



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO

FACULTAD DE MEDICINA

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO

**INSTITUTO NACIONAL DE NEUROLOGÍA Y
NEUROCIRUGÍA**

***VARIABLES ANATÓMICAS POR RESONANCIA
MAGNÉTICA COMO PREDICTORES DE DIFICULTAD
PARA UTILIZAR EL BLANCO DE ZONA DE ENTRADA EN
PACIENTES CON NEURALGIA DEL TRIGÉMINO
TRATADOS CON RADIOCIRUGÍA***

TESIS DE POSGRADO
PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
NEUROCIRUJANO

PRESENTA:
DR. RAFAEL MEDÉLEZ BORBONIO

TUTOR DE TESIS: DR. SERGIO MORENO JIMÉNEZ

MÉXICO, D.F.

2013





Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

Dr. Nicasio Arriada Mendicoa
Director de Enseñanza

Dr. Juan Luis Gómez Amador
Profesor Titular del Curso de
Neurocirugía

Dr. Sergio Moreno Jiménez
Neurocirujano
Tutor de tesis

Dios le dijo: “Pide lo que quieras que yo te dé”. Él contestó: “Dame ahora sabiduría y conocimiento”.

1 Reyes 3:5-9

AGRADECIMIENTOS

A Dios por permitirme llegar hasta donde he llegado.

A mi esposa Margot que con su apoyo, tenacidad, comprensión y amor me ha ayudado a alcanzar una meta más.

A mis hijos: Rafael, Rebeca y Rhianna: motores que me impulsan a superarme día a día y a quienes amo plenamente.

A mi madre Dora Ofelia Borbonio que con su ejemplo me ha enseñado el camino de la superación, valor, entereza y amor.

A mis hermanos: Liz, Tito y Moy que siempre he sentido su apoyo y han sido mis leales compañeros y ejemplo a seguir.

A mis maestros del Instituto Nacional de Neurología y Neurocirugía “Manuel Velasco Suárez” principalmente al Dr. Sergio Gómez-Llata Andrade que siempre vió en mi esa chispa y luz por aprender y con sus enseñanzas poder transformar mi educación. Igualmente a los doctores Juan Luis Gómez Amador, Miguel Ángel Ramos Peek que siempre me brindaron su paciencia y compartieron sus enseñanzas de una manera incondicional.

A mi asesor de tesis: Dr. Sergio Moreno Jiménez y los M. en C. Alfredo Herrera González y Olga Olinca Galván de la Cruz que me ayudaron y apoyaron incondicionalmente a culminar la misma.

A mis amigos que hemos viajado juntos por esta maravillosa senda.

Al Glorioso Ejército Mexicano y sus integrantes, noble institución que me ha brindado la oportunidad para ser mejor y de la cual me siento muy orgulloso de pertenecer.

ÍNDICE

	PÁGINA
I. RESUMEN	8
II. ANTECEDENTES	10
1.- Definición	10
2.- Incidencia	11
3.- Fisiopatología	12
4.- Clasificación	15
5.- Diagnóstico	16
6.- Tratamiento	17
a. Médico	17
b. Quirúrgico	18
c. Descompresión microvascular	20
d. Resultados tratamiento quirúrgico	22
e. Radiocirugía	24
f. Resultados tratamiento radioquirúrgico	30
g. Radiocirugía modalidad LINAC	36
h. Radiocirugía modalidad CyberKnife	37

III. JUSTIFICACIÓN	39
IV. HIPÓTESIS	40
1.- Hipótesis alterna	40
2.- Hipótesis nula	40
V. OBJETIVOS	41
1.- Objetivo principal	41
2.- Objetivos secundarios	41
VI. METODOLOGÍA	42
1.- Diseño	42
2.- Población y muestra	42
a. Criterios de inclusión	42
b. Criterios de exclusión	43
c. Criterios de eliminación	43
d. Estudios de gabinete	43
3.- Realización del estudio	43
4.- Escalas de medición	46
5.- Análisis Estadístico	49
VII. CONSIDERACIONES ÉTICAS	50
VIII. RESULTADOS	51

1. Características demográficas y clínicas	51
2. Características anatómicas	58
3. Hallazgos postsimulación	62
IX. DISCUSIÓN	73
X. CONCLUSIÓN	82
XI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	83

RESUMEN DE LA INVESTIGACIÓN

El nervio trigémino es el 5/o nervio craneal, mixto, responsable de datos sensoriales de tacto, presión, temperatura y nocicepción de estímulos dolorosos de la porción de la cara, porción más rostral del cuero cabelludo, región auricular y porción superior del cuello. Así como de la función motora de los músculos de la masticación. La neuralgia del trigémino fue reconocida como una condición médica única desde la época de los griegos. Conocida también como tic doloroso, es un trastorno neuropático del nervio trigémino que provoca episodios de dolor intenso en cualquier zona inervada por sus ramas (oftálmica, maxilar, mandibular). Considerada entre las afecciones más dolorosas e incapacitantes.

La incidencia anual de la neuralgia del trigémino reportada en la literatura es de 3-5 por cada 100,000 habitantes. Se ha demostrado que el principal factor asociado con la patogenia de la neuralgia del trigémino es la compresión vascular en la zona de entrada del nervio, puede ser ocasionada por compresión tumoral y en ocasiones secundaria a enfermedades como la esclerosis múltiple.

Dentro de las modalidades de tratamiento tenemos la farmacológica, el manejo inicial es con terapia médica como carbamazepina, fenitoína, gabapentina o baclofeno. Los anticonvulsivantes son la primera línea de manejo, sin embargo cerca de 25% de pacientes no responden a los anticonvulsivantes. Cuando el manejo médico no es exitoso, los pacientes son referidos para tratamiento neuroquirúrgico, invasivos percutáneos y abiertos para aliviar el dolor en la mayoría de los individuos.

El uso de la radiocirugía en los años recientes ha emergido como una alternativa válida para el tratamiento de la neuralgia del trigémino con resultados de alivio del

dolor comparables con los procedimientos quirúrgicos ablativos percutáneos. Utilizada en la década de los años 50 desde que Lars Leksell trató algunos pacientes con esta patología.

El presente es un estudio transversal analítico, en el cual se midieron variables demográficas tales como edad, sexo lateralidad de la neuralgia, entre otras; así como variantes anatómicas con respecto al nervio trigémino: longitud, angulación con respecto al puente y espesor de la cisterna utilizando resonancia magnética secuencia FIESTA. Posteriormente se utilizó un programa simulador (Brain-Lab) para poder realizar un plan de tratamiento y poder medir la dosis recibida por el paciente, en el puente así como la medición en porcentaje de curva de isodosis y la distancia del isocentro desde el sitio de entrada.

Se realizó el análisis estadístico descriptivo con medidas de tendencia central y de dispersión. Se realizó estadística inferencial de acuerdo a como se comportaron las variables.

El objetivo del presente estudio es poder encontrar una correlación anatómica del nervio trigémino en aquellos pacientes que padecen neuralgia del trigémino. Además de poder determinar el daño probable hacia el tallo cerebral. Así como determinar un factor predictivo para establecer una modalidad de tratamiento (flujograma) con respecto a los resultados de este estudio. Por último: poder determinar un tiempo promedio para acelerar el proceso tanto de selección como de realización del estudio.

ANTECEDENTES

1. DEFINICIÓN.

La neuralgia del trigémino fue reconocida como una condición médica única desde la época de los griegos.^{1,2} Conocida también como tic doloroso^{3,4,5,6,7} ó enfermedad de Fothergill.⁸ Fue descrita por primera vez en el siglo II por Arateus de Capadocia.^{7,8,9} 900 años más tarde (en el año 1037) es descrita por Ameli.⁸ Desde esa época ha tenido una variación de descripciones y clasificaciones.⁹

Jujani un médico del oriente medio del siglo XI discutió un problema de dolor facial relacionado con espasmos y ansiedad. Sugiriendo que “el dolor es resultado de la proximidad de la arteria al nervio”.⁷

Desde la primera descripción en 1773 por John Fothergill de 14 pacientes con dolor facial paroxismático, se ha reconocido a la neuralgia del trigémino como una entidad clínica única.^{8,10} Fue en 1756 cuando el médico francés Nicolaus Andre reconoció la naturaleza única del síndrome comentando que era “exclusiva y diferente de otras enfermedades” y le denominó “tic doloroso”.⁷

La neuralgia del trigémino es la alteración dolorosa neuropática más común craneofacial.¹¹ Se define como paroxismos breves de dolor limitado a la distribución facial del nervio trigémino en cualquier zona inervada por sus ramas (oftálmica, maxilar, mandibular)^{12,13} y desencadenada por estímulos en el área receptiva de terminaciones sensoriales.¹⁴ El dolor puede ser espontáneo,

episódico, unilateral, tipo descarga eléctrica que surge de una localización constante en la cara.¹¹ Son más comunes en las ramas V2 y V3.^{3,11,15}

La Asociación Internacional para el Estudio del Dolor la define como un dolor repentino, usualmente unilateral, severo, breve, lancinante y con episodios recurrentes de dolor en uno de los ramos del nervio trigémino.^{16,17,18,19}

Posee 5 características clásicas descritas por White & Sweet siendo: paroxística, provocable, unilateral, confinada al territorio del trigémino y no asociada a una pérdida sensorial o motora.^{4,5,20}

Varios desencadenantes pueden ocasionar dolor: vibración, toques ligeros, movimientos de masticación, estímulos cutáneos, brisa en la cara, inclusive el hablar o el cepillado de los dientes.^{4,8,21}

Se define a la neuralgia del trigémino esencial cuando no hay una causa secundaria.^{22,23,24}

2. INCIDENCIA.

La incidencia anual de la neuralgia del trigémino reportada en la literatura es de 4 a 5 casos por cada 100,000 habitantes.^{4,7,16,25} Mientras otros autores reportan en la literatura incidencia de 3 a 5 casos por cada 100,000 pacientes.^{5,14,17,20,26}

También se ha reportado incidencia de casos de 0.004 a 0.016% en la población de Estados Unidos, se traduce de 12,000 a 15,000 nuevos casos cada año.^{3,6,12,26}

Es un síndrome doloroso facial crónico que se presenta principalmente en la 6ª o 7ª década de la vida.⁴ Se considera una de las causas más comunes de dolor facial en edad avanzada.¹³ El promedio de edad al diagnóstico es de 67 años.¹⁴

La incidencia de la neuralgia idiopática aumenta con la edad siendo las mujeres mayormente afectadas.²⁶ Se ha descrito que en la historia natural de la neuralgia del trigémino empeora el dolor paroxístico con el paso del tiempo.¹⁴

3. FISIOPATOLOGÍA.

El nervio trigémino es el 5/o nervio craneal, mixto, responsable de datos sensoriales de tacto, presión, temperatura y nocicepción de estímulos dolorosos de la porción de la cara, porción más rostral del cuero cabelludo, región auricular y porción superior del cuello. Así como de la función motora de los músculos de la masticación. Existen algunas teorías que pueden explicar las causas de este síndrome doloroso.²⁷

Las causas de la neuralgia del trigémino no han sido muy bien entendidas, pero en la mayoría de los casos se debe a una estructura vascular o masa tumoral.³ El mecanismo de la neuralgia del trigémino no es claro.^{11,20} La principal explicación es cuando un vaso sanguíneo comprime el nervio trigémino en cualquier parte de su trayecto. Encontrándose la arteria cerebelosa superior como la principal y la mayor implicada en esta patología.²⁷

La etiología ha sido adjudicada a una compresión de un vaso sanguíneo en la raíz del trigémino en su unión con el puente, alterando la transmisión axonal.⁴ La existencia del contacto vascular entre arterias o venas en la zona de entrada de la raíz del nervio trigeminal con el nervio trigémino ha sido identificado frecuentemente en asociación con la neuralgia del trigémino clásica y se ha propuesto que es la causa de esta alteración.^{28,29}

Generalmente la enfermedad es secundaria a una distorsión del nervio trigémino y compresión del mismo a través de un trauma crónico por medio de las pulsaciones continuas de los vasos que están en íntimo contacto. Este trauma crónico provoca cortocircuitos entre las mismas fibras ocasionando a su vez una desmielinización y un aumento en la transmisión neuronal llamada transmisión efáptica.^{13,27} Se ha escrito que la neuralgia del trigémino puede ser secundaria a una desmielinización local en la raíz del nervio trigémino.^{6,24,25} La desmielinización ocurre en un área circunscrita alrededor de la compresión. Sin embargo no se encuentra claro como es que la desmielinización conlleva a los síntomas de la neuralgia del trigémino.¹³

Tal compresión puede dañar la vaina protectora de mielina y provocar un funcionamiento errático e hiperactivo del nervio. Produciendo ataques de dolor a la mínima estimulación de cualquier región inervada por el nervio así como entorpecer la capacidad del nervio para inhibir las señales dolorosas tras el final de la estimulación.²⁷

La compresión neurovascular se define como la existencia de un vaso en contacto con el nervio trigémino, de acuerdo a los criterios de Masur que se pueden observar en la resonancia magnética: 1.- sin contacto 2.- contacto simple 3.- dislocación del nervio.²⁸

Aunque la mayoría de las neuralgias trigeminales idiopáticas son causadas por compresión vascular en la zona de entrada de la raíz del nervio trigémino,^{30,31} en algunos casos la neuralgia es un síntoma de otra enfermedad, en especial secundaria a una lesión ocupante de espacio que comprime al nervio trigémino en cualquier punto desde el puente hasta el ganglio de Gasser.¹⁰ Varias condiciones benignas y malignas pueden afectar el nervio trigémino, resultando en disfunción del nervio trigeminal (neuropatía trigeminal).³²

Puede surgir el dolor sin daño aparente al nervio pero también puede surgir de la compresión o irritación de la raíz usualmente a unos cuantos milímetros de la entrada dorsal al puente: la zona de entrada de la raíz.^{11,13,33} En 1934, Dandy describió la compresión vascular de la raíz del nervio trigémino en 45% de 215 pacientes con dolor facial paroxístico, hallando en la exploración del ángulo pontocerebeloso.¹⁰

Se ha descrito una amplia variedad de causas como los tumores, aneurismas y malformaciones arteriovenosas.³⁴ Es muy raro demostrar una anomalía anatómica en estudios de imagen tanto en la vía central o periférica del nervio trigémino afectado.⁴ En algunos casos no es posible identificar una estructura vascular relacionada.³⁵

Aproximadamente de 1 a 4% de los casos de neuralgia del trigémino se asocian con placas de esclerosis múltiple o infartos lacunares dentro del sistema trigeminal en el tallo cerebral.^{6,13,19,20,31,34,36} Recientemente se ha reportado que el infarto de la raíz en la zona de entrada del nervio es una causa probable de neuralgia del trigémino.³⁴

Basándose sólo en el examen clínico, no siempre es posible localizar la lesión con precisión a lo largo del nervio trigémino, debido a que este posee derivaciones y patrones anastomóticas.³² Es difícil identificar sus ramas aún en la zona de entrada.³⁵

Los episodios de dolor pueden darse de forma paroxística, con dolor incapacitante, miedo a la recurrencia, afección al estilo de vida: alteración del sueño, malnutrición, irritabilidad, ansiedad severa y depresión.^{5,12,21} Los ataques suelen presentarse unilaterales pero se ha demostrado que hasta en un 3 a 5% de los casos el dolor es bilateral.²⁷ Una gran cantidad de los pacientes presenta inicio del dolor en una de las ramas del nervio y al cabo de los años el dolor se desplaza por las otras ramas del nervio.^{9,11}

4. CLASIFICACIÓN.

Existen varias clasificaciones reportadas en la literatura. La Sociedad Internacional de la Cefalea clasifica la neuralgia del trigémino en clásica y sintomática,¹⁶ siendo la clásica todos los casos incluidos sin una etiología establecida o idiopática,²⁴ denominada también primaria,³³ es la neuropatía craneal más común.²⁶

La neuralgia del trigémino sintomática se define cuando hay una causa específica tales como tumoraciones, alteraciones de la base de cráneo,¹⁶ es decir, relacionada a una lesión patológica visible; encontrando entre las causas más comunes: Schwannoma, meningioma, tumor epidermoide, lipoma, melanoma primario maligno y metástasis de carcinoma de cabeza y cuello.³³

La Sociedad Internacional de la Cefalea también ha definido el dolor de neuralgia del trigémino como sigue a continuación: 1.- ataques paroxísticos con duración de 1 a 2 minutos afectando una ó más divisiones del nervio trigémino; 2.- dolor intenso, lancinante, superficial tipo puñalada (transfictivo) precipitada por tocar áreas ó factores desencadenantes; 3.- ataques esterotipados en pacientes individuales; 4.- sin déficit neurológico clínico evidente y 5.- dolor no atribuído a ninguna alteración.⁹

La neuralgia del trigémino atípica, descrita desde 1950, se define como un dolor confinado al nervio trigémino de forma continua (puede durar todo el día), puede ser ocasionado sin desencadenantes definidos y se traduce en un dolor quemante y lancinante. Su presentación es menos común que la clásica.^{5,7,9}

La neuralgia herpética aguda es caracterizada como un dolor quemante tipo choque eléctrico o brote doloroso en asociación con una erupción de herpes zoster. El dolor es asociado con disestesias, parestesias, hiperalgesia, hiperestesia y alodinia (reproducción del dolor por estímulos inocuos). En muy raros casos la neuralgia herpética puede ocurrir sin el desarrollo de erupción de herpes zoster. Es común la persistencia del dolor más de 3 meses después de la resolución del rash herpético. Se presenta de un 10 a 15% de pacientes que presentaron herpes zoster.³⁷

5. DIAGNÓSTICO.

El diagnóstico de esta enfermedad es puramente clínico, sobre todo en aquellos establecidos desde 1988 por la Sociedad Internacional de Cefalea;^{5,14} sin embargo se solicitan estudios de imagen tales como tomografía y resonancia magnética

para descartar una patología tumoral; dentro de la resonancia magnética se solicitará secuencia FIESTA para poder observar el trayecto del nervio y poder determinar si existe patología compresiva vascular.²⁷

El valor de la tomografía y de la resonancia magnética es indiscutible pero solo 5 a 8% de los pacientes con neuralgia del trigémino se demuestra que el dolor es secundario a una lesión.¹⁰

La IRM con reconstrucción 3D se ha utilizado exitosamente para el estudio de la anatomía del nervio del trigémino y tallo cerebral y sus relaciones vasculares. Aportando una pequeña información con respecto a la influencia de la compresión neurovascular en el resultado del dolor en los pacientes tratados con radiocirugía.²⁸

6. TRATAMIENTO.

a. Médico.

La primera línea de terapia es la farmacológica,^{4,9,14,15,26,38,39,40} siendo los anticonvulsivantes la primera línea de manejo, principalmente la carbamazepina (CBZ) y fenitoína^{15,24} ó se utilizan también antidepresivos²⁴ gabapentina y baclofeno.^{4,5,22,36,41,42} Se ha reportado la introducción de numerosos medicamentos para el tratamiento médico de la neuralgia del trigémino con el fin de aminorar el dolor facial con variable tasa de éxito.²⁶

Con la introducción de la fenitoína en la década de los años 40 y la carbamazepina en los 60 cambió considerablemente el manejo de la neuralgia del trigémino.¹⁶

Se ha reportado un alivio del dolor desde un 25% a 75% de los pacientes tratados medicamente, generalmente esta efectividad disminuye con el paso del tiempo y se debe incrementar la dosis de los medicamentos, también se han observado efectos adversos. Ocasionados por una variedad de medicamentos o combinación de los mismos.^{6,9,14}

Algunos pacientes requieren modalidades de tratamiento adicionales al tratamiento médico sobre todo si la respuesta a los medicamentos es sub-óptima, transitoria o asociada a efectos indeseables.¹² Se ha reportado que cerca del 25% de los pacientes no responden a los anticonvulsivantes.¹

b. Quirúrgico.

Algunos pacientes que no responden a los fármacos, tiene respuesta pobre, desarrollan recurrencia del dolor o presentan problemas adversos severos entonces se emplean procedimientos neuroquirúrgicos invasivos percutáneos y abiertos para aliviar el dolor en la mayoría de los individuos.^{3,4,13,20,24,39,40,43}

Aproximadamente el 25% de pacientes con neuralgia idiopática requieren tratamiento quirúrgico por falla al tratamiento médico, desarrollo de taquifilaxia ó presentación de efectos adversos. Se traduce que aproximadamente 8000

pacientes reciben tratamiento neuroquirúrgico para neuralgia del trigémino idiopática cada año en EEUU.²⁶

Los métodos quirúrgicos del tratamiento de la neuralgia del trigémino se involucran en 2 grandes categorías: los dirigidos a la destrucción del nervio y la descompresión microvascular.^{2,15}

Desafortunadamente el alivio del dolor alcanzado con el tratamiento médico disminuye con el paso del tiempo. Se han utilizado una variedad de procedimientos quirúrgicos cuando no hay respuesta al tratamiento médico tales como la craneotomía con descompresión microvascular, rizotomía percutánea con radiofrecuencia, rizolisis con glicerol, microcompresión percutánea con balón, ablación por radiofrecuencia, neurectomía percutánea y cirugía con Gamma Knife.^{3,5,6,13,22,24,26,29,38,42}

Todos estos procedimientos han sido recomendados como tratamiento de elección para la neuralgia del trigémino en varios estudios.^{5,14,19,23,43} Aunque la existencia de opciones de tratamiento quirúrgico múltiple indica que ninguno es verdaderamente ideal.²⁶

El tratamiento quirúrgico mayormente usado para la neuralgia del trigémino idiopática es la descompresión microvascular (DMV), seguido de la rizotomía percutánea por radiofrecuencia, microcompresión por balón, rizolisis con glicerol, rizotomía trigeminal de la fosa posterior y radiocirugía.^{17,26}

Los procedimientos menos invasivos que la DMV se realizan principalmente en pacientes de edad avanzada, sufren de co-morbilidades médicas o con recurrencia al dolor facial después de una cirugía previa.⁶ Se han publicado

excelentes tasas de éxito utilizando la compresión por balón. Hay reportes de tasas similares de éxito con inyecciones de glicerol. Al utilizar el glicerol, el líquido es corrosivo para las fibras nerviosas y se daña ligeramente al nervio para interrumpir las señales dolorosas errantes.^{27,44}

Una modalidad del tratamiento quirúrgico consiste en realizar compresión suave sobre el mismo (neurolysis) de tal modo que se interrumpen las señales nociceptivas. En manos entrenadas, se ha publicado que las tasas de éxito quirúrgico superan el 90%.^{27,44}

c. Descompresión microvascular: DMV.

La neuralgia del trigémino ha desconcertado a cirujanos desde el siglo XVIII, fue practicada en Francia la sección periférica de ramos nerviosos del nervio trigémino.¹

Inicialmente se accedía extracranealmente a través de la fosa pterigoides y fue hasta 1891 cuando se realizó la craniectomía para la remoción extradural del ganglio a través de la fosa temporal con Hartley en Estados Unidos y Krause en Alemania.¹ La pobre visualización y control de hemostasia ofrecía una mortalidad de 24%. En 1905 Cushing reportó 332 ganglionelectomías extradurales con solo 2 muertes. Pero fue hasta 1925 cuando Dandy notificó la compresión vascular de las raíces en la zona de entrada cambiando el tratamiento quirúrgico de la enfermedad. Los accesos mínimamente invasivos culminaron con la elegante descompresión microvascular establecida por Peter Jannetta en la década de los años 60.¹

Gardner y Miklos en 1958 y posteriormente Janneta en la década de los años 60 desarrollaron la descompresión neurovascular del nervio en el ángulo pontocerebeloso como un tratamiento quirúrgico no destructivo de la neuralgia del trigémino.¹⁰ Actualmente es considerada como el “gold standard” para tratar la neuralgia del trigémino.²⁵

La descompresión microvascular (DMV) ha sido utilizada desde 1967 por Jannetta, siendo el primer neurocirujano que explora los nervios craneales a través de la fosa posterior utilizando técnicas microquirúrgicas para tratar la neuralgia del trigémino.⁴⁵

Se ha demostrado que hasta en 95% existe un conflicto vástulo nervioso entre el nervio trigémino y una arteria y en casos más raros una vena.²⁷ Por lo anterior la descompresión microvascular ha sido reportada como la solución más exitosa y racional ante la presencia de este conflicto neurovascular.⁴⁰ También es considerada la mejor opción de tratamiento quirúrgico para los pacientes con neuralgia del trigémino que han fallado con el tratamiento médico.⁶

El principio de la cirugía (Gardner-Janneta) consiste en liberar la raíz del nervio de la compresión vascular mediante separación minuciosa del nervio y del vaso; manteniendo esta separación con una prótesis de teflón (politetrafluoroetileno) entre el nervio trigémino y la arteria. O bien coagulando la vena generalmente la petrosa superior.²¹

Con respecto a la técnica quirúrgica se requiere anestesia general, posición en decúbito lateral y técnicas microquirúrgicas, se puede realizar en una craniectomía de 15 a 20 mm por detrás de la mastoides. En la mayoría de los casos el conflicto

es yuxtaprotuberancial, aunque es necesario explorar la totalidad del nervio hasta el cavum de Meckel para encontrar otros sitios eventuales de compresión.⁴⁶

Este método ha sido establecido en un número considerable de centros neuroquirúrgicos en todo el mundo. Pero la proporción de casos en los cuales se confirma la compresión neurovascular durante la cirugía es controversial. Las cifras publicadas oscilan entre un rango del 10 hasta cerca del 100%.¹⁰

La selección del tratamiento quirúrgico debe ser individual para cada paciente.²⁶ La decisión sobre cual cirugía debe realizarse se basa en la edad del paciente, condiciones médicas y severidad del dolor.⁶

d. Resultados tratamiento quirúrgico.

A pesar de que se asocia con un alivio del dolor inicial, todos los procedimientos quirúrgicos poseen variables tasa de recurrencia y morbilidad.³⁹ Se considera que son efectivos pero asociados a riesgos quirúrgicos significativos y complicaciones potenciales a largo plazo.³⁸ Los riesgos quirúrgicos de los procedimientos invasivos son sangrado, fístula del líquido cefalorraquídeo (LCR) e infecciones.⁴² Además se pueden presentar tanto la recurrencia como el desarrollo de secuelas permanentes.^{12,47}

Muchos procedimientos invasivos tales como la rizotomía percutánea pueden ofrecer inmediato alivio del dolor pero la duración de la respuesta suele disminuir conforme al paso del tiempo.⁹ Se ha reportado que la rizotomía percutánea con radiofrecuencia tiene una aceptable tasa de morbilidad y por ello muchos médicos

la utilizan para el tratamiento de la neuralgia del trigémino.⁴⁸ Es menos invasiva y asociada con una tasa de respuesta inicial alta pero la recurrencia es común y la incidencia del entumecimiento facial es más alta que en la DMV.¹³

En varias series de estudio de la rizotomía trigeminal por radiofrecuencia percutánea se han reportado complicaciones menores, las complicaciones mayores y resultados fatales son muy raros en la literatura.⁴⁸

Algunos autores han reportado que estas modalidades de tratamiento (DMV, rizotomía por radiofrecuencia, glicerol y sección nerviosa) ofrecen una tasa de éxito entre 51 a 98% y la recurrencia del dolor puede aparecer entre 10 y 78%.⁴² Mencionan un control del dolor en un 60 a 100% con un riesgo de déficit sensorial del nervio trigémino de 0.2 a 55%.^{22,47} Mientras que en otros estudios se han reportado alteraciones en la sensación facial después de estos procedimientos los cuales incluyen analgesia y disestesia en un rango entre 23 a 81%.⁴²

En las grandes series publicadas por Janneta 1,185 pacientes fueron seguidos después de la DMV 64% fueron libres de síntomas sin medicamentos hasta 10 años después de la cirugía y 4% refirieron alivio parcial del dolor. La tasa anual de recurrencia fue de 2% después de 5 años de cirugía y 1% a los 10 años. Solo el 1% desarrolló entumecimiento facial postoperatorio y 0.3% requirió tratamiento para la disestesias.²¹

La DMV a pesar de ser efectiva tiene una significativa aunque baja tasa de complicaciones y mortalidad.^{13,17} Debido a que es un procedimiento invasivo requiere craneotomía abierta y hospitalización.⁹ Este procedimiento está asociado con el mejor resultado a largo plazo. La recurrencia de los síntomas después de la cirugía es de 1.9 años con riesgo estimado de recurrencia de 1 a 4%.³

Se ha obtenido buena respuesta con la descompresión microvascular desde un 80% de los pacientes.³ La DMV se ha asociado con una buena respuesta inicial de 75 a 95%.⁹ Los resultados en la literatura arrojan que empleando el tratamiento quirúrgico 90 a 95% de los casos hay desaparición inmediata y completa del dolor; la tasa de recidiva es de 10 a 25% antes de 3 años. La mortalidad y las complicaciones vasculares severas por manipulación de los vasos es del 0.3%.²⁷

Cerca del 5% de los pacientes tratados con descompresión microvascular no hay alivio del dolor y cerca del 10 al 20% sufren sintomatología recurrente que requiere otras modalidades de tratamiento.³ Se ha reportado hasta un 30% de pacientes que presentan recaída después de la descompresión microvascular.³⁶

Se ha demostrado que la recurrencia del dolor después de una descompresión microvascular puede ser secundaria a descompresión insuficiente, dislocación del implante de teflón del contacto neurovascular, colocación de exceso de teflón ó el desarrollo de un granuloma.²¹

Se ha reportado un pobre pronóstico de la neuralgia atípica, tratada con DMV.⁹

Recientemente se ha propuesto la acupuntura más la electroforesis para tratar la neuralgia del trigémino, aunque sus resultados aún no son concluyentes.⁴⁹

e. Radiocirugía.

El uso de la radiocirugía para aliviar la neuralgia del trigémino fue primeramente aplicada en 1951 por Lars Leksell.^{9,29,33,36,41,50} Leksell en 1951 fue el primero en

tratar la neuralgia del trigémino con una máquina de ortovoltaje de rayos X y localización esterotáctica.^{22,40,51,52,53} Proveyó una dosis de radiación simple a 2 pacientes, radiando el ganglio trigémino con rayos de ortovoltaje,^{4,9,15,38,39,50,54} los cuales posteriormente se reportaron con alivio del dolor y sin complicaciones.⁵³

La radiocirugía fue utilizada hace más de 50 años pero reportada hasta 1971, utilizando Cobalto 60 como fuente de radiación gamma,^{29,38,44} no fue utilizada de forma frecuente si no hasta la década de los años 80.⁵⁰ Entre 1995 y el año 2000 la nueva evidencia de la literatura sugiere que la radiocirugía con Gamma Knife es un procedimiento mínimamente invasivo para la neuralgia del trigémino.⁴³

La radiocirugía basada en marco de esterotaxia, diseñada inicialmente para procedimientos funcionales del cerebro, ha sido establecida como un tratamiento efectivo para la neuralgia del trigémino.^{15,26,55,56,57} Se ha utilizado como una alternativa mínimamente invasiva de tratamiento quirúrgico en la neuralgia del trigémino.³⁹

Tiene las ventajas de ser segura y confortable para los pacientes, como ya se ha mencionado: se considera como un procedimiento no invasivo, se utiliza como una alternativa terapéutica cuando el tratamiento médico ó quirúrgico falla, cuando se obtiene un pobre control del dolor ó cuando no se puede considerar una cirugía por comorbilidades de los pacientes,^{9,47,58} ó simplemente a aquellos pacientes que se rehúsan a tratamiento quirúrgico.¹⁹ Entonces se ofrece radiocirugía con Gamma Knife con target distal al ganglio de Gasser, en el ganglio mismo o en la raíz nerviosa.^{15,16,17,42,59,60,61}

Aunque las indicaciones de la radiocirugía fueron exclusivamente en este tipo de pacientes, después de resultados exitosos, se ofrece actualmente como el

tratamiento quirúrgico primario para pacientes con neuralgia del trigémino.^{41,56} Desde que se demostró la efectividad de la experiencia multi-institucional de la radiocirugía, ésta se ha utilizado en el tratamiento de la neuralgia del trigémino clásica.⁹

La radiocirugía atrae a pacientes y médicos por la facilidad del procedimiento comparado con otras modalidades de tratamiento quirúrgico.⁵⁹ A pesar de ser un método de lesión destructiva, la radiocirugía esterotáctica se ha utilizado con aumento en la importancia en el tratamiento de la neuralgia del trigémino.¹⁷ En años recientes este método ha ganado adeptos debido a su naturaleza mínimamente invasiva y bajo riesgo de complicaciones.² Algunos pacientes la escogen por la información obtenida por internet.⁶

Por su naturaleza la radiocirugía esterotáctica es un tratamiento altamente controlable por lo cual la energía de la radiación se otorga de una manera estandarizada con respecto a la dosis y volumen de tratamiento.² El uso de un marco de esterotaxia estrechamente unido al cráneo es considerada la técnica más precisa para otorgar radiación intracraneal.⁶²

La cirugía con Gamma Knife se indica como un tratamiento seguro no invasivo para alteraciones funcionales. Produciendo lesiones ablativas con excelente precisión para pequeños blancos anatómicos en el cerebro.⁵⁷

A pesar del uso incrementado de la radiocirugía en pacientes con neuralgia del trigémino el mecanismo de alivio del dolor es pobremente entendido. Se ha especulado que la radiocirugía selectiva daña las fibras involucradas en la transmisión del dolor.⁵⁹

El propósito de la radiocirugía en la neuralgia del trigémino es dañar las fibras nerviosas, la forma suficiente para eliminar la transmisión del dolor facial pero preservar al mismo tiempo la funcionalidad del nervio, de tal modo que no exista entumecimiento facial o disestesias (anestesia dolorosa).⁶⁰

Estudios experimentales utilizando modelos animales sugieren que la radiocirugía daña de forma difusa los axones del trigémino y no de manera selectiva.⁵⁹ Un estudio reciente de babuinos demostró que la radiocirugía retrogasseriana provoca un efecto de rizotomía con degeneración axonal parcial del nervio trigémino.³⁶

La eficiencia del tratamiento de la radiocirugía, se debe principalmente a la alta precisión de colocación del blanco guiado por imágenes.⁶² Se han utilizado imágenes de resonancia magnética con reconstrucciones tridimensionales para el estudio de la anatomía del nervio trigémino y el tallo cerebral así como sus relaciones vasculares.^{7,28}

Una de las principales complicaciones de los procedimientos de radiocirugía es que el blanco no pueda verificarse. La precisión del blanco es particularmente crucial en algunas indicaciones para GKR. Para blancos funcionales como es el caso del nervio trigémino en el tratamiento radioquirúrgico de la neuralgia del trigémino es la mayor importancia. Los errores en la definición espacial del blanco durante GKR conlleva a reducir la precisión del tratamiento.⁶²

Con la incorporación de la resonancia magnética como la técnica de imagen preferida para la planeación de dosis en radiocirugía, el nervio trigémino puede visualizarse y puede emplearse la radiocirugía en el tratamiento de la neuralgia del trigémino.⁵¹

Posterior a la introducción de procedimientos de blanco sofisticados (por ejemplo resonancia magnética combinada con tomografía algorítmica estero-computarizada) se han propuesto novedosas técnicas radiodosimétricas, la radiocirugía con Gamma Knife ha incrementado su uso como una técnica mínimamente invasiva para tratar la neuralgia del trigémino con mejores resultados y mínimos efectos adversos.⁴⁰

Imágenes de mala calidad e inciertas con respecto a la dosis de radiación necesaria y la ubicación óptima del tratamiento han obstaculizado la experiencia temprana con GKS. Durante la última década cada uno de estos problemas de las imágenes de mala calidad han sido resueltos y el GKS se ha incrementado como una parte importante de un tratamiento multidisciplinario estandarizado del dolor facial.¹⁷

Localizar el blanco y la planeación de la radiocirugía por esterotaxia requiere una secuencia exacta de resonancia megnética.³⁵ Debido a los avances en imagenología y tomografía computada ha sido posible el uso de la radiocirugía esterotáctica en centros de tratamiento.⁵⁰

Técnicas modernas de radiocirugía usan imágenes de alta definición para enfocar altas dosis de radiación hacia el nervio trigémino.⁵⁶ En cirugía con Gamma Knife el nervio trigémino se identifica usando resonancia magnética secuencias T2.¹⁵

Desde que Caselman en 1993 introdujo la secuencia FIESTA (Fast Imaging Employing Steady-state Adquisition) es decir: imágenes rápidas empleando la adquisición de estado estable; se ha utilizado esta secuencia para visualizar los nervios craneales. La visualización del nervio trigémino está en relación con el diámetro del nervio y la cantidad de LCR circundante. Se puede visualizar LCR,

estructuras nerviosas, vasos y duramadre en detalle con la secuencia FIESTA. La utilidad de la secuencia FIESTA en la evaluación preoperatoria ha sido ampliamente demostrada.³⁵

A pesar del éxito de la radiocirugía, aún no se ha definido la dosis de radiocirugía más eficiente.⁴¹ Los esfuerzos para lograr una mejor respuesta del alivio del dolor facial se han enfocado en incrementar la dosis de radiación máxima para conseguir una mayor longitud segmentaria del nervio.⁵²

La dosis de radiación con 70 Gy o más fueron asociadas con una mayor oportunidad de alivio del dolor completo.⁶³ En 1996, los resultados de un estudio no randomizado multi-institucional coordinaron la experiencia de 5 centros vanguardistas llegando a la conclusión que el alivio del dolor se alcanzaba y sostenía con dosis mayores a 70 Gy que en aquellos pacientes que se utilizaron dosis menores de 70 Gy.²² Por otro lado aunque las tasas de respuesta se han reportado con dosis mayores de 70 Gy, las comparaciones dosis-respuesta con altos niveles de dosis son limitadas.³⁸

Los autores utilizando Gamma Knife reportan uso máximo de dosis de 70 a 80 Gy con colimadores de 4mm, con reportes iniciales de respuesta de 75 a 90 % y alivio de dolor completo en 58 a 70% de los pacientes.³⁸ En algunas series se ha demostrado que el beneficio es mayor del 50% en reducción del dolor en 77 a 95% de los pacientes tratados con Gamma Knife.⁶⁴

En un intento para aliviar más rápidamente el dolor, se ha reportado el aumento de la dosis máxima permitida. Una dosis de 90 Gy se ha reportado como dosis segura y efectiva. Además se ha ido incrementando la dosis mayores a 90 Gy.³⁸

Típicamente una dosis de radiación máxima de 80 Gy es liberada a la porción cisternal retrogasseriana del nervio con un colimador de 4 mm.¹⁵ Experiencia reciente indica que la radiocirugía retrogasseriana (dosis máxima de 70 a 80 Gy con colimadores de 4 mm) ofrece hasta 58 a 70% alivio del dolor en pacientes con neuralgia del trigémino.³⁶

Pollock y cols concluyen que para una mejor respuesta con la radiocirugía se debe realizar una selección de la dosis, disminuyendo el entumecimiento facial, parestesias y disestesias. Debe ser limitada o menor de 90 Gy.⁵² En otros estudios (por ejemplo: Park y cols) reportaron que para un alivio del dolor debe usarse dosis radiación superiores a 85 Gy.⁵⁸

f. Resultados tratamiento radioquirúrgico.

Después de la primera aportación de Leksell, se han realizado diversos estudios que han reportado la eficacia y la seguridad de la radiocirugía esterotáctica con Gamma Knife para la neuralgia del trigémino.²² Aunque el seguimiento de reportes con Gamma Knife ha sido relativamente corto, la respuesta inicial de los pacientes y de los médicos ha sido muy entusiasta.³¹

Fue en la década de los años 90 que se presentó la primer gran experiencia con Gamma Knife⁵⁴ reportando la eficacia de la radiocirugía basada en marco para tratar la neuralgia del trigémino.²⁵

Antes de que se utilizara la radiocirugía con Gamma Knife como tratamiento quirúrgico primario, está bien demostrado que es una mejor opción que utilizarlo de forma secundaria.⁵⁸

Actualmente se ofrece la radiocirugía como la primera línea de tratamiento en pacientes con neuralgia o en aquellos pacientes que poseen factores de riesgo concomitantes.⁴³ Se ha descrito que al utilizar la radiocirugía esterotáctica en pacientes de edades tempranas, disminuye potencialmente los riesgos de los métodos quirúrgicos percutáneos.³⁸

La radiocirugía esterotáctica es un procedimiento que ha demostrado ser un tratamiento seguro y efectivo para disminuir el dolor de la neuralgia del trigémino idiopática con efectos adversos mínimos.^{22,43,50,64,65}

Debido a que posee mortalidad cero y una baja tasa de mortalidad la radiocirugía es una atractiva opción de tratamiento.⁵³ Logra alivio del dolor con menor morbilidad que las técnicas invasivas, los resultados son comparables con los procedimientos quirúrgicos ablativos percutáneos.^{4,28} La notable seguridad de este procedimiento ha establecido a la radiocirugía con Gamma Knife como un tratamiento aceptable en la neuralgia del trigémino.³³

Hay algunas series reportadas en la literatura médica con buena respuesta utilizando Gamma Knife: reportan resultados positivos en la calidad de vida de los pacientes y disminución del dolor a corto plazo.⁵

Algunos autores han reportado sus resultados de forma exponencial en el tratamiento de la neuralgia del trigémino primaria y secundaria con radiocirugía esterotáctica con Gamma Knife.³³ Sin embargo los resultados sobre la eficiencia del

uso de Gamma Knife varían significativamente en diferentes estudios, esta variación de resultados se debe a una mala definición de criterios de resultados y reportes no estandarizados de series clínicas no homogéneas (por ejemplo pacientes con o sin tratamiento quirúrgico y pacientes con neuralgia del trigémino idiopática o secundaria) hacen que la interpretación de los resultados sea confusa.^{24,26}

Los estudios reportados en la literatura son variables: algunos estudios arrojan que de un 80 a 88% de los pacientes se encuentran libres de dolor en un promedio de 3 semanas posteriores al tratamiento con radiocirugía. Basados en estos resultados se ha incrementado el uso de la radiocirugía en el tratamiento de la neuralgia del trigémino. Tan solo en EEUU se realizan más de 500 procedimientos al año para tratar esta patología con radiocirugía.^{51,63}

Otros estudios han reportado éxito de 35 a 90 % con baja tasa de complicaciones para pacientes con neuralgia del trigémino clásica.⁹ Produce completo alivio del dolor en más del 50% de los pacientes y reducción del mismo a la mitad en 30% más.⁵⁷ Mientras que algunas series con un período de seguimiento a 2 años han reportado buenos resultados en 70 a 90% de sus pacientes y liberación del mismo desde un 20 a 60%;¹⁹ otros autores han reportado tasas de alivio inicial del dolor de 77 a 95% y alivio del dolor completo de 35 a 74% con cirugía con Gamma Knife.⁴³

Sin embargo en la literatura aún se demuestra un amplio espectro en resultados clínicos con referencia a alivio del dolor, secuelas, incidencia y recurrencia. La tasa de resultados exitosos varía entre 21.8 y 75% la incidencia de complicaciones varía entre 2.7 y 37%.^{40,44}

En un estudio con seguimiento de 3 a 5 años se ha demostrado una tasa de alivio del dolor de 55 y 56% respectivamente.¹² Aunque se ha reportado alivio del dolor completo y libres de medicamentos en 56 a 64% de los pacientes,²⁹ en otros estudios se ha demostrado que la radiocirugía es segura y ofrece una mejor respuesta con una tasa de 75 a 89% de los pacientes.¹²

Romanelli y cols han reportado resultados preliminares del tratamiento de 10 pacientes con neuralgia del trigémino. Enfocándose en una respuesta temprana al tratamiento, se ha descrito una tasa de recuperación del 70% a corto plazo. Sin embargo la seguridad y eficacia a largo plazo, la porción ideal y la longitud del nervio a radiar, así como la dosis óptima para un buen alivio del dolor con mínimos efectos adversos no han sido reportados.⁵⁵

Los efectos adversos más frecuentemente reportados son el entumecimiento facial y las parestesias, ocurren en una tasa de 6 a 10% (Keep 2005) con una mejoría a 5 años en más del 55% de los pacientes.³⁸ Mientras que el riesgo de anestesia corneal o disestesia facial es menor del 1%.^{61,66}

Los factores relacionados para mejorar los resultados incluyen la ausencia de cirugías previas y de neuralgia atípica.⁶⁰ Algunos estudios asocian la neuralgia atípica con pobre respuesta de la radiocirugía.⁹

Gamma Knife logra excelentes tasa de alivio del dolor y mínima pérdida de sensibilidad. A pesar de resultados excelentes a corto plazo hay una tasa de falla posterior al tratamiento.¹⁵

Kondziolka y cols reportaron en 1996 en un estudio que el 94% de los pacientes habían referido alivio del dolor facial por completo en un inicio, sin embargo de

ellos solo el 56% se mantenían libres de dolor a los 18 meses después del procedimiento.⁵² Algunos pacientes desarrollan neuralgia del trigémino refractaria a tratamiento y requieren alguna otra operación.⁴³

A pesar del alivio inicial del dolor, Lindquist y cols reportaron el resultado de 46 pacientes, aproximadamente el 50% de los mismos tuvieron alivio del dolor, pero el dolor recurrió en la mayoría de los pacientes en los siguientes años.^{52,63}

Muchos estudios de la radiocirugía en la neuralgia del trigémino han notado una clara asociación entre el desarrollo de nuevos déficits neurológicos y aumento del dolor facial.⁵⁹ Series iniciales que utilizaron dosis de radiación moderada reportaron un gran porcentaje de pacientes en los cuales el alivio del dolor no fue obtenido o sostenido.²² Se ha reportado que es poco claro el modo en el cual los pacientes son refractarios al tratamiento inicial con Gamma Knife.⁴⁷

Existen dos grupos claramente discernibles en los cuales la radiocirugía falla: en el primer grupo los pacientes son refractarios al tratamiento desde el inicio, en el segundo grupo hay alivio inicial del dolor y posteriormente hay recurrencia del mismo.^{29,47}

Cuando la radiocirugía con Gamma Knife falla en un tratamiento inicial, entonces minimiza otras opciones de tratamiento. Sin embargo debido a una baja incidencia de complicaciones asociadas a Gamma Knife, alguna instituciones ofrecen repetir el tratamiento cerca del sitio del tratamiento previo. Algunos estudios han demostrado que se puede repetir el tratamiento con Gamma Knife cuando hay falla inicial al mismo.⁴⁷

La radiocirugía repetida puede realizarse en aquellos pacientes con recurrencia del dolor facial ó no hay adecuado control del mismo.^{60,61}

La necesidad de utilizar radiocirugía repetida puede evidenciarse si se realiza un seguimiento a largo plazo.⁴³ La cirugía con Gamma Knife repetida para recurrencia de neuralgia del trigémino, se ha reportado como eficiente, sin embargo hasta la fecha hay un número limitado de series.^{38,67}

La durabilidad del alivio del dolor y las complicaciones asociadas con tratamiento repetido de Gamma Knife, aún son desconocidas.⁴⁷

A pesar de que la cirugía con Gamma Knife alivia el dolor en neuralgia del trigémino en muchos pacientes.⁶⁸ Las preguntas permanecen sobre todo cuales son los mejores parámetros para la radiación para usar el lugar exacto del isocentro. ¿Exactamente con cuanta cercanía al tallo cerebral se puede utilizar radiación?.⁶⁷

En algunos estudios se ha reportado que la línea del isocentro de 20 ó 30% de dosis radiación se encuentre adyacente al tallo cerebral. Independientemente de la distancia del nervio a radiar.⁵⁸ Mientras que en otros estudios se ha propuesto radiar el nervio trigémino 2 a 4 mm anterior a la zona de entrada del nervio sobre el puente.⁶⁹

Han variado los resultados del tratamiento con radiocirugía, dependiendo de los parámetros utilizados: tamaño, localización del blanco y dosis de radiación máxima. Las dosis altas de radiación y blancos cercanos a la zona de entrada del nervio se han relacionado con alivio del dolor, sin embargo, también se ha asociado con entumecimiento facial.^{15,58,69}

Se ha demostrado que la localización del blanco a lo largo de la raíz nerviosa, así como la dosis radiación al tallo cerebral influye en el alivio del dolor postratamiento, disfunción trigeminal y la morbilidad asociada.^{62,58,69} Estudios de pacientes con daño al nervio trigémino después de radiocirugía se relaciona con longitud de la exposición del nervio craneal.³⁶

Algunos meses después de la radiocirugía algunos pacientes muestran realce de medio de contraste (gadolinio) en la raíz evidenciado por estudio de resonancia magnética. Se ha sugerido que este realce puede representar una significativa dosis radiación otorgada al nervio.⁶²

g. Radiocirugía modalidad LINAC.

A pesar de que la mayoría de los pacientes con neuralgia trigeminal han sido tratados con radiocirugía con Gamma Knife, reportes recientes han demostrado que el procedimiento puede ser realizado con seguridad utilizando también aceleradores lineales modificados (LINAC).⁶⁰ Algunos estudios reportan que últimamente se ha utilizado radiocirugía con LINAC en el tratamiento de la neuralgia del trigémino.¹⁷

La radiocirugía con acelerador lineal (LINAC) está dedicada para lograr un blanco específico dentro del sistema nervioso central (SNC) para poder radiar al nervio trigémino guiado por esterotaxia.⁵³

Cuestiones relativas a la precisión mecánica en el pasado limitaron al sistema LINAC para tratamientos funcionales. Sin embargo en años recientes, los avances en la instrumentación del sistema LINAC han mejorado, de tal modo que la radiocirugía se puede aplicar inclusive para alteraciones funcionales.¹⁷

Esta modalidad de tratamiento es prácticamente reciente. Los primeros estudios que describieron la aplicación exitosa de radiocirugía con acelerador lineal (LINAC) fueron en el año 2002.⁴² La radiocirugía esterotáctica ha tenido buenos resultados utilizando instrumentación basada en marco tanto en Gamma Knife como con acelerador lineal (LINAC).⁵⁰

Los reportes de radiocirugía utilizando (acelerador lineal) LINAC concluyen que puede ser igual de efectivo que con Gamma Knife.¹³

h. Radiocirugía modalidad CyberKnife.

El desarrollo de la radiocirugía con CyberKnife se consideró como una opción de tratamiento prometedora para la neuralgia del trigémino desde 1994.⁵⁵ Inició con el grupo de Adler buscando una durabilidad del alivio del dolor.¹⁵

La radiocirugía con CyberKnife ofrece la capacidad de radiar de forma no isocéntrica, conformada y con dosis homogénea a estructuras no esféricas como el nervio trigémino en todo su segmento.^{15,25,55}

Se utiliza un inmovilizador de la cabeza no invasivo e imágenes con tecnología avanzada, el sistema CyberKnife traza puntos dinámicos de posición y orientación

durante el tratamiento para alcanzar blancos específicos y a los pacientes se les ahorra el malestar de la posición del marco sobre sus cráneos.^{25,55}

Este sistema consiste en un acelerador lineal compacto con fotones de 6 mV montado en un brazo robótico de 6 ejes. Como el brazo robótico tiene movilidad alrededor del paciente, la radiación puede otorgarse desde cualquier dirección. Resultando una distribución de dosis uniforme y mínima dosis radiación a estructuras vecinas.¹⁵

Se radian dosis submilimétricas con exactitud guiadas por medio de imágenes, utilizando 2 detectores de silicón y 2 fuentes diagnósticas de rayos X, posicionados a 45°. Las imágenes de las cámaras son inmediatamente registradas y reconstruídas digitalmente para determinar la posición exacta del paciente y compensar cualquier movimiento del mismo.¹⁵

Se utilizan colimadores que consisten en conos de Tungsteno para graduar la radiación en un rayo de lápiz. Los conos poseen 12 posibles aperturas de diámetros desde 5 a 60 mm definida “set del nódulo trigeminal”. En el tratamiento de la neuralgia del trigémino se utilizan conos pequeños (5 mm a una distancia de 80 ó 65 cm ó conos de 7.5 mm para una distancia de 65 cm).¹⁵

Se ha reportado que a pesar de que el CyberKnife es el más reciente tratamiento para la neuralgia del trigémino la tasa de complicaciones es aún más alta que en la mayoría de los estudios con Gamma Knife. Los estudios de Gamma Knife están basados en una población más grande y los registros están disponibles por un largo período (más de 10 años). El beneficio del Gamma Knife está bien establecido sobre el CyberKnife. Sin embargo algunos usuarios del CyberKnife se

pueden interesar en tratar pacientes con neuralgia del trigémino utilizando parámetros de radiocirugía tipo Gamma Knife.¹⁵

Algunos estudios comparativos de técnicas de búsqueda del blanco no son precisos en cual es el blanco óptimo para el nervio trigémino: si la zona de entrada del nervio o la zona retrogasseriana. El tallo cerebral puede recibir una variable cantidad de radiación, dependiendo de la anatomía de los pacientes, el sitio exacto de dosis radiación. Las modificaciones al blanco resultan en diferentes resultados clínicos y morbilidad.^{18,69}

JUSTIFICACIÓN

La neuralgia del trigémino es una enfermedad neurológica frecuente observada en el Instituto Nacional de Neurología y Neurocirugía. Se considera que es una de las condiciones médicas que ocasionan las consultas que se realizan y es un importante motivo de discapacidad laboral en la población.

Clásicamente se ha caracterizado como tic doloroso, anteriormente era susceptible sólo de tratamiento médico, posteriormente se aplicó tratamiento quirúrgico para esta enfermedad. Sin embargo existe una alta tasa de recaída después del tratamiento quirúrgico.

El uso de la radiocirugía para aliviar la neuralgia del trigémino fue primeramente aplicada en 1951. Se han considerado varios blancos para utilizarse: la entrada del nervio al tallo cerebral, ganglio de Gasser o porción cisternal.

Sin embargo variantes anatómicas tales como el tamaño del nervio, tamaño de cisterna y angulación del nervio con respecto a tallo cerebral no han sido estudiadas. Así como la correlación anatómica de estas variantes con el daño o efecto adverso con esta modalidad de tratamiento no ha sido bien estipulado.

El presente estudio tiene la cualidad de que solo se revisaron expedientes e imágenes de la lista de pacientes otorgada por la Unidad de Radioneurocirugía del Instituto Nacional de Neurología y Neurocirugía “Manuel Velasco Suárez”. En pacientes ya diagnosticados con neuralgia del trigémino.

Siendo un estudio transversal analítico se limitó la investigación solo a determinar las variantes anatómicas con el probable daño medido en el simulador.

La presente investigación es motivada por la posibilidad de poder identificar variantes anatómicas del nervio trigémino usando IRM modalidad FIESTA, utilizar el simulador Brain Lab y poder determinar el daño hacia el tallo cerebral con respecto a dosis utilizada establecer una relación entre las modalidades anatómicas y el daño probable medido.

Este es el primer estudio anatómico del nervio trigémino en la República Mexicana siendo importante ya que siendo el Instituto Nacional de Neurología y Neurocirugía “Manuel Velasco Suárez” un centro de concentración de enfermedades neurológicas, entre ellas: la neuralgia del trigémino, hay un número considerable de casos para este tipo de estudio.

HIPÓTESIS

1. Hipótesis Alternativa.

A mayor longitud del nervio, (cisternal) menor dosis recibida por el puente.

2. Hipótesis nula.

A menor longitud del nervio, (cisternal) mayor dosis recibida por el puente.

OBJETIVOS

1. Objetivo principal.

Determinar la asociación entre las mediciones anatómicas del nervio trigémino y la relación con dosis recibida con simulador usando como blanco la zona de entrada del nervio.

2. Objetivos secundarios.

Determinar el daño probable hacia el tallo cerebral con respecto a las mediciones realizadas.

Determinar un factor predictivo para establecer una modalidad de tratamiento (flujograma) con respecto a los resultados de este estudio.

Determinar un tiempo promedio para acelerar el proceso tanto de selección como de realización del estudio.

METODOLOGÍA

1. Diseño.

Estudio transversal analítico. En el que se incluyeron a los pacientes con diagnóstico confirmado de neuralgia del trigémino, a quienes se les haya realizado resonancia magnética, modalidad FIESTA. En el Instituto Nacional de Neurología y Neurocirugía. en el período comprendido desde el año 2003 al 2012.

2. Población y muestra.

Universo: Pacientes con neuralgia del trigémino del Instituto Nacional de Neurología y Neurocirugía “Manuel Velasco Suárez” que cumplieron con los criterios de inclusión del estudio. Ingresaron registros de los pacientes desde el año 2003 al 2012.

a. Criterios de inclusión.

Pacientes con diagnóstico confirmado de neuralgia del trigémino.

Ambos géneros

Cualquier edad.

Pacientes que se les haya realizado resonancia magnética modalidad FIESTA.

b. Criterios de exclusión.

Pacientes que no hayan sido diagnosticados correctamente con neuralgia del trigémino.

Pacientes que presenten otra patología del ángulo pontocerebeloso (por ejemplo: Schwannoma, meningioma etc.)

Pacientes que no se les haya completado el estudio de resonancia magnética, secuencia FIESTA.

c. Criterios de eliminación.

Mismos pacientes con criterios de exclusión.

d. Estudios de Gabinete.

Resonancia Magnética

Todos los pacientes se les había realizado IRM modalidad FIESTA.

3. Realización del estudio.

Se realizó el presente estudio en 3 etapas:

En la primera etapa se realizó revisión de los expedientes de los registros de los pacientes diagnosticados con neuralgia del trigémino; obtenidos por el Departamento de Archivo Clínico del Instituto Nacional de Neurología y Neurocirugía “Manuel Velasco Suárez”.

Se obtuvieron datos de variables demográficas:

Edad.

Sexo.

Ocupación.

Enfermedad agregada.

Lateralidad de la neuralgia.

Ramas del nervio trigémino afectadas: calificándose como 0=no y 1=sí para motivo de estudio estadístico. (TABLA 1).

Se utilizó la Escala del Dolor del Instituto Neurológico Barrow^{2,4,9,12,13,17,18,19,20,24,38,39,47,50,58,61,69}(BNI): I Sin dolor II: Dolor ocasional, no requiere medicamentos III: Algo de dolor controlado con medicamentos IV: Algo de dolor, no controlado con medicamentos V: Dolor severo, sin alivio con medicamentos (TABLA 2). Realizando una medición al principio de ingreso al Instituto y otra medición obtenida por las notas clínicas de la consulta externa con el fin de evaluar la respuesta clínica al tratamiento que manifestaron los pacientes. Se colocaron números arábigos para poder realizar el análisis estadístico.

Fecha de inicio del dolor (año).

Fecha de tratamiento (año).

Tipo de tratamiento empleado: 1= DMV 2= Radiocirugía 3= Percutánea (TABLA 3)

Tipo de respuesta clínica: 1= Sin cambios 2= Mejoría 3= Empeoramiento (TABLA 4).

Tipo de respuesta con respecto a los medicamentos: 1= igual 2= más 3= menos (TABLA 5).

Tiempo de seguimiento (meses).

A los pacientes que se les había dado tratamiento con radiocirugía se obtuvo la técnica empleada, dosis radiación y el tamaño de colimador en milímetros.

Complicaciones: 0= no 1= hipoestesia facial 2= entumecimiento facial 3= hipoacusia 4= tinnitus ó acúfenos 5= fístula de LCR 6= otras complicaciones (TABLA 6).

En la segunda etapa realizada en la Unidad de Radioneurocirugía del Instituto Nacional de Neurología y Neurocirugía “Manuel Velasco Suárez” se realizaron las mediciones anatómicas del nervio trigémino en los estudios de resonancia magnética modalidad FIESTA. Con el programa Osirix, se realizó la medición de la longitud del nervio trigémino en su porción cisternal, desde su origen del puente hasta el ganglio de Gasser, así como medición de la longitud de la cisterna en la porción más amplia de forma bilateral y en el centro de la misma y se realizaron mediciones de la angulación formada entre el nervio trigémino y el tallo cerebral (puente).

En la tercera etapa realizada en la Unidad de Radioneurocirugía del Instituto Nacional de Neurología y Neurocirugía “Manuel Velasco Suárez” se realizaron las simulaciones mediante el simulador BrainLab, otorgando dosis radiación a 90Gy con colimadores de 4 y 6 milímetros. Se obtuvo curva de dosis radiación al 30% la cual se colocó tangencial al puente con la movilización del blanco y se realizaron las mediciones de la distancia entre el puente y el blanco obtenido, así como también la distancia entre el blanco y el ganglio de Gasser.

Todas las mediciones fueron realizadas por la misma persona (elaborador de la tesis) bajo el asesoramiento del personal de físicos de la Unidad de Radioneurocirugía, así como del asesor del estudio.

4. Escalas de Medición.

TABLA 1: RAMAS DEL NERVIOS TRIGÉMINO AFECTADAS, CALIFICACIÓN PARA ANÁLISIS ESTADÍSTICO:

V1	0= NO 1= SI
V2	0= NO 1= SI
V3	0= NO 1= SI

TABLA 2: ESCALA DE INTENSIDAD DEL DOLOR BNI (INSTITUTO NEUROLÓGICO BARROW):

I	SIN DOLOR
II	DOLOR OCASIONAL NO MEDICAMENTOS
III	ALGO DE DOLOR CONTROL CON MEDICAMENTOS
IV	ALGO DE DOLOR SIN CONTROL CON MEDICAMENTOS
V	DOLOR SEVERO SIN ALIVIO CON MEDICAMENTOS

TABLA 3: TIPO DE TRATAMIENTO EMPLEADO:

1	DMV
2	RADIOCIRUGÍA
3	PERCUTÁNEO

TABLA 4: RESPUESTA CLÍNICA:

1	SIN CAMBIOS
2	MEJORÍA
3	EMPEORAMIENTO

TABLA 5: RESPUESTA CON RESPECTO A LOS MEDICAMENTOS:

1	IGUAL
2	MAYOR
3	MENOR

TABLA 6: VALORACIÓN DE COMPLICACIONES

0	NINGUNA
1	ENTUMECIMIENTO FACIAL
2	PARESTESIA FACIAL
3	HIPOACUSIA
4	TINNITUS / ACÚFENOS
5	FÍSTULA LCR
6	OTRAS COMPLICACIONES

5. Análisis Estadístico.

Se realizó análisis descriptivo con medidas de tendencia central y de dispersión. Así mismo se realizó estadística inferencial de acuerdo al comportamiento de las variables.

Se realizó el análisis estadístico de las variables mencionadas, utilizando el programa Excel estadístico para medición de las variables de los expedientes, así como para el estudio de las mediciones anatómicas.

Se realizó estadística descriptiva. Las variables continuas se compararon por medio de la prueba U de Mann-Whitney o T de student, dependiendo de su distribución posterior a la realización de pruebas de normalidad.

CONSIDERACIONES ÉTICAS

En este estudio no fue necesario un formato de consentimiento informado para los pacientes debido a que solo se realizó revisión de los expedientes clínicos. Se realizó el estudio utilizando solo el número de registro para proteger la confidencialidad de los pacientes.

La realización de este estudio siguió los Estándares Internacionales de acuerdo con las Guías de Manejos Clínicos para pacientes del Instituto Nacional de Neurología y Neurocirugía (INNN). No existe conflicto con lineamientos Internacionales Bioéticos, por ejemplo la Declaración de Helsinki en su última versión (Edimburgo 2000). El protocolo fue revisado por los comités de Investigación Clínica y Bioética del INNN.

RESULTADOS

1. Características demográficas y clínicas.

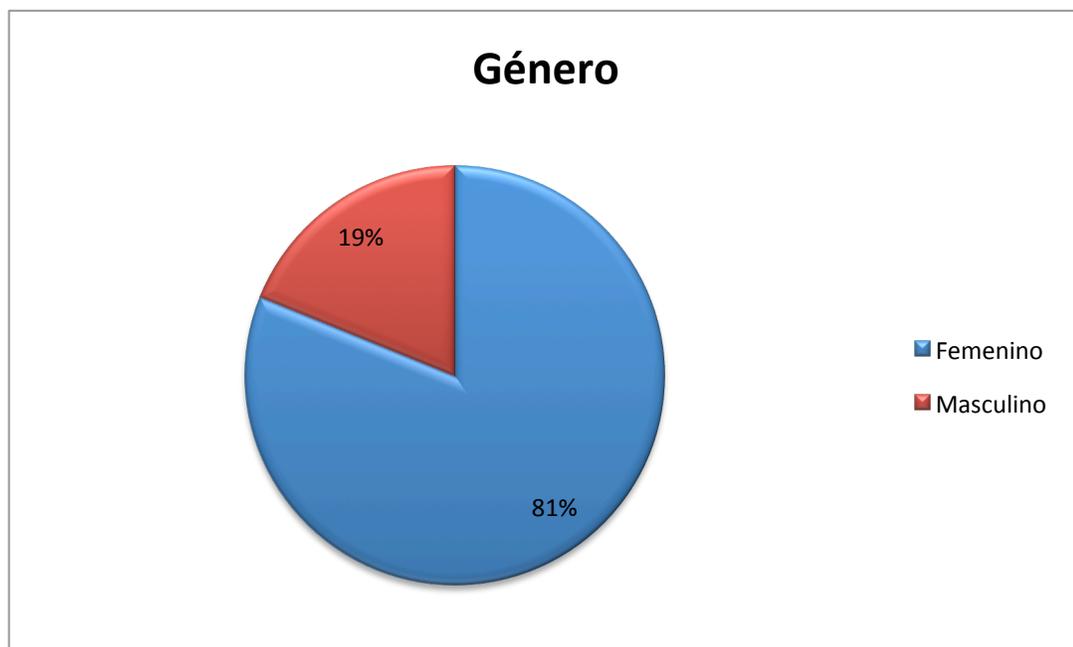
Se obtuvo el registro de 175 pacientes, diagnosticados con neuralgia del trigémino desde el año 2003 al año 2012, otorgado por el Departamento de Archivo Clínico del Instituto Nacional de Neurología y Neurocirugía “Manuel Velasco Suárez”.

De los 175 se excluyeron 99 registros, ya que no contaban estudio de resonancia magnética modalidad FIESTA para el estudio. De los 56 restantes se excluyeron 3 pacientes: 2 por presentar diagnóstico de Schwannoma y 1 por diagnóstico de espasmo hemifacial. Quedando con una muestra total de 53 pacientes.

Se analizaron los expedientes clínicos y radiológicos (estudios de imagen de resonancia magnética modalidad FIESTA) de un total de 53 pacientes, de los cuales 43 (81.13%) fueron mujeres y 10 (18.86%) fueron hombres.

Género	Femenino	Masculino
Porcentaje	43 (81.13 %)	10 (18.86%)

Tabla 7: Porcentaje de distribución por género.

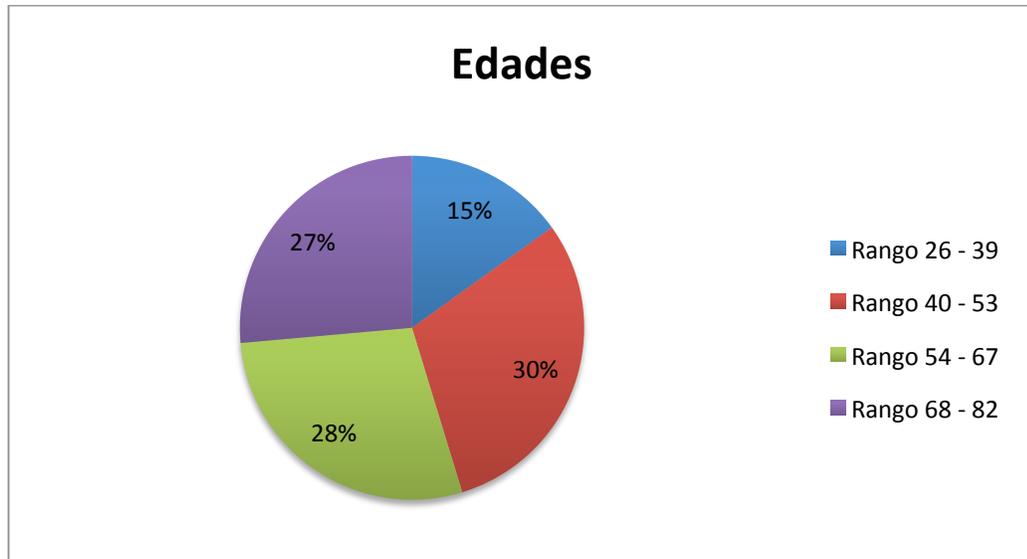


Gráfica 1: Distribución por género.

La media de edad fue de 55.8 años (rango 26-82 años). En la tabla 9 se muestran la edad y el género de cada grupo de estudio:

Edades	Rango 26 - 39	Rango 40 – 53	Rango 54 - 67	Rango 68 – 82
	8 (15.09 %)	16 (30.18 %)	15 (28.30 %)	14 (26.41 %)

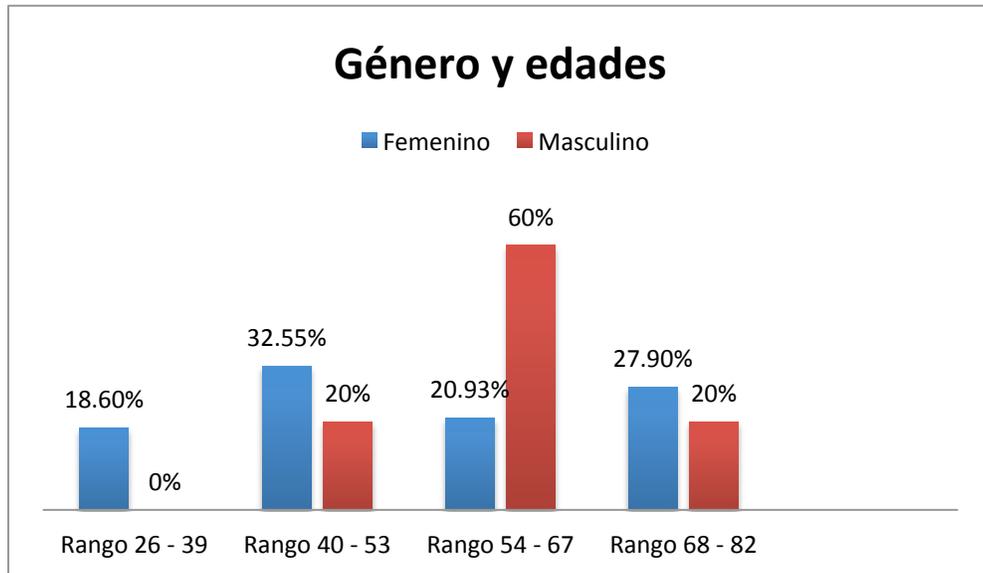
Tabla 8: Distribución por edades.



Gráfica 2: Distribución por edades.

Edades Género	Rango 26 - 39	Rango 40 - 53	Rango 54 - 67	Rango 68 - 82
Femenino	8 (18.60 %)	14 (32.55 %)	9 (20.93 %)	12 (27.90 %)
Masculino	0	2 (20 %)	6 (60 %)	2 (20 %)

Tabla 9: Distribución por género y edades.

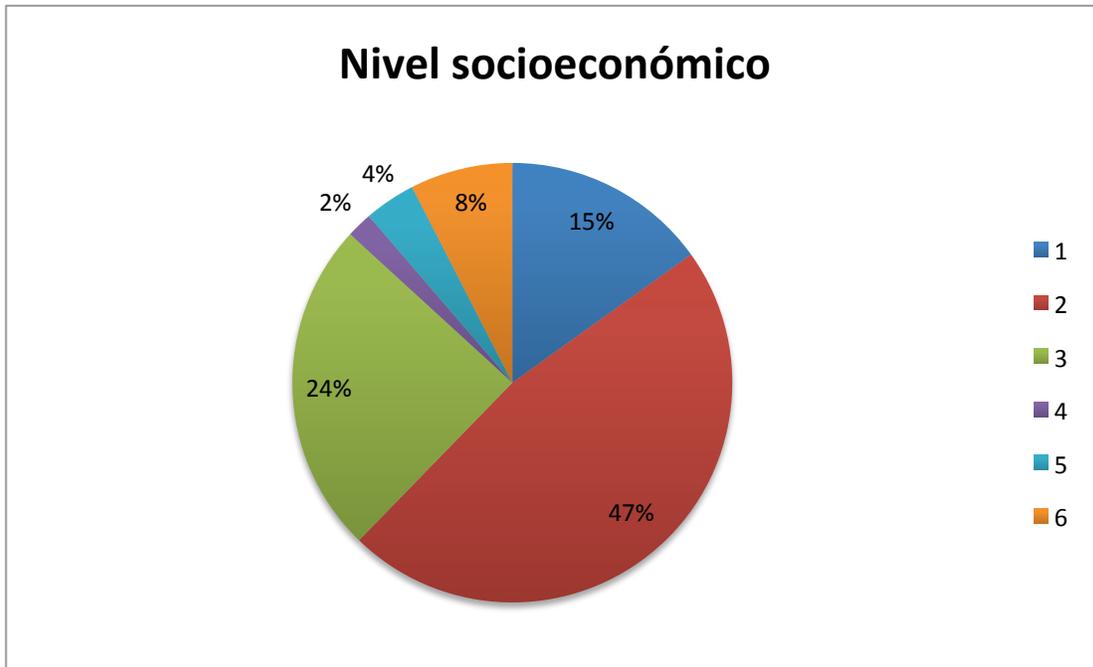


Gráfica 3: Distribución por género y edades.

Con respecto al nivel socioeconómico: el 15.09% (8 pacientes) contaban con nivel socioeconómico 1; el 47.16% (25 pacientes) nivel 2; el 24.52 % (13 pacientes) nivel 3; el 1.88% (1 paciente) nivel 4; el 3.77% (2 pacientes) nivel 5 y el 7.54% (4 pacientes) nivel 6. Ver siguiente tabla y gráfica.

Nivel socioeconómico	1	2	3	4	5	6
	15.09 %	47.16 %	24.52 %	1.88 %	3.77 %	7.54 %

Tabla 10: Distribución por nivel socioeconómico.



Gráfica 4: Distribución por nivel socioeconómico.

Con referente a la ocupación: el 58.49% laboraba en su hogar (31 pacientes); 26.41% se encontraba desempeñando algún trabajo (14 pacientes) y el 15.09% se encontraba desempleado ó pensionado (8 pacientes).

Tres pacientes refirieron tabaquismo positivo crónico. (5.66%) no se encontró diferencia estadísticamente significativa entre este hallazgo con la enfermedad.

En relación a la comorbilidad, se encontró una mayor prevalencia de hipertensión arterial en 14 pacientes (26.41%); 2 pacientes dentro del grupo de hipertensión arterial (14.28%) presentaron co-morbilidad: 1 paciente con diabetes mellitus tipo 2 y 1 paciente con hipotiroidismo.

De acuerdo a la lateralidad de la neuralgia: se presentó en el 67.92% de los pacientes en el lado derecho (36 pacientes); mientras que el 32.07% la presentaron de lado izquierdo (17 pacientes).

Todos los pacientes estudiados eran diestros.

La rama mayormente afectada fue V3, ya sea sola o en combinación: con 43 pacientes que reportaron afección a esta rama se reporta el 81.13% de los pacientes estudiados. Seguida de V2: 73.58% con 39 pacientes y al final V1: con 8 pacientes (15.09%). Al investigar sobre la rama "pura": 9 pacientes reportaron dolor en V3 (16.98%) 3 pacientes solo en la rama V2 (5.66%) y 2 pacientes con afección solo a la rama de V1 (3.77%).

Cuando se trataba de afección combinada de las ramas: la que ocupa el primer lugar es la combinación V2 + V3: con 27 pacientes (50.94%); seguida de la combinación V1 + V2: 3 pacientes la reportaron (5.66%). La afección de las 3 ramas (V1 + V2 + V3) también fue reportada por 3 pacientes (5.66%).

El 58.49% de los pacientes (31 pacientes) reportaron un BNI inicial escala V; mientras que el 41.5% (22 pacientes) manifestaron BNI escala IV.

La media de el tiempo desde el inicio de los síntomas hasta el tratamiento recibido fue de 7.78 años (rango 0-26 años). Dos pacientes no habían recibido tratamiento (3.77%) Un paciente por cuestiones médicas (presentó otitis media y perforación timpánica). El otro paciente solicitó su alta voluntaria; se incluyeron en el estudio anatómico para efectos de investigación.

El tipo de tratamiento empleado fue en mayor presentación la descompresión microvascular (DMV) con 39 pacientes (73.58%). Seguido de la radiocirugía con 8 pacientes (15.09%). 4 pacientes (7.54%) recibieron tratamiento combinado: 1 (1.88%) con DMV y posteriormente radiocirugía; 2 pacientes (3.77%) recibieron tratamiento percutáneo y posteriormente DMV y 1 paciente (1.88%) había recibido tratamiento percutáneo, DMV y por último radiocirugía. 2 pacientes no habían recibido tratamiento alguno (3.77%).

Con respecto al seguimiento se encontró una media de 23.2 meses con rango entre 7 a 126 meses.

De acuerdo a la mejoría clínica: 42 pacientes refirieron en la consulta haber presentado mejoría clínica (79.24%), 2 manifestaron no haber presentado cambios (3.77%) 4 manifestaron empeoramiento de la sintomatología (7.54%). 3 pacientes (5.66%) habían recibido tratamiento pero no había citas de control en el expediente, no se pudo determinar si hubo mejoría clínica o no. Dos pacientes (3.77%) no habían recibido tratamiento.

Con respecto al uso de los medicamentos: 1 paciente (1.88%) no había presentado cambios. 4 pacientes refirieron aumento de los mismos (7.54%) y 43 pacientes (81.13%) refirieron disminución de los medicamentos después de su tratamiento. 3 pacientes (5.66%) habían recibido tratamiento pero no había citas de control en el expediente, no se pudo determinar si hubo cambios con respecto al uso de medicamentos. 2 pacientes (3.77%) no habían recibido tratamiento.

El BNI final registrado fue: escala I: 64.15% (34 pacientes); II: 7.54% (4 pacientes); III: 13.2% (7 pacientes); IV: 5.66% (3 pacientes) V: ningún paciente reportó escala grado V. 2 pacientes no habían recibido tratamiento (3.77%) y 3 pacientes (13.2%)

no estaba registrado en el expediente la escala BNI ya que no habían acudido a citas de control en consulta externa.

Con respecto a las complicaciones médicas postratamiento: 34 pacientes (64.15%) no manifestaron complicación alguna, 14 pacientes (26.41%) manifestaron diversas complicaciones. 2 pacientes no habían recibido tratamiento (3.77%) y 3 pacientes (5.66%) no estaba registrado en el expediente alguna complicación ya que no habían acudido a citas de control en consulta externa.

De los 8 pacientes tratados con radiocirugía (15.09%) todos recibieron dosis de 85 a 90 Gy, dosis única, modalidad LINAC, con colimador de 4 mm, 7 pacientes (87.5%) manifestaron no existir complicaciones; 1 paciente (12.5%) no había acudido a citas de control y no se pudo precisar si hubo complicaciones o no.

De los 4 pacientes que recibieron tratamiento combinado (7.54%): 3 de ellos (75%) manifestó no existir complicaciones postratamiento. 1 paciente (25%) no había acudido a citas de control, no se pudo precisar si hubo complicaciones o no.

2. Características anatómicas

Con respecto a la técnica empleada en el resonador, 26 pacientes (49.05%) se les realizó con 1.5 teslas, mientras que a 27 pacientes (50.94%) con el de 3 teslas.

Se realizaron las mediciones de las longitudes del nervio trigémino derecho e izquierdo, reportando una media para el nervio trigémino izquierdo de 10.69 mm

con rangos entre 4.67 a 18.44 mm. Mientras que con respecto al nervio trigémino derecho: media de 9.56 mm rango de 5.56 a 17.57mm.

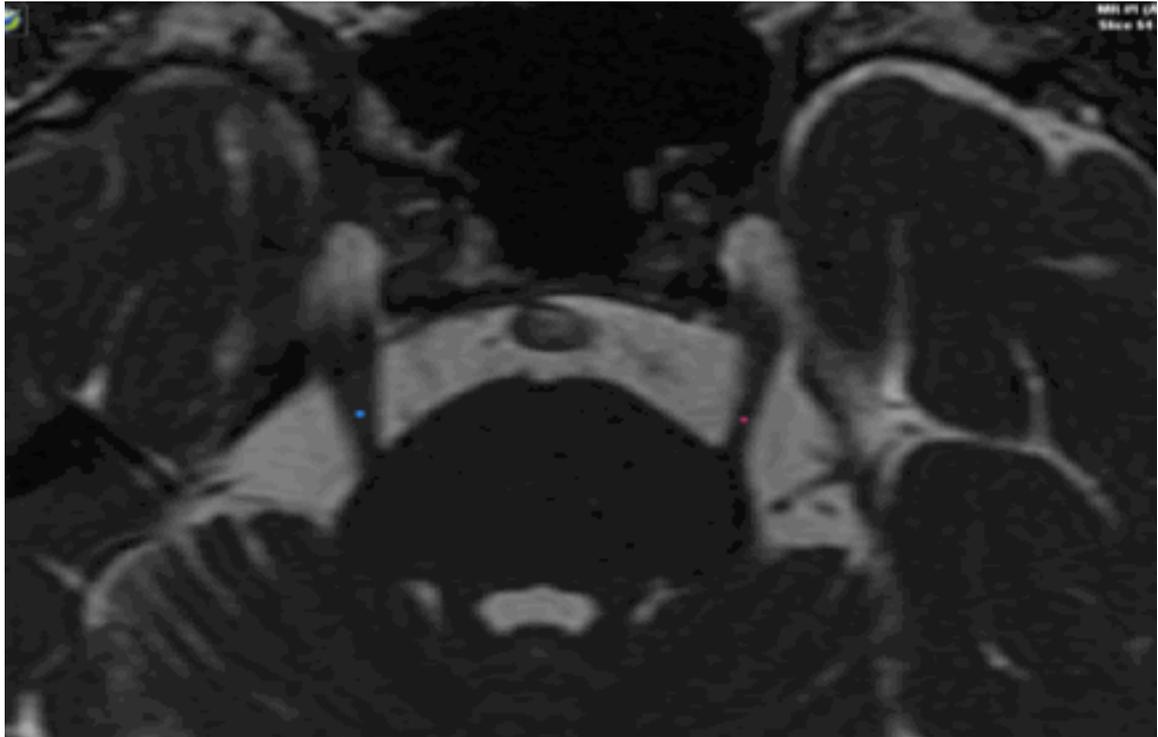


Foto 1: Se aprecia la localización del nervio trigémino izquierdo (rojo) derecho (azul) y las relaciones con el puente y las cisternas.



Foto 2: Se aprecia la medición de nervio trigémino izquierdo. Desde el puente hasta el ganglio de Gasser.

Con respecto a la angulación del nervio sobre el puente: para el nervio trigémino izquierdo una media de 10.59° con rango entre 4.98° a 18.42° . En cambio, para el nervio trigémino derecho angulación media de 12.09° rango de 6.45° a 30.49° .

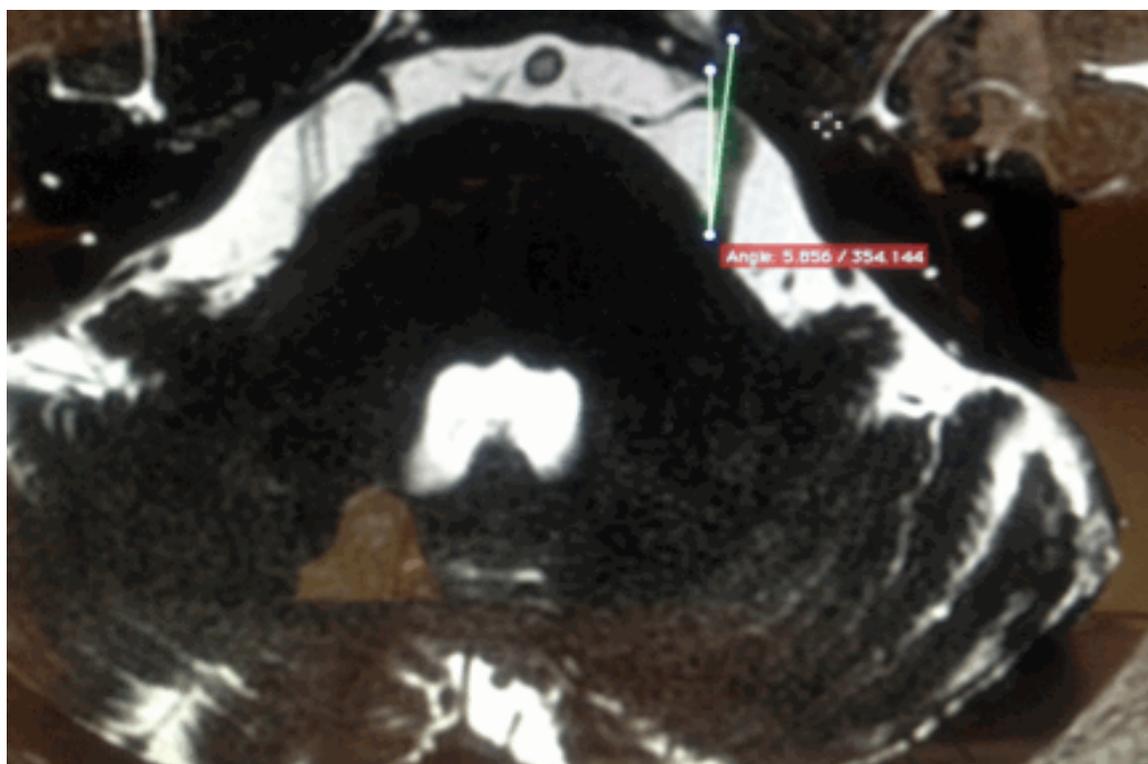


Foto 3: Se aprecia la medición del ángulo del nervio trigémino izquierdo en relación con el puente.

Con respecto a la medición de las cisternas: de lado izquierdo se obtuvo una media de 8.14 mm con rango de 4.39 a 13.84 mm. En la cisterna derecha: media de 7.32 mm con rangos de 3.49 a 14.78 mm. En las mediciones de la cisterna central: media de 7.07 mm con rangos entre 3.96 a 9.86 mm.



Foto 4: Se aprecia la medición de las cisternas en su porción derecha, izquierda y central. Se obtuvo la medición de la misma en la porción más ancha.

3. Hallazgos post-simulación

Cuando se realizaba simulación con colimadores de 4 mm se registró una longitud del blanco hacia el puente de lado izquierdo una media de 3.84 mm (rango entre

2.4 a 5.7 mm). Mientras que en el lado derecho fue de 3.71mm (rango entre 1 a 7.2 mm). Del blanco hacia el ganglio de Gasser se encontró una media de 4.23 mm (rango entre 1 a 8 mm) para el lado izquierdo, mientras que para el lado derecho fue de 3.4 mm con rango entre (1.1 a 7.9 mm).

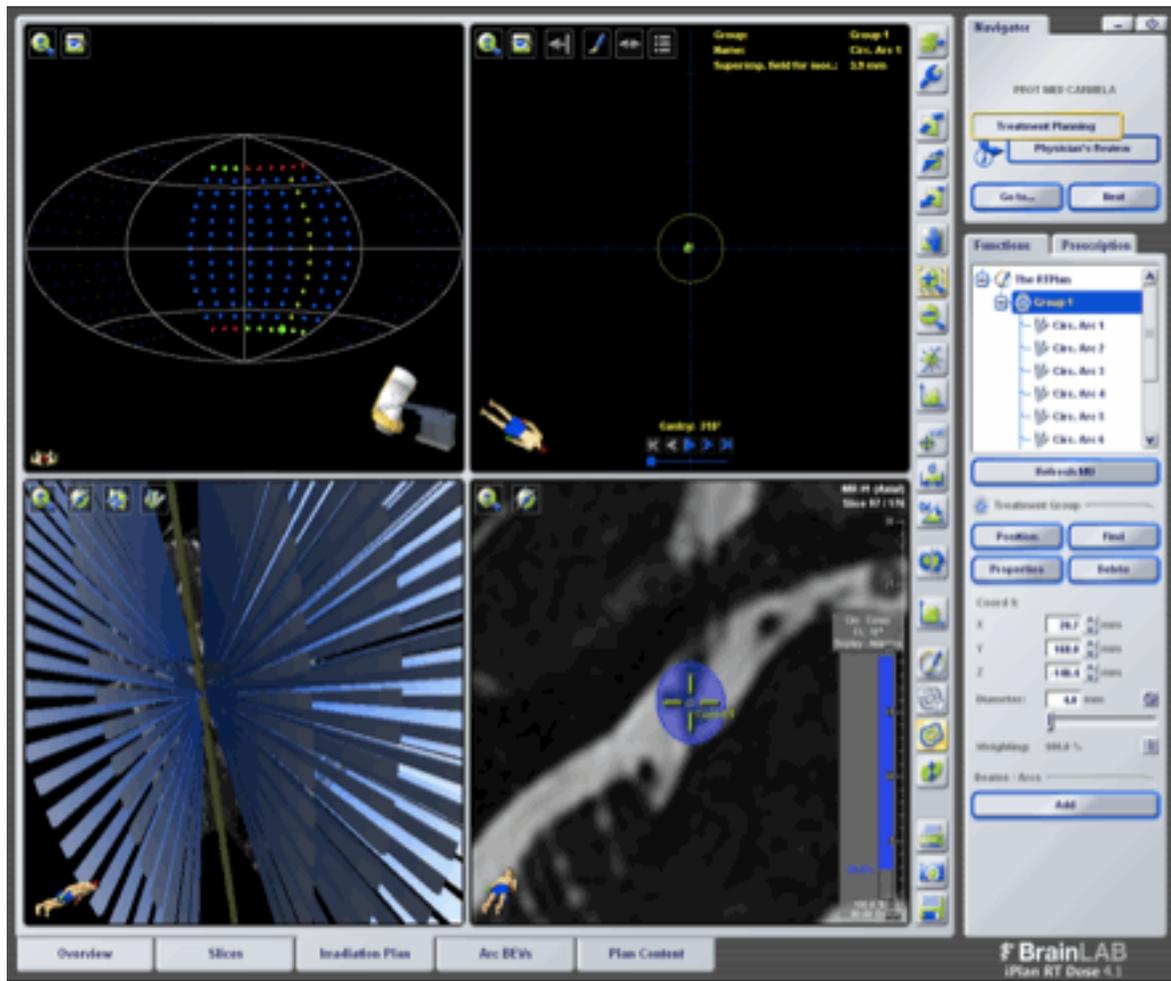


Foto 5: Se aprecia el uso de simulador Brain Lab para localizar el blanco sobre el nervio trigémino.

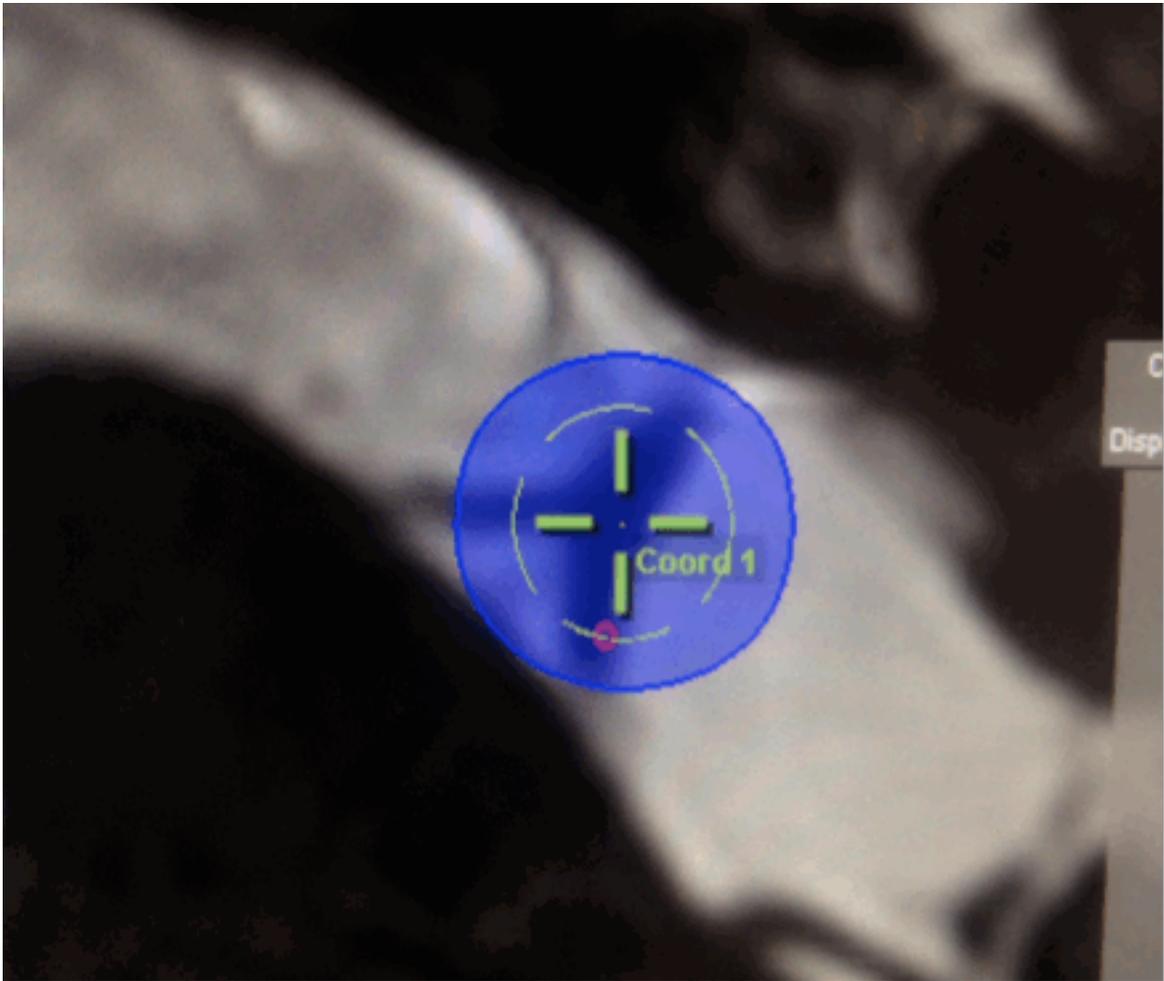


Foto 6: Se aprecia en detalle el blanco sobre el nervio trigémino, la curva de idosis del 30% quedó tangencial al puente.

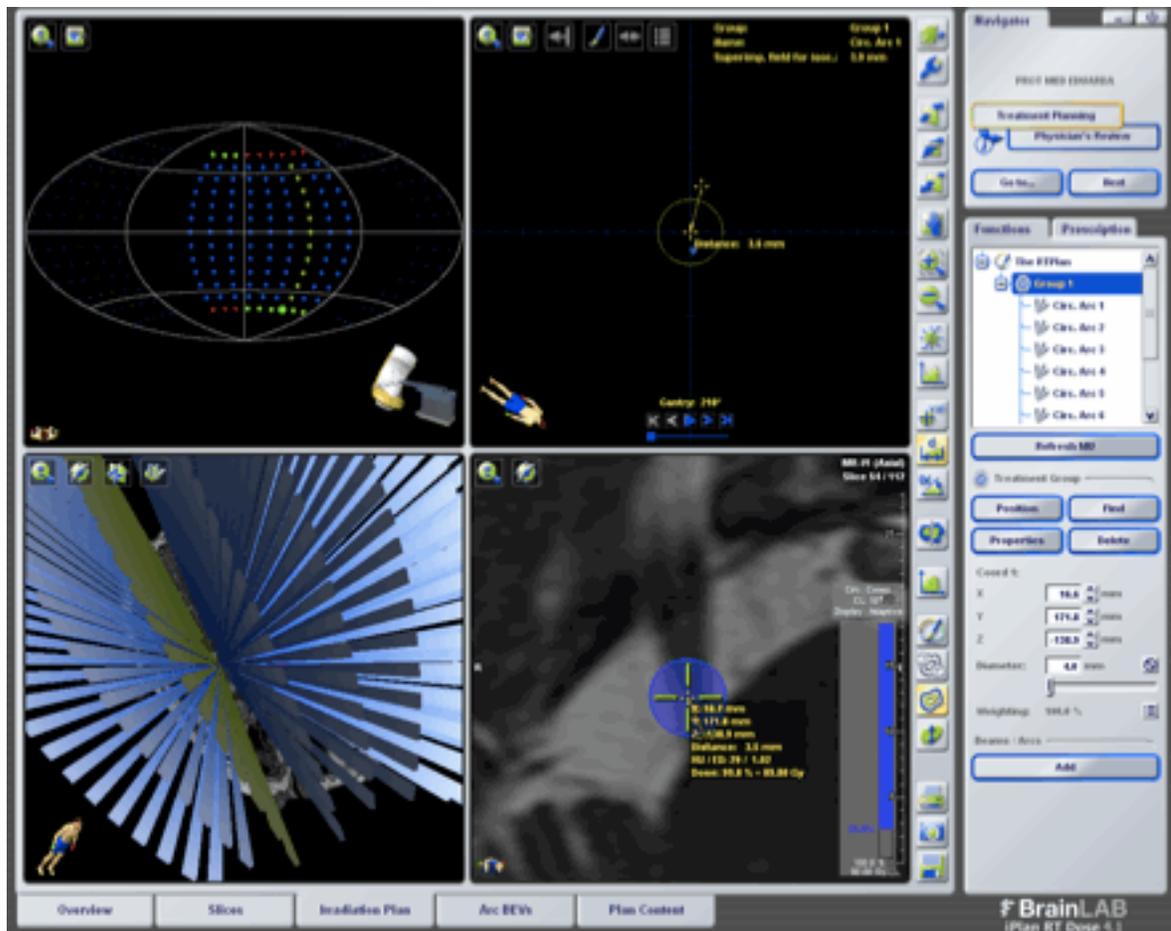


Foto 7: Se aprecia la medición del blanco hacia el puente en este caso lado derecho, colimador de 4 mm.

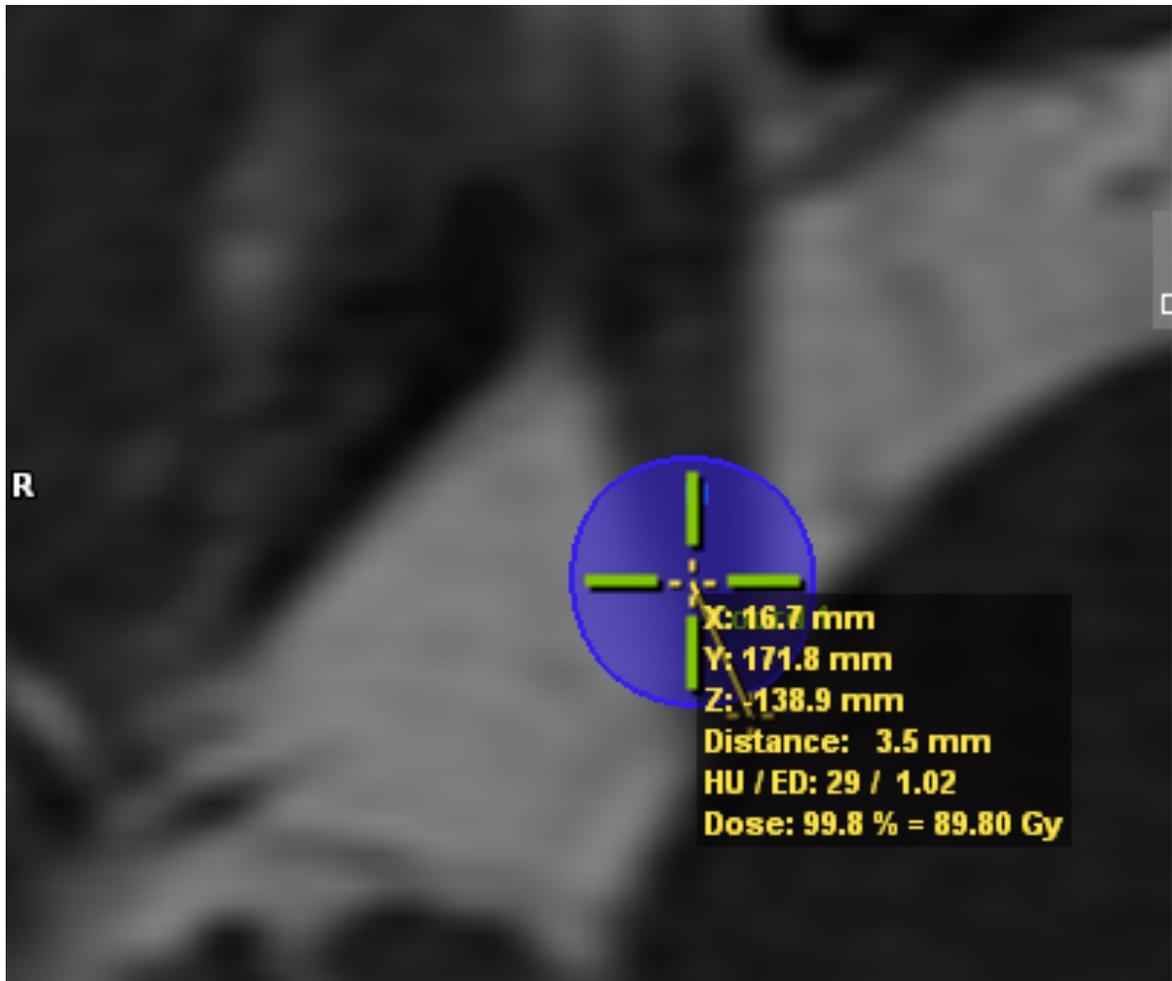


Foto 8: Se aprecia en detalle la medición del blanco hacia el puente en este caso lado derecho, colimador de 4 mm.

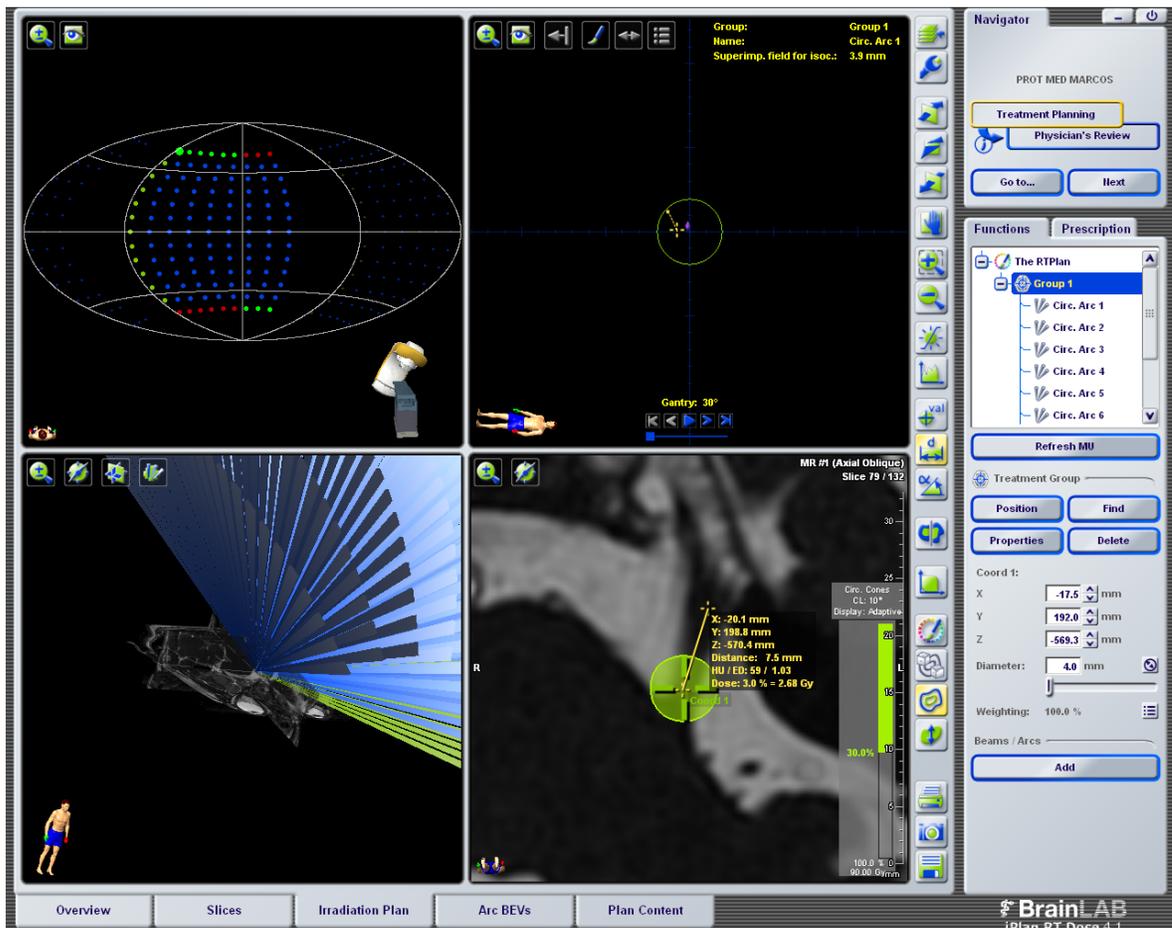


Foto 9: Se aprecia medición del blanco hacia el ganglio de Gasser, colimador de 4 mm lado izquierdo.

Quando se realizaba simulación con colimadores de 6 mm se registró una longitud del blanco hacia el puente de lado izquierdo una media de 5.53 mm (rango entre 3.8 a 10 mm). Mientras que en el lado derecho fue de 5.25 mm (rango entre 3.7 a 9 mm). Del blanco hacia el ganglio de Gasser izquierdo se encontró una media de 2.96 mm (rango entre 0 a 7.3 mm) y en el lado derecho fue de 2.17 mm con rango entre 0 a 6.6 mm.

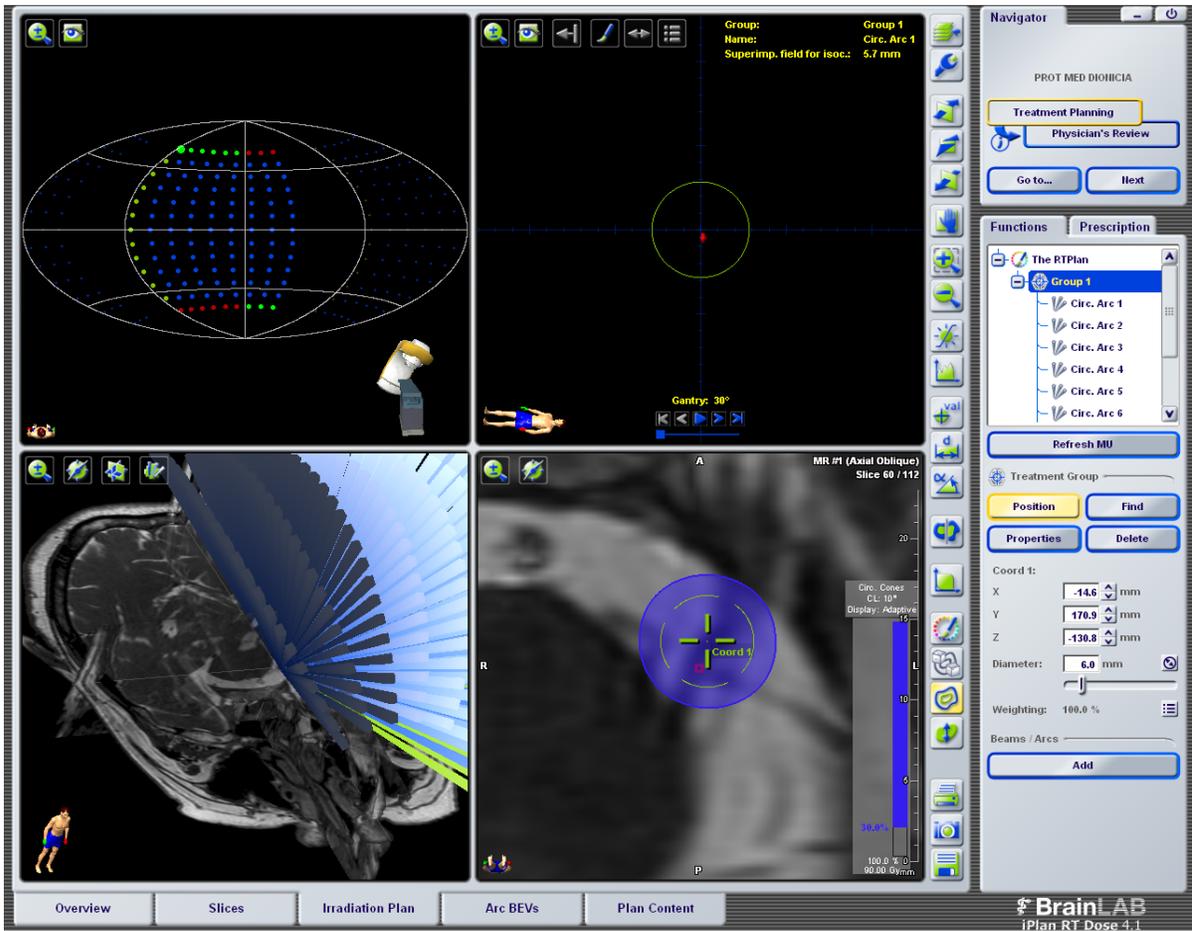


Foto 10: Localización del blanco con colimador de 6 mm. Nótese como aumenta el diámetro de curva de isodosis por aumento de colimador.

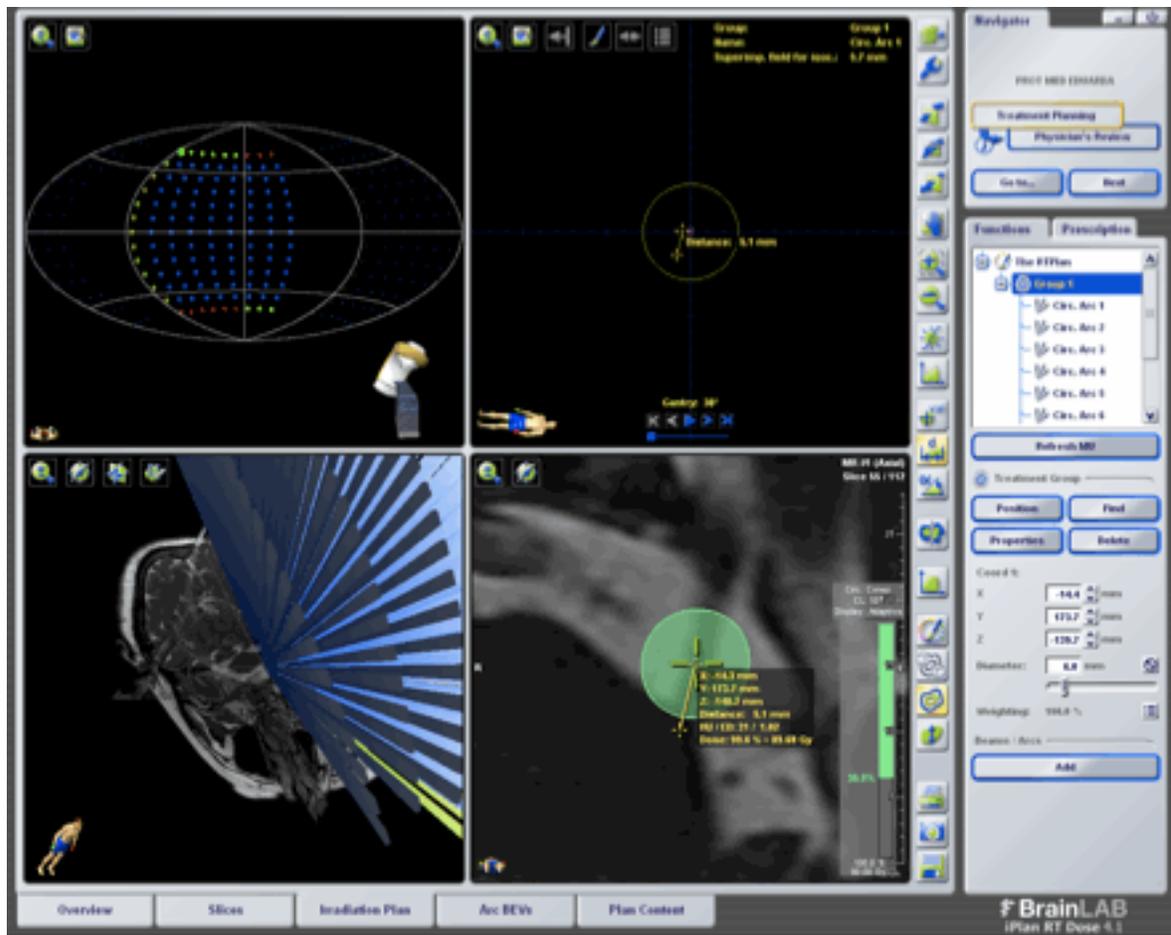


Foto 11: Se aprecia medición del blanco hacia el puente con colimador de 6 mm. Curva de isodosis del 30% quedó tangencial al puente.

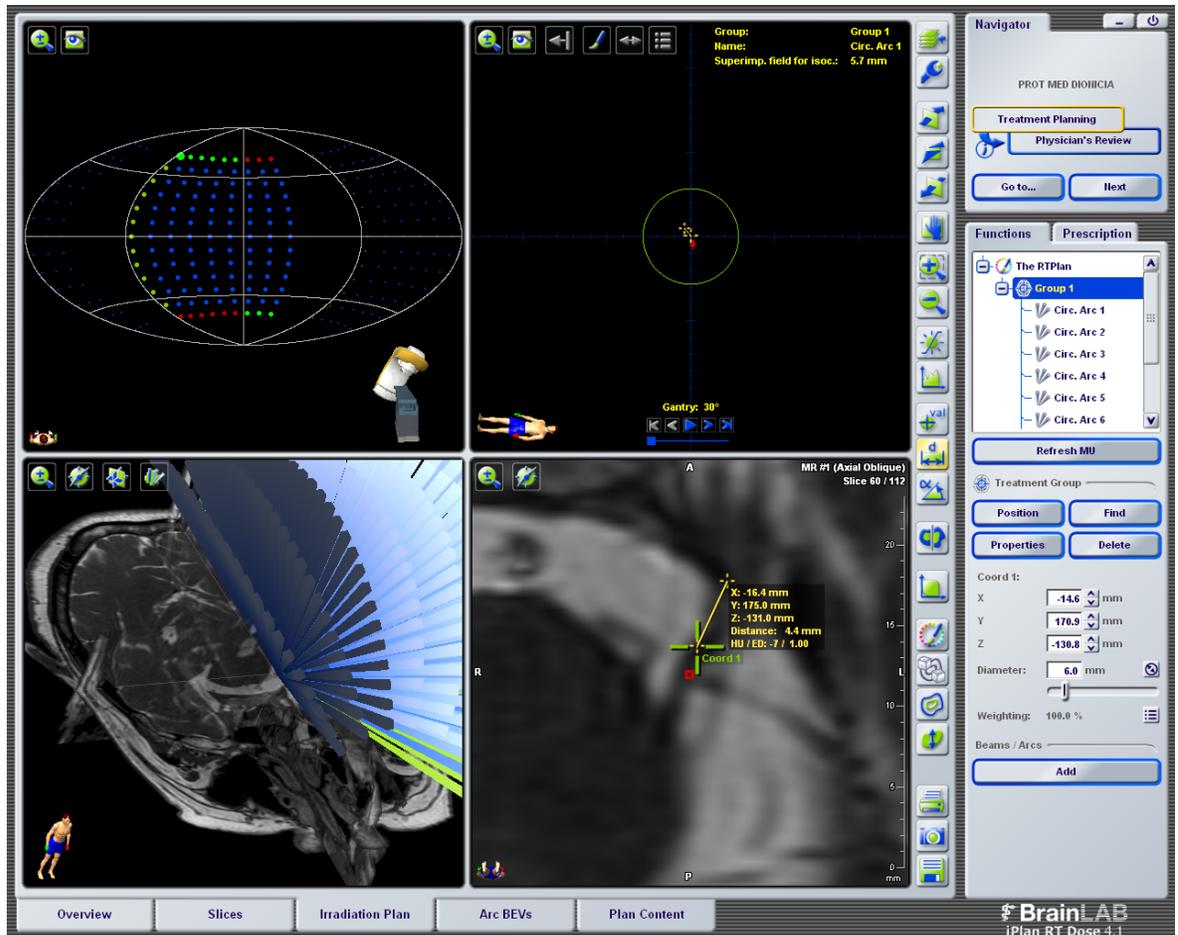


Foto 12: Se aprecia medición del blanco hacia el ganglio de Gasser, en este caso se suprimió curva de isodosis para facilitar la medición. Colimador de 6 mm.

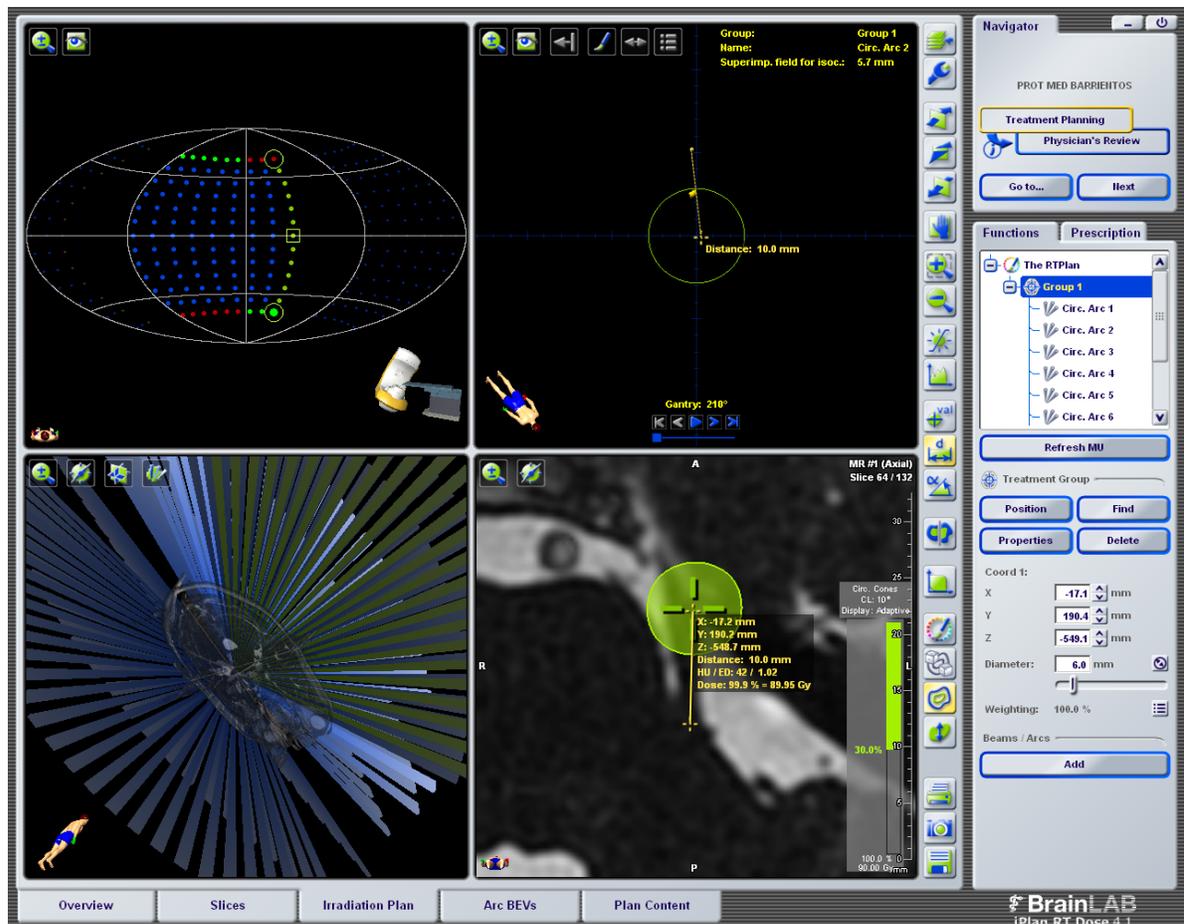


Foto 13: Se aprecia que la colocación del blanco depende de la angulación del nervio con el puente para que la curva de isodosis del 30% continúe tangencial al mismo.

Se registró la diferencia al realizar el cambio de colimadores entre 4 y 6 mm. Se obtuvo una media de 1.68 mm del puente izquierdo (rango de 0.4 a 4.3 mm) hacia el blanco, con el fin de que la curva de isodosis del 30% se encontrara tangencial al puente.

Así mismo, la diferencia entre colimadores de 4 y 6 mm acercó el blanco al ganglio de Gasser izquierdo 1.33 mm en promedio con un rango de 0.2 a 3.9 mm.

De igual modo del lado derecho se obtuvo una media con respecto a la diferencia de 1.54 mm (rango de 0.1 a 3.1 mm) desde el puente al blanco obtenido.

Mientras que en el ganglio de Gasser del lado derecho, la diferencia entre colimadores de 4 y 6 mm fue en promedio 1.12 mm con un rango de 0.1 a 3.3 mm.

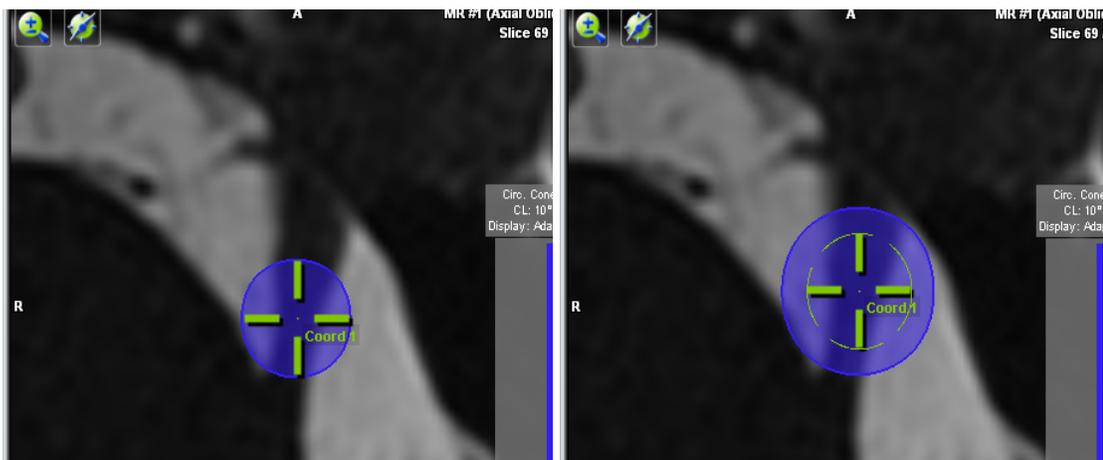


Foto 14: Se aprecia la diferencia entre colimadores de 4mm (izquierda) y 6mm (derecha). El blanco se “aleja” del puente y se “acerca” al ganglio de Gasser.

DISCUSIÓN

La neuralgia del trigémino es un problema de salud pública, siendo una de las enfermedades neuroquirúrgicas de una alta morbilidad y con mayor demanda en la consulta externa.

En este trabajo se reporta la neuralgia del trigémino con una incidencia mayor en mujeres (81.13%), la media de edad de 55.8 años, datos que van en relación a lo reportado en la literatura mundial.^{4,13,14}

En este estudio el 47.16% de los pacientes se consideró nivel socioeconómico 2, en base a estudio socioeconómico realizado por el Departamento de Trabajo Social del Instituto Nacional de Neurología y Neurocirugía “Manuel Velasco Suárez”. Este dato es importante ya que cerca del 50% los pacientes no cuentan con solvencia económica suficiente para el gasto de medicamentos a largo plazo, ó bien para el tratamiento con radiocirugía.

El 58.49% laboraba en su hogar y en este estudio se reportó una baja incidencia de tabaquismo positivo crónico (5.66%) sin encontrar una diferencia estadísticamente significativa entre este hallazgo y la enfermedad.

Se encontró una prevalencia de hipertensión arterial en el 26.41%; dentro de este grupo el 14.28% presentó co-morbilidad con diabetes mellitus tipo 2 e hipotiroidismo.

Aunque se ha reportado diversas causas de neuralgia del trigémino^{16,30,33} en este estudio se descartaron y solo ingresaron pacientes con diagnóstico de neuralgia del trigémino esencial ó idiopático.

La rama mayormente afectada fue V3 en el 81.13% ya sea sola o en combinación con otras ramas. El 16.98% de los paciente estudiados presentó afección pura en la rama de V3. La mayor incidencia hallada fue la combinación V2-V3 en el 50.94% de los pacientes. Dato que coincide con lo reportado en la literatura médica siendo la afección más común la combinación V2-V3.^{3,11,15}

El tipo de tratamiento empleado con mayor incidencia fue la descompresión microvascular (DMV) en un 81.13% global. Sin embargo excluyendo a los 2 pacientes que no habían recibido tratamiento, se reporta en este estudio que el 84.31% de los pacientes fueron tratados con DMV.

El 79.24% de los pacientes tratados refirieron en la consulta haber presentado mejoría clínica, esto arroja un resultado global, al excluir a los 2 pacientes que no habían recibido tratamiento, obtenemos que el 82.35% de los pacientes tratados reportaron mejoría clínica. Coincide con lo reportado en la literatura, alguno autores mencionan mejoría clínica con DMV de 75 a 95% de los pacientes.^{3,9, 27}

Analizando la mejoría clínica con respecto al tratamiento empleado: cuando se trató de DMV como tratamiento único (39 pacientes) se obtuvo una mejoría clínica 36 pacientes, arrojando un 92.3%; hallazgo el cual se reporta de igual manera en la literatura médica.^{3,9,27} Sólo el 5.12% manifestó no haber cambios ó empeoramiento de la sintomatología. El 2.56% (1 paciente) no acudió a su cita de control y no se pudo precisar valoración con respecto a la mejoría clínica.

De igual manera, el 94.87% de los pacientes (37 pacientes) que habían recibido tratamiento con DMV, manifestó disminución a los medicamentos. Solo el 2.56%

manifestó aumento a los mismos (1 paciente) el resto (1 paciente) no acudió a su cita de control y no se pudo precisar valoración con respecto a los medicamentos.

Sin embargo, las complicaciones postratamiento fueron solo reportadas en el grupo de los pacientes que habían recibido tratamiento con DMV, siendo la incidencia hallada en un 35.89%. El entumecimiento facial fue el hallazgo más alto: 7.54% de forma global, 10.25% dentro del grupo tratado con DMV. De igual modo se reporta en la literatura médica.^{13,42} Aunque en este estudio se reporta más favorable, ya que algunos autores reportan desde 17 a 73% de los pacientes con entumecimiento facial.^{15,55}

Al analizar a los 8 pacientes del grupo tratados con radiocirugía (15.09% global), todos ellos recibieron radiación de 85 a 90 Gy, dosis única, modalidad LINAC, con colimador de 4 mm. Diversos autores han mencionado este sistema desde el 2003 para el tratamiento de la neuralgia del trigémino.^{2,13,17,53}

Aunque no hay un consenso en la cantidad de dosis radiación, diversos autores reportan utilizar desde 75 a 90 Gy como dosis segura, con colimadores de 4 mm.^{4,6,17,22,24,25,28,29,36,38,41,42,55,58,61}

Con respecto a este grupo se obtuvo que el 75% (6 pacientes) manifestó mejoría en la sintomatología, hallazgo el cual se reporta de igual manera en la literatura médica.^{4,19,24,36,40,43,44,58} Sólo 1 paciente: 12.5% manifestó empeoramiento de la sintomatología. El 12.5% restante (1 paciente) no acudió a cita de control en consulta externa y no se pudo precisar este dato.

De igual manera, el 75% de los pacientes que habían recibido tratamiento con radiocirugía, manifestó disminución a los medicamentos. Solo el 12.5% manifestó

no haber cambios con la dosis del medicamento. El 12.5% restante (1 paciente) no acudió a cita de control en consulta externa y no se pudo precisar respuesta a medicamentos.

En el mismo grupo tratado con radiocirugía: el 87.5% de los pacientes manifestaron no existir complicaciones. Analizando el tiempo de exposición con citas de control se encontró una media de 17.8 meses (rango entre 8 a 35 meses). Se considera buen tiempo de seguimiento para valorar la existencia de complicaciones o no.^{23,29,54} El 12.5% restante, no había tenido citas de control y no se pudo precisar la existencia de complicaciones o no.

Dentro del grupo que recibió tratamiento combinado, (4 pacientes) se reportó que el 50% manifestó empeoramiento de la sintomatología, el 25% se reportó igual y el 25% restante no había citas de control en el expediente.

De igual manera, dentro de este mismo grupo de tratamiento combinado, se reportó que el 50% manifestó disminución a los medicamentos empleados, el 25% se reportó igual y el 25% restante no había citas de control en el expediente.

Con respecto al seguimiento se encontró una media de 23.2 meses con rango entre 7 a 126 meses. Esto se incluye dentro del tiempo reportado en algunos estudios, ya que algunos autores reportan seguimiento de 2 a 6.4 años en promedio.^{23,24,29,54}

El 58.49% de los pacientes manifestaba un BNI inicial alto (escala V). En comparación con el BNI final la mayor incidencia reportada fue de 64.15% con escala I en resultado postratamiento. Resultado similar a lo reportado en la literatura mundial.^{12,13,24}

Con respecto a la técnica empleada en el resonador, 26 pacientes (49.05%) se les realizó con 1.5 teslas, mientras que a 27 pacientes (50.94%) con el de 3 teslas.

Diversos autores mencionan la resonancia magnética modalidad FIESTA como la modalidad de imagen utilizada para especificar blancos en el tratamiento de radiocirugía. Es superior a cualquier otra imagen para delinear el nervio trigémino y se puede apreciar algún elemento ya sea vascular o tumoral que comprima el nervio.^{28,35,69} En este estudio fue el estudio de imagen que se utilizó para poder determinar el blanco específico en el simulador Brain Lab.

Al realizar las las mediciones de las longitudes del nervio trigémino izquierdo, se reportó una media de 10.69 mm (rango 4.67 a 18.44). Mientras que en el nervio trigémino derecho: media de 9.56 mm (rango 5.56 a 17.57).

Con respecto a la angulación del nervio sobre el puente: para el nervio trigémino izquierdo una media de 10.59° (rango 4.98° a 18.42°). Nervio trigémino derecho media de 12.09° (rango 6.45° a 30.49°).

Con respecto a la medición de las cisternas: lado izquierdo: media de 8.14 mm (rango 4.39 a 13.84). Cisterna derecha: media de 7.32 mm (rango 3.49 a 14.78). Cisterna central: media de 7.07 mm (rango 3.96 a 9.86).

La simulación con colimadores de 4 mm registró una longitud del blanco hacia el puente de lado izquierdo con una media de 3.84 mm (rango entre 2.4 a 5.7 mm). Mientras que en el lado derecho fue de 3.71mm (rango entre 1 a 7.2 mm). Del blanco hacia el ganglio de Gasser se encontró una media de 4.23 mm (rango entre

1 a 8 mm) para el lado izquierdo, mientras que para el lado derecho fue de 3.4 mm con rango entre (1.1 a 7.9 mm).

Mientras cuando se realizaba simulación con colimadores de 6 mm se registró una media de longitud del blanco hacia el puente de lado izquierdo de 5.53 mm (rango entre 3.8 a 10 mm). Mientras que en el lado derecho fue de 5.25 mm (rango entre 3.7 a 9 mm). Del blanco hacia el ganglio de Gasser izquierdo se encontró una media de 2.96 mm (rango entre 0 a 7.3 mm) y en el lado derecho fue de 2.17 mm con rango entre 0 a 6.6 mm.

Se registró la diferencia al realizar el cambio de colimadores entre 4 y 6 mm. Se obtuvo una media de 1.68 mm del puente izquierdo (rango de 0.4 a 4.3 mm) hacia el blanco, con el fin de que la curva de isodosis del 30% se encontrara tangencial al puente.

Así mismo, la diferencia entre colimadores de 4 y 6 mm acercó el blanco al ganglio de Gasser izquierdo 1.33 mm en promedio con un rango de 0.2 a 3.9 mm.

De igual modo del lado derecho se obtuvo una media con respecto a la diferencia de 1.54 mm (rango de 0.1 a 3.1 mm) desde el puente al blanco obtenido.

Mientras que en el ganglio de Gasser del lado derecho, la diferencia entre colimadores de 4 y 6 mm fue en promedio 1.12 mm con un rango de 0.1 a 3.3 mm.

En este estudio se pudo comprobar que realizando medidas anatómicas, el nervio trigémino debe medir en promedio 10.12 mm. Para poder colocar un blanco que en promedio debe estar a 3.77 mm del puente y con ello lograr que la curva de

isodosis del 30% se encuentre tangencial al mismo. Utilizando colimadores de 4mm.

En cambio si se utilizan colimadores de 6 mm en este estudio se pudo determinar que el blanco en promedio se colocará a 5.39 mm del puente; logrando con ello que la curva de isodosis del 30% se encuentre tangencial al mismo y de este modo disminuir el riesgo de lesiones.

Al utilizar colimadores de 4 mm, en promedio se encuentra a 3.81 mm del ganglio de Gasser; en cambio al utilizar colimadores de 6 mm se encuentra a 2.56 mm el blanco del ganglio.

A pesar de que a través de varios estudios se ha demostrado que la radiocirugía libera el dolor en la neuralgia del trigémino. Permanece la incógnita sobre el mejor sitio para colocar el blanco. ¿Exactamente con cuanta cercanía al tallo cerebral puede radiarse el sitio?⁶⁷

Gorghulo en el 2006¹ menciona a diversos autores los cuales colocan el blanco de tal modo que la curva de isodosis del 20 al 50% se coloque en el borde del puente. Si la curva de isodosis se aumenta en este sitio, entonces puede haber mayores complicaciones sensoriales.

Leland en el 2000⁴ hace referencia que el mejor sitio utilizado como blanco es en el nervio trigémino justo en la unión con el puente.

Cheuk en el 2004⁶⁹ y Aubuchon en el 2010⁶⁴ mencionaron que el lugar óptimo del blanco ha sido controversial. Haciendo mención que la colocación del blanco más

cercano del puente otorgaba una mejor respuesta pero también implicaba una mayor susceptibilidad de daño, debido a que los oligodendrocitos localizados cerca del sitio de entrada de la raíz son mucho más sensibles a la radiación que las células de Schwann que se encuentran más periféricas.

Park en el 2010¹⁸ concluye que la radiación a la zona retrogasseriana es mucho más efectiva que en la zona de entrada de la raíz del nervio, otorgando mayor seguridad, menor morbilidad y una mejor respuesta de alivio del dolor.

Cheuk en el 2004⁶⁹ mencionó en su estudio que la dosis recibida por el puente se acercaba al 10% cuando se radiaba el ganglio de Gasser, en cambio al radiar la zona de entrada de la raíz recibía el puente 20% de dosis radiación. Concluyendo que si el puente no recibe dosis radiación mayores a 20% se minimiza el riesgo de necrosis por radiación al puente.

Flickinger en el 2001³⁶ hace mención que la radiocirugía extendida, la cual incluye un mayor segmento de la porción retrogasseriana puede ofrecer mejoría en el alivio del dolor de la neuralgia del trigémino.

Mientras que Zhang en el 2005⁶⁵ investigó la respuesta al radiar el nervio en 2 blancos y concluyó que la distancia de los isocentros se incrementaron para una mayor radiación del nervio con una tendencia a mejorar el alivio del dolor.

En este estudio lo que se realizó a través de la simulación fue la aplicación de una dosis radiación del 30% en el borde del puente, con ello se minimiza la dosis radiación hacia el puente de menos de 20%.

Villavicencio en el 2008²⁵ reportó que para una radiación segura, el nervio trigémino debe medir una longitud de 6 mm rango de 5 a 12 mm. En este estudio se determinó por mediciones anatómicas en promedio que debe medir 10.12 mm rango de 7.4 a 12.8 mm.

CONCLUSIÓN

En base al estudio anatómico, se ofrece la radiocirugía con blanco en la zona de entrada cuando el nervio mida 10.12 mm rango de 7.4 a 12.8 mm. De lo contrario es mejor usar el blanco retrogasseriano.

De este modo se ofrece una seguridad de una dosis radiación óptima en la zona de entrada del nervio, logrando una curva de isodosis del 30% tangencial al puente. Logrando una mayor seguridad y efectividad del tratamiento.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Gorgulho A A, De Salles A A F. Impact of radiosurgery on the surgical treatment of trigeminal neuralgia. *Surg Neurol* 2006;66:350-6
2. Chen J C T, Greathouse H E, Girvigian M R, Miller M J, Liu A, Rahimian J. Prognostic factors for radiosurgery treatment of trigeminal neuralgia. *Neurosurgery (Suppl 5)* 2008;62:A53-60
3. Sánchez Mejía R O, Limbo M, Cheng J S, Cámara J, Ward M M, Bárbaro N M. Recurrent or refractory trigeminal neuralgia after microvascular decompression, radiofrequency ablation, or radiosurgery. *Neurosurg Focus* 2005;18(5):E12
4. Rogers C L, Shetter A G, Fiedler J A, Smith K A, Han P P, Speiser B L. Gamma knife radiosurgery for trigeminal neuralgia: The initial experience of the Barrow Neurological Institute *Int J Radiation Oncology Biol Phys* 2000;47(4):1013-9
5. Azar M, Yahyavi S T, Bitaraf M A, Gazik F K, Allahverdi M, Shahbazi S, Alikhanic M. Gamma knife radiosurgery in patients with trigeminal neuralgia: Quality of life, outcomes and complications. *Clinical Neurology and Neurosurgery*, 2009;111:174-8
6. Pollock B E. Comparison of posterior fossa exploration and stereotactic radiosurgery in patients with previously nonsurgically treated idiopathic trigeminal neuralgia. *Neurosurg Focus* 2005;18(5):E6
7. Scrivani S J, Mathews E S, Maciewicz R J. Trigeminal neuralgia. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2005;100:527-38
8. Cole C D, Liu J K, Apfelbaum R I. Historical perspectives on the diagnosis and treatment of trigeminal neuralgia. *Neurosurg Focus* 2005;18(5):E4
9. Dhople A, Kwok Y, Chin L, Shepard D, Slawson R, Amin P, Regine W. Efficacy and quality of live outcomes in patients with atypical trigeminal neuralgia treated with gamma-knife radiosurgery. *Int J Radiation Oncology Biol Phys* 2007;69(2):397-403
10. Boecher-Schwarz H G, Bruehl K, Guenther M, Perneczky 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
11. Borsook D, Moulton E A, Pendse G, Morris S, Cole S H, Aiello-Lammens M, Scrivani S, Becerra L R. Comparison of evoked vs spontaneous tics in a patient with trigeminal neuralgia (tic douloureux). *Mol Pain* 2007;6:3-34 (2007)1-16

12. Petit J H, Herman J M, Nagda S, DiBiase S J, Chin L S. Radiosurgical treatment of trigeminal neuralgia: evaluating quality of life and treatment outcomes. *Int J Radiation Oncology Biol Phys* 2003;56:1147-53
13. Pusztazeri M, Villemure J G, Regli L, Do H P, Pica A. Radiosurgery for trigeminal neuralgia using a linear accelerator with BrainLab system: report on initial experience in Laussane, Switzerland. *Swiss Med Wkly* 2007;137:682-6
14. Massager N, Murata N, Tamura M, Devriendt D, Levivier M, Régis J. Influence of nerve radiation dose in the incidence of trigeminal dysfunction after trigeminal neuralgia radiosurgery. *Neurosurgery* 2007;60:681-8
15. Descovich M, Sneed P K, Bárbaro N M, McDermott M W, Chuang C F, Barani I J, Nakamura J L, Ma L. A dosimetric comparison between gamma knife and cyberknife treatment plans for trigeminal neuralgia. *J Neurosurg* 2010;113:199-206
16. Cruccu G, Gronseth G, Alksne J, Brainin M, Burchief K, Nurmikko T, Zakrzewska J M. AAN-EFNS guidelines on trigeminal neuralgia management. *European Journal of Neurology* 2008;15:1013-28
17. Chen J C T, Girvigian M, Greathouse H, Miller M, Rahimian J. Treatment of trigeminal neuralgia with linear accelerator radiosurgery: initial results. *J Neurosurg (Suppl 3)* 2004;101:346-50
18. Park S H, Hwang S K, Kang D H, Park J, Hwang J H, Sung J K. The retrogasserian zone versus dorsal root entry zone: comparison of two targeting techniques of gamma knife radiosurgery for trigeminal neuralgia. *Acta Neurochir* 2010;152:1165-70
19. Little A S, Shetter A G, Shetter M E, Bay C, Rogers C L. Long-term pain response and quality of live in patients with typical trigeminal neuralgia treated with Gamma Knife Stereotactic Radiosurgery. *Neurosurgery* 2008;63:915-24
20. Cheng J S, Sánchez Mejía R O, Limbo M, Ward M M, Bárbaro N M. Management of medically refractory trigeminal neuralgia in patients with multiple sclerosis. *Neurosurg Focus* 2005;18(5):E13
21. Capelle H H, Brandis A, Tschan C A, Krauss J K. Treatment of recurrent trigeminal neuralgia due to teflon granuloma. *J Headache Pain* 2010;11:339-44
22. Goss B W, Frighetto L, De Salles A A F, Smith Z, Solberg T, Selch M. Linear accelerator radiosurgery using 90 Gray for essential trigeminal neuralgia: results and dose volume histogram analysis. *Neurosurgery* 2003;53: 823-30
23. Park Y S, Hwang S K. Outcomes of gamma knife radiosurgery for trigeminal neuralgia after a minimum 3-year follow-up. *J Clin Neurosci* 2011;18:645-8
24. Verheul J B, Hanssens P E J, Lie S T, Leenstra S, Piersma H, Beute G N. Gamma knife surgery for trigeminal neuralgia: a review of 450 consecutive cases. *J Neurosurg* 2010;113:160-7
25. Villavicencio A T, Lim M, Burneikiene S, Romannelli P, Adler J R, McNeely L, Chang S D, Fariselli L, McIntyre M, Bower R, Broggi G, Thramann J. Cyberknife

radiosurgery for trigeminal neuralgia treatment: a preliminary multicenter experience. *Neurosurgery* 2008;62:647-55

26. Fountas K N, Smith J R, Lee G P, Jenkins P D, Cantrell R R, Sheils C. Gamma knife stereotactic radiosurgical treatment of idiopathic trigeminal neuralgia: long-term outcome and complications. *Neurosurg Focus* 2007;23(6):E8

27. Keravel I. y Sindou M. Tratamiento neuroquirúrgico de la neuralgia del trigémino. En: Basso A, Carrizo G, Mezzadri J J et al. *Neurocirugía. Aspectos clínicos y quirúrgicos*. Rosario, Argentina: Corpus libros Médicos y Científicos 2010:746-54

28. Lorenzoni J G, Massager N, David P, Devriendt D, Desmedt F, Brotchi J, Levivier M. Neurovascular compression anatomy and pain outcome in patients with classic trigeminal neuralgia treated by radiosurgery. *Neurosurgery* 2008;62:368-75

29. Tawk R G, Duffy-Fronkowiak M, Scott B E, Alberico R A, Díaz A Z, Podgorsak M B, Plunkett R J, Fenstermaker R A. Stereotactic gamma knife surgery for trigeminal neuralgia: detailed analysis of treatment response. *J Neurosurg* 2005;102:442-9

30. Fukuda H, Ishikawa M, Iwasaki K, Takase T. Pure V1 Trigeminal neuralgia caused by a cryptic trigeminal neurinoma. Brief reports of special cases. *Acta Neurochir (Wien)* 2001;143: 203-4

31. Linskey M E, Ratanatharathorn V, Peñagaricano J. A prospective cohort study of microvascular decompression and gamma knife surgery in patients with trigeminal neuralgia. *J Neurosurg* 2008;109:160-72

32. Becker M, Kohler R, Vargas M I, Viallon M, Delavelle J. Pathology of the trigeminal nerve. *Neuroimag Clin N Am* 2008;18:283-307

33. Chang J W, Chang J H, Park Y G, Chung S S. Gamma knife radiosurgery for idiopathic and secondary trigeminal neuralgia. *J Neurosurg (Suppl 3)* 2000;93:147-51

34. Chang J W, Choi J Y, Yoon Y S, Park Y G, Chung S S. Unusual causes of trigeminal neuralgia treated by gamma knife radiosurgery. *J Neurosurg (Suppl 5)* 2002;97:533-5

35. Chávez G R, De Salles A A F, Solberg T D, Pedroso A, Espinoza D, Villablanca P. Three-dimensional fast imaging employing steady-state acquisition magnetic resonance imaging for stereotactic radiosurgery of trigeminal neuralgia. *Neurosurgery* 2005;56(3):628

36. Flickinger J C, Pollock B E, Kondziolka D, Phoung L K, Foote R L, Stafford S L, Lunsford L D. Does increased nerve length within the treatment volume improve trigeminal neuralgia radiosurgery? A prospective double-blind, randomized study. *Int J Radiation Oncology Biol Phys* 2001;51(2):449-54

37. Dubinsky R M, Kabbani H, El-Chami Z, Boutwell C, Ali H. Practice parameter: treatment of postherpetic neuralgia. An evidence-based report of the Quality Standards Subcommittee of the American Academy of Neurology. *Neurology* 2004;63:959-65
38. Alpert T E, Chung C T, Mitchell L T, Hodge C J, Montgmorey C T, Bogart J A, Kim D Y J, Bassano D A, Hahn S S. Gamma knife surgery for trigeminal neuralgia: improved initial response with two isocenters and increasing dose. *J Neurosurg(Suppl)* 2005;102:185-8
39. Dellareti M, Reyns N, Touzet G, Sarrazin T, Dubois F, Lartigau E. Clinical outcomes after gamma knife surgery for idiopathic trigeminal neuralgia: review of 76 consecutive cases. *J Neurosurg* 2008;109:173-8
40. Longhi M, Rizzo P, Nicolato A, Foroni R, Reggio M, Gerosa M. Gamma Knife Radiosurgery for trigeminal neuralgia: Results and potentially predictive parameters-Part I: Idiopathic trigeminal neuralgia. *Neurosurgery* 2007;61:1254-61
41. Nicol B, Regine W F, Courteny C, Meigooni A, Sanders M, Young B. Gamma knife radiosurgery using 90 Gy for trigeminal neuralgia *J Neurosurg (Suppl 3)* 2000;93:152-4
42. Richards G M, Bradley K A, Tomé W A, Bentzen S M, Resnick D K, Mehta M P. Linear accelerator radiosurgery for trigeminal neuralgia. *Neurosurgery* 2005;57:1193-1200
43. Hasegawa T, Kondziolka D, Spiro R, Flickinger J C, Lunsford L D. Repeat radiosurgery for refractory trigeminal neuralgia. *Neurosurgery* 2002;50:494-502
44. Sheehan J, Pan H C, Stroila M, Steiner L. Gamma knife surgery for trigeminal neuralgia: outcomes and prognostic factors. *J Neurosurg* 2005;102:434-41
45. Rinaldi M, Paris A, Berra M, Pares H, Olocco R, Papapini F. Síndrome de compresión microvascular. Nuestra experiencia (2003-2009). *Rev Arg Neuroc* 2009;23:129-32
46. Revuelta R, Beltrán J, Escobedo F, Flores J A. Microcraniectomía asterional: una opción quirúrgica para la patología del ángulo ponto-cerebeloso. *Rev Ecu Neur* 1999;8:E1
47. Herman J M, Petit J H, Amin P, Kwok Y, Dutta P R, Chin L S. Repeat gamma knife radiosurgery for refractory or recurrent trigeminal neuralgia: treatment outcomes and quality-of-life assesment. *Int J Radiation Oncology Biol Phys* 2004;59(1):112-6
48. Göçer A I, Çetinalp E, Tuna M, Gezercan Y, ildan F. Fatal complication of the percutaneous radiofrequency trigeminal rhizotomy. *Acta Neurochir (Wien)* 1997;139: 373-4
49. Zuqiang W, Jichang L, Xuan S. Clinical observation on trigeminal neuralgia treated by acupuncture plus electrophoresis. *J Acupunct Tuina Sci* 2011;9(2):95-7

50. Chen J C T, Rahimian J, Rahimian R, Arellano A, Miller M J, Girvigian M R. Frameless Image-Guided Radiosurgery for initial treatment of typical trigeminal neuralgia. *World Neurosurg* 2010;74: 538-43
51. Maher C O, Pollock B E. Radiation induced vascular injury after stereotactic radiosurgery for trigeminal neuralgia: case report. *Surg Neurol* 2000;54:189-93
52. Pollock B E, Phoung L K, Foote R L, Stafford S L, Gorman D A. High-dose trigeminal neuralgia radiosurgery associated with increased risk of trigeminal nerve dysfunction. *Neurosurgery* 2001;49:58-64
53. Smith Z A, De Salles A A F, Frighetto L, Goss B, Lee S P, Selch M, Wallace R E, Cabatan-Awang C, Solberg T. Dedicated linear accelerator radiosurgery for the treatment of trigeminal neuralgia. *J Neurosurg* 2003;99:511-6
54. Urgosik D, Liscak R, Novotny J, Vymazal J, Vladyka V. Treatment of essential trigeminal neuralgia with gamma knife surgery. *J Neurosurg (Suppl)* 2005;102:29-33
55. Lim M, Villavicencio A T, Burneikiene S, Chang S.D., Romanelli P, McNeely L, McIntyre M, Thramann J J, Adler J R. Cyberknife radiosurgery for idiopathic trigeminal neuralgia. *Neurosurg Focus* 2005;18(5):E9
56. Frighetto L, De Salles A A, Smith Z A, Goss B, Selch M, Solberg T. Noninvasive linear accelerator radiosurgery as the primary treatment for trigeminal neuralgia. *Neurology* 2004;62:660-2
57. Keep M F, DeMare P A, Ashby L S. Gamma knife surgery for refractory postherpetic trigeminal neuralgia: targeting in one session both the retrogasserian trigeminal nerve and the centromedian nucleus of the thalamus. *J Neurosurg (Suppl)* 2005;102:276-82
58. Park Y S, Kim J P, Chang W S, Kim H Y, Park Y G, Chang J W. Gamma knife radiosurgery for idiopathic trigeminal neuralgia as primary vs. secondary treatment option. *Clin Neurol Neurosurg* 2011;113(6):447-52
59. Foy A B, Parisi J E, Pollock B E. Histologic analysis of a human trigeminal nerve after failed stereotactic radiosurgery: case report. *Surgical Neurology* 2007;68:655-9
60. Pollock B E, Foote R L, Link M J, Stafford S L, Brown P D, Schomberg P J. Repeat radiosurgery for idiopathic trigeminal neuralgia. *Int J Radiation Oncology Biol Phys* 2005;61:192-5
61. Shetter A G, Rogers L, Ponce F, Friedler J A, Smith K, Speiser B L. Gamma knife radiosurgery for recurrent trigeminal neuralgia. *J Neurosurg (Suppl 5)* 2002;97:536-8
62. Massager N, Abeloos L, Devriendt D, Op de Beeck M, Levivier M. Clinical evaluation of targeting accuracy of Gamma Knife Radiosurgery in trigeminal neuralgia. *Int J Radiation Oncology Biol Phys* 2007;69:1514-20

63. Pollock B E, Foote R L, Stafford S L, Link M J, Gorman D A, Schomberg P J. Results of repeated gamma knife radiosurgery for medically unresponsive trigeminal neuralgia. *J Neurosurg (Suppl 3)*: 2000;93:162-4
64. Aubuchon A C, Chan M D, Lovato J F, Balamucki C J, Ellis T L, Tatter S B, McMullen K P, Munley M T, Deguzmán A F, Ekstrand K E, Bourland D, Shaw E G. Repeat gamma knife radiosurgery for trigeminal neuralgia. *Int J Radiation Oncology Biol Phys* 2011;15(4):1059-65
65. Zhang P, Brisman R, Choi J, Li X. Where to locate the isocenter? The treatment strategy for repeat trigeminal neuralgia radiosurgery. *Int J Radiation Oncology Biol Phys* 2005;62:38-43
66. Matsuda S, Serizawa T, Sato M, Ono J. Gamma knife radiosurgery for trigeminal neuralgia: the dry-eye complication. *J Neurosurg (Suppl 5)* 2002;97:525-8
67. Brisman R, Mooij R. Gamma knife radiosurgery for trigeminal neuralgia: dose-volume histograms of the brainstem and trigeminal nerve. *J Neurosurg (Suppl 3)* 2000;93:155-8
68. Brisman R. Gamma knife radiosurgery for primary management for trigeminal neuralgia. *J Neurosurg (Suppl 3)* 2000;93:159-61
69. Cheuk A V, Chin L S, Petit J H, Herman J M, Fang, H B, Regine W F. Gamma knife surgery for trigeminal neuralgia: outcome, imaging and brainstem correlates. *Int J Radiation Oncology Biol Phys* 2004;60:537-41