

TABLA I. Monitorización de la profundidad anestésica

Signos clínicos	Signos clínicos indirectos: aumento de la presión arterial, frecuencia cardíaca, lagrimeo, sudación y movimientos Técnica del brazo aislado
Sistema autónomo	Contracción esfínter esofágico inferior Respuesta galvánica cutánea Variabilidad frecuencia cardíaca
Neurofisiología	Electromiografía Electroencefalograma Señales EEG procesadas, BIS® Potenciales evocados auditivos

de la hipnosis, de la incapacidad para mantener recuerdos, de la analgesia, del bloqueo autónomo, de la relajación muscular y, además, todo ello frente a un estímulo nocivo que cambia constantemente. No se dispone de un monitor capaz de proporcionar un valor único que integre información sobre esta situación compleja. Si se considera que la hipnosis es el elemento más relevante para evitar el DIO, los sistemas que valoran la pérdida de consciencia, basados en la neurofisiología, serán los más adecuados, y son los denominados actualmente, monitores de profundidad de hipnosis.

El monitor ideal debería cumplir unas características básicas: 1) máxima sensibilidad para diferenciar la pérdida de consciencia; 2) variar en tiempo real con el estado de consciencia desde los diversos grados de sedación hasta llegar a la inconsciencia; 3) válido para todos los fármacos anestésicos; 4) sensible a las diferentes modalidades de estímulo nocivo y capaz de identificar las respuestas originadas por el estímulo quirúrgico; 5) fácil de cuantificar y que no precise interpretación, y 6) ser incruento, de fácil uso en quirófano y coste/eficaz.

Los sistemas utilizados para medir la profundidad anestésica han sido numerosos, ya que son muchas las referencias clínicas utilizadas para medir el estado anestésico, al considerarse que la representaban adecuadamente. Así, se ha utilizado la valoración de signos clínicos, la valoración

de las respuestas autónomas y métodos basados en variables neurofisiológicas (Tabla I).

#### Métodos basados en signos clínicos

Los *signos clínicos indirectos* como las respuestas ante el estímulo de la frecuencia cardíaca y la presión arterial, sudación y lagrimeo continúan siendo la base de la monitorización de la profundidad anestésica. Pueden ser modificados por factores no relacionados con el estado anestésico como la administración de fármacos anticolinérgicos, antihipertensivos o betabloqueantes, la variabilidad individual de respuesta a la agresión, hipovolemia, hipotermia, hipoxia, y otros. Son poco sensibles para detectar episodios de consciencia, y es habitual que sean normales durante el DIO.

El otro gran signo clínico es el movimiento. La inmovilidad ante un estímulo nocivo se ha interpretado siempre como sinónimo de inconsciencia, pero el movimiento como respuesta a la agresión es un reflejo mediado por estructuras subcorticales y medulares<sup>(12, 13)</sup>, y por tanto, la inmovilidad ante la agresión implica áreas no responsables de la consciencia. La CAM fue el primer parámetro capaz de comparar la potencia de los anestésicos inhalados, y supuso la primera referencia cuantitativa de profundidad anestésica, ya que se asumía que el paciente que no respondía al estímulo con movimiento estaba inconsciente. Trabajos posteriores determinaron la

$CAM_{awake}$ ,  $CAM_{bar}$ ,  $CAM_{amnesia}$ , etc., es decir, diferentes valores de concentración del anestésico con los que se recuperaba respectivamente la consciencia, se producía bloqueo de la respuesta autónoma o había amnesia. Se comprobó que estos valores eran diferentes entre sí, siendo  $CAM_{amnesia} < CAM_{awake} < CAM_{incisión} < CAM_{bar}$ , y que eran modificados por la intensidad de los estímulos, edad, peso, variabilidad individual, asociación con opioides u óxido nitroso, entre otros. Posteriormente se ha comprobado que la inmovilidad no es signo directo de inconsciencia, y que tampoco el aumento progresivo de las concentraciones de los anestésicos inhalatorios modifican la respuesta hemodinámica ante el estímulo nocivo.

También se han calculado las dosis-efecto de los anestésicos intravenosos para la inconsciencia, inmovilidad, ausencia de respuesta a la intubación, etc. Estos valores presentan los mismos problemas que la CAM, es decir, variabilidad individual, modificaciones por la asociación con otros fármacos, etc.

En resumen, la CAM y las concentraciones plasmáticas de fármacos presentan una baja sensibilidad para medir el estado de consciencia y la profundidad anestésica.

La *técnica del antebrazo aislado* fue descrita por Tunstall y consiste en aislar la circulación de un brazo con un manguito o torniquete antes de administrar relajantes musculares y observar la presencia de movimientos a órdenes verbales, lo que demostraría la posibilidad de consciencia. Trabajos recientes ponen de manifiesto que entre un 0-8 % de los pacientes responden con movimientos a pesar de estar sometidos a anestesia general, pero sin memoria explícita. Es difícil diferenciar movimientos espontáneos reflejos de movimientos voluntarios. La prueba de aislamiento del antebrazo tiene mala correlación con los signos vegetativos. Esta técnica tiene baja sensibilidad (menor del 20%) para predecir la pérdida de consciencia.

### Métodos basados en la respuesta autónoma

La *contractilidad del esfínter esofágico inferior* se propuso como monitorización de la profundidad anestésica ya que la anestesia general produce una disminución de la motilidad espontánea del esófago. El tercio inferior del esófago está inervado por eferencias vagales y es poco sensible a los relajantes musculares. Es un método poco sensible y poco práctico.

Se ha utilizado la medición de la resistencia eléctrica de la piel o *respuesta galvánica cutánea* para estudiar la variación de la actividad de glándulas sudoríparas, mediada por el sistema simpático, y analizar las modificaciones que sufre durante la anestesia. No se ha encontrado relación entre las variaciones de la resistencia eléctrica y la inconsciencia.

La utilización de la *variabilidad de la frecuencia cardíaca* se basa en que, en el paciente sano, la frecuencia cardíaca varía latido a latido y de forma instantánea. Un análisis espectral ha facilitado el estudio del sistema de control autonómico que modula la variabilidad de la frecuencia cardíaca en la que se han observado dos componentes espectrales: un componente de baja frecuencia mediado por el sistema simpático y el parasimpático, y uno de alta frecuencia observado en relación con la respiración y que es mediado exclusivamente por el sistema parasimpático<sup>(14)</sup>. La oscilación de alta frecuencia del ritmo cardíaco con la respiración se denomina *arritmia respiratoria* y parece ser un índice selectivo del control vagal del corazón y una ventana sobre la actividad autonómica procesada por el núcleo solitario del cerebro. Bajo la hipótesis de que la *arritmia respiratoria* podría ofrecer un método de medida de la profundidad anestésica, numerosos grupos han estudiado el efecto de los diferentes anestésicos sobre la *arritmia respiratoria* y sus cambios en los diferentes estadios de una anestesia como la preinducción, inducción, intubación o incisión quirúrgica.

Es desde hace tiempo conocido que la variabilidad de la frecuencia cardíaca representa la ac-

