

Ventriculomegalia cerebral: reproducibilidad y rendimiento diagnóstico del índice de Evans con un estándar de referencia visual

Clara de Arriba Heras¹, Juana María Plasencia Martínez², Carmen Trejo Gallego², Carmen Jiménez Leciñena¹, Irene Sánchez Serrano², Carlos Vázquez Olmos², Silvia Torres del Río², José M^a García Santos²

¹Universidad de Murcia, Murcia; ²Hospital General Universitario JM Morales Meseguer, Murcia.

Ventriculomegalia cerebral: reproducibilidad y rendimiento diagnóstico del índice de Evans con un estándar de referencia visual

Los ventrículos cerebrales pueden aumentar de tamaño en ciertas patologías como las enfermedades neurodegenerativas o la hidrocefalia. El marcador radiológico más conocido y utilizado para cuantificar la ventriculomegalia cerebral es el **índice de Evans (IE)**¹ (figura 1). Se considera que existe dilatación cuando su valores son superiores o iguales a 0,30. Recientemente, se ha puesto en duda su reproducibilidad², y algunos autores han propuesto aumentar el umbral diagnóstico a 0,32-0,33^{3,4}.

En la práctica, los marcadores de dilatación como el IE solo se aplican en aquellos casos en los que el radiólogo sospecha que puede existir un aumento del tamaño ventricular. Es decir, la impresión visual del radiólogo es la primera línea diagnóstica de la ventriculomegalia, y por ello es necesario conocer su reproducibilidad y su rendimiento diagnóstico.

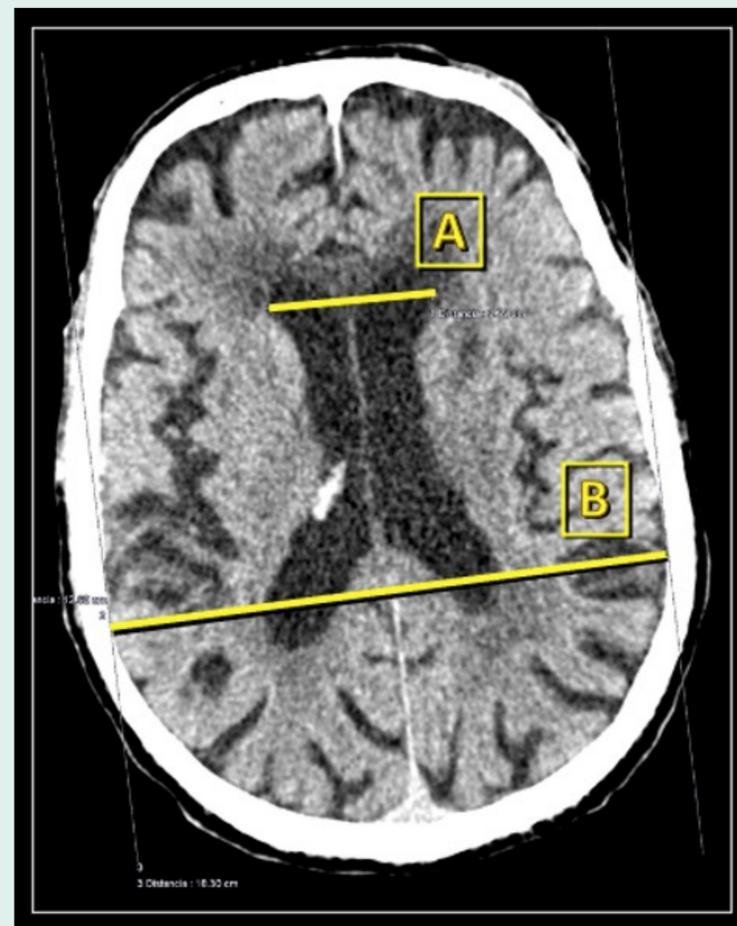


Figura 1. El índice de Evans. Cociente del diámetro mayor de las astas frontales (A) por el diámetro mayor interno del cráneo (B) en el mismo plano axial.

Objetivos:

1. Estudiar si la **reproducibilidad del IE** depende de la experiencia del operador y/o de la posición de la cabeza del paciente durante la exploración.
2. Comprobar la **reproducibilidad de la valoración visual del tamaño ventricular** efectuada por radiólogos expertos.
3. Crear un **estándar de referencia visual (ERV)** basado en las opiniones de radiólogos expertos para valorar la ventriculomegalia cerebral, y analizar el **rendimiento diagnóstico del IE** según el mismo.

Ventriculomegalia cerebral: reproducibilidad y rendimiento diagnóstico del índice de Evans con un estándar de referencia visual

Material y método:

Este trabajo ha sido aprobado por el Comité de Ética de Investigación Clínica local.

Cuatro observadores con diferentes grados de experiencia (dos estudiantes de Medicina, una residente y un radiólogo) calcularon el IE en 32 TC craneales consecutivas, tanto en las imágenes originales como en las reconstruidas en el plano caloso axial (figura 2). Analizamos las concordancias con el coeficiente de correlación intraclase y el método gráfico de Bland-Altman.

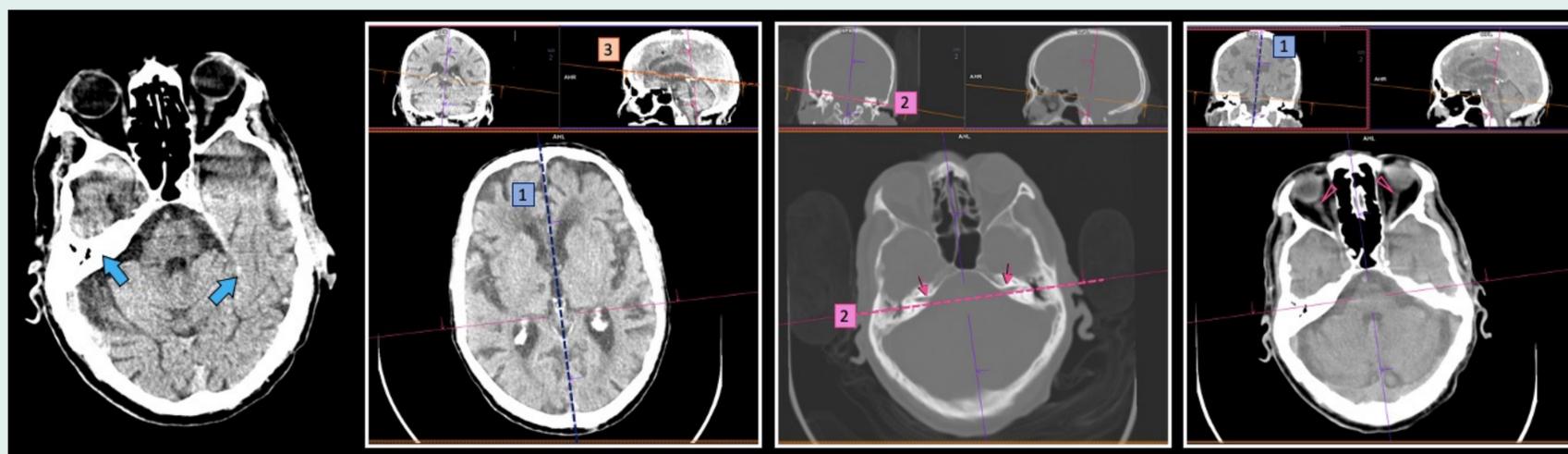


Figura 2: Reconstrucción axial de las imágenes. La imagen superior izquierda muestra el estudio original en el que los peñascos del temporal (flecha azul) se visualizan de forma asimétrica. El resto de las imágenes muestran cómo se efectuaron las reconstrucciones en el plano caloso axial, alineando los planos sagital, coronal y axial con la hoz del cerebro (1), los conductos auditivos internos (flechas rosas, 2), y la rodilla y esplenio del cuerpo caloso (3), respectivamente. La simetría de los nervios ópticos saliendo del globo ocular (cabezas de flecha rosas) es otra referencia anatómica que permite comprobar que el estudio ha sido reconstruido adecuadamente.

Posteriormente, un operador midió el IE en 106 pacientes, y cuatro neurorradiólogos (A, B, C, D) con diferentes años de experiencia profesional (30, 17, 13 y 1, respectivamente) determinaron subjetivamente en dos ocasiones si existía (+1) o no (+0) dilatación ventricular. Las concordancias entre ellos se analizaron con la kappa de Cohen, y se estudió también su reproducibilidad en aquellos estudios con un IE entre 0,28 y 0,32. Para establecer un ERV, sumamos las puntuaciones de los radiólogos (de 0 a 8 puntos), y analizamos el rendimiento diagnóstico del IE tomando como puntos de corte las puntuaciones ≤ 2 (normal) y ≥ 6 (dilatado). Además, para aquellos radiólogos con una concordancia intraobservador muy alta, pero interobservador moderada o débil, estableceríamos su ERV individual (de 0 a 2 puntos).

El análisis estadístico se hizo con el programa SPSS 22.0 (IMB, Armonk, NY, USA) y con Medcalc (versión 12.7.0.0).

0	1	2	3	4	5	6	7	8
NO DILATADO		PROBABLE NO DILATADO	RANGO DE INCERTIDUMBRE			PROBABLE DILATADO	DILATADO	

Figura 3. Estándar de referencia visual de dilatación ventricular según las puntuaciones otorgadas en las dos lecturas de cuatro radiólogos.

Ventriculomegalia cerebral: reproducibilidad y rendimiento diagnóstico del índice de Evans con un estándar de referencia visual

Resultados:

1. Reproducibilidad del IE (tabla 1, figura 4). El grado de acuerdo fue excelente en todos los casos, con una diferencia media máxima de -0,011.

Tabla 1: Concordancia intraobservador e interobservador del índice de Evans.

Estudiante 1	CCI	IC 95%	DM (Bland-Altman)	IC 95%
IE1 - IE2	0,9847	0,9526 a 0,9937	-0,004	0,010 a -0,018
IE1 - IER1	0,9755	0,8362 a 0,9921	-0,007	0,008 a -0,022
Estudiante 2				
IE1 - IE2	0,9654	0,9307 a 0,9829	-0,003	0,021 a -0,026
IE1 - IER1	0,9634	0,8317 a 0,9870	-0,008	0,011 a -0,027
Est1 - Est2				
IE1 - IE1	0,9750	0,9460 a 0,9881	0,004	0,015 a -0,023
IER1 - IER1	0,9898	0,9730 a 0,9956	0,003	0,015 a -0,008
IER1 - IE1	0,9453	0,6275 a 0,9828	-0,011	0,010 a 0,032
Est1 - Radiólogo experto				
IE1 - IE3	0,9911	0,9810 a 0,9958	-0,002	0,010 a -0,014
Est1 - Residente				
IER1 - IE4	0,9574	0,9157 to 0,9787	-0,006	0,018 a -0,030

Est1, Est2: Estudiantes 1 y 2. IE1, IE2: medidas del índice de Evans (IE) de las estudiantes sobre el estudio original. IER1: medidas del IE de las estudiantes sobre el estudio reconstruido. IE3: medidas del IE del radiólogo sobre el estudio original. IE4: medidas del IE de la residente sobre el estudio reconstruido. CCI: coeficiente de correlación intraclass. DM: diferencia media.

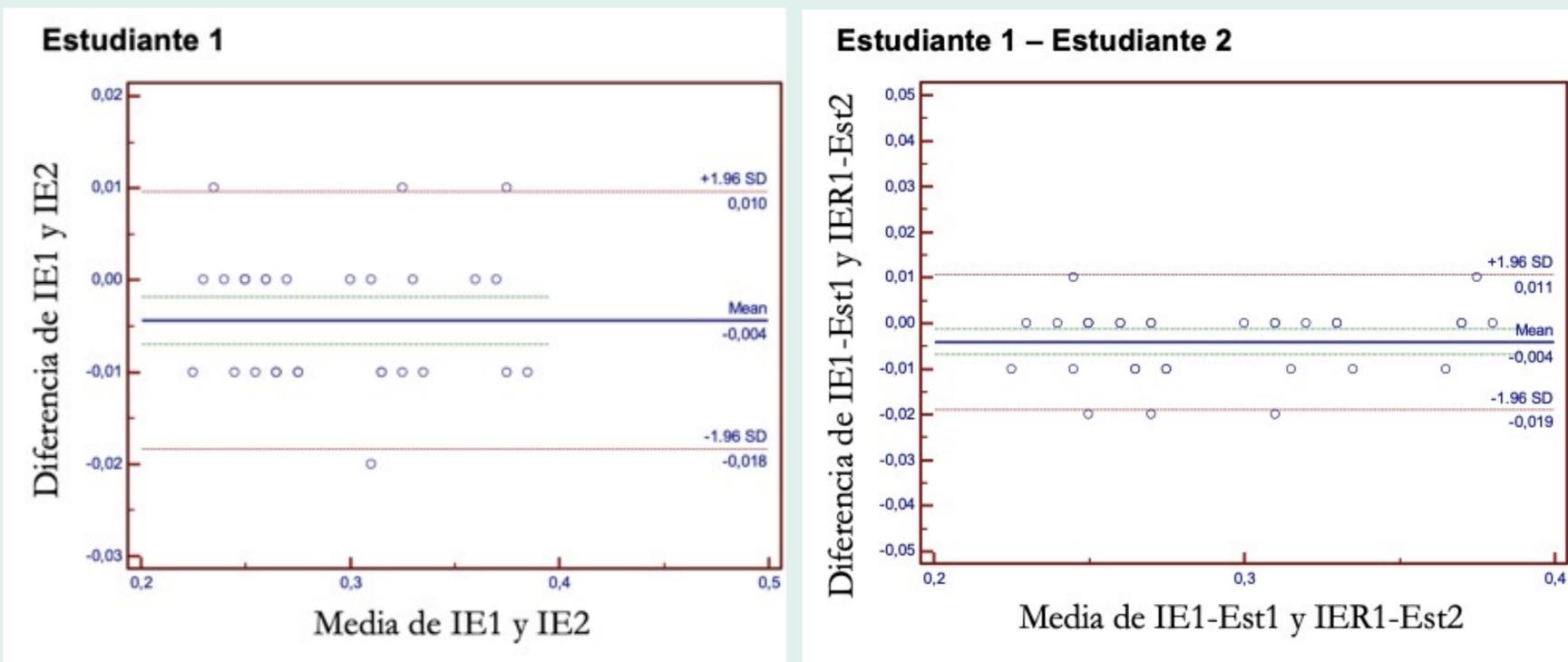


Figura 4. Gráficos de Bland-Altman de la concordancia intraobservador e interobservador de valores del índice de Evans (IE) medidos por las estudiantes (Est1, Est2). IE1, IE2: medidas del IE sobre el estudio original. IER1: medidas sobre el estudio reconstruido.

Ventriculomegalia cerebral: reproducibilidad y rendimiento diagnóstico del índice de Evans con un estándar de referencia visual

Resultados:

2. Reproducibilidad de la valoración visual de los radiólogos (tabla 2). La concordancia intraobservador de los radiólogos fue excelente ($Kappa > 0,75$), y mejor a más años de experiencia profesional (radiólogo A > B > C > D). La concordancia interobservador fue moderada, y peor en los casos con un IE entre 0,28 y 0,32 ($Kappa < 0,40$ en 14 de las 24 comparaciones realizadas).

Tabla 2: Concordancia de la valoración visual de los radiólogos en la muestra total de 106 pacientes (izquierda) y en la muestra de pacientes con un índice de Evans (IE) entre 0,28-0,32 (derecha).

Muestra total (N = 106)				Muestra de IE = 0,28-0,32 (N=28)				
	Kappa	IC 95%		Kappa	IC 95%		Kappa	IC 95%
A1-A2	0,897	0,809 a 0,985	C1-C2	0,854	0,759 a 0,949	A1-A2	0,854	0,659 a 1,049
B1-B2	0,869	0,778 a 0,961	D1-D2	0,775	0,660 a 0,890	B1-B2	0,708	0,319 a 1,098
A1-B1	0,601	0,465 a 0,737	B1-C1	0,797	0,686 a 0,908	A1-B1	0,222	-0,11 a 0,555
A1-B2	0,634	0,499 a 0,768	B1-C2	0,747	0,628 a 0,865	A1-B2	0,222	-0,11 a 0,555
A1-C1	0,701	0,572 a 0,830	B1-D1	0,728	0,605 a 0,850	A1-C1	0,222	-0,11 a 0,555
A1-C2	0,787	0,670 a 0,904	B1-D2	0,577	0,443 to 0,711	A1-C2	0,388	0,059 a 0,718
A1-D1	0,692	0,556 a 0,828	B2-C1	0,871	0,780 a 0,962	A1-D1	0,28	-0,051 a 0,612
A1-D2	0,898	0,811 a 0,985	B2-C2	0,782	0,670 a 0,894	A1-D2	0,857	0,666 a 1,048
A2-B1	0,544	0,410 a 0,679	B2-D1	0,800	0,691 a 0,908	A2-B1	0,222	-0,11 a 0,555
A2-B2	0,574	0,440 a 0,709	B2-D2	0,608	0,475 a 0,741	A2-B2	0,222	-0,11 a 0,555
A2-C1	0,637	0,505 a 0,769	C1-D1	0,872	0,782 a 0,962	A2-C1	0,222	-0,11 a 0,555
A2-C2	0,716	0,589 a 0,844	C1-D2	0,673	0,544 a 0,802	A2-C2	0,388	0,059 a 0,718
A2-D1	0,737	0,615 a 0,859	C2-D1	0,852	0,755 a 0,949	A2-D1	0,28	-0,051 a 0,612
A2-D2	0,940	0,874 a 1,000	C2-D2	0,717	0,590 a 0,845	A2-D2	0,857	0,666 a 1,048
						B1-C1	0,708	0,319 a 1,098
						B1-C2	0,521	0,14 a 0,901
						B1-D1	0,604	0,18 a 1,027
						B1-D2	0,286	-0,069 a 0,641
						B2-C1	1	1 a 1
						B2-C2	0,521	0,14 a 0,901
						B2-D1	0,868	0,614 a 1,122
						B2-D2	0,286	-0,069 a 0,641
						C1-D1	0,868	0,614 a 1,122
						C1-D2	0,286	-0,069 a 0,641
						C2-D1	0,629	0,293 a 0,966
						C2-D2	0,357	0,011 a 0,703

Los neurorradiólogos A, B, C y D, con 30, 17, 13 y 1 años de experiencia profesional respectivamente, revisaron dos veces (1,2) los 106 estudios de la muestra, clasificándolos como dilatado (1 punto) o no dilatado (0 puntos). Se muestran los datos del índice Kappa y su intervalo de confianza al 95% (IC 95%).

Ventriculomegalia cerebral: reproducibilidad y rendimiento diagnóstico del índice de Evans con un estándar de referencia visual

Resultados:

3. Rendimiento diagnóstico del IE según el ERV (tabla 3). El mejor rendimiento para la normalidad correspondió al $IE \leq 0,28$, y para la dilatación $\geq 0,31$. Las medidas del IE entre 0,29-0,3 se asocian a una valoración visual no concluyente.

Tabla 3: Rendimiento diagnóstico del índice de Evans (IE) según el estándar de referencia visual (ERV)

	0	1	2	3	4	5	6	7	8
	NO DILATADO		PROBABLE NO DILATADO	RANGO DE INCERTIDUMBRE			PROBABLE DILATADO	DILATADO	
IE			≤ 2 puntos				≥ 7 puntos*		
			$\leq 0,28$				$\geq 0,31$		
S (IC 95%)			92,59 (82,1 - 97,9)				91,89 (78,1 - 98,3)		
E (IC 95%)			98,08 (89,7 - 100,0)				89,86 (80,2 - 95,8)		
CP+ (IC 95%)			48,15 (6,9 - 335,9)				9,06 (4,5 - 18,4)		
CP- (IC 95%)			0,076 (0,03 - 0,2)				0,090 (0,03 - 0,3)		
ABC (IC 95%)			0,968 (0,914 - 0,992)				0,961 (0,904 - 0,989)		

IE: índice de Evans. S: sensibilidad. E: especificidad. CP+: cociente de probabilidad positivo. CP-: cociente de probabilidad negativo. ABC: área bajo la curva. IC 95%: intervalo de confianza al 95%.

*Dado que no había estudios con una puntuación igual a 6, se estableció el estándar de referencia visual de dilatación con una puntuación ≥ 7 .

Para los radiólogos A y B, que habían tenido las mejores concordancias intraobservador y las peores concordancias interobservador, establecimos sus estándares de referencia visual individuales. Cada radiólogo tenía criterios de dilatación diferentes, y sensibilidades y especificidades distintas para los puntos de corte establecidos previamente (tabla 4).

Tabla 4: Rendimiento diagnóstico de los radiólogos A y B

	Radiólogo A		Radiólogo B
<i>ERV individual</i>	0 puntos = no dilatado	IE $\leq 0,29$	IE $\leq 0,26$
	2 puntos = dilatado	IE $\geq 0,3$	IE $\geq 0,29$
<i>Puntos de corte del IE establecidos según el ERV global</i>	IE $\leq 0,28$	S = 90%; E = 84,85%	S = 73,02%; E = 100%
	IE $\geq 0,31$	S = 80%; E = 91,55%	S = 59,65%; E = 100%

ERV: Estándar de referencia visual. IE: índice de Evans. S: sensibilidad. E: especificidad.

Ventriculomegalia cerebral: reproducibilidad y rendimiento diagnóstico del índice de Evans con un estándar de referencia visual

Discusión

En lo referente a la **reproducibilidad del IE**, los resultados de este trabajo refuerzan los de estudios previos: su reproducibilidad es de buena a excelente^{3,4} y además no varía con la experiencia del operador^{4,5}, aunque también hay discrepancias en la literatura². Con el análisis por el método de Bland-Altman se pone de manifiesto que puede haber una diferencia media entre dos observaciones de -0,011 que podría afectar a las medidas próximas al umbral diagnóstico, debiendo interpretarlas con precaución. Por otro lado, a pesar de que un estudio previo encontró diferencias significativas al hacer las medidas del IE en diferentes planos en pacientes con hidrocefalia normotensiva (HNT)², las pequeñas variaciones en la angulación de la cabeza debidas a la posición del paciente en el *gantry* del TC no afectan a su reproducibilidad, de modo que no es necesario reconstruir los estudios para valorar el IE.

Respecto a la **valoración visual de la ventriculomegalia**, la concordancia intraobservador es excelente, y mejor en aquellos neurorradiólogos con más años de experiencia profesional, un hallazgo similar a los del estudio de Reinard et al⁵. La concordancia interobservador, sin embargo, es moderada y peor en aquellos estudios con un IE en el límite de la normalidad. Estos datos, unidos al análisis del rendimiento diagnóstico individual de los radiólogos A y B, ponen de manifiesto la subjetividad de esta valoración. Precisamente por eso, para *“describir con mayor precisión el grado de dilatación ventricular y definir con cierta precisión (...) los límites normales del tamaño ventricular”*¹, William A. Evans definiría su índice en 1942 y establecería la existencia de dilatación ventricular con valores superiores o iguales a 0,30.

A pesar de la gran cantidad de medidas que se han descrito desde entonces^{6,7} y de los software de reconstrucción volumétrica^{2,3}, el IE sigue siendo un marcador de primera línea para valorar el tamaño ventricular, probablemente por ser una medida sencilla y muy reproducible, tal y como han demostrado nuestros resultados. Sin embargo, existen discrepancias en la literatura acerca de si el umbral de 0,30 es el adecuado⁸, o si se debería aumentar a 0,32-0,33 con el fin de mejorar su especificidad diagnóstica^{3,4}. Nuestros datos sugieren que esto último no sería eficaz ya que, además del incremento de falsos negativos, **el radiólogo no parece tener problemas para reconocer ventrículos anormalmente dilatados**—un IE mayor o igual a 0,31 se relaciona con que en al menos 7 de 8 evaluaciones se va a informar como dilatado, con alta sensibilidad y especificidad—.

El análisis del rendimiento diagnóstico del IE con el ERV de los neurorradiólogos de nuestro centro nos ha permitido **establecer dos umbrales para valorar el tamaño ventricular (normalidad: $\leq 0,28$, dilatación: $\geq 0,31$) y un rango de incertidumbre de 0,29 a 0,30**. Dado que los marcadores de dilatación ventricular como el IE solo se aplican cuando el radiólogo tiene una sospecha diagnóstica previa, la valoración visual inicial en la lectura sistemática de la TC craneal cobra una gran importancia en el diagnóstico de la ventriculomegalia. Es por ello que creemos que podría ser útil que cada Servicio de Radiología estableciese su propio rango de incertidumbre según sus ERV cuando vaya a utilizar el IE como un biomarcador.



Ventriculomegalia cerebral: reproducibilidad y rendimiento diagnóstico del índice de Evans con un estándar de referencia visual

Conclusiones:

1. La reproducibilidad del IE **no depende de la experiencia del operador ni varía con la posición de la cabeza del paciente** durante la exploración, por lo que no es necesario efectuar reconstrucciones para su medida. Sin embargo, a pesar de su excelente reproducibilidad, los valores del IE en el límite de la normalidad se deben interpretar con precaución ya que puede haber pequeñas variaciones en la medida.
2. La **valoración visual** de la dilatación ventricular **es heterogénea entre distintos operadores** y peor en aquellos pacientes que tienen un IE en el límite de la normalidad (0,28-0,32). La concordancia intraobservador es mejor cuantos más años de experiencia tiene el neurorradiólogo.
3. Un valor del IE **menor o igual a 0,28** se relaciona con un alto consenso de “normalidad ventricular” entre neurorradiólogos expertos, mientras que un IE **mayor o igual a 0,31** se relaciona con una impresión subjetiva de “dilatación”. **Utilizar estos dos umbrales del IE puede ser mejor para valorar la dilatación ventricular, con un rango de incertidumbre para 0,29-0,30.** Por otro lado, al considerar un estándar de referencia visual individual se comprueba que el **criterio de dilatación es subjetivo** y diferente para dos neurorradiólogos distintos.

Bibliografía

1. William A. Evans. An encephalographic ratio for estimating ventricular enlargement and cerebral atrophy. Arch Neurol Psychiatry. 1942;47(6):931–7.
2. Toma AK, Holl E, Kitchen ND, et al. Evans' index revisited: The need for an alternative in normal pressure hydrocephalus. Neurosurgery. 2011;68(4):939–44.
3. Ambarki K, Israelsson H, Wåhlin A, et al. Brain ventricular size in healthy elderly: Comparison between Evans' index and volume measurement. Neurosurgery. 2010;67(1):94
4. Miskin N, Patel H, Franceschi AM, et al. Diagnosis of normal-pressure hydrocephalus: Use of traditional measures in the era of volumetric MR imaging. Radiology. 2017; 285 (1):197–205.
5. Reinard K, Basheer A, Phillips S, et al. Simple and reproducible linear measurements to determine ventricular enlargement in adults. Surg Neurol Int. 2015;6(1).
6. He W, Fang X, Wang X, et al. A new index for assessing cerebral ventricular volume in idiopathic normal-pressure hydrocephalus: a comparison with Evans' index. Neuroradiology. 2020;62(6):661–7.
7. O'Hayon BB, Drake JM, Ossip MG, et al. Frontal and occipital horn ratio: A linear estimate of ventricular size for multiple imaging modalities in pediatric hydrocephalus. Pediatr Neurosurg. 1998;29(5):245–9.
8. Missori P, Rughetti A, Peschillo S, et al. In normal aging ventricular system never attains pathological values of evans' index. Oncotarget. 2016;7(11):11860–3.