

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE MEDICINA

INSTITUTO NACIONAL DE NEUROLOGIA Y
NEUROCIRUGIA

**“APLICACIONES DEL STENT EN EL MANEJO
DE ANEURISMAS INTRACRANEALES DE LA
CIRCULACIÓN ANTERIOR”**

TESIS DE POSGRADO

**PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
TERAPIA ENDOVASCULAR NEUROLÓGICA**

PRESENTA:

DR. ALFREDO RENÉ OSORIO ALVARADO

TUTOR DE TESIS:

DR. MARCO ANTONIO ZENTENO CASTELLANOS





Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

TESIS DE POSTGRADO
PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO EN:
TERAPIA ENDOVASCULAR NEUROLÓGICA

**“APLICACIONES DEL STENT EN EL MANEJO DE ANEURISMAS INTRACRANEALES
DE LA CIRCULACIÓN ANTERIOR”**

AUTOR

DR. ALFREDO RENE OSORIO ALVARADO

TUTOR DE TESIS

DR. MARCO ANTONIO ZENTENO CASTELLANOS

PROFESOR TITULAR

TERAPIA ENDOVASCULAR NEUROLÓGICA

INSTITUTO NACIONAL DE NEUROLOGIA Y NEUROCIRUGIA

ASESOR DE TESIS

DR. JORGE ARTURO SANTOS FRANCO

NEUROCIRUJANO – TERAPISTA ENDOVASCULAR NEUROLÓGICO

DR. RICARDO COLIN PIANA

DIRECTOR DE ENSEÑANZA

INSTITUTO NACIONAL DE NEUROLOGIA Y NEUROCIRUGIA

DEDICATORIA:

A MI ESPOSA PATY.
POR CADA PROYECTO RESPALDADO,
POR CADA ESFUERZO COMPARTIDO,
POR QUE CADA LOGRO ES DE LOS DOS.

A NUESTRA HIJA YAMIS.
POR SER LA LUZ QUE ILUMINA NUESTRAS VIDAS,
POR QUE TU SOLA PRESENCIA ES UN SUEÑO,
POR TRANSMITIRNOS LA FUERZA PARA CADA DIA.

A QUIEN HUBIERA DE VENIR.
POR QUE YA TE ESPERAMOS CON ANSIA,
POR QUE NUESTRO CAMINAR YA ES TUYO.

FAMILIA OSORIO MORFIN.
GRACIAS... LES AMO.

ANDREW, CECI, QUIQUIN,
MONY, TAVO, LULU Y QUIQUE.
POR QUE CADA LOGRO VALE POR CUATRO.

PAPA MEMO.
POR NO CESAR EN TU EJEMPLO DE ESFUERZO,
POR MANTENERTE SIEMPRE CERCA.

MAMA QUETA.
POR SER EL CENTRO DE TODAS NUESTRAS VIDAS,
POR MANTERNOS SIEMPRE CERCA.

FAM. OSORIO ALVARADO.

AGRADECIMIENTOS.

DR. MARCO ANTONIO ZENTENO CASTELLANOS.
POR LA GRAN OPORTUNIDAD DE FORMARME EN SU SERVICIO,
POR SUS PUNTUALES ENSEÑANZAS EN LOS FINOS DETALLES DE LA
ESPECIALIDAD.

DR. JORGE ARTURO SANTOS FRANCO.
POR SU GRAN ESFUERZO EN LA ELABORACION DE ESTE TRABAJO
REBASANDO POR MUCHO LOS LIMITES DE LA AMISTAD.
ESPERO PODER CORRESPONDER TANTO AFECTO.

DR. RICARDO VLADIMIR DIAZ-ROMERO PAZ.
T.R. SUSANA VEGA MONTESINOS.
DR. ANGEL LEE.
POR SU INVALUABLE COLABORACION PARA EL ANALISIS, EDICION Y
PRESENTACION DE ESTA TESIS.
POR SU GRATA AMISTAD.

DR. JORGE BALDERRAMA BAÑARES.
POR SER SIEMPRE AMIGO Y MAESTRO.

COMPAÑERAS Y COMPAÑEROS; TECNICOS, ENFERMERAS Y MEDICOS.
POR SU GRAN APOYO EN ESTE DIFICIL PERO RECONFORTANTE CAMINAR.

INSTITUTO NACIONAL DE NEUROLOGIA Y NEUROCIRUGIA.
POR EL PRIVILEGIO Y FUERTE RESPONSABILIDAD QUE SIGNIFICA EL SER
ALUMNO EGRESADO DE ESTA GRAN SEDE ACADEMICA.

INDICE

Introducción	1
Antecedentes	4
Reseña histórica	4
Embolización con coils y recanalización	6
Uso de stents en Terapia Endovascular	8
Complicaciones del uso del stent	11
Planteamiento del problema	13
Hipótesis positiva	
Hipótesis nula	
Objetivos	14
Justificación	14
Materiales y métodos	14
Diseño	15
Criterios de inclusión	16
Criterios de exclusión	16
Equipos y técnicas empleadas	16
Variables	17
Consideraciones éticas	19
Consideraciones financieras	19
Resultados	21
Debut clínico	21
Variables angiográficas	22
Tratamiento	25
Incidentes y complicaciones	27
Control angiográfico inmediato	27
Seguimiento angiográfico	30
Casos representativos	37
Discusión	43
Conclusiones	48
Referencias	49

INTRODUCCION

Los aneurismas intracraneales son dilataciones patológicas de las arterias cerebrales. Se originan con mayor frecuencia en las zonas de bifurcación de los vasos del espacio subaracnoideo. La mayoría de los estudios de autopsia han estimado su prevalencia en alrededor del 2% al 5%.¹¹

Desde un punto de vista clínico, pueden cursar asintomáticos durante la vida del individuo, sin embargo suelen manifestarse de tres maneras: 1) mediante síntomas y signos derivados de su **ruptura**, 2) por **compresión** de elementos del neuroeje, principalmente nervios craneales, y 3) por **isquemia** condicionada por liberación de émbolos desde el saco aneurismático.

La manifestación clínica más dramática de un aneurisma es la Hemorragia Subaracnoidea (HSA) ocasionada por su ruptura.⁷⁰ La HSA se considera una emergencia neurológica caracterizada por la extravasación de sangre hacia el espacio subaracnoideo. Representa del 2% al 5% de los eventos vasculares cerebrales agudos y afecta cerca de 21.000 a 33.000 personas cada año en los EEUU.⁴ La incidencia mundial de la HSA es de aproximadamente 10.5 casos por cada 100.000 personas por año.⁵⁷ La edad promedio de presentación es de 55 años.⁶⁴ El tabaquismo, la hipertensión arterial sistémica, y el consumo excesivo de alcohol son los factores de riesgo más importantes en la HSA.²¹ Más del 30% de los pacientes mueren en las primeras 24 horas del sangrado y otro 25% a 30% muere durante las 4 semanas subsecuentes si no fueron tratados.⁵⁷ La HSA tiene una mortalidad promedio del 51% y un tercio de los pacientes que sobreviven

necesitan cuidados de por vida.⁴⁵ Del 2% al 4% resangran en las primeras 24 horas después del episodio inicial y de un 15% a 20% lo hacen dentro de las primeras 2 semanas. Además de este elevado índice de re-ruptura, los pacientes que sobreviven están sujetos a una elevada tasa de mortalidad condicionada por otras complicaciones secundarias a la HSA.⁸⁸ El déficit isquémico tardío secundario a vasoespasmo es, luego de la re-ruptura, la causa más frecuente de morbimortalidad.¹²

Los pacientes que se presentan con síntomas de compresión, tales como parálisis de nervios craneales o disfunción del tallo cerebral, poseen aneurismas generalmente grandes o gigantes, los que implican un riesgo elevado de ruptura, que ha llegado a reportarse en hasta un 6% anual.⁹

Los aneurismas no rotos o incidentales han sido reportados más frecuentemente en la arteria carótida interna (64%), arteria comunicante anterior (12.8%) y arteria cerebral media (6.3%). Mientras que los aneurismas rotos se encuentran con mayor frecuencia en la arteria comunicante anterior (32%), comunicante posterior (26.4%) y arteria cerebral media (26.2%).⁹

De acuerdo con un estudio internacional de aneurismas intracraneales no rotos, la tasa acumulada a los cinco años de ruptura de aneurismas localizados en la arteria carótida interna, arteria comunicante anterior, arteria cerebral anterior o arteria cerebral media es cero para los aneurismas por debajo de 7 mm, 2.6% para los aneurismas de 7 a 12 mm, 14.5% para los de 13 a 24 mm, y del 40% para los aneurismas de 25 mm o más. Esta tasa contrasta con las tasas de ruptura de

2.5%, 14.5%, 18.4% y 50%, respectivamente para los mismos tamaños de aneurismas en la circulación posterior y arteria comunicante posterior.⁹⁶

El manejo definitivo de los aneurismas intracraneales consiste en la exclusión de la lesión del árbol circulatorio cerebral. Actualmente, las opciones terapéuticas son la cirugía y la terapia endovascular neurológica. Tradicionalmente, la opción quirúrgica fue el método preferido de tratamiento,⁸⁴ sin embargo, en los últimos 15 años el tratamiento endovascular de los aneurismas se ha presentado como una alternativa a la cirugía, e incluso como la primera opción en muchos casos.³⁴ Se han desarrollado nuevas estrategias de manejo endovascular de los aneurismas como un intento de minimizar los riesgos y optimizar los resultados en los pacientes con hemorragia subaracnoidea. Desde la introducción de las espirales desprendibles de Guglielmi (GDC, por sus siglas en inglés) en 1991, el tratamiento endovascular ha asumido una importancia creciente, sin embargo, esta forma de tratamiento no está libre de riesgos y está asociada a complicaciones que pueden ser hemorrágicas y/o isquémicas inmediatas o tardías.⁸⁹

A pesar de los avances recientes en el manejo de los aneurismas intracraneales, la HSA persiste como un evento devastador y el resultado general, con altas tasas de morbilidad y mortalidad, sigue siendo poco satisfactorio. Por otra parte la historia natural de los aneurismas intracraneales no rotos todavía no ha sido del todo aclarada. Se conoce que está influenciada por muchos factores, tales como: edad, co-morbilidad, y características propias del aneurisma, como son el tamaño, localización y morfología. Adicionalmente, las habilidades

profesionales y experiencia del equipo neurovascular tienen un gran impacto en la decisión y aplicación del tratamiento.⁹⁴

En muchas ocasiones, la decisión terapéutica no debe recaer sobre un solo especialista, debe ser sujeta a la evaluación de un equipo multidisciplinario que incluye cirugía vascular cerebral, terapia endovascular y cuidados críticos neurológicos.⁸⁴ Existen factores que no deberían ser determinantes, sin embargo en el estado actual y real de las cosas influyen enormemente en la decisión terapéutica, el más importante de todos es la condición económica del paciente o de los recursos disponibles en la institución.

ANTECEDENTES

Reseña histórica

Clásicamente, los aneurismas intracraneales fueron tratados mediante técnicas quirúrgicas que fueron evolucionando gracias a los esfuerzos de verdaderos maestros. La implementación mundial de la disciplina microneuroquirúrgica en las décadas de los 70s y 80s revolucionó los abordajes y técnicas quirúrgicas.^{3,22} En la actualidad estas técnicas son el clipaje simple del aneurisma, reconstrucción vascular mediante clips, recubrimiento y atrapamiento de los aneurismas con o sin by-pass. Este desarrollo disminuyó notablemente la morbimortalidad ocasionada por la enfermedad aneurismática, sin embargo no se libró de potenciales complicaciones dependientes de la técnica y no todos los pacientes eran accesibles a la cirugía abierta, de allí la necesidad de crear y desarrollar técnicas alternativas. En la década de los 70s en neurocirujano

soviético Fedor Servinenko trató los primeros aneurismas por vía endovascular mediante balones desprendibles abriendo la puerta a toda una especialidad que hoy conocemos como Terapia Endovascular Neurológica (TEN). La embolización con balones desprendibles era una técnica difícil y riesgosa por tanto en la década de los 80s se desarrollaron pequeños espirales de platino que se colocaban libremente dentro del saco aneurismático, con muchas dificultades y riesgos. En los albores de los 90s, Guido Guglielmi elaboró coils desprendibles mediante un sistema electrolítico (Coils desprendibles de Guglielmi (CDG)), haciendo al método mucho más controlable y reproducible. El primer centro en el mundo en utilizar estas nuevas espirales fue la Universidad de Los Ángeles en California, comandados por el grupo de Fernando Viñuela, en Marzo de 1991.³⁴ En agosto del mismo año, el Instituto Eleri, de Buenos Aires y el Instituto Nacional de Neurología y Neurocirugía siguieron la experiencia de la UCLA. La FDA aprobó el uso de los GDC apenas en 1995, en el manejo de aneurismas no susceptibles de manejo quirúrgico,⁶⁸ sin embargo su uso se extendió mundialmente para varios tipos de aneurismas, rotos o no. Pronto se conocieron limitaciones de los dispositivos lo que motivó el desarrollo de nuevos diseños de los espirales, en su morfología, comportamiento al empaquetamiento, además de la adición de materiales bioactivos e hidrofílicos con la finalidad de asegurar mejor estabilidad del saco a largo plazo. Este desarrollo ha ubicado a la TEN ya no como una alternativa para el manejo de los aneurismas, si no en una técnica segura y de primera elección.⁷⁹

Embolización con coils y recanalización

Los GDC son espirales fabricados de platino que se introducen en el aneurisma mediante una guía de acero, de la que posteriormente se desprenden mediante un sistema electrolítico.⁷⁹ La técnica actual de embolización consiste en rellenar el aneurisma con coils hasta excluirlo de la circulación.

La embolización con coils mostró ser segura sin embargo su eficacia se puso en tela de juicio, ya que se encontró que con el tiempo, los coils pueden presentar un fenómeno de compactación, sobre todo en aneurismas grandes y gigantes, y por tanto ocurre la recanalización de la lesión. Desde los trabajos iniciales de Guglielmi se creyó que la descarga eléctrica para liberación electrolítica de los coils sería útil para generar trombosis intra-aneurismática (*electrotrombosis*) y constituir una asociación perfecta entre ocupación de espacio y trombosis inducida.^{23,25,26,34,35} Rápidamente se llegó a la conclusión que la trombosis era pasajera y que el espacio ocupado por los coils dentro del aneurisma, en el mejor de los casos, no superaba el 30% del volumen. Pronto, Viñuela et al pensaron que la solución sería recubrir la superficie de los coils con materiales que indujeran una trombosis intra-aneurismática controlada y duradera. Después de varios años de experimentación se llegó a la conclusión que la PGLA (ácido poliglicólico y copolímero láctico) generaría un proceso inflamatorio intra-aneurismático de características similares a la formación del ateroma. Este fue el principio de la génesis de los coils bioactivos (Matrix®), originando nuevas expectativas. Los resultados experimentales y clínicos iniciales fueron alentadores, sin embargo, a largo plazo se presentaron tasas de recanalización similares a las de los coils

descubiertos (figura 17).^{25,26,69} Posteriormente se desarrollaron coils cubiertos con un hidrogel que reacciona a la presencia de la sangre y aumenta su volumen hasta tres veces el diámetro inicial del espiral, intentando mejorar con esto el relleno del aneurisma ^{15, 29}

Se han determinado como responsables de recidiva aneurismática a los siguientes factores: 1) recanalización debido a inestabilidad de los coils y del trombo intra-aneurismático luego de una embolización inicialmente satisfactoria; 2) crecimiento progresivo del aneurisma por una embolización incompleta y 3) deficiencia mural peri-aneurismática del vaso paterno.⁶⁸ Las presiones tanto estática y dinámica son las responsables de un elevado número de casos de recanalización, mientras que la fuerza de fricción mural no parece estar implicada. Tradicionalmente el tamaño (grande/gigantes) y el cuello ancho han sido los principales factores implicados en la recanalización del aneurisma, sin embargo consideramos que la geometría vascular debería ser también considerada como un factor decisivo en la recidiva. Los aneurismas gigantes suelen presentar trombos en su interior, lo que hace que, con el tiempo los coils se impacten en el área trombosada promoviendo la recanalización del aneurisma.³³ Los aneurismas de cuello ancho son altamente susceptibles a la recanalización ya que las presiones estática y dinámica con su efecto de “martillo de agua” suelen ser mayores y responsables de la compactación de los coils.^{24-26,33,69,83} Este efecto se potencia bajo condiciones de hipertensión arterial sistémica. Por tanto estos tipos de aneurisma son los que representan un mayor reto y los que requieren atención más prolija.

Raymond et al, en un estudio retrospectivo, encontraron recurrencia significativa en 20.7% de 383 casos en un periodo de seguimiento angiográfico de alrededor de 17 meses.⁷² En la división en grupos, estos autores encontraron un 50.6% de recidiva en los aneurismas grandes, 21.3% en los aneurismas pequeños, 52.3% en aneurismas de cuello ancho y 23.7% en los de cuello pequeño.⁶² Kole et al en un estudio retrospectivo de 163 aneurismas encontraron residuales significativos hasta en un 27% en el control inmediato postembolización.⁵² Estos casos correspondieron a aneurismas complejos, difíciles de embolizar. Estos autores describen que en el seguimiento angiográfico medio de 18.2 meses, 19.1% incrementaron el tamaño del residual.⁵² Murayama et al analizaron la experiencia de la UCLA en la embolización simple con GDC[®] practicada en 818 pacientes entre los años 1990 y 2002.⁶⁶ Encontraron recidiva en más del 30% y alrededor del 60% en aneurismas grandes y gigantes, respectivamente. La experiencia con coils Matrix[®] no ha mostrado diferencias en los índices de recidiva.⁵⁰ Recientemente, los coils con hidrogel han mostrado aparentemente un menor índice de compactación.¹⁵ Deshaides et al presentan una serie de 67 aneurismas embolizados con Hydrocoil[®] con seguimiento de un año con un total de recanalización de 15% independiente del tamaño, con una oclusión estable en 70% de los casos.¹⁵ A pesar de esto, la recanalización persiste como el punto más débil de la TEN en el manejo de los aneurismas intracraneales.

Uso de stents en Terapia Endovascular

Los stents son implantes en forma de malla tubular adaptables a la geometría del vaso. Han sido utilizados exitosamente para el tratamiento de la

enfermedad arteriosclerótica coronaria, renal y periférica.^{17,18,77,82} A partir de 1997 fueron incorporados como asistencia en la embolización de aneurismas vertebrobasilares de cuello ancho para proporcionar la contención definitiva de los coils.^{42,76,95} La rigidez de los sistemas balón-expansibles (SBE) fue un serio tropiezo para la compleja anatomía intracraneal, sobretodo para vencer la complicada geometría del sifón carotídeo, por ello se desarrollaron ulteriormente los stents auto-expansibles (SAE) para uso neurológico,^{23,25,26,62} los que demuestran una mejor navegabilidad que los SBE, con lo que se inició una nueva era en el tratamiento de los aneurismas de cuello ancho.

El stent óptimo debe cumplir con las siguientes características: *navegabilidad, conformabilidad, fuerza radial, radio-opacidad, liberación exacta, atraumático para el endotelio, no favorecer la hiperplasia endotelial, baja trombogenicidad y capacidad para contener los coils dentro del aneurisma.* Tomando en cuenta lo anteriormente señalado, los SAE cumplen perfectamente con la navegabilidad sin embargo no son radiopacos y su fuerza radial es pobre. Son visibles solamente en sus extremos en equipos de alta definición, son inestables al momento de la liberación y su adosamiento heterogéneo en la pared los hace, probablemente, más trombogénicos.

Embolización asistida con stent: Como una estrategia para un mejor relleno de los aneurismas y para prevenir la recanalización, se recurrió a la utilización de stents para actuar como una barrera para retener los coils y, de esta manera conseguir un mejor empaquetamiento con resultados que hasta la fecha han sido alentadores.⁹⁹

En una revisión extensa de la literatura se recolectan 21 artículos que suman 449 aneurismas tratados mediante embolización asistida con stent,³³ donde 361 pacientes fueron tratados con SAE. Veinte y ocho por ciento de los aneurismas fueron grandes y aproximadamente 7% fueron gigantes. En 7.3% de los casos la liberación del stent no fue exitosa. Se alcanzó la oclusión completa inmediata en cerca del 57% de los casos y parcial (casi completa) en 22%. Se recolectaron seguimientos angiográficos en 201 pacientes con un promedio de 6.3 meses con un rango de 1 a 18 meses. Se observó oclusión completa en 69% y un índice de recanalización en 4.3%. Catorce por ciento de aneurismas inicialmente ocluidos de forma incompleta presentaron diversos grados progresivos de oclusión. Solamente 16 pacientes requirieron una nueva embolización con coils. En la experiencia publicada del Instituto Nacional de Neurología y Neurocirugía se ha alcanzado 88% de oclusión completa a un año luego de embolización con coils asistida con stent Pharos[®] en aneurismas tanto de circulación anterior como posterior.⁹⁹

Sole stenting: Los stents pueden ser utilizados como herramientas fundamentales y únicas en el tratamiento de aneurismas, técnica que hemos denominado como *sole stenting*. En este sentido, el stent cumple dos funciones básicas que se interrelacionan: 1) alterar el patrón hemodinámico del complejo aneurismático (SBE y SAE), y 2) modificar las características geométricas del vaso paterno (SBE).^{30,31,97-100} El stent altera las características del inflow y el outflow ya que su malla provee un incremento en la resistencia al flujo, disminuye los vórtices y genera estancamiento de sangre intra-aneurisma, lo que promueve la formación de un trombo estable dentro del aneurisma con la consecuente exclusión del

mismo.^{16,30,75,97-100} A nivel del vaso paterno el stent induce a la migración de plaquetas, proliferación de fibroblastos y endotelización, conservando el flujo en la luz del vaso paterno,^{75,100} e incluso respetando el ostium de las ramas que se originan del segmento tratado.^{95,100} En resumen, el sole stenting en el manejo de los aneurismas intracraneales es una herramienta útil y segura, que trata a la enfermedad y no solamente su consecuencia (el saco aneurismático). En la circulación posterior es casi indudable el éxito de la reconstrucción vascular,^{2,25,26,97-100} sin embargo aún nos falta aprender más de la experiencia en laboratorio y clínica, para promover una adecuada selección de los pacientes y confeccionar el dispositivo más adecuado.

Complicaciones del uso de stent

Con el desarrollo tecnológico de los dispositivos para la liberación (microguías, balones, catéteres, etc.) y la navegabilidad de los stents, ya sean SBE o SAE, las complicaciones dependientes de la técnica, tal como la disección arterial, son infrecuentes, alrededor de 1.4%.^{33,62,98}

Trombosis intra-stent y antiagregación: La trombosis dentro del dispositivo ha sido reportada alrededor del 10%,^{23,36,56,62,98} siendo evidente que ha sido más observada en casos tratados con SAE. Es un evento cada vez menos frecuente debido a una adecuada antiagregación. En la actualidad, gracias a lo aprendido de la cardiología intervencionista y de la revisión de la literatura, preferimos, en casos de aneurismas no rotos, la antiagregación con un doble esquema (AAS 100mg/d y clopidogrel 75mg/d) iniciado por lo menos 4 días antes, o dosis de carga VO 4

horas antes del procedimiento (clopidogrel 300mg). En caso de aneurismas rotos iniciamos la antiagregación endovenosa con tirofiban inmediatamente después de desplegado el stent. Todos los pacientes se mantienen bajo un esquema de doble antiagregación oral (AAS 100mg/d y clopidogrel 75mg/d) durante 3 a 6 meses dependiendo de la respuesta individual. Posteriormente continuamos con un solo antiagregante durante 6 meses más (AAS 100mg/día), esquema que preferimos prolongar indefinidamente en mayores de 55 años. En caso de pacientes con aneurisma roto y que sean potenciales candidatos para una cirugía de derivación ventricular o drenaje de hematoma preferimos no tratarlos con stent para evitar los riesgos derivados de la antiagregación. En caso de pacientes con ligera hidrocefalia con un grado de Fisher de III o más, nosotros protegemos el domo para evitar la re-ruptura, y de ser necesario, recurrimos a la colocación del stent en un segundo tiempo. En caso de pacientes en quienes se dude si a futuro presentarán alguna necesidad quirúrgica después de la aplicación del stent, nuestra sugerencia es mantener la infusión IV de tirofiban por aproximadamente 3 días, en caso de requerirse un procedimiento quirúrgico la suspensión del fármaco permitirá la cirugía en un periodo permisible de 4 horas. No se puede tomar esta conducta con el uso de antiagregantes orales, cuyo efecto puede durar hasta más allá de 7 días luego del retiro, o con el abciximab cuyo efecto se prolonga hasta 48 horas.^{23,37}

Estenosis intra-stent: La amplia experiencia de la cardiología intervencionista en el tratamiento de la enfermedad coronaria obstructiva nos habla de estenosis intra-stent de hasta en 50% de los casos.⁶¹ En el manejo de la enfermedad

aterosclerótica intracraneal se reporta una incidencia de re-estenosis de alrededor de un 40% de los casos^{42,48, 87} y al parecer los stents liberadores de droga pueden ser una solución.⁴² Sin embargo el uso de stent en el manejo de los aneurismas presenta un panorama distinto. En diversas series de embolización asistida con stent la prevalencia de estenosis intra-stent va desde 0 a 4.5%, la que generalmente se ve con los SAE.^{23,33,36,39,60,62} En la experiencia del Instituto Nacional de Neurología y Neurocirugía solamente un 5% de casos presentaron estenosis intra-stent marginal (menor al 10% del diámetro del vaso) la que generalmente es asintomática y remite con la administración de fármacos estabilizadores del endotelio (dato no publicado).

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

¿Es útil el stent intracraneal para el manejo de los aneurismas de la circulación cerebral anterior?

HIPOTESIS POSITIVA

El stent intracraneal en el manejo de los aneurismas intracraneales de la circulación anterior juega un rol positivo promoviendo la trombosis de los aneurismas y la disminución del índice de recanalización.

HIPOTESIS NULA

El stent intracraneal en el manejo de los aneurismas intracraneales de la circulación anterior no juega ningún rol en la promoción de la trombosis de los aneurismas y la disminución del índice de recanalización.

OBJETIVOS

1. Determinar la utilidad del uso del stent intracraneal en el manejo de los aneurismas de la CA.
2. Determinar las indicaciones y limitaciones de los stents intracraneales.
3. Definir diferencias entre stents auto-expansibles y balón expansibles.
4. Observar la utilidad del sole stenting en CA.

JUSTIFICACIÓN

La recanalización de los aneurismas es una limitante que ha mostrado la Terapia Endovascular en el manejo de los aneurismas intracraneales, por eso el uso del stent con la finalidad de disminuir este índice es una justificación absoluta. Por otro lado, el costo elevado de los coils ha limitado la completa expansión de la técnica en los países en vías de desarrollo, el sole stenting puede constituirse en una alternativa mucho más económica.

MATERIALES Y MÉTODOS

Es un estudio retrospectivo que se enfoca en la observación de todos los pacientes del Instituto Nacional de Neurología y Neurocirugía portadores de aneurismas intracraneales que fueron tratados en el Servicio de Terapia Endovascular Neurológica. Se incluyeron los pacientes que fueron manejados mediante la colocación de stent. Bajo este concepto, dividimos a los pacientes en dos grupos:

1.- Pacientes tratados mediante **embolización con coils asistida con stent**: Desde 1997, Higashida et al impuso a la utilización de stent para que funcione a manera de una barrera meramente mecánica que evite la herniación de los coils en aneurismas de cuello ancho.

2.- Pacientes tratados mediante **sole stenting**: La técnica de sole stenting consiste en el uso exclusivo del stent como única estrategia en el manejo de los aneurismas. Como se mencionó en la introducción, su objetivo es la oclusión paulatina y a largo plazo del aneurisma, considerando las modificaciones hemodinámicas y geométricas provistas por los stents.

El estudio se realizó en un periodo comprendido entre el mes de abril del 2006 a septiembre del 2007.

DISEÑO

Este es un estudio longitudinal, observacional retrospectivo. Para tal efecto se realizó la recolección de datos del expediente clínico y de las imágenes obtenidas mediante angiografía con sustracción digital y de angiografía rotacional con reconstrucción volumétrica 3D.

CRITERIOS DE INCLUSIÓN

1. Pacientes mayores de 15 años.
2. Pacientes tratados mediante vía endovascular con aplicación de stent, ya sea con técnica sole stenting, o además embolizados con coils durante el lapso comprendido entre abril del 2006 y septiembre del 2007.

CRITERIOS DE EXCLUSIÓN

1. Datos clínicos de falla cardíaca, respiratoria o renal.
2. Aneurismas de la circulación posterior.

EQUIPOS Y TÉCNICAS EMPLEADAS

A. Equipos para la adquisición de las imágenes de ASD-2D y ASD-3D:

1. Angiógrafo biplanar flat panel Axiom Artis (Alemania), Estación de trabajo para procesamiento de las imágenes 2D y 3D.
2. Inyector de material de contraste MedRad® Mark V ProVis Injector System Model N° PPD MedRad® UA One MedRad Drive Indianola, PA 15051 USA.
3. Software Syngo InSpace de Siemens para la aplicación de imágenes angiográficas en 3D.
4. Estación de trabajo Siemens X-Leonardo VA60C P05 Copyright© Siemens AG 2005, para la manipulación de las imágenes en 3D.

B. Técnica para la obtención de las imágenes por ASD-3D

1. Se utilizó la técnica de reconstrucción 3D Volume Rendering en la estación de trabajo Leonardo.

VARIABLES

Se investigaron y se analizaron variables específicas como:

A) Variables propias del paciente

B) Variables propias del aneurisma

C) Variables del complejo aneurisma / vaso paterno.

D) Resultados y eventos derivados del tratamiento

A.- Variables propias del paciente

1. Sexo
2. Edad
3. Antecedentes patológicos personales
4. Debut clínico: Hemorragia subaracnoidea, datos de compresión de tallo o de nervios craneales, isquemia.
5. Número de aneurismas

B.- Variables propias del aneurisma

1. Localización.
2. Lateralidad.

3. Tamaño (altura)
4. Cuello: relación domo cuello (cuello ancho: > 2 , cuello pequeño: <2), tamaño del cuello (cuello ancho: $\geq 4\text{mm}$, cuello pequeño: $<4\text{mm}$).

C.- Variables del complejo aneurisma / vaso paterno

1. Relacionado con el impacto vascular: Localizado en vértice / convexidad del vaso paterno.
2. No relacionado con el impacto vascular: lateral (side-wall) o en concavidad descrita por el vaso paterno.

D.- Variables y eventos derivados del tratamiento

1. Inmediatos: Derivado de la realización de ASD de control inmediatamente después del procedimiento terapéutico: Modificación angiográfica de la morfología del saco aneurismático, Incidentes y complicaciones (ruptura del aneurisma, trombosis intra-stent).
2. Tardíos: Derivado de la realización de ASD de control al mes, 3 meses, 6 y 12 meses y básicamente son las siguientes variables: modificación morfológica del saco aneurismático, estenosis intra-stent, falla del tratamiento.

CONSIDERACIONES ÉTICAS

La angiografía de vasos cerebrales es un procedimiento que se realiza frecuentemente en nuestra institución y en el mundo, siendo mandataria para la detección y tratamiento de los aneurismas intracraneales. En el caso de la primera, el riesgo de presentarse alguna complicación es menor al 1% secundaria a la manipulación con catéteres diagnósticos. Los efectos secundarios a la administración intraarterial o intravenosa de material de contraste son cada vez más raros gracias a la incorporación de reactivos con menor toxicidad. Los pacientes seleccionados y/o sus familiares fueron informados suficientemente acerca de los procedimientos a los cuales serían sometidos. Las condiciones y su total libertad de participación son bien especificadas en la carta de consentimiento. Proporcionándose la información requerida sobre sus resultados.

Nos comprometimos a respetar las buenas prácticas clínicas de la declaración de Helsinki modificada y del Reglamento de la Ley General de Salud en materia de investigación de los Estados Unidos Mexicanos.

CONSIDERACIONES FINANCIERAS

a. Aporte financiero

Los costos de la angiografía y sus reconstrucciones fueron cubiertos por los pacientes de acuerdo un tabulador de acuerdo con su nivel socioeconómico, ya establecido por servicio social de la institución.

b. Recursos con los que se cuenta:

1) Humanos:

Equipo médico (Jefe, médicos adscritos y residentes tanto del Servicio de Terapia Endovascular Neurológica como del Servicio de Neuroanestesiología); personal de Enfermería y técnicos radiólogos del Servicio de Terapia Endovascular Neurológica y del Servicio de Neuroimagen.

2) Infraestructura y materiales

-Sala de angiografía del Servicio de Terapia Endovascular Neurológica.

-Angiógrafo biplanar flat panel Axiom Artis (Alemania), Estación de trabajo para procesamiento de las imágenes 2D y rotacionales.

-Inyector MedRad® Mark V ProVis Injector System Model N° PPD MedRad® UA One MedRad Drive Indianola, PA 15051 USA.

-Software Syngo InSpace de Siemens para la aplicación de imágenes angiográficas en 3D.

-Estación de trabajo Siemens X-Leonardo VA60C P05 Copyright© Siemens AG 2005.

-Materiales tales como Catéteres, Guías, medio de contraste provistos que se encuentran licitados por la institución.

-Materiales tales como catéter guía, microcatéter, microguías, stents y coils provistos por casas comerciales y pagados por el paciente.

RESULTADOS

En el periodo establecido del protocolo se lograron reclutar y estudiar los expedientes clínicos y radiográficos de 44 pacientes. De ellos 32 fueron del sexo femenino (73%), mientras que 12 pertenecieron al sexo masculino (27%). La edad media fue de 47.5 años con un rango de 17-75.

Antecedentes patológicos personales:

Dentro de los antecedentes patológicos personales (APP) mas destacables encontramos: tabaquismo en 15 pacientes (34%). Alcoholismo en 2 (5%), hipertensión arterial sistémica (HAS) en 13 (30%), diabetes mellitus (DM) en 4 casos (9.09%), y, por último, 5 pacientes (11.36%) contaban con antecedente de un evento isquémico (EVC). Observamos aneurismas múltiples en 19 pacientes (43.18%), de ellos 3 (6.8%) fueron tratados previamente mediante craneotomía que fue infructuosa. Uno de los casos por adherencias aracnoideas espesas, otro anteriormente clipado por residual con crecimiento y el último por cuello imposible de clipar.

Debut clínico:

Veintiún pacientes (48%) debutaron con hemorragia subaracnoidea (HSA), mientras que 4 casos (9%) iniciaron su cuadro clínico con datos de compresión del tallo encefálico y/o de algún nervio craneal. En 19 pacientes (43%) el diagnóstico fue incidental.

De los pacientes que debutaron con HSA (48%) 4 (19%) llegaron al hospital en grado la de la escala de Hunt y Kosnik, 3 (14%) en grado I, 8 (38%) en grado II, y 6 pacientes (29%) en grado III. No se incluyeron en este estudio pacientes en grados IV y V de la escala de Hunt y Kosnik.

<u>CLINICA</u>	
• HSA:	21 (48%)
• Compresión:	4 (9%)
• Incidental:	19 (43%)

Tabla 1. Presentación clínica.

<u>H.S.A. (48%)</u>	
Hunt y Kosnik:	
la:	4 (19%)
I :	3 (14%)
II :	8 (38%)
III:	6 (29%)

Tabla 2. Grado de Hunt y Kosnik.

A todos los pacientes que debutaron con HSA se les practicó tomografía axial computada de cráneo (TC) y para su evaluación aplicamos la escala de Fisher. En *grado 1* se encontraron 3 casos (14%), en *grado 2*: 3 pacientes(14%), en *grado 3*: 10 casos (48%) y en *grado 4*: 5 (24%). Solamente en un paciente (4.76%) presentó hidrocefalia.

Variables angiográficas:

Diagnosticamos 62 aneurismas en los 44 pacientes. En 19 casos se encontraron más de un aneurisma. Treinta y tres aneurismas (53%) se localizaron en el eje carotídeo derecho, mientras que 29 aneurismas (47%) se encontraron en el eje izquierdo. En lo que respecta a la localización podemos mencionar que 54 (87%) se localizaron en la arteria carótida interna (ACI), 4 aneurismas (6%) en la

arteria comunicante anterior (ACoA) y 4 (6%) en la arteria cerebral media (ACM). Específicamente, la localización de los aneurismas de la arteria carótida interna fue la siguiente: segmento cavernoso: 2 (3%), dorsal carotídeo: 8 (13%), segmento oftálmico: 8 (13%), segmento hipofisiario: 9 (15%), segmento comunicante: 20 (32%), segmento coroideo: 1 (2%), bifurcación carotídea: 6 (10%). Los aneurismas de la arteria cerebral media se localizaron en M1 (2 casos) y en bifurcación de la ACM (2 casos).

ACI: 54 (87.09%)		ACoA: 4 (6%)	ACM: 4 (6%)	
Cavernoso	2 (3%)		M1	2 (3%)
Dorsal	8 (13%)		Bifurcación	2 (3%)
Oftálmico	8 (13%)			
Hipofisiario	9 (15%)			
Comunicante	20 (32%)			
Coroideo	1 (2%)			
Bifurcación	6 (10%)			

Tabla 3. Localización de los aneurismas.

Mediante la evaluación del tamaño de los aneurismas encontramos que 13 aneurismas (21%) midieron menos de 3 mm, 37 aneurismas (60%) fueron de 3 a 10 mm, 4 (6%) midieron 11 a 15 mm, 6 (10%) de 16 a 24 mm y 2 (3%) midieron más de 25mm.

TAMAÑO	
• < 3 mm:	13 (21%)
• 3-10 mm:	37 (60%)
• 11-15 mm:	4 (6%)
• 16-24 mm:	6 (10%)
• >25mm:	2 (3%)

Tabla 4. Tamaño de los aneurismas.

En lo que respecta al cuello decidimos emplear los métodos más utilizados para su evaluación: 1) relación domo/cuello, 2) ancho del cuello. Con cualquiera de estos dos parámetros podemos evaluar si el cuello es ancho o no, condición fundamental en la decisión de la utilización de stent. Entonces; una relación entre el domo y el cuello menor a 2 nos indica un cuello ancho, situación similar al diámetro mayor a 4mm en la medición simple del cuello en una proyección tangencial. Por tanto, nuestro hallazgo fue que 42 aneurismas (68%) presentaron una relación domo cuello menor a 2, mientras que 36 (58%) fueron ≥ 4 mm.

Dentro del análisis previo a la decisión terapéutica debemos tomar en cuenta el sitio del origen del aneurisma respecto al vaso paterno. Esta relación nos orienta a la dirección del flujo sanguíneo en relación con el saco aneurismático. Siendo así, dividimos a los aneurismas en dos grupos evidentes: **relacionados al impacto del flujo sanguíneo** y **no relacionados a dicho impacto**. Dentro de los primeros podemos distinguir a su vez dos grupos: los que se originan del vértice y/o la convexidad que sumaron 29 aneurismas (47%), y los que se originan a nivel de una bifurcación y/o ramificación que fueron 12 (19%). En el grupo que no se relaciona al impacto de flujo, clasificamos 2 grupos, los que se originan en un

segmento arterial no angulado (side-wall) que constituyeron 17 aneurismas (27%) y los que se originaron incluso de la concavidad de una curva vascular, los que sumaron 4 aneurismas (6%).

RELACIÓN ANEURISMA / VECTOR DEL FS:	
1) Relacionado:	
Vértice y/o convexidad:	29 (47%)
Bif. y/o ramificación:	12 (19%)
2) No relacionado:	
Side-wall:	17 (27%)
Concavidad:	4 (6%)

Tabla 5. Relación con el vector del flujo y angioarquitectura.

Tratamiento:

Como se mencionó en materiales y métodos, todos los pacientes fueron tratados mediante la colocación de stent. Clasificamos a los aneurismas según el manejo adicional, es decir, 1) si solamente se utilizó stent el grupo se denominó “sole stenting” (SS) como ha sido bautizada la técnica por nuestra escuela en artículos de publicación internacional,⁹⁷⁻¹⁰⁰ 2) mientras que al grupo tratado con stent con la finalidad de ser un auxiliar a la embolización con coils lo denominamos como “stent assisted coiling” (SAC) que es el término exacto en inglés.

Pues, se trataron 26 aneurismas (42%) con la técnica SS y 36 (58%) con la técnica SAC (gráfico 1). La selección de los stents varió dependiendo de algunas características del stent, como la navegabilidad del dispositivo, para dar solamente un ejemplo. Utilizamos 46 stents auto-expansibles (SAE) en 40 pacientes, mientras que utilizamos 9 stents expansibles mediante balón (SEB) en 8 casos. El

único stent auto-expansible diseñado para el uso en el sistema nervioso es el Neuroform3 (Boston Scientific, Fremont, CA). A nuestro criterio el protocolos se vería favorecido con la aplicación de un mismo tipo de SEB, sin embargo por condiciones económicas y de disponibilidad de material tuvimos que dar uso, a su vez, de diferentes tipos de SEB: 4 stents Lekton-Motion (Biotronik, AG, Bülach, Switzerland), 3 Multilink-Z (Guidant Co., Santa Clara, CA), 1 Multilink-Vision (Guidant Co., Santa Clara, CA) y 1 Pharos (Biotronik, AG, Bülach, Switzerland).

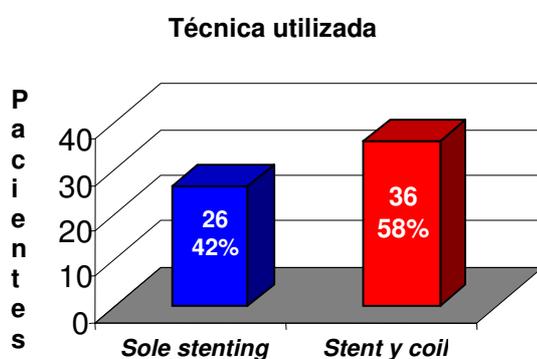


Gráfico 1. Técnica utilizada.

En lo que respecta a la elección de la técnica y el tamaño del aneurisma observamos que la tendencia fue que en los menores de 3mm (13 aneurismas) el sole stenting fue la elección, mientras que los aneurismas de entre 3 a 6mm la mayoría (24 aneurismas) se trataron con SAC y el resto mediante SS (14 aneurismas). Del grupo de aneurismas entre >6 y 15mm también fue el SAC la elección en la mayoría (3 casos) mientras que en 1 caso se aplicó SS. En todos los aneurismas >15mm se utilizó SAC.

Incidentes y complicaciones:

El único tipo de incidente técnico que se presentó en 11 casos (25%) fue el desarrollo de trombosis aguda intra stent, la que se resolvió satisfactoriamente en algunos pacientes con el uso de bloqueadores de los receptores de la glicoproteína IIB/IIIA (tirofiban). Es menester mencionar que la mayoría de los eventos ocurrió con el uso de SAE (10 casos).

Se presentó algún evento isquémico no fatal en 5 casos (8%). Se presentaron 3 defunciones entre la primera semana y los 4 meses secundarios a condiciones no dependientes del manejo endovascular.

Control angiográfico inmediato:

En el grupo de SS observamos la modificación del llenado del saco aneurismático en 10 aneurismas (38%), mientras que en 16 (62%) no se presentó ningún tipo de modificación (gráfico 2). Logramos la corrección del ángulo vascular en 69% de los casos (gráfico 3).

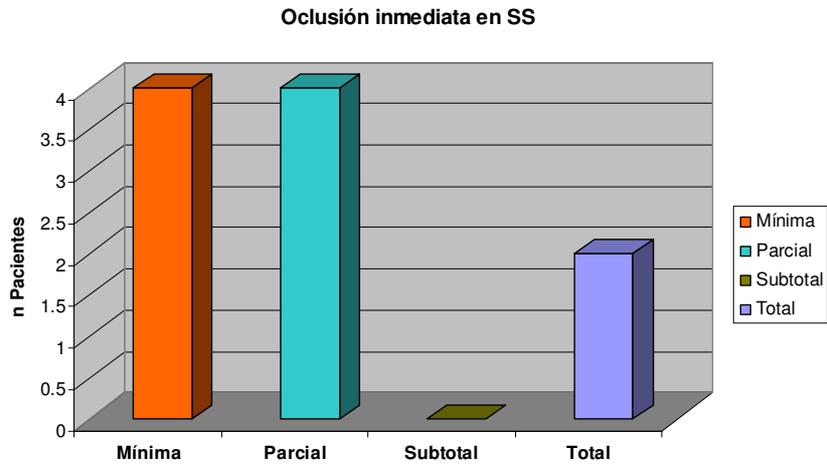


Gráfico 2. Grado de oclusión inmediata en Sole Stenting (SS).

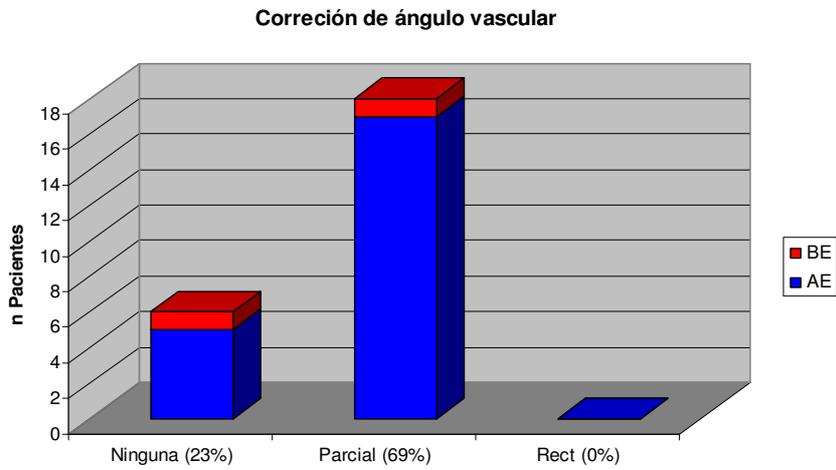


Gráfico 3. Éxito en la corrección del ángulo del vaso paterno y cambio de la geometría en Sole Stenting. BE: Stent balón expansible. AE: stent autoexpansible.

En el grupo de SAC observamos la oclusión total del saco aneurismático inmediata en 14 (39%), mientras que se observó algún tipo de residual menor (<10%) en 22 aneurismas (61%) (gráfico 4). Logramos corregir parcialmente el ángulo vascular en 83% de los casos (gráfico 5).

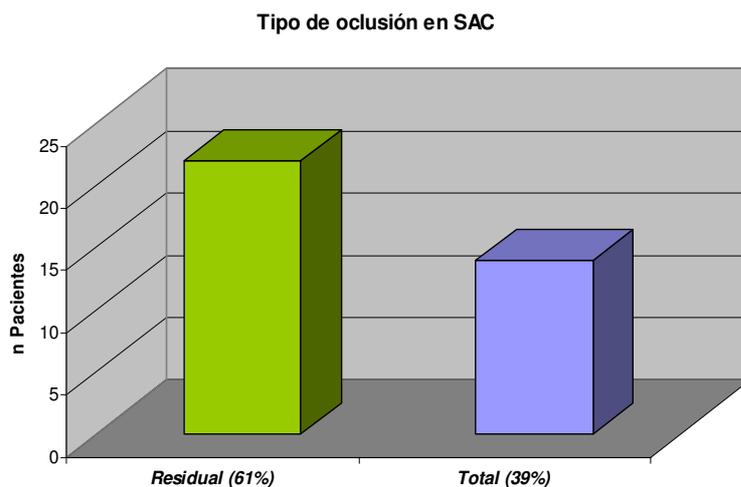


Gráfico 4. Grado y calidad de oclusión en coiling asistido con stent (SAC).

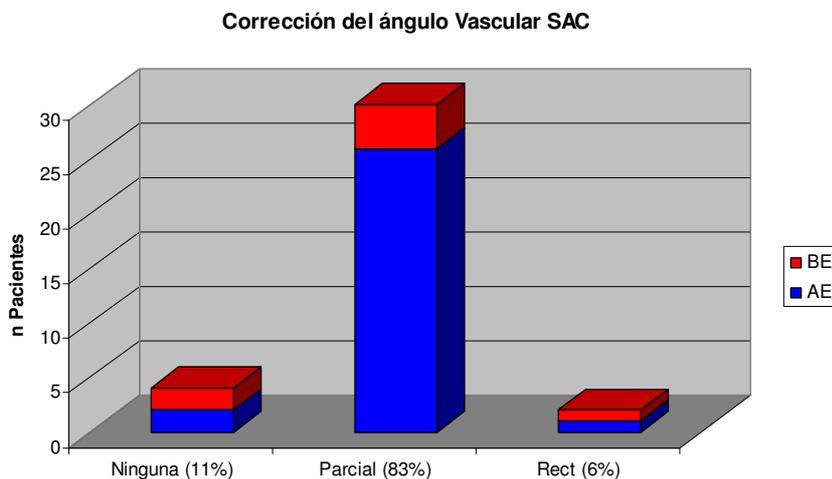


Gráfico 5. Éxito en la corrección del ángulo del vaso paterno y cambio de la geometría en coiling asistido con stent (SAC). BE: Stent balón expansible. AE: stent autoexpansible.

Seguimiento angiográfico:

Se procuró la realización de ASD al mes, 3 , 6 y 12 meses, consiguiendo un índice de seguimiento del 88% (23 aneurismas) en el grupo de SS, y de 78% (28 aneurismas) en el grupo de SAC. Sin embargo, en la subdivisión por etapas de seguimiento observamos una variación amplia por tres causas: 1) algunos pacientes no completaron el tiempo establecido al cierre de la recolección de datos, 2) otros pacientes no acudieron a sus citas por motivos económicos, o bien por temor o por descuido, y, 3) en otros casos por ausencia de convocatoria por nuestra parte. Por eso observamos valores muy dispares de seguimiento: 13% a un mes, 21% a 3 meses, 56% a 6 meses, 27% a 12 meses y 10% más allá del año (gráfico 6). A pesar de esto, el porcentaje de seguimiento obtenido a 6 meses nos ofrece un espectro más o menos fiable para llegar a algunas conclusiones que serán expuestas oportunamente más adelante.

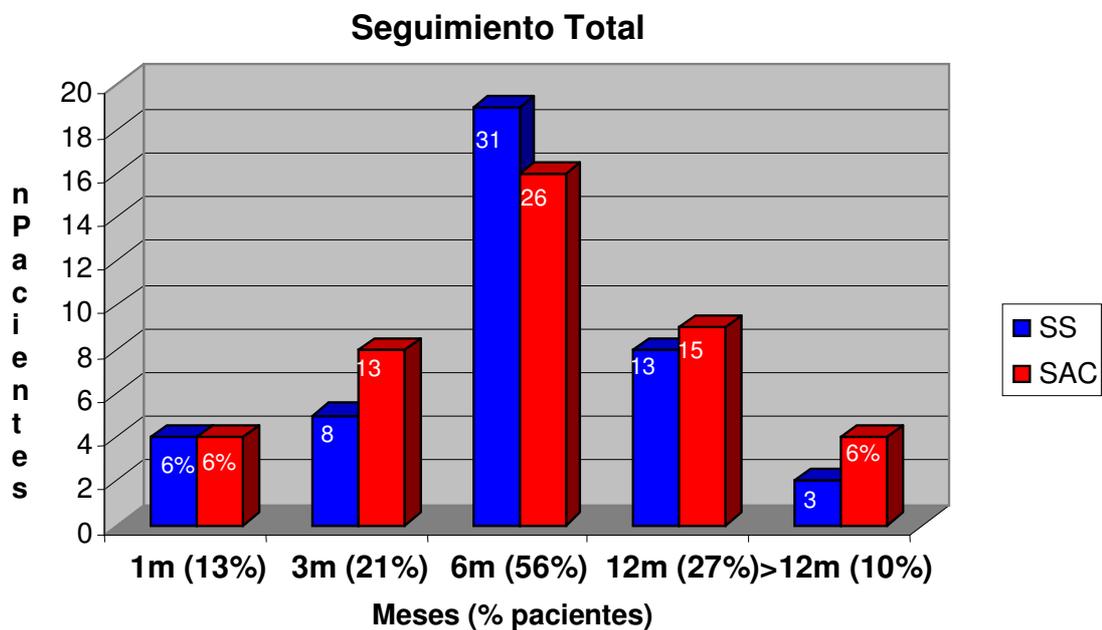


Grafico 6. Éxito en la corrección del ángulo del vaso paterno y cambio de la geometría en coiling asistido con stent (SAC). BE: Stent balón expansible. AE: Stent autoexpansible.

En el grupo de SS (26 aneurismas) logramos un índice de seguimiento de 15% a 1 mes, 19% a 3 meses, 73% a 6 meses, 31% a 12 meses y de 8% > 12 meses (gráfico 7). En lo que respecta a la oclusión del aneurisma utilizamos la escala aplicada en nuestra evaluación de SS en el manejo de los aneurismas de la circulación posterior.¹⁰⁰ Está compuesta por los siguientes parámetros: **oclusión mínima** con disminución de hasta un 30% del diámetro, **oclusión parcial** con disminución mayor a 30% hasta 70%, **oclusión subtotal** con una disminución mayor a 70% hasta 95%, y **oclusión total** con una disminución del aneurisma mayor a 95%. A 6 meses observamos que ya 5 pacientes lograron una oclusión subtotal y total, mientras que en 3 se observó oclusión parcial y 11 no presentaron

ningún cambio. A un mes, un paciente presentó recanalización. En este último paciente, así como dos que no presentaron cambios a los 6 meses, se decidió la embolización con coils desprendibles de Guglielmi (GDC) (gráfico 7).

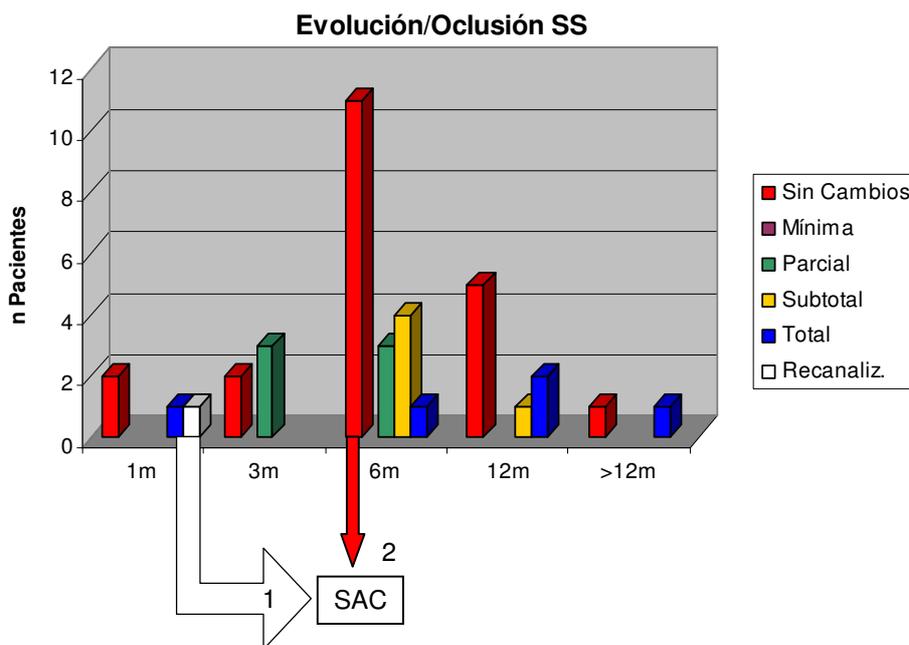


Grafico 7. Seguimiento de la oclusión de los aneurismas tratados mediante Sole Stenting (SS). SAC: Coiling asistido con stent.

Para el seguimiento del grupo de pacientes tratados mediante SAC (36 aneurismas) el índice de seguimiento fue de 11% en el primer mes, 22% a 3 meses, 44% a 6 meses, y 25% a 12 meses y 11% a >12 meses (gráfico 8). Consideramos los rangos de oclusión de la siguiente manera: **a) Oclusión persistente**, cuando no se ha presentado la recanalización del aneurisma, **b) Recanalización menor**, cuando la recanalización es <10%, **c) Recanalización mayor**, cuando esta es >10%, **d) Disminución del residual**, cuando progresó el

proceso de oclusión del aneurisma en mayor o menor grado, **e) Residual estable**, cuando no se modificó el aneurisma residual en el seguimiento. Explicado esto observamos en el seguimiento a seis meses hubo un 23% (6 aneurismas) en que se logró se logró una oclusión persistente. En 12% hubo disminución del residual (3 aneurismas: uno a 6 meses y dos al año). A 6 meses el 19% de los aneurismas (5 casos) tuvieron un residual estable, de ellos uno se sometió a coiling con resolución completa del aneurisma mientras que otro se sometió a nuevo stenting cuya evolución deberá ser evaluada ulteriormente. En lo que respecta a recanalización menor, 3 pacientes recanalizaron (8%), 1 a tres meses que fue sometido a nuevo manejo de embolización con coils ocluyendo de esta manera al aneurisma, 2 a seis meses y 1 más allá del año y fue sometido a nuevo coiling con oclusión del aneurisma. Se apreció recanalización mayor en 4 (11%) casos, la mayoría de ellos (3) a partir del año de seguimiento, mientras que uno se observó a los seis meses (gráfico 8). De los pacientes que recanalizaron a partir del año, 3 fueron tratados mediante coiling secundario y en uno hubo la necesidad de ocluir la arteria carótida interna.

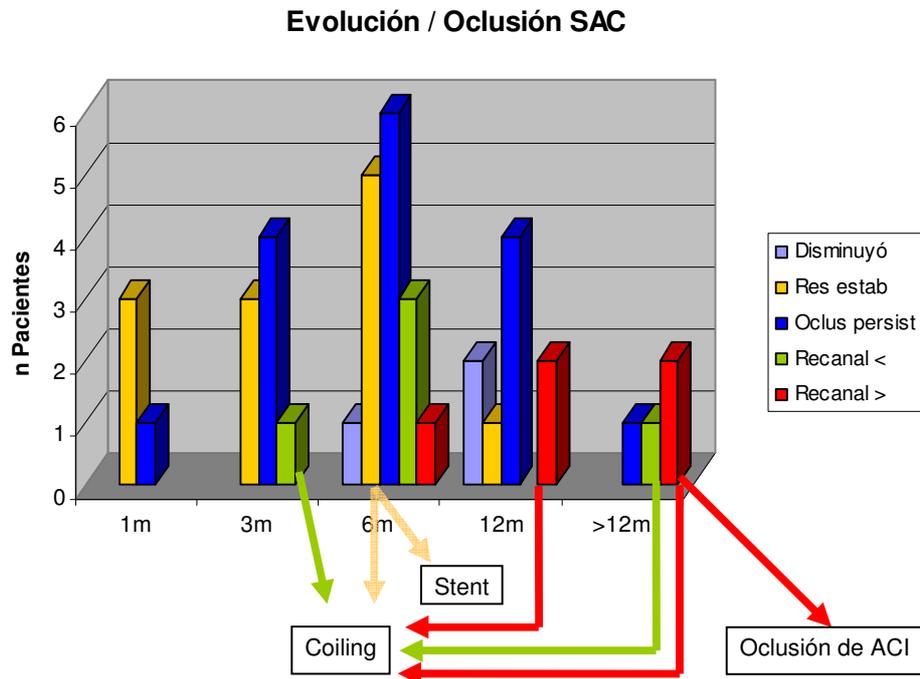


Gráfico 8. Seguimiento de la oclusión de los aneurismas tratados mediante Coiling asistido con stent (SAC).

En lo que respecta al análisis de relación entre el tamaño del aneurisma y la recanalización mayor o menor (n=7) observamos que 4 aneurismas (57%) tuvieron aneurismas >16mm (dos gigantes), 2 casos (29%) entre 11 y 15mm y solamente un aneurisma (14%) de 3 a 10mm presentó una recanalización menor (gráfico 9).

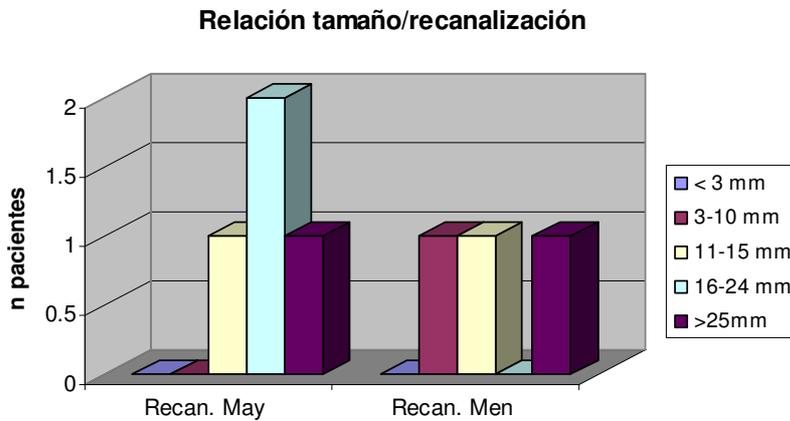


Grafico 9. Relación entre el tamaño del aneurisma y la recanalización.

En lo que respecta al análisis de relación entre el tamaño del cuello del aneurisma y la recanalización mayor o menor (n=7) vimos que 4 aneurismas tuvieron una relación como cuello <2 (57%), mientras que 3 casos (43%) tuvieron una relación como cuello >2 (gráfico 10).

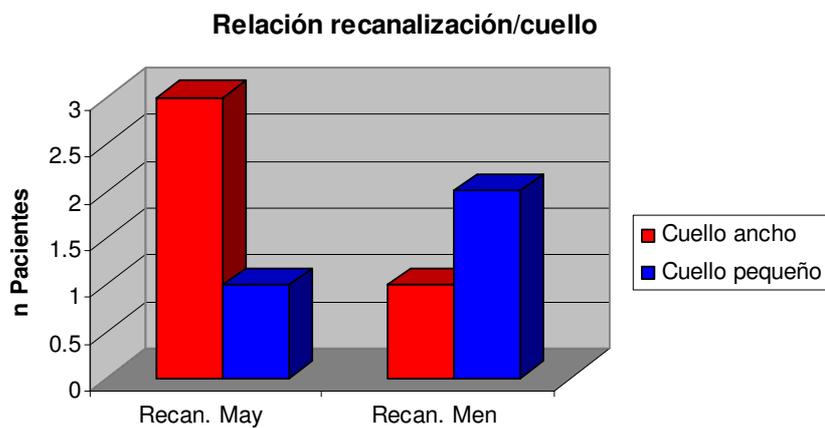


Grafico 10. Relación entre el tamaño del cuello y la recanalización.

En lo que respecta a recanalización y corrección de ángulo, observamos que en todos los aneurismas que recanalizaron se mantuvo el impacto del flujo sanguíneo, por tanto no se logró un adecuado cambio de la geometría vascular, ya sea por efecto de alguna deficiencia técnica, o por la definitiva imposibilidad de lograra un verdadero cambio anatómico con la colocación del stent (gráfico 11). Justamente en este sentido pudimos ver que de los pacientes que recanalizaron 6 (86%) fueron tratados con SAE, mientras que solamente uno (14%) se trató con SBE (gráfico 12).

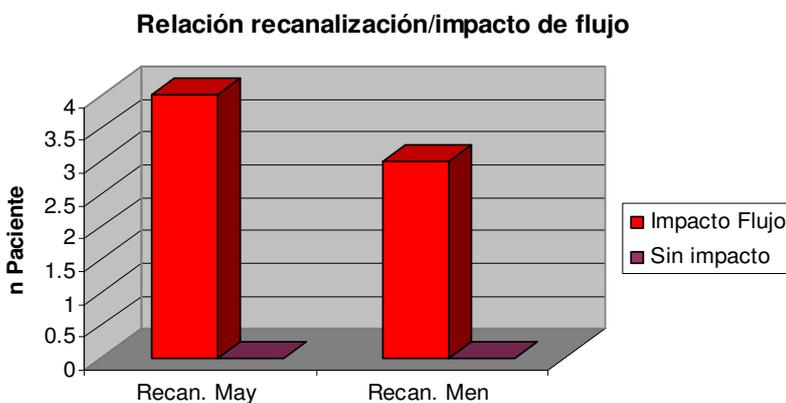


Grafico 11. Relación entre la recanalización y la persistencia del impacto del flujo.

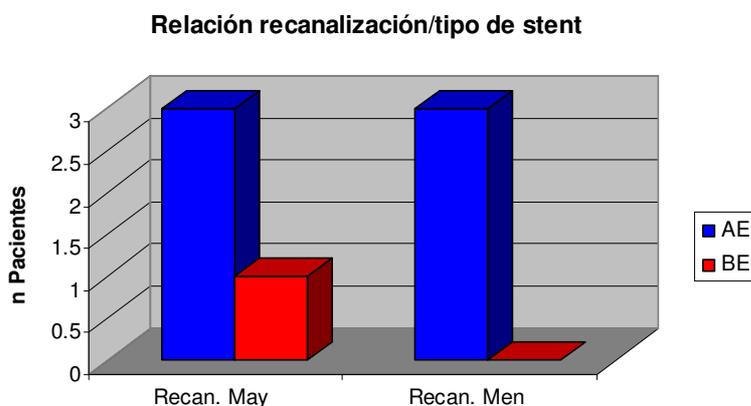


Grafico 12. Relación entre la recanalización y el tipo de stent empleado. BES: Balón expansible, AE: autoexpansible..

CASOS REPRESENTATIVOS

Caso 3 (figura 1): Femenino de 36 años quien debutó con HSA. En la angiografía diagnóstica se observaron dos aneurismas: Uno de la arteria comunicante anterior, responsable del evento clínico, y otro incidental en M1 izquierdo (flechas en paneles A y B). El aneurisma sintomático fue tratado mediante clipaje (imagen del clip en color amarillo en B y E), sin embargo el incidental no pudo ser alcanzado mediante cirugía, por eso se decidió su tratamiento endovascular. Se realizó la colocación de un stent BES. Durante el procedimiento se presentó un evento trombótico en la ACM (área punteada en C) que se resolvió con la administración de bloqueante del receptor de la glicoproteína IIb/IIIa (D). En los controles subsecuentes hasta el año, el aneurisma presentó oclusión completa (D – E) .

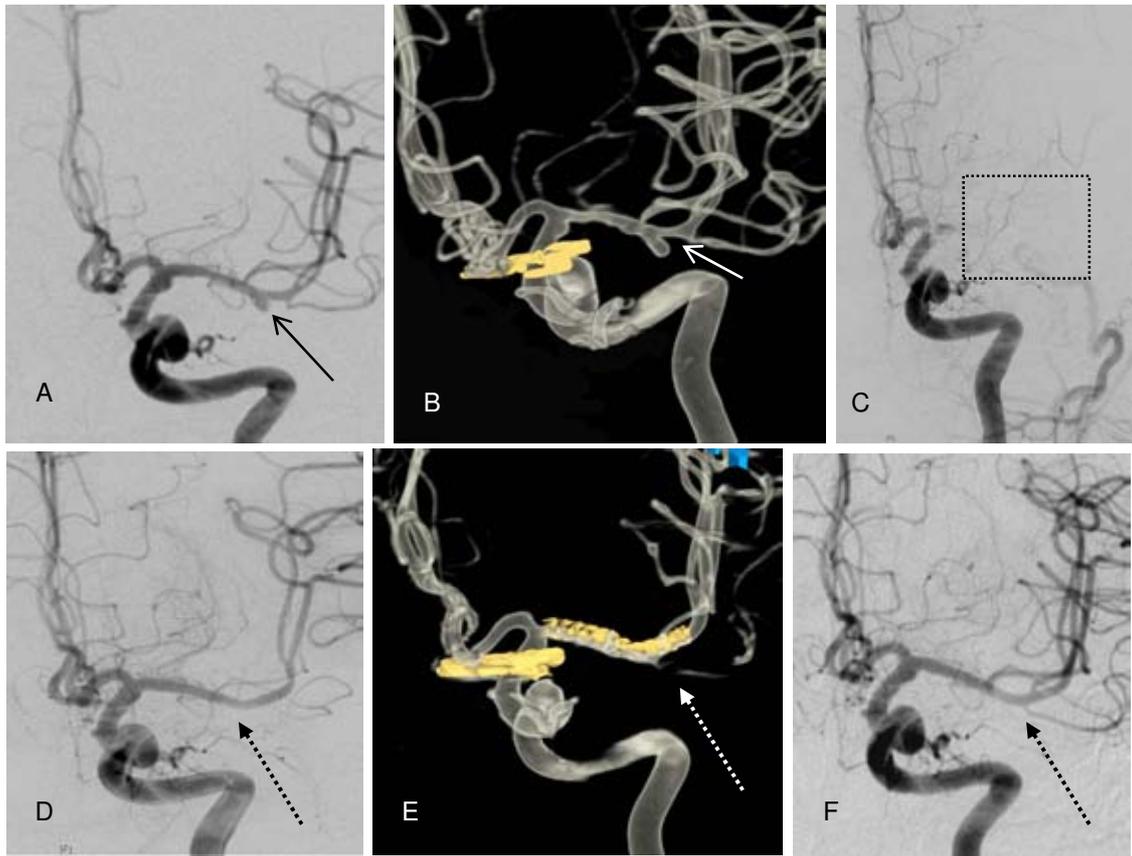


Figura 1.

Caso 7 (figura 2): Femenino de 46 años que presentó un cuadro de HSA. La ASD diagnóstica mostró aneurismas en espejo del segmento comunicante de ACI (flechas huecas en paneles A, B, I, J). Tratamos los aneurismas mediante coiling asistido con stent, inicialmente el derecho, de cuello ancho y morfología irregular (flecha hueca en A-F). Se procedió primero al despliegue de un stent AE (flechas punteadas en E), para luego proceder a la liberación de coils (flecha hueca en F). Los controles finales demostraron embolización completa del aneurisma con patencia del flujo en el vaso paterno (G y H). El aneurisma izquierdo (flecha hueca en I,J y L) se trató primero con la liberación de coils en el saco (flecha hueca en L y M) para posteriormente desplegar un stent AE (flechas punteadas en M y N). El control final mostró embolización completa del aneurisma y flujo patente en el vaso portador (flecha hueca, coils, y flechas delgadas, stent, en O). Un control radiográfico simple (panel P) muestra las mallas de coils en ambos aneurismas (flechas gruesas) además de las marcas proximales y distales de ambos stents (flechas punteadas). El procedimiento duró aproximadamente 90 minutos y la paciente egresó a las 36 horas.

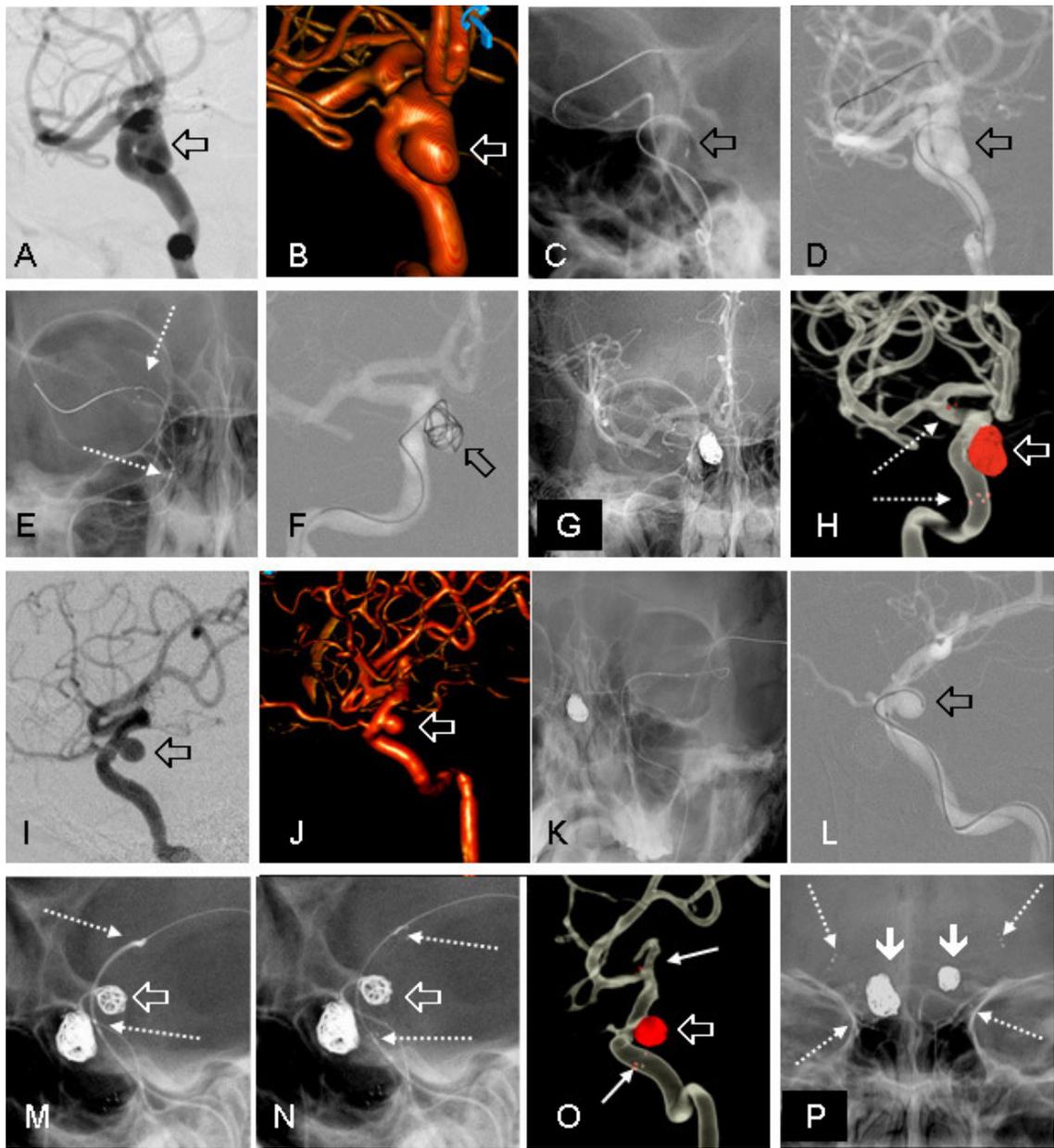


Figura 2.

Caso 15 (figura 3): Masculino de 34 años con HSA. La ASD reveló un aneurisma multilobulado y de morfología compleja a nivel de la bifurcación de la ACI izquierda, con relación indudable al vector del flujo sanguíneo (flecha hueca en A y B). Además, se diagnosticó vasoespasmos severo en la ACM (flechas punteadas en A y D). Se inició el manejo endovascular con la embolización con coils del aneurisma (C y flecha hueca en D, E y F), sin embargo esto no aseguraba la estabilidad de la embolización, considerando el vector del flujo. Por tal motivo decidimos desplegar un stent AE (flechas en G). El control a 6 meses muestra permeabilidad del stent y exclusión completa del aneurisma.

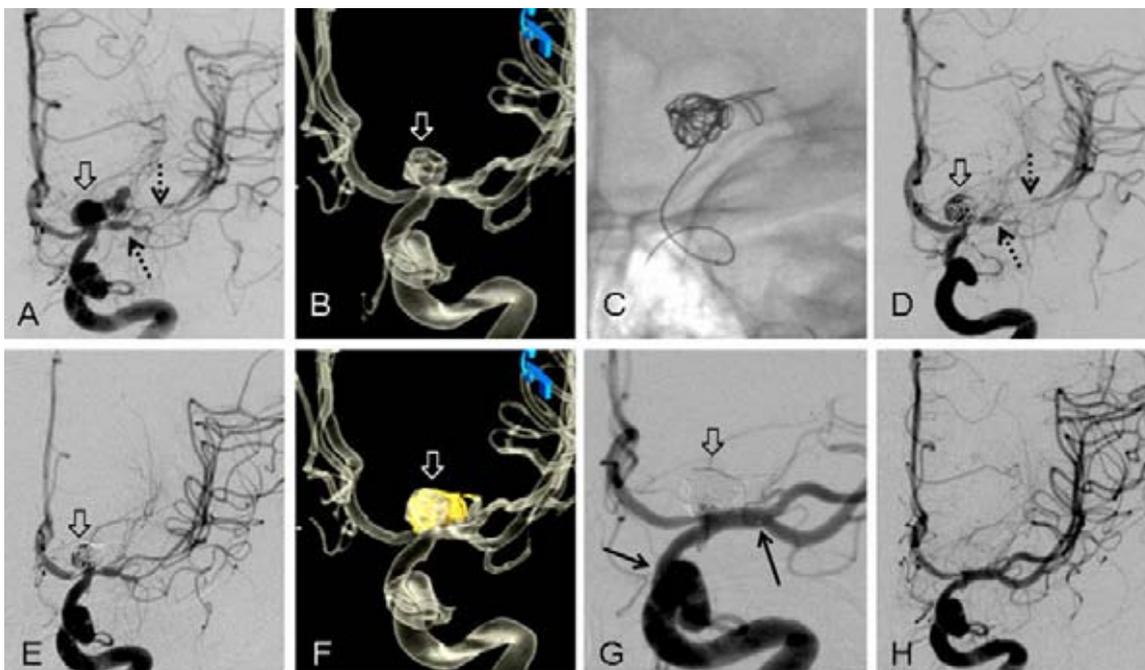


Figura 3.

Caso 40 (figura 4): Masculino de 45 años que debutó con epilepsia parcial motora y sensitiva de miembro pélvico izquierdo. Los estudios de imagen revelaron una malformación arteriovenosa (MAV) parasagital derecha con compromiso del lóbulo paracentral ipsilateral. La ASD mostró la a la malformación que dependía de ramos de la arteria pericallosa derecha, además de un aneurisma del segmento comunicante de la ACI derecha (flecha hueca en A). Durante el manejo endovascular, el paciente fue sometido a la embolización supraselectiva de la MAV con n-butil.cianocrilato e inmediatamente al SS del aneurisma con stent AE (flechas en B). En el control a 12 meses observamos la oclusión del 95% del aneurisma sin otro método adicional (panel C). Este caso nos ejemplifica, no solamente las bondades de la técnica SS, además demuestra que se pueden tratar dos patologías vasculares distintas en un solo tiempo.

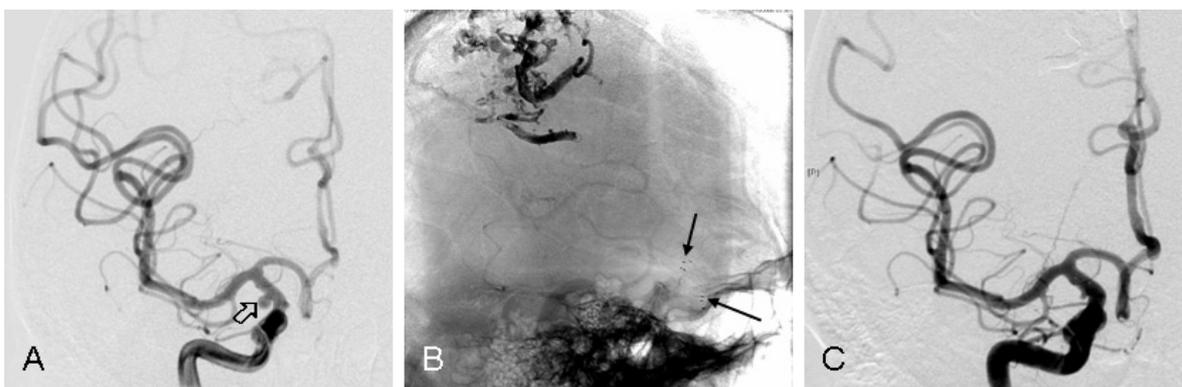


Figura 4.

DISCUSION.

Los aneurismas intracraneales constituyen un reto para el neurocirujano y el terapeuta endovascular neurológico. Desde la aparición de los coils desprendibles, el manejo endovascular ha llegado a ser una herramienta fundamental para el tratamiento, en algunos centros mundiales es la disciplina de elección para la patología aneurismática intracraneal por su efectividad y seguridad. Sin embargo se observó que con el tiempo, los coils pueden presentar un fenómeno de compactación y que los aneurismas pueden presentar diversos grados de recanalización sobre todo en aneurismas grandes y gigantes. Los responsables de recidiva aneurismática son: 1) recanalización debido a inestabilidad de los coils y del trombo intra-aneurismático luego de una embolización inicialmente satisfactoria; 2) crecimiento progresivo del aneurisma por una embolización incompleta y 3) deficiencia mural peri-aneurismática del vaso paterno.⁵⁹ Las presiones tanto estática y dinámica son las responsables de un elevado número de casos de recanalización. Tradicionalmente los aneurismas grandes y gigantes y los de cuello ancho han sido los mayormente implicados en el fenómeno de recanalización.^{25,26,33,69,83} Como ya ha sido demostrado, la geometría vascular debe considerarse también como un factor de recidiva.^{98,95,100} Este efecto se potencia bajo condiciones de hipertensión arterial sistémica. En resumen estos tipos de aneurisma (grandes/gigantes, cuello ancho, geometría adversa) son los que representan un mayor reto y requieren mayor atención para evitar la recidivas. Raymond et al, en un estudio retrospectivo, encontraron recurrencia significativa en 20.7% de 383 casos en un periodo de seguimiento de 17 meses promedio.⁷²

En la división en grupos, estos autores encontraron un 50.6% de recidiva en los aneurismas grandes, 21.3% en los aneurismas pequeños, 52.3% en aneurismas de cuello ancho y 23.7% en los de cuello pequeño.⁷² Kole et al en un estudio retrospectivo de 163 aneurismas encontraron residuales significativos hasta en un 27% en el control inmediato postembolización.⁵² Dichos resultados correspondieron a aneurismas complejos, redifícil complejidad técnica para ser embolizados. Estos autores describieron que en el seguimiento angiográfico medio a 18.2 meses, en 19.1% de los casos se incrementó el tamaño del residual.⁵² Murayama et al analizaron la experiencia de la UCLA en la embolización simple con GDC[®] practicada en 818 pacientes entre los años 1990 y 2002.⁶⁶ Encontraron recidiva en más del 30% y alrededor del 60% en aneurismas grandes y gigantes, respectivamente.

Posteriormente se han hecho esfuerzos por disminuir la recanalización mediante el desarrollo de diversos tipos de coils. Un ejemplo son los recubiertos con PGLA (Matrix[®]) sin embrago no mostraron diferencias en los índices de recidiva.⁴³ Recientemente, los coils con hidrogel han mostrado un aparente menor índice de compactación.¹⁵ Deshaides et al presentaron una serie de 67 aneurismas embolizados con Hydrocoil[®] con seguimiento de un año con un total de recanalización de 15% independiente del tamaño, con una oclusión estable en 70% de los casos.¹¹ A pesar de esto, la recanalización persiste como el punto más débil de la TEN en el manejo de los aneurismas intracraneales.^{15, 29}

A partir de 1997 fueron incorporados los stents como coadyuvantes durante la embolización de aneurismas vertebrobasilares de cuello ancho para

proporcionar la contención definitiva de los coils.^{37,66,81} La rigidez de los sistemas balón-expansibles (SBE) fue un serio tropiezo para la compleja anatomía intracraneal, sobretodo para vencer la complicada geometría del sifón carotídeo, por ello se desarrollaron ulteriormente los stents auto-expansibles neurológicos (SAE),^{18,20,54} de mejor navegabilidad, iniciando una nueva era en el tratamiento de los aneurismas de cuello ancho.

Embolización asistida con stent: Como una estrategia para un mejor relleno de los aneurismas y para prevenir la recanalización, se recurrió a la utilización de stents para actuar como una barrera para retener los coils y, de esta manera conseguir un mejor empaquetamiento con resultados que hasta la fecha han sido alentadores.⁹⁵ En una revisión extensa de la literatura se recolectan 21 artículos que suman 449 aneurismas tratados mediante embolización asistida con stent,³³ donde 361 pacientes fueron tratados con SAE. Veinte y ocho por ciento de los aneurismas fueron grandes y aproximadamente 7% fueron gigantes. En 7.3% de los casos la liberación del stent no fue exitosa. Se alcanzó la oclusión completa inmediata en cerca del 57% de los casos y parcial (casi completa) en 22%. Se recolectaron seguimientos angiográficos en 201 pacientes con un promedio de 6.3 meses con un rango de 1 a 18 meses. Se observó oclusión completa en 69% y un índice de recanalización en 4.3%. Catorce por ciento de aneurismas inicialmente ocluidos de forma incompleta presentaron diversos grados progresivos de oclusión. Solamente 16 pacientes requirieron una nueva embolización con coils. En una publicación previa del Instituto Nacional de Neurología y Neurocirugía se alcanzó el 88% de oclusión completa a un año luego de embolización con coils

asistida con stent Pharos[®] en aneurismas tanto de circulación anterior como posterior.⁹⁵ En esta tesis, a pesar de la ausencia de un seguimiento completo y adecuado, logramos determinar resultados importantes de destacar. Conseguimos una oclusión total inmediata, y en el seguimiento adecuado de 28 la oclusión progresó o se mantuvo un residual estable 75% de los casos, mientras que el índice de recanalización fue de 25%, de estos, 11% de los aneurismas experimentaron una recanalización <10%. De los casos de recanalización, es conveniente mencionar que el 57% fueron aneurismas mayores de 16mm y un igual número presentaban cuello ancho. Otro aspecto que influye definitivamente fue la ausencia de corrección de la geometría de los aneurismas. Observamos, pues, que todos los aneurismas que recanalizaron mostraron persistencia del impacto del vector del flujo sanguíneo, de ellos muchos fueron tratados con SAE, lo que demuestra que no es stent adecuado para este tipo de aneurismas, debido a su escasa fuerza radial que no modifica el ángulo vascular, contrariamente a los SBE.

Sole stenting: Los stents pueden ser utilizados como herramientas fundamentales y únicas en el tratamiento de aneurismas por alterar el patrón hemodinámico del complejo aneurismático (SBE y SAE), y modificar las características geométricas del vaso paterno (SBE), fenómenos que promueven la formación de un trombo estable dentro del aneurisma.^{30,31,16,75,97-100} En la circulación posterior hemos demostrado la efectividad de la técnica en aneurismas bien seleccionados, alcanzando un 80% de oclusiones completas a un año.^{2,25,26,97-100} En el presente estudio en un seguimiento completo de 19 pacientes a 6 meses, a pesar de que

no se presentaron cambios evidentes del aneurisma en el 58% de los casos, debemos destacar que ocurrió oclusión completa y subtotal en 26% y parcial en 16% de los aneurismas. Es evidente que requerimos de más tiempo para evaluar estos casos con una visión, además, prospectiva.

Seguridad en la colocación del stent: Se ha demostrado que es una técnica muy segura, se presentó trombosis inmediata intra-stent en 11 casos (25%), los que se resolvieron con la administración de fármacos antiagregantes intravenosos. Es altamente destacable que 10 de ellos se presentaron con SAE, lo que puede ser un indicio de que estos tipos de prótesis son de alguna manera más trombogénicas.

Observamos un 8% de complicaciones, consistentes en EVC secundarios al procedimiento o al stent (verificar y anotar grados d escuela). Estas complicaciones van de acuerdo con lo reportado en la literatura mundial.

CONCLUSIONES

El Instituto Nacional de Neurología y de Neurocirugía es ya un centro que instala normas a nivel mundial en el uso de stents intracraneales, demostradas ya en las diversas publicaciones internacionales.⁹⁷⁻¹⁰⁰ El índice de recanalización en aneurismas grandes y gigantes es de 25%, un poco menor a lo reportado en la literatura mundial, lo que indica que el stent es una herramienta adecuada. En casos de aneurismas bien seleccionados de la circulación posterior el sole stenting ha mostrado efectividad, sin embargo aún necesitamos un seguimiento a largo plazo en caso de circulación anterior.

Los SBE son excelentes retenedores de coils y su fuerza radial permite una adecuada corrección de la geometría vascular, sin embargo su navegabilidad en los vasos intracraneales es aún inadecuada. Los SAE poseen una excelente navegabilidad en sifón carotídeo, son buenos retenedores de coils, sin embargo no corrigen los ángulos vasculares en vasos proximales y aparentemente son trombogénicos. Este estudio, por ser retrospectivo cuenta con deficiencias en el seguimiento de algunos pacientes, por lo que debemos insistir en protocolos prospectivos bien diseñados para llegar a conclusiones más contundentes, así como incrementar el número de la muestra para obtener resultados estadísticamente significativos.

REFERENCIAS

1. Abud DG, Spelle L, Piotin M, Mounayer C, Vanzin JR, Moret J. Venous phase timing during balloon test occlusion as a criterion for permanent internal carotid artery sacrifice. *AJNR Am J Neuroradiol* 2005;26:2602-9.
2. Ahn JY, Han IB, Kim TG, Yoon PH, Lee YJ, Lee BH, Seo SH, Kim DI, Hong CK, Joo JY. Endovascular Treatment of Intracranial Vertebral Artery Dissections with Stent Placement or Stent-assisted Coiling. *AJNR Am J Neuroradiol* 2006;27:1514-1520.
3. Al-Mefty O. M. Gazi Yasargil. The Time in Little Rock. *Neurosurgery* 1999;45:1019.
4. American Heart Association. Heart disease and stroke statistic- 2005 update. Dallas: American Heart Association, 2005.
5. Artmann H, Vonofakos D, Muller H, Grau H. Neuroradiologic and neuropathologic findings with growing giant intracranial aneurysm: Review of the literature. *Surg Neurol* 1984;21:391- 401.
6. Aymard A, Gobin YP, Hodes JE, Bien S, Rufenacht D, Reizine D, George B, Merland JJ. Endovascular occlusion of vertebral arteries in the treatment of unclippable vertebrobasilar aneurysms. *J Neurosurg* 1991;74:393-398.
7. Biondi A, Ricciardi GK, Puybasset L, Abdennour L, Longo M, Chiras J, Van Effenterre R. Intra-arterial nimodipine for the treatment of symptomatic cerebral vasospasm after aneurysmal subarachnoid hemorrhage: Preliminary results. *AJNR Am J Neuroradiol* 2004;25:1067-1076.

8. Bonneville F, Sourour N, Biondi A. Intracranial Aneurysms: an Overview
Neuroimag Clin N Am 2006;16:371-382
9. Brisman J, Song J, Newell D. Cerebral Aneurysms: Medical Progress.
NEJM 2006;355:928-39.
10. Burleson AC, Turitto VT. Identification of quantifiable hemodynamic factors
in the assessment of cerebral aneurysm behavior. On behalf of the
Subcommittee on Biorheology of the Scientific and Standardization
Committee of the ISTH. Thromb Haemost 1996;76:118-123.
11. Byrne JV, Interventional Neuroradiology, Theory and Practice, Oxford
University Press 2002. Cap 6; pag 25.
12. Castillo J, Álvarez J, Martí-Vilalta JL. Manual de enfermedades vasculares
cerebrales. Prous Science, 2º edición: p.199-206.
13. Cohen J, Rajz G, Umansky F, Spektor S. Thrombosis and recanalization of
symptomatic nongiant saccular aneurysm. Neurol Res 2003; 25: 857-859.
14. Debrun G, Fox A, Drake C, Peerless S, Girvin J, Ferguson G. Giant
unclippable aneurysms: Treatment with detachable balloons. AJNR Am J
Neuroradiol 1981;2:167-173.
15. Deshaies EM, Adamo MA, Boulosa AS. Prospective single-center analysis
of the safety and efficacy of the HydroCoil embolization system for the
treatment of intracranial aneurysms. J Neurosurg 2007;106:226-233.
16. Doerfler A, Wanke I, Egelhof T, Stolke D, Forsting M. Double-stent method:
therapeutic alternative for small wide-necked aneurysms. Technical note. J
Neurosurg 2004;100:150-154.

17. Dotter CT. Transluminally-placed coilspring endarterial tube grafts: Long term patency in canine popliteal artery. *Invest Radiol* 1969;4:329-332.
18. Dotter CT, Buschmann RW, McKinney MK, Rosch J. Transluminal expandable nitinol coil stent grafting: Preliminary report. *Radiology* 1983;147:259-260.
19. Drake CG, Peerless SJ, Ferguson GG. Hunterian proximal arterial occlusion for giant aneurysms of the carotid circulation. *J Neurosurg* 1994;81:656-665.
20. Edner G, Kagstrom E, Wallstedt L. Total overall management and surgical outcome after aneurysmal subarachnoid haemorrhage in a defined population. *Br J Neurosurg* 1992; 6:409-420.
21. Feigin VL, Rinkel GJE, Lawes CMM, Algra A, Bennett DA, van Gijn J, Anderson CS. Risk factors for subarachnoid haemorrhage: An Updated Systematic Review of Epidemiological Studies. *Stroke*. 2005; 36:2773-2780.
22. Flamm ES. Professor M. Gazi Yasargil. An Appreciation by a Former Apprentice. *Neurosurgery* 1999;45:1015.
23. Fiorella D, Thiabolt L, Albuquerque FC, Deshmukh VR, McDougall CG, Rasmussen PA. Antiplatelet Therapy in Neuroendovascular Therapeutics. *Neurosurg Clin N Am* 2005;16: 517-540.
24. Fiorella D, Albuquerque FC, Deshmuck VR, McDougall CG. Usefulness of the neuroform stent for the treatment of cerebral aneurysms: results at initial (3–6-mo) follow-up. *Neurosurgery* 2005;56:1191-1202.
25. Fiorella D, Albuquerque FC, McDougall CG. Durability of aneurysm embolization with matrix detachable coils. *Neurosurgery* 2006;58:51-59.

26. Fiorella D, Albuquerque FC, Deshmukh VR, Woo HH, Rasmussen PA, Masaryk TJ, McDougall CG. Endovascular reconstruction with the Neuroform stent as monotherapy for the treatment of uncoilable intradural pseudoaneurysms. *Neurosurgery* 2006;59:291-300.
27. Fox AJ, Viñuela F, Pelz DM, Peerless SJ, Ferguson GG, Drake CG, Debrun G. Use of detachable balloons for proximal artery occlusion in the treatment of unclippable cerebral aneurysms. *J Neurosurg* 1987;66:40-46.
28. Futami K, Yamashita J, Higashi S. Do cerebral aneurysms originate at the site of medial defects? Microscopic examinations of experimental aneurysms at the fenestration of the anterior cerebral artery in rats. *Surg Neurol* 1998;50:141-146.
29. Gaba RC, Ansari SA, Roy SS, Marden FA, Viana MA, Malisch TW. Embolization of intracranial aneurysms with hydrogel-coated coils versus inert platinum coils: effects on packing density, coil length and quantity, procedure performance, cost, length of hospital stay, and durability of therapy. *Stroke* 2006;37:1443-50.
30. Geremia G, Haklin M, Brenneke L. Embolization of experimentally created aneurysms with intravascular stent devices. *AJNR Am J Neuroradiol* 1994;15:1223-1231.
31. Geremia G, Brack T, Brennecke L, Haklin M, Falter R. Occlusion of experimentally created fusiform aneurysms with porous metallic stents. *AJNR Am J Neuroradiol* 2000;21:739-745.

32. Gobin YP, Viñuela F, Gurian JH, Guglielmi G, Duckwiler GR, Massoud TF, Martin NA: Treatment of large and giant fusiform intracranial aneurysms with Guglielmi detachable coils. *J Neurosurg* 1996;84:55-62.
33. Gonzalez N, Duckwiler G, Jahan R, Murayama Y, Viñuela F. Challenges in the endovascular treatment of giant intracranial aneurysms. *Neurosurgery* 2006;59:S3-113-S3-124.
34. Guglielmi G, Viñuela F, Dion J, Duckwiler G. Electrothrombosis of saccular aneurysms via endovascular approach. Part 2: Preliminary clinical experience. *J Neurosurg* 75:8-14, 1991.
35. Guglielmi G, Viñuela F, Duckwiler G, Dion J, Lylyk P, Berenstein A, Strother C, Graves V, Halbach V, Nichols D. Endovascular treatment of posterior circulation aneurysms by electrothrombosis using electrically detachable coils. *J Neurosurg* 1992;77:515-524.
36. Han PP, Albuquerque FC, Ponce FA, MacKay CI, Zabramski JM, Spetzler RF, McDougall CG. Percutaneous intracranial stent placement for aneurysms. *J Neurosurg* 2003;99:23–30.
37. Hankey GJ, Eikelboom JW. Antiplatelet drugs. *MJA* 2003; 178: 568-574.
38. Hayakawa M, Murayama Y, Duckwiler GR, Gobin YP, Guglielmi G, Viñuela F. Natural history of neck remnant of a cerebral aneurysm with the Guglielmi detachable coil system. *J Neurosurg* 2000;93:561-568.
39. Henkes H, Bose A, Felber S, Miloslavski E, Berg-Dammer E, Kuhne D. Endovascular coil occlusion of intracranial aneurysms assisted by a novel self-expandable Nitinol microstent (Neuroform). *Interv Neuroradiol* 2002;8:107-119.

40. Heros R. Clip ligation or coil occlusion? J Neurosurg 2006;104:341-343.
41. Heros RC. Complications of balloon-assisted coil embolization of intracranial aneurysms. J Neurosurg 2006;105:393-395.
42. Higashida RT, Halbach VV, Dowd CF, Barnwell SL, Hieshima GB. Intracranial aneurysms: Interventional neurovascular treatment with detachable balloons-Results in 215 cases. Radiology 1991;178:663-670.
43. Higashida RT, Smith W, Gress D, Urwin R, Dowd CF, Balousek PA, Halbach VV. Intravascular stent and endovascular coil placement for a ruptured fusiform aneurysm of the basilar artery. Case report and review of the literature. J Neurosurg 1997;87:944-949.
44. Higashida RT, Meyers PM, Connors JJ, Sacks D, Strother CM, Barr JD, Wojack JC, Duckwiler GR. Intracranial angioplasty & stenting for cerebral atherosclerosis: A position statement of the American Society of Interventional and Therapeutic Neuroradiology, Society of Interventional Radiology, and the American Society of Neuroradiology. J Vasc Interv Radiol 2005; 16:1281-1285.
45. Hop JW, Rinkel GJ, Algra A, van Gijn J. Case-fatality rates and functional outcome after subarachnoid haemorrhage: a systematic review. Stroke 1997;28:660-4.
46. Houssay BA. "Circulación arterial", en: Houssay BA (ed.), *Fisiología Humana*, 4^{ta} ed., Buenos Aires, El Ateneo;1972, págs. 220-241.
47. Hunt WE, Kosnik EJ. Timing and perioperative care in intracranial aneurysm surgery. Clin Neurosurg 1974;21:79-89.

48. Jiang WJ, Xu XT, Du B, Dong KH, Jin M, Wang QH, Ma N. Comparison of elective stenting of severe vs moderate intracranial atherosclerotic stenosis. *Neurology* 2007;68:420-426.
49. Johnston SC, Wilson CB, Halbach VV, Higashida RT, Dowd CF, McDermott MW, Applebury CB, Farley TL, Gress DR. Endovascular and surgical treatment of unruptured cerebral aneurysms: comparison of risks. *Ann Neurol* 2000;48:11-9.
50. Kang HS, Han MH, Kwon BJ, Kwon OK, Kim SH, Choi SH, Chang KH. Short-term outcome of intracranial aneurysms treated with polyglycolic acid/lactide copolymer-coated coils compared to historical controls treated with bare platinum coils: A single-center experience. *AJNR Am J Neuroradiol* 2005;26:1921-1928.
51. Knuckey NW, Haas R, Jenkins R, Epstein MH. Thrombosis of difficult intracranial aneurysms by the endovascular placement of platinum-Dacron microcoils. *J Neurosurg* 1992;77:43-50.
52. Kole MK, Pelz DM, Kalapos P, Lee DH, Gulka IB, Lownie SP. Endovascular coil embolization of intracranial aneurysms: Important factors related to rates and outcomes of incomplete occlusion. *J Neurosurg* 2005;102:607-615.
53. Kuether TA, Nesbit GM, Barnwell SL. Clinical and angiographic outcomes, with treatment data, for patients with cerebral aneurysms treated with Guglielmi detachable coils: A single-center experience. *Neurosurgery* 1998; 43:1016-1025.

54. Lanzino G, Fraser K, Kankan Y, Wagenbach A. Treatment of ruptured intracranial aneurysms since the International Subarachnoid Aneurysm Trial: practice utilizing clip ligation and coil embolization as individual or complimentary therapies. *J Neurosurg* 2006;104:344-349.
55. Leibowitz R, Do HM, Marcellus ML, Chang SD, Steinberg GK, Marks MP. Parent vessel occlusion for vertebrobasilar fusiform and dissecting aneurysms. *AJNR Am J Neuroradiol* 2003; 24:902-907.
56. Levy EI, Boulos AS, Bendok BR, Kim SH, Qureshi AI, Guterman LR, et al: Brainstem infarction after delayed thrombosis of a stented vertebral artery fusiform aneurysm: case report. *Neurosurgery* 51:1280-1284; discussion 1284-1285, 2002.
57. Linn FH, Rinkel GJ, Algra A, van Gijn J. Incidence of subarachnoid haemorrhage: role of region, year, and rate of computed tomography; a meta-analysis. *Stroke* 1996; 27:625-9.
58. Locksley HB. Natural history of subarachnoid hemorrhage, intracranial aneurysms and arteriovenous malformations. Based on 6368 cases in the cooperative study. *J Neurosurg* 1966;25:219-239.
59. Lubicz B, Leclerc X, Gauvrit JY, Lejeune JP, Pruvo JP. Giant vertebrobasilar aneurysms: Endovascular treatment and long-term follow-up. *Neurosurgery* 2004;55:316-326.
60. Lubicz B, Leclerc X, Levivier M, Brotchi J, Pruvo JP, Lejeune JP, Balériaux D. Retractable self-expandable stent for endovascular treatment of wide-necked intracranial aneurysms: preliminary experience. *Neurosurgery* 2006; 8:451-457

61. Luis G, Wady AY, Saucedo JF. Can we prevent in-stent restenosis? *Curr Opin Cardiol* 17:518–525, 2002.
62. Lylyk P, Ferrario M, Pabón B, Miranda C, Doroszuk G. Buenos Aires experience with the Neuroform self-expanding stent for the treatment of intracranial aneurysms. *J Neurosurg* 2005;102:235–241.
63. Mantha A, Karmonik C, Benndorf B, Strother C, Metcalfe R. Hemodynamics in a Cerebral Artery before and after the Formation of an Aneurysm. *AJNR Am J Neuroradiol* 2006;27:1113–18
64. Mayberg MR, Batjer HH, Dacey R, et al. Guidelines for the management of aneurysmal subarachnoid haemorrhage: a statement for healthcare professionals from a special writing group of the Stroke Council, American Heart Association. *Stroke* 1994; 25:2315-28.
65. Moret J, Cognard C, Weill A, Castaings L, Rey A. Reconstruction technique in the treatment of wide-neck intracranial aneurysms. Long-term angiographic and clinical results. Apropos of 56 cases. *J Neuroradiol* 1997;24:30-44.
66. Murayama Y, Nien YL, Duckwiler G, Gobin YP, Jahan R, Frazee J, Martin N, Viñuela F. Guglielmi detachable coil embolization of cerebral aneurysms: 11 years' experience. *J Neurosurg* 2003;98:959-966.
67. Nakatani H, Hashimoto N, Kang Y, Yamazoe, N, Kikuchi H, Yamaguchi S, Niimi H. Cerebral blood flow patterns at major vessel bifurcations and aneurysms in rats. *J Neurosurg* 1991;74:258-262.
68. Nelson P, Sahlein D, Shapiro M, Becske T, Fitzsimmons B, Huang P, Jafar JJ, Levy DI. Recent steps toward a reconstructive edovascular solution for

- the orphaned, complex-neck aneurysm. *Neurosurgery* 2006;59:S3-77-S3-92.
69. Niimi Y, Song J, Madrid M, Berenstein A. Endosaccular treatment of intracranial aneurysms using matrix coils: early experience and midterm follow-up. *Stroke* 2006;37:1028-32.
70. Osborn AG. *Angiografía Cerebral*, Marban 2000; cap 12; 241-276.
71. Quintana L. Etiopatogenia de los Aneurismas Cerebrales. *Rev Chil Neurocirug* 2007;28: 11-24.
72. Raymond J, Guilbert F, Weill A, Georganos SA, Juravsky L, Lambert A, Lamoureux J, Chagnon M, Roy D. Long-term angiographic recurrences after selective endovascular treatment of aneurysms with detachable coils. *Stroke* 2003;34:1398-1403.
73. Rhoton AL Jr, Saeki N, Perlmutter D, Zeal A. Microsurgical anatomy of common aneurysm sites. *Clin Neurosurg* 1979;26:248-306.
74. Rhoton AL. Aneurysms. *Neurosurgery* 2002;51(suppl 1):121-158.
75. Sadasivan C, Leber BB, Guonis MJ, Lopes DK, Hopkins LN: Angiographic Quantification of Contrast Medium Washout from Cerebral Aneurysms after Stent Placement. *AJNR Am J Neuroradiol* 23:1214-1221, 2002
76. Sekhon LHS, Morgan MK, Sorby W, Grinnell V. Combined endovascular stent implantation and endovascular coil placement for the treatment of a wide-necked vertebral artery aneurysm: Technical case report. *Neurosurgery* 1998;43:380-384
77. Serruys PW, Strauss BH, Beatt KJ, Bertrand ME, Pule J, Rickards AF, Meier B, Goy JJ, Vogt P, Kappenberg L. Angiographic follow-up after

- placement of a self-expanding coronary artery stent. *N Engl J Med* 1991;324:13-17.
78. Sluzewski M, Brilstra EH, van Rooij WJ, Wijnalda D, Tulleken CA, Rinkel GJ. Bilateral vertebral artery balloon occlusion for giant vertebrobasilar aneurysms. *Neuroradiology* 2001;43:336-341.
79. Spelle L, Piotin M, Mounayer C, Moret J. Saccular Intracranial Aneurysms: Endovascular Treatment-Devices, Techniques and Strategies, Management of Complications, Results. *Neuroimaging Clin N Am* 2006; 16:413-451.
80. Stehbens WE. Etiology of intracranial berry aneurysms. *J Neurosurg* 1989;70:823-31.
81. Steinberg GK, Drake CG, Peerless SJ. Deliberate basilar or vertebral artery occlusion in the treatment of intracranial aneurysms. Immediate results and long-term outcome in 201 patients. *J Neurosurg* 1993;79:161-173.
82. Sterioff S. Etymology of the word "stent". *Mayo Clin Proc* 1997;72:377-379.
83. Strother CM, Graves VB, Rappe A: Aneurysm hemodynamics: An experimental study. *AJNR Am J Neuroradiol* 1992;13:1089-1095.
84. Suarez J, Tarr R, Selman W. Aneurysmal Subarachnoid Haemorrhage: current concepts. *NEJM* 2006;354;4: 387-95.
85. Tateshima S, Murayama Y, Gobin YP, Duckwiler GR, Guglielmi G, Viñuela F. Endovascular treatment of basilar tip aneurysms using Guglielmi detachable coils: anatomic and clinical outcomes in 73 patients from a single institution. *Neurosurgery* 2000;47:1332-1342.
86. Tateshima S, Murayama Y, Villablanca JP, Morino T, Takahashi H, Yamauchi T, Tanishita K, Vinuela F. Intraaneurysmal flow dynamics study

- featuring an acrylic aneurysm model manufactured using a computerized tomography angiogram as a mold. *J Neurosurg* 2001;95:1020-1027.
87. The SSYLVIA Study investigators. Stenting of symptomatic atherosclerotic lesions in the vertebral or intracranial arteries (SSYLVIA). *Stroke* 2004;35:1388-1392.
88. van Gijn J, Rinkel GJ. Subarachnoid haemorrhage: diagnosis, causes and management. *Brain* 2001; 124: 249-78.
89. Viñuela F, Duckwiler G, Mawad M. Guglielmi detachable coil embolization of acute intracranial aneurysm: perioperative anatomical and clinical outcome in 403 patients. *J Neurosurg* 1997;86:475-482.
90. Wakhloo AK, Scellhammer F, de Vries J, Habestroh J, Schumacher M. Self-expanding and balloon-expandable stents in the treatment of carotid aneurysms: An experimental study in a canine model. *AJNR Am J Neuroradiol* 1994;15:493-502.
91. Wakhloo AK, Scellhammer F, Garf M, Hopkins LN. Self-expanding nitinol stents in canine vertebral arteries: Hemodynamics and tissue response *AJNR Am J Neuroradiol* 1995;16:1043-1051.
92. Wakhloo AK, Lieber BB, Stancampiano AP, Hopkins LN. Effect of intravascular stents on flow characteristics in an aneurysm model. *Circulation* 1996;94[Suppl]:I-59.
93. Wakhloo AK, Lanzino G, Lieber BB, Hopkins LN. stents for intracranial aneurysms: The beginning of a new era?. *Neurosurgery* 1998;43:377-379.

94. Wanke I, Doerfler A, Dietrich U, Egelhof T, Schoch B, Stolke D, Forsting M. Endovascular Treatment of Intracranial Aneurysms. *Stroke* 2002; 23:756-761.
95. Wells-Roth D, Biondi A, Janardhan V, Chapple K, Gobin YP, Riina HA. Endovascular procedures for treating wide necked aneurysms. *Neurosurg Focus* 2005;18(2):E7.
96. Wiebers DO, Whisnant JP, Huston J III, et al. Unrupted intracranial aneurysms: natural history, clinical outcome, and risks of surgical and endovascular treatment. *Lancet* 2003;362:103-10.
97. Zenteno MA, Murillo-Bonilla LM, Guinto G, Gomez CR, Martinez SR, Higuera-Calleja J, Lee A, Gomez-Llata S. Sole stenting bypass for the treatment of vertebral artery aneurysms: Technical case report. *Neurosurgery* 2005;57[ONS suppl 1]:ONS-208.
98. Zenteno M, Modenesi Freitas JM, Aburto-Murrieta Y, Koppe G, Machado E, Lee A: Balloon-expandable stenting with and without coiling for wide-neck and complex aneurysms. *Surg Neurol* 2006;66:603-610.
99. Zenteno M, Santos-Franco JA, Aburto-Murrieta Y, Modenesi-Freitas, Ramírez-Guzmán G, Gómez-Llata S, Lee A. Superior cerebellar artery aneurysms treated using the sole stenting approach. *J Neurosurg* 2007;107:860-864.
100. Zenteno MA, Santos-Franco JA, Freitas-Modenesi JM, Gómez C, Murillo-Bonilla L, Aburto-Murrieta Y, Díaz-Romero R, Nathal E, Gómez-Llata S, Lee A. Sole stenting in the management of aneurysms of the posterior circulation. A prospective series of 20 patients. *J Neurosurg*; 2008 *In Press*.