

## Artículo Original

# NEURALGIA DEL TRIGÉMINO ABORDAJE NEUROENDOSCÓPICO EN LA DESCOMPRESIÓN NEUROVASCULAR, REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA, Y PRESENTACIÓN DE CASOS

Franze Osvaldo Antonio

Servicio de Neurocirugía. Sanatorio V. Franchin. Ciudad Autónoma de Buenos Aires.

Argentina. Servicio de Neurocirugía. Sanatorio San Jose. Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Argentina. Servicio de Neurocirugía. Hospital de Infecciosas F. J. Muñiz. Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Argentina.

<https://doi.org/10.55634/1.2.3>

### RESUMEN

La Neuralgia del trigémino, es un tipo de dolor neuropático, con dolor facial de tipo lancinante paroxístico a menudo desencadenado por un estímulo sensorial en zonas de la cara específicas, llamadas zonas gatillo, siguen la distribución de cualquiera de sus tres ramas, es generalmente unilateral aunque puede ser bilateral. Se clasifican en primaria (típica y atípica) y secundaria. En la típica el dolor es paroxístico lancinante con puntos gatillo y responde a la carbamazepina. En la atípica el dolor es constante y no responde adecuadamente a la carbamazepina.

La lesión nerviosa es provocada en un 80 % por la compresión ejercida por la arteria cerebelosa superior, en menor porcentaje por una vena, en otras ocasiones son adherencias aracnoideas o una fosa posterior pequeña. El diagnóstico es fundamentalmente clínico, los estudios imagenológicos nos brinda información fundamentalmente para descartar una causa secundaria, solo en pocos casos se visualiza el conflicto neurovascular.

El comienzo del tratamiento siempre es médico, la carbamazepina si es tolerada es la medicación que no debe faltar, además de otros anticonvulsivantes y/o antidepresivos tricíclicos.

Ante la falta de respuesta adecuada como medida coadyuvantes se pueden ofrecer procedimientos percutáneos. Asimismo la radiocirugía es una terapéutica a tener en cuenta ante determinadas situaciones. La descompresión nerviosa con interposición de un material sintético presenta alto porcentaje de resolución del dolor a largo plazo. Las técnicas que se utilizan son principalmente dos, por un lado la utilización del microscopio neuroquirúrgico y por el otro el neuroendoscopio.

Se evaluaron 16 pacientes operados cuya respuesta al tratamiento médico fue parcial. En 6 pacientes (37,5 %) se utilizó la técnica microquirúrgica y en 10 pacientes (62,5%) se utilizó el neuroendoscopio. De los casos presentados fue beneficioso la utilización del neuroendoscopio ya que con la técnica microquirúrgica 1 paciente presentó parésia facial y 2 de ellos hipoacusia atribuibles a la necesidad de mayor retracción y por consecuencia mayor tracción de los nervios craneales.

**Palabras clave:** Neuralgia del Trigémino, descompresión neurovascular, neuroendoscopia.

## INTRODUCCIÓN

Luego de la definición de la neuralgia del trigémino, se realiza una descripción detallada de la patología teniendo en cuenta la clasificación, sospecha clínica, diagnóstico, estudios complementarios imprescindibles, tratamiento inicial, así como las diferentes posibilidades terapéuticas como ser intervenciones percutáneas o neuroquirúrgicas, brindando una guía orientadora en el diagnóstico y tratamiento.

Se evaluaron 16 pacientes operados donde se tomaron en cuenta aspectos prequirúrgicos:

duración de la sintomatología al momento de la cirugía, lateralidad, sexo, grupo etario y ramas del nervio trigémino afectadas. Como así también aspectos postquirúrgicos: técnica utilizada y motivo de compresión nerviosa. Estos datos fueron comparados con publicaciones posteriores al año 2000 de la Journal Neurosurgery.

Se presentaron a través de un caso operado por endoscopia los pasos más importantes de la técnica de Jannetta en la descompresión neurovascular, cuya compresión fue debido a una arteria y una vena en forma simultánea.

Se destaca que la neuroendoscopia utiliza abordajes pequeños, evitando retracciones importantes del tejido nervioso. Además de obtener un primer plano en zonas profundas y poder contar con diferentes angulaciones.

## OBJETIVOS

Revisar las actualizaciones sobre definición, diagnóstico y tratamiento de esta patología, como la causa de compresión nerviosa.

Analizar los diferentes datos de aspectos clínicos quirúrgicos de 16 casos operados y compararlos con los obtenidos en la revisión bibliográfica.

Proponer a la neuroendoscopia como una herramienta útil y valiosa para la descompresión nerviosa.

Presentar un caso operado utilizando la técnica endoscópica, detallando con fotos los pasos más importantes de la cirugía.

## METODOLOGÍA

Se realizó una búsqueda bibliográfica en las publicaciones de la Journal Neurosurgery desde el año 2000 al 2021 sobre Neuralgia del Trigémino.

Obtuvimos datos actualizados sobre definición, diagnóstico, diferentes tipos de tratamientos y fisiopatología. Asimismo se revisaron las publicaciones sobre técnicas de descompresión neurovascular utilizando la técnica neuroendoscópica y microquirúrgica.

Se analizaron 16 pacientes operados donde se tuvieron en cuenta aspectos prequirúrgicos: tiempo de dolencia hasta el momento de la cirugía ( se los dividió en dos grupos antes o después de los cinco años), lateralidad, sexo, si logro alcanzar las dosis máximas toleradas por el paciente del tratamiento farmacológico, edad y ramas del nervio trigémino afectadas. Dentro de los aspectos postquirúrgicos: aparición de parésia facial, hipoacusia, daño cerebeloso, fístula de LCR, infección, recurrencia del dolor, muerte, si se logró retirar la medicación, técnica utilizada y causa de la compresión. Se presentó con fotografías los pasos más importantes de un caso operado por neuroendoscopia.

## DESARROLLO

La Neuralgia del trigémino, es un tipo de dolor neuropático, con dolor facial de tipo lancinante paroxístico a menudo desencadenado por un estímulo sensorial en zonas de la cara específica, llamadas zonas gatillo, siguiendo la distribución de cualquiera de sus tres ramas, generalmente unilateral aunque puede ser bilateral.

Los estudios epidemiológicos han estimado la tasa de incidencia en un rango de 11 a 42 casos cada 100.000 habitantes por año, siendo que la mayoría de los pacientes tienen entre 50 y 60 años.

Podemos clasificarlas en:

Primaria o idiopática provocada por una compresión arterial en su mayor porcentaje, venosa, adherencias aracnoideas o cisterna del angulopontocerebelosa pequeña. A su vez esta puede ser:

- *Típica o Tipo 1:*

Donde su presentación clínica es un dolor paroxístico, lancinante con puntos que desencadenan dolor ante estímulos denominados gatillo, respeta el dermatoma correspondiente y responde a la carbamazepina.

- *Atípica o Tipo 2:*

En este caso el dolor es constante asociado a disestesias, no responde adecuadamente a la carbamazepina e implica un dolor neuropático severo.

El concepto que los vasos podrían comprimir a los nervios craneales fue introducido por Dandy y Gardner. Jannetta más tarde amplió esta teoría de compresión neurovascular y desarrolló el procedimiento quirúrgico con la técnica microquirúrgica de la descompresión nerviosa del nervio afectado. La compresión corresponde en un 80 % a la ejercida por la arteria cerebelosa anterosuperior. También puede provocarlo la persistencia de la arteria trigémina persistente (resabio embriológico), compresión venosa, adherencias aracnoideas o una fosa posterior pequeña. La secundaria se encuentra asociada a patologías como neoplasias, aneurismas, malformaciones arteriovenosas o neuralgia post herpética. El diagnóstico es clínico, se solicitan los estudios complementarios imagenológicos como ser una RMN de cerebro con y sin contraste y una angio RMN de vasos intracraneales, para descartar una posible patología secundaria, sabiendo que en pocos casos vamos a visualizar el conflicto neurovascular.

Los síntomas provocados en el tipo primario o idiopático son debidos a cambios inducidos por axonopatías que provocan excitabilidad eléctrica en los axones aferentes generando impulsos ectópicos y excitación creada entre fibras aferentes vecinas.

En pacientes con esclerosis múltiple la neuralgia es provocada por el desarrollo de placas desmielinizantes en las zonas de entrada de la raíz del nervio y tractos descendentes.

Hay que tener en cuenta que en los casos cuya afectación incluya la primera rama del nervio puede haber afectación autonómica simpática, por otro lado es un detalle crucial para evitar los tratamientos ablativos. El tratamiento de primera línea en la neuralgia del trigémino es farmacológico, la carbamazepina sigue siendo un medicamento aprobado por la FDA de EEUU, La Academia Estadounidense de Neurología y la federación Europea de las Sociedades Neurológicas. Muchas veces es necesario adicionar otros fármacos.

Ante la falta de respuesta al tratamiento farmacológico y continuando con el mismo, contamos con diferentes técnicas coadyuvantes que son los procedimientos mínimamente invasivos al Ganglio de Gasser: la termolesión por radiofrecuencia, compresión con balón, lesión química con glicerol. Cada una presenta indicaciones precisas según las ramas afectadas, el comportamiento clínico, las comorbilidades del paciente, etc.

La descompresión nerviosa nos brinda una terapéutica resolutive a largo plazo.

El espacio subaracnoideo proporciona corredores seguros para llegar al nervio, exponerlo y descomprimirlo en forma delicada y completa, con alta tasa de presentar buenos resultados.

Dentro de las técnicas utilizadas contamos por un lado con la utilización del microscopio neuroquirúrgico cuya visión es tubular desde afuera del cráneo y por otro lado contamos con el neuroendoscopio.

La neuroendoscopia es una técnica mínimamente invasiva que provee el acceso a las cavidades intracraneales y espacios subaracnoideos a través de pequeñas craniectomias / craneotomias u orificios craneales naturales evitando importantes retracciones de tejido cerebral. Presenta una visión interna en primer plano y la posibilidad de la utilización de lentes con diferentes angulaciones.

Sin lugar a dudas la utilización frecuente de una determinada técnica nos brinda una curva de aprendizaje valiosa para cualquier procedimiento y por ende los mejores beneficios para el paciente que padece la dolencia que es el principal objetivo buscado. La Radiocirugía con Gamma Knife es una opción no invasiva para casos particulares, con aceptables tasas de alivio del dolor, sin embargo el dolor recurre con frecuencia. En tales casos se puede considerar repetir el procedimiento que ofrece una eficacia similar pero con una tasa de toxicidad mayor. Posterior a la radiocirugía no se contraindica la cirugía de descompresión nerviosa, aunque los riesgos de complicaciones son más altos comparándola en situaciones

donde la cirugía fuera realizada sin radioterapia previa. Se analizaron aspectos prequirúrgicos y postquirúrgicos de 16 pacientes operados con neuralgia del trigémino que no respondieron al tratamiento médico a dosis máximas toleradas. Tres de ellos realizaron tratamiento percutáneo con un alivio de la sintomatología por un tiempo no mayor a dos años. Los pacientes con una evolución de más de 5 años presentaron asociada hiperestesia en las ramas afectadas. En el postquirúrgico se les indicó 200 mg de carbamazepina cada 12 horas a todos los pacientes. Luego de haber transcurrido 2 años postquirúrgicos se les retiró la medicación sin recidiva del dolor.

**ASPECTOS PREQUIRURGICOS:**

**Tabla 1.** Duración de la sintomatología

Duración de los síntomas	Nro. de pacientes	Porcentaje
Menor a 5 años	4	2%
Mayor a 5 años	12	7%

**Tabla 2.** Lateralidad

Lateralidad	Nro. de pacientes	Porcentaje
Derecha	10	62,%
Izquierda	6	37,%

**Tabla 3.** Sexo

Sexo	Nro. de pacientes	Porcentaje
Masculino	8	5%
Femenino	8	5%

**Tabla 4.**

Grupo etario	Nro. de pacientes	Porcentaje
30 - 39 años	3	18,7%
40 - 49 años	6	37,%
50 - 59 años	7	43,7%

**Tabla 5.** Ramas afectadas del nervio trigémino

Ramas afectadas	Nro. de pacientes	Porcentaje
V1-V2-V3	2	12,%
V2-V3	10	62,%
V1-V2	2	12,%
V3	2	12,%

**ASPECTOS POSTQUIRURGICOS:**

Los 16 pacientes operados no presentaron lesión cerebelosa, fístula de líquido cefaloraquídeo, infecciones post quirúrgicas, recurrencia del dolor ni muerte. En todos se pudieron comprobar la compresión neurovascular a pesar de no evidenciarse en los estudios complementarios imagenológicos preoperatorios.

Posterior a los dos años se suspendió la medicación en forma progresiva.

Las complicaciones que surgieron fueron: uno de los pacientes presento paresia facial que revirtió parcialmente con rehabilitación y dos presentaron hipoacusia que no resolvieron. Estas complicaciones se produjeron en pacientes con la utilización del microscopio quirúrgico atribuido a la mayor retracción cerebelosa.

**Tabla 2.1.** Técnica utilizada

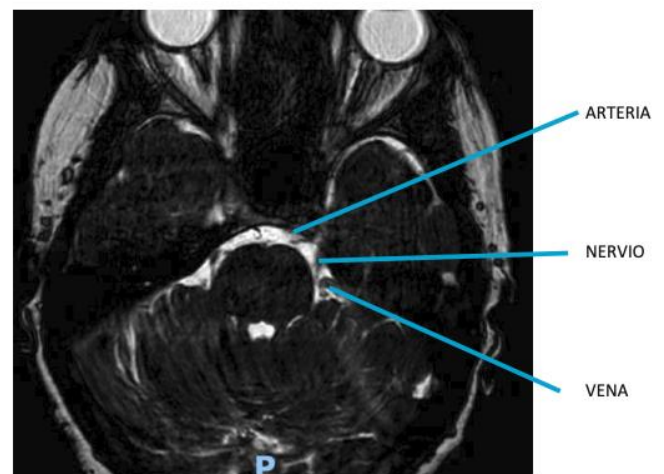
Técnica utilizada	Nro. de pacientes	Porcentaje
Microquirúrgica	6	37,5%
Neuroendoscópica	10	62,5%

**Tabla 2.2.** Motivo de compresión

Motivo de compresión	Nro. de pacientes	Porcentaje
Arteria	13	81,25%
Vena	2	12,5%
Arteria y Vena	1	6,25

**Presentación de un caso operado utilizando el neuroendoscopio:**

Paciente de sexo masculino de 59 años de edad , cuyo antecedentes de diagnostico de neuralgia del trigémino es de 10 años de evolución, presenta afectación de las ramas V2 y V3 izquierda, dolor lancinante continuo y puntos gatillo, hiperestesia en las ramas afectadas. No respondió al tratamiento farmacológico a dosis máximas toleradas por el paciente, polimedcado. Se indica conducta quirúrgica de descompresión nerviosa por neuroendoscopia puntos gatillo, hiperestesia en las ramas afectadas. No respondió al tratamiento farmacológico a dosis máximas toleradas por el paciente, polimedcado. Se indica conducta quirúrgica de descompresión nerviosa por neuroendoscopia.

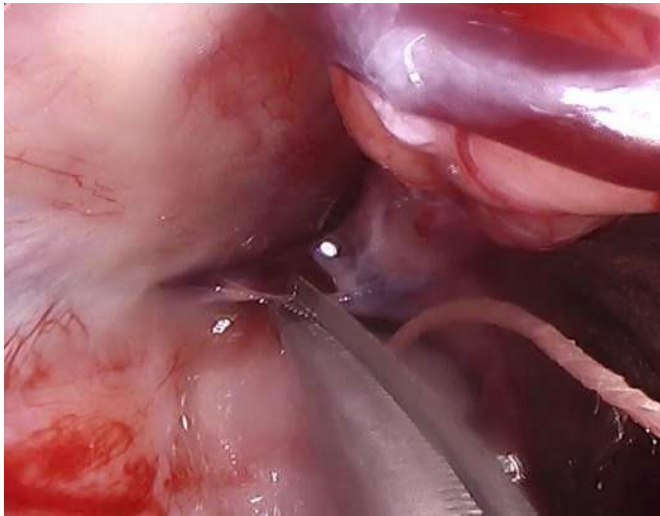


RMN DE CEREBRO PRE QX

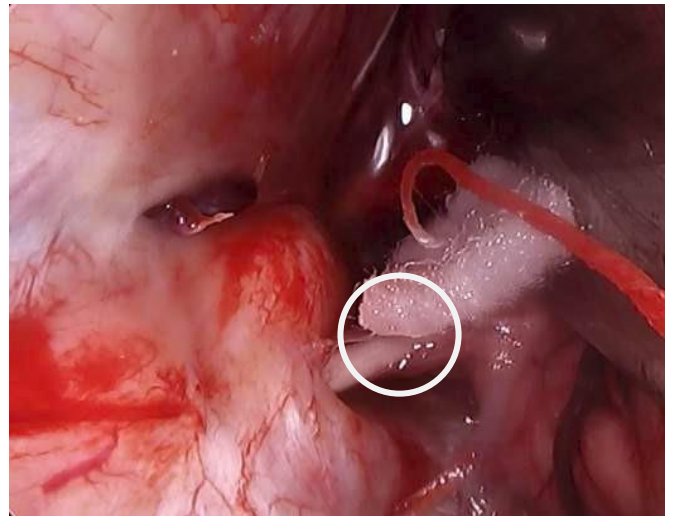
**Técnica quirúrgica:**

Paciente en posición decúbito ventral, con la cabeza rotada hacia la izquierda, abordaje retrosigmoideo, craniectomía de aproximadamente 3 por 2 cm, apertura dural, se ingresa con el neuroendoscopio y mínima

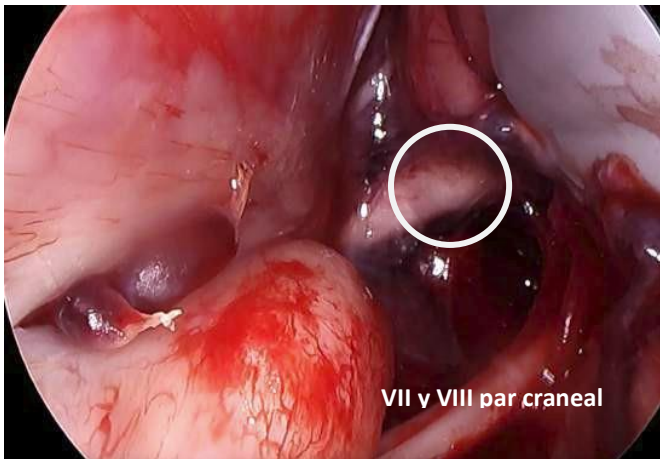
retracción, por la cara anterolateral del hemisferio cerebeloso izquierdo siguiendo el borde superior, respetando las estructuras neurovasculares se coagula y secciona la vena emisaria que drena al seno venoso petroso para evitar su desgarrado y sangrado.



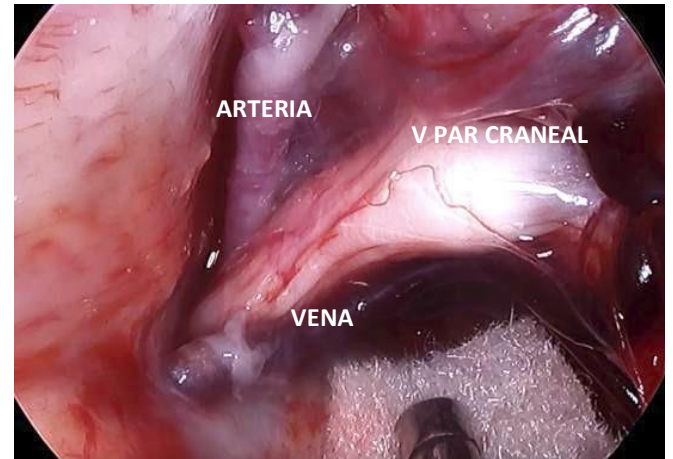
**Imagen 1:** Coagulación y sección de la vena emisaria que drena al seno venoso petroso.



**Imagen 2:** Se ubica y repara evitando tracción el VIII y el VII par craneal



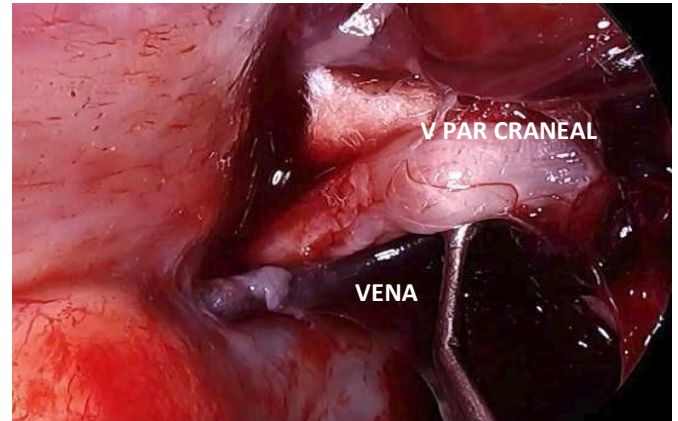
**Imagen 3:** se prosigue disecando el tejido aracnoideo alcanzando el V par craneal



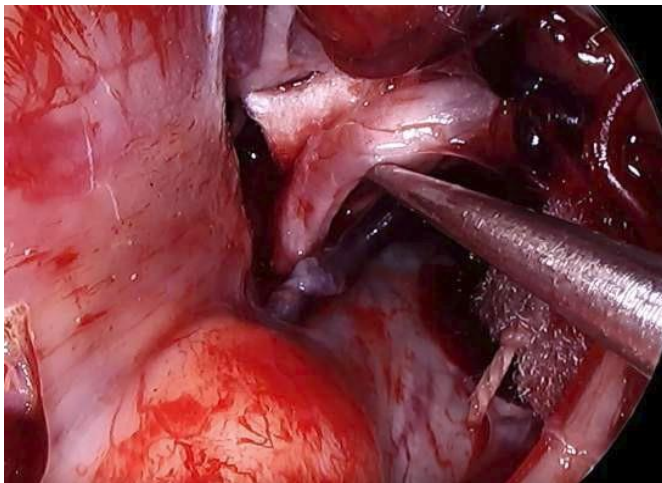
**Imagen 4:** Se comienza la liberación del V par del tejido aracnoideo exponiendo en este caso la arteria y la vena que comprime al nervio



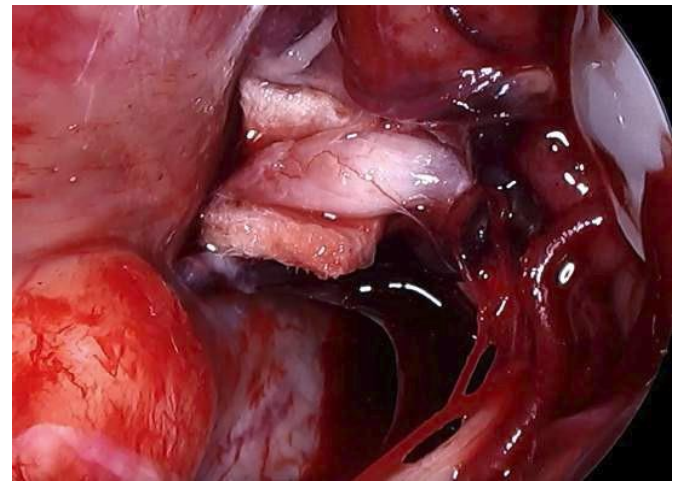
**Imagen 5:** liberación del componente arterial



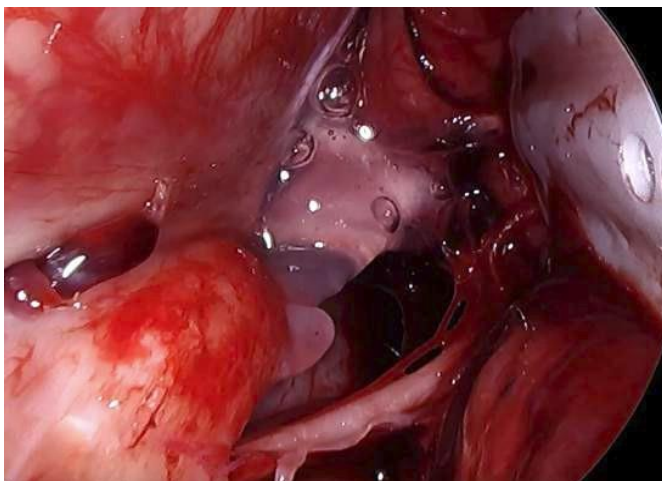
**Imagen 6:** Interposición entre la arteria y el nervio con parche de teflón



**Imagen 7:** Liberación del componente venoso.



**Imagen 8:** interposición entre la vena y el V par craneal con parche de teflón.



**Imagen 9:** Verificado que el nervio se encuentra totalmente liberado y separado de las estructuras vasculares se coloca cola biológica.

El paciente presentó buena evolución, despertándose de la anestesia sin dolor. No se observaron complicaciones. En el postoperatorio se le administró 200 mg de carbamazepina cada 12 horas, al cabo de dos años se suspende la medicación en forma progresiva. No presentó recurrencia.

## RESULTADOS

La neuralgia del trigémino es un tipo de dolor neuropático que afecta la región facial de tipo lancinante paroxística a menudo desencadenada por un estímulo sensorial.

La fisiopatología de la generación del dolor es debido a axonopatías de fibras aferentes generando impulsos ectópicos provocados por la compresión crónica generalmente neurovascular.

El diagnóstico es clínico, los estudios complementarios imagenológicos como ser la RMN de cerebro con y sin contraste y la Angio RMN de vasos intracraneales, son necesarios para descartar patología secundaria como neoplasias, malformaciones vasculares, entre otros. El conflicto neurovascular se visualiza en un bajo porcentaje.

El tratamiento de primera línea es siempre farmacológico en lo posible con carbamazepina, Ante la respuesta inadecuada al tratamiento médico contamos con técnicas percutáneas mínimamente invasivas cuya respuesta terapéutica es variable.

Los procedimientos neuroquirúrgicos de neurosis con descompresión nerviosa han demostrado muy buenos resultados a largo plazo.

Teniendo en cuenta los 16 casos presentados, el 75 % de los pacientes se operaron luego de los 5 años de haber comenzado con los síntomas. Es más frecuente entre los 50 y 60 años. El lado derecho y la combinación de las ramas V2-V3 fueron las más afectadas.

Las complicaciones postquirúrgicas como paresia hemifacial que mejoró progresivamente e hipoacusia se atribuyó a la retracción cerebelosa para mejorar el campo de visión con la utilización del microscopio quirúrgico. Por lo tanto se evidencia el beneficio con la utilización del neuroendoscopio.

El 81,25 % la compresión neurovascular fue debida a la arteria cerebelosa superior.

Luego de un periodo de 2 años post quirúrgico se suspendió la medicación y los pacientes no reportaron recidivas del dolor.

En el caso clínico presentado la compresión es mixta tanto arterial como venosa.

## CONCLUSIONES

Debido a que la neuralgia del trigémino primaria corresponde a un dolor neuropático con lesión axonal por la compresión crónica, el diagnóstico debe ser considerado para comenzar el tratamiento sin demoras. En un porcentaje mayor al 80 % la afectación es la compresión arterial.

Considerar que el diagnóstico es clínico y no es necesario la confirmación a través de los estudios imagenológicos, aunque nos brinde datos importantes para descartar patología secundaria.

El tratamiento inicial siempre debe ser farmacológico, en primera instancia debe considerarse a la carbamazepina.

Los tratamientos coadyuvantes percutáneos son útiles con respuesta variables y deben continuar con la medicación.

El tratamiento neuroquirúrgico, es un procedimiento seguro y brinda beneficios a largo plazo.

La utilización del neuroendoscopio permite utilizar abordajes pequeños, menor retracción cerebelosa evitando la tracción de nervios craneales para no lesionarlos, visualización interna en primer plano y la posibilidad de utilizar diferentes ángulos de visión.

El entrenamiento nos brinda una curva de aprendizaje muy valiosa en beneficio del paciente logrando mejores resultados.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Teo C, Nakaji P, Mobbs RJ. Endoscope-assisted microvascular decompression for trigeminal neuralgia: technical case report. *Neurosurgery* 2006; 59 (4 Suppl 2): ONSE489-ONSE490; discussion ONSE490
2. Rak R, Sekhar LN, Stimac D et al. Endoscope-assisted microsurgery for microvascular compression syndromes. *Neurosurgery* 2004; 54: 876- 881 discussion 881-883
3. King WA, Wackym PA, Sen C et al. Adjunctive use of endoscopy during posterior fossa surgery to treat cranial neuropathies. *Neurosurgery* 2001; 49: 108-115 discussion 115-116
4. Kanpolat Y, Savas A, Bekar A, Berk C: Percutaneous controlled radiofrequency trigeminal rhizotomy for the treatment of idiopathic trigeminal neuralgia: 25-year experience with 1,600 patients. *Neurosurgery* 48:524-532, 2001



5. Koopman JS, Dieleman JP, Huygen FJ, de Mos M, Martin CG, Sturkenboom MC: Incidence of facial pain in the general population. *Pain* 147:122-127, 2009
6. Miller JP, Acar F, Burchiel KJ: Classification of trigeminal neuralgia: Clinical, therapeutic, and prognostic implications in a series of 144 patients undergoing microvascular decompression. *J Neurosurg* 111:1231-1234, 2009
7. Sandell T, Eide PK: Effect of microvascular decompression in trigeminal neuralgia patients with or without constant pain. *Neurosurgery* 63:93-99, 2008
- 8- Jannetta PJ: Arterial compression of the trigeminal nerve at the pons in patients with trigeminal neuralgia. *J Neurosurg* 26(1) Suppl:159-162, 1967
- 9- Sindou M, Leston J, Decullier E, Chapuis F: Microvascular decompression for primary trigeminal neuralgia: Long- term effectiveness and prognostic factors in a series of 362 consecutive patients with clear-cut neurovascular conflicts who underwent pure decompression. *J Neurosurg* 107:1144-1153, 2007
- 10- Tronnier VM, Rasche D, Hamer J, Kienle AL, Kunze S: Treatment of idiopathic trigeminal neuralgia: Comparison of long-term outcome after radiofrequency rhizotomy and microvascular decompression. *Neurosurgery* 48:1261-1267, 2001
- 11- Tyler-Kabara EC, Kassam AB, Horowitz MH, Urgo L, Hadjipanayis C, Levy EI, Chang YF: Predictors of outcome in surgically managed patients with typical and atypical trigeminal neuralgia: Comparison of results following microvascular decompression. *J Neurosurg* 96:527-531, 2002
- 12- Bohman LE, Pierce J, Stephen JH, Sandhu S, Lee JY: Fully endoscopic microvascular decompression for trigeminal neuralgia: Technique review and early outcomes. *Neurosurg Focus*. 37: E18, 2014
- 13- Fujimaki T, Kirino T: Combined transhorizontal-supracerebellar approach for microvascular decompression of trigeminal neuralgia. *Br J Neurosurg* 14: 531-534, 2000
- 14- Kabil MS, Eby JB, Shahinian HK: Endoscopic vascular decompression versus microvascular decompression of the trigeminal nerve. *Minim Invasive Neurosurg* 48: 207-212, 2005
- 15- Sindou M, Leston JM, Decullier E, Chapuis F: Microvascular decompression for trigeminal neuralgia: the importance of a noncompressive technique-Kaplan-Meier analysis in a consecutive series of 330 patients. *Neurosurgery* 63:341-350, 2008
- 16- Samii M: Foreword: Microvascular decompression, in Jannetta PJ (ed): *Trigeminal Neuralgia*. New York: Oxford, 2011, pp vii-viii
17. Sekula RF Jr: In Memoriam of Peter J. Jannetta, M.D., D.Sc.: April 5, 1932-April 11, 2016. *World Neurosurg* 94:584-592, 2016
- 18- Burchiel KJ, Slavin KV: On the natural history of trigeminal neuralgia. *Neurosurgery* 46:152-155, 2000.
- 19- Kanpolat Y, Berk C, Savas A, Bekar A: Percutaneous controlled radiofrequency rhizotomy in the management of patients with trigeminal neuralgia due to multiple sclerosis. *Acta Neurochir (Wien)* 142:685-690, 2000.
- 20- Burchiel KJ: A new classification for facial pain. *Neurosurgery* 53:1164-1167, 2003
- 21- Chen MJ, Zhang WJ, Yang C, Wu YQ, Zhang ZY, Wang Y: Endoscopic neurovascular perspective in microvascular decompression of trigeminal neuralgia. *J Craniomaxillofac Surg* 36:456-461, 2008
- 22- Goodwin CR, Yang JX, Bettegowda C, Hwang B, James C, Biser A, et al: Glycerol rhizotomy via a retrosigmoid approach as an alternative treatment for trigeminal neuralgia. *Clin Neurol Neurosurg* 115:2454-2456, 2013
- 23- Lee A, McCartney S, Burbidge C, Raslan AM, Burchiel KJ: Trigeminal neuralgia occurs and recurs in the absence of neurovascular compression. *J Neurosurg* 120:1048-1054, 2014
- 24- Yadav YR, Parihar V, Agarwal M, Sherekar S, Bhatele P: Endoscopic vascular decompression of the trigeminal nerve. *Minim Invasive Neurosurg* 54:110-114, 2011
- 25- Zakrzewska JM, Lopez BC: Quality of reporting in evaluations of surgical treatment of trigeminal neuralgia: recommendations for future reports. *Neurosurgery* 53:110-122, 2003
- 26- Anderson VC, Berryhill PC, Sandquist MA, Ciaverella DP, Nesbit GM, Burchiel KJ: High-resolution three-dimensional magnetic resonance angiography and three-dimensional spoiled gradient-recalled imaging in the evaluation of neurovascular compression in patients with trigeminal neuralgia: a double-blind pilot study. *Neurosurgery* 58:666-673, 2006
- 27- Anderson VC, Berryhill PC, Sandquist MA, Ciaverella DP, Nesbit GM, Burchiel KJ: High-resolution three-dimensional magnetic resonance angiography and three-dimensional spoiled gradient-recalled imaging in the evaluation of neurovascular compression in patients with trigeminal neuralgia: a double-blind pilot study. *Neurosurgery* 58:666-673, 2006
- 28- Duan Y, Sweet J, Munyon C, Miller J: Degree of distal trigeminal nerve atrophy predicts outcome after microvascular decompression for Type 1a trigeminal neuralgia. *J Neurosurg* 123:1512-1518, 2015
- 29- Dumot C, Brinzeu A, Berthiller J, Sindou M: Trigeminal neuralgia due to venous neurovascular conflicts: outcome

- after microvascular decompression in a series of 55 consecutive patients. *Acta Neurochir (Wien)* 159:237-249, 2017
- 30- Erbay SH, Bhadelia RA, O'Callaghan M, Gupta P, Riesenburger R, Krackov W, et al: Nerve atrophy in severe trigeminal neuralgia: noninvasive confirmation at MR imaging—initial experience. *Radiology* 238:689-692, 2006
- 31- Leal PRL, Barbier C, Hermier M, Souza MA, Cristino-Filho G, Sindou M: Atrophic changes in the trigeminal nerves of patients with trigeminal neuralgia due to neurovascular compression and their association with the severity of compression and clinical outcomes. *J Neurosurg* 120:1484-1495, 2014
- 32- Sindou M, Leston J, Decullier E, Chapuis F: Microvascular decompression for primary trigeminal neuralgia: long-term effectiveness and prognostic factors in a series of 362 consecutive patients with clear-cut neurovascular conflicts who underwent pure decompression. *J Neurosurg* 107:1144-1153, 2007
- 33- Ammirati M, Bernardo A, Musumeci A, Bricolo A: Comparison of different infratentorial-supracerebellar approaches to the posterior and middle incisural space: a cadaveric study. *J Neurosurg* 97:922-928, 2002
- 34- Fujimaki T, Kirino T: Combined transhorizontal-supracerebellar approach for microvascular decompression of trigeminal neuralgia. *Br J Neurosurg* 14:531-534, 2000
- 35- Hebb MO, Spetzler RF: Lateral transpeduncular approach to intrinsic lesions of the rostral pons. *Neurosurgery* 66 (3 Suppl Operative):26-29, 2010
- 36- Hitotsumatsu T, Matsushima T, Inoue T: Microvascular decompression for treatment of trigeminal neuralgia, hemifacial spasm, and glossopharyngeal neuralgia: three surgical approach variations: technical note. *Neurosurgery* 53:1436-1443, 2003
- 37- Yagmurcu K, Rhoton AL Jr, Tanriover N, Bennett JA: Three of the brainstem. *Neurosurgery* 10 (Suppl 4):602-620, 2014
- 38- Kawashima M, Rhoton AL Jr, Tanriover N, Ulm AJ, Yasuda A, Fujii K: Microsurgical anatomy of cerebral revascularization. Part II: posterior circulation. *J Neurosurg* 102:132-147, 2005