

Tratamiento quirúrgico de la neuralgia del trigémino en adultos

Surgical treatment of trigeminal neuralgia in adults

Oswaldo Molina-Olier, Diego Marsiglia-Pérez y Hernando Alvis-Miranda*

Departamento de Neurocirugía, Universidad de Cartagena, Cartagena, Colombia

Resumen

La neuralgia del trigémino es un desorden doloroso de la cara que afecta de forma negativa la funcionalidad de quienes lo padecen. La descompresión microvascular sigue siendo la mejor opción por sus desenlaces a corto y largo plazo. En aquellos no candidatos a cirugía abierta cobran valor las opciones ablativas, entre ellas la radiocirugía, y las rizotomías por radiofrecuencia, balón y glicerol. La radiocirugía puede ser útil en casos de neuralgia del trigémino asociada a esclerosis múltiple. Se propone un esquema para facilitar la toma de decisiones, considerando predictores de respuesta y tasas de complicaciones.

Palabras clave: Neuralgia. Dolor facial. Descompresión microvascular. Radiofrecuencia. Rizotomía.

Abstract

Trigeminal neuralgia is a painful disorder of the face that negatively affects the functionality of those who suffer from it. Microvascular decompression remains the top choice for its short and long-term outcomes. In those who are not candidates for open surgery, ablative options become valuable, including radiosurgery, and radiofrequency, balloon, and glycerol rhizotomies. Radiosurgery can be useful in cases of trigeminal neuralgia associated with multiple sclerosis. A scheme is proposed to facilitate decision-making considering outcomes, predictors of response and complication rates.

Keywords: Neuralgia. Facial pain. Microvascular decompression. Radiofrequency. Rhizotomy.

Introducción

Según la Clasificación Internacional de los Desórdenes de Cefalea (ICHD-3)¹, la neuralgia del trigémino (NT) se caracteriza por dolor tipo *shock* eléctrico, breve, unilateral y recurrente, de inicio y fin abruptos, y que está limitado a la distribución de una o más divisiones del nervio trigémino, pudiendo desencadenarse por un estímulo inocuo (Tabla 1). La clasificación de Burchiel² considera dos formas de dolor facial: típica y atípica. En la forma típica se encuentran la

NT tipo 1 (>50% del dolor es episódico y típico) y la NT tipo 2 (dolor >50% constante y típico). En las formas atípicas están el dolor neuropático trigeminal (secundario a lesión dentaria, de senos paranasales o trauma), el dolor de desaferentación trigeminal o anestesia dolorosa, la NT sintomática, la neuralgia posherpética y el dolor facial atípico como trastorno somatomorfo. El tratamiento farmacológico es la terapia de primera línea para la NT, pero los pacientes con dolor resistente o intolerancia a los medicamentos son candidatos al manejo quirúrgico. La cirugía puede dividirse en dos grupos: los procedimientos no

Correspondencia:

*Hernando Alvis-Miranda

Carrera 50, 24-124

C.P. 130002, Cartagena, Colombia

E-mail: halvismd@gmail.com

Fecha de recepción: 15-07-2020

Fecha de aceptación: 10-09-2020

DOI: 10.24875/CIRU.20000772

Cir Cir. 2022;90(4):548-555

Contents available at PubMed

www.cirugiaycirujanos.com

0009-7411/© 2020 Academia Mexicana de Cirugía. Publicado por Permayer. Este es un artículo *open access* bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Tabla 1. Criterios diagnósticos de la neuralgia del trigémino

- A. Dolor facial unilateral paroxístico y recurrente en la distribución de una o más divisiones del nervio trigémino, sin irradiación a otras distribuciones nerviosas y que cumpla los criterios B y C.
- B. El dolor debe tener todas las siguientes características:
1. Dura desde una fracción de segundo hasta 2 minutos.
 2. Ser de grave intensidad.
 3. Ser de tipo choque eléctrico, disparo, punzante o lancinante.
- C. Ser precipitado por un estímulo inocuo dentro de la distribución del trigémino afectado.
- D. No ser explicado por otro diagnóstico de la ICHD-3.

Adaptado de: Vincent M. et al.¹**Tabla 2. Herramienta de clasificación de intensidad del dolor del Instituto Neurológico Barrow**

Clasificación	Definición
I	No dolor, no requiere medicación
II	Dolor ocasional, no requiere medicación
IIIa	No dolor, completamente controlado con medicación
IIIb	Algo de dolor, puede controlarse adecuadamente con medicación
IV	Algo de dolor, no puede controlarse adecuadamente con medicación
V	Dolor intenso, no alivio de dolor

Adaptada de: Rogers CL et al.³

destructivos, como la descompresión microvascular del nervio (DMV), y los procedimientos destructivos, en los que se genera una lesión ya sea por radiación, térmica, química o física. En la medición de los desenlaces, una de las variables clave es el control del dolor, siendo la herramienta de clasificación de intensidad de dolor del Instituto Neurológico Barrow (BNI) (Tabla 2)³ la más empleada.

En esta revisión se discuten los desenlaces de las diferentes modalidades de tratamiento quirúrgico para determinar la tasa de control y recurrencia del dolor, así como de complicaciones, para establecer una propuesta terapéutica quirúrgica individualizada según las características del dolor y el riesgo quirúrgico.

Tratamiento quirúrgico no destructivo: descompresión microvascular

En pacientes refractarios al manejo farmacológico con conflicto entre el nervio trigémino y los vasos

cerebrales, la DMV es el tratamiento quirúrgico de primera línea. Es un procedimiento microquirúrgico no ablativo⁴ en el cual, a través de un abordaje retrosigmoideo, se identifica el nervio trigémino y se exploran sus relaciones en la cisterna cerebelopontina (Fig. 1) en búsqueda de compresiones, muy frecuentemente por la arteria cerebelosa superior, aunque también pueden ser de origen venoso, como el complejo de la vena petrosa superior. El control del dolor inicial es variable en la DMV, del 80% al 96%⁵⁻⁷. En un metaanálisis con 3897 pacientes se investigaron las tasas y los predictores de libertad de dolor. Se encontró que el 76% quedan libres de dolor en un promedio de seguimiento de 1.7 años, y como predictores se identificaron la duración del padecimiento ≤ 5 años, la compresión por la arteria cerebelosa superior y tener una clasificación tipo 1 de Burchiel⁸. Los desenlaces de control del dolor inmediato y a largo plazo en pacientes con NT atípica tratada con DMV muestran que el 91.8% de los pacientes experimentaban un alivio completo del dolor, frente a un 93% en aquellos con NT clásica, pero con un 60.3% de recurrencia en los casos atípicos en un promedio de 20.6 meses⁹. Desenlaces mucho más tardíos (8 a 15 años) reportan libertad de dolor en el 70%^{10,11}. Los pacientes con dolor episódico tienen tasas de libertad de dolor mayores que la contraparte de dolor persistente; este último, a corto plazo alcanza el 77% de control¹². En casos de dolor bilateral, subgrupo menos frecuente, la opción es realizar DMV del lado más sintomático y en un segundo tiempo proceder con el lado contrario. Zhao et al.¹³ han reportado su experiencia en el manejo de 13 pacientes con NT bilateral, de los cuales 11 lograron un desenlace excelente, 3 experimentaron mejoría en el lado contrario y 9 se sometieron al segundo tiempo quirúrgico. La edad es un factor relevante, pues la NT en menores de 30 años es infrecuente y hay muy poca evidencia sobre el tratamiento quirúrgico en este grupo de edad; sin embargo, en este contexto la DMV es una opción útil¹⁴, así como también para los pacientes adultos mayores, quienes en contraparte a los de menor edad tienen desenlaces significativamente mejores a largo plazo¹⁵. Se sabe que en la NT el nervio sufre atrofia, con potenciales repercusiones en los desenlaces; en los pacientes con atrofia proximal del nervio se asocia con la compresión vascular y se correlaciona con mejores desenlaces tras la DMV, pero en casos de atrofia distal esta se asocia a desenlaces significativamente peores¹⁶.

Tras la DMV se ha demostrado una disminución de la carga de la enfermedad en los pacientes al disminuir

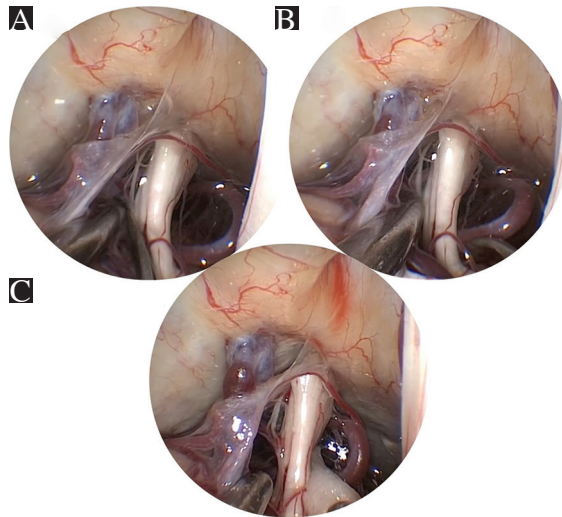


Figura 1. Visión endoscópica del ángulo pontocerebeloso durante un abordaje retrosigmoideo para realizar descompresión microvascular del V nervio. **A:** se explora el ángulo una vez se ha completado la disección aracnoidea identificando un asa de la arteria cerebelosa superior contactando el aspecto medial y proximal de la porción cisternal del nervio. Con microdisectores el asa es movilizada. **B:** se interpone teflón entre el asa vascular y el nervio. **C:** eliminando el contacto.

las pérdidas de productividad relacionadas con el dolor, y un menor uso de los recursos en salud. El 68%, a 4.27 años de seguimiento, tuvieron un BNI ≤ 2 y el 62% no reportan limitaciones en sus actividades laborales¹⁷. En casos de NT sintomática se han observado desenlaces inferiores particularmente en casos de esclerosis múltiple¹⁸; en otras circunstancias mucho menos frecuentes, como la malformación de Chiari tipo I¹⁹ o la enfermedad de Charcot-Marie-Tooth²⁰, la DMV ha sido la opción que mejor ha resultado para el control del dolor. Aun en caso de persistencia o recurrencia de la NT tras una DMV, repetir la DMV puede ofrecer un buen desenlace; un hallazgo intraoperatorio negativo en la reintervención y la no mejoría tras la cirugía inicial son factores pronósticos de un desenlace desfavorable en esta circunstancia²¹. Algunos autores recomiendan que en la reintervención se realice neurólisis intraoperatoria, en especial en casos en los que no se documente la persistencia de la compresión o distorsión del nervio²².

A pesar de la invasividad de la DMV, con cirujanos entrenados las complicaciones pueden ser $<4\%$ ²³. Probablemente la complicación más reportada sea el entumecimiento facial (5.5-14%), seguido de la disestesia facial (5.3-5.7)^{24,25} y de los problemas auditivos leves (en torno al 2.7%)²⁶. Por fortuna, las complicaciones más serias son menos frecuentes ($<3\%$),

como lesiones de nervios craneales, pérdida auditiva, fístula de líquido cefalorraquídeo e infecciones^{24,27,28}; también se ha reportado sangrado intraoperatorio o posoperatorio²⁹. La mortalidad es muy baja (0-0.4%)^{9,28,30}.

Tratamiento quirúrgico destructivo

Lesión por radiación (radiocirugía)

Esta opción es de interés en el paciente con refractariedad, pero en quien no se considera que haya conflicto neurovascular, o que no sea candidato a un procedimiento abierto, o porque el paciente lo prefiera. La radiocirugía estereotáctica tiene efecto destructivo en los canales iónicos bloqueando la conducción en la estructura irradiada, particularmente en fibras de nocicepción amielínicas de bajo calibre³¹. La dosis de radiación es de 60 a 90 Gy; dosis mayores no aumentan la eficacia, sino la probabilidad de eventos adversos. El sitio diana seleccionado actualmente es la porción intracisternal del nervio, que mantiene la eficacia con menos complicaciones. La radiocirugía se puede realizar por acelerador lineal (LINAC), por Gamma Knife (GK) o por Cyber Knife (CK).

En la guía práctica de la Sociedad Internacional de Radiocirugía Estereotáctica publicada en 2018³² se reportan libertades de dolor con o sin medicación para GK, LINAC y CK del 84.8%, el 87.3% y el 79.3%, respectivamente. No hay diferencias significativas entre las modalidades. El tiempo en alcanzar el alivio del dolor es de 15 a 78 días con GK y de 28 a 81 días con LINAC; por razones metodológicas, en los estudios de CK no se pudo establecer el promedio de tiempo. La hipoestesia facial se reportó en un promedio del 21.7% para GK, del 27.6% para LINAC y del 29.1% para CK. Otras complicaciones menos frecuentes incluyen parestesias, dolor por desaferentación, ojo seco y queratitis. La frecuencia de recurrencia para GK fue del 24.6%, para LINAC del 32.2% y para CK del 25.8%, con unos tiempos promedios hasta la recurrencia de 6-48 meses para GK y de 7.5-20.4 meses para LINAC; solo un estudio reportó el tiempo de recurrencia en aquellos tratados con CK, siendo de 9 meses.

Patra et al.³³ evaluaron el manejo en casos de recurrencia en pacientes tratados inicialmente con GK, comparando la repetición de GK frente a la realización de DMV. Se obtuvo un control adecuado del dolor en el 83% con la repetición de GK y del 88% con DMV, y un control completo del dolor en el 46% en el grupo de GK repetido y en el 72% en el de DMV, sin

diferencias significativas entre los grupos, por lo que no se puede identificar superioridad de una modalidad sobre otra; sin embargo, después de un GK fallido se podría considerar la opción de DMV. También se ha evaluado el efecto de una tercera sesión de GK, encontrando una reducción de dolor con bajo riesgo aditivo de complicaciones, por lo que puede ser una opción para el adulto mayor no candidato a un procedimiento microquirúrgico o percutáneo³⁴. Debe tenerse en cuenta que acumular dosis > 115 Gy se asocia a la aparición de efectos derivados de la radiación, además de hipoestesia y entumecimiento facial³².

Lesión térmica (rizólisis por radiofrecuencia)

La radiofrecuencia puede generarse en forma continua (RFC), en pulsos (RFP) o combinada (RFCC). En el caso de la RFC, la fricción y la vibración producen calor, conllevando la termocoagulación, la desnaturalización proteica y la necrosis en el tejido diana. En la RFP se emplea una menor temperatura y se transmite la energía en forma de pulsos. Wu et al.³⁵ evaluaron 34 estudios con un total de 3558 pacientes para determinar la efectividad y la seguridad de las modalidades de radiofrecuencia en la NT típica, y encontraron que las tasas de curación con RFP y RFC no tienen diferencias significativas, pero la RFC es más efectiva que la RFCC. Entre la RFP y la RFC tampoco hay diferencias significativas en cuanto a complicaciones. Las complicaciones reportadas fueron anestesia dolorosa (0.6-0.8%), debilidad del músculo masetero (4%) y entumecimiento facial³⁴. Hasta un 17% de los pacientes experimentan disminución de la sensación corneal, alcanzando una tasa del 2% de progresión a queratitis³⁶.

Lesión química (rizólisis con glicerol)

No hay claridad sobre cómo funciona la rizólisis por glicerol. Se conoce que el etanol absoluto tiene efectos destructivos en fibras mielinizadas o no, y por ello se hipotetiza que al ser la conducción efáptica la que puede provocar los episodios de dolor, la lesión del nervio con glicerol podría hacer que la estimulación aberrante desaparezca³⁷. La rizólisis por glicerol se puede realizar por vía percutánea o por vía abierta bajo visión microscópica. Se ha reportado una duración del efecto de 11 meses²³. Desafortunadamente, a la fecha no hay estudios aleatorizados que permitan establecer recomendaciones con evidencia de gran calidad. Se

ha reportado una tasa de éxito del 92.1% en 179 pacientes³⁸; el tiempo promedio de reinyección fue de 23 meses, en su mayoría casos de esclerosis múltiple. No se encontró que la frecuencia de reinyecciones se asociara con un aumento de la probabilidad de complicaciones. Los autores recomiendan considerar esta técnica en los adultos mayores. En la medición de desenlaces a largo plazo (13.1 años promedio) en 3370 pacientes tratados entre 1983 y 2003 se reportó que el 99.5% experimentaron resolución completa del dolor tras el primer procedimiento³⁶. La frecuencia de recurrencia fue variable por años de seguimiento: 0.3% al primero, 21% entre 1 y 5 años, 7% entre 5 y 10 años, 4% entre 10 y 15 años y 3% entre 15 y 23 años. La principal complicación reportada fue el entumecimiento facial; no hubo casos de anestesia dolorosa ni mortalidad. Entre las complicaciones a corto plazo se encuentran la hipoestesia facial transitoria (97%), seguida de náuseas/vómitos (9.6%) y con menos frecuencia (< 1%) corectasia, paresia de la musculatura inervada por el trigémino, infecciones, hemorragias y lesión del nervio óptico. Los pacientes con compromiso del tercer ramo del nervio tienen desenlaces peores que aquellos con compromiso de los otros (control del dolor en el 40% y el 90%, respectivamente)³⁹. Al comparar la efectividad de la rizólisis por glicerol y la termofrecuencia en pacientes con NT y esclerosis múltiple y en aquellos con NT típica, en 822 pacientes, entre 1998 y 2010, se encontró que tras 15 sesiones con glicerol el 68% y el 67% de los pacientes con esclerosis múltiple y con NT típica, respectivamente, estaban libres de dolor y sin medicación⁴⁰.

Lesión física (rizólisis por balón, neurectomía)

En la rizólisis por balón se reporta una tasa de respuesta inicial de hasta el 94%, pero con recurrencia al año del 25% y a largo plazo del 69%⁴¹. Cuando se repite la rizólisis por balón, o como modalidad de segunda línea tras un tratamiento diferente previo, un 93% de los pacientes pueden experimentar alivio inmediato del dolor, con recurrencia del 16% a 2 años y del 40% a 5 años⁴². Cuando se emplea como segunda línea tras la DMV, el 96% de los pacientes tienen alivio inmediato del dolor sin medicación y el 13.5% recurre a un promedio de 38 meses⁴³. Entre las complicaciones se reportan entumecimiento facial (98%, la frecuencia más alta entre todas las modalidades), debilidad del músculo masetero (59%), parestesias (9%) y diplopía por lesión del sexto nervio (< 2%)⁴³.

Tabla 3. Tasas de éxito y complicaciones para las opciones de tratamiento quirúrgico de la neuralgia del trigémino

Opción	Tasa de respuesta inicial (%)	Tasa de respuesta a largo plazo (%)	Predictores de respuesta	Complicaciones (%)
DMV	80-96	1 a: 84 5 a: 72-85 10 a: 74	Positivos: Tipo I, compresión arterial, puntos desencadenantes, corta evolución Negativos: Dolor bilateral, asociada a EM, tipo II	NC V: 1.6-22 NC VII: 0.6-10.6 NC VIII: 1.2-6.8 Anestesia dolorosa: 0-4 Fístula LCR: 1.5-4 Mortalidad: < 0.8
RRF	97.6-99	1 a: 61.8 5 a: 57.7 10 a: 52.3 20 a: 41	Positivos: Tipo I Negativos: Síntomas bilaterales	NC V: 3.3 ↓ sensibilidad corneal: 5.7-17.3 Queratitis: 0.6-1.9 Anestesia dolorosa: 0.6 - 0.8
RG	71-97.9	1 a: 53-63 5 a: 43.5	Positivos: Alto puntaje BNI, hipoestesia POP, intervalos libres de dolor Negativos: ≥ 3 PGR previos	CN V: 23.3-72 ↓ sensibilidad corneal: 6.3-15 NC VIII: 1.9 Meningitis aseptica: 0.12-3 Meningitis bacteriana: 1.5-1.7
RB	82-93.8	1 a: 74.6 5 a: 69-80 10 a: 68.1	ND	NC V: 4.6-40 ↓ sensibilidad corneal: 0-3.1 NC VIII: 2.4-6.3 Meningitis aséptica: 0.7 Meningitis bacteriana: 0.7-1
RCE	79-91.8 (tardío 10 d a 3.4 m)	1 a: 75-90 5 a: 44-65 10 a: 30-51.5	Positivos: Respuesta temprana, no tratamiento previo, respuesta a medicación, entumecimiento facial	NC V: 6-42 Anestesia dolorosa: 0.2

a: años; BNI: herramienta de clasificación de intensidad del dolor del Instituto Neurológico Barrow; d: días; DMV: descompresión microvascular; EM: esclerosis múltiple; LCR: líquido cefalorraquídeo; m: meses; NC: nervio craneal; ND: no datos; PGR: rizotomía percutánea con glicerol; POP: posoperatorio; RB: rizólisis por balón; RCE: radiocirugía estereotáctica; RG: rizólisis por glicerol; RRF: rizólisis por radiofrecuencia.

Adaptada de: Bick SKB et al.⁴⁵

La neurectomía implica la avulsión parcial de ramos distales del nervio trigémino, con frecuencia del nervio alveolar inferior, y como opción ha sido menos empleada. La gran mayoría de los estudios sobre esta modalidad tienen muestras pequeñas y seguidas por muy breves periodos de tiempo. En una revisión de 7913 pacientes de un conglomerado de 43 artículos de investigación se evidenció que la neurectomía se asocia a baja calidad en el alivio de dolor, ofreciendo control a corto y mediano plazo⁴⁴. La neurectomía no debe ser considerada como una opción terapéutica de primera línea.

Toma de decisiones quirúrgicas en el paciente con neuralgia del trigémino: consideraciones finales

En la tabla 3 se resumen las tasas de respuesta inicial y a largo plazo, los predictores y las complicaciones de las modalidades terapéuticas expuestas.⁴⁵ En la figura 2 se muestra el esquema de manejo

expuesto. Tras establecer la refractariedad y el tipo de NT, se determinan el BNI y el impacto sobre la calidad de vida. Si se demuestra un conflicto neurovascular, la mejor opción de entrada es la DMV, a menos que el paciente sea de alto riesgo quirúrgico o tenga contraindicaciones explícitas para el procedimiento. En caso de no poderse realizar la MVD, la opción siguiente son los procedimientos destructivos, considerando en primera instancia la radiocirugía estereotáctica y empleando la mejor técnica disponible (GK o LINAC). Entre las modalidades percutáneas, la primera opción es la rizólisis por radiofrecuencia. Como se ha demostrado, los desenlaces con la neurectomía periférica del NT no son favorables, así que no se plantea como opción quirúrgica de primera ni de segunda línea. En caso de demostrarse refractariedad se recomienda evaluar el impacto de esta; si el dolor es tolerable o manejable con medicamentos, la opción planteada es el seguimiento (manejo conservador), y en caso de dolor intenso o que limite al

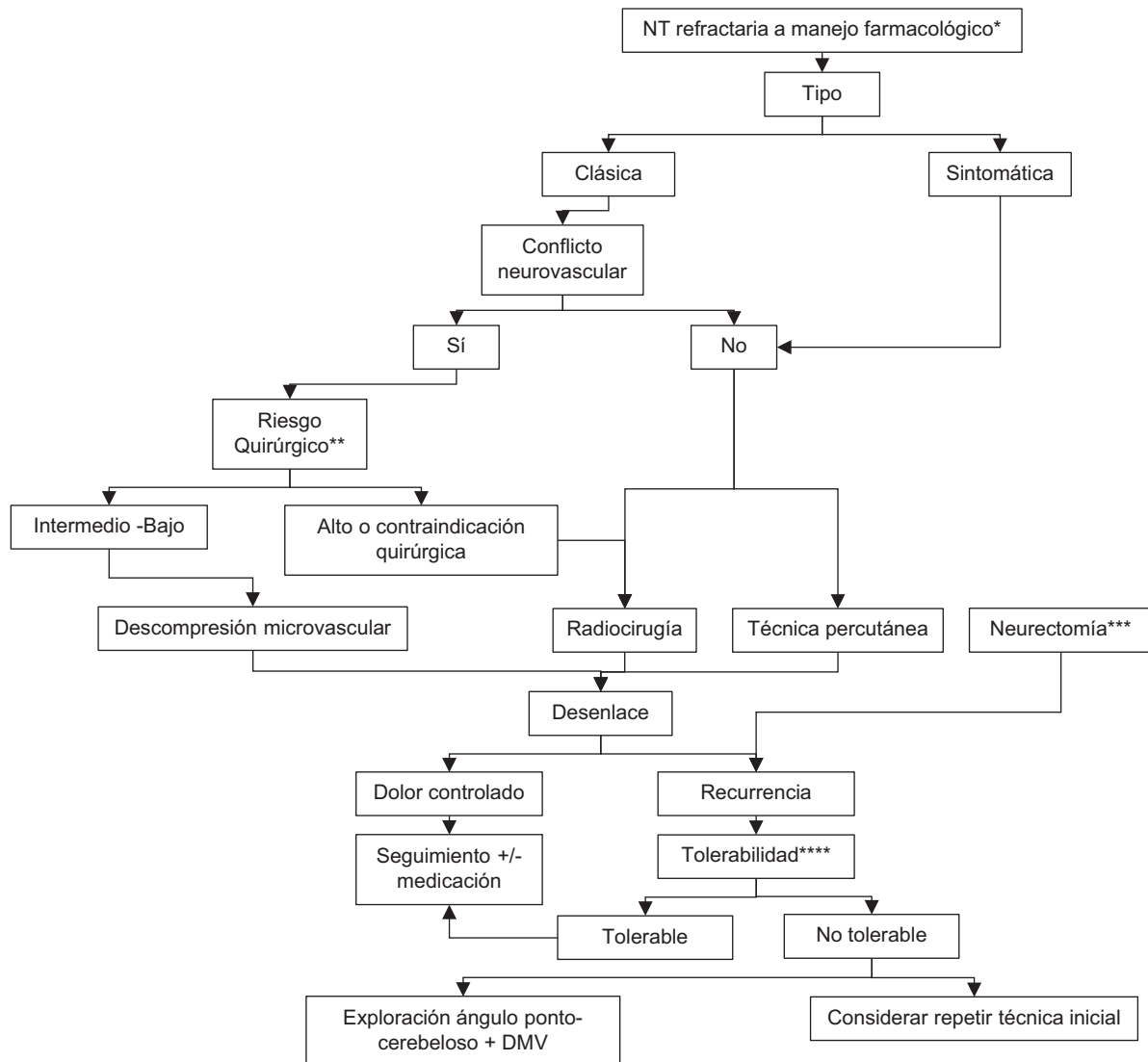


Figura 2. Esquema del manejo quirúrgico de los pacientes adultos con neuralgia del trigémino.

* Y/o el paciente no tolera el tratamiento farmacológico por efectos adversos.

** Si el paciente tiene alto riesgo quirúrgico o tiene contraindicado la realización de un procedimiento quirúrgico mayor (ej., anticoagulación o antiagregación) es preferible ofertar radiocirugía o una modalidad percutánea.

*** No debe ser considerado tratamiento de primera ni segunda línea.

**** Evaluar el grado de control de dolor en el paciente (si le permite o no seguir con sus actividades habituales).

paciente en su vida diaria lo recomendado es intentar repetir la técnica empleada o realizar una exploración del ángulo pontocerebeloso y determinar si es viable la DMV (claro está, si el paciente no tiene contraindicaciones operatorias).

Conclusiones

La NT refractaria sigue siendo una condición cuyo manejo es un reto considerable; quedan muchos elementos por comprender sobre su fisiopatología y, en consecuencia, sobre la forma de tratarla. La DMV sigue siendo la opción quirúrgica de referencia tanto

de primera como de segunda línea (en casos de recurrencia). Pueden considerarse las modalidades destructivas en aquellos pacientes que tengan un alto riesgo de complicaciones operatorias por comorbilidad o por estados farmacológicos como la anticoagulación. Se hace necesario profundizar en los desenlaces neuroquirúrgicos, por lo que se requieren estudios de alto valor estadístico.

Financiamiento

El financiamiento estuvo a cargo de los autores de este trabajo.

Conflictos de intereses

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

Responsabilidades éticas

Protección de personas y animales. Los autores declaran que para esta investigación no se han realizado experimentos en seres humanos ni en animales.

Confidencialidad de los datos. Los autores declaran que han seguido los protocolos de su centro de trabajo sobre la publicación de datos de pacientes.

Derecho a la privacidad y consentimiento informado. Los autores han obtenido el consentimiento informado de los pacientes y/o sujetos referidos en el artículo. Este documento obra en poder del autor de correspondencia.

Bibliografía

- Vincent M, Wang S. Headache Classification Committee of the International Headache Society (IHS). The International Classification of Headache Disorders, 3rd edition. Cephalalgia. 2018;38:1-211.
- Burchiel KJ. A new classification for facial pain. Neurosurgery. 2003;53:1164-7.
- Rogers CL, Shetter AG, Fiedler JA, Smith KA, Han PP, Speiser BL. Gamma knife radiosurgery for trigeminal neuralgia: the initial experience of The Barrow Neurological Institute. Int J Radiat Oncol Biol Phys. 2000;47(4):1013-9.
- Kaufmann AM, Price AV. A history of the Jannetta procedure. J Neurosurg. 2019;132:639-46.
- Ko AL, Ozpinar A, Lee A, Raslan AM, McCartney S, Burchiel KJ. Long-term efficacy and safety of internal neurolysis for trigeminal neuralgia without neurovascular compression. J Neurosurg. 2015;122:1048-57.
- Tyler-Kabara EC, Kassam AB, Horowitz MH, Urgo L, Hadjipanayis C, Levy EI, et al. Predictors of outcome in surgically managed patients with typical and atypical trigeminal neuralgia: comparison of results following microvascular decompression. J Neurosurg. 2002;96:527-31.
- Pamir M, Peker S. Microvascular decompression for trigeminal neuralgia: a long-term follow-up study. Minim Invasive Neurosurg. 2006;49:342-6.
- Holste K, Chan AY, Rolston JD, Englot DJ. Pain outcomes following microvascular decompression for drug-resistant trigeminal neuralgia: a systematic review and meta-analysis. Neurosurgery. 2020;86:182-90.
- Wu A, Doshi T, Hung A, Garzon-Muvdi T, Bender MT, Bettgeowda C, et al. Immediate and long-term outcomes of microvascular decompression for mixed trigeminal neuralgia. World Neurosurg. 2018;117:e300-7.
- Wei Y, Pu C, Li N, Cai Y, Shang H, Zhao W. Long-term therapeutic effect of microvascular decompression for trigeminal neuralgia: Kaplan-Meier analysis in a consecutive series of 425 patients. Turk Neurosurg. 2018;28:88-93.
- 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. 2007;107:1144-53.
- Sandell T, Eide PK. Effect of microvascular decompression in trigeminal neuralgia patients with or without constant pain. Neurosurgery. 2008;63:93-100.
- Zhao H, Wang X, Zhang Y, Zhang X, Tang Y, Zhou P, et al. Management of primary bilateral trigeminal neuralgia with microvascular decompression: 13-case series. World Neurosurg. 2018;109:e724-30.
- Karki P, Yamagami M, Takasaki K, Bohara M, Hosoyama H, Hanada T, et al. Microvascular decompression in patients aged 30 years or younger. Asian J Neurosurg. 2019;14:111.
- Bick SK, Huie D, Sneha G, Eskandar EN. Older patients have better pain outcomes following microvascular decompression for trigeminal neuralgia. Neurosurgery. 2019;84:116-22.
- 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. 2015;123:1512-8.
- Obermueller K, Shibani E, Obermueller T, Meyer B, Lehmborg J. Working ability and use of healthcare resources for patients with trigeminal neuralgia treated via microvascular decompression. Acta Neurochir (Wien). 2018;160:2521-7.
- Krishnan S, Bigder M, Kaufmann AM. Long-term follow-up of multimodality treatment for multiple sclerosis-related trigeminal neuralgia. Acta Neurochir (Wien). 2018;160:135-44.
- Vince GH, Bendszus M, Westermaier T, Solymosi L, Ernestus RI, Matthies C. Bilateral trigeminal neuralgia associated with Chiari's type I malformation. Br J Neurosurg. 2010;24:474-6.
- Tekkoc IH, Sumer M. Bilateral trigeminal neuralgia and Charcot-Marie-Tooth disease: diagnosis and successful microsurgical treatment of bilateral neurovascular compression. Zentralbl Neurochir. 2008;69:148-51.
- Cheng J, Meng J, Lei D, Hui X. Repeat microvascular decompression for patients with persistent or recurrent trigeminal neuralgia. Medicine (Baltimore). 2019;98:e15167.
- Hussain MA, Konteas A, Sunderland G, Franceschini P, Byrne P, Osman-Farah J, et al. Re-exploration of microvascular decompression in recurrent trigeminal neuralgia and intraoperative management options. World Neurosurg. 2018;117:e67-74.
- Degn J, Brennum J. Surgical treatment of trigeminal neuralgia. Results from the use of glycerol injection, microvascular decompression, and rhizotomy. Acta Neurochir (Wien). 2010;152:2125-32.
- Ferrol P, Acerbi F, Tomei M, Tringali G, Franzini A, Broggi G. Advanced age as a contraindication to microvascular decompression for drug-resistant trigeminal neuralgia: evidence of prejudice? Neurol Sci. 2010;31:23-8.
- Sekula RF, Frederickson AM, Jannetta PJ, Quigley MR, Aziz KM, Arnone GD. Microvascular decompression for elderly patients with trigeminal neuralgia: a prospective study and systematic review with meta-analysis. J Neurosurg. 2011;114:172-9.
- Sandel T, Eide PK. Long-term results of microvascular decompression for trigeminal neuralgia and hemifacial spasms according to preoperative symptomatology. Acta Neurochir (Wien). 2013;155:1681-92.
- Yang D, Wang Z, Jiang D, Chen H. The efficacy and safety of microvascular decompression for idiopathic trigeminal neuralgia in patients older than 65 years. J Craniofac Surg. 2014;25:1393-6.
- Gubian A, Rosahl SK. Meta-analysis on safety and efficacy of microsurgical and radiosurgical treatment of trigeminal neuralgia. World Neurosurg. 2017;103:757-67.
- Kasuya H, Kuroi Y, Yokosako S, Koseki H, Tani S. Intraoperative and postoperative bleeding in microvascular decompression for trigeminal neuralgia. World Neurosurg. 2018;118:e123-8.
- Xia L, Zhong J, Zhu J, Wang YN, Dou NN, Liu MX, et al. Effectiveness and safety of microvascular decompression surgery for treatment of trigeminal neuralgia: a systematic review. J Craniofac Surg. 2014;25:1413-7.
- Marchetti M, Pinzi V, De Martin E, Ghilmetti F, Fariselli L. Radiosurgery for trigeminal neuralgia: the state of art. Neurol Sci. 2019;40(Suppl 1):153-7.
- Tuleasca C, Régis J, Sahgal A, De Salles A, Hayashi M, Ma L, et al. Stereotactic radiosurgery for trigeminal neuralgia: a systematic review. J Neurosurg. 2018;130:733-57.
- Patra DP, Savardekar AR, Dossani RH, Narayan V, Mohammed N, Nanda A. Repeat Gamma Knife radiosurgery versus microvascular decompression following failure of GKRS in trigeminal neuralgia: a systematic review and meta-analysis. J Neurosurg. 2018 Oct 1;1-10. doi: 10.3171/2018.5.JNS18583. Online ahead of print.
- Tempel ZJ, Chivukula S, Monaco EA, Bowden G, Kano H, Niranjan A, et al. The results of a third Gamma Knife procedure for recurrent trigeminal neuralgia. J Neurosurg. 2015;122:169-79.
- Wu H, Zhou J, Chen J, Gu Y, Shi L, Ni H. Therapeutic efficacy and safety of radiofrequency ablation for the treatment of trigeminal neuralgia: a systematic review and meta-analysis. J Pain Res. 2019;12:423-41.
- Kanpolat Y, Savas A, Bekar A, Berk C. Percutaneous controlled radiofrequency trigeminal rhizotomy for the treatment of idiopathic trigeminal neuralgia: 25-year experience with 1600 patients. Neurosurgery. 2001;48:524-34.
- Wang X, Zhou C, Shen G, Xu M, Chen G, Zou Y, et al. Long-term outcomes of percutaneous retrogasserian glycerol rhizotomy in 3370 patients with trigeminal neuralgia. Turk Neurosurg. 2010;21:48-52.
- Harries AM, Mitchell RD. Percutaneous glycerol rhizotomy for trigeminal neuralgia: safety and efficacy of repeat procedures. Br J Neurosurg. 2011;25:268-72.
- Koning MV, Koning NJ, Koning HM. Reduced effect of percutaneous retrogasserian glycerol rhizolysis in trigeminal neuralgia affecting the third branch. Pain Pract. 2015;15:217-22.

40. Bender MT, Pradilla G, Batra S, See AP, James C, Pardo CA, et al. Glycerol rhizotomy and radiofrequency thermocoagulation for trigeminal neuralgia in multiple sclerosis. *J Neurosurg.* 2013;118:329-36.
41. Noorani I, Lodge A, Vajramani G, Sparrow O. Comparing percutaneous treatments of trigeminal neuralgia: 19 years of experience in a single centre. *Stereotact Funct Neurosurg.* 2016;94:75-85.
42. Chen J-F, Tu P-H, Lee S-T. Repeated percutaneous balloon compression for recurrent trigeminal neuralgia: a long-term study. *World Neurosurg.* 2012;77:352-6.
43. Du Y, Yang D, Dong X, Du Q, Wang H, Yu W. Percutaneous balloon compression (PBC) of trigeminal ganglion for recurrent trigeminal neuralgia after microvascular decompression (MVD). *Ir J Med Sci.* 2015;184:745-51.
44. Yuvaraj V, Krishnan B, Therese BA, Balaji TS. Efficacy of neurectomy of peripheral branches of the trigeminal nerve in trigeminal neuralgia: a critical review of the literature. *J Maxillofac Oral Surg.* 2018;18:15-22.
45. Bick SKB, Eskandar EN. Surgical treatment of trigeminal neuralgia. *Neurosurg Clin N Am.* 2017;28:429-38.