

**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON**

**FACULTAD DE MEDICINA**



**“EFICACIA Y SEGURIDAD DE LOS AGENTES EMBOLIZANTES EN EL  
TRATAMIENTO DE LAS MALFORMACIONES ARTERIOVENOSAS  
CEREBRALES - REVISIÓN SISTEMÁTICA Y META-ANÁLISIS DE LA  
LITERATURA ACTUAL”**

**Por**

**DR. MAURILIO VICENTE OCHOA GONZÁLEZ**

**COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE  
ESPECIALISTA EN TERAPIA ENDOVASCULAR NEUROLÓGICA**

**FEBRERO, 2025**

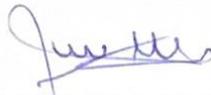
“EFICACIA Y SEGURIDAD DE LOS AGENTES EMBOLIZANTES EN EL TRATAMIENTO DE LAS MALFORMACIONES ARTERIOVENOSAS CEREBRALES - REVISIÓN SISTEMÁTICA Y META-ANÁLISIS DE LA LITERATURA ACTUAL”

Aprobación de la tesis:



---

Dr. med. Ángel R. Martínez Ponce de León  
Jefe de Servicio de Neurocirugía y Terapia Endovascular Neurológica



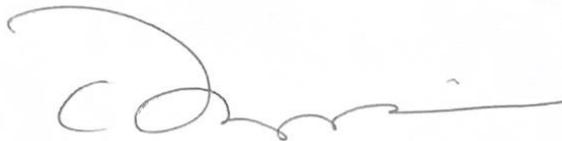
---

Dr. Jesús Alberto Morales Gómez  
Director de Tesis



---

Dr. Mauricio Arteaga Treviño  
Jefe de Enseñanza de Posgrado del Servicio de Neurocirugía y Terapia Endovascular Neurológica



---

Dr. med. Felipe Arturo Morales Martínez  
Subdirector de Estudios de Posgrado

***A Beatriz***

# TABLA DE CONTENIDO

Capítulo I	Página
1. RESÚMEN . . . . .	viii
Capítulo II	
2. INTRODUCCIÓN . . . . .	xi
Capítulo III	
3. HIPÓTESIS.....	xv
Capítulo IV	
4. OBJETIVOS .....	xvii
Capítulo V	
5. MATERIAL Y MÉTODOS.....	xix
Capítulo VI	
6. RESULTADOS. . . . .	xxii
Capítulo VII	
7. DISCUSIÓN.....	xxvii
Capítulo VIII	
8. CONCLUSIÓN .....	xxx

Capítulo IX

9. BIBLIOGRAFÍA .....xxxii

Capítulo X

10. RESUMEN AUTOBIOGRÁFICO..... xxxv

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura</b>	<b>Página</b>
<b>Figura 1. Diagrama de flujo.....</b>	<b>xxiii</b>
<b>Figura 2. Gráfica de Riesgo de Sesgo .....</b>	<b>xxv</b>
<b>Figura 3. Comparación de cianoacrilatos vs copolímeros: Éxito técnico.....</b>	<b>xxvi</b>
<b>Figura 4. Cianoacrilatos vs copolímeros: Complicaciones .....</b>	<b>xxvi</b>
<b>Figura 5. Comparación de cianoacrilatos vs copolímeros: Mortalidad.....</b>	<b>xxvii</b>
<b>Figura 6. Comparación de cianoacrilatos vs copolímeros: Incapacidad neurológica permanente .....</b>	<b>xxviii</b>

## LISTA DE ABREVIATURAS

**MAV:** malformaciones arteriovenosas

**OR:** *Odds Ratio*

**CI:** *Confidence Interval*

# **CAPÍTULO I**

# **RESUMEN**

## RESUMEN

### **Eficacia y Seguridad de los Agentes Embolizantes en el Tratamiento de las Malformaciones Arteriovenosas Cerebrales - Revisión Sistemática y Meta-Análisis de la Literatura Actual**

**Antecedentes:** Las Malformaciones Arterio-Venosas (MAVs) requieren estrategias de embolización efectiva para reducir su flujo ya sea como tratamiento definitivo o previo al mismo. Existen dos categorías principales de agentes embolizantes: los cianoacrilatos y los copolímeros, sin embargo, su seguridad y eficacia al compararse continúa siendo tema de debate. **Objetivos:** Evaluar y comparar la eficacia y seguridad de los cianoacrilatos vs copolímeros para la embolización en MAVs cerebrales, con enfoque en el éxito técnico, las tasas de complicación, mortalidad y desenlaces neurológicos. **Métodos de búsqueda:** Se realizó una revisión sistemática en PubMed, Embase, y Cochrane CENTRAL hasta diciembre del 2024. Se consultaron fuentes adicionales incluyendo resúmenes de congresos y la bibliografía de los estudios incluidos. Los estudios que se consideraron para inclusión fueron ensayos clínicos aleatorizados y estudios observacionales que compararon directamente algún cianoacrilato vs algún copolímero para la embolización de MAVs. **Recolección y análisis de datos:** Dos revisores independientes (MOG, BSJ) realizaron la búsqueda y seleccionaron los artículos que ambos consideraban para inclusión. Se extrajo la información necesaria de cada estudio y se comparó la concordancia entre ambos revisores. Se calcularon Odds Ratios (ORs) con 95% de intervalo de confianza para los objetivos evaluados. La heterogeneidad entre los estudios se analizó por medio de  $I^2$  estadística. Se realizó análisis del riesgo de sesgo por ambos revisores. **Resultados:** Se incluyeron seis estudios, incluyendo 528 participantes. No hubo diferencias significativas en las tasas de éxito técnico entre copolímeros y cianoacrilatos (OR 0.91, 95% CI 0.57–1.44). Sin embargo, las tasas de complicación fueron significativamente más altas con copolímeros copolymers (OR 2.31, 95% CI 1.43–3.74). La mortalidad (OR 1.35, 95% CI 0.49–3.75) y la disfunción neurológica permanente (OR 1.56, 95% CI

0.38–6.39) no mostraron diferencias estadísticamente significativas entre ambos grupos. **Conclusiones:** Los cianoacrilatos y copolímeros pueden alcanzar éxito técnico similar en la embolización de MAVs cerebrales, sin embargo, los copolímeros presentan mayor riesgo de complicaciones. Estos hallazgos subrayan la importancia de planear un tratamiento individualizado. Se requieren más estudios, preferentemente ensayos clínicos aleatorizados de calidad que comparen ambos tratamientos para confirmar estos resultados y para evaluar los efectos a largo plazo.

### **Resumen en lenguaje sencillo**

¿Cuál agente de embolización es más seguro y efectivo para tratar las malformaciones arteriovenosas cerebrales (MAV)?

Las malformaciones arteriovenosas (MAV) cerebrales son conexiones anormales entre los vasos sanguíneos en el cerebro que pueden causar graves problemas de salud. El tratamiento de las MAV a menudo implica el uso de agentes de embolización, sustancias que se inyectan en los vasos sanguíneos para bloquear el flujo sanguíneo. Dos tipos comunes de agentes son los cianoacrilatos (sustancias similares a un pegamento) y los copolímeros (agentes líquidos). Esta revisión comparó la efectividad y seguridad de estos agentes:

**Éxito técnico:** Ambos agentes funcionaron igualmente bien en bloquear el flujo sanguíneo.

**Complicaciones:** Los copolímeros presentaron más complicaciones en comparación con los cianoacrilatos.

**Mortalidad y resultados neurológicos:** La tasa de mortalidad y el riesgo de problemas neurológicos permanentes fueron similares para ambos agentes. A pesar de que ambos son efectivos, los cianoacrilatos parecen más seguros debido a que presentan menos complicaciones. Se requieren más estudios de alta calidad para confirmar estos resultados y guiar las decisiones de tratamiento. Esta información ayuda a los médicos a elegir el mejor tratamiento considerando los riesgos y beneficios de cada agente.

# **CAPÍTULO II**

# **INTRODUCCIÓN**

## **INTRODUCCIÓN**

### **Antecedentes**

Las malformaciones arteriovenosas (MAV) cerebrales son lesiones neurovasculares complejas caracterizadas por conexiones anormales entre arterias y venas, eludiendo el sistema capilar. Estas lesiones presentan importantes desafíos en su manejo debido a su potencial para complicaciones que amenazan la vida, como hemorragias intracraneales, convulsiones y déficits neurológicos progresivos. El riesgo anual de hemorragia en MAV no tratadas varía entre el 2% y el 4%, lo que subraya la importancia de intervenciones oportunas y efectivas (Leacy et al., 2022).

### **Descripción de la condición**

Las MAV cerebrales surgen de malformaciones congénitas en la vasculatura, llevando a la formación de derivaciones arteriovenosas de alto flujo. A menudo, se descubren de manera incidental durante estudios de imagen para condiciones no relacionadas, o tras la presentación de síntomas como dolores de cabeza, convulsiones o sangrado intracraneal. La angioarquitectura de una MAV, que incluye su tamaño, ubicación y estructura de las arterias alimentadoras, influye significativamente en la elección del tratamiento y sus resultados (Blanc et al., 2014). Las estrategias de manejo deben equilibrar los riesgos de intervención con la historia natural de la lesión.

### **Descripción de la intervención**

La embolización endovascular es un procedimiento mínimamente invasivo que se ha convertido en una piedra angular en el tratamiento de las MAV. Implica la introducción percutánea de agentes embólicos en el nido de la MAV a través de microcatéteres, buscando reducir o eliminar el flujo sanguíneo en la lesión.

Los agentes cianoacrilatos, como Histoacryl (cianoacrilato de n-butilo), Glubran (cianoacrilato de n-butilo + metacriloxisulfona), Magic glue (cianoacrilato de n hexilo), TruFill (cianoacrilato de n-butilo) y Fuaile (cianoacrilato de n-butilo y

cianoacrilato de 2-octilo), polimerizan rápidamente al contacto con la sangre, ofreciendo una oclusión durable pero con un control limitado.

Por otro lado, los copolímeros, que incluyen Onyx (copolímero de alcohol vinílico etileno), Squid (copolímero de alcohol vinílico etileno), Menox (copolímero de alcohol vinílico etileno) y PHIL (polilactida-co-glicolida con polihidroxietilometacrilato), permiten una inyección controlada gracias a sus propiedades de precipitación más lenta y no adhesivas, lo que permite una penetración más profunda en el nido de la MAV. Estos agentes varían en sus propiedades físicas y químicas, lo que influye en su eficacia y perfiles de complicaciones (Saber et al., 2018).

### **Cómo funciona la intervención**

Tanto los cianoacrilatos como los copolímeros actúan ocluyendo las conexiones vasculares anormales dentro de la MAV, reduciendo así el riesgo de hemorragia. Los cianoacrilatos polimerizan casi instantáneamente al entrar en contacto con la sangre, creando una oclusión rápida y fuerte, pero con menor precisión. Los copolímeros por otro lado permiten un depósito gradual y penetración en el nido más profunda, aumentando la probabilidad de una obliteración completa y reduciendo el riesgo de migración embólica o atrapamiento del catéter (Bendok et al., 2018). La elección del agente muchas veces depende la arquitectura de la MAVs, la disponibilidad y la experiencia del operador.

¿Por qué es importante esta revisión?

A pesar de los grandes avances en las técnicas endovasculares, hay evidencia limitada en la comparación directa (*head-to-head*) en cuanto a eficacia y seguridad de los diferentes agentes utilizados. Entender las fortalezas y limitaciones relativas de estos agentes es crítico para optimizar los resultados del tratamiento. Al conducir un meta-análisis, este trabajo tiene como objetivo

resolver estas brechas en la literatura actual y proveer a los terapeutas endovasculares de una guía basada en evidencia. Este enfoque es esencial para mejorar el cuidado del paciente, reducir las complicaciones y guiar el desarrollo de nuevos tratamientos (Leacy et al., 2022).

# **CAPÍTULO II**

# **HIPÓTESIS**

## **HIPÓTESIS**

### **Hipótesis principal:**

El uso de copolímeros (Onyx, Squid, Menox, PHIL) en la embolización de malformaciones arteriovenosas cerebrales (MAVs) es más eficaz en la obliteración completa de la lesión y presenta un perfil de seguridad superior en comparación con los cianoacrilatos (Histoacryl, Glubran, Magic glue, TruFill, Fuaile), con menor incidencia de complicaciones como hemorragia, isquemia y retención del catéter.

### **Hipótesis nula:**

No hay diferencias significativas en la eficacia ni en el perfil de seguridad entre los copolímeros y los cianoacrilatos en el tratamiento endovascular de MAVs cerebrales.

# **CAPÍTULO IV**

# **OBJETIVOS**

## **Objetivos**

Este meta-análisis tiene como objetivo:

1. Comparar la eficacia de los cianoacrilatos (Histoacryl, Glubran, Magic glue TruFill, Fuaile) vs copolímeros (Onyx, Squid, Menox, PHIL) en alcanzar éxito técnico/ obliteración completa de las AMVs cerebrales.
2. Analizar los diferentes perfiles de seguridad de estos agentes, definidas por la tasa de complicaciones relacionadas como hemorragia, isquemia y retención del catéter.
3. Proveer recomendaciones basadas en evidencia para informar y guiar a los terapistas endovasculares, así como brindar información para futuras investigaciones en el manejo de MAVs.

# **CAPÍTULO V MATERIAL Y MÉTODOS**

## MATERIAL Y MÉTODOS

### Métodos

Criterios para considerar estudios para esta revisión:

- Tipos de estudios: Estudios clínicos aleatorizados, no aleatorizados, observacionales (prospectivos y retrospectivos) que reporten desenlaces relacionados con el uso de cianoacrilatos o copolímeros en el manejo de las MAVs.
- Tipos de participantes: Pacientes diagnosticados con MAVs, sin importar edad, sexo, tamaño o localización de la MAVs.
- Tipos de intervenciones: Los estudios deben comparar el uso de al menos un cianoacrilatos (p.e. Histoacryl, Glubran, Magic glue, TruFill, Fuaile) contra un copolímero ( p.e. Onyx, Squid, Menox, PHIL) como agente embolizante durante el tratamiento endovascular.

Tipos de medidas para los desenlaces

#### *Desenlaces primarios*

1. Obliteración completa o éxito técnico (de acuerdo a lo reportado por cada autor en los estudios) confirmado por imagen angiográfica.
2. Incidencia de complicaciones relacionadas como hemorragia, isquemia o atrapamiento de catéter.

#### *Desenlaces secundarios*

1. Mortalidad (relacionada al procedimiento)
2. Discapacidad neurológica permanente

Métodos de búsqueda e identificación de estudios:

Se realizaron revisiones en PubMed, Embase, Cochrane Library, y *Web of Science*. La estrategia de búsqueda incluyó términos MeSH (*Medical Subject Headings*) y palabras clave relacionadas con MAVs, cianoacrilatos, copolímeros y embolización. La búsqueda se realizó de la siguiente manera:

("Cerebral Arteriovenous Malformations" OR "AVM") AND ("endovascular treatment" OR "embolization") AND ("Onyx" OR "n-BCA" OR "PHIL" OR "agents") AND ("clinical outcomes" OR "complications" OR "efficacy")

Búsqueda de otras fuentes

Se realizó búsqueda en literatura gris a través de resúmenes de congresos, registros de ensayos clínicos y referencias en otros estudios.

Recolección y análisis de datos

#### *Selección de estudios*

Dos revisores independientes (MOG, BSJ) revisaron los títulos, resúmenes y textos completos de los estudios elegibles. Las discrepancias se resolvieron mediante un consenso o consultando a un tercer revisor externo.

#### *Extracción y manejo de datos*

Los datos fueron extraídos en una forma estandarizada de Excel la cual tenía características del estudio, características demográficas de los pacientes, detalles de la intervención y desenlaces.

#### *Análisis del riesgo de sesgo en los estudios incluidos*

Se utilizó la herramienta de Cochrane para análisis de riesgo de sesgo.

#### *Medidas de efecto del tratamiento*

Los análisis dicotómicos se analizaron usando Odds Ratio (OR) con intervalos de confianza al 95%. Los desenlaces continuos se reportaron usando diferencias de media (MDs) o diferencia estandarizada de medias.

#### *Unidades de análisis*

En caso de estudios con múltiples brazos, se usaron comparaciones emparejadas.

#### *Datos perdidos*

En caso de desenlaces no reportados, incompletos o poco claros se escribió un correo electrónico a los autores principales del manuscrito.

#### *Análisis de heterogeneidad*

Se analizó utilizando  $I^2$  estadística. La  $I^2 > 50\%$  se consideró heterogeneidad substancial y se intentó resolver con análisis de subgrupos.

#### *Análisis de sesgo de reporte*

Se realizaron funnel plots y test de Egger para evaluar sesgo de publicación.

#### *Síntesis de datos*

Se realizó un meta-análisis bayesiano usando el método de Monte Carlo en cadena de Markov. Estos resultados se presentaron en una tabla y en un forest plot.

# **CAPÍTULO VI**

# **RESULTADOS**

## Resultados

### Descripción de estudios

#### *Resultados de la búsqueda*

En la búsqueda inicial se obtuvieron 65 estudios, después de remover los estudios duplicados y los que no evaluaban los diferentes agentes uno contra otro, se revisaron 47 estudios para su inclusión.

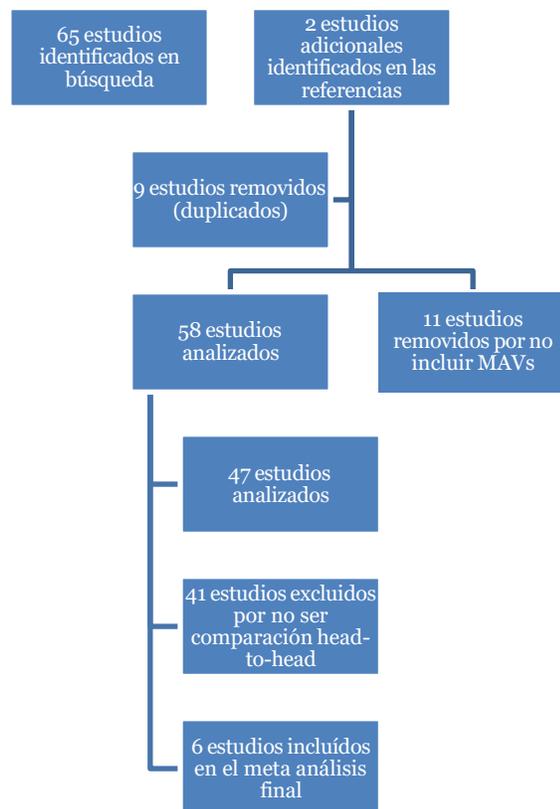
#### *Estudios incluidos*

Se incluyeron seis estudios; dos ensayos clínicos aleatorizados y cuatro estudios retrospectivos observacionales.

#### *Estudios excluidos*

Se excluyeron 41 estudios por no tener comparaciones head-to-head. El diagrama completo de la búsqueda se detalla en la figura 1.

**Figura 1. Diagrama de flujo**



## **Riesgo de sesgo de los estudios incluidos**

Entre los seis estudios incluidos:

- Dos fueron catalogados como con bajo riesgo de sesgo.
- Tres fueron catalogados como moderado riesgo de sesgo.
- Un estudio fue considerado con alto riesgo de sesgo por reporte incompleto de datos y cegamiento poco claro.

### *Sesgo de selección*

El riesgo de selección refleja si el proceso de asignar a los participantes a los diferentes grupos de tratamiento fue suficientemente aleatorizado para prevenir diferencias sistemáticas entre los grupos.

Bahzadi 2022: Se catalogó como alto riesgo de sesgo por su diseño retrospectivo el cual inherentemente carece de generación aleatoria de secuencia.

Loh 2010: Se catalogó como bajo riesgo de sesgo ya que se trata de un ensayo clínico aleatorizado con generación de secuencia y asignación de participantes claramente estipulado.

Lv 2012: Se calificó como alto riesgo de sesgo por su carácter retrospectivo el cual carece de mecanismos para minimizar el riesgo de selección.

nBCATI 2002: Se calificó como bajo riesgo ya que se trata de un ensayo clínico aleatorizado con métodos para aleatorización y selección debidamente estipulados.

Rabinov 2009: Calificado como alto riesgo por su diseño de cohorte.

Velat 2008: Alto riesgo por ser un estudio retrospectivo.

### *Sesgo de reporte incompleto y sesgo de selección*

Este sesgo analiza si los datos no reportados pueden sesgar los resultados del estudio.

Bahzadi 2022: Bajo, reporta los datos principales de los 30 participantes.

Loh 2010: Bajo. No pérdida de seguimiento significativa.

Lv 2012: Bajo. Desenlaces importantes reportados.

nBCATI 2002: Bajo. Buen seguimiento, reporte de desenlaces completo.

Rabinov 2009: Alto riesgo por reporte incompleto y datos faltantes (únicamente un abstract).

Velat 2008: Bajo riesgo, datos completos de desenlaces importantes.

### *Otros sesgos potenciales*

Sesgos adicionales que puedan influenciar en la validez del estudio.

Bahzadi 2022: No sesgos adicionales identificados.

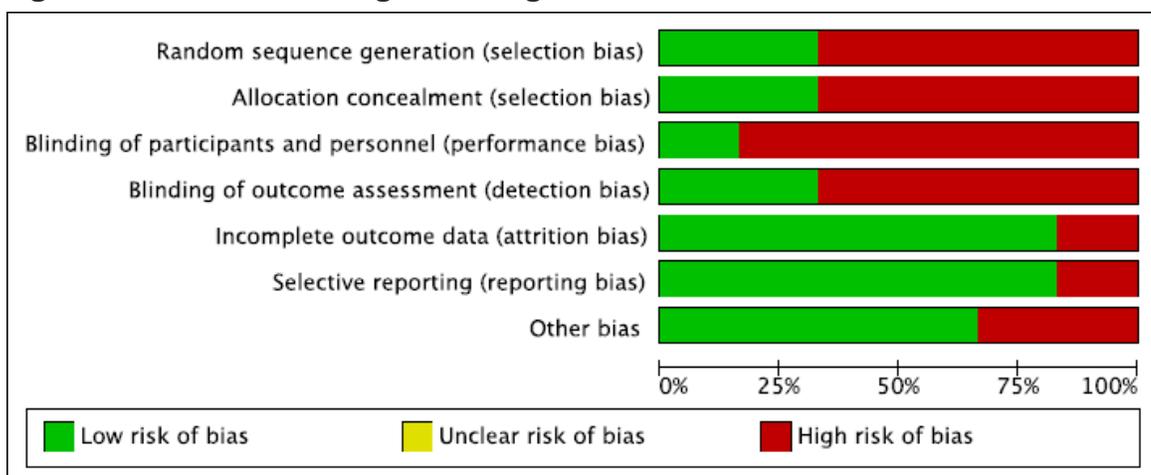
Loh 2010: Alto riesgo por patrocinio de la industria.

Lv 2012: No sesgos adicionales identificados.

nBCATI 2002: No sesgos adicionales identificados.

Rabinov 2009: Alto riesgo debido a información limitada en el abstract y no publicación completa revisada por pares.

**Figura 2. Gráfica de Riesgo de Sesgo**

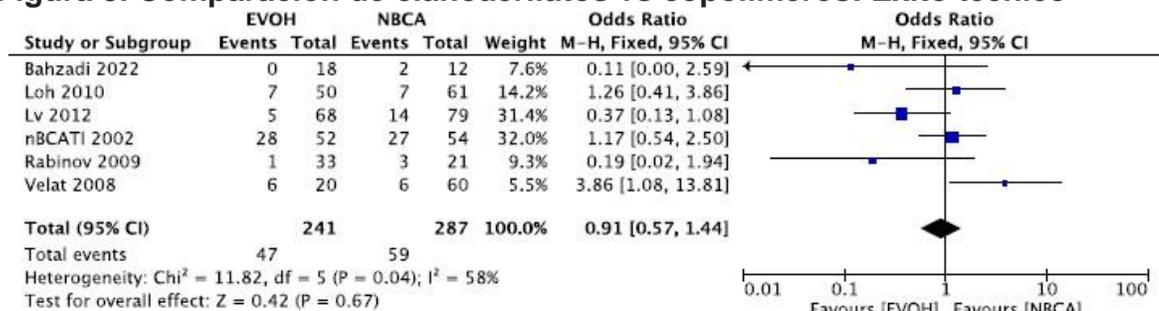


## Efectos de las intervenciones

### Éxito técnico

Basado en seis estudios con 528 participantes, el OR para éxito técnico de los copolímeros vs cianoacrilatos fue de 0.91 (95% CI: 0.57–1.44), indicando ausencia de diferencia significativa entre los grupos. Se observó heterogeneidad importante entre los estudios ( $I^2$  58%).

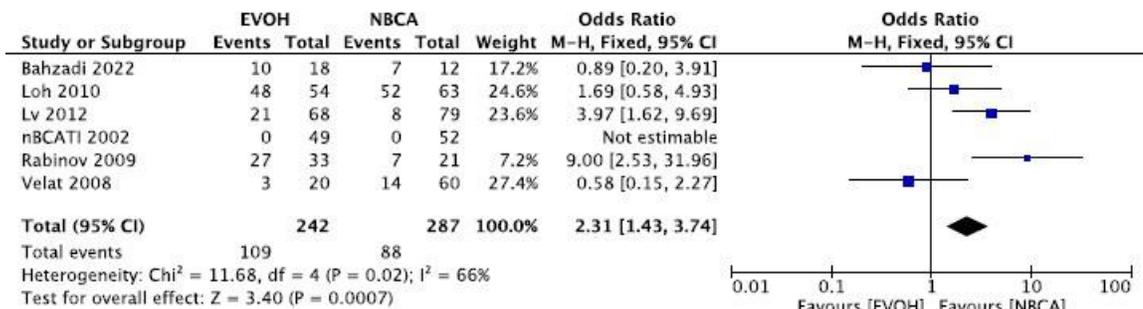
**Figura 3. Comparación de cianoacrilatos vs copolímeros: Éxito técnico**



### Complicaciones

En seis estudios con 529 pacientes, el uso de copolímeros se asoció a un aumento el riesgo de complicaciones relacionadas al tratamiento (OR: 2.31, 95% CI: 1.43–3.74) en comparación con los cianoacrilatos. Se observó heterogeneidad importante entre los estudios ( $I^2$  66%).

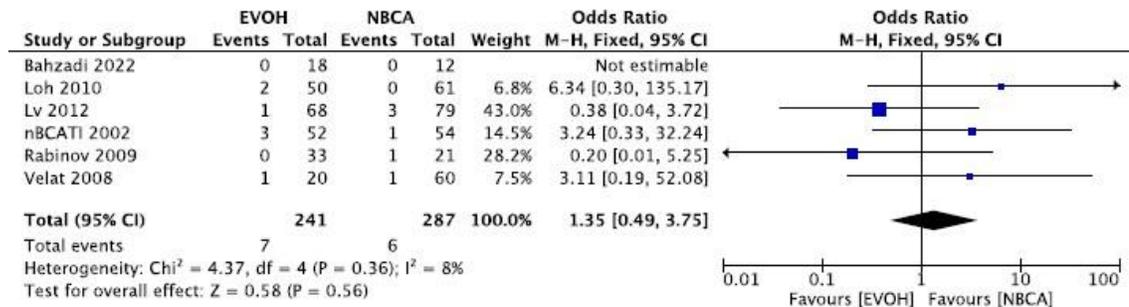
**Figura 4. Comparación de cianoacrilatos vs copolímeros: Complicaciones**



### Mortalidad

Datos de seis estudios incluyendo 528 participantes no mostraron diferencia estadística en mortalidad entre los copolímeros y los cianoacrilatos. (OR: 1.35, 95% CI: 0.49–3.75). Se observó heterogeneidad baja entre los estudios ( $I^2$  8%).

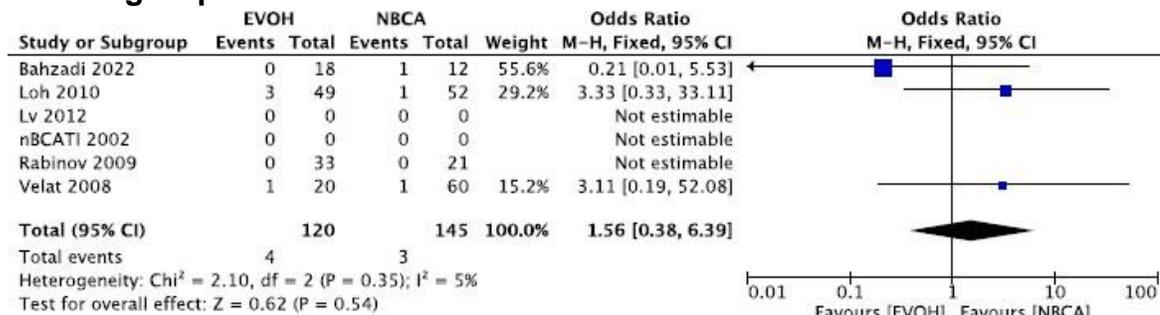
**Figura 5. Comparación de cianoacrilatos vs copolímeros: Mortalidad**



### Incapacidad neurológica permanente

Este desenlace se reportó únicamente en 256 pacientes en cuatro estudios. La diferencia en el riesgo de déficit neurológico de copolímeros vs cianoacrilatos no fue significativa (OR 1.56, 95% CI: 0.38–6.39). Se observó heterogeneidad baja entre los estudios ( $I^2$  5%).

**Figura 6. Comparación de cianoacrilatos vs copolímeros: Incapacidad neurológica permanente**



# **CAPÍTULO VII**

# **DISCUSIÓN**

## **Discusión**

Los resultados de este meta-análisis indican un éxito técnico similar entre los cianoacrilatos y los copolímeros para la embolización de las MAVs cerebrales. Sin embargo, los copolímeros se asociaron a un mayor riesgo de complicaciones relacionadas al tratamiento. La mortalidad y la incapacidad neurológica permanente no fue diferente entre ambos tipos de agentes, enfatizando la seguridad a largo plazo comparable entre ambos agentes.

Este meta-análisis incluyó los datos de seis estudios con 528 pacientes con una amplia diversidad de características demográficas y entre las MAVs. Aunque los hallazgos son aplicables en la práctica clínica, el número limitado de estudios prospectivos y ensayos clínicos aleatorizados y la heterogeneidad entre los estudios reduce la generalización de los resultados.

La calidad de la evidencia varía entre baja y moderada. Los limitantes principales incluyeron el alto riesgo de sesgo de selección y la falta de cegamiento en la mayoría de los estudios. Además, uno de los dos estudios clínicos aleatorizados fue patrocinado por la industria y otro más era un abstract que no incluía toda la información relevante. Esto se traduce en poca certeza en los resultados reportados por los estudios. Se intentaron mitigar parcialmente estos efectos al realizar análisis de sensibilidad en los desenlaces con mayor heterogeneidad, sin embargo, los resultados no fueron muy diferentes al excluir los estudios más inconsistentes.

A pesar de diseñar una estrategia de búsqueda lo más completa posible y la revisión de los datos por dos revisores diferentes, la inclusión de estudios retrospectivos (no aleatorizados) puede introducir riesgo de selección. Adicionalmente, el uso de datos publicados y la falta de acceso a datos individuales por paciente pueden limitar el análisis profundo de los datos.

Los hallazgos de este estudio son similares a los reportados previamente por otros estudios que comparan cianoacrilatos y copolímeros. Sin embargo, algunas

diferencias en éxito técnico y los desenlaces a largo plazo resaltan la necesidad de estudios de calidad en esta área, particularmente ensayos clínicos aleatorizados bien diseñados para establecer conclusiones definitivas.

# **CAPÍTULO VIII**

# **CONCLUSIÓN**

## Conclusiones

Los terapistas endovasculares deben considerar cuidadosamente el perfil de riesgo-beneficio de cada agente embolizante y las características individuales de cada paciente previo a la embolización.

Se requieren más estudios bien diseñados que esclarezcan la seguridad y efectividad de agente embolizantes con énfasis en desenlaces estandarizados, análisis de costo-efectividad y estudios centrados en pacientes.

# **CAPÍTULO IX**

# **BIBLIOGRAFÍA**

## BIBLIOGRAFÍA

### Estudios incluidos:

1. Behzadi F, Heiferman DM, Wozniak A, et al. Comparison of transarterial n-BCA and Onyx embolization of brain arteriovenous malformations: A single-center 18-year retrospective analysis. *J Cerebrovasc Endovasc Neurosurg* 2022;24:144-53.
2. Loh Y, Duckwiler GR. A prospective, multicenter, randomized trial of the Onyx liquid embolic system and N-butyl cyanoacrylate embolization of cerebral arteriovenous malformations. *J Neurosurg* 2010;113:733-41.
3. Lv X, Wu Z, Li Y, Yang X, Jiang C. Hemorrhage risk after partial endovascular NBCA and ONYX embolization for brain arteriovenous malformation. *Neurol Res* 2012;34:552-56.
4. nBCATI investigators. N-butyl cyanoacrylate embolization of cerebral arteriovenous malformations: results of a prospective, randomized, multicenter trial. *AJNR Am J Neuroradiol* 2002;23:748-55.
5. Rabinov JD, Yoo AJ, Ogilvy CS, et al. ONYX versus n-BCA for embolization of cranial dural arteriovenous fistulas. *J Neurointerv Surg* 2013;5(4):306-10.
6. Velat GJ, Reavey-Cantwell JF, Sstrom C, et al. Comparison of N-butyl cyanoacrylate and Onyx for the embolization of intracranial arteriovenous malformations: analysis of fluoroscopy and procedure times. *Neurosurgery* 2008;63(Suppl 1):ONS73-8; discussion ONS78-8.

### Estudios excluidos:

1. Bhattacharya JJ, Jenkins S, Zampakis P, et al. Endovascular treatment of AVMs in Glasgow. *Interv Neuroradiol* 2005;11(Suppl 1):73-80.
2. Chen CJ, Ding D, Lee CC, et al. Embolization of Brain Arteriovenous Malformations With Versus Without Onyx Before Stereotactic Radiosurgery. *Neurosurgery* 2021;13:366-74.
3. Cronqvist M, Wirestam R, Ramgren B, et al. Endovascular treatment of intracerebral arteriovenous malformations: procedural safety, complications, and results evaluated by MR imaging, including diffusion and perfusion imaging. *Am J Neuroradiol* 2006;27:162-76.
4. Crowley RW, Ducruet AF, Kalani MY, et al. Neurological morbidity and mortality associated with the endovascular treatment of cerebral arteriovenous malformations before and during the Onyx era. *J Neurosurg* 2015;122:1492-7.
5. Debrun GM, Aletich V, Ausman JI, et al. Embolization of the nidus of brain arteriovenous malformations with n-butyl cyanoacrylate. *Neurosurgery* 1997;40:112-20; discussion 20-1.
6. DeMerit JS, Pile-Spellman J, Mast H, et al. Outcome analysis of preoperative embolization with N-butyl cyanoacrylate in cerebral arteriovenous malformations. *AJNR Am J Neuroradiol* 1995;16:1801-7.
7. Deruty R, Pelissou-Guyotat I, Morel C, et al. Reflections on the management of cerebral arteriovenous malformations. *Surg Neurol* 1998;50:245-55; discussion 55-6.
8. Gao K, Yang XJ, Mu SQ, et al. Embolization of brain arteriovenous malformations with ethylene vinyl alcohol copolymer: technical aspects. *Chin Med J (Engl)* 2009;122:1851-6.
9. Hartmann A, Pile-Spellman J, Stapf C, et al. Risk of endovascular treatment of brain arteriovenous malformations. *Stroke* 2002;33:1816-20.
10. Jafar JJ, Davis AJ, Berenstein A, et al. The effect of embolization with N-butyl cyanoacrylate prior to surgical resection of cerebral arteriovenous malformations. *J Neurosurg* 1993;78:60-69.
11. Jagadeesan BD, Grigoryan M, Hassan AE, et al. Endovascular balloon-assisted embolization of intracranial and cervical arteriovenous malformations using dual lumen co-axial balloon microcatheters and Onyx: initial experience. *Neurosurgery* 2013;73:238-43.
12. Jahan R, Murayama Y, Gobin YP, et al. Embolization of arteriovenous malformations with Onyx: clinicopathological experience in 23 patients. *Neurosurgery* 2001;48:984-95.
13. Joseph S, Chadaga HC, Murali K. Endovascular treatment of cerebral AVM with Onyx—initial experience. *Interv Neuroradiol* 2005;11:171-8.
14. Katsaridis V, Papagiannaki C, Aimar E. Curative embolization of cerebral arteriovenous malformations (AVMs) with Onyx in 101 patients. *Neuroradiology* 2008;50:589-97.
15. Klurfan P, Gunnarsson T, Haw C, et al. Endovascular treatment of brain arteriovenous malformations: the Toronto experience. *Interv Neuroradiol* 2005;11(Suppl 1):51-6.
16. Kortman HG, Boukrab I, Bloemsmas G, et al. Tentorial Dural Arteriovenous Fistulas: A Single-Center Cohort of 12 Patients. *J Cerebrovasc Endovasc Neurosurg* 2017;19:284-90.
17. Lamin S, Chew HS, Chavda S, et al. Embolization of Intracranial Dural Arteriovenous Fistulas Using PHIL Liquid Embolic Agent in 26 Patients: A Multicenter Study. *AJNR Am J Neuroradiol* 2017;38:127-31.
18. Ledezma CJ, Hoh BL, Carter BS, et al. Complications of cerebral arteriovenous malformation embolization: multivariate analysis of predictive factors. *Neurosurgery*. 2006;58:602-11; discussion 02-11.

19. Leonardi M, Simonetti L, Cenni P, et al.. Brain AVM embolization with Onyx(R): analysis of treatment in 34 patients. *Interv Neuroradiol* 2005;11:185–204.
20. Leyon JJ, Chavda S, Thomas A, et al. Preliminary experience with the liquid embolic material agent PHIL (Precipitating Hydrophobic Injectable Liquid) in treating cranial and spinal dural arteriovenous fistulas: technical note. *J Neurointerv Surg* 2016;8:596-602.
21. Li TL, Fang B, He XY, et al.. Complication analysis of 469 brain arteriovenous malformations treated with N-butyl cyanoacrylate.. *Interv Neuroradiol* 2005;11:141-8.
22. Liu HM, Huang YC, Wang YH.. Embolization of cerebral arteriovenous malformations with n-butyl-2-cyanoacrylate. *J Formos Med Assoc* 2000;99:906–13.
23. Lozupone E, Bracco S, Trombatore P, et al. Endovascular treatment of cerebral dural arteriovenous fistulas with SQUID 12. *Interv Neuroradiol*2020;26:651-7.
24. Maimon S, Strauss I, Frolov V, et al.. Brain arteriovenous malformation treatment using a combination of Onyx and a new detachable tip microcatheter, SONIC: short-term results. *AJNR Am J Neuroradiol* 2010;31:947–54.
25. Pan JW, Zhou HJ, Zhan RY, et al.. Supratentorial brain AVM embolization with Onyx-18 and post-embolization management. A single-center experience.. *Interv Neuroradiol* 2009;15:275-82.
26. Panagiotopoulos V, Gizewski E, Asgari S, et al.. Embolization of intracranial arteriovenous malformations with ethylene-vinyl alcohol copolymer (Onyx).. *AJNR Am J Neuroradiol* 2009;30:99-106.
27. Pang C, Arasakumar DR, Evans N. et al. Efficacy and safety of embolo-sclerotherapy of arteriovenous malformations with foam sodium tetradecyl sulphate. *Int Angiol* 2023;42:268-75.
28. Perez-Higueras A, Lopez RR, Tapia DQ.. Endovascular treatment of cerebral AVM: our experience with Onyx. *Intervent Neuroradiol* 2005;11:141-57
29. Pierot L, Januel AC, Herbretreau D, et al.. Endovascular treatment of brain arteriovenous malformations using Onyx: preliminary results of a prospective multicenter study. *Interv Neuroradiol* 2005;11:159-64.
30. Pongpech S, Iarakongmun PJ, Geibprasert S.. Brain arteriovenous malformations (BAVMs) in Thailand: therapeutic experience and clinical outcomes in Ramathibodi Hospital. *Interv Neuroradiol*. 2005;11(Suppl 1):30.
31. Raymond J, Iancu D, Weill A, et al.. Embolization as one modality in a combined strategy for the management of cerebral arteriovenous malformations.. *Interv Neuroradiol* 2005;11:57-62.
32. Saatici I, Geyik S, Yavuz K, et al.. Endovascular treatment of brain arteriovenous malformations with prolonged intranidal Onyx injection technique: long-term results in 350 consecutive patients with completed endovascular treatment course. *J Neurosurg* 2011;115:78–88.
33. Sahlein DH, Mora P, Becske T, et al.. Nidal embolization of brain arteriovenous malformations: rates of cure, partial embolization, and clinical outcome.. *J Neurosurg* 2012;117:65-77.
34. See AP, Mohammeden MH, Rizko M, et al. Morbidity and mortality associated with sequential flow reduction embolization technique of cerebral arteriovenous malformations using n-butyl cyanoacrylate. *J Neurointerv Surg* 2021;13:237-41.
35. Tevah J, Huete I.. Endovascular treatment of cerebral AVMs with a new material: Onyx(R). Partial results.. *Interv Neuroradiol* 2005;11:165-70.
36. van Rooij WJ, Sluzewski M, Beute GN.. Brain AVM embolization with Onyx. *AJNR Am J Neuroradiol* 2007;28:172–7.
37. van Rooij WJ, Jacobs S, Sluzewski M, et al.. Curative embolization of brain arteriovenous malformations with Onyx: patient selection, embolization technique, and results.. *AJNR Am J Neuroradiol* 2012;33:1299–304.
38. Varadharajan S, Ramalingaiah AH, Saini J, et al. Precipitating hydrophobic injectable liquid embolization of intracranial vascular shunts: initial experience and technical note. *J Neurosurg* 2018;129:1217-22.
39. Wikholm G.. Occlusion of cerebral arteriovenous malformations with N-butyl cyano-acrylate is permanent. *AJNR Am J Neuroradiol* 1995;16:479–82.

#### Referencias adicionales

1. Bendok, B. R., Teclé, N. E. E., Ahmadieh, T. Y. E, et al. Advances and Innovations in Brain Arteriovenous Malformation Surgery. *Neurosurgery* 2014;74.
2. Bendok, B. R., Sattur, M. G., Welz, M. E., et al. Patient Selection and Technical Nuances for Microsurgical Clipping of Carotid-Ophthalmic Aneurysms: 2-Dimensional Operative Video. *Operative Neurosurgery* 2018;15:245.
3. Blanc, R., Seiler, A., Robert, T., Baharvahdat, H., et al. Multimodal angiographic assessment of cerebral arteriovenous malformations: a pilot study. *Journal of NeuroInterventional Surgery* 2014;7:841.
4. Xu F, Ni W, Liao Y, et al.. Onyx embolization for the treatment of brain arteriovenous malformations. *Acta Neurochir (Wien)* 2011;153:869-78.
5. Sun Y, Chang Q, You W, et al. Endovascular treatment of cerebellar arteriovenous malformations: A single-center experience of 75 consecutive patients. *Neurol India* 2020;68:440-7.
6. Weber W, Kis B, Siekmann R, et al.. Preoperative embolization of intracranial arteriovenous malformations with Onyx. *Neurosurgery* 2007;61:244-52.
6. Leacy, R. D., Ansari, S. A., Schirmer, C. M., et al. Endovascular treatment in the multimodality management of brain arteriovenous malformations: report of the Society of NeuroInterventional Surgery Standards and Guidelines Committee. *Journal of NeuroInterventional Surgery* 2022;14:1118.
7. Park, K. Y., Kim, J. W., Kim, B. et al. Coil-Protected Technique for Liquid Embolization in Neurovascular Malformations. *Korean Journal of Radiology* 2019;20:1285.
8. Saber, H., Rajah, G., Fadel, H., et al. Comparison of treatment outcomes for ruptured and unruptured anterior cerebral artery aneurysms: a systematic review and meta-analysis. *Journal of NeuroInterventional Surgery* 2018;10:A49.
9. Williams G, Goffin J, Plets C, et al.. Embolization of arteriovenous malformations of the brain: preliminary experience.. *J Belge Radiol* 1993;76:299-303.
10. Wilms G, Goffin J, Plets C, et al.. Embolization of arteriovenous malformations of the brain: preliminary experience.. *J Belge Radiol* 1993;76:299- 303.

# **CAPÍTULO X**

## **RESUMEN**

### **AUTOBIOGRÁFICO**

Nací en Ciudad de Chihuahua, capital del estado homónimo, el 11 de septiembre de 1991, un miércoles. Hijo de Andrés y Soledad, el tercero de tres hijos, con dos hermanas mayores.

Tuve una buena infancia, gracias a mi familia. Llevé una vida tranquila que me permitió enfocarme en estudiar. Quejas durante mi crecimiento, hay muchas; las principales fueron el fallecimiento de mi hermana mayor cuando ella solo tenía 19 años y yo 13. Haberme despedido de mi padre en un aeropuerto a los 16 años y, hasta el momento, no haberlo vuelto a ver.

Tuve la fortuna de no tener dificultades con la escuela y poder ingresar a la Facultad de Medicina de la Universidad Autónoma de Chihuahua. Graduarme como médico. Realizar el internado médico en el Hospital General Regional No. 1 del IMSS. Cumplir mi año de servicio social a tres horas de mi casa, en Valle de Allende, Chihuahua.

Las etapas antes mencionadas corresponden al tiempo que viví en Chihuahua. Hice muchos buenos amigos, a quienes extraño todos los días, en especial a Josué. En 2016, mis amigos, mis compañeros médicos con los que estudié y yo presentamos el examen nacional para ingresar a la especialidad. Afortunadamente, lo aprobamos. Entré a cirugía general y me mudé a la ciudad de Toluca, donde viví de marzo de 2017 a febrero de 2018. En ese año conocí a Beatriz. Pude derivarme a Neurocirugía.

Realicé la residencia médica de Neurocirugía en el Hospital de Especialidades “Dr. Antonio Fraga Mouret” del Centro Médico Nacional “La Raza”. Avalada por la Universidad Nacional Autónoma de México, lo que siempre fue mi sueño desde el pregrado.

Desde que conocí a Beatriz, todo fue inevitable. El 26 de diciembre de 2019 le propuse ser mi esposa y nos casamos en Querétaro el 10 de julio de 2021.

**Mi esposa, la mejor decisión de mi vida. Viví cinco años en Ciudad de México.**

**Me encuentro por terminar la subespecialidad de Terapia Endovascular Neurológica, la cual estudié en la Facultad de Medicina y el Hospital Universitario “Dr. José Eleuterio González”. Han sido dos años viviendo en Monterrey, Nuevo León.**

**Ha sido una muy buena vida hasta el momento...**