

NEUROECOGRAFÍA EN EL PACIENTE CRÍTICO PEDIÁTRICO

Alicia Mirás Veiga. UCIP Hospital Universitario de Burgos.

Raúl Montero Yéboles. UCIP Hospital Virgen de la Salud, Toledo.

Juan Valencia Ramos. UCI Pediátrica HUBU, Hospital Santos Reyes.

Revisado: Jorge Rodríguez Ozcoidi. Complejo Hospitalario de Navarra. Pamplona

INDICE

1. Doppler transcraneal
2. Medición ecográfica del sistema ventricular
3. Ecografía de la vaina del nervio óptico.

DOPPLER TRANSCRANEAL

Alicia Mirás Veiga. UCIP Hospital Universitario de Burgos.

INTRODUCCIÓN

El doppler transcraneal (DTC) permite la monitorización no invasiva del flujo sanguíneo cerebral (FSC), mediante la medición de la velocidad del flujo sanguíneo a través del vaso insonado^{1,2}. Es una técnica que ofrece ventajas de ser no invasiva, ni ionizante, costo-efectiva y realizable a la cabecera del paciente. Las principales entidades clínicas en las que se utiliza el DTC son la hemorragia subaracnoidea³, isquemia cerebral y aterosclerosis intracraneal^{4,5}, muerte encefálica⁶⁻⁸, traumatismo craneo-encefálico (TCE)^{9,10} e hipertensión intracraneal (HTIC)¹¹. En una UCI pediátrica la monitorización del paciente neurocrítico es la aplicación más importante del DTC, centrándose en la evaluación de la presión intracraneal e hidrocefalia¹², y de la encefalopatía hipóxico-isquémica¹² permitiendo confirmar el cese del flujo sanguíneo cerebral en el contexto de muerte encefálica.

PARÁMETROS

La velocidad media (VM) se calcula automáticamente a partir de la VSP (velocidad sistólica pico) y la VDF (velocidad diastólica final): $VM = VSP + (VDF \times 2) / 3$. La VM se artefacta por diferentes mecanismos fisiológicos pues aumenta con las elevaciones de la pCO₂, de la presión arterial media (PAM) y con el descenso del hematocrito; y a la inversa. De ahí lo importante de tener en cuenta esos tres parámetros cada vez que se mida la VM al realizar un DTC. Así mismo, los valores de velocidad pueden estar artefactados por la angulación. De ahí la utilidad de los índices de Resistencia (IR) y de Pulsatilidad (IP), ya que ambos minimizan el efecto de la misma¹³. El IR se define como la $VSP - VDF / VSP$. El valor normal del IR depende de la edad, siendo mayor en el niño prematuro (0,77) y descendiendo gradualmente en el neonato a término (0,65-0,75), llegando a valores similares a los del adulto en torno a los dos años de edad (normal: <0,75). El IP indica la dificultad que encuentra el flujo sanguíneo para avanzar a través del cráneo y por lo tanto, permite hacer una estimación de la PIC (presión intracraneal). El IP es igual a la $VSP - VDF / VM$. En neonatos de hasta 10 días de vida el IP puede ser de 1,1 a 1,4; a partir de esa edad desciende progresivamente el IP, considerándose patológicos IP superiores a 1,2. En las tablas 1 y 2 se recogen los valores de Velocidad normales en función de la edad en las arterias de base de cráneo.



TABLA 1. Velocidades en función de la edad (cm/s).

EDAD	ACM			ACA		
	VSP	VDF	VM	VSP	VDF	VM
0-10 días	46±10	12±7	24±7	35±8	10±6	19±6
10-90 días	75±15	24±8	42±10	58±15	19±9	33±11
3 meses- 1 año	114±20	46±9	74±14	77±15	33±7	50±11
1-3 años	124±10	65±11	85±10	81±19	40±11	55±13
3-6 años	147±17	65±9	94±10	104±22	48±9	71±15
6-10 años	143±13	72±9	97±9	100±20	51±10	65±13
10-18 años	129±17	60±8	81±11	92±19	46±11	56±14

ACM: arteria cerebral media. ACA: arteria cerebral anterior. VSP: velocidad sistólica pico. VDF: velocidad diastólica final. VM: velocidad media.

TABLA 2. Velocidades en función de la edad (cm/s).

EDAD	AB			ACP1			ACP2		
	VSP	VDF	VM	VPS	VDF	VM	VPS	VDF	VM
1-3 años	71±6	36±6	50±12	67±18	36±13	50±17	69±9	35±7	50±12
3-6 años	88±9	41±5	58±6	84±20	40±12	56±13	81±16	35±9	48±11
6-10 años	85±17	44±8	58±9	82±11	42±7	57±9	75±10	38±9	51±9
10-18 años	68±11	36±7	46±8	75±16	39±8	50±10	65±10	33±7	45±9

AB: arteria basilar. ACP1: rama precomunicante de la arteria cerebral posterior. ACP2: rama postcomunicante de la arteria cerebral posterior. VSP: velocidad sistólico pico. VDF: velocidad diastólica final. VM: velocidad media.

TÉCNICA

Aparato y sondas

En sus inicios para la realización del DTC se empleaban equipos de Doppler ciego; sin embargo en la actualidad le ha ganado terreno el Dúplex transcraneal codificado en color, que no es más que la posibilidad de realizar DTC con un ecógrafo convencional equipado con software transcraneal. El Dúplex permite obtener una imagen bidimensional en tiempo real y, por lo tanto, identificar visualmente los vasos sanguíneos que se van a insonar (Figura 1). Otra de las ventajas que ofrece es el poder corregir el ángulo de insonación, determinante en el cálculo de la velocidad. Para que el ultrasonido sea capaz de atravesar el cráneo, en adultos se emplean sondas con una baja frecuencia de emisión (2 MHz); pero en pediatría, dado el menor grosor craneal, se pueden emplear sondas de mayor frecuencia (5-8 MHz).



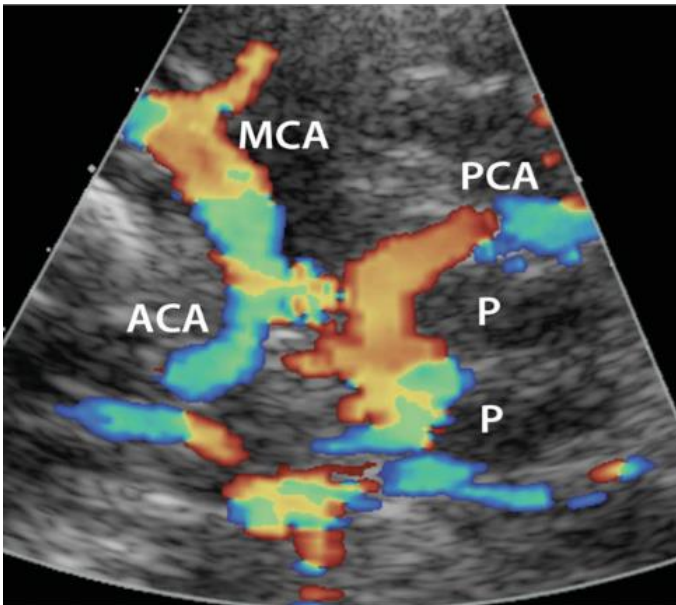


Fig. 3. Imagen del Polígono de Willis a través de la Ventana Transtemporal¹².

MCA: Arteria Cerebral Media.

ACA: Arteria Cerebral Anterior.

PCA: Arteria Cerebral Posterior.

P: Pedúnculos cerebrales.

Ventanas

Las ventanas empleadas para realizar DTC son regiones del cráneo en las que el hueso es lo suficientemente fino como para permitir el paso del ultrasonido, las cuatro más empleadas son la transtemporal, orbitaria, suboccipital y submandibular. En el niño neurocrítico la ventana más empleada es la transtemporal, al permitir evaluar la Arteria cerebral media (ACM) y así obtener información global sobre el flujo sanguíneo cerebral (FSC). La *ventana orbitaria* permite explorar la arteria oftálmica y el sifón carotídeo. Y la *ventana suboccipital* permite el acceso a la arteria vertebral y basilar.

Ventana transtemporal: se coloca el transductor inmediatamente por encima del arco zigomático y por delante y ligeramente superior al trago auricular, orientando la sonda ligeramente hacia arriba y hacia anterior, con la marca dirigida hacia el ojo del paciente. La profundidad a la que encontraremos el flujo de los vasos dependerá de la edad del niño (Tabla 3). La señal roja (flujo hacia la sonda) que encontramos a una profundidad entre 25-50 mm, representa la ACM ipsilateral, que servirá de referencia para localizar el resto. Siguiendo el trayecto de la ACM, a mayor profundidad se encuentra un flujo bidireccional (rojo y azul) que corresponde a la bifurcación de la Arteria carótida intracraneal (ACI) en ACM y Arteria cerebral anterior (ACA). Si en este momento se dirige el transductor hacia superior y anterior se encuentra a una profundidad entre 25-75 mm, una señal de flujo azul que representa el segmento A1 de la ACA ipsilateral. Después de obtener las imágenes de la ACM y ACA, volviendo al punto de la bifurcación carotídea, se orienta el transductor del ecógrafo lentamente hacia posterior y caudal, hasta encontrar el flujo de la Arteria cerebral posterior (ACP); a veces previamente se encuentra un flujo que corresponde a la arteria comunicante posterior). El flujo rojo corresponde al segmento P1 de la ACP (55-70 mm de profundidad) y el azul al segmento P2 de la ACP (50-65 mm de profundidad), la velocidad media (VM) a través de los segmentos de la ACP es menor que en la ACA y ACM.

TABLA 3. Profundidad de las arterias de base de cráneo en función de la edad (mm).

EDAD	ACM	ACI	Sifón carotídeo	ACA	ACP1	ACP2	AB
0-3 meses	25			25-30			
3-12 meses	30			30			
1-3 años	35-45	40-50	50-60	55-65	55	50-55	50-60
3-6 años	40-45	45-55	55-60	60-65	55-60	50-60	55-70
6-10 años	45-50	50-55	55-60	60-70	60-70	55-65	55-75
10-18 años	45-50	55	60	65-70	60-70	60-65	60-80

ACM: arteria cerebral media. ACI: arteria carótida intracraneal. ACA: arteria cerebral anterior. ACP1: rama precomunicante de la arteria cerebral posterior. ACP2: rama postcomunicante de la arteria cerebral posterior. AB: arteria basilar.

PATRONES PATOLÓGICOS¹⁴

ALTA RESISTENCIA

Se caracteriza por descenso de la VM y elevación de IP e IR. En el sonograma se objetiva aumento de la diferencia entre el pico del flujo sistólico y la diástole, lo que refleja aumento de la diferencia entre la VSP y la VDF (Figura 2). Refleja una situación de *baja presión de perfusión cerebral*, bien debido a aumento de la presión intracraneal (PIC) (edema, lesión ocupante de espacio, hidrocefalia aguda) o bien por situaciones de hipotensión arterial.

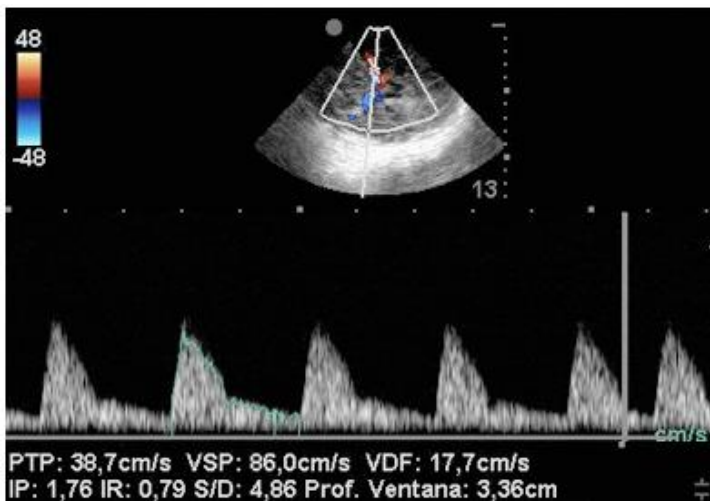


Fig. 2. Sonograma y parámetros de un patrón de alta resistencia en un paciente con hipertensión intracraneal (HTIC).

ALTA VELOCIDAD

Elevación de la VM, con menor diferencia entre VSP y VDF.

Causas:

- *Hiperemia*: IR normal o disminuido e IP disminuido. La hiperemia (Figura 3) se observa en diferentes situaciones como meningitis, reperfusión tras insulto isquémico, hipercapnia e hipoxia.

- Disminución del calibre del vaso por vasoespasmo, vasculitis o estenosis en el punto de insonación. En general en estas situaciones las VM alcanzadas son superiores a las situaciones de hiperemia. El índice de Lindegaard (VM en ACM/ VM en Arteria Carótida Interna Extracraneal) permite diferenciar hiperemia de vasoespasmo; si es superior a 3 es indicativo de vasoespasmo/estenosis del vaso.

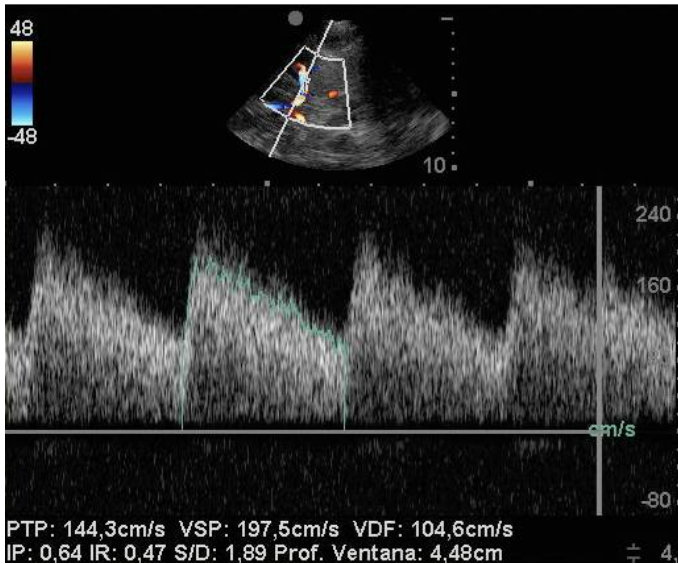


Figura 3. Sonograma y parámetros de alta velocidad en un paciente con hiperemia cerebral.

En la tabla 4 se resume el diagnóstico diferencial de los cambios hemodinámicos detectados mediante DTC.

TABLA 4. Diagnóstico diferencial de los cambios hemodinámicos detectados mediante DTC₁₅

VM		IP, IR	
?	?	?	?
Vasoespasmo	Hipotensión	HTIC	Vasoespasmo
Hiperemia	Muerte cerebral	Hidrocefalia	Malformación AV
Pérdida autorregulación	HTIC	TCE	Recalentamiento tras hipotermia
Hipercapnia	Hipocapnia	Hemorragia intracerebral	Hiperemia
Estenosis arterial intracraneal	Hipotermia	Muerte cerebral	
Circulación hiperdinámica	Aumento ángulo insonación	Oclusión de arteria intracraneal	
Malformación AV		Meningitis bacteriana	
Meningitis bacteriana			

VM: velocidad media. IP: Índice de Pulsatilidad. IR: Índice de resistencia. Malformación AV: malformación arterio-venosa. HTIC: hipertensión intracraneal. TCE: traumatismo cráneo-encefálico.



PRINCIPALES APLICACIONES EN UCI PEDIÁTRICA

1. MUERTE ENCEFÁLICA

Los requisitos previos imprescindibles para utilizar el DTC como herramienta diagnóstica complementaria de muerte encefálica son:

- Suficiente experiencia del explorador.
- PAM normal y estable.
- PIC estable.
- DTC tanto de circulación anterior (dependiente de las arterias carótidas), como de la circulación posterior (dependiente de las arterias vertebrales).
- Ventanas adecuadas.
- Hermetismo craneal.

Cuando un paciente presenta una situación de cese del FSC por el incremento progresivo de la PIC que acaba derivando en muerte encefálica, se producen una serie de cambios hemodinámicos cerebrales que se pueden constatar con el DTC (Figura 4).

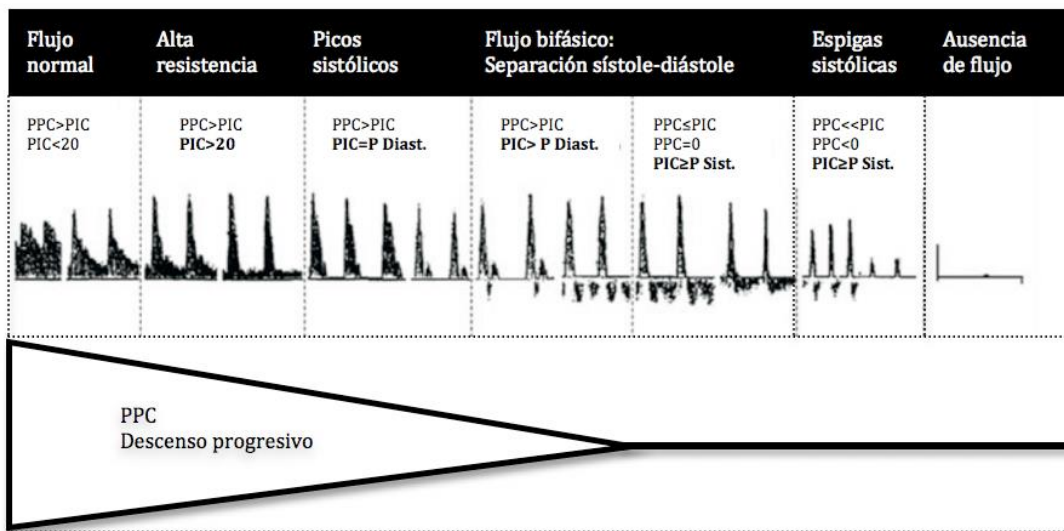


Fig. 4. Cambios en la onda de flujo con el aumento de la PIC. Adaptado de Topcuoglu¹⁷

PPC : presión de perfusión cerebral.

PIC : presión intracraneal.

P Diast : presión arterial diastólica.

P Sist : presión arterial sistólica.

Fase previa al cese circulatorio: Patrón de alta resistencia Este patrón inicial es todavía reversible si con urgencia se adopta un manejo adecuado.

Fase de cese circulatorio:

1. *Patrón de flujo bifásico: separación sístole-diástole.* Se observan los denominados "picos sistólicos", que corresponden a la onda sistólica de flujo. La onda diastólica aparece sólo a mitad de la diástole (Figura 5).
2. *Patrón de flujo reverberante.* Al igual que en el patrón anterior se observan "picos sistólicos", y el flujo en diástole es tan débil que no es capaz de penetrar a nivel intracraneal por lo que la onda diastólica es retrógrada.
3. *Patrón de espigas sistólicas aisladas.* Se registran ondas de flujo positivas de poca duración y baja velocidad, que reflejan el inicio de la sístole; no existiendo flujo ni en el resto de la sístole ni en diástole (Figura 6).
4. *Ausencia de señal de flujo.* La ausencia de señal de flujo en las arterias de la base de cráneo es la fase final de este proceso; sin embargo esta ausencia de señal sólo tiene validez como diagnóstico de muerte



encefálica si ha sido posible registrar flujo en DTC previos, para descartar que dicha ausencia de flujo no sea en realidad debida a la ausencia de una ventana sónica adecuada.

En las situaciones en las que por fracturas de base de cráneo o craniectomías descompresivas, se ha perdido el hermetismo cerebral, puede seguir registrándose FSC aunque el paciente se encuentre en muerte cerebral.

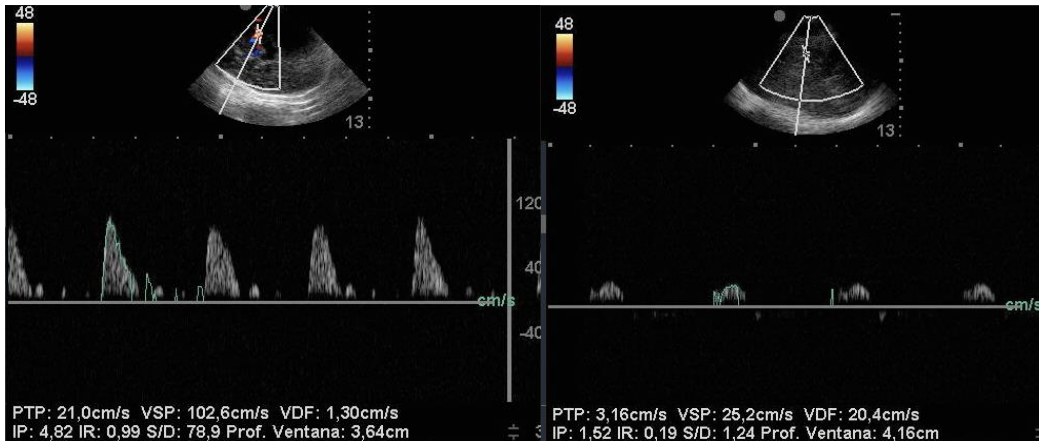


Fig. 5. Patrón de flujo bifásico.

Fig. 6. Espigas sistólicas.

2. TRAUMATISMO CRANEOENCEFÁLICO

En el TCE se puede objetivar mediante DTC los siguientes **patrones**: *hipoperfusión, hiperemia, vasoespasmo e HTIC*. La monitorización de estos cambios hemodinámicos permite optimizar el manejo terapéutico, y detectar posibles complicaciones. En un reciente estudio¹⁶ se ha observado que la detección de $IP > 1,3$ de ACM en las primeras 24 horas tras un TCE grave en niños, tiene una sensibilidad y especificidad elevadas para detectar pacientes con alto riesgo de desarrollar HTIC; lo que adquiere especial relevancia en aquellos niños con riesgo de HTIC en los que de entrada no estaría indicada la monitorización invasiva de la PIC.

BIBLIOGRAFÍA :

1. Kirkham FJ, Padayachee TS, Parsons S, Seargent LS, House FR, Gosling RG. Transcranial measurement of blood flow velocities in the basal arteries using pulsed Doppler ultrasound: velocity as an index of flow. *Ultrasound Med Biol* 1986;12:15-21.
2. Bishop CC, Powell S, Rutt D, Brouse NI. Transcranial Doppler measurement of the middle cerebral flow velocity: a validation study. *Stroke* 1986;17:913-5.
3. Rigamonti A, Ackery A, Baker AJ. Transcranial Doppler monitoring in subarachnoid hemorrhage: a critical tool in critical care. *Can J Anesth* 2008; 55:112–123.
4. Arenillas F, Molina CA, Montaner J, Abilleira S, González-Sánchez MA, Álvarez- Sabín J. Progression and clinical recurrence of symptomatic middle cerebral artery stenosis: a long-term follow-up transcranial Doppler ultrasound study. *Stroke* 2001; 32: 2898–2904.
5. Christou I, Felberg RA, Demchuk AM et al. A broad diagnostic battery for bedside transcranial Doppler to detect flow changes with internal carotid artery stenosis or occlusion. *J Neuroimaging* 2001; 11. 236–242.
6. Ducrocq X, Braun M, Debouverie M, Junges C, Hummer M, Vespignani H. Brain death and transcranial Doppler: experience in 130 cases of brain dead patients. *J Neurol Sci* 1998; 160: 41–46.



7. Domínguez JM, Barreira JM, Rivera MV, García C. Sonografía Doppler transcraneal: su utilidad en el diagnóstico de la parada circulatoria cerebral que acompaña a la muerte encefálica. *Med Intensiva* 2000; 24:151-60.
8. Nakagawa TA, Ashwal S, Mathur M, et al. Guidelines for the determination of brain death in infants and children: an update of the 1987 task force recommendations-executive summary. *Ann Neurol* 2012; 71:573-5.
9. Moreno JA, Mesalles E, Gener J, et al. Evaluating the outcome of severe head injury with transcranial Doppler ultrasonography. *Neurosurg Focus* 2000; 8:1-7.
10. Trabold F, Meyer PG, Blanot S, et al. The prognostic value of transcranial Doppler studies in children with moderate and severe head injury. *Intensive Care Med* 2004;30:108-12
11. Bellner J, Rommer B, Reinstrup P, et al. Transcranial Doppler sonography pulsatility index (PI) reflects intracranial pressure (ICP). *Surg Neurol* 2004;62:45- 51
12. American College of R, Society for Pediatric R, Society of Radiologists in U. AIUM practice guideline for the performance of a transcranial Doppler ultrasound examination for adults and children. *Journal of ultrasound in medicine : official journal of the American Institute of Ultrasound in Medicine*. 2012; 31: 1489-500
13. Soetaert AM, Lowe LH, Formen C. Pediatric cranial Doppler sonography in children: non-sickle cell applications. *Curr Probl Diagn Radiol* 2009; 38:218-27.
14. Martínez A., Jiménez R. Doppler transcraneal en lactantes y niños. En: *Urgencias y tratamiento del niño grave*. Editores: Casado J, Serrano A. Pags: 435- 40.
15. White H, Venkatesh B. Applications of transcranial Doppler in the ICU: a review. *Intensive Care Med* 2006; 32:981-94.
16. O'Brien NF, Maa T, Reuter-Rice K. Noninvasive screening for intracranial hypertension in children with acute, severe traumatic brain injury. *J Neurosurg Pediatr* 2015; 16(4):420-5
17. Topcuoglu HA. Transcranial doppler ultrasound in neurovascular diseases: diagnostic and therapeutic aspects. *J Neurochem* 2012;123:39-51



ECOGRAFÍA CEREBRAL: MEDICIÓN ECOGRÁFICA DEL SISTEMA VENTRICULAR

Raúl Montero Yéboles. UCIP Hospital Virgen de la Salud, Toledo.

INTRODUCCIÓN

En aquellos pacientes en los que la fontanela permanece abierta, la ecografía transfontanelar se ha convertido en la mejor herramienta para la detección del aumento de tamaño del sistema ventricular y, sobre todo para su control evolutivo, mostrándose superior a la medida de la circunferencia craneal, la evaluación clínica o la medida directa de la PIC (1,2).

MEDIDA VENTRICULAR

No hay establecida una medida estándar del tamaño ventricular, depende de los distintos autores y de los distintos centros (3). Se expondrán en este texto las siguientes formas de medición: Índice de Levene, Índice de Evans, medición de la anchura del ventrículo lateral a nivel de la hendidura caudo-talámica, medición del ancho del cuerno anterior del ventrículo lateral, distancia tálamo-occipital y la medida del volumen ventricular. Todas las medidas del sistema ventricular coinciden en que deben ser realizadas en un plano ecográfico fácilmente reproducible; para ello se usará el tercer plano coronal (Figura 1).

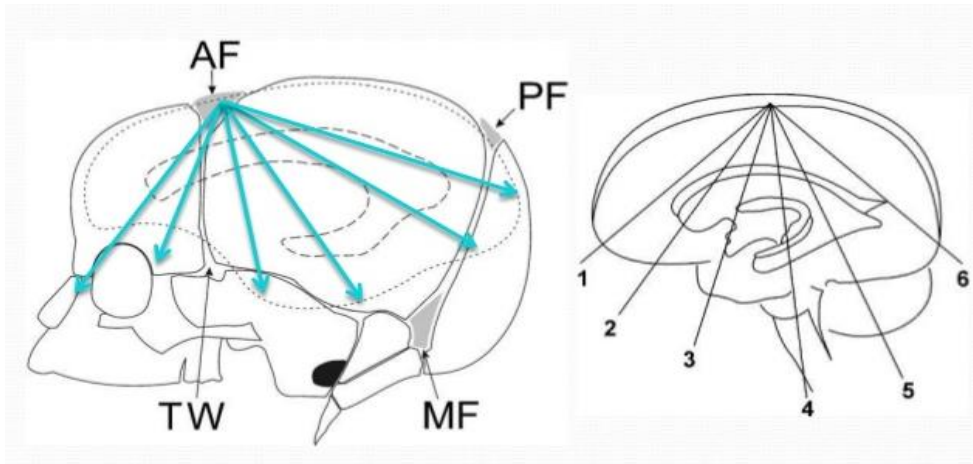


Fig. 1: Planos coronales. AF: Fontanela anterior. PF: Fontanela posterior. TW: ventana temporal. MF: Ventana mastoidea.

Se verán tres puntos ecogénicos ("3 dots sign") correspondientes a los plexos coroideos en los ventrículos laterales y en el techo del tercer ventrículo. Además, se deberá cuadrar la imagen para obtener una visión simétrica de la cisura de Silvio en ambos lados y del hipocampo (Figura 2).

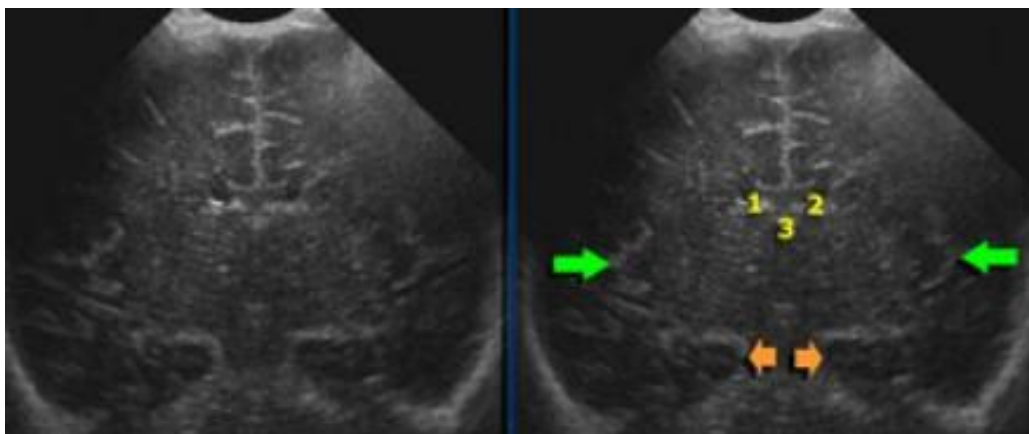


Fig.2: Tercer plano coronal-ligeramente posterior al Foramen de Monro.

1,2,3: Puntos ecogénicos correspondientes a los plexos coroideos.

Flechas verdes: Cisura de Silvio.

Flechas naranjas: hipocampo.

INDICE DE LEVENE (4):

Hasta las 40 semanas de edad gestacional se podrá usar este índice. Así que será fundamentalmente útil para el seguimiento del tamaño ventricular en prematuros.

El índice de Levene es la distancia absoluta entre la hoz del cerebro y la pared lateral del cuerno anterior del ventrículo lateral en plano coronal a la altura del tercer ventrículo (figura 3 y 4).

Se miden ambos ventrículos. Existen curvas de referencia para comparar los valores obtenidos (figura 5).



Fig. 3.
Medición del índice de Levene en el ventrículo lateral izquierdo.

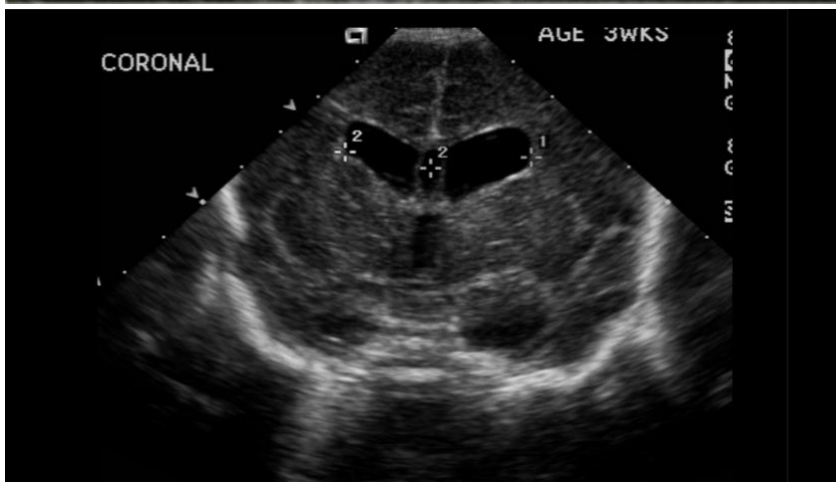


Fig. 4.
Medición del índice de Levene bilateral.

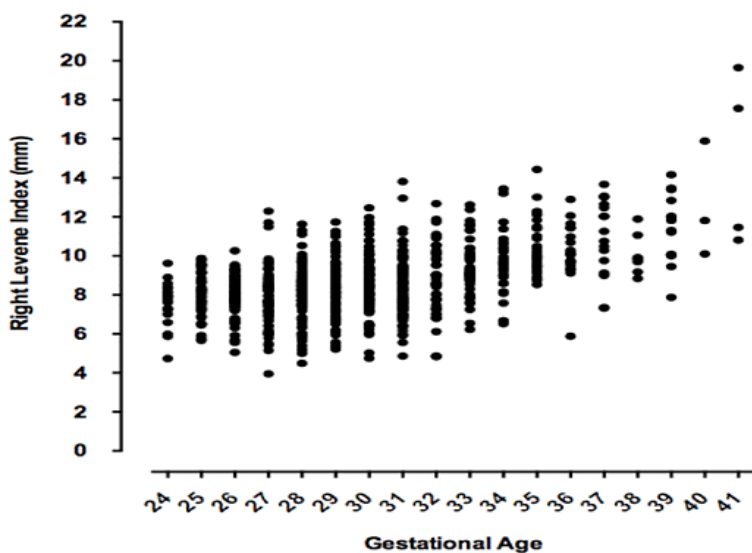


Figura 5. Ampliación de valores medios del índice de Levene a edades más tempranas (año 2012) Nótese la tendencia a aumentar con la edad. Valores normales medios: Izquierdo: 0.11 – 0.69 cm; derecho: 0.23 – 0.88 cm; ambos: 0.31 (5).



ÍNDICE DE EVANS

Para obtener este índice utilizaremos el mismo tercer plano coronal. Se obtiene mediante la relación entre la distancia más larga entre los cuernos frontales de los ventrículos laterales y el máximo diámetro biparietal. (Figura 6).

Serán patológicos valores por encima de 0.3.

Hay que tener mucho cuidado a la hora de obtener este índice puesto que se ha apreciado una variabilidad significativa dependiendo de la toma de medidas (6).

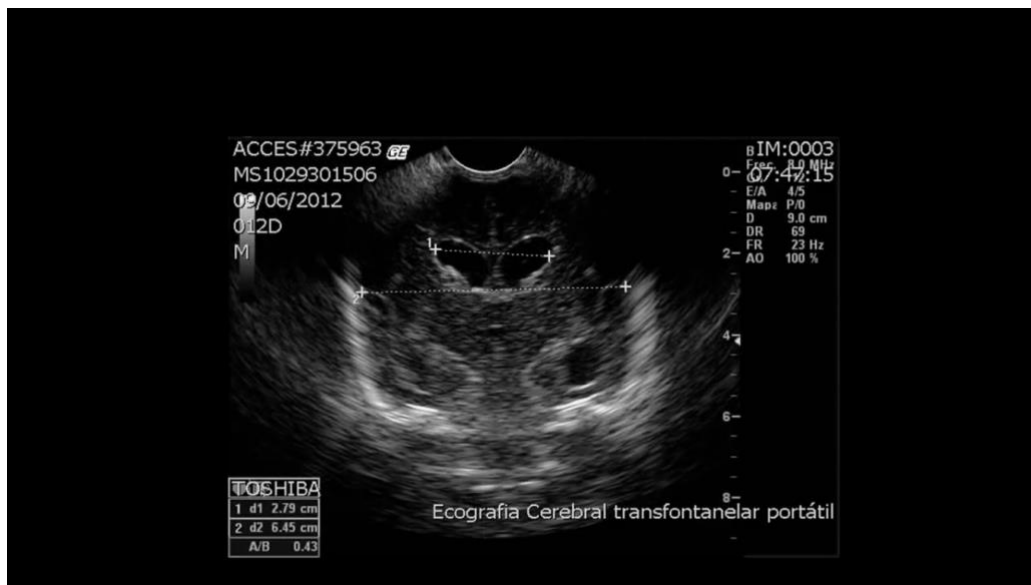


Fig. 6. Índice de Evans ligeramente elevado (0.32).

MEDIDA DE LA ANCHURA DEL VENTRÍCULO LATERAL A NIVEL DE LA HENDIDURA CAUDO-TALÁMICA (7,8)

Se obtiene en un corte sagital a nivel del agujero de Monro.

Se mide el cuerpo del ventrículo lateral desde la hendidura caudotalámica hasta el epéndimo del contorno superior (figura 7).

Son valores normales aquellos menores de 5 mm, dilatación leve si la medida está entre 5-10mm, moderada entre 10-15mm y grave cuando es mayor a 15mm.

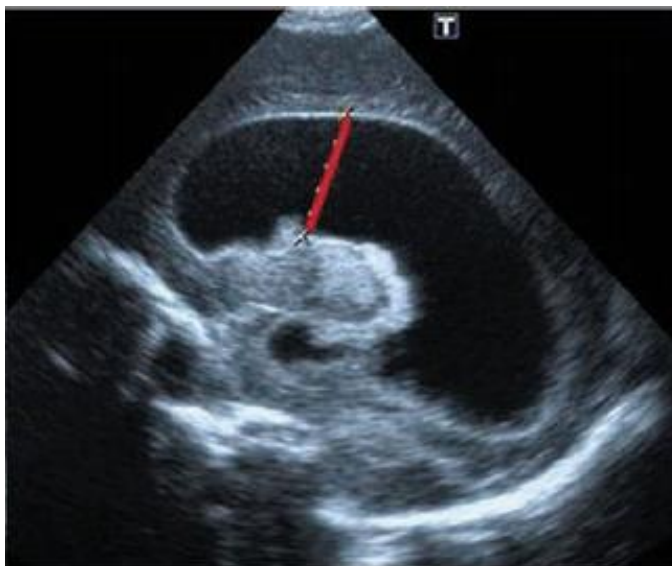


Fig. 7. Corte parasagital:
medida de la anchura del
ventrículo
lateral a nivel de la
hendidura-caudotalámica.

MEDICIÓN DEL ANCHO DEL CUERNO ANTERIOR DEL VENTRÍCULO LATERAL (9)

En el año 2000 Davies creó una nueva medición en prematuros: ancho del cuerno anterior del ventrículo lateral medido en el tercer plano coronal.

Se miden ambos ventrículos entre la pared superior o techo y la pared inferior o suelo del ventrículo en el punto más ancho (Figura 8 y 9).

Atrios > 10mm son patológicos.

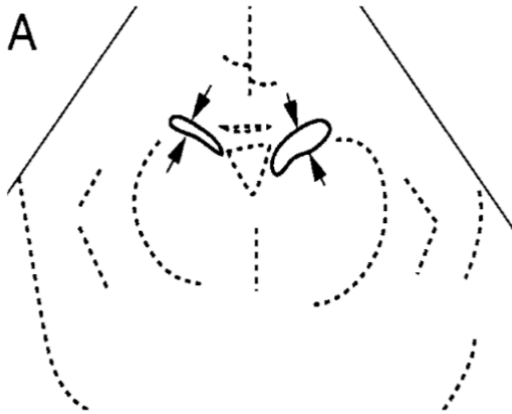


Figura 8. Se señala con flechas el punto de medición adecuado del cuerno.



Figura 9. Medición ecográfica del cuerno anterior del ventrículo lateral.

DISTANCIA TALAMO-OCCIPITAL (9,10)

Se mide en plano sagital visualizando la totalidad del ventrículo lateral con el cuerno anterior, el atrio, y los cuernos temporales y occipitales (en su máxima extensión).

Se medirá la distancia entre el punto más alejado del centro del tálamo en su unión con el plexo coroideo y el punto más alejado del cuerno occipital a nivel posterior. (Figura 10 y 11)

La medida utilizada en el estudio inicial, o basal, es la que debe utilizarse en los estudios de seguimiento (fig. 12).



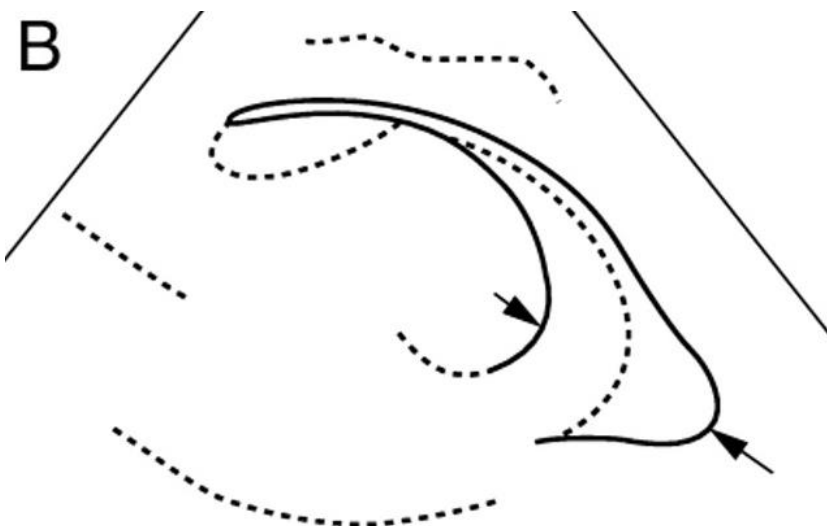


Fig-10. Puntos de medida de la distancia tálamo-occipital.



Fig.11. Medición de la distancia tálamo-occipital.

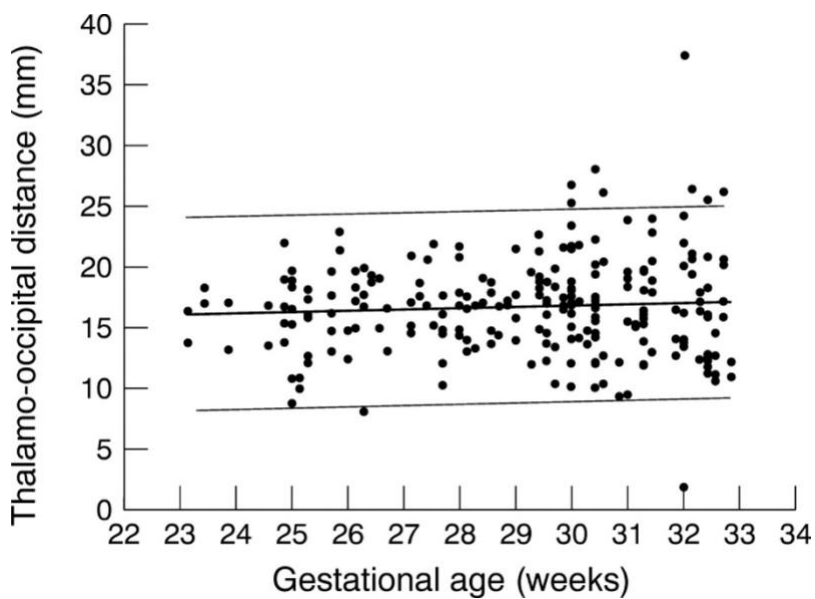


Figura 12. Valores de la distancia tálamo-occipital obtenidos en la serie de Davies.



MEDIDA DEL VOLUMEN VENTRICULAR

Una medida más fiable del aumento de tamaño ventricular podría ser la medida directa del área o volumen (Figura 13). Sin embargo, es una maniobra menos accesible no pudiendo realizarse en la mayoría de aparatos ecográficos de los que disponemos.

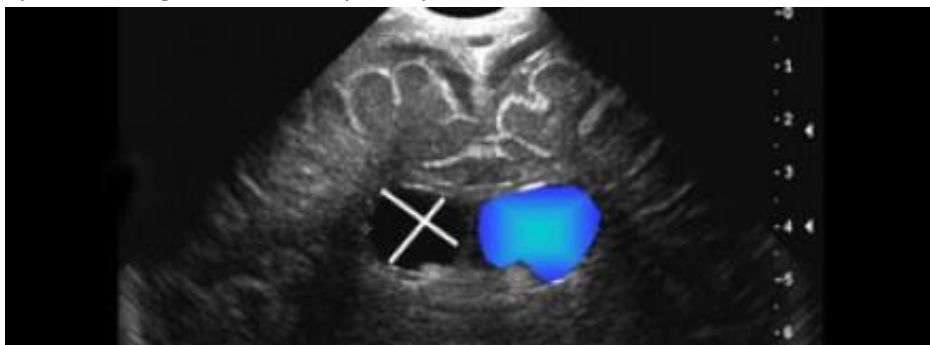


Fig. 13. Medida del volumen ventricular.

HIDROCEFALIA VS VENTRICULOMEGALIA

Tanto en la etapa fetal como en la etapa postnatal, lo más útil para diferenciar ventriculomegalia (sin hipertensión endocraneal) de hidrocefalia (con hipertensión endocraneal) será la ecografía doppler.

En los recién nacidos sobre todo prematuros hay que tener especial cuidado porque la existencia de ductus arterioso o de cardiopatía congénita puede generar una ausencia del flujo diastólico o invertirlo por causa extracraneal. Es por ello que primero habrá que descartar patología no craneana comprobando la existencia de ductus y analizando el flujo aórtico. Si son normales, la ausencia de diástole a nivel cerebral con un ventrículo dilatado será debido a hipertensión endocraneal (Fig. 14) no siendo válido ante la presencia de ductus o de anomalías del flujo aórtico.

En los lactantes el doppler espectral en la arteria cerebral media (ACM) y arteria cerebral anterior (ACA) debe dar valores normales de IR: 0,60-0,80 (en ausencia de anemia). IR mayores de 0,80 sugieren hipertensión (11), siendo valores de IR superiores a 1 con ausencia total de flujo diastólico confirmativos de hipertensión endocraneal que requiere descompresión por neurocirugía. Se deberá también descartar patología cardíaca o extracardiaca para saber que los hallazgos a nivel cerebral no son de causa extracraneal. La interpretación es más compleja cuando el niño con hidrocefalia en estudio presenta una cardiopatía.

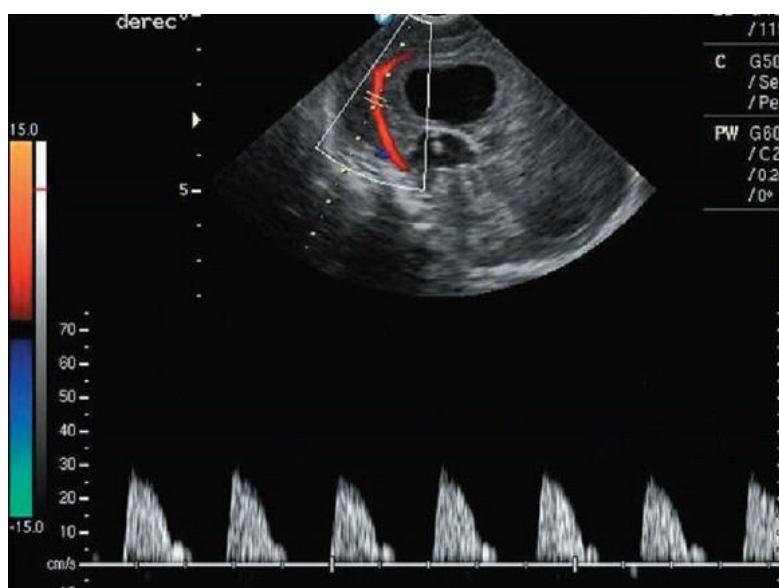


Figura 14. Ausencia de flujo diastólico indicativo de hipertensión endocraneal en paciente con hidrocefalia.

Otra forma de diagnosticar hipertensión endocraneal en pacientes con hidrocefalia será a través de la medición de la vaina del nervio óptico (12) tal y como se explica en su capítulo correspondiente.

CAUSAS FRECUENTES DE HIDROCEFALIA (13)

La **hidrocefalia no comunicante**, consecuencia de una obstrucción intraventricular al flujo de LCR, presenta las siguientes causas:

-*Congénitas*: Estenosis del Acueducto de Silvio, malformación Chiari tipo II, quiste de Dandy-Walker, encefalocele y malformación de la vena de Galeno.

-*Adquiridas*: hemorragias, infecciones y tumores.

La **hidrocefalia comunicante**, consecuencia de una obstrucción extraventricular al flujo de LCR, suele ser debida a hemorragias e infecciones.

REFERENCIAS

1. Liao MF , Chaou WT , Tsao LY, et al. Ultrasound measurement of the ventricular size in newborn infants .Brain Dev 1986; 8 (3): 262 – 268.
2. Müller WD, Urlesberger B, et al. Correlation of ventricular size and head circumference after severe intra-periventricular haemorrhage in preterm infants. Childs Nerv Syst. 1992; 8 (1): 33 – 35.
3. Bravo, C. et al. Hidrocefalia posthemorrágica asociada a la prematuridad: evidencia disponible diagnóstica y terapéutica. Neurocirugía. 2011, vol 22, n.5: 381-400.
4. Levene MI (1981) Measurement of the growth of the lateral ventricles in preterm infants with real-time ultrasound. Arch Dis Child. 1981; 56: 900 – 904.
5. Expansion of ventricular indices to include extremes of prematurity. Presented at the Neonatal Society 2012 Autumn Meeting. Shim R, Gnanasekaran R, Boyle M, Tarrant A, Ryan S, McCallion N. Neonatal Department, The Rotunda Hospital, Parnell Square, Dublin 1, Ireland.
6. Toma AK, Holl E, Kitchen ND, et al. Evan's index revisited: the need for an alternative in normal pressure hydrocephalus. Neurosurgery 2011 Apr; 68 (4): 939 – 44.
7. Ment, L.R., Bada, H.S., Barnes, P., et al. Practice parameter: Neuroimaging of the neonate: Report of the Quality Standards Subcommittee of the American Academy of Neurology and the Practice Committee of the Child Neurology Society. Neurology. 2002; 58: 1726-1738
8. Ros-López, B., Jaramillo-Dallimonti, A.M., De Miguel-Pueyo, L.S., et al. Hemorragia intraventricular en el prematuro e hidrocefalia post-hemorrágica. Propuesta de un protocolo de manejo basado en la derivación ventricular precoz. Neurocirugía. 2009; 20: 15-24.
9. Davies MW , Swaminathan M , Chuang SL , et al. Reference ranges for the linear dimensions of the intracranial ventricles in preterm neonates . Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed 2000 ; 82 (3): F218 – F223.
10. Brouwer MJ, de Vries LS, Groenendaal F, et al. New reference for the neonatal cerebral ventricles. Radiology. 2012 Jan; 262(1):224-33.



11. Goh D, Minns RA, Hendry GM, et al. Cerebrovascular resistive index assessed by duplex Doppler sonography and its relationship to intracranial pressure in infantile hydrocephalus. *Pediatr Radiol.* 1992; 22(4):246-50.
12. Newman WD, Hollman AS, Dutton GN, et al. Measurement of acute raised intracranial pressure in hydrocephalus. *Br J Ophtalmol.* 2002;86:1109-1113.
13. Marilyn J. Siegel. Cerebro. En Siegel (Coord.), *Ecografía pediátrica* (pp.112-114). Philadelphia : Marbán.



ECOGRAFÍA VAINA DEL NERVIÓ ÓPTICO

Juan Valencia Ramos. UCI Pediátrica HUBU, Hospital Santos Reyes.

Raúl Montero Yéboles. UCIP Hospital Virgen de la Salud, Toledo.

INTRODUCCIÓN

La ecografía del globo ocular no es una exploración tan común en nuestras UCIP como lo pueden ser la ecografía pulmonar, ecocardiografía funcional ó el e-FAST. La medición del diámetro de la vaina del nervio óptico (DVNO) es una de las aplicaciones de la ecografía del globo ocular y que se está empezando a realizar en las unidades de cuidados intensivos pediátricas (UCIP), a pie de cama del paciente, como medida no invasiva de la presión intracraneal (PIC). Existe evidencia científica para correlacionar el incremento del DVNO con un aumento de la presión intracraneal.

TÉCNICA

A continuación revisaremos brevemente las sondas y el aparato que necesitamos para realizar este tipo de estudio y posteriormente las áreas a estudio más útiles.

APARATO Y SONDAS

La ecografía apenas tiene efectos secundarios. En caso del globo ocular tendremos que tener en cuenta, el índice mecánico (IM) y el índice térmico (IT). El último representa el calentamiento tisular mientras que el IM es la capacidad de cavitación ó formación explosiva de burbujas microscópicas en los tejidos, secundario a las fluctuaciones abruptas de la presión. A la hora de programar nuestro ecógrafo, **limitaremos** el *IM* a valores inferiores o iguales a 0,23 y el *IT* menor o igual a 1.

Si el ecógrafo del que disponemos no tiene estos parámetros ajustados, se puede realizar un preajuste con ellos con el objetivo de minimizar este tiempo en las siguientes exploraciones.

Las frecuencias que emplearemos serán las más altas, transductores lineales de 12 a 14 Mhz, dado la escasa profundidad de las estructuras, el pequeño volumen de la región de interés y la atenuación tan baja de los medios oculares.

Debemos recordar que es muy importante el uso de **abundante gel** en la ecografía ocular, con el objetivo de minimizar los espacios de aire que aparecen dada la estructura cóncava de la órbita y que nos pueden dificultar la correcta visualización de las estructuras a estudio.

ÁREAS A ESTUDIO

En este capítulo nos centraremos en la medición pupilar y DVNO. Sin embargo, en pacientes con traumatismos, la exploración puede incluir párpados, globo ocular y contenido orbitario, así como huesos frontales, temporales, cigomáticos y nasales, y estructuras suprayacentes.

1. VAINA DEL NERVIÓ ÓPTICO

Debemos ser en la medida de lo posible lo más metodológicos y escrupulosos a la hora de realizar las mediciones globo ocular. Por eso mismo recomendamos realizar todas las medidas en ambos ojos y obteniendo más de una imagen, siguiendo una serie de patrones que comentamos que pueden ser útiles. La mejor medida es la vista axial oblicua (imagen 1). Para ello colocamos el transductor en el párpado superior (mirada hacia abajo preferiblemente) con el marcador a la derecha, sin incluir el cristalino en la imagen



obtenida (imagen2). La distinción ecográfica (contraste) entre el propio nervio y la aracnoides (espacio del LCR) tiene que ser evidente pudiendo identificarse el borde externo de la misma para realizar una medición real del DVNO. Como la porción más distensible de la vaina está a 3 mm de distancia de la unión vitreorretiniana (imagen3), las mediciones se realizan en este punto en dirección perpendicular al eje del nervio (imagen 4).

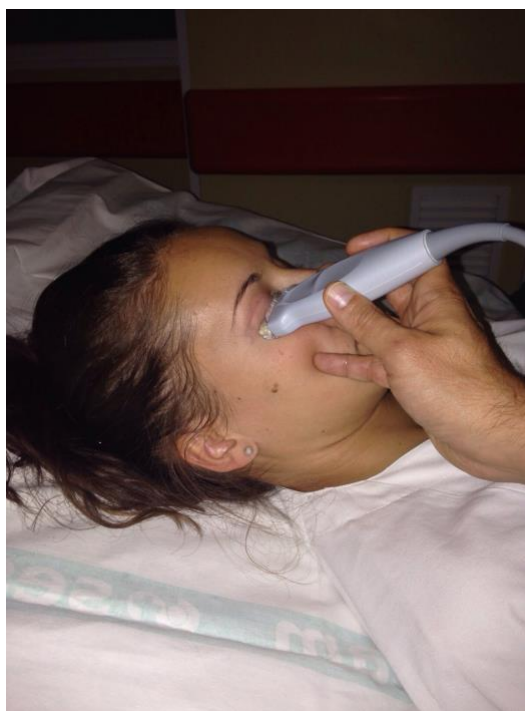


Imagen 1

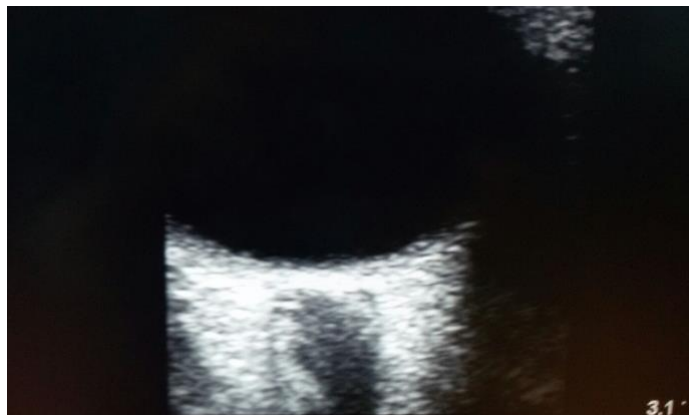


Imagen 2



Imagen 3



Imagen 4

2. PUPILAS

La ecografía pupilar es esencialmente útil en aquellas circunstancias en las que no es posible la visión directa de la misma (edema orbitario, traumatismo...) y se precisa de su estudio para la evaluación neurológica del paciente. Es en esta circunstancia donde la ecografía juega un papel único posibilitando su evaluación de forma rápida y segura para el paciente.

Usaremos la misma sonda que para la VNO pero la dirección será lo más paralela posible al globo ocular en dirección cefálica siempre con el marcador a la derecha del paciente (Imagen 5). Llegará un momento en el

que podamos visualizar correctamente el cuerpo ciliar y la pupila (imagen 6). Aplicando una luz potente sobre el párpado que tapa el ojo a estudio o sobre el contralateral podremos apreciar la respuesta pupilar de igual manera que haríamos con visión directa (imagen 7).



Imagen 6



Imagen 7

CONCLUSIONES

La medición de DVNO se trata de una técnica ecográfica rápida y relativamente sencilla de realizar.

Los estudios publicados(1) presentan limitaciones metodológicas que impiden establecer un punto de corte claro de correlación entre DVNO y PIC, variando entre valores superiores a 4.5 o 5.0mm. De cara al manejo en las unidades de cuidados intensivos creemos que establecer un “nivel de alerta” en 4,5mm puede aumentar la sensibilidad diagnóstica. Además las mediciones seriadas nos darán información sobre la tendencia, ayudándonos tanto en la toma de decisiones respecto a la gravedad y progresión de la misma como en el uso de monitorización invasiva en estos pacientes.

El estudio ecográfico pupilar es fácil y seguro de utilizar. Será necesario en circunstancias muy limitadas pero en éstas será de enorme ayuda para la valoración neurológica de nuestros pacientes.

REFERENCIAS

1. Erdal Komut MD , Nalan Kozaci PhD, et al. Bedside sonographic measurement of optic nerve sheath diameter as a predictor of intracranial pressure in ED. American Journal of Emergency Medicine. 2016; 34: 963-967.

