

## ORIGINAL

# Valor predictivo de la resonancia magnética para la identificación de compresiones neurovasculares en la neuralgia del trigémino



F. Ruiz-Juretschke<sup>a,\*</sup>, J.G. Guzmán-de-Villoria<sup>b</sup>, R. García-Leal<sup>a</sup> y J.R. Sañudo<sup>c</sup>

<sup>a</sup> Servicio de Neurocirugía, Hospital General Universitario Gregorio Marañón, Madrid, España

<sup>b</sup> Servicio de Neurorradiología, Hospital General Universitario Gregorio Marañón, Madrid, España

<sup>c</sup> Departamento de Anatomía y Embriología Humana, Facultad de Medicina, Universidad Complutense de Madrid, Madrid, España

Recibido el 23 de noviembre de 2016; aceptado el 26 de marzo de 2017

Accesible en línea el 23 de mayo de 2017

### PALABRAS CLAVE

Neuralgia del trigémino;  
Descompresión microvascular;  
Resonancia magnética;  
DRIVE;  
Sensibilidad;  
Valor predictivo

### Resumen

**Introducción:** La descompresión microvascular (DMV) es aceptada como único tratamiento quirúrgico etiológico para la neuralgia del trigémino (NT) clásica refractaria al tratamiento médico. Por ello existe un creciente interés por establecer el valor diagnóstico y pronóstico de la identificación de compresiones neurovasculares (CNV) mediante resonancia magnética (RM) con secuencias tridimensionales de alta resolución en pacientes con NT clásica candidatos a cirugía. **Métodos:** Este estudio observacional incluye una serie consecutiva de 74 pacientes con NT clásica refractaria intervenidos mediante DMV. En todos los pacientes se realizó una RM tridimensional de alta resolución con secuencias DRIVE preoperatoria para diagnosticar la existencia de una CNV, así como su grado, origen y localización. Los resultados de la RM fueron analizados de forma «ciega» para los hallazgos de la exploración quirúrgica y posteriormente comparados con estos. Se realizó un seguimiento mínimo de 6 meses para comprobar los resultados quirúrgicos, que se clasificaron según la escala de dolor facial del Barrow Neurological Institute (BNI score). El valor pronóstico de la RM preoperatoria se analizó mediante una regresión logística binaria.

**Resultados:** La RM preoperatoria con secuencias DRIVE demostró una sensibilidad del 95% y una especificidad del 87%, con un valor predictivo positivo del 98% y un valor predictivo negativo del 70%. Además se evidenció un buen grado de concordancia mediante el coeficiente kappa (CK) entre los hallazgos radiológicos y quirúrgicos respecto a la existencia de CNV (CK 0,75), al tipo de compresión (CK 0,74) y a la localización (CK 0,72), siendo del grado de concordancia moderado para el grado de compresión (CK 0,48).

Tras un seguimiento medio de 29 meses (rango 6-100 meses), el 81% de los pacientes presentaban un control del dolor sin o con medicación (BNI score I-III). Los pacientes con un resultado

\* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: [doc.fer@gmx.de](mailto:doc.fer@gmx.de) (F. Ruiz-Juretschke).

excelente del tratamiento, es decir aquellos sin dolor trigeminal y sin medicación (BNI score I) fueron el 66% al final del seguimiento. El análisis univariante mediante regresión logística binaria demostró que el diagnóstico de una CNV en la RM preoperatoria era un factor pronóstico favorable que incrementaba significativamente la probabilidad de obtener un resultado excelente (OR 0,17, IC del 95%, 0,04-0,72;  $p$  0,02) o aceptable (OR 0,16, IC del 95%, 0,04-0,68;  $p$  0,01) tras la DMV.

**Conclusiones:** La RM DRIVE presenta una elevada sensibilidad y especificidad para el diagnóstico preoperatorio de CNV en pacientes con NT clásica refractaria candidatos a tratamiento mediante DMV. El hallazgo de una CNV en el estudio de RM preoperatorio es un factor de buen pronóstico para la obtención de alivio del dolor a largo plazo con la DMV.

© 2017 Sociedad Española de Neurología. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

## KEYWORDS

Trigeminal neuralgia;  
Microvascular  
decompression;  
Magnetic resonance;  
DRIVE;  
Sensitivity;  
Predictive value

## Predictive value of magnetic resonance for identifying neurovascular compressions in trigeminal neuralgia

### Abstract

**Introduction:** Microvascular decompression (MVD) is accepted as the only aetiological surgical treatment for refractory classic trigeminal neuralgia (TN). There is therefore increasing interest in establishing the diagnostic and prognostic value of identifying neurovascular compressions (NVC) using preoperative high-resolution three-dimensional magnetic resonance (MRI) in patients with classic TN who are candidates for surgery.

**Methods:** This observational study includes a series of 74 consecutive patients with classic TN treated with MVD. All patients underwent a preoperative three-dimensional high-resolution MRI with DRIVE sequences to diagnose presence of NVC, as well as the degree, cause, and location of compressions. MRI results were analysed by doctors blinded to surgical findings and subsequently compared to those findings. After a minimum follow-up time of six months, we assessed the surgical outcome and graded it on the Barrow Neurological Institute pain intensity score (BNI score). The prognostic value of the preoperative MRI was estimated using binary logistic regression.

**Results:** Preoperative DRIVE MRI sequences showed a sensitivity of 95% and a specificity of 87%, with a 98% positive predictive value and a 70% negative predictive value. Moreover, Cohen's kappa (CK) indicated a good level of agreement between radiological and surgical findings regarding presence of NVC (CK 0.75), type of compression (CK 0.74) and the site of compression (CK 0.72), with only moderate agreement as to the degree of compression (CK 0.48).

After a mean follow-up of 29 months (range 6-100 months), 81% of the patients reported pain control with or without medication (BNI score I-III). Patients with an excellent surgical outcome, i.e. without pain and off medication (BNI score I), made up 66% of the total at the end of follow-up. Univariate analysis using binary logistic regression showed that a diagnosis of NVC on the preoperative MRI was a favorable prognostic factor that significantly increased the odds of obtaining an excellent outcome (OR 0.17, 95% CI 0.04-0.72;  $P=$ .02) or an acceptable outcome (OR 0.16, 95% CI 0.04-0.68;  $P=$ .01) after MVD.

**Conclusions:** DRIVE MRI shows high sensitivity and specificity for diagnosing NVC in patients with refractory classic TN and who are candidates for MVD. The finding of NVC on preoperative MRI is a good prognostic factor for long-term pain relief with MVD.

© 2017 Sociedad Española de Neurología. Published by Elsevier España, S.L.U. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

## Introducción

La neuralgia del trigémino (NT) es descrita como un dolor súbito, unilateral, intenso, breve, lancinante y recidivante en la distribución de una o más ramas del quinto par craneal que puede ser desencadenado por estímulos inocuos<sup>1</sup>.

Puede aparecer sin causa aparente (NT clásica o primaria) o como resultado de algún otro trastorno (NT secundaria). La teoría de la compresión neurovascular (CNV) planteada por Gardner y desarrollada por Jannetta a raíz de su experiencia con la descompresión microvascular (DMV) explica la NT como resultado de una compresión vascular, generalmente

arterial, que por el efecto de la pulsación continua sobre el nervio es capaz de generar una lesión traumática con desmielinización del mismo<sup>2-5</sup>.

Diversos estudios han intentado probar la precisión y el valor predictivo de la RM preoperatoria para identificar posibles CNV en pacientes con NT clásica refractaria que son valorados para realizar una DMV<sup>6-17</sup>. Si bien actualmente la indicación de un tratamiento quirúrgico se basa únicamente en la clínica del paciente, la demostración de una clara CNV puede ser un importante argumento a favor de la cirugía, especialmente en pacientes con dudas diagnósticas por una presentación inusual con dolor constante o en pacientes de mayor edad que, pese al riesgo quirúrgico, se pueden beneficiar de una DMV<sup>14</sup>.

Las secuencias volumétricas de alta resolución potenciadas en T2 (RM 3DT2) ofrecen un elevado contraste líquido/nervio y líquido/tumor sin la necesidad de emplear gadolinio. Además, se pueden emplear en combinación con secuencias T1 con contraste (2D o 3D)<sup>14,18,19</sup>. Una secuencia 3D permite un procesamiento con reconstrucción multiplanar con una alta resolución espacial. Las secuencias RM 3DT2 como son 3D *balanced* FFE, FIESTA, CISS, DRIVE y 3D FRFSE proporcionan un gran contraste entre las estructuras vasculonerviosas que aparecen hipointensas y el LCR que aparece hiperintenso, incluso para estructuras submilimétricas que se encuentran circundantes o en el seno del compartimento líquido.

El objetivo de este trabajo es describir la utilidad de la RM 3DT2 tipo DRIVE (*driven equilibrium radiofrequency reset pulse*) para el estudio de las relaciones neurovasculares en el ángulo pontocerebeloso (APC) en pacientes con NT. Para ello se analizó la sensibilidad y especificidad de esta secuencia de RM y se estimó el valor predictivo positivo y valor predictivo negativo de las imágenes DRIVE en comparación con los hallazgos de la exploración microquirúrgica. Además, se valoró la correlación entre la identificación de una CNV en la RM y los resultados del tratamiento mediante DMV a medio y largo plazo.

## Pacientes y métodos

Se trata de un estudio analítico observacional basado en una serie consecutiva de pacientes operados de NT en el Hospital General Universitario Gregorio Marañón desde enero del 2004 hasta enero del 2016. Se creó una base de datos a partir de las historias clínicas, los estudios de neuroimagen, los protocolos quirúrgicos y las imágenes intraoperatorias de los pacientes. Esta base de datos fue recogida retrospectivamente de 2004 a 2009 y continuada de forma prospectiva desde 2010 hasta la actualidad. Para la realización del estudio se seleccionó a todos los pacientes con NT clásica o idiopática según los criterios de la International Classification of Headache Disorders (ICHD-3 beta)<sup>20</sup> con un seguimiento mínimo de 6 meses. Entre enero del 2004 y enero del 2016 fueron intervenidos 98 pacientes de NT clásica mediante DMV. Todos los pacientes incluidos contaban con un estudio preoperatorio una RM con secuencias axiales y coronales tridimensionales de alta resolución potenciadas en T2 (RM 3DT2). El estudio preoperatorio mediante RM 3DT2 se empezó

**Tabla 1** Parámetros de la secuencia DRIVE

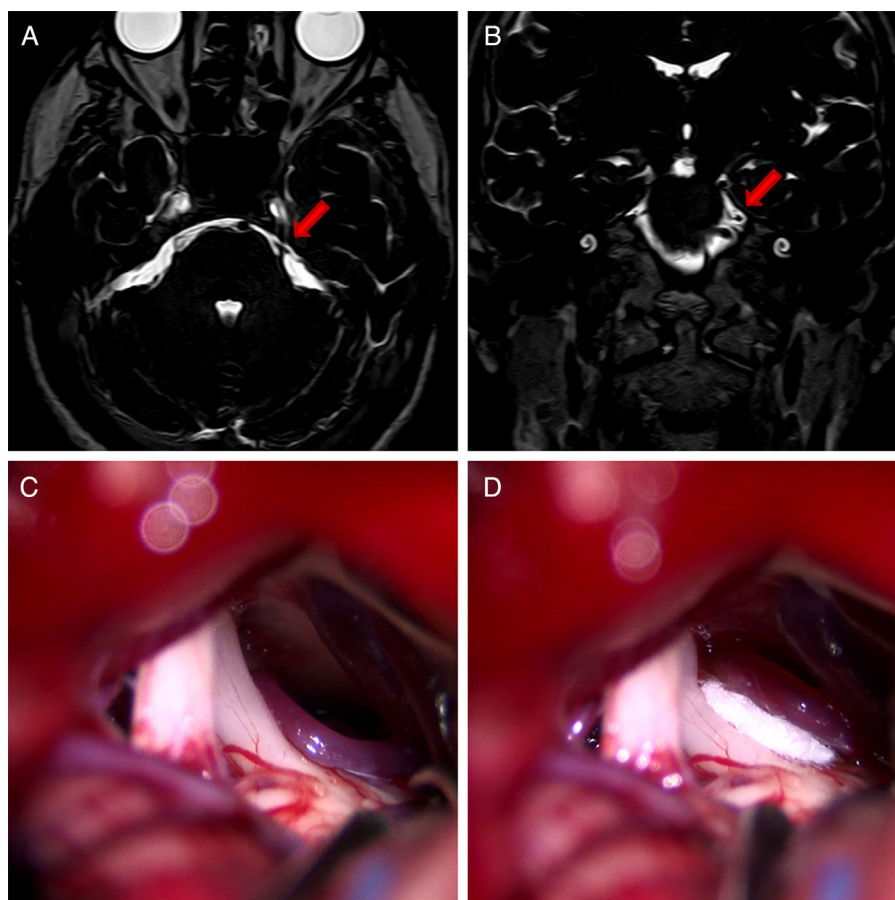
|   |
|---|
| Factor turbo: 60                                  |
| Tiempo de eco: 250 ms                             |
| Tiempo de repetición: 1.500 ms                    |
| Número de adquisiciones: 2                        |
| Utilización de mecanismo de compensación de flujo |
| Campo de visión: 180 × 180 mm                     |
| Matriz: 320 × 320, número de cortes: 30           |
| Tamaño del vóxel medido: 0,56 × 0,64 × 2 mm       |
| Tamaño del vóxel reconstruido: 0,56 × 0,56 × 1 mm |
| Adquisiciones en planos coronal y axial.          |

a realizar desde 2004, aunque no de forma sistemática hasta 2009. Por ello, 18 pacientes fueron excluidos por carecer de dichas secuencias de RM. Adicionalmente, 3 pacientes con la RM realizada en otros centros fueron excluidos por la dudosa calidad de la imagen y 3 pacientes no cumplieron el seguimiento mínimo de 6 meses. Se incluyó, por tanto, a 74 pacientes en el estudio, 24 estudiados de forma retrospectiva y 50 incluidos de forma prospectiva en la base de datos.

Los estudios de RM 3DT2 se obtuvieron con 2 equipos, un Intera y un Achieva de 1,5 Teslas (Philips Medical Systems, DA Best, Holanda). Para el estudio de las relaciones neurovasculares a nivel del APC se empleó una secuencia potenciada en T2 con DRIVE cuyos parámetros se muestran en la [tabla 1](#).

El procedimiento quirúrgico, descrito con anterioridad, consistió en un abordaje retrosigmoido y una exploración microquirúrgica APC para identificar posibles CNV a nivel del nervio trigémino<sup>21</sup> ([fig. 1](#)). En caso de identificarse una CNV, se descomprimió el nervio mediante la trasposición del vaso y la interposición de un fragmento de Teflon® (BardPV, Tempe, AZ, EE. UU.). En aquellos casos en que no se apreció compresión vascular o era dudosa, se realizó una rizotomía parcial sensitiva (RPS), consistente en la sección del tercio inferior del trigémino<sup>22</sup>. Si bien no es habitual el uso de neuronavegación en la cirugía del APC por las dificultades de registro y por el desplazamiento cerebeloso que altera las referencias de navegación, en casos concretos, como la compresión del trigémino por una dolicoectasia vertebral, se empleó la reconstrucción tridimensional con el software de neuronavegación de BrainLab (Feldkirchen, Alemania) para la planificación prequirúrgica<sup>23</sup> ([fig. 2](#)).

Los datos de neuroimagen en la parte retrospectiva de la serie fueron recogidos por el autor principal (FRJ) antes de realizar la revisión de los informes de quirófano, siendo por tanto una observación ciega para los resultados de la prueba considerada como «*gold standard*» que son los hallazgos microquirúrgicos. Se revisaron las RM preoperatorias en busca de secuencias tridimensionales de alta resolución potenciadas en T2 tipo DRIVE. En caso de aportar el paciente estudios externos, se valoró la equivalencia y calidad de la secuencia 3DT2, repitiendo la RM en caso de no ser considerado adecuado. Desde 2010 en adelante, todos los pacientes cuentan con una RM 3DT2 preoperatoria que fue recogida con anterioridad a la realización de la cirugía. La existencia de CNV se definió como un contacto entre el nervio trigémino y una estructura vascular a nivel del APC sin plano de LCR visible entre ambos. Los parámetros estudiados fueron:



**Figura 1** Secuencias DRIVE axial (A) y coronal (B) que muestran cómo la arteria cerebelosa superior (ACS) contacta con el trigémino izquierdo (flecha) en su cara superior comprimiéndolo. C) Imagen microquirúrgica del ángulo pontocerebeloso izquierdo en la que se identifica a la ACS comprimiendo el nervio trigémino. D) Interposición de un fragmento de Teflon® para descomprimir el nervio trigémino.

la existencia de CNV, el grado de CNV, el vaso causante de la CNV y la localización de la CNV. El grado de compresión nerviosa se valoró según la clasificación de Sindou<sup>24</sup> (tabla 2). Los hallazgos intraoperatorios de los casos hasta 2009 fueron recopilados de los informes quirúrgicos y contrastados con las imágenes y videos intraoperatorios. Desde 2010 los hallazgos microquirúrgicos se registran en la base de datos inmediatamente después de la cirugía.

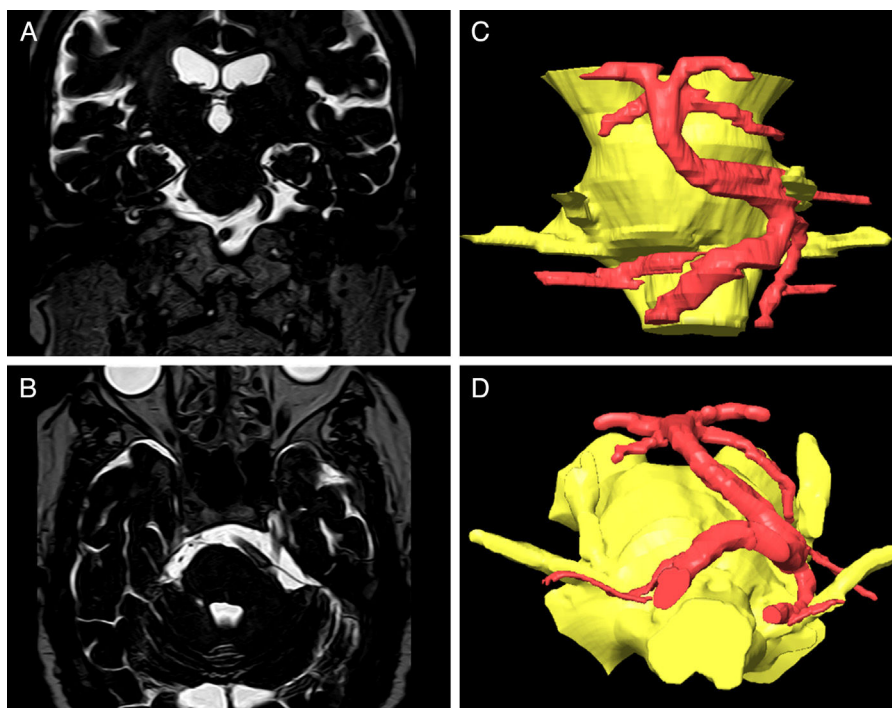
Los resultados de alivio del dolor se obtuvieron de los evolutivos del ingreso y de consultas, así como por entrevista telefónica al alta hospitalaria, al mes, a los 6 meses, al año, a los 2 años y al fin del seguimiento. El alivio del dolor se cuantificó según la escala de dolor facial del Barrow Neurological Institute (BNI score), que considera un resultado excelente la ausencia de dolor sin precisar medicación (BNI I) y un resultado aceptable el control del dolor precisando medicación (BNI I-III)<sup>25-27</sup> (tabla 3).

El análisis estadístico se efectuó considerando un nivel de significación de 0,05 y se calculó el intervalo de confianza (IC) del 95% para las variables analizadas. La concordancia del análisis de la RM con los hallazgos quirúrgicos se estimó con el test de kappa. Se consideró un concordancia débil para coeficientes kappa (CK) 0-0,39; moderada para CK 0,4-0,59; buena para CK 0,6-0,79 y muy buena para CK 0,8-1.

Para estimar la asociación entre el resultado quirúrgico y la existencia de CNV, se emplearon tablas de contingencia con el test exacto de Fisher. El riesgo relativo y su IC de la existencia de CNV en la RM como factor predictivo se calcularon una regresión logística binaria. La tasa de reaparición del dolor a lo largo del tiempo se estimó mediante el procedimiento de Kaplan-Meier, en el que se consideró como fallo del tratamiento la reaparición de dolor trigeminal no controlable con medicación, es decir, los grados IV y V del BNI score. Igualmente, se estimó el tiempo de supervivencia libre de dolor y sin tratamiento farmacológico, es decir, el grado I del BNI score. Las diferencias para la reaparición del dolor en función del hallazgo preoperatorio de una CNV se testaron mediante el método log-rank de Mantel-Cox. El análisis estadístico fue efectuado con el programa estadístico SPSS versión 15.0. Además, se empleó para la estimación de la sensibilidad, la especificidad y los valores predictivos de la RM el programa de análisis epidemiológico Epidat versión 3.1.

## Resultados

El estudio comprende una serie quirúrgica de 74 pacientes con NT clásica estudiados con una RM 3DT2 preoperatoria y



**Figura 2** Secuencias DRIVE coronal (A) y axial (B) en las que se aprecia un sistema vertebrobasilar dolicoectásico que comprime el nervio trigémino izquierdo. Las reconstrucciones tridimensionales con el software de neuronavegación BrainLab realizadas para la planificación quirúrgica ilustran la compresión del trigémino en su cara medial.

**Tabla 2** Hallazgos de RM y cirugía

| Variable  | RM 3DT2  | Cirugía  | $\chi^2$ (p) | Kappa |
|---|----------|----------|--------------|-------|
| <i>Existencia de CNV</i>  | 64 (86%) | 66 (89%) | 0,0001       | 0,75  |
| <i>Grado de CNV según la clasificación de Sindou<sup>24</sup></i> |          |          | 0,0001       | 0,48  |
| Nada  | 10 (14%) | 8 (11%)  |              |       |
| Contacto  | 41 (55%) | 23 (31%) |              |       |
| Desplazamiento del nervio sin indentación                         | 11 (15%) | 13 (18%) |              |       |
| Indentación del nervio  | 12 (16%) | 30 (40%) |              |       |
| <i>Vaso responsable de la CNV</i>                                 |          |          | 0,0001       | 0,74  |
| Ninguno   | 10 (13%) | 8 (11%)  |              |       |
| ACS   | 32 (43%) | 33 (44%) |              |       |
| AICA  | 5 (7%)   | 5 (7%)   |              |       |
| AV/AB   | 3 (4%)   | 3 (4%)   |              |       |
| Vena  | 11 (15%) | 18 (24%) |              |       |
| ACS + AB  | 2 (3%)   | 2 (3%)   |              |       |
| ACS + AICA  | 2 (3%)   | 2 (3%)   |              |       |
| ACS + vena  | 6 (8%)   | 3 (4%)   |              |       |
| Duda  | 2 (3%)   | 0 (0%)   |              |       |
| <i>Zona de contacto</i>   |          |          | 0,0001       | 0,72  |
| Ninguna   | 10 (13%) | 8 (11%)  |              |       |
| REZ   | 42 (57%) | 48 (65%) |              |       |
| Cisterna  | 19 (26%) | 14 (19%) |              |       |
| Poros trigeminal  | 3 (4%)   | 4 (5%)   |              |       |
| <i>Existencia de CNV c</i>  | 15 (20%) | —        |              |       |

ACS: arteria cerebelosa superior; AB: arteria basilar; AICA: arteria cerebelosa anteroinferior; AV/AB: arteria vertebral/basilar; CK: coeficiente kappa; CNV: compresión neurovascular; REZ: root entry zone;  $\chi^2$  (p): nivel de significación estadística para el test de la chi al cuadrado.

**Tabla 3** Barrow Neurological Institute pain intensity score (BNI score)

|     |  |
|-----|--|
| I   | Excelente: no dolor trigeminal, no medicación                          |
| II  | Bueno: dolor ocasional, no medicación                                  |
| III | Aceptable: dolor controlado adecuadamente con medicación               |
| IV  | Fallo de tratamiento: dolor no controlado adecuadamente con medicación |
| V   | Malo: dolor intenso, ausencia de alivio                                |

tratados mediante DMV entre 2004 y 2016. La edad media fue de 61,1 años, con un 34% de pacientes mayores de 70 años en el momento del tratamiento. La relación de hombres: mujeres fue de 1: 2,4. Los pacientes habían sido remitidos a nuestro servicio con el diagnóstico de NT clásica refractaria a tratamiento médico, presentando una evolución media desde el comienzo de su NT de 7,3 años. En el momento de acudir para valorar un tratamiento quirúrgico, el 74,3% estaba en tratamiento con 2 o más fármacos antiepilépticos sin obtener un alivio eficaz de su dolor o a expensas de efectos adversos intolerables. El 88% de los pacientes presentaba una NT tipo 1 de Burchiel con predominancia de episodios de dolor paroxístico, mientras que el 12% refería fundamentalmente un dolor constante, correspondiente a la NT tipo 2 de Burchiel<sup>28</sup>.

El análisis de la RM 3DT2 identificó la existencia de una CNV en 64 de los casos (86,5%), si bien el grado de compresión según la clasificación de Sindou apreciable en la RM fue solamente de contacto en 41 (64%) de los casos con CNV. La CNV diagnosticada por RM fue de tipo arterial en 44 (69%), venoso en 11 (17%), mixto en 7 (11%) y dudoso en 2 (3%) de los casos. Dentro de las CNV arteriales, el vaso más frecuentemente implicado fue la arteria cerebelosa superior en 42 (66%) de las compresiones, sola o junto con otros vasos. El contacto se localizó en la zona *root entry zone* (REZ) en 42 (66%) y en el trayecto cisternal en 19 (30%) de las CNV. En el 20% de los pacientes, la RM 3DT2 mostraba un contacto vascular en el nervio trigémino contralateral, sin que ninguno de estos pacientes refiriese dolor facial bilateral.

Durante la exploración microquirúrgica del APC se halló una CNV en 66 casos (89%), existiendo un grado de compresión superior al mero contacto (grados 2 y 3 de Sindou) en 43 (65%) de estos casos. Esto supone un grado de CNV mayor respecto a lo diagnosticado en la RM 3DT2. La exploración microquirúrgica evidenció igualmente predominancia de las compresiones arteriales o mixtas en 45 (68%) y 3 (5%) de los casos, respectivamente. Sin embargo, se encontró un número mayor de CNV venosas, 18 (27%). La localización más frecuente de la CNV en la exploración quirúrgica fue también la zona REZ en 37 (71%) de los casos.

El análisis mediante tablas de contingencia muestra una asociación significativa entre las observaciones realizadas mediante la RM preoperatoria y lo hallazgos quirúrgicos para todos los parámetros estudiados. El test de kappa muestra unos CK superiores a 0,7 para la existencia de CNV, el vaso responsable y la localización, que indican una buena concordancia entre ambas observaciones. En cambio, la estimación del grado de compresión mediante la clasificación de Sindou muestra una concordancia moderada con un CK de 0,48. Los datos están representados en la [tabla 2](#).

**Tabla 4** Tabla de contingencia de compresiones neurovasculares (CNV)

|                  | CNV en cirugía |    |       |
|------------------|----------------|----|-------|
|                  | Sí             | No | Total |
| <i>CNV en RM</i> |                |    |       |
| Sí               | 63             | 1  | 64    |
| No               | 3              | 7  | 10    |
| Total            | 66             | 8  | 74    |

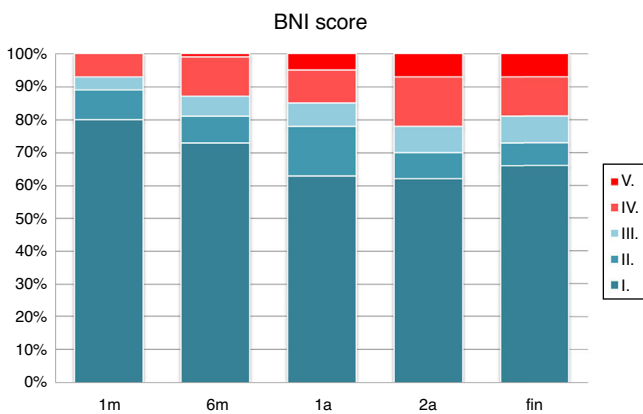
La tabla de contingencia del diagnóstico de CNV mediante RM y mediante cirugía ([tabla 4](#)) muestra que de los 64 pacientes con CNV en la RM en un caso esta no se constató en la cirugía, siendo por tanto un falso positivo (FP). En cambio, de los 10 casos sin CNV en la RM, en 3 casos esta sí se demostró en la cirugía, siendo por tanto falsos negativos. Consecuentemente, la RM 3DT2 demostró una sensibilidad del 95% y una especificidad del 87%. El valor predictivo positivo de la RM 3DT2 fue del 98%, correspondiente a los 50/51 verdaderos positivos, y el valor predictivo negativo fue del 70%, correspondiente a los 7/10 verdaderos negativos ([tabla 5](#)).

El procedimiento quirúrgico más frecuentemente realizado fue la trasposición del vaso y descompresión mediante interposición de un fragmento de Teflon® entre el nervio y el vaso responsable de la compresión. Esto se realizó en 63 (85%) de los casos, añadiendo en 9 de estos una RPS en caso de tratarse de una compresión dudosa, generalmente por un compromiso venoso. En los 8 pacientes en los que la exploración quirúrgica fue negativa se realizó un desbridamiento del nervio y una RPS. El seguimiento medio fue de 29 meses con una mediana de 20 meses (rango de 6 a 100 meses). Todos los pacientes incluidos tuvieron un seguimiento mínimo de 6 meses.

El tratamiento quirúrgico mostró una disminución del dolor medido mediante la EVA antes y después de la cirugía. La comparación de medias de la EVA mediante la prueba de Wilcoxon para muestras con distribución no normal relacionadas muestra una disminución significativa de la puntuación en la EVA al mes, a los 6 meses, al año, a los 2 años y al final del seguimiento ( $p < 0,0001$ ). Al mes de la cirugía, el 93% de los pacientes presentaban una mejoría aceptable con control del dolor sin o con medicación, BNI score I-III. El porcentaje de pacientes con un resultado satisfactorio se mantenía en un 85% al año y un 81% al final del seguimiento, respectivamente. Los pacientes con un resultado excelente del tratamiento, es decir aquellos sin dolor trigeminal y sin medicación tras la cirugía, fueron el 80% al mes, cayendo al 63% al año y al 66% a fin de seguimiento ([fig. 3](#)). Atendiendo al tipo de dolor, el 86,2% de los

**Tabla 5** Correlación de la RM con los hallazgos intraoperatorios

|                           | Valor | IC del 95% |
|---------------------------|-------|------------|
| Sensibilidad              | 95%   | 89,67-100% |
| Especificidad             | 87%   | 58,33-100% |
| Valor predictivo positivo | 98%   | 94,62-100% |
| Valor predictivo negativo | 70%   | 36,60-100% |



**Figura 3** Resultado quirúrgico según el BNI score a lo largo del tratamiento.

pacientes una NT tipo 1 de Burchiel con predominancia de dolor paroxístico obtuvo un resultado satisfactoria al final del seguimiento, frente a un 44% de los pacientes con NT tipo 2 de Burchiel, con dolor predominantemente constante (log-rank  $p < 0,01$ )

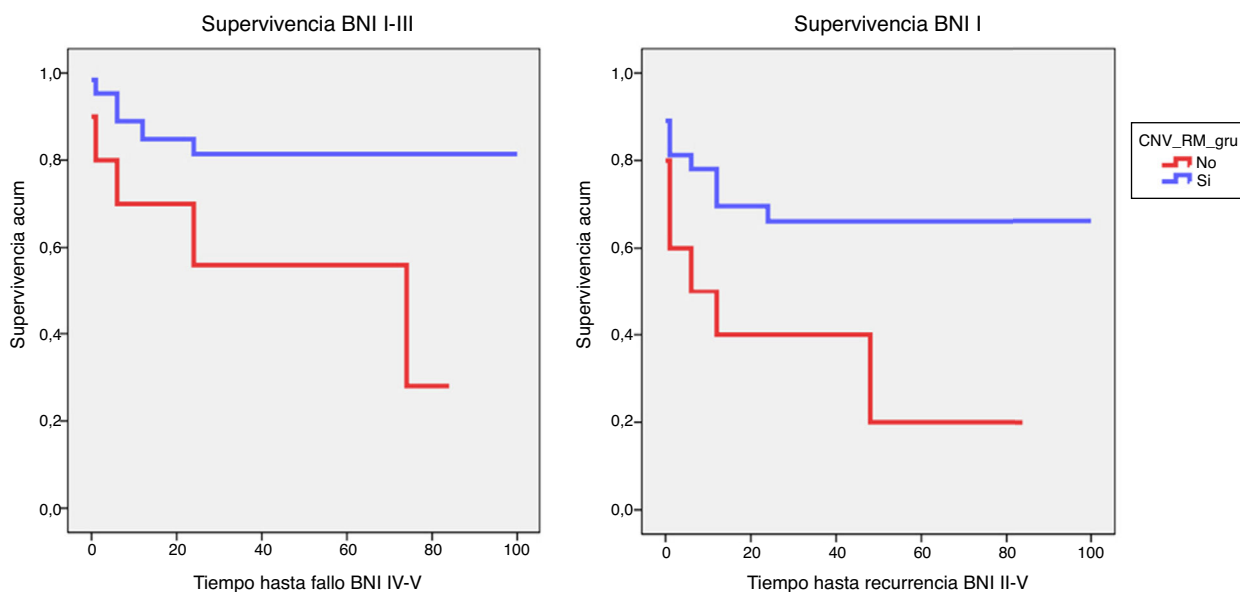
La identificación de una CNV en la RM preoperatoria demostró una asociación significativa con la obtención de un resultado quirúrgico aceptable BNI I-III ( $p = 0,02$ ). También se detectó una asociación significativa entre la existencia de CNV en la RM y la consecución de un resultado excelente BNI I al final del seguimiento ( $p = 0,03$ ). La regresión logística mostraba que los pacientes sin CNV en la RM preoperatoria tenían 6 veces menos probabilidad de obtener un control aceptable del dolor al final del seguimiento (OR 0,16, IC del 95%, 0,04-0,68;  $p < 0,01$ ). Asimismo, la probabilidad de llegar a estar sin dolor y sin medicación era 6 veces menor en los pacientes que no evidenciaban una CNV en la RM (OR 0,17, IC del 95%, 0,04-0,72;  $p = 0,02$ ). Las curvas de Kaplan y Meier mostraron unas tasas menores de supervivencia con

dolor controlado BNI I-III (log-rank  $p = 0,04$ ) y con ausencia de dolor sin medicamentos BNI I (log-rank  $p = 0,02$ ) en los pacientes que no presentaban CNV en la RM preoperatoria (fig. 4).

### Discusión

La literatura sobre los resultados inmediatos y a largo plazo de la DMV es extensa, con series con más de 5 años de seguimiento medio que describen una mejoría inicial del 76 al 99% de los pacientes con ausencia completa del dolor a largo plazo en el 62-89% de los casos y una tasa de recurrencia del 4 al 38%<sup>29-39</sup>. La mortalidad es inferior al 1% en las series más recientes, con una tasa de complicaciones neurológicas graves por debajo del 5%<sup>34,35,40</sup>.

Previo a la inclusión de la RM en el estudio sistemático de los pacientes con NT, no era infrecuente encontrar una lesión ocupante de espacio como causa de una supuesta NT clásica durante la exploración microquirúrgica del APC. Así Bederson y Wilson, en su serie de 1989, describen el hallazgo incidental de 2 meningiomas, 2 schwannomas y 3 tumores epidermoides en 252 exploraciones quirúrgicas<sup>30</sup>. Actualmente, las recomendaciones de la American Academy of Neurology (AAN) y la European Federation of Neurological Societies (EFNS) incluyen la realización rutinaria de pruebas de neuroimagen en el diagnóstico de la NT con el objetivo de descartar causas de NT secundaria<sup>41</sup>. Dado que la existencia de una CNV desempeña un papel fundamental en la fisiopatología de la NT clásica y la descompresión quirúrgica del nervio es capaz de curar o mejorar el dolor en la mayoría de los pacientes, existe un creciente interés por identificar mediante secuencias de RM posibles CNV en la NT clásica. Se han desarrollado múltiples secuencias de RM capaces de mostrar las relaciones neurovasculares a nivel del APC. Las series más antiguas emplean diversas secuencias de RM potenciadas en T1 con inyección de contraste que



**Figura 4** Curvas de Kaplan-Meier para la supervivencia con dolor controlado BNI I-III y la supervivencia sin dolor y sin medicación BNI I en función de la existencia de una CNV en la RM.

**Tabla 6** Diagnóstico preoperatorio de una compresión neurovascular en la neuralgia del trigémino mediante resonancia magnética

| Autor                                 | n   | Secuencias      | S    | E    | VPP  | VPN  | CNV contralateral |
|---------------------------------------|-----|-----------------|------|------|------|------|-------------------|
| Akimoto et al. <sup>6</sup> , 2002    | 24  | CISS FISP       | 100% | 100% | 100% | 100% | —                 |
| Patel et al. <sup>15</sup> , 2003     | 92  | FFE angio-RM    | 91%  | 100% | 100% | 50%  | 21%               |
| Anderson et al. <sup>7</sup> , 2006   | 48  | SPGR angio-RM   | 91%  | 100% | 100% | 33%  | 71%               |
| Chun-Cheng et al. <sup>9</sup> , 2009 | 45  | SPGR angio-RM   | 95%  | 100% | 100% | 60%  | 49%               |
| Han-Bing et al. <sup>10</sup> , 2010  | 167 | Angio-RM        | 90%  | 100% | 100% | 30%  | 14%               |
| Leal et al. <sup>11</sup> , 2010      | 100 | CISS angio-M    | 97%  | 100% | 100% | 75%  | -                 |
| Vergani et al. <sup>16</sup> , 2011   | 92  | DRIVE angio-RM  | 96%  | 75%  | 98%  | 50%  | -                 |
| Zeng et al. <sup>49</sup> , 2013      | 37  | FIESTA angio-RM | 97%  | 100% | 100% | 50%  | 32%               |
| Lee et al. <sup>12</sup> , 2014       | 190 | bFFE angio-RM   | 96%  | 86%  | 97%  | 84%  | -                 |
| Serie actual                          | 74  | DRIVE           | 95%  | 87%  | 98%  | 70%  | 20%               |

bFFE: balanced fast field echo; CISS: constructive interference in steady state; CNV: compresión neurovascular; DRIVE: driven equilibrium; E: especificidad; FIESTA: fast imaging employing steady-state acquisition; angio-RM: angiografía por resonancia magnética; S: sensibilidad; SPGR: spoiled gradient-recalled; VPN: valor predictivo negativo; VPP: valor predictivo positivo.

permiten realizar una angiorresonancia magnética (angio-RM), como FLASH (*fast low angle shot*, Siemens) y SPGR (*spoiled gradient echo*, General Electric). Las secuencias de angio-RM aportan un buen contraste entre la alta señal vascular, la señal intermedia del tejido nervioso y la baja señal del LCR. Sin embargo, puede ser difícil distinguir arteria de vena, así como determinar el vaso en concreto implicado en la CNV<sup>42-45</sup>. Meaney et al. muestran la utilidad de la angio-RM obteniendo una sensibilidad del 96% y una especificidad del 100% en 50 pacientes comparando con los hallazgos quirúrgicos<sup>46</sup>. En general, concluyen que la angio-RM es capaz de identificar pacientes con mayor probabilidad de curación mediante DMV.

Posteriormente, empiezan a aparecer estudios que emplean secuencias RM 3DT2, también llamadas secuencias de cisternografía por RM. Yoshino et al. demostraron en un estudio de 54 pacientes con angio-RM y secuencias CISS una sensibilidad significativamente mayor de la secuencia CISS para identificar compresiones causadas por venas y vasos de pequeño calibre<sup>47</sup>. Siguiendo esta tendencia, en los estudios recientes el análisis preoperatorio de CNV se basa fundamentalmente en secuencias de RM 3DT2, empleando adicionalmente angio-RM en muchos casos<sup>11,16,48</sup>. Tomando como referencia los hallazgos quirúrgicos, diversos autores describen una sensibilidad del 76 al 97% y una especificidad del 75% al 100%<sup>7-12,15,16,49</sup>. Además, se demuestra una elevada concordancia de los hallazgos de RM con los hallazgos descritos en la exploración quirúrgica, con CK de 0,7 a 0,9<sup>6,7,9,11</sup>. Anderson et al. describen en su serie de 48 pacientes estudiados conjuntamente con secuencias 3D-SPGR y 3D-TOF (*time of flight*) una sensibilidad del 91% y una especificidad del 100%. No hubo falsos positivos pero sí 4 falsos negativos. Esto indica un valor predictivo positivo del 100%, pero un valor predictivo negativo de solo el 33%. El coeficiente de concordancia kappa para los hallazgos radiológicos y quirúrgicos fue del 0,8. En este estudio se identificó una compresión contralateral en el 71% de los casos, aunque al realizar una comparación del grado de compresión mediante regresión logística, el nervio del lado sintomático tenía 1,96 veces más probabilidad de tener una compresión mayor (IC del 95%, 1,08-3,58)<sup>7</sup>. Otros estudios que muestran una alta sensibilidad y especificidad a menudo no tenían falsos positivos, por lo que los valores predictivos positivos son próximos

al 100%. Sin embargo, varios estudios recogen un cierto número de falsos negativos, que ocasiona valores predictivos negativos del 33 al 75%<sup>9-12,16,49</sup>. Es cierto que el bajo número de falsos eventos en general incrementa la variación en la tasa de falsos negativos. Pero esto indica una limitación de la resolución de las secuencias de angio-RM y RM 3DT2. Cuando se analizan los casos de falsos negativos, con frecuencia se trata de compresiones venosas muy próximas al tronco del encéfalo o compresiones por pequeño vaso.

En nuestra serie, empleando secuencias RM 3DT2 tipo DRIVE, la sensibilidad fue del 95% y la especificidad del 87%. La existencia de un falso positivo y 3 falsos negativos resulta en un valor predictivo positivo del 98% y un valor predictivo negativo del 70%. Estos resultados son equiparables a los que presentan estudios realizados mediante secuencias T1 con contraste, secuencias de angio-RM y secuencias 3DT2, solas o combinadas<sup>7,9-12,15,16,49</sup> (tabla 6). Los CK calculados para la concordancia entre los hallazgos radiológicos y quirúrgicos respecto a la existencia de compresión (0,75), el grado de compresión (0,48), el tipo de vaso responsable (0,74) y la localización de la compresión (0,72) indican una elevada concordancia, salvo para la determinación del grado de compresión. Los CK para estos parámetros descritos en el estudio de Leal et al. fueron de 0,79 para el grado de compresión, 0,82 para el tipo de vaso y 0,74 para la localización. Si bien son relativamente mejores, en este estudio no se empleó una única secuencia, sino una combinación de secuencias 3D T1 con gadolinio, angio-RM 3D TOF y CISS, con el incremento de tiempo y coste que ello supone<sup>11</sup>.

Algunos de los estudios mencionados realizan un seguimiento a medio y largo plazo de los pacientes estudiados mediante RM e intervenidos mediante DMV para estimar el grado de asociación entre la presencia de CNV en la RM preoperatoria y los resultados quirúrgicos. Así, Vergani et al. no encontraron una asociación significativa entre una RM negativa, con secuencias DRIVE y angio-RM TOF, y un mal resultado quirúrgico<sup>16</sup>. En cambio, Han-Bing et al., en un estudio de 144 pacientes valorados mediante angio-RM 3D-TOF, describieron una tasa de mejoría significativamente mayor en los pacientes con angio-RM positiva para la existencia de CNV que en los de angio-RM negativa, el 94 frente al 69% ( $p < 0,01$ )<sup>10</sup>. En nuestra serie la existencia de CNV en la RM se asoció de forma significativa a la consecución de



un resultado aceptable BNI I-III ( $p=0,02$ ) y de un resultado excelente BNI I al final del seguimiento ( $p=0,03$ ). El análisis univariante mediante regresión logística demostró que los pacientes sin CNV en la RM preoperatoria tenían 6 veces menos probabilidad de conseguir un control aceptable del dolor al final del seguimiento (OR 0,16, IC del 95%, 0,04-0,68;  $p < 0,01$ ). También la probabilidad de llegar a estar sin dolor y sin medicación fue 6 veces menor en los pacientes que no evidenciaban una CNV en la RM (OR 0,17, IC del 95%, 0,04-0,72;  $p=0,02$ ).

A pesar de los datos mencionados, en varias revisiones recientes se critica la falta de grandes estudios de casos control, prospectivos, ciegos, que permitan establecer con precisión la sensibilidad y la especificidad de la RM preoperatoria para la detección de CNV en la NT<sup>50,51</sup>. Las guías de la AAN y la EFNS del 2008 recomiendan el uso de la RM preoperatoria para descartar causas secundarias de la NT, pero consideran que no hay evidencia suficiente para defender o refutar el uso de la RM para diagnosticar la existencia de una CNV o para seleccionar qué pacientes tienen más probabilidad de responder a una DMV<sup>41</sup>. En ausencia de comparaciones directas, la revisión de la literatura muestra una mayor precisión de las secuencias 3DT2 respecto a la angio-RM<sup>47,49,52</sup>. Nuestros resultados y otros realizados con secuencias 3DT2 son equiparables a los de estudios que además añaden secuencias de angio-RM<sup>7,11,16,48,52</sup>. Los elevados valores de sensibilidad y especificidad indican que la RM preoperatoria es capaz de predecir tanto la presencia como la ausencia de una CNV con elevada precisión. Pese a ello, la mayoría de las series coinciden en la aparición de más falsos negativos que falsos positivos. En definitiva, significaría que una RM positiva para la existencia de CNV en el lado sintomático debe considerarse como altamente predictiva y además indica una mayor probabilidad de éxito de la DMV. Por el contrario, una RM negativa para la existencia de una CNV no excluye la posibilidad de encontrar una compresión del trigémino durante la disección microquirúrgica y, por tanto, no debe considerarse una contraindicación para la cirugía, aunque puede servir para alertar al cirujano de la posibilidad de una compresión por vasos de pequeño calibre o de tipo venoso. Así, teniendo en cuenta la posibilidad de una compresión de menor intensidad, de tipo venoso o incluso la ausencia de CNV, es posible informar al paciente sobre las implicaciones pronósticas.

## Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

## Bibliografía

- Zakrzewska JM. Diagnosis and differential diagnosis of trigeminal neuralgia. *Clin J Pain*. 2002;18:14–21.
- Gardner WJ. Concerning the mechanism of trigeminal neuralgia and hemifacial spasm. *J Neurosurg*. 1962;19:947–58.
- Jannetta PJ. Gross (mesoscopic) description of the human trigeminal nerve and ganglion. *J Neurosurg*. 1967;26(Suppl):109–11.
- Jannetta PJ. Observations on the etiology of trigeminal neuralgia, hemifacial spasm, acoustic nerve dysfunction and glossopharyngeal neuralgia. Definitive microsurgical treatment and results in 117 patients. *Neurochirurgia (Stuttg)*. 1977;20:145–54.
- Jannetta PJ. Neurovascular compression in cranial nerve and systemic disease. *Ann Surg*. 1980;192:518–25.
- Akimoto H, Nagaoka T, Nariai T, Takada Y, Ohno K, Yoshino N. Preoperative evaluation of neurovascular compression in patients with trigeminal neuralgia by use of three-dimensional reconstruction from two types of high-resolution magnetic resonance imaging. *Neurosurgery*. 2002;51:956–61 [discussion 61-2].
- 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*. 2006;58:666–73 [discussion-73].
- Benes L, Shiratori K, Gurschi M, Sure U, Tirakotai W, Krtschek B, et al. Is preoperative high-resolution magnetic resonance imaging accurate in predicting neurovascular compression in patients with trigeminal neuralgia? A single-blind study. *Neurosurg Rev*. 2005;28:131–6.
- Chun-Cheng Q, Qing-Shi Z, Ji-Qing Z, Zhi-Gang W. A single-blinded pilot study assessing neurovascular contact by using high-resolution MR imaging in patients with trigeminal neuralgia. *Eur J Radiol*. 2009;69:459–63.
- Han-Bing S, Wei-Guo Z, Jun Z, Ning L, Jian-Kang S, Yu C. Predicting the outcome of microvascular decompression for trigeminal neuralgia using magnetic resonance tomographic angiography. *J Neuroimaging*. 2010;20:345–9.
- Leal PR, Hermier M, Froment JC, Souza MA, Cristino-Filho G, Sindou M. Preoperative demonstration of the neurovascular compression characteristics with special emphasis on the degree of compression, using high-resolution magnetic resonance imaging: a prospective study, with comparison to surgical findings, in 100 consecutive patients who underwent microvascular decompression for trigeminal neuralgia. *Acta Neurochir (Wien)*. 2010;152:817–25.
- Lee A, McCartney S, Burbidge C, Raslan AM, Burchiel KJ. Trigeminal neuralgia occurs and recurs in the absence of neurovascular compression. *J Neurosurg*. 2014;120:1048–54.
- Miller J, Acar F, Hamilton B, Burchiel K. Preoperative visualization of neurovascular anatomy in trigeminal neuralgia. *J Neurosurg*. 2008;108:477–82.
- Miller JP, Acar F, Hamilton BE, Burchiel KJ. Radiographic evaluation of trigeminal neurovascular compression in patients with and without trigeminal neuralgia. *J Neurosurg*. 2009;110:627–32.
- Patel NK, Aquilina K, Clarke Y, Renowden SA, Coakham HB. How accurate is magnetic resonance angiography in predicting neurovascular compression in patients with trigeminal neuralgia? A prospective, single-blinded comparative study. *Br J Neurosurg*. 2003;17:60–4.
- Vergani F, Panaretos P, Penalosa A, English P, Nicholson C, Jenkins A. Preoperative MRI/MRA for microvascular decompression in trigeminal neuralgia: consecutive series of 67 patients. *Acta Neurochir (Wien)*. 2011;153:2377–81 [discussion 82].
- Zeng Q, Zhou Q, Liu Z, Li C, Ni S, Xue F. Preoperative detection of the neurovascular relationship in trigeminal neuralgia using three-dimensional fast imaging employing steady-state acquisition (FIESTA) and magnetic resonance angiography (MRA). *J Clin Neurosci*. 2012;20:107–11.
- Czerny C, Rand T, Gstoettner W, Woelfl G, Imhof H, Trattinig S. MR imaging of the inner ear and cerebellopontine angle: comparison of three-dimensional and two-dimensional sequences. *AJR Am J Roentgenol*. 1998;170:791–6.
- Schmalbrock P, Chakeres DW, Monroe JW, Saraswat A, Miles BA, Welling DB. Assessment of internal auditory canal tumors: a comparison of contrast-enhanced T1-weighted and steady-state

- T2-weighted gradient-echo MR imaging. *AJNR Am J Neuroradiol.* 1999;20:1207–13.
20. The International Classification of Headache Disorders. 3rd ed (beta version). *Cephalalgia.* 2013;33:629–808.
  21. McLaughlin MR, Jannetta PJ, Clyde BL, Subach BR, Comey CH, Resnick DK. Microvascular decompression of cranial nerves: lessons learned after 4400 operations. *J Neurosurg.* 1999;90:1–8.
  22. Ruiz-Juretschke F, Vargas AJ, Gonzalez-Quarante LH, Gil de Sagredo OL, Montalvo A, Fernandez-Carballal C. Microsurgical treatment of trigeminal neuralgia in patients older than 70 years: An efficacy and safety study. *Neurologia.* 2016. En prensa.
  23. Ruiz-Juretschke F, Iza B, Marañillo E. Anatomoclinical features of trigeminal neuralgia caused by vertebralbasilar dolichoectasia. *Eur J Anat.* 2016;20:185–90.
  24. 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.
  25. Chen HI, Lee JY. The measurement of pain in patients with trigeminal neuralgia. *Clin Neurosurg.* 2010;57:129–33.
  26. Nanda A, Javalkar V, Zhang S, Ahmed O. Long term efficacy and patient satisfaction of microvascular decompression and gamma knife radiosurgery for trigeminal neuralgia. *J Clin Neurosci.* 2015;22:818–22.
  27. 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;47:1013–9.
  28. Burchiel KJ. A new classification for facial pain. *Neurosurgery.* 2003;53:1164–6 [discussion 6-7].
  29. Barker FG 2nd, Jannetta PJ, Bissonette DJ, Larkins MV, Jho HD. The long-term outcome of microvascular decompression for trigeminal neuralgia. *N Engl J Med.* 1996;334:1077–83.
  30. Bederson JB, Wilson CB. Evaluation of microvascular decompression and partial sensory rhizotomy in 252 cases of trigeminal neuralgia. *J Neurosurg.* 1989;71:359–67.
  31. Klun B. Microvascular decompression and partial sensory rhizotomy in the treatment of trigeminal neuralgia: Personal experience with 220 patients. *Neurosurgery.* 1992;30:49–52.
  32. Mendoza N, Illingworth RD. Trigeminal neuralgia treated by microvascular decompression: A long-term follow-up study. *Br J Neurosurg.* 1995;9:13–9.
  33. Miller JP, Magill ST, Acar F, Burchiel KJ. Predictors of long-term success after microvascular decompression for trigeminal neuralgia. *J Neurosurg.* 2009;110:620–6.
  34. Olson S, Atkinson L, Weidmann M. Microvascular decompression for trigeminal neuralgia: Recurrences and complications. *J Clin Neurosci.* 2005;12:787–9.
  35. Sindou M, Leston J, Howeidly T, Decullier E, Chapuis F. Micro-vascular decompression for primary trigeminal neuralgia (typical or atypical). Long-term effectiveness on pain; prospective study with survival analysis in a consecutive series of 362 patients. *Acta Neurochir (Wien).* 2006;148:1235–45 [discussion 45].
  36. Sun T, Saito S, Nakai O, Ando T. Long-term results of microvascular decompression for trigeminal neuralgia with reference to probability of recurrence. *Acta Neurochir (Wien).* 1994;126:144–8.
  37. 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.* 2001;48:1261–7 [discussion 7-8].
  38. 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.
  39. Zakrzewska JM, Lopez BC, Kim SE, Coakham HB. Patient reports of satisfaction after microvascular decompression and partial sensory rhizotomy for trigeminal neuralgia. *Neurosurgery.* 2005;56:1304–11 [discussion 11-2].
  40. Li ST, Wang X, Pan Q, Hai J, Liu N, Shen F, et al. Studies on the operative outcomes and mechanisms of microvascular decompression in treating typical and atypical trigeminal neuralgia. *Clin J Pain.* 2005;21:311–6.
  41. Cruccu G, Gronseth G, Alksne J, Argoff C, Brainin M, Burchiel K, et al. AAN-EFNS guidelines on trigeminal neuralgia management. *Eur J Neurol.* 2008;15:1013–28.
  42. Masur H, Papke K, Bongartz G, Vollbrecht K. The significance of three-dimensional MR-defined neurovascular compression for the pathogenesis of trigeminal neuralgia. *J Neurol.* 1995;242:93–8.
  43. Kumon Y, Sakaki S, Kohno K, Ohta S, Ohue S, Miki H. Three-dimensional imaging for presentation of the causative vessels in patients with hemifacial spasm and trigeminal neuralgia. *Surg Neurol.* 1997;47:178–84.
  44. Boecher-Schwarz HG, Bruehl K, Kessel G, Guenther M, Pernecky A, Stoeter P. Sensitivity and specificity of MRA in the diagnosis of neurovascular compression in patients with trigeminal neuralgia. A correlation of MRA and surgical findings. *Neuroradiology.* 1998;40:88–95.
  45. Meaney JF, Miles JB, Nixon TE, Whitehouse GH, Ballantyne ES, Eldridge PR. Vascular contact with the fifth cranial nerve at the pons in patients with trigeminal neuralgia: Detection with 3D FISP imaging. *AJR Am J Roentgenol.* 1994;163:1447–52.
  46. Meaney JF, Eldridge PR, Dunn LT, Nixon TE, Whitehouse GH, Miles JB. Demonstration of neurovascular compression in trigeminal neuralgia with magnetic resonance imaging. Comparison with surgical findings in 52 consecutive operative cases. *J Neurosurg.* 1995;83:799–805.
  47. Yoshino N, Akimoto H, Yamada I, Nagaoka T, Tetsumura A, Kurabayashi T, et al. Trigeminal neuralgia: evaluation of neuralgic manifestation and site of neurovascular compression with 3D CISS MR imaging and MR angiography. *Radiology.* 2003;228:539–45.
  48. Maarbjerg S, Wolfram F, Gozalov A, Olesen J, Bendtsen L. Significance of neurovascular contact in classical trigeminal neuralgia. *Brain.* 2015;138:311–9.
  49. Zeng Q, Zhou Q, Liu Z, Li C, Ni S, Xue F. Preoperative detection of the neurovascular relationship in trigeminal neuralgia using three-dimensional fast imaging employing steady-state acquisition (FIESTA) and magnetic resonance angiography (MRA). *J Clin Neurosci.* 2013;20:107–11.
  50. Gronseth G, Cruccu G, Alksne J, Argoff C, Brainin M, Burchiel K, et al. Practice parameter: the diagnostic evaluation and treatment of trigeminal neuralgia (an evidence-based review): Report of the Quality Standards Subcommittee of the American Academy of Neurology and the European Federation of Neurological Societies. *Neurology.* 2008;71:1183–90.
  51. Lopez BC, Hamlyn PJ, Zakrzewska JM. Systematic review of ablative neurosurgical techniques for the treatment of trigeminal neuralgia. *Neurosurgery.* 2004;54:973–82 [discussion 82-3].
  52. 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.* 2006;238:689–92.