procedimientos altamente especializados. Como resultado, los pacientes se benefician de una atención quirúrgica de mayor calidad y mejores resultados en su recuperación

Es importante destacar que la investigación y aplicación de la Videoangiografía Intraoperatoria con Verde Indocianina (ICG) en la Patología Neurovascular es un campo en constante evolución y crecimiento. A medida que se avanza en la comprensión de las enfermedades y trastornos neurovasculares, esta tecnología juega un papel fundamental en la mejora de los procedimientos quirúrgicos y la atención al paciente. Esta investigación se ha centrado en la aplicación de la ICG para la visualización en tiempo real de la vascularización cerebral y la perfusión sanguínea durante procedimientos microneuroquirúrgicos. Como se ha discutido, esta técnica ofrece ventajas significativas en términos de precisión, seguridad y resultados clínicos mejorados.

Además, es importante destacar que la investigación y el desarrollo continuo en este campo pueden llevar a nuevas aplicaciones y refinamientos de la Videoangiografía con ICG. Estos avances pueden incluir mejoras en la tecnología de imágenes, protocolos de administración de ICG y la expansión de su uso a una variedad de trastornos neurovasculares, como aneurismas cerebrales, malformaciones arteriovenosas (AVM) y tumores cerebrales. A medida que los cirujanos y científicos siguen explorando las posibilidades de la ICG en la patología neurovascular, es esencial mantenerse actualizado sobre las últimas investigaciones y avances en este emocionante campo.

Esto garantizará que los pacientes reciban los beneficios más actualizados de esta tecnología innovadora y que los profesionales de la salud estén equipados con las herramientas necesarias para brindar una atención de alta calidad. La Videoangiografía Intraoperatoria con Verde Indocianina en Patología Neurovascular representa un avance significativo en la neurocirugía y la atención al paciente. Su continua investigación y aplicación ofrecen promesas de mejoras continuas en la precisión y la seguridad de los procedimientos quirúrgicos, lo que beneficia a pacientes en todo el mundo.

8. CONCLUSIONES

1. La Videoangiografía Intraoperatoria con Verde Indocianina en Patología Neurovascular emerge como una herramienta indispensable en la neurocirugía contemporánea, proporcionando una visualización en tiempo real de la vascularización cerebral y la perfusión sanguínea durante procedimientos microneuroquirúrgicos.
2. La aplicación de Indocianina Verde (ICG) en cirugía neurovascular mejora la precisión y seguridad en el tratamiento de patologías neuroquirúrgicas como malformaciones arteriovenosas, fístulas arteriovenosas y aneurismas. Proporciona información detallada sobre la anatomía vascular cerebral y la perfusión tisular, facilitando decisiones más informadas por parte del cirujano.
3. Las principales técnicas quirúrgicas para el manejo de las principales patologías neurovasculares encontramos: técnicas endovasculares, embolización, radiocirugía, y clipado quirúrgico convencional, coagulación bipolar controlada, reconstrucción correcta del saco y cuello aneurismático.
4. La investigación y el desarrollo continuo en el campo de la Videoangiografía con ICG son cruciales para optimizar los protocolos de administración, mejorar la calidad de imagen y ampliar las indicaciones clínicas, lo que promueve una atención quirúrgica más precisa y efectiva para los pacientes con patología neurovascular.
5. La aplicación intraoperatoria de la ICG en microneurocirugía ofrece una serie de beneficios clínicos, incluida una mayor precisión en la identificación de vasos sanguíneos críticos, la preservación del tejido cerebral sano y la reducción de complicaciones vasculares, lo que conduce a mejores resultados quirúrgicos y una recuperación mejorada para los pacientes.

6. En la era de la medicina personalizada y la neurocirugía de precisión, la Videoangiografía Intraoperatoria con Verde Indocianina se posiciona como una herramienta indispensable para los cirujanos neurovasculares, brindando una ventana única hacia la anatomía cerebral en tiempo real y permitiendo intervenciones quirúrgicas más seguras y efectivas en pacientes con enfermedades neurovasculares complejas.

9. RECOMENDACIONES

1. Invertir en la investigación y el desarrollo de tecnologías de videoangiografía intraoperatoria, con un enfoque en la mejora de la calidad de imagen, la optimización de los protocolos de administración de ICG y la expansión de su aplicación a una variedad de trastornos neurovasculares, permitirá mantener a la vanguardia esta importante herramienta quirúrgica.
2. Desarrollar e implementar protocolos estandarizados para el uso de la ICG en cirugía neurovascular, incluyendo pautas para la dosificación, administración y análisis de imágenes, garantizará una aplicación uniforme y eficaz de esta tecnología en entornos clínicos.
3. Proporcionar oportunidades de capacitación y educación continua para cirujanos y equipos quirúrgicos sobre el uso de la ICG en cirugía neurovascular es esencial para garantizar un manejo seguro y efectivo de la tecnología, así como para mantenerse al día con los últimos avances y mejores prácticas en el campo.
4. Fomentar la colaboración entre neurocirujanos, neurorradiólogos, anestesiólogos y otros especialistas médicos es fundamental para aprovechar al máximo el potencial de la videoangiografía intraoperatoria con ICG. El intercambio de conocimientos y experiencias entre diferentes disciplinas puede conducir a mejoras significativas en la técnica quirúrgica y los resultados del paciente.
5. Implementar programas de seguimiento y evaluación para monitorear continuamente los resultados clínicos y la satisfacción del paciente después de la cirugía neurovascular asistida por ICG. El análisis sistemático de datos permitirá identificar áreas de mejora y ajustar los protocolos de tratamiento para optimizar los resultados a largo plazo.

TABLA 1

10. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES MONOGRAFIA MEDICA 2023-2024

ACTIVIDADES	ABRIL 2023		MAYO 2023		JUNIO 2023		JULIO 2023		AGOSTO 2023		SEPTIEMBRE 2023		OCTUBRE 2023		NOVIEMBRE 2023		DICIEMBRE 2023		ENERO 2024		FEBRERO 2024		MARZO 2024		ABRIL 2024		MAYO 2024		JUNIO 2024		
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	
Semanas																															
Redactar propuestas para el tema de investigación	x	x																													
Elección del tema		x	X																												
Elaboración del punto de tesis																															
Presentación de punto de tesis a COTRAG				X	x																										
Aprobación de punto de tesis por COTRAG						x	x																								
Enmiendas						x	x																								
Elaboración del plan de monografía médica							x	x																							
Revisión del plan de monografía médica								x	x																						
Entrega del plan de monografía médica									x	x																					
Aprobación del Plan de Monografía Médica										x	x																				
Asignación de Revisor												x																			
Solicitud de Seminario I													X	x																	
Seminario I															x																

11. REFERENCIA BIBLIOGRAFICAS.

1. Finger, S., & Eling, P. Franz Joseph Gall: Naturalist of the mind, visionary of the brain: Oxford University Press.; 2019.
2. Zilles, K., & Amunts, K. Centenary of Brodmann's map - conception and fate. *Nature Reviews Neuroscience*. 2019; 19: p. 139-145.
3. Catani, M., & de Schotten, M. T. *Atlas of Human Brain Connections*: Oxford University Press; 2019.
4. Herculano-Houzel S. *The Human Advantage: A New Understanding of How Our Brain Became Remarkable*: MIT Press.; 2020.
5. Damasio A. *Feeling & Knowing: Making Minds Conscious*: Pantheon Books; 2021.
6. Madrid López, D. C., Osuna Otal, C., Rodríguez Calvo, M. D. C., Hidalgo Hurtado, I., De La Torre Colmenero, R., Romero López, L., & Benítez Manuel Alejandro, M. A. Revisión de las Malformaciones Arteriovenosas Cerebrales. *Seram*. 2022; 1.
7. Ogando-Rivas E., Navarro-Ramírez R., Ayala-Dávila D.T., Gómez-Apo E., Chávez-Macías L., Cuellar-Martínez S., et al. Malformación arteriovenosa en el atrio izquierdo cerebral con hidrocefalia intermitente. Presentación de un caso y revisión de la literatura. *Rev médica Hosp Gen Méx*. 2023; 77(2): p. 83–87.
8. Lawton, M. T., & Vates, G. E. Surgical management of arteriovenous malformations in the era of embolization and radiosurgery. *Neurosurgery*. [Online].; 2017. Available from: <https://doi.org/10.1227/NEU.0000000000001442>.
9. Spetzler, R. F., & Martin, N. A. A proposed grading system for arteriovenous malformations. *Journal of Neurosurgery*. [Online].; 2015. Available from: <https://doi.org/10.3171/2014.10.JNS141520>.

10. Pollock, B. E., & Link, M. J. The role of radiosurgery for arteriovenous malformations of the brain. *Journal of Neurosurgery*. [Online].; 2018. Available from: <https://doi.org/10.3171/2017.12.JNS172122>.
11. Mounayer, C., Piotin, M., Spelle, L., & Moret, J. Nidal embolization of brain arteriovenous malformations using Onyx in 94 patients. *American Journal of Neuroradiology*. [Online].; 2007. Available from: <http://www.ajnr.org/content/28/3/518.long>.
12. Al-Shahi Salman, R., & White, P. M. Management strategies for brain arteriovenous malformations. *Lancet Neurology*. [Online].; 2016. Available from: [https://doi.org/10.1016/S1474-4422\(16\)00035-3](https://doi.org/10.1016/S1474-4422(16)00035-3).
13. Cervio, A.E., Piedimonte, F., Tenca, E.L., Salaberry, J.C., Lemme Plaghos Luis, L., & Salvat, J.M. (2022). Fístula Arteriovenosa Cortical Cerebral. Fístula Arteriovenosa Cortical Cerebral. *Revista Argentina*. 2022.
14. Cognard C,GYP,PL,ea. Fístula arteriovenosa dural intracraneal y hemorragia subaracnoidea. 2022.
15. Raupp S,vRWJ,SM,TCC. Título no disponible. 2022.
16. Elhammady MS,AS,&HRC. Epidemiology, clinical presentation, diagnostic evaluation, and prognosis of cerebral dural arteriovenous fistulas. *Handb Clin Neurol*. 2019; 143: p. 99-105.
17. Borden, J. A., Wu, J. K., & Shucart, W. A. A proposed classification for spinal and cranial dural arteriovenous fistulous malformations and implications for treatment. *J Neurosurg*. 2019; 82(2): p. 166-179.
18. Pabaney, A. H., Robin, A. M., Basheer, A., & Malik, G. Surgical Management of Dural Arteriovenous Fistula After Craniotomy: Case Report.; 2020.

19. Litrán López, S. G., Cuélliga González, D. Ángel, Barqueros Escuer, D. F., Felices Farias, D. J. M., Ato Gonzalez, S. M., & Santa-Olalla González, D. M. Fístulas arteriovenosas, un asunto tortuoso. *Seram*. 2021; 1(1).
20. Rocca, U., Rossell, A., Dávila, A., & Luis, L. Aneurismas cerebrales. *Revista de Neuro-Psiquiatría*. [Online].; 2021. Available from: <https://revistas.upch.edu.pe/index.php/RNP/article/view/1500>.
21. Belziti, H.M., Fontana, H.J., Requejo, F., Buratti, S., & Recchia, M. Tratamiento endovascular de aneurismas cerebrales asintomáticos: Análisis de una serie de 118 casos.. *Revista Argentina de Neurocirugía*. 2021; 23(1).
22. Vilalta J,GDJM,PMJV,&FTRA. Tendencias en el tratamiento de los aneurismas cerebrales: Análisis de una serie hospitalaria; 2021.
23. Raabe, A., et al.. Comparación prospectiva de videoangiografía intraoperatoria con arteriografía; 2022.
24. Aiba, et al. Estudio sobre la perfusión inadecuada en la angiografía con verde de indocianina; 2021.
25. Ortiz Loyola, K.E.. Uso e indicaciones de verde de indocianina (ICG) en cirugía. ; 2021.
26. Hocheimer. Absorción coroidea en gatos con indocianina IV; 2021.
27. Bischoff, Flower. Uso de ICG en humanos; 2022.
28. Barajas. Videoangiografía intraoperatoria con verde de indocianina y flow-800. *Revistas UR*. 2019.
29. Rhoton, A. L. Indocianina Verde (ICG); 2021.
30. N. A. Fundamentos de neurocirugía Nueva York, Estados Unidos : Thieme Medical; 2018.

31. Lakomkin N VGJPKCSLJHC. Cirugía guiada por fluorescencia para adenomas hipofisarios. [Online].; 2021 [cited 2023 mayo. Available from: <http://dx.doi.org/10.1007/s11060-020-03420-z>.
32. Reinhart MB HCBLHBAV. Verde de indocianina. [Online].; 2016 [cited 2023 mayo. Available from: <http://x.doi.org/10.1177/1553350615604053>.
33. Zhao X BECCVDGSPM. Aplicación de la fluoresceína en neurocirugía vascular. [Online].; 2019 [cited 2023 mayo. Available from: <http://dx.doi.org/10.3389/fsurg.2019.00052>.
34. Nicolás-Cruz CF MSMCJMGG. Manejo bimodal de aneurismas asociados a malformaciones arteriovenosas cerebrales. [Online].; 2022 [cited 2023 mayo. Available from: <http://dx.doi.org/10.24875/CIRU.20000429>.
35. Gallardo F MCCLDJBJRP. Utilidad de las Escaladas de GRadacion en el tratamiento quirúrgico de malformaciones arteriovenosas cerebrales. [Online].; 2019 [cited 2023 mayo. Available from: hyyp://dx.doi.org/10.25259/sni_454_2019.
36. Cuevas Seguel JL CRPACB. Utilidad del analisis de flujo por videoangiografía icg (flow 800) en neurocirugia vascular. [Online].; 2021 [cited 2023 mayo. Available from: <http://dx.doi.org/10.36593/revchilneurocir.v46i2.234>.
37. D. R. Manejo de los Tumores de Hipófisis. [Online].; 2017 [cited 2023 mayo. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rmclc.2017.01.008>.
38. Jr. RA. Rhoton's cranial anatomy and surgical approaches. In. Nueva York, NY, Estados Unidos de América: Oxfors University Press; 2020.
39. Ewelt C NASVWJBBSWea. Fluorescence in neurosurgery: Its diagnostic and therapeutic use. [Online].; 2017 [cited 2023 mayo. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jphotobiol.2015.05.002>.
40. Balaustren V, Jaspe J, Aure G, Camperos P. Enfermedad de Cushing: Análisis de morbimortalidad asociada en pacientes del Centro Médico Docente la Trinidad. Rev Cien CMDLT [Internet]. 2022 [cited 2023 mayo. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.55361/cmdlt.v15i2.124>
41. Morales-Conde S, Licardie E, Alarcón I, Balla A. Guía de uso e indicación de la fluorescencia con verde de indocianina (ICG) en cirugía general: recomendaciones basadas en la revisión descriptiva de la literatura y el análisis de la experiencia. Cir Esp [Internet]. 2022 [cited 2023 mayo. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ciresp.2021.11.018>
42. Macho J, Valero R, Cordero E, Enseñat J, González JJ, Sánchez M, et al. Videoangiografía intraoperatoria con verde de indocianina durante la cirugía de aneurismas cerebrales. Experiencia inicial en 10 intervenciones quirúrgicas.

Neurocirugía (astur) [Internet]. 2010) [citado el 10 de junio de 2023]. Disponible en: [http://dx.doi.org/10.1016/s1130-1473\(10\)70122-6](http://dx.doi.org/10.1016/s1130-1473(10)70122-6)

43. Vista de Utilidad del analisis de flujo por videoangiografía icg (flow 800) en neurocirugía vascular. Nota técnica [Internet]. Revistachilenadeneurocirugia.com. [citado el 13 de julio de 2023]. Disponible en: <https://www.revistachilenadeneurocirugia.com/index.php/revchilneurocirugia/article/view/234/154>

44. Baño Ruiz E. Desarrollo de un modelo experimental para determinar la fiabilidad de la vídeo-angiografía intraoperatoria con verde de indocianina en la detección de una disminución del flujo cerebral. Ediciones Universidad de Salamanca; 2019.

45. Vista de Fístula dural arteriovenosa etmoidal: caso clínico [Internet]. Revistachilenadeneurocirugia.com. [citado el 13 de julio de 2023]. Disponible en: <https://www.revistachilenadeneurocirugia.com/index.php/revchilneurocirugia/article/view/197/168>