



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

**FACULTAD DE MEDICINA
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO
HOSPITAL GENERAL DE MÉXICO
“DR. EDUARDO LICEAGA”**

**“Resultados iniciales de la Cirugía cerebrovascular
en la sala híbrida del Hospital General de México
Eduardo Liceaga”.**

T E S I S D E P O S G R A D O

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

NEUROCIRUJANO

P R E S E N T A

DR. JENNER LAREDO GÓMEZ

**TUTOR PRINCIPAL DE TESIS: DR. ARTURO MUÑOZ
COBOS**



**HOSPITAL
GENERAL
de MÉXICO**

DR. EDUARDO LICEAGA

CIUDAD UNIVERSITARIA, CD. MX. 2018



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

**FACULTAD DE MEDICINA
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO
HOSPITAL GENERAL DE MÉXICO
“DR. EDUARDO LICEAGA”**

**“Resultados iniciales de la Cirugía cerebrovascular
en la sala híbrida del Hospital General de México
Eduardo Liceaga”.**

T E S I S D E P O S G R A D O

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

NEUROCIRUJANO

P R E S E N T A

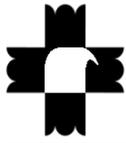
DR. JENNER LAREDO GÓMEZ

**TUTOR PRINCIPAL DE TESIS: DR. ARTURO MUÑOZ
COBOS**



**HOSPITAL
GENERAL
de MÉXICO**

CIUDAD UNIVERSITARIA, CD. MX. 2018



HOSPITAL
GENERAL
de MÉXICO

DR. EDUARDO LICEAGA

-
■



Dra. María del Carmen Cedillo Pérez
Jefa del Departamento de Posgrado
Hospital General de México “Dr. Eduardo Liceaga”

Dr. Arturo Muñoz Cobos
Unidad de Cirugía Cerebrovascular
Hospital General de México “Dr. Eduardo Liceaga”
(*Tutor principal de tesis*)

DEDICATORIAS Y AGRADECIMIENTOS

A mi hijo Santiago, su existencia impulsa la mía.

A mis papás Iván y Lupe, a mis hermanos, Estela, Sergio, Isnelda, por la educación, amor, paciencia y apoyo incondicional.

A mis maestros por el ejemplo y la motivación.

A mis hermanos Rodolfo, Quetzalcóatl y Rodrigo.

De la incapacidad para abstenernos de intervenir; del excesivo celo por lo nuevo y el rechazo de todo lo anterior; de anteponer el conocimiento a la sabiduría, la ciencia al arte y el ingenio al sentido común; de tratar a los enfermos como casos; y de hacer la curación de la enfermedad más penosa que tolerable, líbranos Señor.

Sir Robert Hutchinson

CONTENIDO

PORTADA	1
COMITÉ DE TESIS	2
DEDICATORIA Y AGRADECIMIENTOS	3
ÍNDICE	5
INTRODUCCIÓN Y MARCO TEÓRICO	6
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN	25
OBJETIVOS	25
DISEÑO DEL ESTUDIO	26
MATERIAL Y MÉTODO	27
CONSIDERACIONES ÉTICAS	28
RESULTADOS	29
DISCUSIÓN	38
CONCLUSIONES	42
BIBLIOGRAFÍA	43

INTRODUCCIÓN Y MARCO TEÓRICO

La enfermedad cerebrovascular incluye a todas las patologías que afectan principalmente los vasos sanguíneos cerebrales, y comprende un amplio espectro de patologías que pueden ser asintomáticas o asociarse a síntomas severos con gran morbilidad y mortalidad.

El término accidente vascular cerebral se aplica al síndrome neurológico focal repentino, de modo específico al tipo debido a enfermedad cerebrovascular. (1)

La relevancia radica en que los accidentes vasculares cerebrales ocupan el primer lugar en frecuencia e importancia entre todas las enfermedades neurológicas de la vida adulta y el tercer lugar como causas más frecuentes de muerte en Estados Unidos, después de las cardiopatías y el cáncer. Por lo menos 50% de los trastornos neurológicos que se atienden en un hospital general pertenece a este tipo. (1)

La enfermedad cerebrovascular indica cualquier anomalía cerebral que resulta de un proceso patológico de los vasos sanguíneos. Este proceso patológico tiene un significado inclusivo —esto es, oclusión de la luz por un émbolo o trombo, rotura de un vaso, modificación de la permeabilidad de la pared vascular o aumento de la viscosidad u otra alteración de la calidad de la sangre que fluye a través de los vasos cerebrales. El proceso patológico vascular puede considerarse no sólo en sus aspectos macroscópicos (embolia, trombosis, disección o rotura de un vaso), sino también en términos del trastorno más básico o primario, es decir, aterosclerosis, alteración hipertensiva aterosclerótica, arteritis, dilatación aneurismática y malformación del desarrollo. Se atribuye la misma importancia a las alteraciones secundarias del parénquima cerebral que resultan de la lesión vascular, y que son de dos tipos —isquemia, con infarto o sin él, y hemorragia— y, a menos que ocurra una u otra, la lesión vascular suele permanecer silenciosa. Las únicas excepciones a lo anterior son los efectos de la presión local por un aneurisma, dolor de cabeza vascular (migraña, hipertensión, arteritis temporal), afección de múltiples vasos pequeños con encefalopatía progresiva (como en la hipertensión maligna o la arteritis cerebral) y elevación de la presión intracraneal (como ocurre en la encefalopatía hipertensiva y la trombosis de un seno venoso). (1).

Cuadro 1.

Causas de anomalías cerebrales por alteraciones

de arterias y venas.

1. Trombosis aterosclerótica
2. Ataques isquémicos transitorios
3. Embolia
4. Hemorragia hipertensiva
5. Aneurisma sacular o MAV rotos o íntegros
6. Arteritis
 - a. Sífilis meningovascular, arteritis secundaria a meningitis piógena y tuberculosa, tipos infecciosos raros (tifo, esquistosomiosis, paludismo, mucormicosis, etc.)
 - b. Enfermedades del tejido conjuntivo (poliarteritis nodosa, lupus eritematoso), arteritis necrosante, arteritis de Wegener, arteritis temporal, enfermedad de Takayasu, arteritis granulomatosa o de células gigantes de la aorta y angitis granulomatosa de células gigantes de las arterias cerebrales
7. Tromboflebitis cerebral: secundaria a infección del oído, los senos paranasales, la cara, etc., con meningitis y empiema subdural; estados debilitantes, puerperio, periodo posoperatorio, insuficiencia cardiaca, enfermedades hematológicas (policitemia, enfermedad de células falciformes), causas no identificadas.
8. Trastornos hematológicos: agentes anticoagulantes y trombolíticos, trastornos de los factores de la coagulación, policitemia, enfermedad de células falciformes, púrpura trombocitopénica trombótica, trombocitosis, linfoma intravascular, etc.
9. Trauma y disección de las arterias

carótida y basilar

10. Angiopatía amiloide
11. Aneurisma disecante de la aorta
12. Complicaciones de la arteriografía
13. Migraña neurológica con déficit persistente
14. Con hernias tentoriales, del agujero magno y debajo de la hoz del cerebro
15. Tipos diversos: displasia fibromuscular, con disección local de las arterias carótida, cerebral media o vertebrobasilar, rayos X, infarto cerebral medio inexplicable en lesión craneoencefálica cerrada, presión de aneurisma sacular íntegro, complicación de los anticonceptivos orales.
16. Causa no determinada en niños y adultos jóvenes; enfermedad de moyamoya y otras.

Cuadro 2.

Enfermedades vasculares cerebrales características

de cada periodo de edad

1. Enfermedades circulatorias prenatales que producen:
 - a. Porencefalia
 - b. Hidranencefalia
 - c. Lesión hipóxica e isquémica
 - d. Infarto cerebral unilateral
2. Trastornos circulatorios perinatales y posnatales que ocasionan:
 - a. Insuficiencia cardiorrespiratoria e isquemia generalizada: estado marmóreo
 - b. Infartos periventriculares
 - c. Hemorragias intrauterinas y focos isquémicos en lactantes prematuros

- d. Enfermedad hemorrágica del neonato
3. Lactancia e infancia: enfermedades vasculares acompañadas de:
- a. Infartos isquémicos
 - b. Cardiopatía congénita y embolia paradójica
 - c. Moyamoya
 - d. Endocarditis bacteriana, fiebre reumática, lupus eritematoso.
 - e. Anemia de células falciformes
 - f. Trastornos mitocondriásicos (MELASa)
 - g. Homocistinuria y angioqueratosis de Fabry
4. Adolescencia y principio de la edad adulta: oclusión vascular o hemorragia con:
- a. Embarazo y puerperio
 - b. Accidente vascular cerebral relacionado con estrógenos
 - c. Migraña
 - d. Malformaciones vasculares
 - e. Aterosclerosis prematura
 - f. Arteritis
 - g. Cardiopatía valvular
- h. Anemia de células falciformes
 - i. Arteriopatía antifosfolípidos, deficiencia de proteína C en plasma y otras coagulopatías
 - j. Moyamoya, enfermedad de Takayasu
 - k. Disecciones arteriales
 - l. Angiopatía amiloide
5. Edad madura
- a. Trombosis y embolia ateroscleróticas
 - b. Embolia cardiógena
 - c. Hemorragia cerebral primaria (hipertensiva)
 - d. Aneurisma sacular roto
 - e. Aneurisma disecante
 - f. Displasia fibromuscular
6. Parte tardía de la edad adulta
- a. Enfermedad oclusiva aterosclerótica trombótica
 - b. Enfermedad oclusiva embólica
 - c. Estado lacunar
 - d. Hemorragia cerebral (causas múltiples)
 - e. Demencia multiinfarto
 - f. Enfermedad de Binswanger

Más que cualquier otro órgano, el cerebro depende minuto a minuto de un riego suficiente de sangre oxigenada. La constancia de la circulación cerebral se garantiza mediante una serie de baroreceptores y reflejos vasomotores que están bajo el control de los centros de la parte baja del tallo cerebral. El tejido cerebral privado de sangre experimenta necrosis isquémica o infarto (que también se conoce como zona de reblandecimiento o encefalomalacia). La obstrucción de una arteria por un trombo o un émbolo es la causa habitual de lesión isquémica local, pero la insuficiencia circulatoria y la hipotensión por descompensación cardiaca o choque, si son graves y prolongadas, pueden inducir cambios isquémicos focales y difusos. congestión y hemorragia que se encuentra dentro del tejido reblandecido. (1)

Algunos infartos están desprovistos de sangre y por tanto son pálidos (infarto pálido); otros muestran congestión leve (dilatación de los vasos sanguíneos y escape de eritrocitos), en especial en sus márgenes; otros más exhiben extravasación intensa de sangre desde muchos vasos pequeños en el tejido infartado (infarto rojo o infarto hemorrágico). Algunos infartos son de un solo tipo, ya sea pálidos o hemorrágicos; otros son mixtos.

La hemorragia cerebral es de uno de dos tipos. En la variedad intracerebral escapa sangre del vaso (por lo general una arteria pequeña) directamente al cerebro y forma un hematoma en la sustancia cerebral y en ocasiones se disemina a los ventrículos y a continuación al espacio subaracnoideo. Una vez que se detiene el escape, la sangre se desintegra lentamente y se absorbe en un periodo de semanas y meses. La masa de sangre coagulada causa una alteración física del tejido y presión en el encéfalo circundante. El segundo tipo de hemorragia surge de una dilatación aneurismática en los puntos de ramificación de las arterias grandes del círculo de Willis; la hemorragia se limita casi de manera exclusiva a los espacios subaracnoideos y en consecuencia causa poco efecto local inmediato en el encéfalo. En esta forma difiere la hemorragia subaracnoidea de otros síndromes de accidente vascular cerebral. Sin embargo, si la cantidad de sangre en el espacio subaracnoideo es cuantiosa, puede causar una isquemia cerebral tardía por un mecanismo de constricción de los vasos del círculo de Willis y sus principales ramas (vasoespasma). Además de estos dos tipos principales de hemorragia, en muchos casos un infarto blando tiene áreas de escape de sangre hacia el cerebro, el llamado infarto hemorrágico. (1)

Comúnmente la causa mas frecuente de hemorragia obedece a una enfermedad vascular degenerativa, angiopatía amiloide y transformaciones hemorrágicas de los accidentes cerebrovasculares isquémicos. Sin embargo, hasta el 10% son debido a anomalías estructurales vasculares subyacentes (MAV, aneurismas, y angiomas cavernosos que son los más comunes). Otras malformaciones vasculares menos comunes incluyen trombosis de la vena sinusal o cortical, fístula arteriovenosa, y la disección arterial. (2)

La hemorragia intracerebral se asocia con una tasa de mortalidad precoz y una importante tasa de morbilidad a largo plazo. Entre todos los subtipos de accidente vascular, se la considera con la tasa de mortalidad más alta. El volumen del hematoma es un predictor importante de la mortalidad a 30 días. Y su crecimiento es la causa principal de deterioro. Se

debe enfatizar el alto porcentaje de entidades patológicas vasculares asociadas con hemorragia intracraneal en la población pediátrica, en la cual tales entidades fueron confirmadas en una serie reciente en 61% de pacientes. (2)

En la clasificación de los accidentes vasculares cerebrales es más práctico, desde el punto de vista clínico, mantener la división habitual de trombosis, embolismo y hemorragia. Las causas y pruebas de laboratorio para confirmar cada uno, se consideran por separado, sin embargo salvo algunas excepciones, el tratamiento de manera general de estas entidades se basa en: a) tratamiento de la fase aguda, b) medidas para restablecer la circulación y detener el proceso patológico, c) fisioterapia y rehabilitación y d) medidas para prevenir los accidentes vasculares cerebrales ulteriores y el progreso de la enfermedad vascular. (1)

La cirugía cerebrovascular juega un rol protagónico en el manejo en fase aguda, como medida para restablecer la circulación y cortar el proceso patológico.

En el caso de las hemorragias los neurocirujanos vasculares deben prepararse para tratar no sólo la eliminación de coágulos, sino también la causa subyacente. Estas tareas son a menudo complejas, tanto desde el punto de vista morfológico y técnico, ya que ponen en riesgo y comprometen a los vasos. Para una efectiva oclusión y obliteración segura de anomalías vasculares, el neurocirujano puede requerir imágenes intraoperatorias con modalidades de obtención de información en tiempo real. El uso de las modalidades de imágenes intraoperatorias es especialmente relevante cuando los estudios de imagen vasculares preoperatorios son negativos y los hallazgos intraoperatorios revelan lesiones discretas. En estos casos complejos el cirujano tiene que adaptarse y realizar el procedimiento sin una imagen completa de la tarea por delante. La evaluación intraoperatoria de las imágenes en estas situaciones pueden ser particularmente informativa. Junto con los avances en las técnicas neuroquirúrgicas, se han logrado avances significativos en el campo de imagen, especialmente imagen intraoperatoria neurovascular. (2)

La cirugía cerebrovascular se vio beneficiada por el desarrollo sinérgico de la microcirugía y las nuevas técnicas en cirugía de base de cráneo. Sin embargo y debido a la madurez alcanzada por estos métodos y a sus limitaciones para tratar procesos patológicos más complejos surgieron nuevas terapéuticas. (3)

El uso de la angiografía intraoperatoria en el tratamiento quirúrgico de las anomalías cerebro vasculares se han convertido en práctica común en la mayoría de los centros neurovasculares. Durante el clipaje quirúrgico de un aneurisma intracraneal, la angiografía intraoperatoria tiene el potencial de confirmar la oclusión completa del aneurisma y la permeabilidad de los vasos y ante cualquier eventualidad que pueda identificarse también puede remediarse. De manera similar, la angiografía es una herramienta importante durante el tratamiento quirúrgico de malformaciones arteriovenosas y fístulas arteriovenosas durales y permite al cirujano determinar la completa resección de la lesión y la ausencia de drenaje venoso. (4)

Sin embargo aunado al potencial diagnóstico. El manejo endovascular de la enfermedad cerebro vascular capitalizó las arterias y venas como rutas de acceso quirúrgico. En los últimos años, se han instalados equipos de alto perfil, de angiografía por substracción digital en ambientes quirúrgicos y han emergido como una nueva tendencia en cirugía cerebrovascular. La integración de las nuevas tecnologías para la mejoría de procedimientos neuroquirúrgicos, ha llevado a que se combinen ambas rutas, microquirúrgica y endovascular, para explotar los beneficios y minimizar las limitaciones de cada una de ellas. (3)

Aunque la mayoría de las lesiones, tales como los aneurismas cerebrales y malformaciones arteriovenosas pueden ser tratadas ya sea por medios microquirúrgicos o endovasculares, un subconjunto de pacientes pueden requerir o verse beneficiados por un manejo combinado. Lo que es mas, el nuevo concepto y la implementación de la tecnología robótica en sistemas de angiografía provee al cirujano de una totalmente nueva modalidad de cirugía guiada y asistida por imagen. (3)

Quirófano Híbrido

La integración de técnicas intervencionistas y quirúrgicas exigió la creación de un ambiente para equipos interdisciplinarios en diferentes especialidades tales como; neurocirugía, cirugía cardiovascular, traumatología, urología, trasplantes y cirugía general. La sala de operaciones híbrida, donde las capacidades de imagen angiográficas se integran en un conjunto operativo, fue diseñado gracias a una profunda comprensión de las aplicaciones clínicas, la tecnología actual y futura. Sus implicaciones en los flujos de trabajo fue necesaria para un adecuado diseño de sala. (5)

La proyección de imagen intraoperatoria aplicada, sea ultrasonido, angiografía, tomografía (CT) o aún la resonancia magnética (MRI), está llegando a ser cada vez más utilizada en neurocirugía. Las salas de operaciones híbridas se han desarrollado como un entorno común para neurocirujanos y neuroradiólogos. Estas salas de operaciones híbridas no sólo permiten los pasos de diagnóstico de intervencionismo relevantes, sino también el control intraoperatorio, especialmente al tratar enfermedades neurovasculares. (6)

Con el uso del quirófano híbrido, especialmente para el manejo de la fase aguda de aneurismas cerebrales rotos, mejoró perceptiblemente. Pero también el tratamiento de patologías de base del cráneo y las intervenciones con instrumentación de la espina dorsal caen en el campo de aplicación de quirófanos híbridos. Los componentes individuales de tal sala requieren una coordinación completa para sacar el máximo provecho de este concepto. (6)

Al inicio de su uso, los procedimientos para proyección de imagen intraoperatoria habían sido utilizados generalmente como un elemento adicional. La instalación de resonadores intraoperatorios demostró que para el desarrollo de un entorno operativo muy específico es necesario el método científico. (6)

La utilización de equipos angiográficos bidimensionales se remonta a los años 80s y 90s. La razón era el deseo de reducir el índice de aneurismas cerebrales no totalmente cerrados o de arterias accidentalmente cerradas. Incluso hoy en día, la tasa de aneurismas no reconocidos y los aneurismas residuales es de 10%. Sin embargo, en la etapa temprana de esta aplicación, en los años 90, nunca pudo establecerse completamente, puesto que la calidad intraoperatoria alcanzable de la imagen no estaba acorde con el de un adicional quirúrgico Sin la angiografía digital por substracción, las pequeñas arterias perforantes no podían ser vistas. Pero también porque varios otros elementos importantes de una sala de operaciones neuroquirúrgica moderna todavía no estaban alineados con los procedimientos angiográficos suplementarios. Los ejemplos incluyen: soportes de cabeza permeables a rayos X, incluyendo pernos de apoyo, fijación adecuada de pacientes en camas de carbono y la integración de neuronavegación y neuromonitoreo intraoperatorio. A pesar de eso, durante algunos años se pudo integrar la imagen intraoperatoria con detectores de panel plano monoplanares durante el procedimiento quirúrgico de forma que fuera posible un trabajo intuitivo y cuidadosamente coordinado. La nueva tecnología del quirófano híbrido va mucho más allá de la simple aplicación de un angiógrafo intraoperatorio, en una sala híbrida moderna también son

posibles la ejecución de imágenes angiográficas rotacionales tridimensionales, imágenes similares a las tomográficas y de perfusión. Esto significa que el espectro de patologías operadas en una sala híbrida también ha cambiado y va más allá del suministro puro de enfermedades vasculares. Los tumores en el área de la base del cráneo y de las enfermedades espinales también se fusionan en un cuarto híbrido neuroquirúrgico moderno. Además, el acceso a un quirófano híbrido en un hospital moderno proporciona una organización completamente diferente a lo largo del proceso de gestión de ciertas patologías. Esto significa que algunas veces los pacientes no tienen que ser llevados de la sala de emergencias a un departamento radiológico, ya que pueden ser diagnosticados directamente en una sala de operaciones híbrida y lograr un tratamiento exitoso. (6)

Quirófano híbrido neuroquirúrgico

Una sala de operaciones neuroquirúrgica híbrida es una combinación de un angiógrafo de panel plano y un ambiente neuroquirúrgico completamente equipado. La superficie de trabajo sin sala de control debe ser de al menos 60 m² en un entorno de intervención híbrido. Un espacio híbrido moderno permite la ejecución de angiografías regulares de rotación 3-D, así como imágenes Flatpanel-CT que se pueden leer en el neuronavegador. La habitación debe estar cerca de todas las otras instalaciones funcionales importantes, tales como la sala de emergencias, la unidad de cuidados intensivos, los otros quirófanos, pero también cerca de las otras unidades de diagnóstico neuroradiológico. Este es el caso del espacio híbrido de Ginebra, que entró en funcionamiento en el año 2007. Hay acceso desde dos lados, y al área utilizable de 65 m² hay una sala de control con 25 m² adicionales, separada por un cristal. También hay una pequeña sala de lavandería. Los requisitos de higiene existentes también requirieron la instalación de un sistema de flujo de aire vertical laminar en la parte inferior de la mesa de operaciones. El sistema angiográfico que se utiliza actualmente es un sistema monoplano Philips Allura FD20 que permite hasta 620 proyecciones de más de 240 ° en 8 – 10 S. La velocidad de rotación es de 30 ° a 55 °/s y en la versión básica a 30 fps (Philips Medical Systems, Países Bajos). En el caso de la proyección de imágenes vasculares, las estructuras vasculares se pueden segmentar automáticamente y también leer en la neuronavegación. Además también es posible realizar imágenes de perfusión CT y 2-D. Una tabla de carbón completamente móvil permite el espectro completo de los arreglos de cojinetes neuroquirúrgicos (MAQUET, Rastatt, Alemania). Un moderno microscopio

quirúrgico (Zeiss Pentero, Zeiss, Alemania), incluye la posibilidad de realizar (ICG) video angiografía con indiocianina y visualización 3D. (6)

Procedimientos Híbridos.

La definición en la literatura varía extensamente. Una definición estricta de un procedimiento híbrido es aquel que combina una parte quirúrgica convencional incluyendo una incisión cutánea, con una parte intervencionista que usa algún tipo de procedimiento basado en un catéter guiado mediante fluoroscopia o resonancia magnética en una habitación quirúrgica sin interrupción. Definiciones más incluyentes hacen referencia a procedimientos donde partes intervencionistas y quirúrgicas se realizan en secuencia, donde una parte quirúrgica es solamente necesaria en caso de emergencia o aún de menor importancia procedimientos como cortes venosos. A veces, se realizan intervenciones guiadas por fluoroscopia por los cirujanos (ejemplo; reparación endovascular en aneurismas intracerebrales o abdominales aórticos, embolización de malformaciones arteriovenosas con posterior resección) y se refieren como procedimientos híbridos. (5)

El término híbrido en el mundo de la radiología también puede referirse a la combinación de dos modalidades de proyección de imagen para propósitos diagnósticos o terapéuticos.

Los cirujanos vasculares y los neurocirujanos fueron quienes desarrollaron paulatinamente los procedimientos híbridos. Actualmente las salas de operaciones híbridas se encuentran en uso por cirujanos abdominales, traumatólogos, cirujanos ortopédicos, cirujanos plásticos y urólogos. Los requisitos de imagen, higiénicos, y la configuración de la habitación, en particular para la neurocirugía, puede variar considerablemente. Otras disciplinas quirúrgicas pueden querer introducir sistemas de navegación, resonancia magnética, endoscopia, sistemas biplano de angiografía, o una posición lateral de equipos de anestesia. Sin embargo, las salas de operaciones híbridas son comúnmente son compartidas con intervencionistas incluyendo cardiólogos, radiólogos intervencionistas, electrofisiólogos, neuroradiólogos y cardiólogos pediátricos. Sus necesidades específicas tienen que ser cuidadosamente consideradas y ponderados cuando se planea una sala híbrida. (5)

Técnicas de Imagen en la sala quirúrgica híbrida.

La capacidad de imagen de los modernos brazos fijos en C han cambiado drásticamente en los últimos cinco años. Tradicionalmente, los brazos fijos en C se han utilizado para la fluoroscopia 2D simple o angiografía rotacional 3D. Hoy en día, equipos son capaces de adquirir imágenes en 3D parecidas a las tomografías, se utilizan para la orientación basada en imágenes e incluso proporcionan imágenes funcionales intra-operatorias, como el análisis de flujo. (5)

Fluoroscopia.

La fluoroscopia tradicional proporciona imágenes en tiempo real, de alta resolución y bajo contraste en dos dimensiones mediante el uso de un intensificador de imagen. Junto al ultrasonido y la endoscopia, la fluoroscopia es la principal modalidad de imagen para guiar los dispositivos en tiempo real a través del cuerpo. (Fig. 1). Una gran calidad de imagen es necesaria para diferenciar estructuras anatómicas finas y dispositivos. La fluoroscopia se realiza con rayos X continuos para asegurar la progresión de un catéter u otros dispositivos dentro del cuerpo con imágenes en vivo. (5)

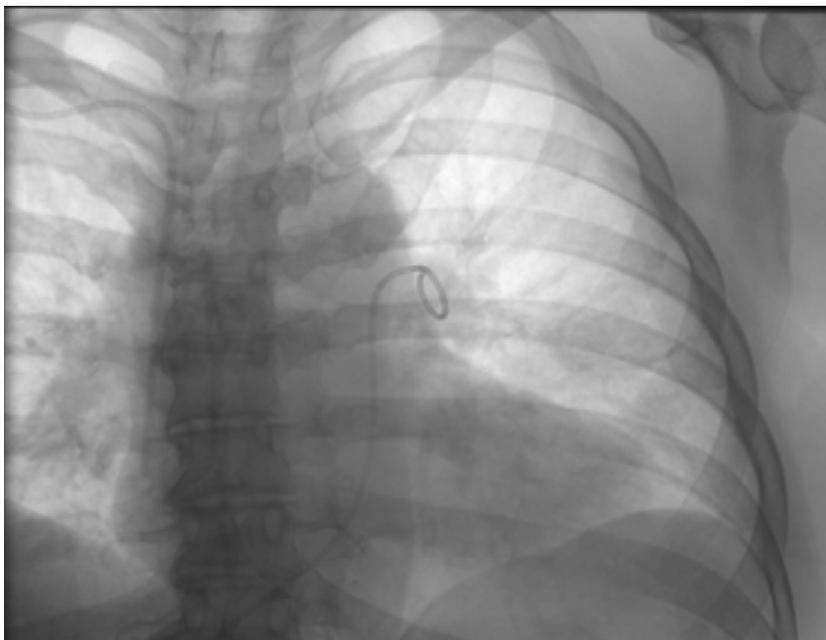


Fig. 1 Imagen fluoroscópica en 2D

Adquisición de Datos.

Los sistemas angiográficos actuales proporcionan el denominado modo de adquisición, que almacena las imágenes adquiridas automáticamente en el sistema que se cargará en un archivo de imagen más tarde. Mientras que el estándar la fluoroscopia se utiliza principalmente para guiar los dispositivos y para reposicionar el campo de visión, la adquisición de datos se aplica para propósitos de reporte o diagnóstico. Esto es de particular importancia cuando se administra contraste, ya que los datos archivados servirán para revisar a detalle los estudios sin necesidad de administrar más contraste. Sin embargo para lograr este cometido los equipos emiten diez veces mas radiación que los equipos de fluoroscopia convencionales. (5)

Angiografía por sustracción digital.

En las últimas dos décadas la angiografía por sustracción digital (DSA), se ha convertido en una técnica de imagen 2d bien establecida para la visualización de los vasos en el cuerpo humano. Con esta técnica, una secuencia de imágenes de proyección de rayos X digitales en 2D es adquirida para mostrar el paso de un agente de contraste inyectado a través de los vasos de interés. Fig. 2 (5)

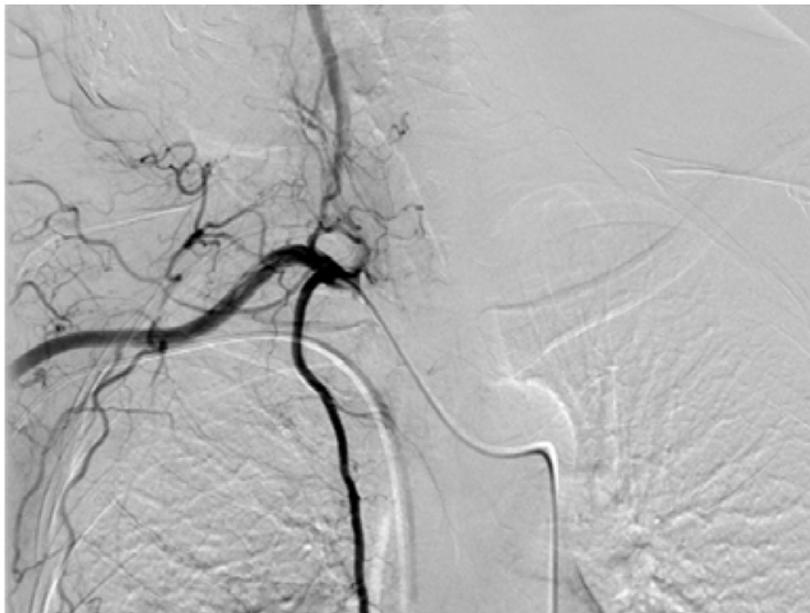


Fig.2 Angiografía por sustracción digital.

Las estructuras de fondo se eliminan en gran parte restando a la imagen adquirida antes de la inyección (generalmente denominada imagen de máscara) de las imágenes en directo (a menudo se denominan imágenes de contraste).

La DSA se utiliza para usos diagnósticos y terapéuticos. Durante los procedimientos de intervención complejos, la DSA es a menudo combinada con el llamado mapeo de camino (road mapping). En este modo, se realiza una secuencia de DSA y un marco con la máxima opacificación de los vasos, que se convierte en la máscara del mapa de camino. La máscara del mapa de camino se resta de las subsecuentes imágenes de fluoroscopia en vivo para producir en tiempo real, imágenes superpuestas sobre una imagen estática de la vasculatura. Esta modalidad es útil para la colocación de catéteres y guías en vasos pequeños y complejos, debido a que la fluoroscopia por si sola no puede mostrar adecuadamente los vasos y no permite visualizar las guías pequeñas en el tejido distractor subyacente. También es posible combinar esta modalidad con otra llamada **imagen de desvanecimiento**, que permite al usuario ajustar el brillo manualmente de la cubierta estática del mapa del camino. (5)

Dosis de radiación y reducción de dosis.

La radiación ionizante puede, dependiendo de la dosis, causar daño al tejido orgánico. Los mecanismos por los cuales la radiación daña el cuerpo humano es doble: (1) radiación que destruye directamente el DNA de las células ionizando los átomos en su estructura molecular y, (2) la radiación crea radicales libres, que son átomos, moléculas, o iones con los electrones desemparejados. Estos electrones no emparejados suelen ser altamente reactivos, por lo que es probable que los radicales tomen parte en reacciones químicas que eventualmente cambian o dañan el ADN de las células.

El cuerpo humano puede reparar las células dañadas hasta cierto punto, pero si está expuesta a una alta cantidad de radiación más allá de un determinado umbral en un corto período de tiempo, "determinista" el daño ocurrirá. El daño determinista de la radiación incluye cambios del conteo sanguíneo, pérdida de cabello, necrosis tisular o cataratas. Niveles de exposición de imagen diagnóstica médica típica en los procedimientos están lejos debajo del umbral para el daño determinista de la radiación. Sin embargo los efectos deterministas son de consideración importante en radioterapia externa y terapia con radionúclidos. (5)

Para evaluar el riesgo de exposición a la radiación, las mediciones cuantitativas de la dosis fueron introducidas:

- La dosis absorbida D (también llamada "dosis de energía"), medida en unidades grises (GY), caracteriza la cantidad de energía depositada en el tejido. Se define como la cantidad de radiación requerida para depositar 1 Julio (J) de energía en 1 kilogramo de cualquier clase de materia.
- Dosis equivalente H, medida en unidades Sievert (SV), tiene en cuenta los daños causados por diferentes tipos de radiación. Es la dosis absorbida multiplicada por un factor de ponderación característica para el tipo particular de radiación. Para rayos X, $H = D$.
- La dosis efectiva E, medida en unidades Sievert (SV), incluye la sensibilidad de diferentes órganos a la radiación. Es la suma de las dosis equivalentes en todos los órganos irradiados multiplicado por los respectivos factores de ponderación tisular.

La determinación de la dosis efectiva en la angiografía depende de varios factores, principalmente en la variabilidad de la sensibilidad del órgano a la radiación. Por ejemplo, la médula ósea es mucho más sensible a la radiación que el hígado. El grado en que los órganos se ven afectados por la radiación también depende del ángulo de las vigas. Porque la distribución de la dosis en la angiografía no es tan "homogéneo" como lo es para tomografía, estos factores deben ser considerados al estimar el daños causados por irradiación. La dosis efectiva incluye la sensibilidad a la radiación de la diferentes órganos. Es la suma de las dosis equivalentes en todos los órganos irradiados multiplicado por los factores de ponderación respectivos del tejido. (5)

La dosis efectiva proporciona una buena comparación con la radiación de fondo natural, que es en promedio alrededor de 2,4 mSv por año. Típicamente, durante una intervención de diagnóstico cardiac con 15 p/s, la dosis efectiva por minuto es de 0,6 mSv (Cusma et al., 1999).

En general, la dosis baja va de la mano con menos visibilidad, mientras que la mayor calidad de imagen requiere, entre otros factores, una dosis más alta. Para obtener una calidad de imagen específica, es necesario elegir la dosis "correcta" para el tejido que se está penetrando. Porque la dirección de dispositivos endovasculares requiere la radiografía continua, los sistemas angiográficos modernos incluyen varias medidas para la reducción de la dosis. Hay tres parámetros que pueden ser adaptados por el usuario para reducir la exposición a la radiación:

- Pedal de encendido a tiempo
- Velocidad secuencial
- Fuente-imagen-distancia (SID).

Además, los sistemas modernos de angiográficos proporcionan algunas características inherentes para reducir la dosis. Por ejemplo, los filtros de cobre reducen la dosis de la piel filtrando los fotones de baja energía de la radiografía, llamado endurecimiento del haz. Algunos sistemas ajustan el espesor de dichos filtros automáticamente según la absorción de la dosis de entrada del paciente a lo largo de la trayectoria de los rayos X a través del paciente. Esta inserción automática del filtro mantiene la dosis baja de la piel sin degradar la calidad de la imagen y puede resultar en una dosis de ahorro de hasta 50%.

Otras mediciones incluyen la colimación sin radiación o la colocación de objetos libres de radiación. Usando la última imagen Hold (LIH) como una referencia, el sistema permite la colimación libre de radiación y el parámetro de filtro semitransparente para apuntar con precisión a la región de interés (ver Fig. 4). (5)

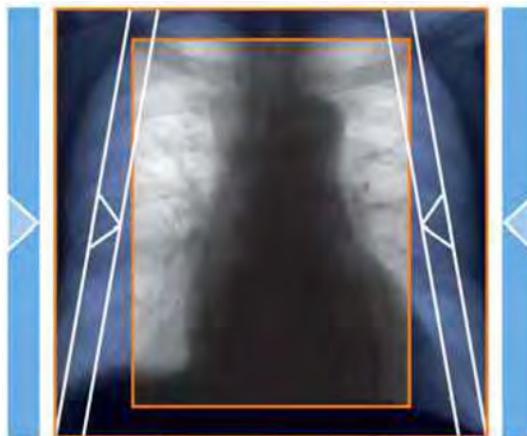


Figura 4. Colimador libre de radiación.

Se implementa un enfoque similar para el posicionamiento óptimo del paciente para la obtención de imágenes: visualización gráfica del esquema de la próxima imagen permite la traducción de la tabla sin exposición a la radiación de fluoroscopia y proporciona una indicación de la anatomía en el campo de vista del detector. En condiciones típicas de fluoroscopia, puede dar lugar a una reducción de la dosis de 20 a 120 mGy.

Cada vez más países y autoridades requieren la divulgación de la exposición del paciente a radiación después de una intervención. Para cumplir con las regulaciones actuales y futuras, los sistemas angiográficos permiten un reporte efectivo de la exposición a la dosis, permitiendo así un mayor informes y análisis de dosis. (5)

Imágenes 3D Dyna CT.

La tomografía computarizada en 3D con el brazo en C (DynaCT) es una nueva e innovadora técnica de imagen. Utiliza proyecciones de rayos X bidimensionales adquiridas con un panel detector del sistema de la angiografía de brazo en C para generar imágenes similares a la las tomografías. El brazo en C hace un barrido alrededor del paciente que adquiere hasta varios cientos de vistas bidimensionales que sirven como entrada para la reconstrucción del haz de cono tridimensional. Generalmente, se requiere una exploración angular mínima con una gama de 180 grados. Los conjuntos de datos resultantes se pueden visualizar ya sea como imágenes de sección transversal o como conjuntos de datos 3D utilizando diferentes técnicas de renderizado de volumen. Gracias a un detector optimizado para fluoroscopia 2D de alta resolución e imagen de radiografía, la resolución espacial proporcionada por DynaCT puede ser muy alta. Dirigido inicialmente a la proyección de imágenes neuroendovasculares de estructuras vasculares contrastadas, la proyección de imágenes 3D del brazo en C ha mejorado continuamente con los años. Ahora es posible adquirir imágenes de tejido blando parecidos a la tomografía directamente en el quirófano híbrido. Fig.5. (5)

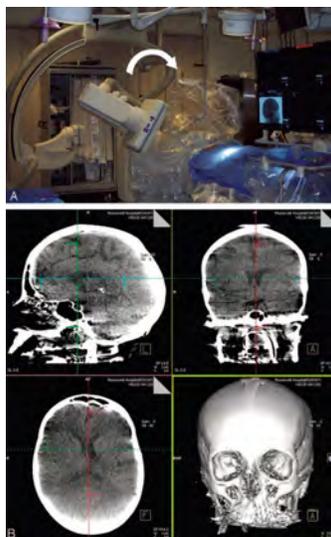


Fig. 5

Patologías cerebrovasculares tratadas en salas híbridas.

Aneurismas cerebrales

Los aneurismas cerebrales son la principal causa de hemorragia subaracnoidea (HSA) no traumática y representan 70 – 80% de los casos. Los aneurismas cerebrales rotos no tratados se asocian con una alta mortalidad y un riesgo de resangrado. Una gran parte de la neurocirugía cerebrovascular se dirige hacia el diagnóstico y tratamiento de aneurismas antes de que se rompan. El riesgo de ruptura de aneurismas cerebrales está directamente relacionado con el tamaño, forma y localización del aneurisma basado en estudios de centros grandes. El tratamiento de los aneurismas intracraneal ha evolucionado apreciablemente en los últimos 100 años con mejoras en el diagnóstico y las técnicas quirúrgicas. El clipaje microquirúrgico y la embolización endovascular con coils son las dos principales estrategias de tratamiento para la obliteración de aneurismas rotos y no rotos. Los aneurismas tradicionalmente son tratados con craneotomía y clipaje microquirúrgico en el cuello del aneurisma. La craneotomía y el clipaje del aneurisma se considera una cirugía de riesgo moderado que es bien tolerada, dependiendo del grado clínico preoperatorio del paciente.

Históricamente el tratamiento de aneurismas cerebrales involucró la ligadura del cuello aneurismático proximal conocido como ligadura Hunteriana. Víctor Horsley (1857 – 1916) utilizó por primera vez esta técnica para tratar un aneurisma gigante de la arteria carótida en 1885. Norman Dott (1897 – 1973) y Harvey Cushing (1869 – 1939) posteriormente introdujeron el envolvimiento muscular con ligadura y sutura para los aneurismas intracraneales. Harvey Cushing y Walter Dandy (1886 – 1946) son a quienes se les atribuye la introducción de clips microquirúrgicos para tratar aneurismas. En 1937 Dandy fue el primero en usar un clip de plata en forma V para realizar el primer clipaje de un aneurisma de la arteria carótida interna. Desde el tiempo de Cushing y Dandy, el clipaje de aneurismas ha recorrido un largo camino y ha tenido mejoras en el diseño de clips, microscopios neuroquirúrgicos, imágenes vasculares, monitoreo intraoperatorio y Neuroanestesia. La mayoría de las series reportan una tasa de exclusión del aneurisma de 92 – 96% con clipaje microquirúrgico. (7)

Mientras que la microcirugía para los aneurismas intracraneales ha evolucionado durante el siglo pasado, la terapia endovascular también ha progresado en paralelo. La terapia endovascular oblitera un aneurisma al ocluir su domo con coils trombogénicos. La

coagulación electro térmica de aneurismas se intentó ya en los años 40. De los años 60 a los años 80 los catéteres desmontables del globo fueron usados para excluir aneurismas intracraneales con resultados sub-óptimos. Esto llevó al desarrollo de coils de platino empujables, que se complicaban con retorno y migración de los coils. Guido Guglielmi, un neurocirujano italiano, fue el primero en introducir los coils de platino desmontable moderno – el coil desmontable Guglielmi GDC. El primer aneurisma se trató con un coil desmontable del platino donde la posición del coil podía ser examinado antes de que la separación ocurriera en 1990. Esta tecnología permitió la embolización controlada del aneurisma y comenzó la era moderna del tratamiento endovascular. Los coils Guglielmi fueron aprobados por la FDA para el uso con los aneurismas intracraneales en 1995, reconociéndolo como estrategia competitiva del tratamiento. La embolización asistida con balón, la embolización asistida con stent, y la tecnología del desviador del flujo (flow diverter) se han introducido posteriormente con mejores índices para la oclusión del aneurismas por medio del remodelado de los mismos. Los neuroradiólogos, los neurocirujanos y los neurólogos han estado activos en este campo durante las últimas dos décadas y la tecnología endovascular ha avanzado inmensamente. Estos avances incluyen la proyección de imágenes, el desarrollo de catéteres y microcatéteres, coils desmontables más suaves, los balones intracraneales complacientes, el desarrollo de stents intracraneales, y los desviadores del flujo.

Los rangos de exclusión completa con coils endovasculares se reportan entre 45 – 50%, mientras que las exclusiones parciales se reportan de 35 a 52%. Debido a las mejorías en ambas terapias; microquirúrgica y endovascular, ambas son adecuadas si se utilizan el adecuado contexto clínico. (7)

El triage a los pacientes para la cirugía y/o el tratamiento endovascular se beneficia de un enfoque multidisciplinario para la protección óptima del aneurisma y el resultado y evolución del paciente. Para la mayoría de los aneurismas, una sola modalidad de tratamiento bien escogida tiene ventajas claras y puede garantizar una protección adecuada de los aneurismas. Esto es menos sencillo para un subgrupo de aneurismas complejos, que pueden requerir tratamiento multimodal. (7) Hacein-Bey et al. describieron las características de los aneurismas complejos como una combinación de factores del aneurisma y factores clínicos (tabla1) (7)

Características de los aneurismas complejos	
Anatomía del aneurisma	Características clínicas
Tamaño: Grande o gigante, o muy pequeño para un clip o un coil.	Grado clínico de presentación: <u>Hunt y Hess > 3</u>
Forma: Fusiforme, serpentina, <u>pseudoaneurisma</u> , aneurisma <u>disecante</u>	Sincronización: <u>vasoespasm</u> al inicio de la presentación.
Contenido: Trombos, pared calcificada	Comorbilidades: Cardiovascular, pulmonar, renal o endocrinológica.
Cuello: Acceso quirúrgico complejo, amplio, que involucre vasos perforantes u otras ramas.	Edad avanzada.
Ambiente del aneurisma: inmerso en un área; "elocuente", hueso, edema, abordaje previo.	

Tabla 1

Dentro de las técnicas de tratamiento microquirúrgico se incluyen clipaje directo del cuello del aneurisma, clip de oclusión de una arteria primaria (proximal, distal, o ambos [trampeo]), y revascularización. Las técnicas de tratamiento endovascular son la prueba de oclusión con balón, embolización endovascular directa con coils desmontables de Guglielmi y oclusión de la arteria madre con coils o globos, o con ambos. La terapia multimodal para los aneurismas complejos consistieron en combinaciones de microcirugía y las técnicas endovasculares. (3)

Dentro de los procedimientos combinados o terapia multimodal que se pueden emplear tenemos: 1) revascularización selectiva y oclusión del aneurisma, 2) trapping endovascular y quirúrgico, 3) clipaje de aneurisma después de embolización incompleta, 4) embolización después de un intento o un clipaje incompleto, 5) clipaje de un aneurisma recurrente después de embolización, 6) embolización del aneurisma recurrente después de la embolización, 7) embolización después de una cirugía anterior, y 8) clipaje y embolización de múltiples aneurismas. (3).

Malformaciones arteriovenosas.

El tratamiento quirúrgico de la MAV va dirigido hacia la resección completa del nido de la MAV con la preservación de vasos normales. La resección incompleta puede exponer a los pacientes al riesgo subsecuente de hemorragia con sus consecuencias potencialmente devastadoras. El tratamiento quirúrgico de la MAV está indicado para aquellas con Spetzler-Martin grado I a III y unos pocos casos grado IV después de embolización endovascular. La angiografía trans operatoria puede localizar MAVs pequeñas, identificar las arterias nutricias, vasos en pasaje, y documentar las lesiones residuales. Un hallazgo negativo es igualmente

importante durante la cirugía de la MAV porque evita exploración quirúrgica innecesaria en áreas elocuentes y la morbilidad asociada. (4)

El tratamiento neurovascular multidisciplinario de la MAV cerebral se ha convertido en estándar para la práctica. Las ventajas postoperatorias son; angiografías de control durante la craneotomía abierta, y con la posibilidad de revisión inmediata cuando se encuentran remanentes de MAV, ahorro de una segunda operación con la carga relacionada para el paciente. La configuración actual facilita tratamiento quirúrgico y endovascular combinado sin complicaciones. El flujo de trabajo es muy eficiente ya que los pacientes intubados no necesitan ser transferidos entre diferentes salas de imágenes e intervenciones, o quirúrgicas, como se requería habitualmente. Además se minimizan complicaciones asociadas conocidas por la transferencia intrahospitalaria de los pacientes críticos. Pacientes con una ruptura de MAV, con hipertensión intracraneana que condiciona efecto de masa pueden ser transferidos para la angiografía, seguida inmediatamente por una intervención de emergencia en una sala híbrida, sin demora de tiempo. Procedimientos de diagnóstico adicionales tales como la tomografía, tomografía de perfusión, así como la oclusión/resección de la MAV y, si es necesario colocación externa del drenaje ventricular se puede realizar instantáneamente en el mismo entorno, en la misma mesa, ahorrando así tiempo importante. El paciente ingresa al híbrido y todos los aspectos del diagnóstico y el tratamiento pueden ser tratados. (8)



JUSTIFICACIÓN

Las enfermedades cerebrovasculares son patologías muy comunes con elevada morbilidad y mortalidad que condicionan un gran impacto social y económico. Un manejo acorde con el apoyo de técnicas modernas en salas adecuadas para el tratamiento de estas patologías son determinantes para el pronóstico del paciente.

La cirugía cerebrovascular realizada en una sala quirúrgica con equipamiento y características específicas que permitan realizar procedimientos combinados es un concepto relativamente nuevo en México, debido a que no existen reportes de una sala con las mismas características en la población Mexicana es necesario realizar un análisis panorámico desde el inicio de su aplicación con el fin de identificar aspectos epidemiológicos, ventajas y diferencias en relación a procedimientos cerebrovasculares realizados en una sala convencional.

OBJETIVOS

Objetivo general

Describir las características epidemiológicas de los pacientes y los resultados iniciales de la cirugía cerebrovascular en la sala quirúrgica híbrida del Hospital General de México desde el inicio de su funcionamiento en el 2016 a diciembre del 2017.

Objetivos específicos

Los objetivos específicos son conocer:

- Las patologías cerebrovasculares más comunes tratadas en la sala híbrida del Hospital General de México.
- Los procedimientos combinados utilizados para tratar patologías cerebrovasculares en la sala híbrida del Hospital General de México.
- Características clínicas pre y pos operatorias de pacientes tratados en la sala híbrida del Hospital General de México.
- Días de estancia hospitalaria en pacientes con enfermedad cerebrovascular tratados en la sala híbrida en relación a aquellos tratados en salas convencionales.

DISEÑO DEL ESTUDIO

El presente trabajo corresponde a un estudio descriptivo, retrospectivo, transversal.

Se revisaron los expedientes clínicos del servicio de Neurocirugía del Hospital General de México “Dr. Eduardo Liceaga” en el periodo comprendido de enero del 2016 a diciembre del 2017.

Criterios de inclusión

- a) Pacientes con enfermedades cerebrovasculares tratados por cirugía en la sala híbrida del Hospital General de México desde enero del 2016 a diciembre del 2017.
- b) Pacientes con enfermedades cerebrovasculares tratados con manejo combinado en la sala híbrida del Hospital General de México desde enero del 2016 a diciembre del 2017.
- c) Pacientes con expediente clínico completo.
- d) Pacientes con acceso a expediente radiológico disponible.

Criterios de exclusión

- a) Pacientes con enfermedades cerebrovasculares tratados únicamente por procedimientos endovasculares en la sala híbrida del hospital General de México.
- b) Pacientes con expediente clínico incompleto.
- c) Pacientes con expediente radiológico no disponible.

MATERIAL Y MÉTODO

- Expedientes clínicos del servicio de Neurocirugía del Hospital General de México “Dr. Eduardo Liceaga” durante el periodo 2016-2017.
- Plataforma CARESTREAM © Vue PACS para visualizar imágenes del archivo radiológico del Hospital General de México “Dr. Eduardo Liceaga”.
- Computadora personal.
- *Software* Apache © OpenOffice Writer 4.1.3
- *Software* Horos2K v2.2.0 para visualizar imágenes radiológicas médicas DICOM.
- Artículos de papelería y oficina.

Se revisaron los expedientes clínicos del servicio de Neurocirugía de pacientes con enfermedades cerebrovasculares operados en la sala híbrida del Hospital General de México “Dr. Eduardo Liceaga”, del periodo 1º de enero de 2016 al 31 de diciembre de 2017, se encontraron 16 casos de pacientes con diagnóstico de aneurisma cerebral, y 6 casos con diagnóstico de malformación arteriovenosa cerebral. Se revisaron los expedientes radiológicos y estudios de laboratorio para confirmar el diagnóstico y las técnicas quirúrgicas empleadas en cada caso.

CONSIDERACIONES ÉTICAS

El desarrollo del presente protocolo se basa en los principios especificados en la normatividad nacional vigente en materia de investigación para la salud.

- *Riesgos de la investigación*: el presente protocolo constituye una investigación “sin riesgo”, según los criterios del Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Investigación para la Salud, Título Segundo, Capítulo I , Artículo 17, Inciso I, dado que se trata de un método de investigación documental retrospectivo.

- *Contribuciones y beneficios para los participantes y la sociedad en su conjunto*: la presente investigación no brinda ningún beneficio directo a los participantes; sin embargo, el beneficio se aplica a la sociedad en su conjunto al generar conocimiento acerca de la presentación, clínica, diagnóstico, tratamiento de enfermedades cerebrovasculares en una sala híbrida.

- *Confidencialidad*: los datos obtenidos durante el desarrollo del presente protocolo serán protegidos con la finalidad de evitar la identificación de los sujetos y la confidencialidad de la información.

- *Condiciones en las que se solicita el consentimiento*: no aplica.

- *Forma de selección de los participantes*: búsqueda consecutiva en los expedientes clínicos del servicio de Neurocirugía del Hospital General de México “Dr. Eduardo Liceaga”.

- *Balance riesgo-beneficio*: dado que se trata de una investigación sin riesgo y existen posibles beneficios a la sociedad en su conjunto, la balanza se inclina hacia el beneficio.

RESULTADOS

Se revisaron expedientes de todos los pacientes con enfermedad cerebrovascular operados en la sala híbrida del Hospital General de México en el periodo comprendido de enero del 2016 a diciembre del 2017. Y se incluyeron un total de 22 casos de los cuales 16 (73%) tuvieron el diagnóstico de aneurisma cerebral y 6 (27%) de Malformación arterio venosa. (Gráfica 1).



Gráfica 1

Se realizó angiografía preoperatoria en 2 de los 5 casos con aneurismas no rotos, y en 4 de los 11 pacientes con aneurismas rotos. Se realizó angiografía transoperatoria en todos los pacientes con aneurismas no rotos y en 8 de los 11 pacientes con aneurismas rotos.

Se realizó manejo combinado con control con balón endovascular en 2 de los 5 pacientes con aneurismas no rotos.

Se realizó embolización de todas las malformaciones arteriovenosas en la sala híbrida el mismo día de la cirugía.

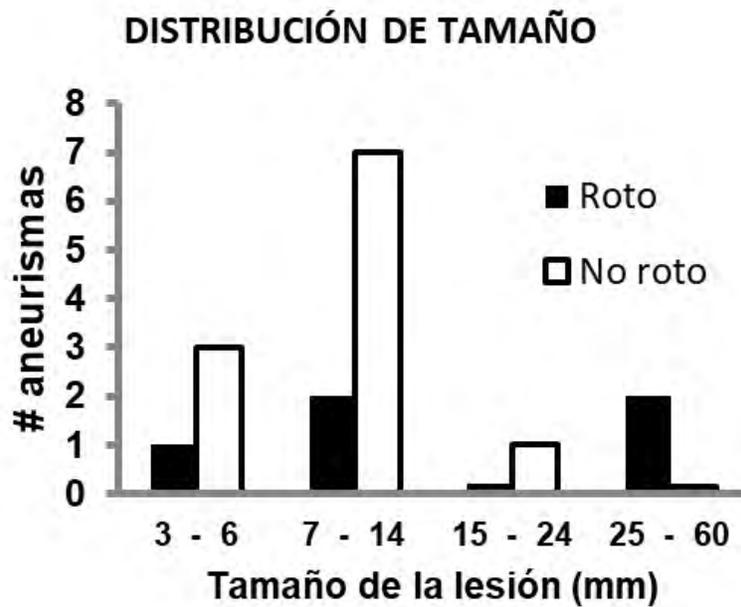
En el caso de aneurismas cerebrales; 3 (19%) fueron del sexo masculino y 13 (81%) del sexo femenino, 11 (69 %) fueron rotos y 5 (31%) no rotos al momento de la cirugía. Con una edad promedio global entre rotos y no rotos de 56 años +/- 13.1 De 55 años +/- 13.8 en el caso de los rotos y de 60 años +/-16 en el caso de los no rotos. (Gráfica 2)

TABLA 1. DATOS ANEURISMAS	ROTO	NO ROTO	TOTAL
SEXO (n)			
Masculino	3	0	3
Femenino	8	5	13
EDAD (años ± s.d.)			
	55 ± 13.8	60 ± 16.5	56 ± 13.1
LOCALIZACIÓN (n)			
Paraclinoideo	2	5	7
ACM	4	0	4
AcoP	3	0	3
AcoA	1	0	1
Vertebro-PICA	1	0	1
TAMAÑO (mm)			
	9 ± 5.7	14 ± 10	10 ± 7.1
ESTACION DEL AÑO			
Primavera	4	2	6
Verano	1	1	2
Otoño	4	1	5
Invierno	2	1	3

Gráfica 2.

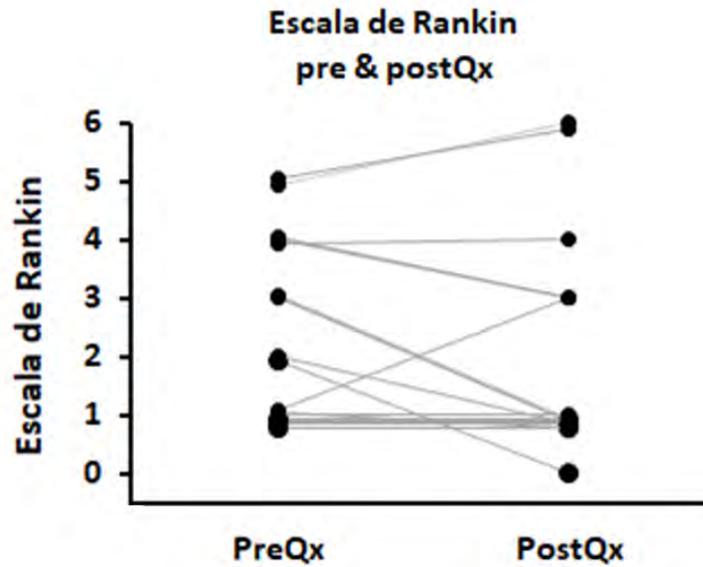
La variabilidad del sitio anatómico de los aneurismas fue la siguiente; aneurismas paraclinoideos rotos 2, no rotos 5, en total 7 casos, en arteria cerebral media (ACM) rotos 4, no rotos 0, en arteria comunicante posterior (AcoP) rotos 3, no rotos 0, en arteria cerebral anterior rotos 1, no rotos 0, en segmento vertebra PICA rotos 1, no rotos 0. (Gráfica 2)

En cuanto al tamaño, de los aneurismas rotos el promedio fue de 9 mm +/- 5.7, y de los no rotos 14 mm +/- 10. (Gráfica 2). En cuanto a la distribución de tamaño en base a la clasificación de Yassargil, pequeños (3-6mm) rotos 1, no rotos 3, medianos (7-14mm) rotos 2, no rotos 7, grandes (15-24mm) rotos 0, no rotos 1, gigante (25-60mm) rotos 2, no rotos 0. (Gráfica 3).



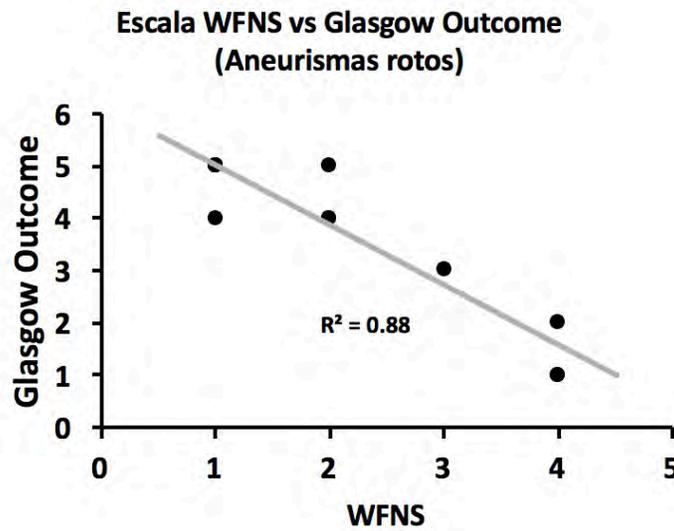
Gráfica 3.

Se utilizó la escala de Rankin modificada (ERM) para la valoración clínica pre y pos operatoria, en el prequirúrgico 7 (43%) presentaron puntaje ERM de 1, 2 (12%) ERM de 2, 2 (12%) ERM de 3, 3 (18%) ERM de 4, 2 (12%) ERM de 5. En el pos operatorio 1 (6%) paciente presentó ERM con puntaje de 0, 10 (62%) presentaron ERM con puntaje de 1, 3 (18%) ERM de 3, 1(6%) ERM de 4 y 2 (12%) ERM de 6. De manera global 7 (43%) mantuvieron el mismo puntaje en el pre y posoperatorio, 6 (37%) pacientes bajaron el puntaje en 1 o 2 puntos en el posoperatorio. 3 (18%) pacientes elevaron el puntaje en 1 a 2 puntos en le posoperatorio. (Gráfica 4).



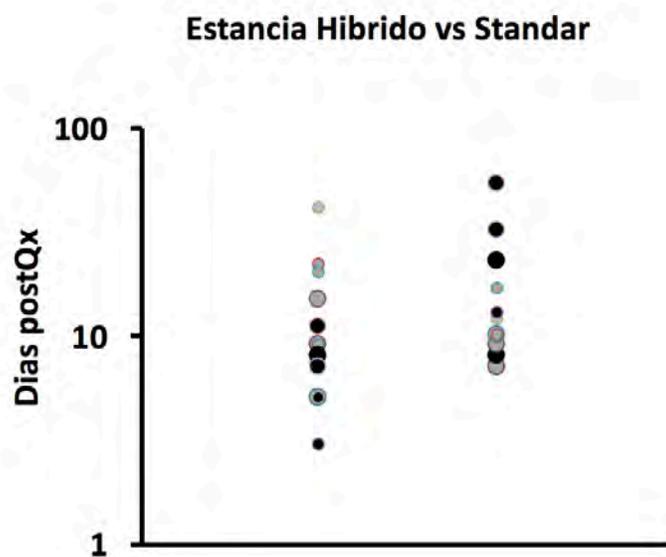
Gráfica 4

En el caso de aneurismas rotos 11 (69%), se utilizaron las escalas de medición clínica de la World Federation of Neurosurgery (WFNS) para valoración preoperatoria; 5 (45%) presentaron WFNS de 1, 3 (27%) WFNS de 2, 1 (9%) WFNS de 3, 3 (27%) de 4. Glasgow Outcome Scale (GOS) para valoración posoperatoria; 5 (45%) presentaron GOS de 5, 3 (27%) GOS de 4, 1(9%) GOS de 3, 1(9%) GOS de 2, 2 (18%) GOS de 1. El ajuste lineal tuvo una R de 0.88. (Gráfica 5).



Gráfica 5

Se midieron los días de estancia hospitalaria posteriores a la cirugía de los pacientes con aneurismas operados en la sala híbrida (14 casos) y de forma aleatoria el mismo número de pacientes con aneurismas operados en una sala no híbrida. Se excluyeron 2 pacientes que fallecieron después de la cirugía. De los 14 casos (100%) operados en la sala híbrida, 9 (64%) permanecieron hospitalizados menos de 10 días después de la cirugía. 5 (36%) permanecieron internados en el intervalo de 11 a 41 días posteriores a la cirugía. De los casos operados en una sala no híbrida 4 (28%) permanecieron hospitalizados menos de 10 días después de la cirugía. 10 (72%) permanecieron internados en el intervalo de 10 a 54 días posteriores a la cirugía. (Gráfica 6)



Gráfica 6

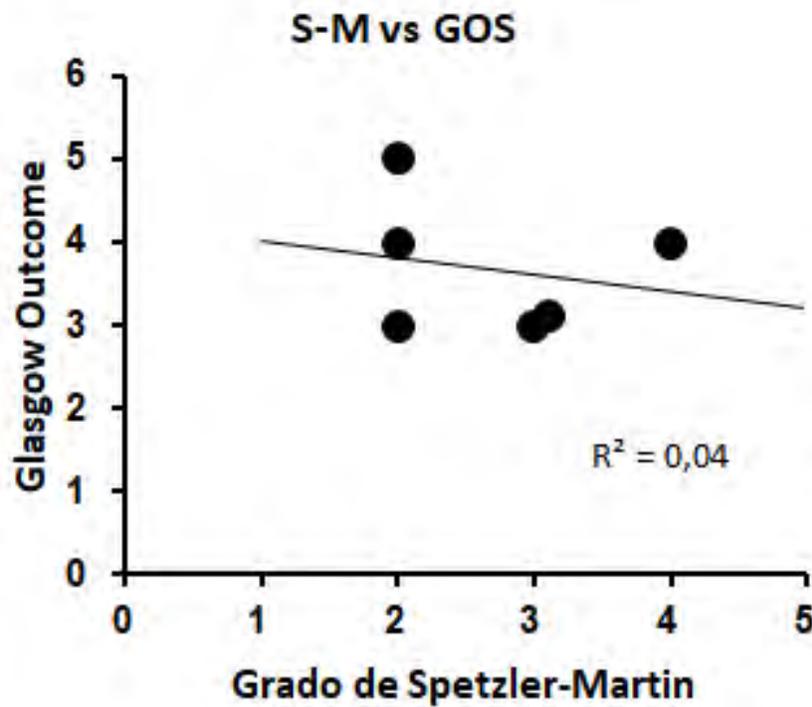
En el caso de las MAVs; 2 (33%) fueron hombres y 6 (64%) mujeres. 5 (83%) sangraron previamente a la cirugía y 1 (17%) no presentó sangrado previo a la cirugía. La edad promedio de aquellas que presentaron hemorragia fue de 39 +/- 10 años y 45 años aquel que no presentó hemorragia. En cuanto a la localización la distribución fue igualitaria; pericallosa 1, occipital medial derecha 1, precuña derecha 1, parietal inferior izquierda 1, cerebelosa izquierda 1, frontal derecha 1. En cuanto a la clasificación de Spetzler Martin; 3 (50%) de pacientes presentaron puntaje de 2, 2 (34%) con puntaje de 3 y 1 (17%) con puntaje de 4. El paciente que no presentó hemorragia tuvo epilepsia como clínica, aquellos que tuvieron hemorragia el hematoma ocupó el parénquima en 2 casos, el espacio subaracnoideo en 1 caso y parénquima con irrupción ventricular en 2 casos. No requirieron derivación. En cuanto al flujo, 1 (17%) fue de flujo alto y 5 (83%) de flujo mediano. (Gráfica 7)

TABLA 2. DATOS MAVs	SANGRADO	NO SANGRADO	TOTAL
SEXO (n)			
Masculino	1	1	2
Femenino	4	0	4
EDAD (años ± s.d.)	39 ± 10	45	45 ± 18
LOCALIZACIÓN MAV (n)			
Pericallosa	1	0	1
Occipital Medial derecha	1	0	1
Precuña derecha	1	0	1
Parietal inferior izquierda	1	0	1
Cerebelosa izquierda	1	0	1
Frontal derecha	0	1	1
GRADO SPETZLER-MARTIN (n)			
2	2	1	3
3	2	0	2
4	1	0	1
LESION/CLINICA ASOCIADA			
Hemorragia			
Parenquimatosa	2	-	2
Subaracnoidea	1	-	1
Parenquima+Intraventricular	2	-	2
Epilepsia	-	1	1
FLUJO (n)			
Alto	1	0	1
Mediano	4	1	5
TRATAMIENTO n(%)			
Embolización	5 (100)	1 (100)	6 (100)
Resección total	5 (100)	1 (100)	6 (100)
GLASGOW OUTCOME SCALE (n)			
3	3	-	3
4	2	-	2
5	-	1	1

Gráfica 7

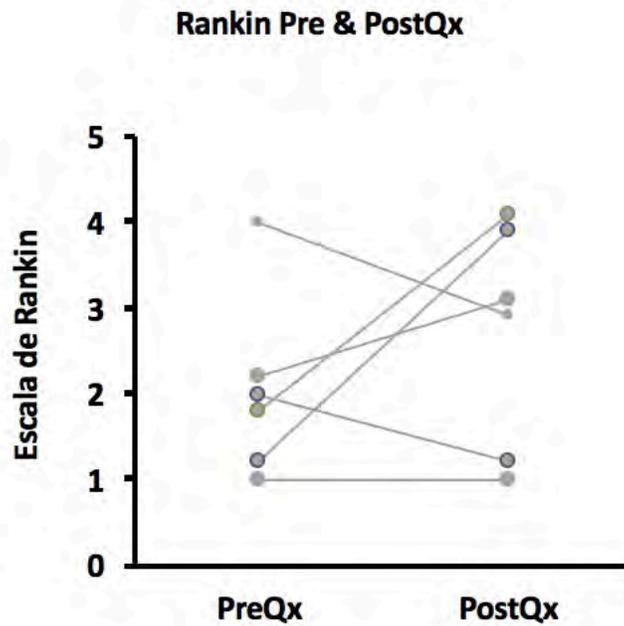
En cuanto al GOS; 3 (50%) pacientes presentaron puntaje de 3, 2 (34%) con GOS de 4 y 1 (17%) con GOS de 5.

Se correlacionó el puntaje de la clasificación de Spetzler Martin con el GOS y el ajuste lineal tuvo una R de 0.04. (Gráfica 8)



Gráfica 8

Se utilizó la escala de Rankin modificada (ERM) para la valoración clínica pre y pos operatoria, en el prequirúrgico 1 (17%) presentaron puntaje ERM de 4, 3 (50%) ERM de 2, 2 (34%) ERM de 1. En el posquirúrgico 1 paciente no presentó cambios en el puntaje manteniéndose en 1 de ERM. 2 (34%) pacientes presentaron incremento en el puntaje de 2 a 3 puntos en la escala. 2 (34%) presentaron descenso en el puntaje en 1 punto. (Gráfica 9)



Gráfica 9

DISCUSIÓN

Los procedimientos endovasculares se han realizado en las salas de operaciones con un sistema portátil de brazo en C desde hace décadas. Muchas unidades neuroquirúrgicas todavía utilizan esta técnica en cirugía cerebrovascular. Aunque los resultados son aceptables, la calidad de imagen es insuficiente para las intervenciones neurovasculares. Además las limitaciones de esta técnica excluyen las sofisticadas técnicas de imagen como angiografía rotacional y adquisición en 3D.

La cirugía neurovascular realizada en una sala híbrida tiene varias ventajas. Primero, la embolización con coils y el clipaje de aneurismas se pueden realizar en el mismo tiempo y bajo una sola sesión de anestesia general. Si la tentativa para embolizar fracasa, el procedimiento quirúrgico puede realizarse inmediatamente. Segundo, la angiografía transoperatoria puede confirmar inmediatamente la posición del clip después de su colocación o la exclusión de una MAV. Tercero, el abordaje quirúrgico combinado se puede realizar cuando se considera que el enfoque es óptimo, o cuando un endovascular resulta sin éxito, como en las fístulas arteriovenosas durales con seno aislado. Cuarto, se pueden obtener de forma intraoperatoria imágenes de excelente calidad junto con la angiografía rotatoria y la adquisición en 3D. Finalmente los puntos craneométricos y su proyección en la superficie del cerebro o en el sitio de la resección puede ayudar en la localización exacta de una posible AVM residual.

Describimos los resultados iniciales de los procedimientos cerebrovasculares realizados en el quirófano híbrido del Hospital General de México en los primeros dos años a partir de su inauguración. La información que se obtuvo nos demuestra que las bondades de dicha sala son bastante considerables y que los resultados se equiparan a aquellos obtenidos en otros centros neuroquirúrgicos del mundo. Sin embargo es importante sacar a relucir que aun no se ha explotado el potencial y las cualidades que brinda esta sala. En el caso de los aneurismas la forma en la que mas se aprovecho la sala, fue realizando angiografía transoperatoria para corroborar la exclusión completa del aneurisma. En dos casos se logró realizar una terapia combinada simultanea. Utilizando un balón inflado en la luz de la arteria principal para obtener control del flujo y de esta forma realizar la disección y el clipaje de forma segura.

Los datos epidemiológicos obtenidos de aquellos casos tratados en la sala híbrida son equiparables a aquellos reportados en la literatura general, fueron dos tipos de enfermedades que se trataron; aneurismas y MAVs, siendo el sexo femenino el más afectado, principalmente por aneurismas. Se trataron con mayor frecuencia aneurismas rotos en relación a no rotos. La localización mas frecuente de los aneurismas tratados en la sala híbrida difiere de la incidencia reportada en la literatura, siendo la localización en la región paraclinoidea la más encontrada de aneurismas no rotos. Inferimos que esto pueda ser debido a que los aneurismas de esta localización son considerados complejos y que esto se encuentre relacionado con la mayor cantidad de referencias interhospitalarias de centros quirúrgicos en los cuales el manejo de estos aneurismas se encuentre limitado. Para investigar si esta inferencia es acertada se deberá recabar en el futuro información dirigida referente al motivo que encaminó al paciente a nuestro hospital. En cuanto a los aneurismas rotos la localización encontrada se aproxima a la reportada en la literatura.

En cuanto al tamaño, se observa que fue menor en aquellos aneurismas que se diagnosticaron tras la ruptura del mismo. Y que a diferencia de lo que se menciona en las guías, que la incidencia de ruptura incrementa en invierno, en nuestros casos la ruptura del aneurisma se presentó mas en época de primavera y otoño. Ambos resultados no son significativos debido al pequeño número de casos.

Se midió en base a la escala modificada de Rankin la condición clínica pre y posquirúrgica para tratar de identificar si existe relación directamente proporcional del procedimiento realizado en la sala híbrida con mejoría en la condición clínica posoperatoria. Sin embargo los hallazgos no son significativos ya que si bien la mayoría presentó mejoría, hubieron casos que empeoraron o se mantuvieron igual lo que de manera global no difiere a los resultados de pacientes tratados en salas convencionales, además, y como está reportado, guarda mas relación la condición clínica preoperatoria como factor pronóstico determinante algo que de igual forma se equiparó con los resultados de este estudio.

A pesar de que en general los resultados recabados resultan no significativos debido al poco número de casos y que se necesitan mas datos para corroborar las ventajas de la sala híbrida, se pudo observar que la cantidad de días de estancia hospitalaria posteriores a la cirugía fue menor en relación al que presentaron los casos que fueron tratados en una sala convencional.

Resultando que el 64% de casos de aneurismas operados en la sala híbrida permanecieron menos de 10 días hospitalizados, a diferencia del 28% de casos operados en una sala no híbrida que permanecieron menos de 10 días hospitalizados posterior al procedimiento quirúrgico. A pesar de que este resultado le atribuye una ventaja clara a la sala híbrida es importante mencionar que hay muchos factores a considerar y que no se tomaron en cuenta en el estudio. Sin embargo es un punto a tener en cuenta en un futuro para descripciones más puntuales.

Las aplicaciones más relevantes de la sala híbrida para el manejo de aneurismas fueron contar con un control transoperatorio para identificar residuales y lograr la exclusión total de un aneurisma, esto puede disminuir la tasa de recidivas o residuales que condicionen y eleven el riesgo de ruptura, hemorragia y secuelas. Otra aplicación fue la de tener control endovascular de la arteria principal simultáneamente al clipaje del aneurisma, lo que disminuye el riesgo de ruptura y complicaciones transquirúrgicas. Sin embargo ambas aplicaciones no se han podido medir ni analizar en el estudio debido a que la gran mayoría de los pacientes no acuden a sus controles y seguimiento por consulta externa y muchos otros no se realizaron los estudios solicitados. Los motivos son desconocidos sin embargo su identificación nos motiva a investigarlos para que tomen la relevancia en futuros proyectos. En el caso de las MAVs, la manera en la que se utilizó la sala híbrida fue con embolización parcial prequirúrgica, en la mayoría de los casos la misma se realizó con Histoacryl y en dos casos con ónix. Esto favoreció a la resección completa de la lesión con disminución del riesgo de ruptura y hemorragia transoperatoria. Sin embargo no se realizó una angiografía posoperatoria inmediata para identificar MAV residual.

Si bien la experiencia inicial de la terapia híbrida es favorecedora y el flujo de atención y tiempos de procedimientos van mejorando, se identificaron y presentaron algunas limitaciones que impiden explotar al máximo los beneficios de esta sala. Estas limitantes influyen a la hora de presentar el caso para su resolución en la sala híbrida.

Entre aquellas limitantes se encuentra el factor económico, es sabido que los insumos para la terapia endovascular son desechables y que tienen un costo elevado. Además debemos tener en cuenta los costos de los estudios, de hospitalización y de material microquirúrgico. La gran mayoría de los pacientes que se tratan en el hospital no pueden costear todo el material

requerido por lo que muchas veces se prescinde de estos insumos para tratar las patologías de manera convencional ya que esta resulta siendo la más económica.

Una limitante identificada para la realización de un flujograma de atención de pacientes con enfermedad cerebrovascular de urgencias al quirófano híbrido guarda relación con la ubicación de la sala híbrida, ya que la misma, la sala de urgencias, la sala de tomografía, la unidad de cuidados intensivos neurológicos y el servicio de neurocirugía se encuentran en áreas separadas, lo que hace que la atención del paciente se adapte a la disposición y capacidad del número de camas disponibles en el hospital ya sea en urgencias o en la unidad de cuidados intensivos.

Muchos de los procedimientos cerebrovasculares llegan a requerir varias horas de trabajo quirúrgico, esto es debido a la dificultad, la delicadeza y paciencia con la que deben ser manejados los tejidos del sistema nervioso central. Esto tiene relevancia debido a que una sala híbrida requiere de un equipo multidisciplinario para su adecuado funcionamiento. Neurocirujanos, técnicos radiólogos, neuroanestesiólogos, enfermeros y equipo de apoyo deben estar familiarizados con el uso de la sala y encontrarse a entera disposición en caso de requerirse, durante todo el procedimiento. Esta es una de las principales falencias de la sala híbrida, debido a que llegado el turno vespertino no se cuenta con técnicos capacitados en el uso del equipo de la sala híbrida, principalmente el brazo en C. Eso le quita las capacidades funcionales a la sala fuera del turno matutino.

A pesar de las limitaciones descritas, desde su inauguración a la fecha se han acortado tiempos y se han visto mejoras con mayor capacidad para explotar las bondades de este quirófano y su empleo en las cirugías cerebro vasculares.

CONCLUSIONES

En el presente trabajo realizamos una valoración general de la experiencia inicial de procedimientos cerebrovasculares realizados en la sala híbrida del Hospital General de México. Observamos que muchos casos se han beneficiado de las aplicaciones que otorga esta sala. La identificación de las debilidades y limitaciones detalladas en el estudio permitirán y servirán como base para buscar soluciones y alternativas que permitan explotar al máximo las características de una sala quirúrgica que es de las pocas existentes en Latinoamérica, esto con el fin de la obtención de mejores resultados para los pacientes atendidos en el Hospital General de México.

BIBLIOGRAFÍA

1. Ropper A.H. BRH. Principios de Neurología de Adams y Victor: Mc Graw Hill; 2005.
2. Goren O, Monteith SJ, Hadani M, Bakon M, Harnof S. Modern intraoperative imaging modalities for the vascular neurosurgeon treating intracerebral hemorrhage. *Neurosurg Focus*. 2013;34(5):E2.
3. Lawton MT, Quinones-Hinojosa A, Sanai N, Malek JY, Dowd CF. Combined Microsurgical and Endovascular Management of Complex Intracranial Aneurysms. *Neurosurgery*. 2003;52(2):263-75.
4. Chalouhi N, Theofanis T, Jabbour P, Dumont AS, Fernando Gonzalez L, Starke RM, et al. Safety and efficacy of intraoperative angiography in craniotomies for cerebral aneurysms and arteriovenous malformations: a review of 1093 consecutive cases. *Neurosurgery*. 2012;71(6):1162-9.
5. Georg Nollert, Thomas Hartkens, Anne Figel, Clemens Bulitta, Franziska Altenbeck and Vanessa Gerhard (2012). *The Hybrid Operating Room, Special Topics in Cardiac Surgery*, Prof. Cuneyt Narin (Ed.), ISBN: 978-953-51-0148-2, InTech, Available from: <http://www.intechopen.com/books/special-topics-in-cardiacsurgery/the-hybrid-operating-room>.
6. Schaller K, Cabrilo I, Pereira VM, Bijlenga P. [Hybrid operation theatre from the perspective of neurosurgery]. *Chirurg*. 2013;84(12):1041-7.
7. Choudhri O, Mukerji N, Steinberg GK. Combined endovascular and microsurgical management of complex cerebral aneurysms. *Front Neurol*. 2013;4:108.
8. Kotowski M, Sarrafzadeh A, Schatlo B, Boex C, Narata AP, Pereira VM, et al. Intraoperative angiography reloaded: a new hybrid operating theater for combined endovascular and surgical treatment of cerebral arteriovenous malformations: a pilot study on 25 patients. *Acta Neurochir (Wien)*. 2013;155(11):2071-8.
9. Sikkink CJ, Reijnen MM, Zeebregts CJ. The creation of the optimal dedicated endovascular suite. *Eur J Vasc Endovasc Surg*. 2008;35(2):198-204.
10. Sato K, Endo H, Fujimura M, Endo T, Matsumoto Y, Shimizu H, et al. Endovascular Treatments in Combination with Extracranial-Intracranial Bypass for Complex Intracranial Aneurysms. *World Neurosurg*. 2018;113:e747-e60.
11. Murayama Y, Saguchi T, Ishibashi T, Ebara M, Takao H, Irie K, et al. Endovascular operating suite: future directions for treating neurovascular disease. *J Neurosurg*. 2006;104(6):925-30.

12. Murayama Y, Irie K, Saguchi T, Ishibashi T, Ebara M, Nagashima H, et al. Robotic digital subtraction angiography systems within the hybrid operating room. *Neurosurgery*. 2011;68(5):1427-32; discussion 33.
13. Murayama Y, Arakawa H, Ishibashi T, Kawamura D, Ebara M, Irie K, et al. Combined surgical and endovascular treatment of complex cerebrovascular diseases in the hybrid operating room. *J Neurointerv Surg*. 2013;5(5):489-93.
14. Kalani MYS, Spetzler RF. Combined Endovascular and Microsurgical Treatment of a Premotor Arteriovenous Malformation: 2-Dimensional Operative Video. *Oper Neurosurg (Hagerstown)*. 2018;15(1):100.