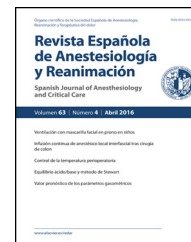




# Revista Española de Anestesiología y Reanimación

www.elsevier.es/redar



## REVISIÓN

# Circuitos postoperatorios en los pacientes sometidos a craneotomía programada. Revisión narrativa



P. Hurtado<sup>a</sup>, S. Herrero<sup>b</sup>, R. Valero<sup>a</sup>, L. Valencia<sup>c</sup>, N. Fàbregas<sup>a</sup>, I. Ingelmo<sup>d</sup>, R. Badenes<sup>e</sup>, F. Iturri<sup>f</sup>, E. Carrero<sup>a,\*</sup> y Grupo Ad Hoc de la Sección de Neurociencias de la Sociedad Española de Anestesiología, Reanimación y Terapéutica del Dolor

<sup>a</sup> Servicio de Anestesiología, Hospital Clínic, Universitat de Barcelona, España

<sup>b</sup> Área Quirúrgica, Dirección de Enfermería, Hospital Clínic, Universitat de Barcelona, España

<sup>c</sup> Servicio de Anestesiología, Hospital Universitario de Gran Canaria Dr. Negrín, Las Palmas, Gran Canaria, España

<sup>d</sup> Servicio de Anestesiología, Hospital Ramón y Cajal, Madrid, España

<sup>e</sup> Servicio de Anestesiología, Hospital General de Valencia, España

<sup>f</sup> Servicio de Anestesiología, Hospital de Cruces, Baracaldo, Bilbao, España

Recibido el 24 de diciembre de 2019; aceptado el 16 de abril de 2020

Disponible en Internet el 16 de junio de 2020

### PALABRAS CLAVE

Circuitos postoperatorios;  
Craneotomía;  
Cuidados postoperatorios;  
Exploración neurológica;  
Monitorización;  
Neurocirugía

**Resumen** En 2017 la sección de Neurociencias de la Sociedad Española de Anestesiología, Reanimación y Terapéutica del Dolor publicó una encuesta nacional sobre los circuitos de atención y tratamiento postoperatorio en neurocirugía. La encuesta evidenció una gran heterogeneidad de respuestas en función del centro, el anestesiólogo y la afección del paciente. En la actualidad, no disponemos de un estándar de circuito postoperatorio y existe evidencia suficiente para no indicar de forma rutinaria el ingreso en Unidades de Cuidados Críticos Postquirúrgicos a todos los pacientes intervenidos de craneotomía programada. El objetivo de este estudio es hacer una revisión narrativa de los circuitos postoperatorios en la craneotomía programada, para intentar homogeneizar nuestra práctica clínica a la luz de los estudios publicados. Se ha hecho una revisión bibliográfica de los últimos diez años, fecha de actualización noviembre 2019, utilizando las palabras clave *neurosurgery and postoperative care* y *craniotomy and postoperative care* en MEDLINE (PubMed).

© 2020 Sociedad Española de Anestesiología, Reanimación y Terapéutica del Dolor. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Todos los derechos reservados.

\* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: [ecarrero@clinic.cat](mailto:ecarrero@clinic.cat) (E. Carrero).

**KEYWORDS**

Postoperative circuits;  
Craniotomy;  
Postoperative care;  
Neurological examination;  
Monitoring;  
Neurosurgery

**Postoperative circuits in patients undergoing elective craniotomy. A narrative review**

**Abstract** In 2017, the Neurosciences section of the Spanish Society of Anaesthesiology, Critical Care and Pain Therapy published a national survey on postoperative care and treatment circuits in neurosurgery. The survey showed that practices vary widely, depending on the centre, the anaesthesiologist and the pathology of the patient. There is currently no standard postoperative circuit for cranial neurosurgical procedures in Spanish hospitals, and there is sufficient evidence to show that not all patients undergoing elective craniotomy should be routinely admitted to a postsurgical critical care unit. The aim of this study is to perform a narrative review of postoperative circuits in elective craniotomy in order to standardise clinical practice in the light of published studies. For this purpose, we searched MEDLINE (PubMed) to retrieve studies published in the last ten years, up to November 2019, using the keywords *neurosurgery and postoperative care, craniotomy and postoperative care*.

© 2020 Sociedad Española de Anestesiología, Reanimación y Terapéutica del Dolor. Published by Elsevier España, S.L.U. All rights reserved.

**Introducción**

El ingreso de todos los pacientes sometidos a craneotomía programada en las Unidades de Cuidados Críticos Postquirúrgicos (UCCP) para el cuidado postoperatorio, independientemente del curso de la cirugía o sus comorbilidades, es la práctica habitual en muchas instituciones<sup>1</sup>. Sin embargo, esta práctica rutinaria no ha demostrado ser ni efectiva ni eficiente y está cuestionada<sup>2,3</sup>. La realidad actual es que hay una reducción de los recursos sanitarios y, al mismo tiempo, un aumento de costes por la complejidad de los tratamientos, cirugías y procedimientos que se realizan. En consecuencia, se deben optimizar los recursos para que, tras la evaluación de los factores de riesgo perioperatorios, se puedan identificar aquellos pacientes para quienes pueda ser apropiado una alternativa de atención postoperatoria distinta a la UCCP<sup>4</sup>.

En 2017, la sección de Neurociencias de la Sociedad Española de Anestesiología, Reanimación y Terapéutica del Dolor publicó una encuesta nacional sobre el tratamiento y los circuitos postoperatorios de los procedimientos neuroquirúrgicos. Setenta y tres hospitales españoles fueron consultados. El objetivo principal del estudio fue describir cuál era el circuito de atención y tratamiento postoperatorio para las enfermedades y las intervenciones neuroquirúrgicas más prevalentes. Esta encuesta evidenció una gran variabilidad en las respuestas, probablemente atribuible a la ausencia de guías, diferentes estructuras y equipamiento hospitalario, tipo de cirugía y personal cualificado<sup>5</sup>.

En la actualidad, no disponemos de protocolos consensuados para estandarizar el grado de vigilancia neurológica y monitorización durante el postoperatorio inmediato y la mejor unidad o sala hospitalaria donde realizarlas. La indicación de qué circuito es el más apropiado estará en función de las condiciones preoperatorias del paciente, de factores intraoperatorios y del curso postoperatorio inmediato. El análisis de estos factores ayudará a catalogar al paciente de bajo riesgo o alto riesgo de complicaciones graves postoperatorias que indiquen un mayor o menor grado de vigilancia.

Independientemente, factores como la infraestructura y gestión de cada centro, la experiencia del equipo anestésico-quirúrgico, tanto médico como de enfermería, y la formación del personal en los cuidados neurológicos postoperatorios serán, así mismo, determinantes. El objetivo de este trabajo es hacer una revisión narrativa de los circuitos de los pacientes sometidos a craneotomía programada, mediante una revisión bibliográfica, desde 2010 a 2019, utilizando las palabras clave *neurosurgery and postoperative care y craniotomy and postoperative care* en MEDLINE (PubMed).

**Factores preoperatorios e intraoperatorios predictivos de riesgo de complicaciones neurológicas postoperatorias**

Los estudios orientados a incrementar la capacidad de predecir la aparición de complicaciones postoperatorias (tabla 1) aplican distintas escalas de valoración y encuentran diferentes factores de riesgo (tabla 2).

Un análisis multivariado prospectivo observacional<sup>6</sup> confirmó que la diabetes y la edad avanzada (> 65 años) fueron los mejores predictores de la necesidad de UCCP después de una craneotomía programada<sup>7</sup>. Algunos autores<sup>6,8</sup> recomiendan el ingreso en UCCP en pacientes con antecedentes de enfermedad cerebrovascular programados para craneotomía, ya que tienen mayor riesgo de desarrollar hemorragia intracraneal, vasoespasmos, obstrucción del líquido cefalorraquídeo e ictus isquémico. Resultados parecidos se observaron en un estudio en pacientes programados para clipaje de aneurisma cerebral no roto: el análisis multivariante encontró que tener más de 65 años, la obesidad de clase II o III (índice de masa corporal > 35 kg. m<sup>-2</sup>), la hiponatremia preoperatoria y la anemia eran factores predictivos independientes del retraso en el alta hospitalaria, reintervención no planificada en 30 días y el reingreso hospitalario<sup>9</sup>.

En el estudio de Beauregard et al.<sup>10</sup> analizaron de forma retrospectiva a 430 pacientes sometidos a diferentes

**Tabla 1** Estudios revisados con un elevado número de casos

Autor, año de la referencia	Tipo de estudio	Cirugía programada (casos incluidos)	Valoración preoperatoria		Valoración intraoperatoria		Valoración postoperatoria		
			Escalas validadas utilizadas	Otros parámetros predictores	Escalas validadas utilizadas	Otros parámetros predictores	Controles clínicos	Complicaciones	Capacidad predictiva de los parámetros
Hanak, 2014	PO	Craneotomía (400)	Ninguna	Edad > 65, diabetes	Ninguna	Sangrado > 1 L, transfusión de hemoderivados, duración de la cirugía > 8 horas	No consta	No consta	Buena
Dasenbrock, 2018	R	Aneurismas no rotos (460)	Ninguna	Edad > 65, IMC > 35, hiponatremia, anemia.	Ninguna	Duración de la cirugía > 240 min	No consta	Convulsiones, hidrocefalia, AVC	Buena
Franko, 2018	R	Craneotomía supratentorial (200)	<i>Karnofsky</i> < 70	Ninguno	Ninguna	Paciente intubado bajo anestesia general	Sí	Focalidad neurológica	Buena
Rhondali, 2011	PO	Craneotomía (358)	Ninguna	Ninguno	Ninguna	Duración de la cirugía > 240 min, posición lateral, fallo de extubación en quirófano	No consta	Déficit motor, retraso de despertar, deterioro de la consciencia	Buena
Beauregard, 2003	R	Craneotomía (430)	Ninguna	Enfermedad mental, localización infratentorial, craneofaringioma, schwannoma vestibular	Ninguna	Ninguno	Sí	Complicaciones médicas y neurológicas	Buena

Tabla 1 (continuación)

Autor, año de la referencia	Tipo de estudio	Cirugía programada (casos incluidos)	Valoración preoperatoria		Valoración intraoperatoria		Valoración postoperatoria		
			Escalas validadas utilizadas	Otros parámetros predictores	Escalas validadas utilizadas	Otros parámetros predictores	Controles clínicos	Complicaciones	Capacidad predictiva de los parámetros
Lonjaret, 2017	PO	Craneotomía (188)	Ninguna	Tumor cerebral sin déficit motor, metástasis cerebral, cirugía de fosa posterior	Ninguna	Duración de la anestesia, posición sentada, sangrado importante, dosis altas de cristaloides	No consta	Náuseas y/o vómitos, Complicaciones ceurológicas, complicaciones hemodinámicas	Buena
Wanderer, 2013	R	Cirugía no cardíaca (71.996)	Ninguna	ASA, edad, cirugía emergente, cirugía de alto riesgo	<i>Surgical Apgar Score</i>	SpO <sub>2</sub> /FiO <sub>2</sub> < 1, Vasopresores, PAM < 65 mm Hg, duración de la cirugía, transfusión de hemoderivados	No consta	Mortalidad	Buena
Cinotti, 2018	PO	Craneotomía (830)	<i>Cranioscore</i> (GCS, Neurocirugía previa, tamaño del tumor, desviación de línea media ≥ 3 mm)	Ninguno	<i>Cranioscore</i> (Transfusión de hemoderivados, PAS máx, PAS mín, duración de la cirugía)	Ninguno	Sí	Complicaciones neurológicas	Buena
Mirza, 2018	R	Craneotomía (421)	Ninguna	Ninguno	Ninguna	Deterioro clínico las primeras 2-4 horas en UCIP	Sí (NIHSS)	Complicaciones neurológicas	Buena
Hsu, 2017	R	Craneotomía (99)	Ninguna	Ninguno	<i>Surgical Apgar Score</i> (sangrado, FC mín, PAM mín)	Ninguno	Sí	Complicaciones mayores	Buena

ASA=American Society of Anesthesiologists physical status. AVC: accidente cerebrovascular; EPOC: enfermedad pulmonar obstructiva crónica; FC: frecuencia cardíaca; FiO<sub>2</sub>: fracción inspiratoria de oxígeno. GCS: escala del coma de Glasgow; HTA: hipertensión arterial; IMC: índice de masa corporal; Máx: máxima; Mín: mínima; NIHSS: *National Institute of Health Stroke Scale*; PAM: presión arterial media; PAS: presión arterial sistólica; PO: prospectivo observacional; R: retrospectivo; SpO<sub>2</sub>: saturación de oxígeno; UCIP: Unidad de Cuidados Intermedios Postquirúrgicos.

**Tabla 2** Factores peroperatorios predictivos de monitorización postoperatoria 24 horas, de los pacientes neuroquirúrgicos intervenidos de craneotomía electiva

**Factores de riesgo preoperatorios**

Enfermedad sistémica grave: anemia, hiponatremia, diabetes mellitus (HbA1 > 7%), hipertensión mal controlada, estenosis carotídea, enfermedad coronaria, ictus isquémico, obesidad mórbida, tabaquismo sintomático, EPOC severo<sup>6,9,10</sup>

Enfermedad mental<sup>10</sup>

Edad > 65 años<sup>6,9,17</sup> y capacidad funcional deteriorada

ASA IV o antecedente patológico que justifique UCCP<sup>12,17</sup>

Hipertensión endocraneal o desviación línea media > 3-5 mm en TC o RM<sup>8,19</sup>

GCS < 15 preoperatorio<sup>19</sup>

Convulsiones o ataxia preoperatorias<sup>10</sup>

Déficit preoperatorio de pares bajos<sup>12</sup>

Cirugía cerebrovascular<sup>8</sup>

Cirugía fosa posterior<sup>10,11,12</sup>

Craneofaringioma<sup>10</sup>

Tamaño tumoral<sup>12,19</sup>

SAOS/CPAP severo

Índice de Karnofsky < 70<sup>1,18</sup>

\*Cirugía urgente y/o emergencia<sup>17</sup>

**Factores de riesgo intraoperatorios**

Duración mayor de 4 horas<sup>3,9</sup> u 8 horas<sup>6,11,17,19</sup>

Sangrado > 1 L o transfusión de hemoderivados<sup>3,5,6,11,12,13,17,19</sup>

Posición lateral, en silla de parque o sentada<sup>3,10,13</sup>

Crisis comiciales refractarias

Inestabilidad hemodinámica, fármacos vasoactivos<sup>3,5,12,17,19</sup>

Insulinoterapia<sup>6</sup>

SpO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> < 1<sup>12,17</sup>

Fallo de extubación endotraqueal<sup>1,3,11</sup>

Surgical Apgar Score 0-2<sup>16,17</sup>

CranioScore > 3%<sup>19</sup>

**Factores de riesgo postoperatorios inmediatos (6 horas)**

Nuevo déficit neurológico: alteraciones motoras, sensitivas o de pares craneales; afasia, AVC<sup>1,3,9,16,22,23</sup>

Convulsiones<sup>9</sup>

Depresión respiratoria<sup>23</sup>

Reintubación endotraqueal<sup>3,16</sup>

Neuromonitorización multimodal (PIC y otros)<sup>6</sup>

Retraso despertar postanestésico<sup>3</sup>

Disminución del GCS preoperatorio<sup>3,16</sup>

Fístula LCR

Soporte vasoactivo, insulina o tratamiento hiperosmolar endovenoso<sup>9,12</sup>

Infarto agudo de miocardio<sup>16</sup>

Diabetes insípida central<sup>16</sup>

Alteración al ingreso en la UCIP de: pupilas, GCS, escala canadiense, escala delirio enfermería o espectrograma-electroencefalográfico (BIS o similares)<sup>22</sup>

\* Intervención programada con grado de urgencia añade factor de riesgo.

ASA: American Society of Anesthesiologists physical status; AVC: accidente cerebrovascular; BIS: índice bispectral; CPAP: presión positiva continua en la vía aérea; EPOC: enfermedad pulmonar obstructiva crónica; FiO<sub>2</sub>: fracción inspiratoria de oxígeno; GCS: escala de Glasgow; HbA1: hemoglobina glicosilada; LCR: líquido cefalorraquídeo; PIC: presión intracraneal; RM: resonancia magnética; SAOS: síndrome de apnea obstructiva del sueño; SpO<sub>2</sub>: saturación de oxígeno; TC: tomografía computarizada; UCCP: Unidad de Cuidados Críticos Postquirúrgicos; UCIP: Unidad de Cuidados Intermedios Postquirúrgicos.

intervenciones neuroquirúrgicas programadas. La probabilidad de tener complicaciones neurológicas resultó mayor para los pacientes diagnosticados de craneofaringioma o de meningioma infratentorial, seguido de la estenosis carotídea y la enfermedad mental. Otros factores de riesgo que resultaron significativos fueron la presencia de convulsiones o ataxia preoperatorias, asma y diabetes mellitus. Sin embargo, la edad no fue un predictor de complicaciones.

Los autores concluyeron que seleccionar a los pacientes que ingresan en UCCP en vez de ingresarlos de forma rutinaria es seguro y puede suponer una importante reducción de la estancia y los costes hospitalarios.

Lonjaret et al.<sup>11</sup> encontraron que los pacientes sometidos a craneotomías de la fosa posterior requieren ingresos más largos en la UCCP. De hecho, los pacientes sometidos a cirugía infratentorial tienen un riesgo mayor de fracaso en

la extubación debido al potencial daño en los pares craneales y a la compresión del tronco cerebral. En otro estudio prospectivo, que incluyó 2.118 pacientes sometidos a cirugía programada infratentorial, 94 (4,4%) pacientes tuvieron un fracaso en la extubación durante el ingreso. Los autores identificaron cinco factores de riesgo independiente para extubación fallida en el postoperatorio: craneotomía previa, déficit de pares craneales bajos en el preoperatorio, tamaño tumoral, localización del tumor y cambios extremos de la presión arterial durante la cirugía. La extubación fallida se asoció con un aumento de la tasa de neumonías, mayor mortalidad, baja escala del coma de Glasgow (GCS) y aumento de la estancia en UCCP y en hospitalización<sup>12</sup>.

## Escalas predictivas

Respecto a la evolución intraoperatoria, el sangrado durante las craneotomías, mayor de un litro, se ha asociado con hematomas intracraneales en el postoperatorio<sup>3,13</sup>. Este ítem forma parte de la escala *Surgical Apgar Score (SAS)* validada en los pacientes neuroquirúrgicos<sup>14</sup>, que además tiene en cuenta el menor valor de la presión arterial media y la frecuencia cardíaca más baja intraoperatorias como factores predictivos de complicaciones postoperatorias. La aplicación de la SAS en una cohorte de 918 pacientes neuroquirúrgicos predijo tasas de mortalidad y complicaciones postoperatorias a los 30 días, así como hospitalizaciones y estancias prolongadas en UCCP. La puntuación SAS (0-10) se calcula fácilmente, lo cual es una ventaja, y puede ayudar a programar de manera más eficiente los cuidados postoperatorios reservando la UCCP a aquellos pacientes con mayor riesgo de muerte y complicaciones (SAS 0-2). En el análisis multivariante, aquellos pacientes con puntuaciones de 0-2 tuvieron 15,7 veces más probabilidades de experimentar una complicación que aquellos con puntuaciones de 9-10. El valor predictivo pronóstico independiente de la presión arterial media (PAM) se ha evidenciado también en otros tipos de cirugía asociado con índice bispectral (BIS) bajo y concentraciones alveolares mínimas bajas de anestésicos inhalatorios<sup>15</sup>. Hsu et al.<sup>16</sup> aplicaron retrospectivamente la escala SAS en 99 pacientes intervenidos de craneotomía programada para exéresis de meningioma. En el análisis multivariante, la escala SAS fue un factor predictivo independiente de complicaciones mayores postoperatorias: una disminución de un punto del SAS incrementaba un 43% la tasa de complicaciones. Dado que este sistema de puntuación es relativamente sencillo, objetivo y práctico, nosotros estamos de acuerdo con los autores en que esta escala debería ser incluida como ayuda para determinar el destino postoperatorio de los pacientes.

Rhondali et al.<sup>3</sup>, en un estudio prospectivo observacional, estudiaron una cohorte de 358 pacientes, intervenidos de procedimientos intracraneales programados, buscando factores predictores para complicaciones postoperatorias. Los cincuenta y dos pacientes que ingresaron en la UCCP intubados presentaron factores de riesgo intraoperatorios adicionales: mayor necesidad de coloides, hemoderivados y fármacos vasoactivos. Fueron factores predictores el fracaso en la extubación, la duración de la cirugía mayor de cuatro horas y la posición lateral durante el procedimiento.

Wanderer et al.<sup>17</sup> desarrollaron y validaron otro modelo predictivo intraoperatorio para detectar ingresos no planificados en la UCCP. Incluyeron 71.996 pacientes, mayores de 16 años, sometidos a intervenciones quirúrgicas bajo anestesia, incluyendo pacientes neuroquirúrgicos y excluyendo obstetricia, terapia electroconvulsiva (TEC) y cirugía cardíaca. Estos algoritmos, que utilizan datos de pacientes en tiempo real, habían sido usados con éxito en situaciones médicas como la sepsis, insuficiencia renal o distrés pulmonar. Los casos identificados tenían clasificaciones de ASA (*The American Society of Anesthesiologists*) más altas, eran casos urgentes con mayor frecuencia, llevaban catéteres venosos centrales y arteriales, recibieron fármacos vasoactivos, se transfundieron, tenían hipoxemia, episodios de hipotensión arterial (PAM < 65 mm Hg) y las cirugías eran de mayor duración.

Franko et al.<sup>1</sup> analizaron las indicaciones de ingreso en UCCP y la frecuencia de complicaciones de una cohorte de 200 pacientes sometidos a cirugía supratentorial. A partir de estos resultados idearon un modelo clínico sencillo para prever la necesidad de ingreso en UCCP de los pacientes en el periodo postoperatorio basándose en el *índice de Karnofsky*<sup>18</sup> (índice Karnofsky < 70: un punto) junto con la necesidad de anestesia general (un punto) y la aparición de cualquier complicación en las primeras cuatro horas del postoperatorio inmediato (dos puntos). Si el paciente tenía cuatro puntos el modelo predecía ingreso en UCCP. Este modelo se comprobó posteriormente de forma prospectiva en el mismo centro, en 100 pacientes, y tuvo una capacidad de discriminación excelente<sup>1</sup>. En comparación con la escala SAS, destaca la inclusión del estado general del paciente en el preoperatorio y la consideración de la aparición de complicaciones en el periodo postoperatorio inmediato. La escala SAS solo tiene en consideración la PAM, la frecuencia cardíaca y el sangrado estimado; en cambio la escala de Franko contempla la anestesia general con paciente intubado como un factor de riesgo, probablemente por la mayor complejidad quirúrgica, en un centro donde el 36,5% de craneotomías se realizan con el paciente consciente.

Recientemente se ha publicado un estudio observacional para validar una escala predictiva de riesgo de desarrollar complicaciones neurológicas graves que requieran al menos 24 horas de ingreso en UCCP en pacientes sometidos a resección de tumores cerebrales<sup>19</sup>. El valor del *CranioScore* (%) se calcula mediante una fórmula matemática compleja que pondera individualmente los siguientes factores de riesgo independientes pre- e intraoperatorios. [*CranioScore* =  $-4,8094 + (1,5149 * GCS) + (1,0534 * \text{historia previa de cirugía de tumor cerebral}) + (0,00878 * \text{diámetro máximo del tumor en mm}) + (0,5114 * \text{desviación de la línea media} \geq 3 \text{ mm}) + (0,5164 * \text{transfusión de hemoderivados}) + (0,0118 * \text{presión arterial sistólica (PAS) máxima intraoperatoria}) - (0,0130 * \text{PAS mínima intraoperatoria}) + (0,2981 * \text{duración de la cirugía en horas})$ ]. Si el valor es mayor del 3% clasifica al paciente como de alto riesgo de presentar complicaciones neurológicas postoperatorias graves que requieran UCCP, aunque el valor predictivo positivo es pobre (12,15%). El *CraniScore* presenta un valor predictivo negativo excelente (100%), los pacientes intervenidos de craneotomía por tumor cerebral con un resultado en esta escala por debajo del 3% no deberían precisar UCCP. El principal problema de esta escala es

la dificultad del cálculo. A pesar de su gran valor predictivo negativo consideramos que no es práctica para su uso cotidiano en el quirófano, a no ser que se desarrolle un programa que lo pueda calcular automáticamente introduciendo los datos.

### Factores en el postoperatorio inmediato predictivos de riesgo de complicaciones neurológicas postoperatorias

Los pacientes neuroquirúrgicos están en riesgo de complicaciones neurológicas, principalmente, en el periodo postoperatorio inmediato<sup>20</sup>. La presencia en el periodo postoperatorio de nuevos déficits neurológicos puede ser indicativa de edema o hemorragia cerebral<sup>21</sup>. Hecht et al.<sup>4</sup> describen como seguro el traslado de los pacientes a una sala convencional después de craneotomías programadas sin complicaciones, tras un adecuado control de la presión arterial y el inicio de una pauta analgésica efectiva en las primeras cuatro horas del postoperatorio en Unidad de Cuidados Intermedios Postquirúrgicos (UCIP). Defienden que el control de la presión arterial no ha de ser obligatoriamente invasivo y depender de una UCCP. Sin embargo, su modelo conlleva examen neurológico cada dos horas y monitorización básica en sala neuroquirúrgica, con escalas de alerta para detección temprana de complicaciones en el postoperatorio inmediato (< 72 horas). En este sentido, ha de resaltarse la importancia de una estrecha vigilancia clínica en el postoperatorio inmediato, independientemente del destino postoperatorio del paciente.

Herrero et al.<sup>22</sup>, en un estudio prospectivo observacional en el postoperatorio inmediato, examinaron el efecto aditivo de la escala de Ramsay, la escala neurológica canadiense, la escala de *screening* (cribado) de delirio de enfermería y el BIS unilateral para ver si junto a la valoración de las pupilas y el GCS mejoraban la detección temprana de complicaciones neurológicas postoperatorias en comparación con la valoración únicamente de las pupilas y el GCS. El 23% de los pacientes desarrollaron complicaciones neurológicas en la UCIP, definidas como cualquier alteración neurológica documentada en la historia clínica del paciente durante su estancia en la UCIP, en la sala de neurocirugía o cualquier hallazgo en los estudios de neuroimagen considerado como complicación según el criterio del neurocirujano. La aplicación conjunta de las escalas y el BIS unilateral registraron más alteraciones que el examen pupilas-GCS, fueron más sensibles y permitieron una estimación más precisa de la aparición de complicaciones neurológicas en la UCIP. Los valores de BIS unilateral basal fueron diferentes entre los pacientes que desarrollaron complicaciones neurológicas o no, asociadas con alteraciones en las pruebas de neuroimagen (BIS basal 84 y 94, respectivamente); lo que podría evidenciar un potencial valor predictivo del BIS basal para la aparición de complicaciones neurológicas postoperatorias. Este estudio demuestra la importancia de una exploración neurológica completa y sistemática, y el potencial valor complementario del BIS para la detección temprana de complicaciones neurológicas postoperatorias en la UCIP tras craneotomía programada.

### Modelos de circuitos postoperatorios

El paciente postoperado de craneotomía puede seguir diversos circuitos posibles: a) neurocirugía ambulatoria; b) traslado directo a sala neuroquirúrgica desde quirófano; c) control postoperatorio corto en la UCIP (2-3 horas) y traslado a sala de hospitalización neuroquirúrgica; d) vigilancia prolongada en UCIP o UCCP (6-8 horas), prueba de neuroimagen y traslado a sala de neurocirugía; e) ingreso para monitorización 24 horas (*overnight monitoring*) en UCIP o UCCP previo ingreso en sala neuroquirúrgica o f) ingreso en UCCP.

El riesgo de complicaciones postoperatorias graves después de una craneotomía programada, sin incidencias intraoperatorias ni complicaciones durante las primeras 4-6 horas del postoperatorio, es inferior al 10%<sup>1,19,22</sup>. La práctica de ingreso rutinario en la UCCP permitiría la detección temprana de complicaciones postoperatorias favoreciendo la intervención temprana y optimizando la recuperación, pero la eficacia de esta estrategia de manejo postoperatorio no ha sido demostrada<sup>3</sup>. La evidencia sugiere que ingresar en la UCCP a los pacientes después de una craneotomía programada no es preciso en la mayoría de los casos<sup>23</sup>.

Mirza et al.<sup>23</sup> realizaron un estudio retrospectivo para valorar su práctica de trasladar a los pacientes a la sala de neurocirugía después de una estancia en UCIP de 2-4 horas. Los autores sugieren que la complejidad y la duración prolongada de la cirugía son los factores principales que ayudan a decidir el destino postoperatorio en UCCP. Con este criterio, de 421 pacientes programados para craneotomía programada, 355 (83%) ingresaron en sala después de una estancia corta en UCIP. Solo cuatro pacientes (1,1%) tuvieron que ser ingresados en la UCCP desde la sala; uno por taquicardia, uno por insuficiencia respiratoria, otro desarrolló hidrocefalia y preciso de la colocación de un drenaje ventricular externo y el último presentó un hematoma intracranial que requirió reintervención. Estas complicaciones fueron detectadas oportunamente por una enfermería experta, realizando la valoración neurológica (*NIHSS: National Institute of Health Stroke Scale*) y aplicando escalas de valoración cada dos horas y control de signos vitales cada cuatro horas. Reiteramos el hecho de que es fundamental monitorizar, y no nos referimos solo que estén conectados a un monitor, sino a la realización de escalas clínicas frecuentes. En nuestra opinión no es tan importante el «dónde» sino el «cómo» vigilar a estos pacientes en el postoperatorio inmediato.

Martín et al.<sup>24</sup> publicaron un estudio retrospectivo en el que evaluaban el impacto de un protocolo *fast-track* con control de neuroimagen, previo al traslado a sala en el cuidado postoperatorio de los pacientes neuroquirúrgicos sometidos a cirugía de estimulación cerebral profunda. Los autores concluyeron que aplicar este protocolo *fast-track* es seguro después de este tipo de cirugía mínimamente invasiva; solo siete pacientes de 95 (7,4%) desarrollaron complicaciones en el postoperatorio: tres pacientes en la UCIP (rigidez tras el despertar, retraso en el despertar y convulsiones) que se detectaron clínicamente gracias a las exploraciones horarias en la UCIP, precisando dos pacientes su traslado posterior a la UCCP. Con este protocolo *fast-track* no hubo ninguna complicación que no se identificara adecuadamente y las complicaciones tardías no estuvieron influenciadas por el protocolo que sí detectó

adecuadamente las complicaciones postoperatorias inmediatas.

Kaakaji et al.<sup>21</sup> analizaron de forma retrospectiva 369 pacientes sometidos a biopsia cerebral. Encontraron que la gran mayoría de complicaciones aparecían en las primeras seis horas y la tomografía computarizada (TC) cerebral demostró ser muy útil para diagnosticar edema y hemorragia. Estos autores remarcan la importancia de realizar una TC incluso en pacientes asintomáticos por la posibilidad de diagnosticar lesiones pequeñas que requieran seguimiento a pesar de no manifestarse clínicamente. Gracia et al.<sup>25</sup> encontraron un elevado número de complicaciones tras las biopsias cerebrales, que justificaba también la realización de técnicas de neuroimagen. Sin embargo, Fontes et al.<sup>26</sup> analizando si la TC craneal y los resultados de la exploración neurológica predecían la reintervención urgente, concluyeron que probablemente la TC temprana debería ser reemplazada por la valoración con escalas neurológicas frecuentes. La valoración clínica aplicando escalas neurológicas de forma periódica es primordial y no excluye que, en ausencia de focalidad neurológica, se realice una TC previa al traslado del paciente a sala de hospitalización. Los resultados son muy interesantes porque inciden de nuevo en la importancia de realizar escalas de valoración neurológica de forma sistemática.

En Inglaterra, el *National Health Service* (NHS) ha adoptado la escala de alerta clínica *National Early Warning Score* (NEWS) versión 2<sup>27</sup>. La escala la forman seis parámetros fisiológicos: frecuencia respiratoria, saturación de oxígeno (SpO<sub>2</sub>), PAS, frecuencia del pulso, nivel de consciencia y confusión de nueva aparición, así como temperatura. En la NEWS la valoración neurológica utiliza la escala ACVPU (*Alert, Confusión, Verbal, Pain, Unresponsive*): A: Alerta, completamente consciente, despierto y hablando; C: signos de confusión, desorientación o delirio de nueva aparición, o cualquier reducción aguda en el GCS; V: paciente que no está completamente consciente ni despierto, pero responde al estímulo verbal o al contacto; P: paciente que sólo responde al estímulo doloroso; U: paciente inconsciente que no responde a ningún estímulo. Cada uno de los seis parámetros NEWS puntúa entre 0 y 3 puntos conforme a la magnitud de la alteración de cada parámetro. La necesidad de oxígeno suplementario añade dos puntos a la puntuación NEWS final. La escala NEWS describe cuatro niveles de alerta: puntuación baja (1-4), puntuación «roja» (puntuación de tres en cualquier parámetro), puntuación media (5-6) y puntuación alta ( $\geq 7$ ) codificados también por colores para facilitar la visualización de las alertas. La escala determina el grado y frecuencia de la vigilancia y monitorización, la urgencia de la respuesta clínica, la competencia del personal que ha de dar respuesta y para los casos más graves la ubicación recomendada para el cuidado del paciente. Una puntuación NEWS global  $\geq 5$  es el umbral clave indicativo de deterioro clínico agudo potencialmente grave y la necesidad de respuesta clínica urgente. En el caso del paciente neurológico o neuroquirúrgico, la escala NEWS puede y debería ser usada además de las escalas validadas de valoración neurológica, como por ejemplo el GCS, la NIHSS o la RASS (*Richmond Agitation Sedation Scale*). La escala NEWS proporciona una base para homogeneizar la formación y acreditación del personal involucrado en el cuidado del paciente. La escala NEWS proporciona datos

estandarizados y medidas objetivas de la gravedad de los pacientes.

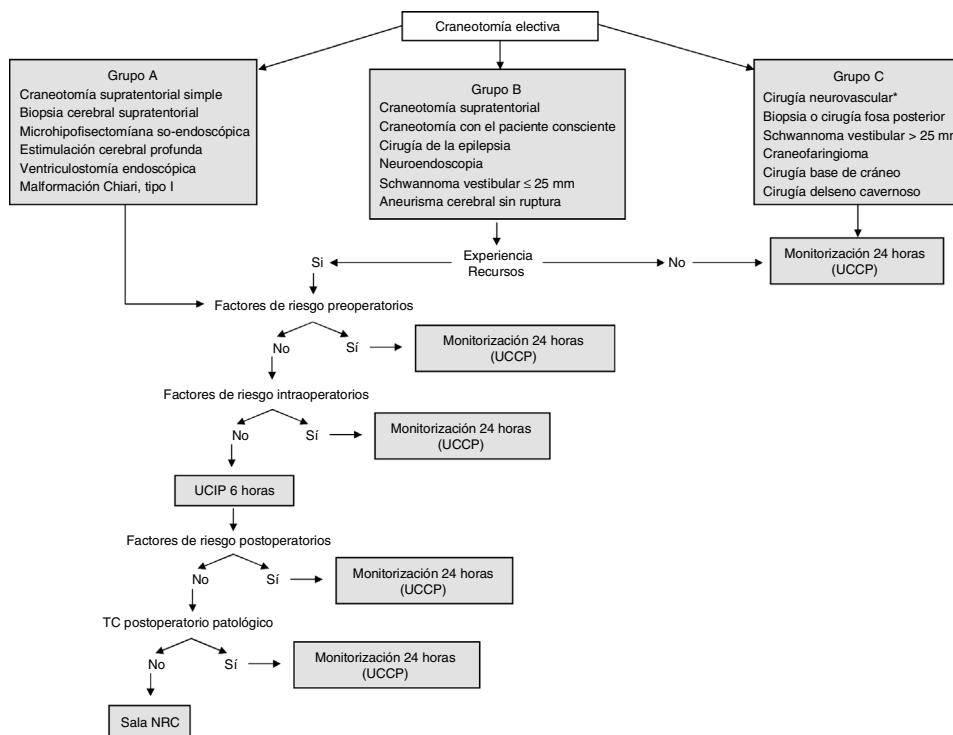
El modelo alemán *Charité Universitätsmedizin Berlin*, Berlín, Alemania<sup>28</sup>, se basa en la utilización flexible de las diferentes salas o unidades de vigilancia postoperatoria: UCIP, UCCP y sala neuroquirúrgica de hospitalización adaptada a las necesidades del paciente. En sala de hospitalización los signos vitales de los pacientes (presión arterial incruenta, electrocardiograma, SpO<sub>2</sub>) se monitorizan bajo la responsabilidad del equipo de neurocirugía de guardia con una proporción enfermera:paciente de 1:4. El estado neurológico se evalúa cada dos horas hasta el día siguiente para permitir la detección inmediata de cualquier deterioro neurológico u otras complicaciones postoperatorias potencialmente graves. Este modelo redujo los gastos y aumentó el número de procedimientos realizados en dicho centro en tres años.

### Recuperación temprana postoperatoria. Craneotomía de corta estancia y ambulatoria

En un estudio aleatorizado prospectivo, en 140 pacientes, Wang et al.<sup>29</sup> demostraron la seguridad y eficacia de un protocolo ERAS (*Enhanced Recovery After Surgery*)<sup>30</sup> neuroquirúrgico para los pacientes sometidos a craneotomía programada supra- e infratentorial. El protocolo consistía en tres secciones: 1) evaluación preoperatoria, evaluación de la clase funcional, abstinencia alcohólica y suspensión del hábito tabáquico, carga oral de hidratos de carbono seis horas previas a la cirugía; 2) manejo apropiado quirúrgico y neuroanestésico: cirugía mínimamente invasiva, anestesia local/regional en la incisión, anestesia no opiácea, sutura reabsorbible en la piel, evitar la hipotermia, balance de fluidos equilibrado; 3) manejo postoperatorio, retirar la sonda urinaria a las seis horas de la cirugía, analgesia no opiácea, profilaxis de la emesis, iniciar dieta líquida a las ocho horas y dieta sólida a las 24 horas, deambulacion temprana; aunque no especificaba el destino postoperatorio, ni los controles neurológicos. La implementación del protocolo ERAS se asoció con una reducción significativa de la estancia hospitalaria postoperatoria y del dolor postoperatorio sin incrementar la incidencia de complicaciones (infección del sitio quirúrgico, convulsiones, hemorragia), reingresos ni reintervenciones.

En los últimos años ha habido una tendencia al aumento de la cirugía de un día de admisión y cirugía ambulatoria gracias al desarrollo tecnológico. El grupo de Toronto fue pionero en 2001 y es el que tiene más experiencia<sup>31,32</sup>. La puesta en marcha de protocolos de neurocirugía ambulatoria, para procedimientos neuroquirúrgicos craneoencefálicos, ha sido más lento que su aplicación para cirugía espinal donde se viene desarrollando desde hace décadas<sup>33</sup>, por el mayor riesgo de aparición de complicaciones neurológicas. Se han publicados diversos estudios sobre craneotomías ambulatorias en pacientes intervenidos de tumores supratentoriales<sup>32,34-36</sup>. El porcentaje de readmisiones oscila entre 0,8 y 4,2% y la tasa de éxitos alrededor del 90%. Entre las causas principales de readmisión destacan: nuevos déficits neurológicos (hemiparesia, afasia, deterioro cognitivo), convulsiones y sangrado de la herida. Los factores clave que contribuyeron al éxito del alta el mismo día





**Figura 1** Propuesta de algoritmo de cuidados postoperatorios en UCIP seis horas frente a monitorización 24 horas en UCCP. La figura muestra tres grupos de craneotomías electivas (A, B y C) y dos opciones de circuitos postoperatorios: «vigilancia monitorizada en UCIP seis horas, TC de control e ingreso en sala de neurocirugía» o «ingreso en una unidad de monitorización 24 horas (UCCP)». El grupo A incluye las craneotomías con menos probabilidad de complicaciones postoperatorias. Los procedimientos del grupo B son potenciales candidatos a seguir el algoritmo del grupo A dependiendo de la experiencia y recursos de cada centro. El grupo C incluye las intervenciones que presentan más riesgo potencial de complicaciones postoperatorias. La ausencia de factores de riesgo preoperatorios, intraoperatorios y postoperatorios inmediatos (tabla 2) sitúa a los pacientes del grupo A y B en el lado del algoritmo de «vigilancia monitorizada en UCIP seis horas, TC de control e ingreso en sala de neurocirugía».

\* Malformación arteriovenosa o aneurisma cerebral complicado. NRC: neurocirugía; TC: tomografía computarizada; UCCP: Unidad de Cuidados Críticos Postquirúrgicos; UCIP: Unidad de Cuidados Intermedios Postquirúrgicos.

de la cirugía incluyeron una selección individualizada de los pacientes, craneotomías pequeñas, una duración prevista de la cirugía inferior a cuatro horas y la posibilidad de vigilancia monitorizada postoperatoria de seis horas antes del alta.

Para la implementación con éxito de la craneotomía ambulatoria, el criterio de selección y de alta de los pacientes es una pieza angular. Tanto los pacientes, familiares, como el personal que asistirá al paciente, ha de estar formado y entrenado en este nuevo modelo. Se ha de protocolizar el tiempo de vigilancia postoperatoria, la aplicación periódica de escalas de valoración neurológica y escalas de alerta, así como las pruebas de neuroimagen complementarias que garanticen la seguridad del paciente para el alta ambulatoria. Se ha de informar ampliamente a los pacientes y sus cuidadores de los signos de alarma que indican la necesidad de consultar al hospital para detectar y tratar tempranamente las complicaciones potenciales, sobre todo hematoma, edema y convulsiones. Antes de plantearse la aplicación generalizada de este enfoque se han de tener presentes las diferencias culturales, socioeconómicas y éticas en los modelos de salud pública de los distintos países. Sin embargo, el esfuerzo de colaboración conjunto de neurocirujanos, neuroanestesiólogos, enfermeras, familiares y pacientes, puede ayudar al éxito en su implantación<sup>36</sup>. El

alta temprana tras uno o dos días de ingreso, con pacientes y centros seleccionados, podría ser una fórmula intermedia para valorar la futura validez y adaptación de este modelo.

## Puesta en marcha de un algoritmo de toma de decisiones

Existen argumentos razonables para optimizar el circuito de atención postoperatoria de los pacientes intervenidos de craneotomía programada. La comunicación entre los profesionales implicados y la dirección del hospital debe ser fluida y las decisiones consensuadas. Antes de implementar cualquier cambio de circuito sería recomendable tener en cuenta los siguientes aspectos:

- evaluar los riesgos e incidencias propios en la serie de pacientes del mismo centro.
- consensuar las indicaciones y circuitos.
- determinar e implantar los métodos de monitorización neurológica (escalas, *ratio* enfermería y periodicidad).
- establecer sistemas de comunicación efectiva y sistemas de alerta (NEWS: *National Early Warning Score*)<sup>27</sup>.

- reevaluar los circuitos e indicaciones periódicamente (control de calidad y de incidentes críticos)

La **figura 1** propone un algoritmo de decisión, para el circuito postoperatorio de los pacientes intervenidos de craneotomía programada, en función de los factores de riesgo perioperatorios. Los pacientes sometidos a cirugía de fosa posterior, a excepción de los schwannomas vestibulares pequeños (< 25 mm) deberían ingresar en una unidad que permita monitorización postoperatoria 24 horas por el compromiso potencial de los pares bajos y el aumento de la incidencia de complicaciones en esta población. Igualmente, los pacientes con enfermedad sistémica grave no controlada (hipertensión no controlada, diabetes mellitus dependiente de insulina de difícil control, estenosis carotídea o enfermedad coronaria sintomática, tabaquismo activo sintomático, enfermedad pulmonar obstructiva crónica [EPOC] con oxígeno domiciliario, ictus isquémico/hemorrágico previo y la obesidad mórbida), signos clínicos o por neuroimagen de hipertensión endocraneal, edad > 65 años con mal estado funcional, desviación de la línea media en la resonancia magnética (RM) o en la TC mayor de 5 mm, así como pacientes programados para craneotomía programada por patología cerebrovascular (MAV cerebral o aneurisma cerebral complicado) deberían ingresar en la UCCP, monitorizados 24 horas, según el caso, por el aumento potencial de complicaciones postoperatorias. También consideramos candidatos de ingreso con monitorización 24 horas en UCCP a todos los pacientes con eventos graves en el intraoperatorio o postoperatorio inmediato como sangrado mayor a un litro, edema cerebral, embolismo aéreo con afectación sistémica o deterioro neurológico grave postoperatorio. Para estas situaciones agudas se ha propuesto que los pacientes sean ingresados en unidades de cuidados intensivos especializadas (neuro-UCCP)<sup>37</sup>.

Los pacientes sin comorbilidad asociada, sometidos a microhipofisectomía transnaso-esfenoidal endoscópica, cirugía de epilepsia, estimulación cerebral profunda y ventriculostomía externa, sin incidencias intraoperatorias, podrían beneficiarse de estar seis horas en la UCIP y posteriormente, en ausencia de complicaciones postoperatorias inmediatas, ser trasladados a la sala de neurocirugía previa realización de una prueba de neuroimagen.

La puesta en práctica del modelo de vigilancia postoperatoria del paciente neuroquirúrgico en sala de hospitalización no es fácil. Se han desarrollado modelos de monitorización telemática que han demostrado reducir la mortalidad, la estancia hospitalaria, mejorar la adherencia a normas de buena práctica clínica y disminuir las tasas de complicaciones prevenibles en UCCP<sup>38</sup>. Es importante tener en cuenta que, a pesar del desarrollo tecnológico y la enorme ayuda que esto puede representar, hoy en día ninguna monitorización sustituye la valoración clínica neurológica del paciente. La selección de qué pacientes pueden incluirse en estos modelos debe basarse en sistemas de puntuación validados para que solo los pacientes de alto riesgo sean los que requieran ingreso en UCCP<sup>20</sup>. Además, este tipo de modelos organizativos de control postoperatorio han de vencer las resistencias que este tipo de cambios genera en la administración (sobre todo por temas económicos) y el propio personal que puede sentirse sobrecargado asistencialmente.

A pesar de todo lo expuesto anteriormente, esta opción ya se realiza en algunos centros y probablemente se generalizará en el futuro.

Por último, es importante resaltar de nuevo que debemos adaptar las recomendaciones al entorno de cada hospital, el tipo de cirugía, las características de las unidades y áreas postoperatorias, la formación del personal, la monitorización y la *ratio* enfermera:paciente. Antes de cambiar los protocolos clínicos, es aconsejable seleccionar un tipo de neuropatología con la que cada centro este muy familiarizado y con bajo riesgo pre-, intra- y postoperatorio para realizar un estudio que valore la seguridad y eficacia del nuevo circuito.

## Conclusiones

Hay pocas publicaciones con clara evidencia científica y, por lo tanto, después de haber realizado una revisión bibliográfica detallada es difícil establecer recomendaciones sobre el control postoperatorio del paciente neuroquirúrgico.

La gran disparidad en los circuitos postoperatorios de los pacientes neuroquirúrgicos, intervenidos de craneotomía programada, justifica consensuar unas guías de actuación en este campo. La revisión de la mejor evidencia bibliográfica posible, junto con la opinión de expertos en los campos de la neurocirugía, neuroanestesiología y neurocríticos, así como la aplicación del buen juicio clínico, confirman la no necesidad de ingresar sistemáticamente en UCCP a todos estos pacientes para el control postoperatorio.

Existen factores del paciente, de la intervención y del periodo postoperatorio inmediato que permiten seleccionar aquellos casos que no precisan ingreso en UCCP por la baja probabilidad de complicaciones graves en el postoperatorio inmediato (< 72 horas).

Independientemente de cuál sea el destino del paciente, es esencial protocolizar qué evaluaciones clínicas neurológicas se han de realizar y cada cuánto tiempo se tienen que repetir, la monitorización esencial y las escalas de alerta (*NEWS*) para el diagnóstico y tratamiento temprano de las complicaciones potenciales. Creemos que hemos de progresar en el cambio de perfil de los cuidados postoperatorios en las salas de hospitalización. Cada centro ha de establecer sus propios criterios de seguridad y eficiencia en virtud de su estructura, dotación y formación de personal, experiencia anestésico-quirúrgica, grado de complicaciones y recursos económicos.

Es imprescindible la participación de los neurocirujanos y de enfermería, junto con los neuroanestesiólogos, en el diseño de los nuevos circuitos postoperatorios de los pacientes adultos, tras craneotomía programada.

## Financiación

La presente investigación no ha recibido ayudas específicas provenientes de agencias del sector público, sector comercial o entidades sin ánimo de lucro.

## Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

## Bibliografía

1. Franko LR, Hollon T, Linzey J, Roark C, Rajajee V, Sheehan K, et al. Clinical Factors Associated With ICU-Specific Care Following Supratentorial Brain Tumor Resection and Validation of a Risk Prediction Score. *Crit Care Med.* 2018;46:1302–8, <http://dx.doi.org/10.1097/CCM.0000000000003207>.
2. de Almeida CC, Boone MD, Laviv Y, Kasper BS, Chen CC, Kasper EM. The Utility of Routine Intensive Care Admission for Patients Undergoing Intracranial Neurosurgical Procedures: A Systematic Review. *Neurocrit Care.* 2018;28:35–42, <http://dx.doi.org/10.1007/s12028-017-0433-4>.
3. Rhondali O, Genty C, Halle C, Gardellin M, Ollinet C, Oddoux M, et al. Do patients still require admission to an intensive care unit after elective craniotomy for brain surgery? *J Neurosurg Anesthesiol.* 2011;23:118–23, <http://dx.doi.org/10.1097/ANA.0b013e318206d5f8>.
4. Hecht N, Spies C, Vajkoczy P. Routine intensive care unit-level care after elective craniotomy: time to rethink. *World Neurosurg.* 2014;81:66–8, <http://dx.doi.org/10.1016/j.wneu.2013.01.119>.
5. Valero R, Carrero E, Fàbregas N, Iturri F, Saiz-Sapena N, Valencia L, et al. National survey on postoperative care and treatment circuits in neurosurgery. *Rev Esp Anesthesiol Reanim.* 2017;64:441–52, <http://dx.doi.org/10.1016/j.redar.2017.01.003>.
6. Hanak BW, Walcott BP, Nahed BV, Muzikansky A, Mian MK, Kimberly WT, et al. Postoperative intensive care unit requirements after elective craniotomy. *World Neurosurg.* 2014;81:165–72, <http://dx.doi.org/10.1016/j.wneu.2012.11.068>.
7. Awad IA. Intensive care after elective craniotomy: «all politics is local». *World Neurosurg.* 2014;81:64–5, <http://dx.doi.org/10.1016/j.wneu.2013.01.108>.
8. Badenes R, Prisco L, Maruenda A, Taccone FS. Criteria for Intensive Care admission and monitoring after elective craniotomy. *Curr Opin Anaesthesiol.* 2017;30:540–5, <http://dx.doi.org/10.1097/ACO.0000000000000503>.
9. Dasenbrock HH, Smith TR, Rudy RF, Gormley WB, Aziz-Sultan MA, Du R. Reoperation and readmission after clipping of an unruptured intracranial aneurysm: a National Surgical Quality Improvement Program analysis. *J Neurosurg.* 2018;128:756–67, <http://dx.doi.org/10.3171/2016.10.JNS161810>.
10. Beauregard CL, Friedman WA. Routine use of postoperative ICU care for elective craniotomy: a cost-benefit analysis. *Surg Neurol.* 2003;60:483–9, [http://dx.doi.org/10.1016/s0090-3019\(03\)00517-2](http://dx.doi.org/10.1016/s0090-3019(03)00517-2).
11. Lonjaret L, Guyonnet M, Berard E, Vironneau M, Peres F, Sacrista S, et al. Postoperative complications after craniotomy for brain tumor surgery. *Anaesth Crit Care Pain Med.* 2017;36:213–8, <http://dx.doi.org/10.1016/j.accpm.2016.06.012>.
12. Cai YH, Wang HT, Zhou JX. Perioperative Predictors of Extubation Failure and the Effect on Clinical Outcome After Infratentorial Craniotomy. *Med Sci Monit.* 2016;22:2431–8, <http://dx.doi.org/10.12659/msm.899780>.
13. Gerlach R, Raabe A, Scharrer I, Meixensberger J, Seifert V. Post-operative hematoma after surgery for intracranial meningiomas: causes, avoidable risk factors and clinical outcome. *Neurol Res.* 2004;26:61–6, <http://dx.doi.org/10.1179/016164104773026543>.
14. Ziewacz JE, Davis MC, Lau D, El-Sayed AM, Regenbogen SE, Sullivan SE, et al. Validation of the surgical Apgar score in a neurosurgical patient population. *J Neurosurg.* 2013;118:270–9, <http://dx.doi.org/10.3171/2012.10.JNS12436>.
15. Sessler DI, Sigl JC, Kelley SD, Chamoun NG, Manberg PJ, Saager L, et al. Hospital stay and mortality are increased in patients having a «triple low» of low blood pressure, low bispectral index, and low minimum alveolar concentration of volatile anesthesia. *Anesthesiology.* 2012;116:1195–203, <http://dx.doi.org/10.1097/ALN.0b013e31825683dc>.
16. Hsu SY, Ou CY, Ho YN, Huang YH. Application of Surgical Apgar Score in intracranial meningioma surgery. *PLoS One.* 2017;12:e0174328, <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0174328>.
17. Wanderer JP, Anderson-Dam J, Levine W, Bittner EA. Development and validation of an intraoperative predictive model for unplanned postoperative intensive care. *Anesthesiology.* 2013;119:516–24, <http://dx.doi.org/10.1097/ALN.0b013e31829ce8fd>.
18. Karnofsky DA, Abelmann WH, Craver LIF, Burchenal JH. The use of nitrogen mustards in the palliative treatment of carcinoma: With particular reference to bronchogenic carcinoma. *Cancer.* 1948;1:634–56, [http://dx.doi.org/10.1002/1097-0142\(194811\)1:4<634::AID-CNCR2820010410>3.0.CO;2-L](http://dx.doi.org/10.1002/1097-0142(194811)1:4<634::AID-CNCR2820010410>3.0.CO;2-L).
19. Cinotti R, Bruder N, Srairi M, Paugam-Burtz C, Beloeil H, Pottecher J, et al. Prediction Score for Postoperative Neurologic Complications after Brain Tumor Craniotomy: A Multicenter Observational Study. *Anesthesiology.* 2018;129:1111–20, <http://dx.doi.org/10.1097/ALN.0000000000002426>.
20. Badenes R, García-Pérez ML, Bilotta F. Intraoperative monitoring of cerebral oximetry and depth of anaesthesia during neuroanaesthesia procedures. *Curr Opin Anaesthesiol.* 2016;29:576–81, <http://dx.doi.org/10.1097/ACO.0000000000000371>.
21. Kaakaji W, Barnett GH, Bernhard D, Warbel A, Valaitis K, Stamp S. Clinical and economic consequences of early discharge of patients following supratentorial stereotactic brain biopsy. *J Neurosurg.* 2001;94:892–8, <http://dx.doi.org/10.3171/jns.2001.94.6.0892>.
22. Herrero S, Carrero E, Valero R, Rios J, Fàbregas N. Postoperative surveillance in neurosurgical patients - usefulness of neurological assessment scores and bispectral index. *Braz J Anesthesiol.* 2017;67:153–65, <http://dx.doi.org/10.1016/j.bjane.2015.09.003>.
23. Mirza FA, Wang C, Pittman T. Can patients safely be admitted to a ward after craniotomy for resection of intra-axial brain tumors? *Br J Neurosurg.* 2018;32:201–5, <http://dx.doi.org/10.1080/02688697.2017.1390064>.
24. Martín N, Valero R, Hurtado P, Gracia I, Fernández C, Rumià J, et al. Experience with «Fast track» postoperative care after deep brain stimulation surgery. *Neurocirugia (Astur).* 2016;27:263–8, <http://dx.doi.org/10.1016/j.neucir.2016.02.004>.
25. Gracia I, Perelló L, Valero R, Hervías A, Perdomo J, Pujol R, et al. [Diagnostic yield and postoperative management of patients submitted to brain biopsy in a university hospital]. *Neurocirugia (Astur).* 2015;26:23–31, <http://dx.doi.org/10.1016/j.neucir.2014.06.006>.
26. Fontes RB, Smith AP, Muñoz LF, Byrne RW, Traynelis VC. Relevance of early head CT scans following neurosurgical procedures: an analysis of 892 intracranial procedures at Rush University Medical Center. *J Neurosurg.* 2014;121:307–12, <http://dx.doi.org/10.3171/2014.4.JNS132429>.
27. Royal College of Physicians. National Early Warning Score (NEWS) 2: Standardising the assessment of acute-illness severity in the NHS. Updated report of a working party. 2017 Disponible en: <https://www.rcplondon.ac.uk/projects/outputs/national-early-warning-score-news-2>.
28. Kastrup M, Seeling M, Barthel S, Bloch A, le Claire M, Spies C, et al. Effects of intensivist coverage in a post-anaesthesia care unit on surgical patients' case mix and characteristics of the intensive care unit. *Crit Care.* 2012;16:R126, <http://dx.doi.org/10.1186/cc11428>.
29. Wang Y, Liu B, Zhao T, Zhao B, Yu D, Jiang X, et al. Safety and efficacy of a novel neurosurgical enhanced

- recovery after surgery protocol for elective craniotomy: a prospective randomized controlled trial. *J Neurosurg.* 2018;130:1–12, <http://dx.doi.org/10.3171/2018.1.JNS171552>.
30. Ljungqvist O, Scott M, Fearon KC. Enhanced Recovery After Surgery: A Review. *JAMA Surg.* 2017;152:292–8, <http://dx.doi.org/10.1001/jamasurg.2016.4952>.
  31. Bernstein M. Outpatient craniotomy for brain tumor: A pilot feasibility study in 46 patients. *Can J Neurol Sci.* 2001;28:120–4, <http://dx.doi.org/10.1017/s0317167100052781>.
  32. Au K, Bharadwaj S, Venkatraghavan L, Bernstein M. Outpatient brain tumor craniotomy under general anesthesia. *J Neurosurg.* 2016;125:1130–5, <http://dx.doi.org/10.3171/2015.11.JNS152151>.
  33. Purzner T, Purzner J, Massicotte EM, Bernstein M. Outpatient brain tumor surgery and spinal decompression: a prospective study of 1003 patients. *Neurosurgery.* 2011;69:119–26, <http://dx.doi.org/10.1227/NEU.0b013e318215a270>.
  34. Venkatraghavan L, Bharadwaj S, Au K, Bernstein M, Manninen P. Same-day discharge after craniotomy for supratentorial tumour surgery: a retrospective observational single-centre study. *Can J Anaesth.* 2016;63:1245–57, <http://dx.doi.org/10.1007/s12630-016-0717-8>.
  35. Sughrue ME, Bonney PA, Choi L, Teo C. Early Discharge After Surgery for Intra-Axial Brain Tumors. *World Neurosurg.* 2015;84:505–10, <http://dx.doi.org/10.1016/j.wneu.2015.04.019>.
  36. Sheshadri V, Venkatraghavan L, Manninen P, Bernstein M. Anesthesia for Same Day Discharge After Craniotomy: Review of a Single Center Experience. *J Neurosurg Anesthesiol.* 2018;30:299–304, <http://dx.doi.org/10.1097/ANA.0000000000000483>.
  37. Badenes R, Robba C, Taccone FS, Bilotta F. Neuro-ICU patient disposition: optimal venue for acute needs. *Curr Opin Crit Care.* 2018;24:65–71, <http://dx.doi.org/10.1097/MCC.0000000000000482>.
  38. Lilly CM, Cody S, Zhao H, Landry K, Baker SP, McIlwaine J. Hospital mortality, length of stay, and preventable complications among critically ill patients before and after tele-ICU reengineering of critical care processes. *JAMA.* 2011;305:2175–83, <http://dx.doi.org/10.1001/jama.2011.697>.