

# APLICACIÓN DE LA TRACTOGRAFÍA EN LA RESECCIÓN DE TUMORES GLIALES

Dra. Amanda Avedillo Ruidiaz / Dra. Laura Beatriz López López / Dra. Silvia Vázquez Sufuentes / Dra. Paula Alcázar Cid / Dr. Juan Casado Pellejero / Dr. Jesús Adrián Moles Herbera  
Servicio de Neurocirugía. Hospital Universitario Miguel Servet. Zaragoza

## RESUMEN

**Objetivos.** Describir las diferencias en pronóstico funcional, grado de resección y progresión tumoral en pacientes intervenidos de tumores gliales con ayuda de la tractografía y pacientes intervenidos sin ella. Establecer las indicaciones y el grado de recomendación de la tractografía en el momento actual.

**Material y Métodos.** Estudio retrospectivo de 29 pacientes diagnosticados de lesión glial supratentorial en el Servicio de Neurocirugía del Hospital Universitario Miguel Servet. Las variables analizadas han sido: sexo, edad, estado funcional según escala de Karnofsky al ingreso y en la primera revisión, volumen tumoral prequirúrgico, porcentaje de resección, progresión a los tres meses y estadificación anatomopatológica.

**Resultados.** No se han observado diferencias estadísticamente significativas entre ambos grupos para el grado de resección ni la progresión a los 3 meses. Se ha obtenido una mejoría del estado funcional en el grupo con tractografía (Karnofsky: 90, RIC=30) respecto al grupo control (70, RIC=70), aunque no se ha alcanzado la significación estadística. Se ha descrito un volumen tumoral prequirúrgico significativamente mayor en el grupo tractografía.

**Conclusiones.** Pese a que no se ha podido demostrar una mejoría funcional ni una mayor resección en pacientes intervenidos con apoyo de la tractografía, sí hemos encontrado un mayor volumen tumoral prequirúrgico en los casos, sin que eso haya condicionado el grado de resección ni una mayor progresión a los 3 meses. La tractografía es, por tanto, una herramienta útil en la planificación y abordaje de tumores gliales supratentoriales y su uso debería ser habitual en los servicios de neurocirugía.

## PALABRAS CLAVE

tumor glial, tumor cerebral, tractografía

## ABSTRACT

**Purpose.** To evaluate diffusion tensor imaging tractography in surgery of cerebral gliomas with respect to both extent of resection and follow-up outcome, between patients that went under tractography and those who went without it. To assess the evidence of Tractography applied to surgery of cerebral gliomas and to address a grade of recommendation to it.

**Methods.** A retrospective case-control study of 29 patients with cerebral gliomas operated on at the Department of Neurosurgery, Hospital Universitario Miguel Servet was performed. Sex, age, Karnofsky Performance Scale pre- and post-intervention, tumoral volume, extent of resection, 3-months progression and histological diagnoses were studied.

**Results.** There was no significant difference of extent of resection neither 3-months progression between tractography group and conventional neuronavigation group. There was a trend in the study group to have an improvement in Karnofsky Performance Scale postintervention (Karnofsky: 90, RIC=30) compared to control group (70, RIC=70) but no significant difference was achieved. There was a positive association between the use of tractography and a higher presurgical tumour volume.

**Conclusion.** We could not demonstrate an association between the use of tractography and an improvement in the extent of resection or Karnofsky Performance Scale. We found a significant difference in presurgical tumoral volume in the study group, without a variation in the extent of resection or 3-months progression. Tractography contributes to presurgical planning and resection of cerebral gliomas and it should be used in departments of Neurosurgery.

## KEY WORDS

Glioma surgery, Brain Tumor, Tractography

## INTRODUCCIÓN

Pese a su baja incidencia, los tumores primarios del sistema nervioso central (SNC) suponen una fuente importante de morbimortalidad<sup>1</sup>.

Su tratamiento de elección es la exéresis quirúrgica lo más amplia posible pues se asocia a una mayor supervivencia. Sin embargo, este hecho se ve limitado en aquellos tumores que asientan sobre áreas elocuentes o en zonas próximas a estas, condicionando el tamaño de dicha resección y empeorando el pronóstico funcional y vital<sup>2,3</sup>.

Se hace necesario, por tanto, el desarrollo de nuevas técnicas que permitan lograr resecciones óptimas. Si bien la neurofisiología intraoperatoria constituye en el momento actual el gold-estándar para la localización neuroanatómica<sup>4</sup>, se trata de una técnica invasiva y costosa, no siempre disponible. Esto ha dado lugar a la aparición de nuevas modalidades de estudio más sencillas y no invasivas, encontrándose entre ellas la tractografía, una herramienta que permite identificar los haces axonales que componen la sustancia blanca del cerebro y estudiar su relación con las lesiones tumorales, permitiendo una mejor planificación prequirúrgica y abordaje intraoperatorio, logrando así aumentar el grado de resección de forma segura y obteniendo resultados equiparables a las técnicas de estimulación intraoperatoria<sup>5-7</sup>.

Dado que se trata de una técnica de reciente aparición, el alcance de su uso y sus aplicaciones están siendo todavía estudiados, siendo previsible en un futuro próximo su manejo diario en los servicios de Neurocirugía.

El presente trabajo tiene por objetivos estudiar las diferencias en términos de pronóstico funcional entre los pacientes intervenidos con y sin apoyo de tractografía, analizar las diferencias en cuanto al grado de resección y progresión y establecer indicaciones a cerca de su uso, según la evidencia disponible.

## MÉTODO

Se ha realizado un estudio tipo casos-controles no apareados de pacientes intervenidos de tumores gliales con y sin apoyo de

tractografía de la vía piramidal en el servicio de Neurocirugía del Hospital Universitario Miguel Servet.

Se realizó una evaluación retrospectiva de 20 pacientes diagnosticados de lesión primaria maligna del SNC de localización supratentorial e intervenidos con apoyo de tractografía de la vía piramidal desde junio de 2015 hasta mayo de 2017.

Se consideraron criterios de inclusión las lesiones intra-axiales localizadas en áreas elocuentes o regiones cercanas a las mismas según la clasificación de Sawaya (grado I, lesión en área no elocuente; grado II, lesión cercana a área elocuente y grado III, lesión en área elocuente). Se definieron como áreas elocuentes el área 4 de Brodmann (área motora primaria), el área 6 de Brodmann (área premotora), el área 8 de Brodmann (área motora suplementaria) y el tracto corticoespinal<sup>8</sup>.

Se consideraron criterios de exclusión la localización infratentorial, histología distinta de estirpe glial y lesiones en áreas no elocuentes.

El grupo control, compuesto de 9 pacientes, fue obtenido de una serie histórica de pacientes intervenidos de tumores gliales situados en áreas motoras elocuentes o en zonas próximas a estas, en el año previo a la implantación de la tractografía en nuestro servicio y con los mismo.

En los pacientes seleccionados se recogieron la edad, el sexo, el estado funcional según la escala de Karnofsky en el momento del ingreso y en la primera revisión (a las 4-6 semanas del alta) y el estadiaje anatomopatológico definitivo. Además, mediante resonancia magnética (RMN) se definió el volumen tumoral prequirúrgico, el grado de resección, la existencia de progresión tumoral a los 3 meses de la intervención y la localización de la lesión.

Se realizó una resonancia prequirúrgica, con secuencias de tractografía para los casos. Todos los pacientes fueron sometidos a neuronavegación intraoperatoria.

Se realizó un estudio descriptivo de ambos grupos calculando la mediana como medida de tendencia central y el rango intercuartílico (RIC) como medida de dispersión para las

# Originales

variables cuantitativas y, las frecuencias absolutas y relativas para las variables cualitativas.

En el estudio comparativo de las variables cualitativas (sexo, localización según Sawaya, anatomopatología definitiva, porcentaje de resección y progresión a los 3 meses) según grupo fue llevado a cabo mediante las pruebas del chi cuadrado, y test exacto de Fisher, cuando fuera necesario.

Para el análisis de las variables cuantitativas (edad, tamaño quirúrgico y estado funcional según la escala de Karnofsky en el momento del ingreso y a los 3 meses) según grupo se han empleado pruebas no paramétricas (U-Mann Whitney), debido al pequeño tamaño muestral.

Se consideró una diferencia estadísticamente significativa si  $p < 0,05$ .

El análisis estadístico de los datos se llevó a cabo mediante el programa IBM SPSS, versión 22 (licencia Universidad de Zaragoza).

## RESULTADOS

### 1. Análisis descriptivo

Se estudiaron 29 pacientes, 20 casos de tractografía y 9 controles,

### 1.1. Tractografía + neuronavegación convencional

El grupo compuesto por pacientes a los que se les realizó tractografía, además de neuronavegación convencional, constaba de 20 pacientes, siendo 11 mujeres (55%), con una mediana de edad de 53 años (RIC=42).

La clínica inicial más frecuente fue la afectación predominante de vía piramidal en 6 de ellos (30%), seguido de afectación piramidal asociada a otros síntomas en 5 pacientes (25%) y crisis epilépticas en 5 pacientes (25%). Por último, 4 pacientes (20%) presentaron síntomas distintos de los anteriores.

De forma quirúrgica se evaluó el estado de los pacientes mediante la escala de Karnofsky, obteniéndose una mediana de 80 (RIC=30).

Tras la intervención quirúrgica se valoró el estado del paciente en el posoperatorio inmediato (48h) y una nueva evaluación en la primera revisión (realizada a las 4-6 semanas del alta) en la que se tuvo en cuenta el estado general del paciente, la persistencia o no de la clínica quirúrgica y la aparición de nuevos déficits. La escala de Karnofsky en ese momento obtuvo una mediana de 90 (RIC=60), logrando una mejoría de 10 puntos.

Estos datos se han recogido en la Tabla 1.

Tabla 1. Grupo tractografía: edad, sexo, clínica y Karnofsky

Nº paciente	Edad	Sexo	Clínica debut	Karnofsky al ingreso	Clínica 1ª revisión	Karnofsky 1ª revisión
1	67	Mujer	Paresia facial inferior derecha Disfasia motora ESD proximal 4/5, distal 4+/5, EID proximal 4+/5, distal 3+/5 Hemihipoestesia derecha	60	Disfagia Disfasia motora Hemiplejía derecha	40
2	39	Hombre	Crisis comicial	100	No focalidad neurológica	100
3	39	Mujer	Crisis comicial Apraxia mano izquierda	90	No focalidad neurológica	100
4	57	Hombre	Hemiparesia izquierda 4/5	80	Hemiparesia izquierda 4/5	80
5	36	Mujer	Hipoacusia residual	90	No focalidad neurológica	100

# Originales

6	62	Hombre	Paresia facial izquierda Disartria, disfagia EII 4/5	70	Parálisis facial Disartria Hemiplejía hemicuerpo izquierdo Hemihipoestesia izquierda	40
7	69	Mujer	Afasia leve	90	Afasia leve	90
8	49	Hombre	Crisis comicial	100	Crisis comiciales aisladas	90
9	37	Mujer	Hemiparesia ESD distal 1/5 EID 4/5 Crisis comiciales	60	Hemiparesia ESD 3/5 EID 3/5	70
10	71	Hombre	Crisis comiciales Parestesias EID	80	Hemiparesia hemicuerpo derecho 4/5	80
11	54	Hombre	Crisis comicial con afasia prosocrítica Inestabilidad marcha Disminución bilateral agudeza visual	80	No focalidad neurológica	100
12	75	Mujer	Paresia facial izquierda central, Hemiparesia ESI 4-/5, EII 4+/5 Deterioro cognitivo previo	90	Paresia facial izquierda central, Hemiparesia ESI 4-/5, EII 4+/5 Agravamiento del deterioro cognitivo	70
13	41	Hombre	Afasia motora Hemiparesia derecha 4+5	80	Afasia motora leve	90
14	40	Hombre	Desorientación temporoespacial Afasia leve	90	No focalidad neurológica	100
15	61	Mujer	Hemiparesia izquierda 4/5	70	No focalidad neurológica	100
16	74	Hombre	Apraxia mano izquierda Parestesias	90	No focalidad neurológica	100
17	59	Mujer	Hemihipoestesia izquierda Inestabilidad marcha Cefalea	80	No focalidad neurológica	100
18	50	Mujer	Hemiparesia ESD 4/5	80	Hemiparesia hemicuerpo derecho 3/5	60
19	52	Mujer	Crisis comicial	90	No focalidad neurológica	100
20	33	Mujer	Apraxia y hemiparesia mano, derecha 4/5 Afasia progresiva	80	Apraxia mano derecha	90

Fuente: Elaboración propia

## Originales

La mediana del tamaño tumoral prequirúrgico, medido mediante RMN, era de 95,6cm<sup>3</sup>. (RIC=171). Tras la cirugía se realizó una RMN posoperatoria dentro de los tres primeros días para valorar el grado de resección tumoral. De las 20 RMN realizadas 13 (60%) fueron informadas como resección completa, 6 (35%) como resección parcial con resto tumoral menor del 50% y sólo 1 (5%) con resto tumoral mayor del 50%.

Posteriormente (a partir del 3º mes tras la intervención) se realizó una RMN de control en todos los pacientes excepto en 3 (15%). De los pacientes a los que se les realizó la resonancia se comprobó enfermedad estable en 10 (50%), progresión tumoral en 6 (30%) y en 1 caso se ob-

servó una disminución del resto tumoral (5%).

Así mismo, se identificó mediante RMN el área de la lesión, que en 10 de los casos (50%) correspondió a un área elocuente (Sawaya III) y en 10 casos (50%) a una zona cercana a un área elocuente (Sawaya II).

Por último, la anatomía patológica definitiva reveló tumores gliales de grado IV según la OMS en 12 casos (60%), de grado III en 4 casos (20%) y de grado II en otros 4 casos (20%), correspondiéndose en los 20 casos (100%) con el diagnóstico prequirúrgico realizado mediante RMN.

Los datos se exponen en la Tabla 2.

Tabla 2. Grupo tractografía: volumen tumoral prequirúrgico, anatomía patológica, progresión a los 3 meses y localización según Sawaya

Nº paciente	Volumen tumoral prequirúrgico (cm <sup>3</sup> )	Anatomía Patológica	Grado de resección	Control a los 3 meses	Sawaya
1	165,24	Glioblastoma, g. IV	> 50%	Progresión	2
2	119,00	Oligodendroglioma, g. II	Completa	Enfermedad estable	2
3	95,00	Astrocitoma g. II	Completa	Enfermedad estable	2
4	17,10	Glioblastoma, g. IV	> 50%	Progresión	1
5	75,00	Astrocitoma g. II	> 50%	Enfermedad estable	1
6	71,04	Glioblastoma, g. IV	>50%	No RMN a los 3 meses. (fallecimiento)	1
7	8,80	Astrocitoma anaplásico g. III	Completa	Enfermedad estable	1
8	147,84	Astrocitoma anaplásico g. III	Completa	Enfermedad estable	1
9	174,00	Astrocitoma anaplásico g. III	< 50%	Disminución del tamaño.	1
10	3,00	Glioblastoma, g. IV	Completa	Progresión	1
11	96,13	Glioblastoma, g. IV	Completa	Progresión	2
12	56,00	Glioblastoma, g. IV	Completa	Enfermedad estable	2
13	138,40	Glioblastoma g. IV	> 50%	Progresión	2
14	99,75	Glioblastoma g. IV	Completa	Enfermedad estable	2
15	168,50	Glioblastoma, g. IV	>50%	Enfermedad estable	1
16	62,50	Glioblastoma con componente oligodendroglioma, g. IV	Completa	No RMN a los 3 meses	2
17	168,30	Glioblastoma g. IV	Completa	Progresión	2
18	93,61	Oligodendroglioma anaplásico, g. III	> 50%	No RMN a los 3 meses	2
19	3,78	Astrocitoma difuso g. II	Completa	Enfermedad estable	1
20	152,00	Glioblastoma, g. IV	Completa	Enfermedad estable	1

Fuente: Elaboración propia

# Originales

## 1.2 Neuronavegación convencional

Del grupo de 9 pacientes sometidos a únicamente neuronavegación, 3 eran mujeres (33%), con una mediana de edad de 49 años (RIC=44).

La forma más frecuente de presentación fue la afectación piramidal asociada a otros síntomas en 6 pacientes (66,7%) seguida de afectación piramidal pura en 2 pacientes (22,2%) y por último crisis epiléptica en 1 (11,1%), con una

mediana para el estado funcional (escala Karnofsky) de 80 (RIC=20).

Igualmente se realizó una nueva valoración de la escala Karnofsky en la primera revisión, con una mediana de 70 (RIC=70), objetivándose una pérdida de 10 puntos respecto a la medición previa.

Los datos se exponen en la Tabla 3.

Tabla 3. Grupo control: edad, sexo, clínica y Karnofsky

Nº paciente	Edad	Sexo	Clínica debut	Karnofsky al ingreso	Clínica 1ª revisión	Karnofsky 1ª revisión
1	60	Hombre	Hemiparesia EID 4/5 Trastorno de la conducta Desorientación	70	No focalidad neurológica	100
2	26	Hombre	Crisis comicial	90	No focalidad neurológica	100
3	64	Mujer	Hemiparesia hemicuerpo izquierdo 4/5 Bradipsiquia	70	Paresia pierna 2/5, MEG	50
4	46	Mujer	Hemiparesia hemicuerpo derecho 4/5 Afasia motora leve	80	Hemiparesia hemicuerpo derecho 3/5 Afasia mixta moderada	60
5	33	Hombre	Hemiparesia hemicuerpo izquierdo residual 2/5	70	Hemiparesia hemicuerpo izquierdo residual 2/5	70
6	49	Mujer	Hemiparesia ESI 4-5 Crisis comicial	80	Hemiplejia hemicuerpo izquierdo Deterioro estado general	30
7	70	Hombre	Crisis comicial, Disartria Desorientación	70	No focalidad neurológica	100
8	34	Hombre	Hemiparesia ESD 3/5, EID 4/5 Crisis comicial	80	Hemiparesia ESD 3/5, EID 4/5	80
9	54	Hombre	Crisis comicial Afasia nominal leve episódica	80	Hemianopsia temporal derecha MEG	50

Fuente: Elaboración propia

# Originales

La mediana del tamaño tumoral prequirúrgico fue de 10,1 mm (RIC=80,95). La resección completa se alcanzó en 4 de los pacientes (44,4%), mayor del 50% en 4 pacientes (44,4%) e inferior al 50% en 1 caso (11,1%).

En todos los casos excepto en 1 (11,1%) se realizó RMN de control a partir del 3º mes. Dichas RMN mostraron enfermedad estable en 6 casos (66,7%) y progresión en 2 (22,2%)

Las lesiones se localizaron sobre área elocuente (Sawaya III) en 4 casos (44,4%) y cercanas a área elocuente en 5 casos (55,6%).

Por último, la anatomía patológica definitiva mostró tumores gliales de grado IV en 6 pacientes (66,7%), tumor glial de grado II en 2 pacientes (22,2%) y un tumor de grado I en 1 paciente (11,1%). Excepto en 1 caso (11,1%) el informe anatomopatológico definitivo se correspondió con el diagnóstico realizado mediante RMN (8 casos, 88,9%). A continuación, se exponen los datos en la Tabla 4.

Tabla 4. Grupo control: volumen tumoral prequirúrgico, anatomía patológica, progresión a los 3 meses y localización según Sawaya

Nº paciente	Volumen tumoral prequirúrgico (cm <sup>3</sup> )	Anatomía Patológica	Grado de resección	Control a los 3 m.	Sawaya
1	74,88	Glioblastoma g. IV	> 50%	Enfermedad estable	1
2	5,24	Astrocitoma g. I	Completa	Enfermedad estable	2
3	20,21	Glioblastoma g. IV	< 50%	Enfermedad estable	2
4	86,19	Glioblastoma g. IV	> 50%	Enfermedad estable	1
5	77,05	Astrocitoma g. II	> 50%	Enfermedad estable	2
6	8,97	Glioblastoma g. IV	Completa	No RMN a los 3 meses (fallecimiento)	1
7	5,49	Glioblastoma g. IV	> 50%	Progresión	2
8	10,08	Astrocitoma g. II	Completa	Enfermedad estable	1
9	9,43	Glioblastoma g. IV	Completa	Progresión	2

Fuente: Elaboración propia

## 2. Análisis inferencial

La única variable que ha alcanzado la significación estadística ha sido el volumen tumoral prequirúrgico, con una mediana de 95,6cm<sup>3</sup>, siendo aproximadamente 80 cm<sup>3</sup> mayor en los pacientes intervenidos con apoyo de la tractografía frente a aquellos intervenidos sin ella (p=0,018).

Pese a no ser una diferencia estadísticamente significativa, consideramos clínicamente relevante la mejoría de 20 puntos en la escala de Karnofsky en el grupo tractografía frente a los casos, así como el grado de resección total, especialmente si tenemos en cuenta que el volumen tumoral prequirúrgico era mayor en los casos que en los controles. Los datos se exponen en la Tabla 5.

# Originales

Tabla 5. Análisis inferencial

Variable a estudio	Tractografía + NN (n=20)	Sólo NN (n= 9)	p
Edad, mediana (RIC)	53 (42)	49 (44).	0,383
Sexo (Mujer), n (%)	11 (55)	3 (33,3)	0,427
Karnofsky ingreso, mediana (RIC)	80 (30).	80 (20).	0,106
Sawaya (III), n (%)	10 (50)	5 (55,6)	1
Tamaño preIQ, mediana (RIC)	95,56 (171)	10,08 (80,95)	<b>0,018</b>
AP (AG), n (%)	16 (80)	3 (33,3)	0,642
Resección, n (%)			
< 50%,	1 (5)	1 (11,1)	0,686
>50%	6 (30)	4 (44,4)	
Total	13 (65)	4 (44,4)	
Tamaño 3 meses, n (%)			
no RMN	3 (15)	1 (11,1)	0,809
recidiva	6 (30)	2 (22,2)	
estable	11 (55)	6 (66,7)	
Karnofsky revisión, mediana (RIC)	90 (60)	70 (70)	0,186

Fuente: Elaboración propia. p: valor p.

AP: Anatomía patológica

AG Alto grado

IQ: Intervención quirúrgica

## DISCUSIÓN

El tratamiento de elección de los tumores gliales es la exéresis completa del mismo. Los diversos avances en neuroimagen y neurofisiología han permitido lograr exéresis amplias con mínima repercusión funcional, mejorando así el tamaño de la resección y el pronóstico funcional y vital.

La tractografía, al identificar la integridad de los haces axonales que componen la sustancia blanca y evaluar su relación con la lesión tumoral, permite una mayor estratificación del riesgo quirúrgico y una mejor planificación prequirúrgica tal y como han descrito Sollmann et al<sup>9</sup>. Esto permitiría el abordaje de lesiones de mayor tamaño como se ha observado en este trabajo, donde los pacientes intervenidos mediante tractografía presentaban un volumen tumoral significativamente mayor: 95,6cm<sup>3</sup> (RIC=171) vs. 10,1cm<sup>3</sup> (RIC=81) (p=0,018). Sin embargo, otros autores no han encontrado diferencias estadísticamente significativas, aunque

los datos obtenidos por Barbosa et al<sup>10</sup> muestran un volumen tumoral mayor en pacientes intervenidos con tractografía (volumen prequirúrgico medio 70,8cm<sup>3</sup>) frente a los intervenidos sin ella (58,2 cm<sup>3</sup>).

En nuestro estudio no hemos encontrado diferencias significativas entre los grupos para el grado de resección ni la progresión tumoral a los tres meses de la intervención, pero consideramos este hecho un dato favorable pues amplía el número de pacientes candidatos a la intervención quirúrgica sin que ello limite el porcentaje de resección o empeore el pronóstico a corto plazo. Por otro lado, estudios similares (Wu et al<sup>11</sup>, Ius et al<sup>12</sup>) sí han obtenido una mejoría en el porcentaje de resección. Wu et al<sup>11</sup> logró la resección total en el 74,4% de los pacientes intervenidos con apoyo de la tractografía frente al 33,3% de los pacientes intervenidos sin ella (p<0,001) para tumores gliales de alto grado, aunque no observó diferencias en tumores de bajo grado. Ius et al<sup>12</sup> logró una exéresis

## Originales

completa en tumores gliales de bajo grado para el 90% de los pacientes intervenidos con tractografía frente al 70% de los intervenidos sin ella ( $p=0,0001$ ).

En el control realizado a los 3 meses de la intervención quirúrgica el porcentaje de enfermedad estable en el grupo tractografía es del 55% frente al 66,67% del grupo control. En nuestra opinión este hecho podría ser debido a la pérdida de dos pacientes del grupo tractografía durante el seguimiento, por causas ajenas al servicio de Neurocirugía.

Respecto al pronóstico funcional, el grupo tractografía presentó una mejoría de 20 puntos en el estado funcional (escala de Karnofsky) frente al grupo control: 90 (RIC=60) vs. 70 (RIC=70). Pese a que no se ha logrado la significación estadística, este resultado estaría en consonancia con el obtenido por Barbosa et al<sup>10</sup>, quienes, en un estudio de 28 pacientes intervenidos de tumores gliales insulares, obtuvieron una mejoría ( $p=0,021$ ) en la escala de Karnofsky en el 50% de los pacientes intervenidos con tractografía, frente al 5% de los pacientes intervenidos sin ella, si bien no indicaron la mejora cuantitativa.

La evidencia disponible en el momento actual avala el empleo de la tractografía, equiparándola a las técnicas intraoperatorias invasivas<sup>13</sup> y siendo especialmente útil en aquellos casos en los que la cirugía awake no se puede

realizar<sup>14</sup>. Como se ha comentado con anterioridad, la localización de los tractos de la sustancia blanca realizada en este trabajo y en los artículos revisados se ha llevado a cabo mediante tensor de difusión (DTI). Las nuevas técnicas para la identificación de los tractos axonales (HDFTI -high-definition fiber tractography-, UKF -two-tensor unscented Kalman filter- o CSD -constrained spherical deconvolution-) están obteniendo en la actualidad resultados prometedores y en un futuro próximo permitirán identificar los haces de materia blanca de una forma más precisa.

La tractografía como herramienta de planificación y apoyo quirúrgico ha demostrado su utilidad y los avances en los distintos modelos de obtención permitirán mejorar los resultados de su aplicación, convirtiéndola en una herramienta indispensable en neurocirugía<sup>15</sup>.

Las principales limitaciones del trabajo son debidas al tipo de estudio, pues al ser retrospectivo los datos obtenidos provienen de historias clínicas y son por tanto indirectos. A su vez, el empleo de criterios de inclusión y exclusión muy estrictos ha condicionado un pequeño tamaño muestral que, sumado a que las variables de resección y progresión tumoral eran de naturaleza cualitativa, han supuesto una pérdida de la potencia estadística para detectar diferencias entre los grupos en estudio. Por último, no pudo obtener un control para cada caso.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Ostrom QT, Gittleman H, Fulop J, Liu M, Blanda R, Kromer C, Wolinsky Y, Kruchko C, Barnholtz-Sloan JS. CBTRUS Statistical Report: Primary Brain and Central Nervous System Tumors Diagnosed in the United States in 2008-2012. *NeuroOncol.* 2015 Oct;17 Suppl 4: iv1-iv62. doi: 10.1093/neuonc/nov189. Epub 2015 Oct 27. PubMed PMID: 26511214; PubMed Central PMCID: PMC4623240.
2. Aghi MK, Nahed BV, Sloan AE, Ryken TC, Kalkanis SN, Olson JJ. The role of surgery in the management of patients with diffuse low-grade glioma: A systematic review and evidence-based clinical practice guideline. *J NeuroOncol.* 2015 Dec;125(3):503-30. doi: 10.1007/s11060-015-1867-1.
3. Noorbakhsh A, Tang JA, Marcus LP, McCutcheon B, Gonda DD, Schallhorn CS, Talamini MA, Chang DC, Carter BS, Chen CC. Gross-total resection outcomes in an elderly population with glioblastoma: a SEER-based analysis. *J Neurosurg.* 2014 Jan;120(1):31-9. doi: 10.3171/2013.9.JNS13877.
4. Lehericy S, Duffau H, Cornu P, Capelle L, Pidoux B, Carpentier A, Auliac S, Clemenceau S, Sichez JP, Bitar A, Valery CA, Van Effenterre R, Faillot T, Srour A, Fohanno D, Philippon J, Le Bihan D, Marsault C. Correspondence between functional magnetic resonance imaging somatotopy and individual brain anatomy of the central region: comparison with intraoperative stimulation in patients with brain tumors. *J Neurosurg.* 2000 Apr; 92(4):589-98.
5. Chenevert TL, Brunberg JA, Pipe JG: Anisotropic diffusion in human white matter: demonstration with MR techniques in vivo. *Radiology* 177:401-405, 1990.
6. Ahn S, Lee SK: Diffusion tensor imaging: exploring the motor networks and clinical applications. *Korean J Radiol* 12:651- 661, 2011.
7. Ohue S, Kohno S, Inoue A, Yamashita D, Harada H, Kumon Y, et al: Accuracy of diffusion tensor magnetic resonance imaging-based tractography for surgery of gliomas near the pyramidal tract: a significant correlation between subcortical electrical stimulation and postoperative tractography. *Neurosurgery* 70:283-294, 2012.
8. Gonzalez-Darder JM, Gonzalez-Lopez P, Talamantes F, Quilis V, Cortés V, Garcia-March G, et al. Multimodal navigation in the functional microsurgical resection of intrinsic brain tumors located in eloquent motor areas: role of tractography. *Neurosurg Focus.* 2010 Feb 28; E5
9. Sollmann N, Wildschuetz N, Kelm A, Conway N, Moser T, Bulubas L, Kirschke JS, Meyer B, Krieg SM. Associations between clinical outcome and navigated transcranial magnetic stimulation characteristics in patients with motor-eloquent brain lesions: a combined navigated transcranial magnetic stimulation-diffusion tensor imaging fiber tracking approach. *J Neurosurg.* 2017 Mar 31:1-11. doi: 10.3171/2016.11.JNS162322. PubMed PMID: 28362239.
10. B.J. Barbosa, A. Dimostheni, M.J. Teixeira, M. Tatagiba, G. Lepski Insular gliomas and the role of intraoperative assistive technologies: results from a volumetry-based retrospective cohort *Clin. Neurol. Neurosurg.*, 149 (2016), pp. 104-110
11. Wu JS, Zhou LF, Tang WJ, Mao Y, Hu J, Song YY, Hong XN, Du GH. Clinical evaluation and follow-up outcome of diffusion tensor imaging-based functional neuronavigation: a prospective, controlled study in patients with gliomas involving pyramidal tracts. *Neurosurgery.* 2007 Nov;61(5):935-48; discussion 948-9. PubMed PMID: 18091270.
12. Ius T, Isola M, Budai R, Pauletto G, Tomasino B, Fadiga L, Skrap M. Low-grade glioma surgery in eloquent areas: volumetric analysis of extent of resection and its impact on overall survival. A single-institution experience in 190 patients: clinical article. *J Neurosurg.* 2012 Dec;117(6):1039-52. doi:10.3171/2012.8.JNS12393. Epub 2012 Oct 5. PubMed PMID: 23039150.
13. Javadi SA, Nabavi A, Giordano M, Faghihzadeh E, Samii A. Evaluation of Diffusion Tensor Imaging-Based Tractography of the Corticospinal Tract: A Correlative Study With Intraoperative Magnetic Resonance Imaging and Direct Electrical Subcortical Stimulation. *Neurosurgery.* 2017 Feb 1;80(2):287-299. doi: 10.1227/NEU.0000000000001347. PubMed PMID: 28175893.
14. G. D'Andrea, P. Familiari, A. Di Lauro, A. Angelini, G. Sessa Safe resection of gliomas of the dominant angular gyrus availing of preoperative FMRI and intraoperative DTI: preliminary series and surgical technique *World Neurosurg*, 87 (2016), pp. 627-639.
15. Essayed WI, Zhang F, Unadkat P, Cosgrove GR, Golby AJ, O'Donnell LJ. White matter tractography for neurosurgical planning: A topography-based review of the current state of the art. *Neuroimage Clin.* 2017 Jun 15; 15:659-672. doi: 10.1016/j.nicl.2017.06.011. eCollection 2017. Review. PubMed PMID: 28664037; PubMed Central PMCID: PMC5480983