



ORIGINAL

## Escala clínica para el diagnóstico de disfunción de válvula ventriculoperitoneal en niños en el Servicio de Urgencias<sup>☆</sup>



David Muñoz-Santanach<sup>a,\*</sup>, Victoria Trenchs Sainz de la Maza<sup>a</sup>, Santiago Candela Canto<sup>b</sup> y Carles Luaces Cubells<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Servicio de Urgencias, Hospital Sant Joan de Déu, Universitat de Barcelona, Esplugues de Llobregat, Barcelona, España

<sup>b</sup> Servicio de Neurocirugía, Hospital Sant Joan de Déu, Universitat de Barcelona, Esplugues de Llobregat, Barcelona, España

Recibido el 20 de abril de 2015; aceptado el 18 de junio de 2015

Disponible en Internet el 29 de julio de 2015

### PALABRAS CLAVE

Válvula ventriculoperitoneal; Disfunción valvular; Servicio de urgencias

### Resumen

**Introducción:** Es conocido que la presencia de determinadas manifestaciones clínicas en los niños portadores de una válvula ventrículo-peritoneal (VDVP) se asocia a un mayor riesgo de disfunción valvular (DV), sin embargo, ninguna de estas es suficientemente sensible y específica por sí sola para diferenciar los pacientes que presentan una DV de los que no, y permitir así una actuación diagnóstica y terapéutica más adecuada.

**Objetivo:** Elaborar una escala diagnóstica que permita seleccionar en el Servicio de Urgencias a los niños con riesgo de DV.

**Material y métodos:** Estudio prospectivo. Se incluyó a los pacientes portadores de VDVP con edad comprendida entre 1 y 18 años que consultaron con sintomatología potencialmente asociada a DV en un Servicio de Urgencias durante 3 años (1 de abril del 2010-31 de marzo del 2013). Mediante regresión logística se determina qué variables se consideran factores de riesgo independientes de DV; con ellos se elabora una escala diagnóstica.

**Resultados:** Se obtiene una escala basada en 9 variables (eritema, tumefacción o secreción en el trayecto del catéter; somnolencia; rigidez de nuca; cefalea; ausencia de fiebre; edad mayor a 4 años; vómitos; focalidad neurológica reciente y tiempo desde la última intervención quirúrgica menor o igual a 2 años) con una puntuación máxima de 20 puntos. Puntuaciones de la escala de 7 o más puntos se asocian a un mayor riesgo de DV (OR 34,0; IC del 95%, 15,4-74,9; sensibilidad 88,3%; especificidad 81,1%; VPP 53,4%; VPN 96,7%).

**Discusión:** La escala diagnóstica para la valoración del riesgo de DV presentada permite seleccionar los pacientes con riesgo de DV. Su uso podría ayudar a mejorar la indicación de las pruebas complementarias que reciben los niños portadores de una VDVP y disminuir la irradiación a la que son sometidos estos pacientes.

© 2015 Asociación Española de Pediatría. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Todos los derechos reservados.

<sup>☆</sup> Este trabajo ha sido parcialmente financiado por la II Beca de Investigación de la Sociedad Española de Urgencias de Pediatría.

\* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: [dmunoz@hsjdbcn.org](mailto:dmunoz@hsjdbcn.org) (D. Muñoz-Santanach).

<http://dx.doi.org/10.1016/j.anpedi.2015.06.009>

1695-4033/© 2015 Asociación Española de Pediatría. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Todos los derechos reservados.

**KEYWORDS**

Ventriculoperitoneal shunt;  
Shunt malfunction;  
Emergency department

## Clinical scale for the diagnosis of ventriculoperitoneal shunt malfunction in children in Emergency Department

**Abstract**

*Introduction:* It is well known that some symptoms in children with ventriculoperitoneal shunt are associated with a higher risk of developing shunt malfunction. However none of those symptoms are sensitive or enough specific enough to diagnose the shunt malfunction.

*Objective:* To develop a diagnostic scale to identify children with an increased risk of shunt malfunction in the Emergency Department.

*Material and methods:* This is a prospective study including children aged one to eighteen years old admitted to the Emergency Department between April 2010 and March 2013 with symptoms of ventriculoperitoneal shunt malfunction. Logistic regression Analysis was used to determine whether or not the variables were considered independent risk factors for shunt malfunction. The results led to the development of a diagnostic scale.

*Results:* A scale was developed using 9 variables (erythema, swelling or discharge from the catheter trajectory, drowsiness, stiff neck, headache, afebrile, age > 4 years, vomiting, recent neurological deficit, and time since last surgery  $\leq 2$  years) with a maximum score of 20 points. It was found that Scale scores  $\geq 7$  points were associated with an increased risk of shunt malfunction (OR 34.0, 95% CI 15.4-74.9; sensitivity 88.3%, specificity 81.1%, PPV 53.4%, NPV 96.7%).

*Discussion:* A diagnostic scale is designed for assessing the risk of shunt malfunction, selecting those patients with a higher risk. The use of this scale could help the management of these patients, reducing complementary tests, as well the usual radiation suffered by these children © 2015 Asociación Española de Pediatría. Published by Elsevier España, S.L.U. All rights reserved.

## Introducción

La colocación de una válvula de derivación ventrículo-peritoneal (VDVP) es el tratamiento más utilizado de la hidrocefalia infantil. Se estima que entre el 60 y 80% de los pacientes portadores de una VDVP presentará, como mínimo, una disfunción valvular (DV) en los 10 años siguientes a su colocación<sup>1,2</sup>, alcanzando el 40% durante el primer año<sup>3-7</sup>, siendo la más frecuente la obstrucción del catéter de drenaje<sup>6,8,9</sup>. A pesar de que estudios previamente publicados han demostrado que la presencia de determinadas manifestaciones clínicas, como somnolencia, irritabilidad, tumefacción del trayecto del catéter de drenaje, aumento del perímetro cefálico o presencia de focalidades neurológicas de reciente aparición, se asocian a un mayor riesgo de DV<sup>10-15</sup>, ninguna de ellas es, por sí sola, suficientemente específica para diferenciar a los pacientes que presentan una DV de los que no.

Este grupo de pacientes consultan con relativa frecuencia al Servicio de Urgencias (SU) con manifestaciones clínicas que pueden indicar una DV. Su valoración a menudo es difícil, por la clínica inespecífica y su comorbilidad, obligando en muchas ocasiones a realizar exploraciones complementarias para determinar si presentan o no una complicación de la VDVP, fundamentalmente la tomografía computarizada (TC) craneal y el trayecto valvular (TV)<sup>16,17</sup>. Sin embargo, estas exploraciones no son siempre concluyentes y existen algunos pacientes en los que se demuestra una DV mediante la cirugía a pesar de que la TC craneal y/o el TV son normales o sin cambios respecto a estudios previos<sup>18,19</sup>. Por otro lado,

en la literatura se ha indicado que la exposición a radiaciones ionizantes debido a pruebas diagnósticas y terapéuticas puede contribuir al desarrollo de neoplasias<sup>20-23</sup>, siendo los pacientes en edad pediátrica más vulnerables a este tipo de radiaciones<sup>24-26</sup>. Así, en el caso de los niños portadores de válvulas de derivación de LCR, se han comunicado casos de tumores del sistema nervioso central que se han atribuido al número de TC craneales realizadas<sup>27</sup>.

Hasta la fecha son escasos los estudios que combinan diferentes signos y síntomas entre sí para establecer el riesgo de DV; por este motivo, se plantea el objetivo de este trabajo, que es elaborar una escala diagnóstica que permita seleccionar en el SU a los niños con riesgo de DV.

## Pacientes y métodos

Estudio realizado entre el 1 de abril del 2010 y el 31 de marzo del 2013 en un hospital urbano materno-infantil de tercer nivel, dotado de 264 camas pediátricas, donde se atiende a pacientes entre 0 y 18 años. Es centro de referencia de un área de 1.800.000 habitantes y atiende un promedio de 280 visitas diarias.

Se incluyen, de forma prospectiva, todas las consultas de pacientes entre 1 y 18 años portadores de una VDVP que acuden al SU del centro durante el periodo de estudio. Se excluyen las visitas de niños portadores de una VDVP en situación paliativa y que, por su enfermedad de base, no sean tributarios de recibir intervención quirúrgica, las de niños que no presentan sintomatología potencialmente

**Tabla 1** Causas de colocación válvula, visitas y frecuencia disfunción

Causa de la hidrocefalia	Niños (%)	Consultas (%)	Grupo DV (%)	Grupo no DV (%)
Hidrocefalia congénita	50 (34,5)	124 (34,2)	22 (31,0)	102 (34,9)
Hemorragia intraventricular por prematuridad	31 (21,4)	83 (22,9)	25 (35,2)	58 (19,9)
Hidrocefalia tumoral	17 (11,7)	44 (12,1)	10 (14,1)	34 (11,6)
Hidrocefalia secundaria a infección SNC <sup>a</sup>	15 (10,3)	38 (10,5)	6 (8,5)	32 (11,0)
Defecto del tubo neural	13 (9,0)	35 (9,6)	2 (2,8)	33 (11,3)
Hidrocefalia secundaria a AVC <sup>b</sup>	9 (6,2)	14 (3,9)	2 (2,8)	12 (4,1)
Quiste intracraneal	5 (3,4)	11 (3,0)	0 (0,0)	11 (3,8)
Craneoostenosis	2 (1,4)	10 (2,8)	3 (4,2)	7 (2,4)
Malformación de Arnold-Chiari	1 (0,7)	1 (0,3)	0 (0,0)	1 (0,3)
Hidrocefalia secundaria a TCE <sup>c</sup>	1 (0,7)	1 (0,3)	0 (0,0)	1 (0,3)
Otra	1 (0,7)	1 (1,4)	1 (0,3)	2 (0,6)
<b>Total</b>	<b>145 (100)</b>	<b>363 (100)</b>	<b>71 (100)</b>	<b>292 (100)</b>

<sup>a</sup> SNC: sistema nervioso central.

<sup>b</sup> AVC: accidente vascular cerebral.

<sup>c</sup> TCE: traumatismo craneoencefálico.

asociada a DV y las reconsultas en la semana posterior, por considerarse dentro del mismo proceso. Los síntomas potencialmente asociados a DV son los descritos en la literatura<sup>10-15</sup> (ataxia, hemiparesia, cefalea, irritabilidad, convulsiones, masa abdominal, somnolencia, parálisis de pares craneales, dolor abdominal, rigidez de nuca, eritema en la zona del catéter, secreción alrededor del catéter, fiebre, vómitos).

El pediatra que atiende a un paciente que cumple los criterios de inclusión rellena una hoja de recogida de datos específica, que incluye antecedentes patológicos (enfermedad que motivó la colocación de la VDVP, número de DV previas, tiempo desde la última cirugía de la VDVP), sintomatología presentada en el momento de la consulta, exploraciones realizadas en el SU y destino al alta. En la primera semana tras la consulta al SU se realiza un seguimiento, mediante la historia clínica hospitalaria y la historia clínica compartida de atención primaria, clasificándose los pacientes en 2 grupos: grupo DV (niños con DV confirmada) y grupo no DV (niños con DV descartada). Se define DV confirmada como aquella que es constatada tras intervención quirúrgica. Se define DV descartada como la presencia de un diagnóstico alternativo al de disfunción valvular y/o ausencia de intervención neuroquirúrgica en la semana posterior a la consulta al SU.

Los datos extraídos se almacenan y procesan en una base de datos relacional Microsoft Access específica. Se tabulan variables cuantitativas y categóricas. Posteriormente, se analiza con el programa estadístico SPSS 17.0. Se presenta la estadística descriptiva mediante medias/medianas en las variables cuantitativas y porcentajes en las variables categóricas. Se aplican pruebas para estudio de distribución de datos (Kolmogorov-Smirnov), de comparación de datos cuantitativos (t de Student, U de Mann-Whitney) y cualitativos (chi al cuadrado, tabla de contingencia, test exacto de Fisher); los valores de p menores a 0,05 se considerarán significativos. Se construye un modelo mediante regresión logística (regresión por pasos), incluyendo en dicho modelo las variables que en el análisis univariante presentan una significación estadística  $p < 0,3$ . Las variables continuas se categorizan determinando el punto de

corte óptimo mediante curva ROC para el diagnóstico de DV. La escala diagnóstica se elabora a partir del redondeo del coeficiente B de las variables obtenidas per el modelo de regresión logística. Posteriormente, se realiza un estudio mediante curva ROC para determinar la puntuación en la escala con mayor sensibilidad y especificidad para discriminar los pacientes con mayor riesgo de DV.

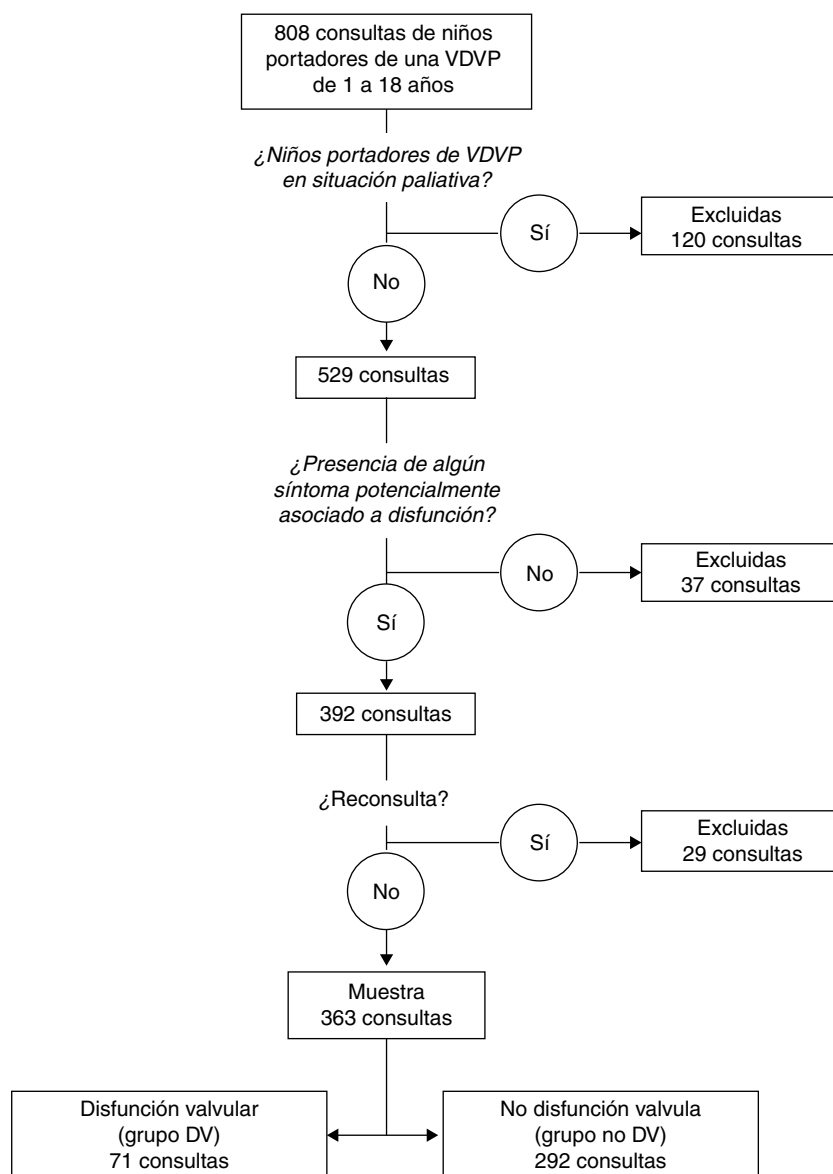
## Resultados

Trescientas sesenta y tres consultas cumplen los criterios de inclusión (fig. 1), que corresponden a 145 pacientes, siendo 84 (57,9%) de sexo masculino. La edad mediana en el momento de la consulta es de 7,3 años ( $P_{25-75}$ : 3,7-11,7 años) y la mediana de tiempo tras la última cirugía de 32,2 meses ( $P_{25-75}$ : 14,7-74,4 meses). En 187 de las consultas el paciente ha presentado alguna DV previa (mediana de 1; rango: 1-13).

En 71 consultas (19,5%) se confirma la presencia de una DV (grupo DV) y en 292 (80,5%) se descarta (grupo no DV). La tabla 1 muestra los motivos de colocación de la VDVP de los niños y el número de visitas generadas. La tabla 2 muestra el tipo de DV diagnosticada. Se observa que los niños afectados de una DV son mayores que los que no la presentan (edad mediana de 8,8 años vs. 6,7 años;  $p = 0,016$ ) y hace menos tiempo desde la última intervención quirúrgica (tiempo mediano 1,8 vs. 2,7 años;  $p = 0,004$ ). Se determina

**Tabla 2** Tipos de disfunción valvular diagnosticados (n = 71)

Diagnóstico	n	%
Obstrucción del catéter de drenaje	46	84,8
Desconexión del catéter de drenaje	9	12,7
Hiperdrenaje agudo	7	9,9
Infección valvular	3	4,2
«Slit ventricle syndrome»	3	4,2
Seudoquiste abdominal	1	1,4
Acortamiento del catéter abdominal	1	1,4
Migración del catéter ventricular	1	1,4



**Figura 1** Selección de la muestra. VDVP: válvula de derivación ventriculoperitoneal; DV: disfunción valvular.

un punto de corte óptimo para diagnosticar DV de 4 años respecto a la edad y de 2 años respecto al tiempo transcurrido desde la última intervención quirúrgica.

La [tabla 3](#) muestra el estudio univariante de los factores epidemiológicos y clínicos evaluados. La [tabla 4](#) muestra los factores de riesgo independientes identificados mediante el modelo de regresión logística multivariante. Pese a no ser estadísticamente significativa la presencia de una focalidad neurológica reciente para considerarse como factor de riesgo independiente de DV, se considera clínicamente significativa, motivo por el cual se incluye en la ecuación definitiva.

En la [tabla 5](#) se muestra la escala de riesgo de DV (ERDV) que se obtiene de estos resultados. El estudio mediante curva ROC determina el punto de corte óptimo en la ERDV de 7 para discriminar los pacientes con mayor riesgo DV (área bajo la curva de 0,91; IC del 95%, 0,88-0,94). Puntuaciones de la ERDV de 7 o más puntos se asocian a un mayor riesgo

de DV (OR 34,0; IC del 95%, 15,4-74,9; S 88,3%, E 81,1%, VPP 53,4%, VPN 96,7%).

La [figura 2](#) muestra la distribución de puntuaciones en la ERDV en función de si los pacientes presentan una DV o no. Se observa que de los 115 pacientes con una puntuación en la ERDV menor o igual a 3 ninguno (0%) presentó una DV; por el contrario, de los 118 con una puntuación igual o superior a 7 puntos 63 (53,4%) presentaron una DV. El grupo con puntuaciones de 4 a 6 puntos está formado por 130 casos, de los cuales 8 (6,2%) presentaron un DV. Los intervalos citados son los considerados para determinar la actuación en Urgencias ([tabla 5](#)).

## Discusión

Los resultados del presente trabajo permiten diseñar la ERDV para niños y adolescentes de 1 a 18 años portadores

**Tabla 3** Análisis univariante de los antecedentes patológicos y factores clínico-epidemiológicos de presentación en el Servicio de Urgencias

Signos/síntomas	Grupo DV n = 71	Grupo no DV n = 292	p	OR (IC DEL 95%)	Sens	Espec	VPP	VPN
Edad mayor a 4 años	65 (91,5%)	166 (67,1%)	< 0,001	5,3 (2,2-12,7)	91,5%	32,9%	24,9%	94,1%
Tiempo desde cirugía menor o igual a 2 años	37 (52,1%)	101 (34,6%)	0,006	2,1 (1,2-12,8)	52,1%	65,8%	26,8%	84,9%
Antecedentes de retraso psicomotor	21(29,6%)	146 (50,0%)	0,002	0,42 (0,2-0,7)	29,6%	50,0%	12,5%	74,5%
Antecedentes de epilepsia	15 (21,1%)	105 (36,5%)	0,017	0,5 (0,3-0,9)	21,2%	60,0%	12,5%	77,0%
Antecedentes de DV previa	47 (66,6%)	140 (47,9%)	0,006	2,1 (1,2-3,7)	66,2%	52,1%	25,1%	86,4%
Ausencia de fiebre	68 (95,8%)	163 (55,8%)	< 0,001	17,9 (5,5-58,3)	95,8%	44,2%	29,4%	97,7%
Cefalea	52 (73,2%)	81 (27,7%)	< 0,001	7,1 (4,0-12,8)	73,2%	72,3%	39,1%	91,7%
Convulsiones	2 (2,8%)	33 (11,3%)	0,03	0,2 (0,05-0,9)	2,8%	88,7%	5,7%	78,9%
Eritema, tumefacción o secreción en trayecto del catéter	4 (5,6%)	3 (1,0%)	0,030	5,7 (1,2-26,3)	5,6%	99,0%	57,1%	81,2%
Focalidad neurológica reciente	4 (5,6)	2 (0,7%)	0,015	8,6 (1,5-48,2)	5,6%	99,3%	66,6%	81,2%
Dolor abdominal	6 (8,5%)	34 (11,6%)	0,441	0,7 (0,3-0,7)	8,4%	88,3%	15,5%	79,9%
Irritabilidad	8 (11,3%)	25 (8,6%)	0,477	1,3 (0,6-3,1)	11,3%	91,4%	24,4%	80,9%
Rigidez de nuca	2 (2,8%)	1 (0,3%)	0,099	8,4 (0,7-94,3)	2,8%	99,6%	66,6%	80,8%
Somnolencia	25 (35,2%)	11 (3,8%)	< 0,001	13,8 (6,4-30,1)	35,2%	96,2%	69,4%	85,9%
Vómitos	51 (71,8%)	101 (36,4%)	< 0,001	4,8 (2,8-8,5)	71,8%	65,4%	33,5%	90,5%

DV: Disfunción valvular; Espec: especificidad; Sens: sensibilidad; VPN: valor predictivo negativo; VPP: valor predictivo positivo.

de una VDVP, basada en 7 variables clínicas, la edad del paciente y el tiempo transcurrido desde la última intervención quirúrgica, con una puntuación máxima de 20 puntos. Puntuaciones en la ERDV iguales o superiores a 7 puntos se asocian a un riesgo de DV con un elevado VPN; esto la hace particularmente útil para discriminar los niños con bajo riesgo de presentar una DV, en los que se podría evitar la realización de exploraciones complementarias. Las variables incluidas en la ERDV definitiva son intuitivas y consistentes con la experiencia clínica. En este sentido, alteraciones en el trayecto del catéter de drenaje, como el eritema, la tumefacción o la presencia de secreción, a pesar de ser poco frecuentes tienen en la ERDV un peso elevado, ya que son síntomas muy específicos de complicaciones de la derivación, mientras que síntomas más frecuentes (como la cefalea y los vómitos) han de presentarse conjuntamente, y no de forma aislada, para implicar un mayor riesgo de DV.

Aunque la ERDV ayuda a estimar el riesgo de DV en los niños portadores de una VDVP que consultan al SU, es

imprescindible una valoración individualizada de cada caso. A la luz de los resultados obtenidos, los niños con puntuaciones igual a 3 podrían darse de alta domiciliaria tras explicar la claramente la sintomatología por la que deberían reconsultar. Los niños con puntuaciones iguales o superiores a 7 deberían ser valorados en el SU por un neurocirujano y recibir las exploraciones complementarias necesarias para investigar una posible DV (TC y/o TV y/o fondo de ojo). Se considera recomendable someter a una observación clínica en el ámbito hospitalario con un neurocirujano accesible a los niños con puntuaciones entre 4 y 6.

Los resultados del presente estudio son congruentes con los descritos en la literatura e identifican como principal causa de DV las mecánicas<sup>3-5</sup> y dentro de ellas la obstrucción del catéter de drenaje, que afecta a más del 80% de los pacientes de esta serie; todo esto hace que la ERDV descrita sea especialmente útil ante la sospecha de este tipo de complicaciones. En la ERDV la fiebre actúa como un factor protector; este fenómeno se explica por la baja proporción

**Tabla 4** Modelo de regresión logística multivariante

Variable	Coficiente B	OR (IC DEL 95%)	p
Eritema, tumefacción o secreción en el trayecto del catéter	3,9	48,1 (6,6-356,6)	<0,001
Somnolencia	3,1	22,4 (7,7-71,1)	<0,001
Rigidez de nuca	3,4	30,7 (1,1-883,5)	0,046
Cefalea	1,8	6,1 (2,6-14,2)	<0,001
Ausencia de fiebre	1,8	6,2 (1,6-24,8)	0,010
Edad mayor a 4 años	1,9	7,0 (1,9-26,5)	0,004
Vómitos	1,6	4,1 (2,3-11,3)	<0,001
Focalidad neurológica reciente	1,4	4,1 (0,2-104,6)	0,388
Tiempo desde última intervención quirúrgica menor o igual a 2 años	1,0	2,8 (1,3-5,9)	0,009

IC del 95%: intervalo de confianza del 95%; OR: odds ratio.

El poder predictivo de este modelo valorado con el área bajo la curva ROC fue 0,92 (IC del 95% = 0,89-0,94).



**Tabla 5** Escala de riesgo de disfunción valvular para niños y adolescentes de 1 a 18 años portadores de una válvula ventriculoperitoneal

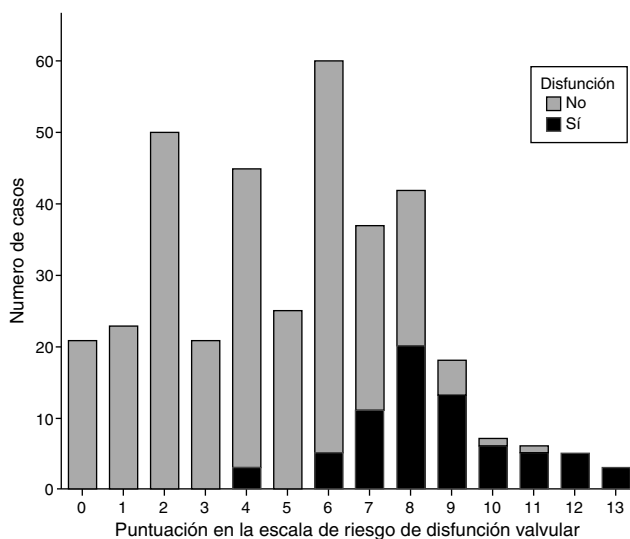
Variable	Puntuación
Eritema, tumefacción o secreción en el trayecto del catéter	4
Somnolencia	3
Rigidez de nuca	3
Cefalea	2
Ausencia de fiebre	2
Edad mayor a 4 años	2
Vómitos	2
Tiempo desde última intervención quirúrgica menor o igual a 2 años	1
Focalidad neurológica reciente	1

Puntuación  $\geq 7$ : alto riesgo de disfunción valvular. Realizar exploraciones complementarias apropiadas para investigarla (tomografía, trayecto, fondo de ojo...).

Puntuación 4-6: valoración individualizada del caso. Observación hospitalaria con neurocirujano accesible.

Puntuación 0-3: alta domiciliaria con normas de observación.

de niños con infección del sistema valvular (que solo aparece en 3 niños de la serie), ya que la gran mayoría de los niños con fiebre tienen un diagnóstico alternativo al de DV. A pesar de esto, es necesario tener en cuenta que la presencia de un síndrome febril sin foco en un niño al que se ha colocado o revisado una VDVP en los últimos 3 meses obliga a descartar una infección valvular<sup>3,4</sup>. También es importante tener en cuenta que la ERDV ha sido diseñada para valorar el riesgo de DV en niños mayores de un año y portadores de una VDVP, de forma que no debería usarse para estimar el riesgo en los lactantes y en los niños portadores de otro tipo de derivaciones de LCR. Otra de las limitaciones presente trabajo viene determinada por la baja prevalencia de la DV; este hecho provoca que no existan suficientes casos para realizar un estudio validación de la ERDV, estudio que podría realizarse en futuras investigaciones.



**Figura 2** Distribución de la puntuación en la escala de riesgo de disfunción valvular en función del diagnóstico.

Para finalizar, debemos comentar que la utilización de escalas de valoración del riesgo de DV, como la ERDV, puede ayudar a mejorar la indicación de las pruebas complementarias que reciben los niños portadores de una VDVP, cosa que reduciría el gasto sanitario y disminuiría la radiación a la que son sometidos estos pacientes.

## Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

## Bibliografía

- Sainte-Rose C, Piatt JH, Renier D, Pierre-Kahn A, Hirsch JF, Hoffman HJ, et al. Mechanical complications in shunts. *Pediatr Neurosurg*. 1991-1992;17:2-9.
- Madikians A, Conway EE Jr. Cerebrospinal fluid shunt problems in pediatric patients. *Pediatr Ann*. 1997;26:613-20.
- McGirt MJ, Leveque JC, Wellons JC 3rd, Villavicencio AT, Hopkins JS, Fuchs HE, et al. Cerebrospinal fluid shunt survival and etiology of failures: A seven-year institutional experience. *Pediatr Neurosurg*. 2002;36:248-55.
- Chumas P, Tyagi A, Livingston J. Hydrocephalus-what's new. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed*. 2001;85:F149-54.
- Vernet O, Rilliet B. Late complications of ventriculoatrial or ventriculoperitoneal shunts. *Lancet*. 2001;358:1569-70.
- Drake JM, Kestle JR, Milner R, Cinalli G, Boop F, Piatt J Jr, et al. Randomized trial of cerebrospinal fluid shunt valve design in pediatric hydrocephalus. *Neurosurgery*. 1998;43:294-303.
- Topczewska-Lach E, Lenkiewicz T, Olański W, Zaborska A. Quality of life and psychomotor development after surgical treatment of hydrocephalus. *Eur J Pediatr Surg*. 2005;15:2-5.
- Casey AT, Kimmings EJ, Kleinlugtebeld AD, Taylor WA, Harkness WF, Hayward RD. The long-term outlook for hydrocephalus in childhood. A ten-year cohort study of 155 patients. *Pediatr Neurosurg*. 1997;27:63-70.
- Kang JK, Lee IW. Long-term follow-up of shunting therapy. *Childs Nerv Syst*. 1999;15:711-7.
- Piatt JH Jr, Garton HJ. Clinical diagnosis of ventriculoperitoneal shunt failure among children with hydrocephalus. *Pediatr Emerg Care*. 2008;4:201-10.
- Kim TY, Stewart G, Voth M, Moynihan JA, Brown L. Signs and symptoms of cerebrospinal fluid shunt malfunction in the paediatric emergency department. *Pediatr Emerg Care*. 2006;22:28-34.
- Muñoz-Santanach D, Trenchs-Sainz de la Maza V, Curcoy-Barcenilla AI, Navarro R, Luaces-Cubells C, Pou-Fernández J. Diagnóstico de disfunción valvular en la edad pediátrica: valor predictivo de los síntomas y signos clínicos. *Rev Neurol*. 2009;49:467-71.
- Garton HJ, Kestle JR, Drake JM. Predicting shunt failure on the basis of clinical symptoms and signs in children. *J Neurosurg*. 2001;94:202-10.
- Barnes NP, Jones SJ, Hayward RD, Harkness WJ, Thompson D. Ventriculoperitoneal shunt block: what are the best predictive clinical indicators? *Arch Dis Child*. 2002;87:198-201.
- Lee TT, Uribe J, Ragheb J, Morrison G, Jagid JR. Unique clinical presentation of pediatric shunt malfunction. *Pediatr Neurosurg*. 1999;30:122-6.
- Pitetti R. Emergency department evaluation of ventricular shunt malfunction. Is the shunt series really necessary? *Pediatr Emerg Care*. 2007;3:137-41.
- Zorc JJ, Krugman SD, Ogborn J, Benson J. Radiographic evaluation for suspected cerebrospinal fluid shunt obstruction. *Pediatr Emerg Care*. 2002;18:337-40.

18. Mater A, Shroff M, Al-Farsi S, Drake J, Goldman RD. Test characteristics of neuroimaging in the emergency department evaluation of children for cerebrospinal fluid shunt malfunction. *CJEM*. 2008;10:131–5.
19. Winston KR, Lopez JA, Freeman J. CSF shunt failure with stable normal ventricular size. *Pediatr Neurosurg*. 2006;42:151–5.
20. Bance M, Guha A. Radiation-induced malignant tumors after stereotactic radiosurgery. *Otol Neurotol*. 2001;22:124–5.
21. Berrington de Gonzalez A, Darby S. Risk of cancer from diagnostic X-rays: Estimates for the UK and 14 other countries. *Lancet*. 2004;363:345–51.
22. Boone JM, Geraghty EM, Seibert JA, Wootton-Gorges S. Dose reduction in pediatric CT: A rational approach. *Radiology*. 2003;228:352–60.
23. Frush DP. Introduction: The role of the pediatric radiologist in dose reduction. *Pediatr Radiol*. 2002;32:285–6.
24. Khursheed A, Hillier MC, Shrimpton PC, Wall BF. Influence of patient age on normalized effective doses calculated for CT examinations. *Br J Radiol*. 2002;75:819–30.
25. Morgan HT. Dose reduction for CT pediatric imaging. *Pediatr Radiol*. 2002;32:724–8.
26. Vila Pérez D, Muñoz-Santanach D, Trenchs Sainz de la Maza V, Badosa Pages J, Luaces Cubells C, Pou Fernández J. Irradiación en portadores de válvula de derivación de líquido cefalorraquídeo. Seguimiento a los 2 años. *An Pediatr (Barc)*. 2012;77:111–4.
27. Smyth MD, Narayan P, Tubbs RS, Leonard JR, Park TS, Loukas M, et al. Cumulative diagnostic radiation exposure in children with ventriculoperitoneal shunts: A review. *Childs Nerv Syst*. 2008;24:493–7.