

Anestesia total endovenosa en Neurocirugía

Dra. NEUS FÁBREGAS

Servicio de Anestesiología.
Hospital Clínic. Barcelona.

Neurofisiología básica

La evolución de la neurocirugía tiende hacia los procesos mínimamente invasivos y funcionales como las endoscopias, las craneotomías de pequeño tamaño, la estereotaxia con la inclusión de técnicas de imagen intraoperatorias. Cada vez con mayor frecuencia se realiza monitorización electrofisiológica e interesa un despertar rápido intra o postoperatorio. Por ello, debemos realizar reajustes en los procedimientos anestésicos para proporcionar relajación cerebral, interferir lo mínimo cuando se requiere colaboración del paciente durante la cirugía y además ofrecer neuroprotección¹.

Es fundamental para nuestra práctica diaria en neuroanestesia conocer el efecto de los anestésicos sobre: **La circulación cerebral** (presión de perfusión cerebral [PPC]; flujo sanguíneo cerebral [FSC]; Volumen sanguíneo cerebral [VSC]); **El metabolismo cerebral** (Consumo cerebral de oxígeno [CMRO₂]); y **La presión intracraneal** (PIC) tanto en condiciones normales como patológicas.

Durante la atención a los pacientes neuroquirúrgicos o neurocríticos debemos tener siempre presente la situación de la **autorregulación cerebral**. Cuando está preservada, se mantiene sin cambios con los anestésicos endovenosos y con concentraciones de halogenados < 1 CAM^{2,3} (1,5 CAM en el caso de Sevoflorano⁴). Estudios recientes demuestran que la reducción del FSC es mayor durante la anestesia con propofol que con sevoflorano a equivalente profundidad de hipnosis^{5,6}. El N₂O es un potente vasodilatador cerebral directo⁷.

En los pacientes con lesiones ocupantes de espacio la autorregulación suele estar alterada y los cambios bruscos en la presión arterial (PAM) producen isquemia o edema cerebral; en estos casos la anestesia inhalatoria profunda debe evitarse tanto como la hipercapnia⁸.

Los cambios en el FSC y en el volumen sanguíneo cerebral tienen gran importancia en los pacientes con PIC elevada por el riesgo de edema cerebral durante la cirugía. Podemos conocer estos valores de FSC, de forma indirecta, mediante la espectroscopia cercana al infrarrojo (SrO₂)⁹ o el Doppler Transcraneal¹⁰.

La presión intracraneal y el edema cerebral se pueden controlar intraoperatoriamente mediante los agentes anestésicos y la colocación del paciente. Tras la apertura de la duramadre la PIC es casi de 0, pero el edema cerebral puede dificultar la labor del neurocirujano. La fórmula clásica del cálculo de la PPC (PAM - PIC), es cierta si la PIC es elevada. Si la PIC es normal, el tono vascular tiene un papel más importante del que se creía y la PPC = PAM - ZFP (presión de flujo

0, la PAM a la que no existe FSC a través de los vasos cerebrales)¹¹. Marval et al¹² demostraron en sujetos sanos que durante la anestesia en hipotensión moderada con propofol la PPC estimada disminuyó y la ZFP aumentó, mientras que durante la anestesia con sevoflurano la PPC estimada se mantuvo cercana a los niveles basales. El N₂O también ha demostrado tener un efecto vasodilatador cerebral directo aumentando la PPC estimada y disminuyendo el ZFP en voluntarios sanos¹³. Por contra, la S-ketamina aumenta el FSC global más que las necesidades metabólicas¹⁴.

Reactividad cerebrovascular al CO₂: A niveles clínicos de anestesia queda preservada la capacidad de respuesta de los vasos cerebrales a los cambios de CO₂ en sangre, aunque la magnitud de la respuesta cambiará según el agente y el grado de profundidad. Durante la administración de tiopental esta reactividad se mantiene hasta llegar al nivel de silencio eléctrico en el EEG. En los pacientes con lesión ocupante de espacio se mantiene la reactividad al CO₂, motivo por el que la hiperventilación es eficaz en reducir el volumen cerebral intraoperatorio⁸.

En sujetos sanos la hiperventilación puede recuperar la abolición de la autorregulación provocada por concentraciones de isoflurano de 1,4 CAM³. Sin embargo, el uso de hiperventilación para mejorar la relajación cerebral puede llegar a comprometer la perfusión. En el extremo opuesto, la producción de una hipercapnia moderada durante la sedación profunda con propofol en ventilación espontánea en pacientes no intubados no resultó en una mayor PIC que si no se utilizaba sedación¹⁵.

Métodos o técnicas de protección contra la isquemia y/o edema cerebral peroperatorio

Durante la inducción anestésica es muy importante controlar la PIC elevada o prevenir mayores aumentos de la PIC, con el fin de evitar incluso cortos periodos de PPC insuficiente (seguida de lesión secundaria al cerebro) y para mejorar las condiciones de trabajo de los cirujanos. En pacientes con autorregulación alterada, un aumento en la PAM en respuesta a un estímulo doloroso puede seguirse de un aumento de la PIC. En neurocirugía suelen ser necesarias maniobras para prevenir y reducir el edema cerebral (brain swelling) tras la apertura de la duramadre. Cuando la clínica y/o el TC craneal preoperatorio hacen sospechar la existencia de una PIC elevada se suele administrar manitol al 20% o suero fisiológico hipertónico antes de proceder a la apertura de la duramadre. A una PIC subdural inicial superior a 13 mmHg la herniación cerebral es muy probable¹⁶.

La colocación del paciente durante la cirugía puede facilitar la disminución del edema cerebral. La sedestación mejora la compliancia cerebrovascular e intracraneal¹⁷. Por ejemplo, la colocación en 10° de anti-Trendelenburg durante la cirugía de aneurisma integro provocó una disminución de la PAM, PIC y SJO₂ manteniendo la PPC sin cambios en pacientes sin hipertensión craneal¹⁸.

Debido al mayor efecto vasodilatador del desflurano en la vasculatura cerebral, este agente parece ser menos adecuado para la neuroanestesia que el isoflurano¹⁹.

La indometacina produce vasoconstricción en los vasos de resistencia y no afecta la autorregulación

normal²⁰. La disminución del FSC que produce no es debida a una disminución del metabolismo cerebral de la glucosa y no parece desencadenar isquemia cerebral. En un estudio recientemente publicado²¹ administraron en pacientes con tumores supratentoriales, un bolo de indometacina de 0,2 mg Kg⁻¹ y una perfusión de 0,2 mg Kg⁻¹ h⁻¹ antes del comienzo de la inducción con propofol. Se finalizó esta perfusión antes de abrir la duramadre. La indometacina disminuyó la velocidad del FSC antes de la inducción de la anestesia pero no disminuyó la PIC. Estos resultados se explicaron por el efecto vasoconstrictor del propofol que no se vieron potenciados por la indometacina. Además, la hiperventilación no resultó en mayor vasoconstricción en estos pacientes.

Requisitos para la aplicación de TIVA en técnicas de neurocirugía

Mantenimiento de la homeostasis

Se han realizado diferentes ensayos clínicos comparando la administración de TCI con propofol y remifentanilo o fentanilo. Algunos grupos no han encontrado diferencias en la estabilidad hemodinámica de los pacientes neuroquirúrgicos²². También se han publicado estudios comparando propofol/remifentanil vs sevoflurano/remifentanilo, Sneyd JR et al²³ y Hernandez Palazón²⁴ et al encontraron resultados comparables con ambas técnicas.

En la experiencia de Hans¹ TIVA con propofol y remifentanilo para craneotomías es bien tolerado en pacientes normotensos. En pacientes hipertensos puede ir asociado a algún grado de hipertensión arterial. Estos episodios de hipertensión arterial no se suelen solucionar al profundizar el nivel de anestesia o analgesia, impiden que el neurocirujano trabaje bien y pueden favorecer la herniación cerebral en casos de autoregulación alterada. Pueden tratarse con hipotensores endovenosos, pero también con la adición de concentraciones subanestésicas de sevoflurano.

A pesar de que recientes estudios encuentran que el propofol puede alterar más el equilibrio de oxigenación cerebral que los inhalatorios, Iwata M et al.²⁵ comprobaron que cambios en las concentraciones de propofol no alteran la S_jO₂ mientras se utilice a las concentraciones de uso clínico. Sin embargo, encontraron mayor número de episodios de desaturación de S_jO₂ en el grupo normotérmico (36,5°C) comparado con el grupo hipotérmico (34,5°C) durante neurocirugía.

Indicaciones de TIVA en Neurocirugía

Biopsias

Bilgin H et al²⁶, utilizaron alfentanil vs fentanil vs remifentanilo para conseguir niveles de sedación de 3 a 4 en la escala de Ramsay. Los pacientes del grupo fentanilo tuvieron una frecuencia cardíaca menor sin llegar a bradicardia. Los del grupo alfentanilo tuvieron cifras menores de SpO₂ sin llegar a bajar de 94%. La frecuencia respiratoria y el carbónico espirado fueron similares en los tres grupos. El remifentanilo y el alfentanilo proporcionaron mayor estabilidad hemo dinámica.

Craneotomías con el paciente despierto (“awake craniotomy”)

Manninen et al²⁷ en un estudio recientemente publicado encuentran tan satisfactorio el uso de propofol/fentanilo como propofol/remifentanilo.

Este tipo de procedimientos en pacientes epilépticos puede conllevar el riesgo de crisis intraoperatorias. Durante las sedaciones los pacientes pueden presentar tendencia a la hipercapnia y a la hipertensión relativa²⁸. Hay que planificar el tratamiento de períodos de hipoventilación o apnea. De todos modos, el uso de propofol/remifentanilo suele ser la técnica anestésica más extendida durante estos procedimientos. El empleo de dexmedetomidina es una alternativa de la que no disponemos actualmente en nuestro medio.

Fármacos y monitorización neurofisiológica

El uso de monitorización neurofisiológica intraoperatoria va aumentando en neurocirugía para proporcionar una mayor calidad y especificidad durante los diferentes procedimientos susceptibles de provocar secuelas neurológicas. Los agentes inhalatorios disminuyen la amplitud y prolongan la latencia de los potenciales evocados de forma dosis-dependiente. El propofol, comparado con el isoflurano, en pacientes sometidos a cirugía espinal, causa menos supresión de la respuesta cortical de los potenciales somatosensitivos; proporcionando mejor preservación de la amplitud y menor variabilidad a una profundidad anestésica similar²⁹. El sevoflurano no es el agente anestésico de elección cuando se trata de analizar resultados electroencefalográficos en experimentación animal.

Cuando se trata de potenciales evocados motores se recomienda utilizar propofol, el isoflurano los inhibe³⁰. Estos potenciales se preservan mejor con la anestesia endovenosa total con propofol y remifentanilo³¹. La ketamina optimiza el registro³².

En resumen, aunque tanto los inhalatorios como los endovenosos alteran las características de los potenciales evocados, el menor efecto del propofol hace que sea el fármaco de elección cuando se requiere monitorización electrofisiológica. Esta elección queda reforzada por el hecho de la existencia de una “atenuación anestésica” sobre el registro electrofisiológico. Esta atenuación refleja una depresión progresiva de los potenciales evocados motores transcraneales a lo largo del tiempo a pesar del mantenimiento de un nivel constante de anestesia³³.

Edución en Neurocirugía:

La combinación de propofol con remifentanilo o con sufentanilo proporciona estabilidad hemodinámica y un rápido despertar en neurocirugía programada^{34,35}.

También se han comparado estos tiempos entre sevoflurano/fentanilo y propofol/remifentanilo durante cirugía supratentorial³⁶ y no se han recogido ventajas entre ambas técnicas.

Nunes et al³⁷ encontraron una correlación entre la concentración teórica de propofol en el “lugar del efecto” al perder la consciencia (LOC) y la recuperación de la consciencia tras la cirugía.

Postoperatorio

Si se ha utilizado remifentanilo intraoperatoriamente, la realización de un bloqueo de calota proporciona una analgesia similar a la morfina y con menos náuseas³⁸.

Wong AY et al³⁹ analizaron las complicaciones postoperatorias tras utilizar TIVA con propofol/remifentanilo durante neurocirugía. Encontraron que se consiguió un despertar temprano con una planificación de la extubación posible, pero la incidencia de temblores, náuseas y episodios de hipertensión se considera aún elevado. Dividieron los procedimientos en craneotomías supratentoriales, fosa posterior, vascular intracraneal, hipofisectomías transesfenoidales y procedimientos extracraneales. Los procedimientos vasculares tuvieron la mayor proporción de náuseas (58,8%) y vómitos (29,4%,). El rango de complicaciones fue superior en la cirugía intravascular (76,5%) seguida de la fosa posterior (75%) y de las craneotomías supratentoriales (55,4%). Tanto los temblores como la tasa total de complicaciones se relacionaron con el tiempo anestésico.

A pesar de esto, hay grupos de trabajo que están realizando determinadas craneotomías en régimen de cirugía ambulatoria⁴⁰.

Bibliografía

1. Hans P, Bonhomme V. Why we still use intravenous drugs as the basic regimen for neurosurgical anaesthesia. *Curr Opin Anaesthesiol* 2006;19:498-503.
2. Rozet I, Vavilala MS, Lindley AM et al. Cerebral autoregulation and CO₂ reactivity in anterior and posterior cerebral circulation during sevoflurane anesthesia. *Anesth Analg* 2006;102:560-4.
3. McCulloch TJ, Boesel TW, Lam AM. The effect of hypocapnia on the autoregulation of cerebral blood flow during administration of isoflurane. *Anesth Analg* 2005;100:1463-7.
4. Summors AC, Gupta AK, Matta BF. Dynamic cerebral autoregulation during sevoflurane anesthesia: A comparison with isoflurane. *Anesth Analg* 1999;88:341-5.
5. Holzer A, Winter W, Greher M, Reddy M, Stark J, Donner A, Zimpfer M, Illievich U. A comparison of propofol and sevoflurane anesthesia: effects of aortic blood flow velocity and middle cerebral artery blood flow velocity. *Anesthesia* 2003;58:217-22.
6. Schlünzen L, Vafaee MS, Cold GE et al. Effects of subanaesthetic and anaesthetic doses of sevoflurane on regional cerebral blood flow in healthy volunteers: a positron emission tomographic study. *Acta Anaesthesiol Scand* 2004;48:1268-76.
7. Gelb AW. Control of the cerebral circulation. En: 54th Annual Refresher Course Lectures, Clinical Updates and Basic Science Reviews. Ed, American Society of Anaesthesiologists, San Francisco, USA, 2003:623:1-7.
8. Bendo AA. Supratentorial tumors: Anesthetized, awake, and computer-assisted management. En: 54th Annual Refresher Course Lectures, Clinical Updates and Basic Science Reviews. Ed, American Society of Anaesthesiologists, San Francisco, USA, 2003:111:1-7.
9. Wagner BP, Pfenninger J. Dynamic cerebral autoregulatory response to blood pressure rise measured by near-infrared spectroscopy and intracranial pressure. *Crit Care Med* 2002;30:2014-21.
10. Fàbregas N, Valero R, Gambas P. Monitorización neurológica. En: Tratado de Anestesia y Reanimación. JL Aguilar, JA de Andrés, O de León, A Gómez-Luque, A Montero, LM Torres, ed Arán. Madrid. 2001;1461-89.
11. Randell T, Niskanen M. Management of physiological variables in neuroanaesthesia: maintaining homeostasis during intracranial surgery. *Curr Opin Anaesthesiol*. 2006;19:492-7.
12. Marval PD, Perrin ME, Hancock SM, Mahajan RP. The effects of propofol or sevoflurane on the estimated cerebral perfusion pressure and zero flow pressure. *Anesth Analg* 2005;100:835-40.
13. Hancock SM, Eastwood JR, Mahajan RP. Effects of inhaled nitrous oxide 50% on estimated cerebral perfusion pressure and zero flow in healthy volunteers. *Anaesthesia* 2005;60:129-32.
14. Langsjo JW, Maksimov A, Salmi E et al. S-ketamine anesthesia increases cerebral blood flow in excess of the metabolic needs in humans. *Anesthesiology* 2005;103:258-68.
15. Girard F, Moumdjian R, Boudreault D et al. The effect of propofol sedation on the intracranial pressure of patients with and intracranial space-occupying lesion. *Anesth Analg* 2004;99:573-7.
16. Rasmussen M, Bundgaard H, Cold GE. Craniotomy for supratentorial brain tumors: risk factors for brain swelling after opening the dura mater. *J Neurosurg* 2004;101:621-6.
17. Alperin N, Hushek SG, Lee SH et al. MRI study of cerebral blood flow and CSF flow dynamics in an upright posture: the effect of posture on the intracranial compliance and pressure.

Actas Neurochir Suppl 2005;96:177-81.

18. Tankisi A, Rasmussen M, Juul N, Cold GE. The effects of 10 degrees reverse Trendelenburg position on subdural intracranial pressure and cerebral perfusion pressure in patients subjected to craniotomy for cerebral aneurysm. *J Neurosurg Anesthesiol.* 2006 Jan;18(1):11-7.

19. Holmström A, Akesson J. Desflurane induces more cerebral vasodilation than isoflurane at the same A-line autoregressive index level. *Acta Anaesthesiol Scand* 2005;49:754-8.

20. Rasmussen M. Treatment of elevated intracranial pressure with indomethacin: friend or foe? *Acta Anaesthesiol Scand* 2005;49:341-50.

21. Rasmussen M, Tankisi A, Cold GE. The effects of indomethacin on intracranial pressure and cerebral haemodynamics in patients undergoing craniotomy: a randomized prospective study. *Anaesthesia* 2004;59:229-36.

22. Del Gaudio A, Ciritella P, Perrotta F, Puopolo M, Lauta E, Mastronardi P, De Vivo P. Remifentanyl vs fentanyl with a target controlled propofol infusion in patients undergoing craniotomy for supratentorial lesions. *Minerva Anesthesiol.* 2006 May;72(5):309-19.

23. Sneyd JR, Andrews CJ, Tsubokawa T. Comparison of propofol/remifentanyl and sevoflurane/remifentanyl for maintenance of anaesthesia for elective intracranial surgery. *Br J Anaesth.* 2005 Jun;94(6):778-83. Epub 2005 Apr 15.

24. Hernández-Palazón J, Doménech-Asensi P, Burguillos-López S, Segura-Póstigo B, Sánchez-Ródenas L, López-Hernández F. Estudio comparativo de remifentanilo comparado con propofol o sevoflurano para el mantenimiento y recuperación de la anestesia en craneotomía por neoplasia supratentorial. *Rev Esp Anesthesiol Reanim* 2006;53:88-94.

25. Iwata M, Kawaguchi M, Inoue S et al, Effects of increasing concentrations of propofol on jugular venous bulb oxygen saturation in neurosurgical patients under normothermic and mildly hypothermic conditions. *Anesthesiology* 2006;104:33-8.

26. Bilgin H, Basagan Mogol E, Bekar A, Iscimen R, Korfali G. A comparison of effects of alfentanil, fentanyl, and remifentanyl on hemodynamic and respiratory parameters during stereotactic brain biopsy. *J Neurosurg Anesthesiol.* 2006 Jul;18(3):179-84.

27. Manninen PH, Balki M, Lukitto K, Bernstein M. Patient satisfaction with awake craniotomy for tumor surgery: a comparison of remifentanyl and fentanyl in conjunction with propofol. *Anesth Analg.* 2006 Jan;102(1):237-42.

28. Keifer JC, Dentchev D, Little K, Warner DS, Friedman AH, Borel CO. A retrospective analysis of a remifentanyl/propofol general anesthetic for craniotomy before awake functional brain mapping. *Anesth Analg.* 2005 Aug;101(2):502-8.

29. Liu EH, Wong HK, Chia CP et al. Effects of isoflurane and propofol on cortical somatosensory evoked potentials during comparable depth of anaesthesia as guided by bispectral index. *Br. J Anaesth* 2005;94:1934-7.

30. Chen Z. The effects of isoflurane and propofol on intraoperative neurophysiological monitoring during spinal surgery. *J Clin Monit Comput* 2004;18:303-8.

31. Scheufler KM, Reinacher PC, Blumrich W, Zentner J, Priebe HJ. The modifying effects of stimulation pattern and propofol plasma concentration on motor-evoked potentials. *Anesth Analg.* 2005 Feb;100(2):440-7.

32. Erb TO, Ryhult SE, Duitmann E et al. Improvement of motor-evoked potentials by ketamine and spatial facilitation during spinal surgery in a young child. *Anesth Analg* 2005;100:1634-6.

33. Lyon R, Feiner J, Lieberman JA. Progressive suppression of motor evoked potentials during general anesthesia: the phenomenon of "anesthetic fade". *J Neurosurg Anesthesiol* 2005;17:13-9.
34. Gerlach K, Uhlig T, Huppe M et al. Remifentanil-propofol versus sufentanil-propofol anaesthesia for supratentorial craniotomy: a randomized trial. *Eur J Anaesthesiol* 2003;20:813-20.
35. Djjan MC, Blanchet B, Pesce F, Sermet A, Disdet M, Vazquez V, Gury C, Roux FX, Ragueneau JL, Coste J, Joly LM. Comparison of the time to extubation after use of remifentanil or sufentanil in combination with propofol as anesthesia in adults undergoing nonemergency intracranial surgery: a prospective, randomized, double-blind trial. *Clin Ther.* 2006 Apr;28(4):560-8.
36. Magni G, Baisi F, La Rosa I, Imperiale C, Fabbrini V, Pennacchiotti ML, Rosa G. No difference in emergence time and early cognitive function between sevoflurane-fentanyl and propofol-remifentanil in patients undergoing craniotomy for supratentorial intracranial surgery. *J Neurosurg Anesthesiol.* 2005 Jul;17(3):134-8.
37. Nunes CS, Ferreira DA, Antunes L, Amorim P. Clinical variables related to propofol effect-site concentrations at recovery of consciousness after neurosurgical procedures. *Neurosurg Anesthesiol.* 2005 Apr;17(2):110-4.
38. Ayoub C, Girard F, Boudreault D, Chouinard P, Ruel M, Moumdjian R. A comparison between scalp nerve block and morphine for transitional analgesia after remifentanil-based anesthesia in neurosurgery. *Anesth Analg.* 2006 Nov;103(5):1237-40.
39. Wong AY, O'Regan AM, Irwin MG. Total intravenous anaesthesia with propofol and remifentanil for elective neurosurgical procedures: an audit of early postoperative complications. *Eur J Anaesthesiol.* 2006 Jul;23(7):586-90. Epub 2006 Mar 1.
40. Bernstein M. Outpatient craniotomy for brain tumor: a pilot feasibility study in 46 patients. *Can J Neurol Sci* 2001;28:120-4.