



Neuromonitoreo

Dra. Erika León-Álvarez*

* Neuroanestesióloga. Instituto Nacional de Pediatría.

Al monitorizar el procedimiento anestésico en el paciente neuroquirúrgico, debemos conocer el impacto de los distintos procedimientos anestésicos y quirúrgicos sobre el sistema nervioso y el estado en general del paciente, y utilizar todos los medios a nuestro alcance para reducir al mínimo la disfunción neurológica postoperatoria, puesto que, al ser en muchas ocasiones una lesión irreversible, ocasiona discapacidad permanente, con alto impacto en recursos sanitarios y sociales. El monitoreo intraoperatorio habitualmente se centra en valorar la oxigenación, la ventilación y la presión arterial sistémica (parámetros sumamente importantes). Pero el tejido cerebral, que es el más sensible al daño y el que mayores discapacidades funcionales ocasiona, es el que menos se monitoriza durante el acto anestésico-quirúrgico. El neuroanestesiólogo debe realizar un monitoreo de rutina invasivo y no invasivo, centrándose en la lesión de los sistemas nerviosos central y periférico, y otro monitoreo avanzado, adaptado a la lesión neuronal. Esto supone un reto añadido para este sub-

especialista, ya que debe conocer aspectos neurofisiológicos, neuroanatómicos y neurobioquímicos⁽¹⁾.

Al monitorizar a un paciente, no debemos olvidar que estamos usando recursos que tienen un fuerte impacto económico, y que algunas veces también tienen un riesgo para él mismo. Por ello, debemos elegir el monitoreo más adecuado para el tipo de cirugía y sobre todo para el paciente. El monitoreo del sistema nervioso del que se dispone, se clasifica de acuerdo con la función a medir, y es como se muestra en el cuadro I. Para fines de esta revisión, se iniciará con la descripción de la saturación en el bulbo de la yugular, método mínimamente invasivo, sencillo, de bajo costo y con tasa baja de complicaciones⁽²⁾.

Saturación del bulbo de la yugular (SvO_2). Es un método de gran valor en los enfermos con lesión cerebral aguda y procedimientos neuroquirúrgicos mayores; mide la relación entre el flujo sanguíneo cerebral (FSC) y los requerimientos metabólicos del cerebro. Se determinó por primera vez en 1942 por Gibbs⁽³⁾ y se validó en 1963 por Datsur. El bulbo de la

Cuadro I. Tipos de monitoreo en neuroanestesia.

I. Hidrodinámica cerebral

- Medición de presión intracraneal (PIC)

III. Hemodinámica vascular cerebral

- Presión de perfusión cerebral (PPC)
- Flujo sanguíneo cerebral (FSC)
- Doppler transcraneal (DTC)

V. Hemometabolismo cerebral

- Saturación del bulbo de la yugular
- Espectroscopía cercana al infrarrojo (NIRS, por sus siglas en inglés)

II. Monitoreo bioeléctrico del sistema nervioso central y periférico

- Electroencefalografía, índice biespectral (BIS) y entropía
- Electrocorticografía
- Potenciales evocados
- Electromiografía

IV. Monitoreo neurobioquímico del sistema nervioso

- Microdiálisis cerebral

VI. Monitoreo complementario

- Doppler precordial
- Ecocardiografía transesofágica

Este artículo puede ser consultado en versión completa en <http://www.medigraphic.com/rma>

yugular es una dilatación de la vena yugular interna en la base del cráneo. El 70% de su flujo sanguíneo deriva del hemisferio cerebral ipsilateral y el 30% del contralateral. Se acepta que en la mayoría de los pacientes el drenaje derecho es el dominante.

Para tener acceso a muestras sanguíneas del bulbo de la yugular, se puede puncionar directamente con una jeringa (no recomendable), o bien colocar un catéter intravascular como el utilizado para el monitoreo venoso central, pero de manera retrógrada a través de la vena yugular interna hasta el bulbo de la yugular. Se corrobora la posición de la punta del catéter con radiografía lateral del cuello, que debe mostrar la punta del catéter entre C1-C2. Éste no deberá permanecer más de cinco días. Pues tiempos mayores incrementan el riesgo de infección y trombosis. Actualmente se recomienda la técnica guiada por ultrasonido, la cual evita punción a ciegas, con menor riesgo de punción carotídea, múltiples punciones y lesión neurológica. La oximetría de reflectancia con fibra óptica permite el monitoreo continuo de la $SvyO_2$, lo cual sería lo ideal. Sin embargo, su principal inconveniente es que requiere de calibraciones frecuentes para una adecuada interpretación de resultados. Por su parte, el catéter venoso yugular simple tiene el principal inconveniente de mediciones intermitentes, lo que favorece que no se diagnostiquen eventos de hipoperfusión que frecuentemente duran menos de una hora.

El monitoreo de la $SvyO_2$ es parte integral del monitoreo multimodal en el enfermo neurológico grave. Es una determinación indirecta del consumo cerebral de oxígeno y del FSC. Los valores normales son del 55 al 71% con una media de 61%. Estos valores son ligeramente inferiores a la saturación venosa mixta mezclada, lo que indica la mayor extracción de oxígeno por el cerebro en relación con otros órganos. Cuando la demanda excede el aporte, el cerebro extrae más oxígeno, lo que ocasiona desaturación de la sangre venosa yugular. Si el FSC disminuye a un punto en el cual se sobrepasa la autorregulación se presenta una mayor extracción de oxígeno. En este caso, el consumo de oxígeno disminuye y se activa el metabolismo anaerobio con producción de lactato. Cuando el aporte de oxígeno cerebral excede el consumo, la saturación venosa del bulbo de la yugular aumenta. Por lo tanto, el parámetro más

utilizado en la clínica para la valoración del FSC es la $SvyO_2$, ya que refleja el balance entre el aporte y el consumo cerebral de oxígeno. Para llevarlo aún más a la clínica, corresponde realizar una serie de ecuaciones; el aporte cerebral de oxígeno (DO_2) se representa en la siguiente ecuación:

$$DO_2 = FSC \times CaO_2 \text{ (contenido arterial de oxígeno).}$$

$$CMRO_2 = FSC \times (Da-yO_2), \text{ en donde } Da-yO_2 = \text{diferencia arterio-yugular de oxígeno.}$$

La $Da-yO_2$ en condiciones fisiológicas es de 4 a 8 mL $O_2/100$ mL. Si el $CMRO_2$ es constante, los cambios en la $Da-yO_2$ reflejan modificaciones en el FSC. El principio de Fick permite el cálculo del FSC a partir de la relación entre el $CMRO_2$ y la $Da-yO_2$. También, se desarrolló el principio denominado «coeficiente de extracción de oxígeno» (CEO), en el que se sustituye la $Da-yO_2$ por el CEO y se obtiene la fórmula general de la dinámica hemometabólica cerebral:

$$FSC = \frac{CMRO_2}{Da-yO_2} \rightarrow FSC = \frac{CMRO_2}{CEO_2} = CMRO_2/FSC$$

De acuerdo a este principio, se integran las siguientes situaciones clínicas:

- Hiperemia o perfusión de lujo:** si la $Da-yO_2$ es < 4 mL $O_2/100$ mL, el aporte de O_2 es mayor que el consumo, disminución en la extracción de oxígeno, FSC alto.
- Normoperfusión:** $Da-yO_2$ normal. Equilibrio entre el FSC y $CMRO_2$.
- Hipoperfusión o isquemia:** una $Da-yO_2$ > 8 mL/100 mL sugiere que el consumo es mayor que el aporte, mayor extracción. Si el $CMRO_2$ aumenta sin un incremento paralelo en el FSC (FSC bajo), el cerebro extrae más oxígeno de la sangre y se presenta disminución en el contenido de oxígeno o desaturación venosa yugular.

Como medición global, la $SvyO_2$ tiene una muy alta especificidad, pero baja sensibilidad para isquemia; por ejemplo, una

Cuadro II. Interpretación de resultados.

$SvyO_2 < 50\%$	55-75%	$SvyO_2 > 75\%$
Hipertensión intracranal		
Hipocapnia (< 28 mmHg)		
Aumento en $CMRO_2$ (fiebre o convulsiones)		
Hipotensión arterial (presión de perfusión cerebral)		
Vasoespasmo cerebral		
Hipoxemia (Hb, PaO_2)		
↑ $\frac{CMRO_2}{FSC}$		↓ $\frac{CMRO_2}{FSC}$

saturación normal puede no reflejar ni detectar áreas focales de isquemia, pero una saturación baja indica bajo flujo^(2,4,5).

Los períodos de desaturación son críticos y se deben diagnosticar oportunamente, pero es importante primero descartar problemas técnicos: verificar adecuada colocación de la punta del catéter, velocidad de extracción de la muestra (1 mL/min) y calidad de la señal en caso de monitoreo con fibra óptica. Idealmente este monitoreo debe complementarse con medición de PIC y/o con ultrasonido Doppler^(5,6). En el cuadro II se muestra la interpretación de los resultados.

El catéter venoso yugular simple constituye una técnica económica y al alcance de cualquier quirófano y Unidad de Terapia Intensiva. En general, tiene una muy baja morbilidad. Las complicaciones son secundarias a la punción venosa *per se* y a los relacionados con la colocación del catéter. En caso de colocar el catéter en una vena yugular no dominante, se

puede presentar incremento a la resistencia al retorno venoso, evento descrito en población pediátrica⁽³⁾. Es un monitoreo de utilidad en la práctica clínica para la toma de decisiones terapéuticas en los pacientes neurocríticos⁽⁵⁾.

Existen muchos equipos y métodos de monitorizar al paciente neuroquirúrgico que nos van a permitir limitar o evitar el daño, de algunos se dispone, de otros no, ya sea por su alto costo económico o por su carácter invasivo. Van a existir pacientes que, por la severidad del daño, requieran de monitoreo multimodal (generalmente en las unidades de cuidados intensivos neurológicos)⁽⁶⁾. El objetivo es saber cómo funcionan y utilizarlos si se cuenta con el recurso. Sin embargo, no debemos olvidar que nuestra presencia permanente y en constante vigilancia, con un juicio razonado y sopesado de los datos que recibimos del control tanto subjetivo como objetivo, es la piedra angular del monitoreo.

REFERENCIAS

1. García-Trapero J, Ingelmo-Ingelmo I, Puig-Flores A. Monitorización en neuroanestesiología y reanimación. En: De la Borja De la Quintana F, editores. España: Elsevier; 2004. pp. 608-638.
2. Scalise LG, Computaro LA. Evidencias en la utilidad de la saturación yugular de oxígeno como método de neuromonitoreo y guía de tratamiento. Rev Argent Neuroc. 2014;28:1-8.
3. Gibbs EL, Lennox WG, Nims LF. Arterial and cerebral venous blood. Arterial-venous differences in man. J Biol Chen. 1942;144:325-332.
4. Poca MA, Sahuquillo J, Monforte R, Vilalta A. Métodos globales de monitorización de la hemodinamia cerebral en el paciente neurocrítico: fundamentos, controversias y actualizaciones en las técnicas de oximetría yugular. Neurocirugía. 2005;16:301-322.
5. Carrillo ER, Morales VN, Ruiz MJ. Monitoreo neurológico: catéter del bulbo de la yugular. Rev Invest Med Sur Mex. 2012;19:257-259.
6. Messerer M, Daniel RT, Oddo M. Neuromonitoring after major neurosurgical procedures. Minerva Anestesiol. 2012;78:810-822.