

Factores de riesgo asociados a la persistencia de hidrocefalia posterior a la resección de tumores de fosa posterior

Santiago Ezequiel Cicutti,¹ Javier Francisco Cuello,² Guido Gromadzyn¹

1. Servicio de Neurocirugía, Hospital "Juan P. Garrahan", Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina.

2. Servicio de Neurocirugía. Hospital "Petrona V. de Cordero", San Fernando, Buenos Aires, Argentina.

RESUMEN

Introducción. Las neoplasias de fosa posterior son los tumores de sistema nervioso central más frecuentes en la población pediátrica y una causa frecuente de hidrocefalia. El objetivo del presente trabajo es analizar los factores de riesgo asociados a hidrocefalia luego de las cirugías de resección de tumores de fosa posterior en una población pediátrica.

Material y métodos. Se realizó un estudio observacional retrospectivo de pacientes pediátricos operados de tumores de fosa posterior en un único hospital. Se analizaron potenciales factores de riesgo pre y post quirúrgicos. Se consideró como variable respuesta la necesidad de derivación definitiva para tratar la hidrocefalia a los 6 meses de la resección tumoral.

Resultados. En el análisis univariado se detectaron múltiples factores de riesgo significativos. Sin embargo, solamente 3 se mantuvieron en el modelo multivariado: grado de resección (Subtotal: OR 7.86; Parcial: OR 20.42), infección postoperatoria (OR 17.31) y ausencia de flujo de salida postoperatorio en IV ventrículo (OR 4.29). Éste modelo presentó una buena capacidad predictiva (AUC: 0.80, Sensibilidad 80.5%, Especificidad 76.3%).

Conclusión. La realización de tercer ventriculostomía endoscópica preoperatoria no redujo la incidencia de hidrocefalia postoperatoria. El grado de resección tumoral, la presencia de infección postoperatoria y la obstrucción de salida del IV ventrículo fueron los factores de riesgo más importantes para el requerimiento de sistema derivativo definitivo luego de la resección de un tumor de fosa posterior. Ésto podría influir en la toma de decisiones respecto al tratamiento en este grupo de pacientes pediátricos.

Palabras clave. Derivación ventrículo peritoneal, Hidrocefalia, Tumores de fosa posterior, Tercer ventriculostomía endoscópica

Risk factors associated with hydrocephalus persistence after posterior fossa tumors resection

ABSTRACT

Background. Posterior fossa tumors are the most frequent central nervous system neoplasms in the pediatric population and a frequent cause of hydrocephalus. The objective of this study is to analyze the risk factors associated with hydrocephalus after posterior fossa tumors resection in a pediatric population.

Methods. A retrospective observational study was conducted on pediatric patients who underwent posterior fossa tumor resection in a single hospital. Potential pre- and post-operative risk factors were analyzed. The need for definitive shunt placement to treat hydrocephalus at 6 months after tumor resection was considered as the outcome variable.

Results. Univariate analysis identified multiple significant risk factors. However, only 3 factors remained in the multivariate model: extent of resection (subtotal: OR 7.86; partial: OR 20.42), postoperative infection (OR 17.31), and absence of postoperative outflow of the fourth ventricle (OR 4.29). This model showed good predictive capacity (AUC: 0.80, Sensitivity 80.5%, Specificity 76.3%).

Conclusion. Preoperative endoscopic third ventriculostomy did not reduce the incidence of postoperative hydrocephalus. The extent of tumor resection, presence of postoperative infection, and obstruction of fourth ventricle outflow were the most important risk factors for the requirement of a definitive shunt system after posterior fossa tumor resection. This could influence treatment decisions in this group of pediatric patients.

Keywords: Endoscopic third ventriculostomy, Hydrocephalus, Posterior fossa tumors, Ventriculoperitoneal shunt.

INTRODUCCIÓN

Las neoplasias de fosa posterior son los tumores sólidos más frecuentes en la población pediátrica.^{1,3} Estas lesiones a menudo ocurren cerca de la línea media, produciendo una alteración en la circulación del líquido cefalorraquídeo (LCR) y una hidrocefalia obstructiva con un patrón tri-ventricular.⁴ Alternativamente, y con menos frecuencia, se ha propuesto un trastorno en la absorción del LCR como entidad causante de la hidrocefalia en estos pacientes.⁵

Independientemente de la etiología de la alteración de la circulación de LCR, la presentación clínica con hidro-

cefalia ocurre entre el 73 al 100% de los pacientes pediátricos con neoplasias de fosa posterior.⁶⁻⁹ Aunque la resección del tumor se asocia con la resolución de la hidrocefalia en la mayoría de los casos, entre 18 y 40% (media del 30%) de los pacientes requerirán un procedimiento quirúrgico posterior para derivar el LCR.^{7,9-11}

Los avances en la investigación de biología molecular, las técnicas microquirúrgicas y la terapia adyuvante han llevado a mejorar significativamente la sobrevida de estos pacientes. Como consecuencia, las comorbilidades a largo plazo tienen un impacto cada vez mayor en la calidad de vida de los pacientes, siendo la hidrocefalia la más importante.²

Hasta la fecha no existe consenso sobre el manejo de la hidrocefalia en pacientes pediátricos con tumores de fosa posterior respecto a si debe tratarse antes, durante

Cicutti, Santiago Ezequiel
santiagocicutti@gmail.com

Recibido: octubre de 2023. Aceptado: noviembre de 2023.

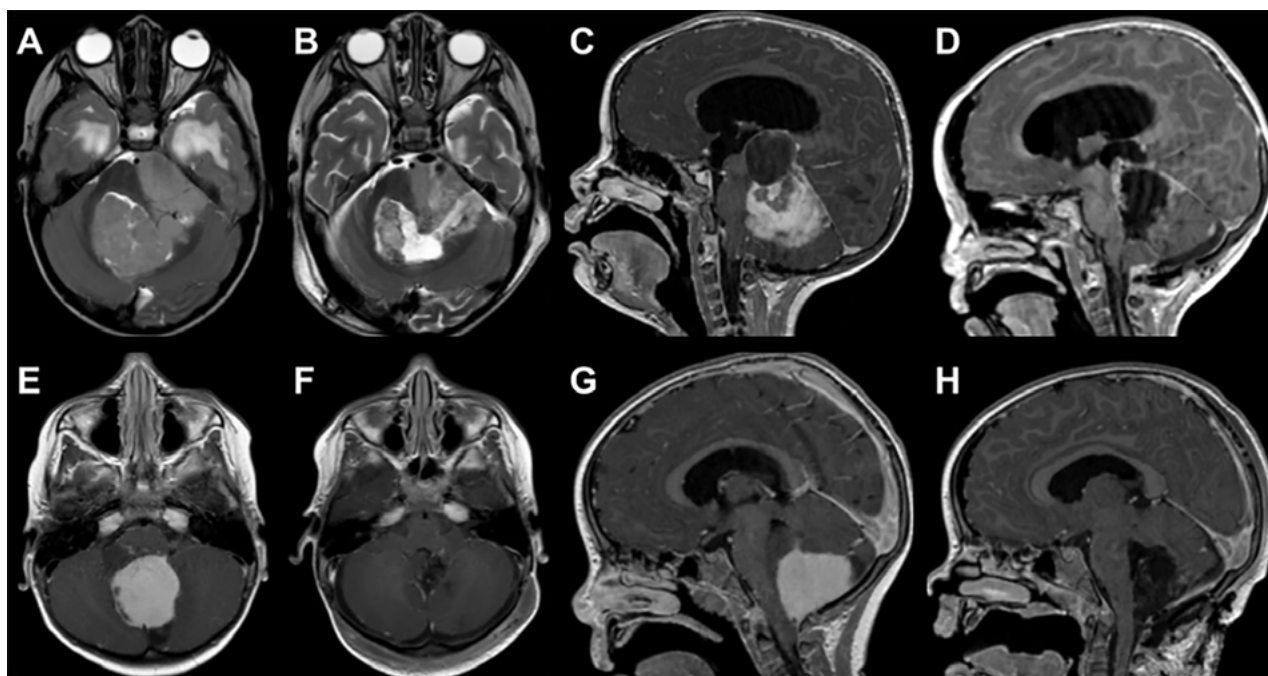


Figura 1: Análisis comparativo de imágenes de resonancia magnética (RM) prequirúrgicas y postoperatorias, destacando los distintos grados de resección tumoral. A y B: imagen axial de RM ponderada en T2 en el que se observa una lesión correspondiente a Ependimoma Anaplásico de fosa posterior y su resección parcial (PR) debido a la adherencia de la misma a la cara lateral del tronco encefálico. C y D: imagen sagital de RM ponderada en T1 con gadolinio en la que se evidencia una lesión sólido-quística en fosa posterior, compatible con Astrocitoma pilocítico y la resección subtotal (STR) con un resto en región de la cisterna cuadrigeminal que se encontraba adherido. E, F, G y H: Imágenes axiales y sagitales de RM ponderadas en T1 con gadolinio, de un paciente con lesión en fosa posterior compatible con Astrocitoma de fosa posterior y su resección completa (GTR).

o después de la cirugía oncológica, en gran medida debido a que no existe certeza sobre quienes desarrollarán esta complicación a largo plazo.¹²

El objetivo del presente trabajo es evaluar los factores de riesgo pre y post quirúrgicos asociados a la persistencia de hidrocefalia luego de la exéresis de tumores de fosa posterior (TFP) en una población pediátrica.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó un estudio observacional retrospectivo donde se incluyeron las historias clínicas de pacientes de un hospital pediátrico que fueron intervenidos quirúrgicamente por TFP. Se evaluaron datos de los archivos de los últimos 9 años, entre diciembre de 2014 hasta enero de 2023.

Este estudio utilizó la información clínica de forma anónima, por lo tanto, no presentó ningún tipo de riesgo para los participantes ni para su confidencialidad. Toda información obtenida fue usada por los investigadores con la más estricta confidencialidad sólo a los fines del presente estudio.

Se recopilaron datos sobre sexo y edad al momento del diagnóstico, manifestaciones clínicas al momento de presentación y tiempo de evolución de las mismas, imágenes de resonancia magnética (RM) y/o tomografías computadas (TC) realizadas pre y postoperatorias, manejo inicial de hidrocefalia (quirúrgico o expectante), tipo de cirugía

realizada, complicaciones postoperatorias (hasta 30 días después de la cirugía), status neurológico posoperatorio, diagnóstico anatomopatológico, presencia de hidrocefalia dentro de los 6 meses y su manejo, y el tratamiento oncológico realizado.

Las variables de imágenes registradas que requirieron mediciones (índice de Evans [IE], *fronto-occipital horn ratio* [FOHR], lateralidad de la lesión) fueron promediadas entre las mediciones de dos investigadores. Las variables categóricas de imágenes (flujo acueductal, edema periependimario, flujo de salida del IV ventrículo, tercer ventrículo abalonado, abombamiento del piso del III ventrículo, invasión del tronco y predicción de anatomía patológica), fueron registradas por dos investigadores, y en caso de desacuerdo se utilizó el criterio de un tercer autor.

Criterios de inclusión

1. Pacientes menores de 18 años.
2. Diagnóstico por imágenes de lesión ocupante de espacio de fosa posterior.
3. Seguimiento posoperatorio mayor o igual a 6 meses.

Criterios de exclusión

1. Pacientes con lesiones compatibles con gliomas difusos de la línea media.
2. Pacientes con lesiones compatibles con gliomas focales de tronco.

TABLA 1A: VARIABLES PREOPERATORIAS SEGÚN REQUERIMIENTO DE DVP A LOS 6 MESES

Variable explicativa preoperatoria	Requerimiento de DVP a los 6 meses			p-valor
	No (N=135)	Si (N=52)	Total (N=187)	
Género				0.4951
Femenino	60 (44.4%)	26 (50.0%)	86 (46.0%)	
Masculino	75 (55.6%)	26 (50.0%)	101 (54.0%)	
Edad al diagnóstico (años)				0.2152
Mediana	6.51	5.63	6.24	
Q1Q3	4.22, 9.18	2.73, 8.90	3.56, 9.04	
Duración de los síntomas (semanas)				0.7762
Mediana	4.00	4.00	4.00	
Q1Q3	2.00, 9.00	2.75, 9.75	2.00, 9.00	
Índice de Evans (EI) preoperatorio				0.0542
Mediana	0.32	0.35	0.34	
Q1Q3	0.28, 0.38	0.30, 0.42	0.29, 0.40	
Hidrocefalia severa preoperatoria según EI				0.0871
No	107 (79.3%)	35 (67.3%)	142 (75.9%)	
Sí	28 (20.7%)	17 (32.7%)	45 (24.1%)	
Fronto-occipital horn ratio (FOHR) preoperatorio				0.0592
Mediana	0.46	0.49	0.47	
Q1Q3	0.43, 0.50	0.44, 0.53	0.44, 0.52	
Hidrocefalia severa preoperatoria según FOHR				0.0861
No	98 (72.6%)	31 (59.6%)	129 (69.0%)	
Sí	37 (27.4%)	21 (40.4%)	58 (31.0%)	
Edema periepéndimario preoperatorio				0.1761
No	17 (12.6%)	3 (5.8%)	20 (10.7%)	
Si	118 (87.4%)	49 (94.2%)	167 (89.3%)	
Abombamiento del piso del III ventrículo, preoperatorio				0.7691
No	31 (23.0%)	13 (25.0%)	44 (23.5%)	
Si	104 (77.0%)	39 (75.0%)	143 (76.5%)	
Flujo acueductal preoperatorio				0.0041
No	31 (23.0%)	23 (44.2%)	54 (28.9%)	
Si	104 (77.0%)	29 (55.8%)	133 (71.1%)	
Flujo de salida del IV ventrículo, preoperatorio				0.1761
No	118 (87.4%)	49 (94.2%)	167 (89.3%)	
Si	17 (12.6%)	3 (5.8%)	20 (10.7%)	
Abalonamiento del III ventrículo, preoperatorio				0.2831
No	18 (13.3%)	4 (7.7%)	22 (11.8%)	
Si	117 (86.7%)	48 (92.3%)	165 (88.2%)	
Predicción preoperatoria de la anatomía patológica				0.0943
Astrocitoma pilocítico	53 (39.3%)	10 (19.2%)	63 (33.7%)	
Ependimoma	15 (11.1%)	10 (19.2%)	25 (13.4%)	
Hemangioblastoma	2 (1.5%)	0 (0.0%)	2 (1.1%)	
Meduloblastoma	58 (43.0%)	28 (53.8%)	86 (46.0%)	
Teratoide Rabdoide Atípico	1 (0.7%)	1 (1.9%)	2 (1.1%)	
Tumor de plexo	3 (2.2%)	1 (1.9%)	4 (2.1%)	
Otro	3 (2.2%)	2 (3.8%)	5 (2.7%)	

Predicción preoperatoria de meduloblastoma o ependimoma				0.0181
Meduloblastoma o Ependimoma	73 (54.1%)	38 (73.1%)	111 (59.4%)	
Predicción de otro tumor	62 (45.9%)	14 (26.9%)	76 (40.6%)	
Tumor sólido o no				0.0151
Quístico o sólido-quístico	45 (33.3%)	8 (15.4%)	53 (28.3%)	
Sólido	90 (66.7%)	44 (84.6%)	134 (71.7%)	
Sangrado de lesión al diagnóstico				0.7413
No	127 (94.1%)	48 (92.3%)	175 (93.6%)	
Si	8 (5.9%)	4 (7.7%)	12 (6.4%)	
Tumor medial / lateral (en mm de línea media)				0.9872
Mediana	0.00	0.00	0.00	
Q1Q3	0.00, 12.85	0.00, 11.62	0.00, 12.30	
Realce con contraste				0.9511
No	19 (14.1%)	7 (13.7%)	26 (14.0%)	
Si	116 (85.9%)	44 (86.3%)	160 (86.0%)	
Restringe en la difusión				0.1301
No	61 (56.5%)	17 (42.5%)	78 (52.7%)	
Si	47 (43.5%)	23 (57.5%)	70 (47.3%)	
Diseminación tumoral preoperatoria				0.0111
No	126 (93.3%)	42 (80.8%)	168 (89.8%)	
Si	9 (6.7%)	10 (19.2%)	19 (10.2%)	
Tercer ventriculostomía (TVE) preoperatoria				0.6211
No TVE	91 (67.4%)	37 (71.2%)	128 (68.4%)	
TVE	44 (32.6%)	15 (28.8%)	59 (31.6%)	

Q1Q3 = Cuartil 1, cuartil 3. 1: Test de Chi-cuadrado. 2: Test de Wilcoxon. 3: Test de Fisher

- Pacientes con únicamente una biopsia estereotáctica.
- Pacientes a los que se les haya colocado una derivación ventrículo peritoneal (DVP) antes de la resección tumoral.

Definición de variables

Se consideró como variable respuesta la necesidad de derivación definitiva para tratar la hidrocefalia a los 6 meses de la resección tumoral.

Los criterios para definir la infección postoperatoria fueron: cultivo positivo de LCR obtenido por punción lumbar, de pseudomeningocele, o a través de un sistema de derivación ventricular externo, posterior a la cirugía resectiva. Asimismo, se definió como infección postoperatoria imágenes cerebrales de resonancia magnética sugestivas de procesos infecciosos (abscesos cerebrales o extradurales y/o empiemas subdurales).¹³

El grado de resección se categorizó como resección total (del inglés “*gross total resection*”, GTR), resección subtotal (“*sub-total resection*”, STR) y resección parcial (“*partial resection*”, PR), basado en la observación intraquirúrgica y de imágenes de RM postoperatorias (hasta 72 horas posteriores a la cirugía); GTR correspondió a la ausencia de restos tumorales en RM concordante con la apreciación

intraquirúrgica de los neurocirujanos; STR correspondió a los casos en los que se observó un resto tumoral menor al 5% en RM o intraoperatorios como en los casos de invasión del tronco encefálico; PR, cualquier grado de resección que no cumplió los criterios anteriores (Figura 1).

La obstrucción de salida del IV ventrículo se interpretó como la ausencia de comunicación de LCR (permeabilidad) en imágenes de RMI entre el IV ventrículo y la cisterna magna (Figura 2).

La extensión de la hidrocefalia se calculó en base a un índice estandarizado (IE), que se calcula dividiendo el diámetro máximo de las astas frontales de los ventrículos laterales con el diámetro máximo intracraneal en el mismo corte axial a la altura de los forámenes de Monro. La ventriculomegalia leve, moderada y severa se designó para proporciones de 0,27 a 0,33, 0,34 a 0,40 y >0,40, respectivamente. Se consideró una relación inferior a 0,27 como normal. También se calculó la proporción de astas frontales y occipitales (FOHR), según lo descrito por O'Hayon y cols.,¹⁴ y un valor superior a 0,44 se consideró indicativo de hidrocefalia. Según los valores de FOHR, se designaron 3 grupos que indican hidrocefalia leve (0,44–0,46), moderada (0,47–0,49) y severa (> 0,49).

El flujo acueductal, se determinó por la presencia de

TABLA 1B: VARIABLES POSTOPERATORIAS SEGÚN REQUERIMIENTO DE DVP A LOS 6 MESES

Variable explicativa postoperatoria	Requerimiento de DVP a los 6 meses			p-valor
	No (N=109)	Sí (N=32)	Total (N=141)	
Grado de resección				< 0.0011
GTR	70 (64.2%)	7 (21.9%)	77 (54.6%)	
STR	32 (29.4%)	13 (40.6%)	45 (31.9%)	
PR	7 (6.4%)	12 (37.5%)	19 (13.5%)	
Duración de la cirugía (minutos)				0.5702
Mediana	330.00	365.00	330.00	
Q1Q3	274.00, 400.00	292.50, 411.50	280.00, 403.00	
Invasión del tronco				< 0.0011
No invade ni desplaza el tronco	31 (23.0%)	3 (5.8%)	34 (18.2%)	
Desplaza	70 (51.9%)	15 (28.8%)	85 (45.5%)	
Infiltra	34 (25.2%)	34 (65.4%)	68 (36.4%)	
Acueducto libre visto en cirugía				0.4481
No	29 (28.7%)	7 (21.9%)	36 (27.1%)	
Si	72 (71.3%)	25 (78.1%)	97 (72.9%)	
Foco neurológico postoperatorio				< 0.0011
No	64 (58.7%)	8 (25.0%)	72 (51.1%)	
Si	45 (41.3%)	24 (75.0%)	69 (48.9%)	
Fístula de LCR postoperatoria				< 0.0013
No	109 (100.0%)	27 (84.4%)	136 (96.5%)	
Si	0 (0.0%)	5 (15.6%)	5 (3.5%)	
Hematoma subdural/epidural postoperatorio				0.3183
No	106 (97.2%)	30 (93.8%)	136 (96.5%)	
Si	3 (2.8%)	2 (6.2%)	5 (3.5%)	
Hematoma cerebeloso postoperatorio				0.0461
No	97 (89.0%)	24 (75.0%)	121 (85.8%)	
Si	12 (11.0%)	8 (25.0%)	20 (14.2%)	
Edema cerebeloso postoperatorio				0.0611
No	103 (94.5%)	27 (84.4%)	130 (92.2%)	
Si	6 (5.5%)	5 (15.6%)	11 (7.8%)	
Isquemia cerebelo/tronco				0.5113
Isquemia cerebelo en territorio vascular	17 (15.6%)	5 (15.6%)	22 (15.6%)	
Isquemia cerebelo por abordaje	33 (30.3%)	12 (37.5%)	45 (31.9%)	
Isquemia tronco	1 (0.9%)	1 (3.1%)	2 (1.4%)	
No isquemia	58 (53.2%)	14 (43.8%)	72 (51.1%)	
Pseudomeningocele				0.0441
No	87 (79.8%)	20 (62.5%)	107 (75.9%)	
Si	22 (20.2%)	12 (37.5%)	34 (24.1%)	
Mutismo cerebeloso				0.3281
No	78 (71.6%)	20 (62.5%)	98 (69.5%)	
Si	31 (28.4%)	12 (37.5%)	43 (30.5%)	
Hemorragia intraventricular en imagen postoperatoria				0.2141
No	51 (46.8%)	11 (34.4%)	62 (44.0%)	
Si	58 (53.2%)	21 (65.6%)	79 (56.0%)	

Infección				< 0.0011
No	101 (92.7%)	19 (59.4%)	120 (85.1%)	
Si	8 (7.3%)	13 (40.6%)	21 (14.9%)	
Requerimiento de punción lumbar postoperatoria				0.1411
No	67 (61.5%)	15 (46.9%)	82 (58.2%)	
Si	42 (38.5%)	17 (53.1%)	59 (41.8%)	
Índice de Evans (EI) postoperatorio				0.0422
Mediana	0.30	0.34	0.31	
Q1Q3	0.27, 0.35	0.29, 0.37	0.27, 0.35	
Hidrocefalia postoperatoria según EI				0.0911
Hidrocefalia	84 (77.1%)	29 (90.6%)	113 (80.1%)	
Normal	25 (22.9%)	3 (9.4%)	28 (19.9%)	
Fronto-occipital horn ratio (FOHR) postoperatorio				0.0142
Mediana	0.44	0.46	0.44	
Q1Q3	0.40, 0.48	0.44, 0.49	0.41, 0.48	
Hidrocefalia postoperatoria según FOHR				0.0251
Hidrocefalia	60 (55.0%)	24 (77.4%)	84 (60.0%)	
Normal	49 (45.0%)	7 (22.6%)	56 (40.0%)	
Edema periependimario postoperatorio				0.7561
No	16 (14.7%)	4 (12.5%)	20 (14.2%)	
Si	93 (85.3%)	28 (87.5%)	121 (85.8%)	
Abombamiento del piso del III ventrículo, postoperatorio				0.2461
No	67 (61.5%)	16 (50.0%)	83 (58.9%)	
Si	42 (38.5%)	16 (50.0%)	58 (41.1%)	
Flujo acueductal postoperatorio				0.0151
Si	105 (96.3%)	27 (84.4%)	132 (93.6%)	
No	4 (3.7%)	5 (15.6%)	9 (6.4%)	
Flujo de salida del IV ventrículo, postoperatorio				< 0.0011
Si	61 (56.0%)	7 (21.9%)	68 (48.2%)	
No	48 (44.0%)	25 (78.1%)	73 (51.8%)	
Abalonamiento del III ventrículo, postoperatorio				0.0981
Si	80 (73.4%)	28 (87.5%)	108 (76.6%)	
No	29 (26.6%)	4 (12.5%)	33 (23.4%)	
Anatomía patológica				0.0643
Astrocitoma pilocítico	46 (42.2%)	5 (15.6%)	51 (36.2%)	
Ependimoma	11 (10.1%)	5 (15.6%)	16 (11.3%)	
Hemangioblastoma	2 (1.8%)	0 (0.0%)	2 (1.4%)	
Meduloblastoma	38 (34.9%)	17 (53.1%)	55 (39.0%)	
Teratoide Rabdoide Atípico	4 (3.7%)	2 (6.2%)	6 (4.3%)	

Tumor de plexo	3 (2.8%)	0 (0.0%)	3 (2.1%)	
Otro	5 (4.6%)	3 (9.4%)	8 (5.7%)	
Meduloblastoma/ependimoma				0.0071
Anatomía patológica de meduloblastoma o ependimoma	49 (45.0%)	23 (71.9%)	72 (51.1%)	
Otra anatomía patológica	60 (55.0%)	9 (28.1%)	69 (48.9%)	
Abordaje de la lesión				0.0733
Telo-velo-medular	24 (22.0%)	7 (21.9%)	31 (22.0%)	
Transcortical	38 (34.9%)	7 (21.9%)	45 (31.9%)	
Transvermiano	47 (43.1%)	16 (50.0%)	63 (44.7%)	
Otro	0 (0.0%)	2 (6.2%)	2 (1.4%)	
Requirió nueva cirugía de exéresis tumoral				0.0301
No	98 (89.9%)	24 (75.0%)	122 (86.5%)	
Si	11 (10.1%)	8 (25.0%)	19 (13.5%)	
Recibió quimioterapia				< 0.0011
No	61 (56.0%)	7 (21.9%)	68 (48.2%)	
Si	48 (44.0%)	25 (78.1%)	73 (51.8%)	
Recibió radioterapia				0.1411
No	57 (52.3%)	12 (37.5%)	69 (48.9%)	
Si	52 (47.7%)	20 (62.5%)	72 (51.1%)	

GTR: Resección macroscópicamente completa; STR: Resección subtotal; PR: Resección parcial; Q1Q3: Cuartil 1, cuartil 3. 1: Test de Chi-cuadrado. 2: Test de Wilcoxon. 3: Test de Fisher

imágenes sugestivas de “vacíos de flujo” en las imágenes sagitales ponderadas en T2 en la región del acueducto de Silvio.

El edema transependimario se registró y definió como hipodensidad periventricular en las tomografías computadas y/o aumento de la señal T2 periventricular en las imágenes FLAIR y T2 de RM.

La presencia de arqueamiento lateral de las paredes laterales del III ventrículo y de arqueamiento inferior del piso del III ventrículo, en las imágenes sagitales y axiales ponderadas en T2 de RM fue considerado como abalanzamiento del III ventrículo y abombamiento del piso del III ventrículo respectivamente.

Se predijo la histología tumoral, basándose únicamente en las características radiológicas preoperatorias del tumor, registradas por dos investigadores, y en caso de desacuerdo se utilizó el criterio de un tercer autor.

Los tumores sólidos y quísticos se categorizaron como lesiones cuyo componente sólido o quístico correspondía a más del 75% de la lesión. Aquellos con componentes en porcentajes menores al 75% se consideraron mixtos.

Se midió la distancia entre el centro geométrico (intersección de los 2 diámetros más grandes) del tumor y la lí-

nea media, para determinar la lateralidad de la lesión.²

La invasión de tronco se evaluó mediante la observación intraquirúrgica y las imágenes de resonancia post operatoria dentro de las 72 horas posteriores a la cirugía oncológica.

La diseminación tumoral se consideró como la presencia de metástasis sólidas distantes al TFP o diseminación leptomenígea en MR y/o presencia de células tumorales en LCR en muestras tomadas por punción lumbar.¹⁵

Análisis estadístico

Las variables categóricas se describieron con la distribución de frecuencias absolutas (número de pacientes dentro de cada categoría de la variable), y frecuencias relativas (distribución porcentual de las observaciones dentro de cada categoría). Se analizó la normalidad de la distribución de las variables continuas mediante tests de Shapiro-Wilk y diagramas cuantil-cuantil. Debido a que ninguna variable continua presentó una distribución normal, éstas se describieron mediante sus respectivas medianas e intervalos intercuantílicos (cuartil 1, cuartil 3). Se evaluaron las variables explicativas según el requerimiento o no de DVP a los 6 meses de la cirugía tumoral. Se ana-

TABLA 2A: ODDS RATIOS CRUDOS (SEGÚN MODELOS LOGÍSTICOS SIMPLES) DE VARIABLES PREOPERATORIAS SIGNIFICATIVAS

Variable explicativa preoperatoria	Odds Ratio	IC 95%	p-valor
Flujo acueductal preoperatorio			
Sí	-	-	
No	3.19	1.40 - 7.32	0.006
Predicción preoperatoria de anatomía patológica			
Predicción de meduloblastoma o ependimoma	3.51	1.46 - 9.40	0.007
Otra predicción	-	-	
Tumor sólido o no			
Tumor quístico o sólido quístico	-	-	
Tumor sólido	5.39	1.77 - 23.5	0.008
Diseminación tumoral preoperatoria			
No	-	-	
Sí	4.08	1.29 - 13	0.015

IC 95%: Intervalo de confianza del 95%

lizó la asociación entre variables categóricas con la prueba de Chi cuadrado o el test exacto de Fisher según supuestos, y para las variables continuas mediante el test de Wilcoxon.

Se calculó el odds ratio (OR) crudo y su correspondiente intervalo de confianza del 95% (IC 95%) para cada variable explicativa a través de un modelo de regresión logística simple considerando al requerimiento de DVP a los 6 meses como variable respuesta. Se construyeron modelos logísticos múltiples incluyendo a las variables que resultaron estadísticamente significativas en el análisis previo. Mediante una selección de variables del tipo “*backwards*”, se fueron retirando de cada modelo las variables que resultaron no significativas, hasta obtener un modelo logístico con todas sus variables explicativas significativas y con el menor AIC (*Akaike information criterion*). Se evaluó también la asociación entre algunas variables explicativas, y se utilizó el factor de inflación de la varianza (*Variance inflation factor*, VIF) para descartar la presencia de multicolinealidad problemática. La bondad de ajuste del modelo fue evaluada mediante el test de Hosmer-Lemeshow. Se obtuvieron los OR ajustados e IC 95% para las variables del modelo logístico múltiple seleccionado.

Para la validación interna del modelo, se evaluó la capacidad de discriminación del mismo a través del área bajo la curva (AUC) *Receiving Operating Characteristic* (ROC). Se calculó el punto de corte óptimo para el modelo mediante el índice de Youden, y con el mismo se calculó la sensibilidad y especificidad. Para evitar sesgos en estos cálculos y evitar un optimismo excesivo en estas métricas, se utilizó un método de validación cruzada del tipo “*Leave-one-out cross-validation*”.

Se consideraron estadísticamente significativas las probabilidades menores al 5% ($p < 0.05$).

La totalidad del análisis estadístico se realizó con el software R versión 4.3.0 (2023-04-21, R Foundation), mediante el entorno de desarrollo RStudio versión 2023.03.0+386.

RESULTADOS

Se incluyeron en el análisis 187 pacientes en total. Los resultados del análisis univariado se resumen en las tablas 1A (variables preoperatorias) y 1B (variables postoperatorias).

Dentro de los potenciales predictores prequirúrgicos de requerimiento de sistema derivativo, resultaron significativos en el análisis univariado la ausencia de flujo acueductal ($p=0.004$), la predicción de meduloblastoma o ependimoma mediante neuroimágenes ($p=0.018$), la presencia de tumor sólido ($p=0.015$) y la diseminación tumoral ($p=0.011$). Sus respectivos OR calculados mediante regresión logística simple se detallan en la tabla 2A. Cabe destacar que la realización de una tercer ventriculostomía endoscópica (TVE) preoperatoria no fue un factor protector significativo ($p=0.621$).

En cuanto a los potenciales factores de riesgo postoperatorios, fueron significativos la resección subtotal o parcial ($p < 0.001$) (Figura 3A), la invasión del tronco encefálico observada en la cirugía ($p < 0.001$), la presencia de foco neurológico postoperatorio ($p < 0.001$), la anatomía patológica de meduloblastoma o ependimoma ($p=0.007$), la infección postoperatoria ($p < 0.001$) (Figura 3B), la ausencia de flujo de salida del IV ventrículo en la imagen

TABLA 2B: ODDS RATIOS CRUDOS (SEGÚN MODELOS LOGÍSTICOS SIMPLES) DE VARIABLES POSTOPERATORIAS SIGNIFICATIVAS

Variable explicativa preoperatoria	Odds Ratio	IC 95%	p-valor
Grado de resección			
GTR	-	-	
STR	4.06	1.52 - 11.7	0.006
PR		17.1	5.33 - 61.8 <0.001
Invasión del tronco encefálico			
No invade ni desplaza	-	-	
Desplaza	4.50	0.79 - 85.1	0.2
Infiltra	24.6	4.74 - 457	0.002
Foco neurológico postoperatorio			
No	-	-	
Sí	4.27	1.82 - 10.9	0.001
Infección			
No	-	-	
Sí	8.64	3.22 - 24.6	<0.001
Hidrocefalia postoperatoria según FOHR			
No	-	-	
Sí	2.80	1.16 - 7.53	0.029
Flujo acueductal postoperatorio			
No	4.86	1.21 - 20.8	0.025
Sí	-	-	
Flujo de salida del IV ventrículo postoperatorio			
No	4.54	1.89 - 12.2	0.001
Sí	-	-	
Anatomía patológica			
Meduloblastoma o ependimoma	3.13	1.36 - 7.71	0.009
Otra anatomía patológica	-	-	
Requirió nueva cirugía de exéresis tumoral			
No	-	-	
Sí	2.97	1.05 - 8.17	0.035
Recibió quimioterapia			
No	-	-	
Sí	4.54	1.89 - 12.2	0.001

IC 95%: Intervalo de confianza del 95%; GTR: resección macroscópicamente completa; STR: resección subtotal; PR: resección parcial

postquirúrgica ($p<0.001$) (Figura 3C), la dilatación ventricular postoperatoria ($p=0.025$), el requerimiento de nueva cirugía de resección tumoral ($p=0.030$) y la quimioterapia ($p<0.001$). Sus OR crudos se muestran en la tabla 2B. La presencia de pseudomeningocele, fístula de LCR, edema o hematoma cerebeloso postoperatorios fueron significativas en el test de Chi-cuadrado o Fisher, pero no en la regresión logística simple, por lo que no se reportaron sus OR ni se incluyeron en la confección del

modelo múltiple.

Al realizar un modelo multivariado se seleccionó el que obtuvo menor AIC (108.56) con todas sus variables explicativas significativas. Las únicas variables que mantuvieron significación estadística fueron el grado de resección tumoral (Subtotal: OR 7.86, IC 95% 2.67 - 29.14, $p<0.001$; Parcial: OR 20.42; IC 95% 5.04 - 99.23; $p<0.001$), la infección postoperatoria (OR 17.31; IC 95% 5.29 - 70.03, $p<0.001$) y ausencia de flujo de salida postoperatorio (OR 4.86; IC 95% 1.21 - 20.8, $p=0.025$).

TABLA 3: ODDS RATIOS AJUSTADOS DE MODELO LOGÍSTICO MÚLTIPLE

Variable explicativa	Odds Ratio ajustado	IC 95%	p-valor
Grado de resección			
GTR	-	-	
STR	7.86	2.67 - 29.14	<0.001
PR		20.42	5.04 - 99.23 <0.001
Infección			
No	-	-	
Sí	17.31	5.29 - 70.03	<0.001
Flujo de salida del IV ventrículo postoperatorio			
No	4.29	1.66 - 12.48	0.004
Sí	-	-	

IC 95%: Intervalo de confianza del 95%; GTR: resección macroscópicamente completa; STR: resección subtotal; PR: resección parcial

peratorio en el IV ventrículo (OR 4.29; IC 95% 1.66 - 12.48; $p=0.004$). Se descartó la presencia de multicolinealidad preocupante observándose un VIF menor a 1.5 en las tres variables explicativas. Asimismo, se confirmó una buena bondad de ajuste del modelo (test de Hosmer Lemeshow, $p=0.937$) (Tabla 3) (Figura 4).

El modelo predictivo con estas tres variables presentó una muy buena capacidad de discriminación, con un AUC de 0.80 (IC 95% 0.71 - 0.89) (Figura 5). El punto óptimo de corte para definir un caso positivo fue una probabilidad estimada de 0.34, obteniéndose una sensibilidad del 80.5%, una especificidad del 76.3%, un valor predictivo positivo del 50.8%, y un valor predictivo negativo del 92.8%. Las probabilidades estimadas por el modelo en cada combinación posible de las tres variables explicativas se detallan en la Tabla 4.

DISCUSIÓN

La hidrocefalia preoperatoria en pacientes pediátricos con TFP se atribuye en gran medida a la obstrucción del flujo de LCR en el acueducto de Silvio o en la salida del cuarto ventrículo. Menos frecuentemente, podría deberse a una absorción alterada de LCR a nivel de las granulaciones aracnoideas secundaria a diseminación subaracnoidea del tumor, hemorragia o inflamación crónica.⁵ Dado que estos tumores generalmente son oligosintomáticos cuando presentan un tamaño pequeño o que producen síntomas inespecíficos en etapas iniciales (por ejemplo, vómitos), es frecuente que se presenten con síntomas asociados a hidrocefalia. Es por esto que la prevalencia de dilatación ventricular es alta cuando se realiza un diagnóstico de TFP, la cual ha sido reportada entre 75 y 95%

en la literatura.⁶⁻⁹ En nuestro análisis, la prevalencia de hidrocefalia al momento de presentación fue de 86.9%, concordante con lo reportado previamente.

Si bien la mayoría de los pacientes experimentará una resolución de esta hidrocefalia después de la resección del TFP, alrededor del 30 % tendrá hidrocefalia persistente que requerirá algún procedimiento quirúrgico para su tratamiento.^{7,9-11} En nuestra cohorte la proporción de pacientes que requirió una derivación de LCR fue similar (23.3%). Se desconoce fehacientemente qué pacientes requerirán una derivación permanente de LCR después de la resección de estos tumores. Es por ello que Riva-Cambrin *et al.* desarrollaron una escala clínica para predecir qué pacientes desarrollarán hidrocefalia postoperatoria (*Canadian Preoperative Prediction Rule for Hydrocephalus, CPPRH*), incluyendo como factores de riesgo asociados, la edad menor a 2 años, el grado de hidrocefalia, la presencia de metástasis, la presencia de edema transependimario y el diagnóstico de tumor estimado antes de la resección.^{2,16}

En el presente trabajo, analizamos potenciales factores de riesgo pre y post quirúrgicos, así como variables propias de la cirugía oncológica.

Luego del análisis univariado, fueron factores de riesgo prequirúrgicos significativos la predicción preoperatoria de meduloblastoma o ependimoma ($p=0.018$) y la diseminación tumoral ($p=0.011$), en coincidencia con Riva-Cambrin.^{2,16} Sin embargo, no resultaron significativos la edad ($p=0.215$), el grado de dilatación ventricular (IE $p=0.054$, FOHR $p=0.059$) ni el edema periependimario ($p=0.176$). En nuestro grupo de pacientes, tanto la ausencia de flujo acueductal ($p=0.004$) como la presencia de tumor sólido ($p=0.008$) fueron asimismo factores de ries-

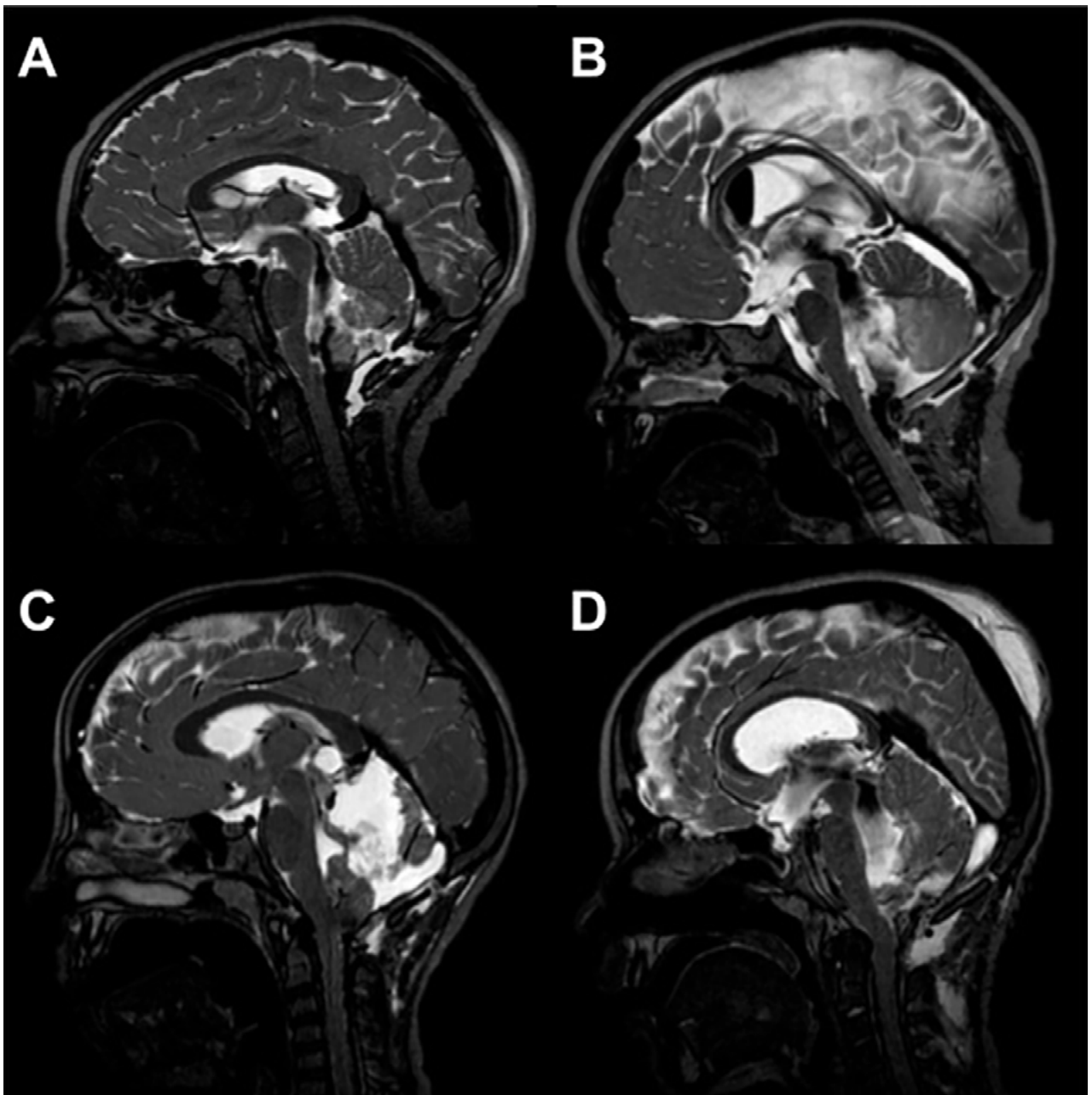


Figura 2: Imágenes de RM sagitales ponderadas en T2 drive, de cuatro postoperatorios de resección tumoral de fosa posterior. En A y B se evidencia vacío de flujo entre IV ventrículo y cisterna magna. En C y D se observa la ausencia de comunicación de LCR (permeabilidad) entre IV ventrículo y cisterna magna.

go preoperatorios significativos, antes de realizar el ajuste multivariado (Tabla 2A).

Gopalakrishnan et al, en su serie de 84 pacientes, describieron como factores de riesgo para requerimiento de derivación postoperatoria algunas variables preoperatorias como el tiempo desde la aparición de los síntomas, el grado de hidrocefalia medido con EI o FOHR, y la presencia de tumores mediales.⁸ Ninguna de estas variables resultó significativa en nuestro análisis ($p=0.776$, $p=0.054$, $p=0.059$, $p=0.987$, respectivamente).

La tercer ventriculostomía endoscópica en el manejo de la hidrocefalia secundaria a tumores de fosa posterior fue

propuesta por primera vez por Chumas *et al.* en 1995.¹⁷ Esto fue el punto de partida para varios grupos de estudio que argumentaron que la TVE previa a la resección reduciría la incidencia de hidrocefalia postoperatoria y la tasa de complicaciones, evitando asimismo el drenaje excesivo de LCR mediante una cirugía más rápida que la colocación de una derivación ventrículooperitoneal.^{5,17-20} Sainte-Rose *et al.* han defendido la TVE previa a la resección, ya que en su estudio retrospectivo, comparó 67 pacientes con hidrocefalia que se sometieron a TVE antes de la resección y 82 pacientes que no lo hicieron, con incidencias de hidrocefalia persistente del 6,3 y el 26,8 %, respectiva-

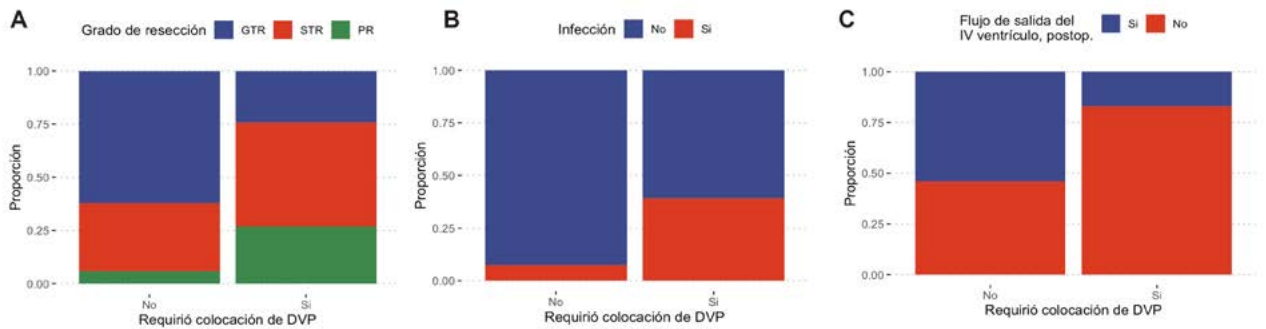


Figura 3: A: Grados de resección: proporciones según requerimiento o no de sistema derivativo. B: Infección: proporciones según requerimiento o no de sistema derivativo. C: Flujo de salida por el IV ventrículo en imagen postoperatoria: proporciones según requerimiento o no de sistema derivativo.

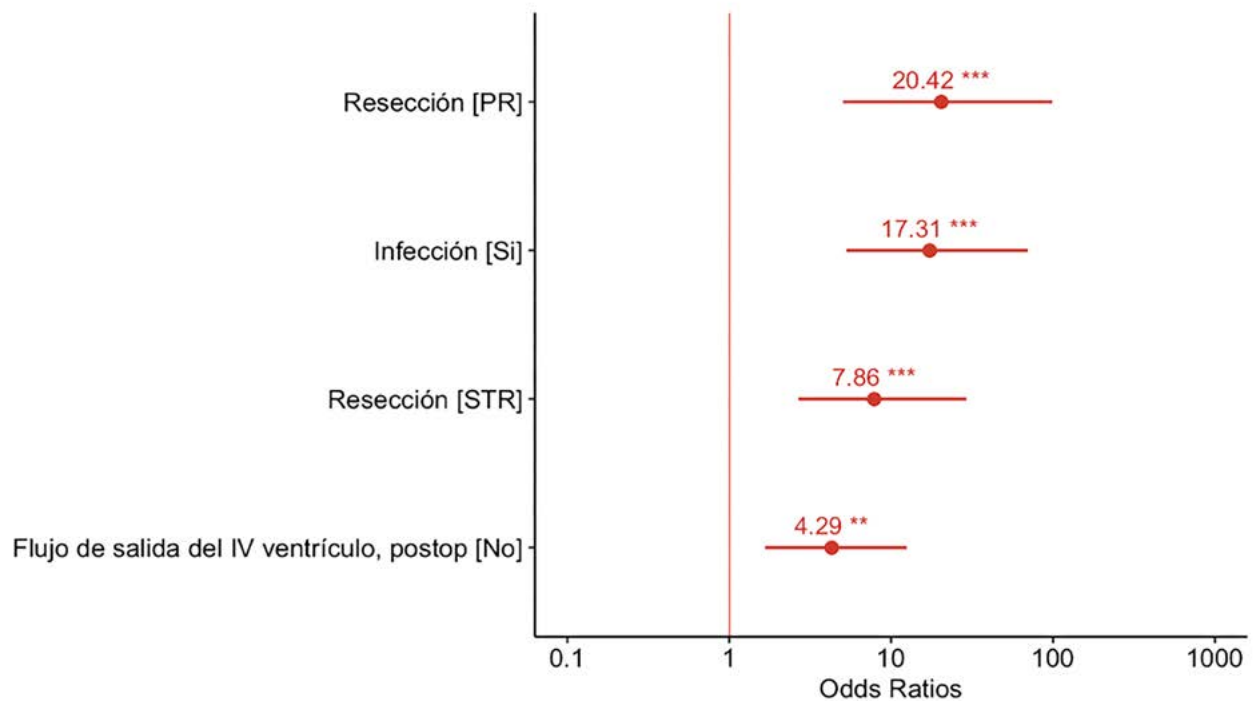


Figura 4: Odds ratios ajustados para las variables grado de resección, infección y flujo de salida del IV ventrículo (postop.), en orden de importancia.

mente. En base a estos datos, el grupo argumentó que todos los pacientes deberían someterse a TVE antes de la resección.¹⁷

En nuestra institución, donde evitamos la colocación pre o intraoperatoria de derivaciones ventriculares al exterior (DVE), la realización de TVE preoperatoria en TFP es muy común (31.6% de los pacientes), en general en casos en los que la resección debe posponerse algunos días por motivos de disponibilidad de quirófanos. Sin embargo, en nuestra cohorte de pacientes, la incidencia de hidrocefalia con requerimiento de sistema derivativo a los 6 meses de la cirugía oncológica no varió significativamente entre los pacientes que se realizaron TVE preoperatoria (24.1%) y los que no (22.9%, $p=0.621$). Según es-

tos resultados, la TVE prequirúrgica no sería un factor protector para la subsiguiente persistencia de la hidrocefalia postoperatoria, a diferencia de lo afirmado por Sainte-Rose y otros investigadores.^{5,17-20}

Si bien el modelo predictivo derivado del CPFRH es útil para asesorar al paciente y para definir una intensidad de monitorización clínica y radiológica postoperatoria para la hidrocefalia, no toma en cuenta ninguna variable luego de la cirugía de exéresis tumoral.^{2,16} Existe escasa literatura publicada acerca de potenciales factores de riesgo postoperatorios para hidrocefalia persistente luego de resecciones de TFP. *Abraham et al.* describen la hemorragia intraventricular postoperatoria (en conjunto con la edad menor a 6 años) como un factor de riesgo

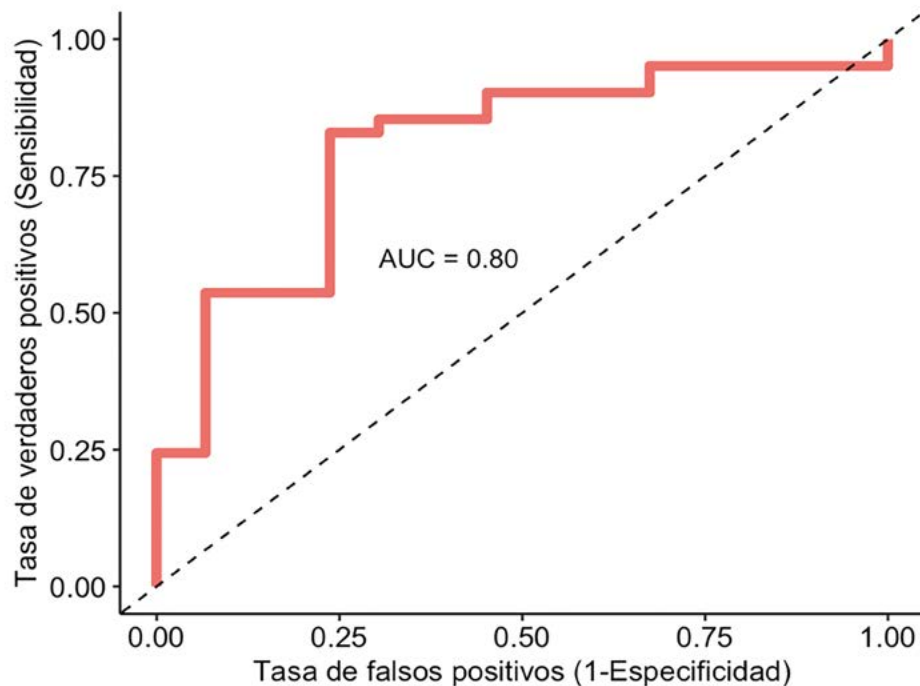


Figura 5: Curva ROC (Receiving operating Characteristics) para modelo predictivo de requerimiento de sistema derivativo a los 6 meses de la cirugía tumoral, de acuerdo a grado de resección, presencia de infección y flujo de salida del IV ventrículo postoperatorio. AUC = área bajo la curva ROC.

TABLA 4: PROBABILIDADES PREDICHAS DE REQUERIMIENTO DE DERIVACIÓN A LOS 6 MESES SEGÚN MODELO MULTIVARIADO. GTR: RESECCIÓN COMPLETA, STR: RESECCIÓN SUBTOTAL, PR: RESECCIÓN PARCIAL.

	Con flujo, Sin infección	Sin flujo, Sin infección	Con flujo, Con infección	Sin flujo, Con infección
GTR	1.61%	6.58%	22.12%	54.95%
STR	11.43%	35.66%	69.08%	90.56%
PR	25.1%	59%	85.29%	96.14%

independiente para la hidrocefalia sintomática dentro de los 30 días postoperatorios.⁶ En nuestra serie, esta variable no resultó significativa ($p=0.219$).

Numerosos estudios han demostrado que la histología del tumor afecta de manera diferencial la tasa de hidrocefalia persistente.^{4,15,21-24} Específicamente, los meduloblastomas y los ependimomas tienden a tener tasas más altas de hidrocefalia persistente que los astrocitomas cerebelosos de bajo grado.^{25,26} Due-Tønnessen *et al.* informaron una tasa de resolución de la hidrocefalia del 87% con resección quirúrgica sola en niños con astrocitomas pilocíticos de la fosa posterior, y un porcentaje significativamente menor en pacientes con meduloblastomas y ependimomas (47 y 54%, respectivamente).²⁵ Resulta interesante destacar que en nuestra serie el diagnóstico patológico de meduloblastoma o ependimoma resultó significativo en el análisis univariado ($p=0.009$) pero no en el multivariado, al igual que la invasión del tronco encefálico

co descrita en un párrafo previo. Sin embargo, los grados de resección subtotal y parcial se mantuvieron como factores de riesgo independientes al efectuar el análisis multivariado (Tabla 3) (Figura 4). Esto podría explicarse por la asociación entre meduloblastoma y STR ($p=0.004$), entre ependimoma y PR ($p=0.013$), y entre la invasión de tronco y STR y PR ($p<0.001$). Es decir, el factor determinante para la hidrocefalia persistente parecería ser el residuo tumoral, el cual puede ser considerado como una consecuencia, a veces inevitable, de la invasión del tronco observada con relativa frecuencia en ependimomas y meduloblastomas. Por ende, maximizar la resección tumoral podría no sólo mejorar el pronóstico oncológico de estos pacientes, sino también evitar la dependencia de un sistema derivativo y sus temidas complicaciones.

Gopalakrishnan *et al.* también destacan la infección postoperatoria como variable de riesgo postquirúrgica,⁸ en coincidencia con nuestra cohorte, en la que resultó un

factor de riesgo independiente en el análisis multivariado (Tabla 3) (Figura 4). Dado que un paciente con infección postoperatoria tendría un odds de presentar hidrocefalia persistente de más de 17 veces el de un paciente sin infección, se deben tomar todas las medidas posibles tendientes a evitar ésta complicación. Sáenz *et al.* han destacado como factores de riesgo para infecciones en este grupo de pacientes la colocación de DVE, la fístula de LCR y el tiempo operatorio prolongado.¹³

Asimismo, otra variable importante en nuestro análisis fue la ausencia de flujo de salida del IV ventrículo en las imágenes postoperatorias (Tabla 3) (Figura 4). Si bien se mantuvo como factor de riesgo independiente al controlar con el resto de las variables, se asoció también con STR ($p=0.048$) y con PR ($p=0.032$). Es decir, si bien una resección incompleta puede determinar esta ausencia de flujo, la observación de este signo en los controles imagenológicos postoperatorios, independientemente del grado de resección y la presencia o no de infección postoperatoria, debería alertar al equipo tratante sobre la probabilidad de una eventual hidrocefalia persistente.

La buena capacidad predictiva de éste modelo (Figura 5) obtenida con sólo 3 variables postoperatorias, permitiría en un futuro, y luego de su correcta validación externa, la potencial construcción de un score predictivo similar al CPPRH. La estratificación de los pacientes de acuerdo a su riesgo postoperatorio de hidrocefalia persistente, el grado de resección, la presencia de infección y la permeabilidad de la salida del cuarto ventrículo, podría ser un complemento o una alternativa a otros modelos descriptos previamente en la literatura. Ésto, por ejemplo, podría definir diferencias de conducta en cuanto a estadía hospitalaria y controles imagenológicos entre pacientes de bajo o alto riesgo de hidrocefalia persistente.

En resumen, para evitar la dependencia de una derivación ventrículo peritoneal y sus complicaciones en pacientes pediátricos con tumores de fosa posterior, el neurocirujano debería, dentro de lo posible, maximizar la resección tumoral y evitar la infección postoperatoria.

CONCLUSIÓN

Si bien fueron múltiples los factores asociados a hidrocefalia posterior a la resección de TFP en el análisis univariado, luego del análisis multivariado solo el grado de resección tumoral, la presencia de infección postoperatoria y la obstrucción de salida del IV ventrículo continuaron siendo factores de riesgo estadísticamente significativos.

Contrariamente a lo publicado en estudios previos, la realización de una tercer ventriculostomía endoscópica preoperatoria no redujo la incidencia de hidrocefalia postoperatoria.

Los resultados obtenidos tienen el potencial de influir significativamente en la toma de decisiones en cuanto al tratamiento de la hidrocefalia postoperatoria en pacientes pediátricos con TFP.

Particularmente, aquellos pacientes que presenten resecciones macroscópicamente incompletas, infecciones postoperatorias y/u obstrucción de la salida del IV ventrículo, podrían requerir un seguimiento clínico más riguroso ante el eventual requerimiento de una derivación ventricular en los 6 meses subsiguientes.

Los autores declaran no tener conflictos de interés.

Los autores no recibieron ningún apoyo financiero para la investigación, la autoría y/o la publicación de este artículo.

Este es un artículo de acceso abierto bajo la licencia CC BY-NC <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>

BIBLIOGRAFÍA

1. Reynolds R, Grant G. General approaches and considerations for pediatric brain tumors. In: Youmans Neurological Surgery. 8th ed. Philadelphia, PA: Elsevier Inc.; 2022.
2. Riva-Cambrin J, Detsky AS, Lamberti-Pasculli M, Sargent MA, Armstrong D, Moineddin R, et al. Predicting postresection hydrocephalus in pediatric patients with posterior fossa tumors. *J Neurosurg.* 16 de abril de 2009;3(5):378-85.
3. J. P. Mengide, María Florencia Berros, Mariana Estefanía Turza, Juan Manuel Liñares. Posterior fossa tumors in children: An update and new concepts. *Surg Neurol Int.* 2023;
4. Srinivasan HL, Foster MT, van Baarsen K, van Baarsen K, Hennigan D, Pettorini B, et al. Does pre-resection endoscopic third ventriculostomy prevent the need for post-resection CSF diversion after pediatric posterior fossa tumor excision? A historical cohort study and review of the literature. *J Neurosurg.* 21 de febrero de 2020;25(6):1-10.
5. Lin CT, Chih Ta Lin, Riva-Cambrin J. Management of posterior fossa tumors and hydrocephalus in children: a review. *Childs Nerv Syst.* 9 de septiembre de 2015;31(10):1781-9.
6. Abraham AP, Moorthy RK, Jeyaseelan L, Rajshekhar V. Postoperative intraventricular blood: a new modifiable risk factor for early postoperative symptomatic hydrocephalus in children with posterior fossa tumors. *Childs Nerv Syst.* 18 de mayo de 2019;35(7):1137-46.
7. Bognár L, Borgulya G, Benke P, Madarassy G. Analysis of CSF shunting procedure requirement in children with posterior fossa tumors. *Childs Nerv Syst.* 23 de abril de 2003;19(5):332-6.
8. Gopalakrishnan C, Dhakoji A, Menon G, Nair S. Factors predicting the need for cerebrospinal fluid diversion following posterior fossa tumor surgery in children. *Pediatr Neurosurg.* 4 de diciembre de 2012;48(2):93-101.
9. Dewan MC, Lim J, Lim J, Shannon CN, Wellons JC. The durability of endoscopic third ventriculostomy and ventriculoperitoneal shunts in children with hydrocephalus following posterior fossa tumor resection: a systematic review and time-to-failure analysis. *J Neurosurg.* 10 de marzo de 2017;19(5):578-84.
10. Tamburrini G, Pettorini B, Massimi L, Caldarelli M, Di Rocco C. Endoscopic third ventriculostomy: the best option in the treatment of persistent hydrocephalus after posterior cranial fossa tumour removal? *Childs Nerv Syst.* 24 de septiembre de 2008;24(12):1405-

- 12.
11. Dias M, Albright AL. Management of Hydrocephalus Complicating Childhood Posterior Fossa Tumors. *Pediatr Neurosurg.* 1 de enero de 1989;15(6):283-90.
12. Schijman E, Peter JC, Rekate HL, Sgouros S, Wong TT, Tai Tong Wong. Management of hydrocephalus in posterior fossa tumors: how, what, when? *Childs Nerv Syst.* 4 de febrero de 2004;20(3):192-4.
13. Sáenz A, Badaloni E, Grijalba M, Villalonga JF, Argañaraz R, Mantese B. Risk factors for surgical site infection in pediatric posterior fossa tumors. *Childs Nerv Syst.* 17 de junio de 2021;37(10):3049-56.
14. O'Hayon BB, Drake JM, Ossip MG, Tuli S, Clarke MJ. Frontal and Occipital Horn Ratio: A Linear Estimate of Ventricular Size for Multiple Imaging Modalities in Pediatric Hydrocephalus. *Pediatr Neurosurg.* 1 de noviembre de 1998;29(5):245-9.
15. Frisoli F, Kakareka M, Cole KA, Angela J. Waanders, Waanders AJ, Storm PB, et al. Endoscopic third ventriculostomy prior to resection of posterior fossa tumors in children. *Childs Nerv Syst.* 20 de marzo de 2019;35(5):789-94.
16. Foreman PM, McClugage SG, Naftel RP, Griessenauer CJ, Ditty B, Agee BS, et al. Validation and modification of a predictive model of postresection hydrocephalus in pediatric patients with posterior fossa tumors. *J Neurosurg.* 30 de agosto de 2013;12(3):220-6.
17. Sainte-Rose C, Cinalli G, Roux FE, Maixner W, Maixner WJ, et al. Management of hydrocephalus in pediatric patients with posterior fossa tumors: the role of endoscopic third ventriculostomy. *Neurosurg Focus.* 1 de octubre de 1999;7(4).
18. Bhatia R, Tahir M, Chandler CL. The management of hydrocephalus in children with posterior fossa tumours: the role of pre-resectional endoscopic third ventriculostomy. *Pediatr Neurosurg.* 1 de enero de 2009;45(3):186-91.
19. Ruggiero C, Cinalli G, Spennato P, Aliberti F, Cianciulli E, Trischitta V, et al. Endoscopic third ventriculostomy in the treatment of hydrocephalus in posterior fossa tumors in children. *Childs Nerv Syst.* 25 de junio de 2004;20(11):828-33.
20. El-Ghandour NMF. Endoscopic third ventriculostomy versus ventriculoperitoneal shunt in the treatment of obstructive hydrocephalus due to posterior fossa tumors in children. *Childs Nerv Syst.* 1 de enero de 2011;27(1):117-26.
21. Culley DJ, Berger MS, Berger MS, Shaw DWW, Shaw DWW, Geyer R. An analysis of factors determining the need for ventriculoperitoneal shunts after posterior fossa tumor surgery in children. *Neurosurgery.* 1 de marzo de 1994;34(3):402-8.
22. Goel A. Whither preoperative shunts for posterior fossa tumors. *Br J Neurosurg.* 1 de enero de 1993;7(4):395-9.
23. Lee M, Wisoff JH, Abbott R, Freed D, Epstein F. Management of Hydrocephalus in Children with Medulloblastoma: Prognostic Factors for Shunting. *Pediatr Neurosurg.* 1 de enero de 1994;20(4):240-7.
24. Di Rocco F, Jucá CE, Zerah M, Sainte-Rose C. Endoscopic third ventriculostomy and posterior fossa tumors. *World Neurosurg.* 1 de febrero de 2013;79(2).
25. Due-Tønnessen BJ, Bernt Johan Due-Tønnessen, Due-Tønnessen BJ, Due-Tønnessen BJ, Helseth E. Management of Hydrocephalus in Children with Posterior Fossa Tumors: Role of Tumor Surgery. *Pediatr Neurosurg.* 1 de enero de 2007;43(2):92-6.
26. Morelli D, Pirotte B, Lubansu A, Detemmerman D, Aebly A, Fricx C, et al. Persistent hydrocephalus after early surgical management of posterior fossa tumors in children: is routine preoperative endoscopic third ventriculostomy justified? *J Neurosurg.* 1 de septiembre de 2005;103(3):247-52.