

## 7. DISCUSIÓN

### 7.1. PATRÓN ELECTROENCEFALOGRÁFICO DEL DESFLURANO A DIFERENTES CONCENTRACIONES

En nuestro primer trabajo observamos que durante la inducción anestésica apareció un cambio significativo del EEG hacia los ritmos lentos tipo delta que comportó un descenso de los valores del LE y ratio delta. Este cambio cesó en el momento de la intubación orotraqueal, que provocó una activación clara del EEG ya que se añadió a esta situación el estímulo de la laringoscopia, que contribuiría a la activación electroencefalográfica. Esta secuencia es la que observaron Billard et al.<sup>76</sup> en donde el propofol inicialmente produjo una activación del EEG a frecuencias altas, apareciendo ondas lentas a medida que aumentaba la concentración de propofol, llegando a fases de supresión a dosis mayores.

A los cinco minutos posteriores a la intubación orotraqueal, apareció una activación del EEG con un aumento de los valores del LE90 y ratio delta. En esta situación existía únicamente el efecto de la inducción anestésica, siendo los niveles plasmáticos de propofol y fentanilo los que provocarían los cambios electroencefalográficos. Según los trabajos de Scott<sup>77</sup>, existía una aparición de frecuencias más lentas al aumentar la concentración de fentanilo, aunque debido al efecto de histéresis los datos del LE no se correlacionaban directamente con los diferentes niveles de concentración plasmática de narcóticos.

La introducción de desflurano a una CAM de 0,5 produjo una mayor activación de los parámetros electroencefalográficos, tanto de los valores del LE, ratio delta, así como un aumento de los ritmos rápidos. En este momento existía una estimulación quirúrgica, probablemente superior al nivel anestésico alcanzado. Rampil y col<sup>78</sup>, establecieron los cambios producidos en el EEG al anestesiarse voluntarios sanos con desflurano concluyendo que presentaba un patrón similar al producido por dosis equipotentes de isoflurano. En el mismo estudio la sustitución de óxido nítrico por una CAM de 0,45 de desflurano aumentaba la actividad electroencefalográfica y disminuía el patrón de supresión cerebral, como

consecuencia probable de un efecto de estimulación directa del óxido nitroso que podría en parte explicar nuestros hallazgos.

En nuestro estudio, al alcanzar valores de CAM más altos, observamos que descendían progresivamente los parámetros electroencefalográficos y predominaban los ritmos lentos, siendo una CAM de 1,5 la que nos indicaba un plano anestésico adecuado. Los cambios electroencefalográficos y de la tensión arterial producidos establecían diferencias estadísticamente significativas entre cada fase, por el contrario la FC fue el parámetro que menos valor tenía como medida de diferenciación para cada fase.

La retirada del desflurano produjo en nuestras pacientes un valor medio del LE90 de 15 Hz y un aumento progresivo de los ritmos rápidos, que fueron máximos en el momento de la extubación. Drummond y col.<sup>58</sup> encontraron una variación de  $11,2 \pm 2,7$  a  $14,8 \pm 1,5$  Hz durante la fase de despertar con respecto al LE90. En esta situación, el LE50 (la frecuencia espectral que divide por la mitad la potencia del EEG) de nuestras pacientes pasó de un valor de  $5,2 \pm 2,1$  Hz a  $8,2 \pm 2,8$  Hz. En el trabajo de Drummond esta situación se caracterizó por valores similares, hallando un aumento de  $4,1 \pm 1,1$  Hz a  $9,3 \pm 2,8$  Hz en el momento de la recuperación anestésica. Este parámetro ha sido utilizado como variable control de los sistemas de infusión por retroalimentación negativa cerrados, donde el objetivo ha sido mantener valores del LE50 entre 2-3 Hz<sup>79,80</sup>.

## **7.2. DIFERENCIACIÓN DE LAS DIFERENTES FASES DE LA ANESTESIA**

En nuestro segundo estudio, durante la fase de inducción anestésica la administración de propofol y fentanilo modificó los valores de BIS y del LE90. Estos parámetros pasaron de 95,6 a 34,7 y de 20,5 Hz a 11,9 Hz respectivamente después de la intubación. Por tanto, pudimos observar como los parámetros electroencefalográficos descendieron a valores que permitieron diferenciar claramente el cambio de consciencia a la situación de inconsciencia, al registrar valores menores a los obtenidos en la situación basal. Gajraj y col.<sup>57</sup> en un estudio con 20 pacientes anestesiados con propofol y N<sub>2</sub>O al 66% en Oxígeno a través de una mascarilla laríngea, obtuvieron valores de BIS en la situación de consciencia

de 89,5 y el valor medio en situación de inconsciencia fue de 48,8, similar a los obtenidos en nuestro estudio.

Durante el mantenimiento anestésico obtuvimos unos valores de BIS y del LE90 estables de alrededor de 40 para el BIS y de 12 Hz para el LE90, requiriendo fracciones espiradas de sevoflurano de entre 1,5 y 1,7 %, en todas las fases de este periodo, permitiendo asegurar un estado de inconsciencia adecuado para el tipo de cirugía realizada. La buena relación entre los valores de la fracción espirada del anestésico inhalatorio y los valores electroencefalográficos durante el mantenimiento anestésico, ha sido estudiada por diversos autores. Schwender y col.<sup>51</sup> obtuvieron en un estudio sobre 36 pacientes ASA I y II intervenidas de cirugía ginecológica valores del LE90 de 12,06 para fracciones espiradas de sevoflurano de 1,5 %, similares a los obtenidos en nuestro estudio y concluyeron que los valores de CAM de diferentes anestésicos halogenados (isoflurano, desflurano y sevoflurano) producen valores de supresión electroencefalográfica equipotentes. Rehberg<sup>50</sup>, en un estudio sobre 39 pacientes ASA I y II obtuvieron para fracciones espiradas de sevoflurano de 1,5 % valores del LE95 similares de 12,5 Hz y llegaron a la misma conclusión que los autores anteriores. Otra conclusión de estos autores fue que el LE95 no permitía distinguir a aquellos pacientes a los que se aplicó valores de CAM de 1 o de 1,3. Kato y col.<sup>48</sup> estudiaron en 69 pacientes los cambios electroencefalográficos producidos por concentraciones de sevoflurano entre 0,2% hasta 2,4%. Los valores medios de BIS variaron entre 95,3 hasta 45,5 para concentraciones de sevoflurano entre 0,2% y 1,4%. No obstante, Detsch y col.<sup>81</sup> observaron en un estudio sobre 70 pacientes anestesiados con isoflurano, óxido nitroso y sufentanilo un aumento paradójico del BIS a concentraciones mayores de isoflurano (1,6%), que podría estar relacionado con la aparición de patrones de supresión cerebral, que eran más frecuentes en los pacientes de mayor edad.

En el momento de la recuperación anestésica, durante la extubación orotraqueal, los valores de BIS y del LE90 pasaron de 59 y 15 Hz a 92 y 22 Hz respectivamente. Ambos parámetros alcanzaban valores próximos a los basales. Estos valores altos necesarios para la extubación son similares a los obtenidos en el primer estudio con desflurano, en donde el LE90 fue de 15,47 Hz en el momento de la retirada del anestésico y de 21,55 durante la extubación. En el estudio de Gajraj<sup>57</sup>, un valor de BIS de 67 presentaba un 84% de sensibilidad y un 100% de

especificidad para determinar la situación de inconsciencia y un valor de BIS de 95 presentó un 100% de especificidad para determinar la situación de consciencia. Doi y col.<sup>52</sup> en un estudio sobre 10 pacientes anestesiados con propofol encontraron que el BIS ofrecía una mejor predicción que el LE95 para la recuperación de la consciencia, y además observaron que la transición de inconsciencia a consciencia aparecía para valores de BIS entre 64 y 80.

### **7.3. INFLUENCIA DE LA MORFINA EPIDURAL EN LOS REQUERIMIENTOS DE DESFLURANO MEDIDO A TRAVÉS DEL INDICE BIESPECTRAL**

En nuestro tercer estudio, la asociación de 2 mg de morfina a 10 ml de bupivacaina 0,25% seguido de una perfusión continua de 5 ml/h de morfina 0.025% con bupivacaina 0,25% no influyó los valores de la concentración teleespirada de sevoflurano con el objetivo de mantener unos valores del BIS entre 40 y 50 en los momentos siguientes: la incisión quirúrgica, a los 60 minutos de la incisión, durante el cierre de la pared abdominal, durante la aparición de movimiento y durante la extubación orotraqueal. A los 60 minutos de la incisión y durante el cierre de la pared abdominal, la bupivacaina habría alcanzado su pico de actividad y la morfina epidural debería tener un claro efecto antinociceptivo.

Aunque la asociación de morfina y bupivacaina produjo, en el periodo postoperatorio inmediato, una calidad analgésica mejor que la bupivacaina sola, este tratamiento no marcó diferencias en los valores del BIS ni en la concentración teleespirada de sevoflurano durante la aparición de movimiento espontáneo y en la respuesta a ordenes verbales, una vez realizada la extubación orotraqueal. Los valores hemodinámicos fueron similares en ambos grupos durante todo el procedimiento, incluso en el momento de la recuperación anestésica, aunque la analgesia fue claramente superior para el grupo de morfina.

Sin embargo, en ambos grupos la aparición de movimiento tuvo lugar para concentraciones del anestésico halogenado de alrededor de 0,3% (rango 0,1-0.8) y los pacientes fueron extubados a unas concentraciones de 0,12% (rango 0,1-0.2). Estos valores son menores que los obtenidos por Katoh y cols<sup>82</sup> que observaron

movimientos intencionados a unas concentraciones de sevoflurano de 0,76% y una concentración plasmática de fentanilo de 3 ng/ml. En el mismo estudio, la "CAM<sub>awake</sub>" de sevoflurano que fue de 0,47%, se determinó con pacientes que habían recibido fentanilo a una concentración plasmática de 3ng/ml<sup>48</sup>. Estas diferencias podrían ser explicadas por el hecho de que la técnica peridural aplicada a nuestros pacientes pudiera proveer una analgesia adecuada, tal y como se ha publicado en otros trabajos <sup>83</sup>.

Otros autores <sup>84, 85</sup> han publicado sobre la utilidad del BIS como un predictor significativo de la respuesta del paciente frente al estímulo de la incisión, pero esta respuesta depende de la técnica anestésica, y cuando se utilizaron mórnicos pacientes con un valor de BIS alto, no respondieron al estímulo de la incisión quirúrgica.

La utilidad del BIS para dosificar los requerimientos de sevoflurano ha sido validada<sup>86</sup>. Se ha podido observar por tanto una correlación lineal entre las concentraciones teleespiradas de sevoflurano y los valores del BIS, sin embargo para concentraciones de sevoflurano por encima de 1,4% existe un efecto plateau sobre el valor del BIS <sup>50, 51, 87</sup>.

En nuestro estudio, en ambos grupos la concentración espirada de sevoflurano se movió entre valores de 1,8% hasta valores de 1,3%, éste último en el momento de cierre de la pared abdominal. Esta variación en las concentraciones de sevoflurano podrían explicar parcialmente la nula influencia que ejerció la morfina epidural en los requerimientos del anestésico inhalatorio. El hecho de utilizar una baja concentración de bupivacaina (0,25%) también podría explicar esta relativa concentración elevada en ambos grupos. Sin embargo, otros estudios tampoco pudieron encontrar cambios en los valores de EEG después de realizar un bloqueo epidural lumbar, incluso con concentraciones de bupivacaina del 0,5% <sup>88</sup>.

Para conseguir una protección frente al estímulo quirúrgico en la cirugía abdominal el bloqueo epidural debe extenderse entre D<sub>4-6</sub> hasta L<sub>4-5</sub> <sup>89</sup>. Tanto la vía epidural lumbar como la vía epidural torácica pueden ser utilizadas en la cirugía de colón, sin embargo varios estudios sobre cirugía de colón han utilizado la vía torácica en lugar de la vía lumbar <sup>90, 91, 92</sup>.

Escogimos el bloqueo epidural torácico por varias razones. Una de ellas fue la edad media elevada de nuestros pacientes (71 años), que podrían beneficiarse de la posibilidad de utilizar unas dosis menores del anestésico local. Aunque las dosis requeridas se reducen con la edad <sup>93</sup> y se alcanza una mayor extensión analgésica con una dosis fija de bupivacaina en los pacientes añosos <sup>94</sup>, una mayor dosis de anestésico local es necesaria para alcanzar un bloqueo sobre D<sub>4</sub> al utilizar un catéter lumbar en lugar de un catéter torácico. Otra razón para escoger el bloqueo epidural torácico, fue el hecho de que ninguno de nuestros pacientes la cirugía incluyó la manipulación de la zona perianal, por lo que la analgesia sobre los dermatomas sacros no fue necesario y el bloqueo epidural torácico podría de esta manera proveer una analgesia adecuada para este tipo de intervenciones.

Un motivo que explicaría la nula influencia en los requerimientos de sevoflurano podría ser que no funcionara el catéter epidural. Sin embargo, en nuestro estudio determinamos, previo a la inducción anestésica la extensión de dermatomas analgesiados mediante punción cutánea. Por otra parte, el alto porcentaje de pacientes en ambos grupos que requirieron efedrina y el bajo porcentaje de pacientes que requirieron labetalol, indicaban que el bloqueo epidural funcionaba en ambos grupos.

Utilizamos en este grupo de pacientes, en la inducción anestésica, una dosis baja de fentanilo ( $2 \text{ mcg kg}^{-1}$ ) para evitar la respuesta hemodinámica a la intubación orotraqueal. Esta dosis en bolus, produce una concentración plasmática de alrededor de 1-2 ng/ml <sup>95</sup> que podría haber ejercido alguna influencia en los requerimientos del anestésico halogenado <sup>96</sup>. Por otra parte, la rápida distribución de la vida media del fentanilo es de 1,7 minutos y la distribución lenta de la vida media es de 13-28 minutos <sup>97</sup>. Así pues, el bolus administrado a nuestros pacientes no era suficiente para mantener una concentración plasmática de fentanilo en el rango terapéutico más allá de los 30 minutos. Aunque, concentraciones muy bajas de fentanilo podrían haberse mantenido durante el procedimiento quirúrgico, estas concentraciones probablemente eran menor de 4,17 ng/ml, que es la Cp50-BAR (concentración plasmática mínima de fentanilo necesario para prevenir una respuesta somática, hemodinámica o autonómica en el 50% de los pacientes después de una incisión de la piel) que establecieron en su trabajo Glass y cols <sup>98</sup>.

Escojimos una dosis de 2 mg de morfina por su seguridad, sobre todo en los pacientes de mayor edad y además se ha demostrado eficaz en la cirugía abdominal baja <sup>99-100</sup>. Esta dosis se recomienda en bolus para la analgesia con morfina epidural a nivel torácico <sup>101</sup>. La seguridad de esta dosis es el resultado de una baja concentración alcanzada en el líquido cefalorraquídeo, que como consecuencia produce una menor difusión cefálica de la morfina. La concentración en el líquido cefalorraquídeo de morfina, depende de la edad (menor distribución a través de los espacios intravertebrales), dosis (mg de morfina) y el volumen (ml administrados). Dosis mayores de morfina (4 mg) podrían haber ejercido mayor influencia sobre los requerimientos de sevoflurano, pero el riesgo de depresión ventilatoria tardía también es mayor.

La absorción venosa de morfina, desde el espacio epidural, se produce de forma rápida. El 95% de la dosis epidural llega al espacio intravascular después de unos 5-15 minutos y desaparece después de 30-60 minutos <sup>101, 102</sup>. Pensamos que la absorción venosa de morfina (2 mg) desde el espacio epidural no podría influenciar el estado anestésico ya que el pico de acción plasmático de la morfina tenía lugar en el primer periodo del estudio y no en la parte final del mismo. Por el contrario, el efecto de la morfina epidural se inicia a los 30 minutos después de su administración (coincidiendo con el inicio de la cirugía) y alcanza su efecto máximo a los 90 minutos después, que corresponde en nuestros pacientes a la mayor parte de la cirugía.

Por tanto, pudimos observar que añadir morfina a la bupivacaina epidural, durante la cirugía abdominal mayor, no produjo cambios en los valores del BIS ni tampoco redujo los requerimientos de sevoflurano, pero sin embargo si que se obtuvo una mejor calidad en la analgesia postoperatoria, justo en el momento de la extubación orotraqueal.

#### 7.4. DIFERENCIACIÓN DEL ESTADO DE CONSCIENCIA INCONSCIENCIA

En el conjunto de nuestros trabajos, hemos podido diferenciar a través de los diferentes parámetros electroencefalográficos, la situación de consciencia respecto de la situación de inconsciencia. En la segunda parte del estudio los valores obtenidos fueron de  $95,6 \pm 3$  para el BIS y de  $20,5 \pm 2,34$  Hz para el LE90 en la situación basal, con el paciente en estado de consciencia, que pasaron tras la administración de propofol y fentanilo a  $36,3 \pm 10,4$  para el BIS y de  $12,9 \pm 2,9$  Hz para el LE90, en el momento de la situación de inconsciencia. Sleight y col.<sup>54</sup> obtuvieron valores similares en un estudio realizado sobre pacientes anestesiados con propofol. El BIS pasó de un valor basal de  $95 \pm 1$  a un valor de  $44 \pm 1$  tras la inducción. En este estudio el valor medio del BIS en el momento de la recuperación anestésica fue de 79.65. En esta fase observaron que 14 pacientes respondían a órdenes verbales para valores de BIS menores de 75 y 6 pacientes para valores menores de 60. Esta variabilidad se atribuyó al tiempo necesario del monitor para procesar los datos ya que el BIS pasa de forma rápida a valores por encima de 95 al cabo de 20-30 s.

En la primera parte del estudio, también pudimos observar como el LE90 y la ratio delta presentaron un descenso significativo, con respecto a los valores basales durante la inducción anestésica. El LE90 pasó de un valor basal, con el paciente despierto de  $19 \pm 3$  Hz a un valor de  $9 \pm 3$  Hz en el momento de pérdida del nivel de consciencia; así mismo la ratio delta sufrió un cambio similar, de un valor de  $1,9 \pm 1$  a un valor de  $0,5 \pm 0,4$  después de la inducción anestésica. Por último esta diferenciación del estado de consciencia con respecto al estado de inconsciencia vuelve a diferenciarse en la tercera parte del estudio donde observamos como el BIS pasó de valores iniciales de 96-97 a 35-39 después de la inducción anestésica, en ambos grupos de forma similar. Gajraj y col.<sup>57</sup> en un estudio con 20 pacientes anestesiadas con propofol y N<sub>2</sub>O al 66% en oxígeno mediante mascarilla laríngea, obtuvieron unos valores de BIS en la situación de consciencia-inconsciencia similares a los nuestros. En este caso los valores de BIS que obtuvieron fueron de 89.5, durante la situación de consciencia y de 48,8 durante la situación de inconsciencia. El valor límite del BIS que presentó una

sensibilidad de predicción del 85% y una especificidad del 100%, en este estudio fue de 67 para la inconsciencia y de 86 para la consciencia.

### 7.5. PROFUNDIDAD ANESTESICA

Conseguir una medida de la profundidad anestésica ha sido uno de los objetivos de esta monitorización, pero para ello es importante establecer cual es el gol standard necesario para definir una situación de adecuada o inadecuada cantidad de anestesia. La aparición de movimiento o una respuesta hemodinámica elevada se ha considerado, clásicamente, como una señal de inadecuada anestesia.

En la segunda parte de nuestro trabajo se estableció la fase de recuperación como el momento de inadecuado nivel de anestesia. Se buscaron aquellos valores electroencefalográficos y de la fracción espirada de sevoflurano, donde apareciera movimiento como una señal que indicará esta situación. La aparición de movimiento tuvo lugar para valores de BIS de  $77,3 \pm 9,4$  con un rango entre (58-96) y para valores del LE90 de  $18,7 \pm 2,5$  Hz con un rango de (13-18 Hz) y la concentración espiratoria de sevoflurano fue de  $0,3 \pm 0,1$  con un rango de valores de (0,1-0,7) A pesar de la gran variabilidad en los valores del BIS recogidos durante la aparición de movimiento, éste apareció únicamente para valores por encima de 58, lo que sugiere que manteniendo valores del BIS por debajo de 60 podría asegurar un nivel adecuado de anestesia. Katoh y col.<sup>48</sup> encontraron, sin embargo, que la concentración espirada de sevoflurano ofrecía una probabilidad de predicción de movimiento frente a la incisión quirúrgica mejor que los parámetros electroencefalográficos BIS y LE95. La probabilidad de predicción del BIS fue de 0,57, la del LE95 de 0,51, mientras que la predicción de la concentración del sevoflurano fue del 0,90. Esto podría llevar a pensar que las concentraciones espiradas de los agentes inhalatorios podrían ser una solución como indicador predictivo de la aparición de movimiento, aunque a nuestro entender, este problema todavía no está solucionado para cualquiera de los métodos empleados hasta la actualidad.

El valor medio del BIS que obtuvimos durante la aparición de movimiento es el que se considera, en la literatura, como una situación de sedación insuficiente para un estímulo quirúrgico importante. En general se acepta como una medida de la profundidad anestésica con relación al BIS la graduación expresada en la tabla 7.1:

**Tabla 7.1. Graduación de la profundidad anestésica respecto al BIS**

BIS	Nivel anestésico
100	Despierto
100-70	Sedación moderada. Educación anestésica
70-60	Sedación profunda o anestesia ligera
60	Inconsciencia
60-40	Profundidad anestésica adecuada
40-0	Anestesia muy profunda-supresión EEG

Struys y col<sup>103</sup> encuentran que el BIS es útil como medida de la profundidad anestésica en pacientes anestesiados mediante propofol utilizando la técnica de diprifusor. En el grupo de pacientes donde las concentraciones anestésicas del fármaco se determinaban con el objetivo de mantener un valor de BIS entre 40-60, aparecía un porcentaje menor de movimiento a la incisión quirúrgica, así como durante el mantenimiento anestésico. En un estudio multicéntrico con 300 pacientes obtuvieron unos resultados similares, el grupo donde la anestesia fue guiada a través del BIS el porcentaje de movimiento frente a la incisión quirúrgica fue menor. En este trabajo el grupo control presentó unos valores de BIS de  $66 \pm 19$  y apareció movimiento en el 43% de los pacientes y en el grupo de pacientes donde la anestesia fue guiada a través del BIS, este presentó unos valores de  $51 \pm 19$  y sólo apareció movimiento en 13% de los pacientes. En este trabajo también concluyeron que al administrar opiáceos, la correlación del BIS con la aparición de movimiento era menor. Los valores de BIS fueron más elevados sugiriendo situaciones de anestesia más superficial y no presentaron movimiento frente a la incisión quirúrgica <sup>104</sup>.

Otro estudio realizado sobre 46 pacientes no encontraron que el parámetro electroencefalográfico BIS distinguiera la aparición de movimiento ante la

colocación de la mascarilla laríngea y hallaron una probabilidad de predicción sólo del 0.547<sup>63</sup>.

En el primer trabajo, durante los cinco minutos posteriores a la intubación orotraqueal, sólo existía el efecto residual de la inducción anestésica y apareció una activación del EEG en forma de un aumento de los valores del LE90 y ratio delta. También observamos que en el momento de alcanzar una CAM de 0,5 con la presencia del estímulo quirúrgico, apareció una mayor activación de los parámetros electroencefalográficos, indicando probablemente un nivel anestésico inadecuado. Es importante destacar que en estas fases, sin embargo los parámetros hemodinámicos no indicaron una situación de inadecuada anestesia.

Correlacionar los parámetros electroencefalográficos con la profundidad anestésica o con las respuestas autonómicas a los diferentes estímulos quirúrgicos, como ya hemos dicho, es un punto controvertido y complejo de esta monitorización. Rampil encontró que los pacientes con valores del LE95 igual o mayor a 14 antes de la laringoscopia presentaban una respuesta hipertensiva significativamente mayor a este estímulo<sup>11</sup>. Sin embargo White y col.<sup>60</sup> no encontraron cambios significativos entre el LE y los valores hemodinámicos en su estudio. A pesar de que ambos trabajos no son comparables, ya que emplean inductores diferentes y monitores distintos, sí que hallan valores del LE basales, preinducción y postinducción similares. Dwyer<sup>105</sup> analizó diferentes parámetros electroencefalográficos en relación a diferentes CAM de isoflurano y halló un descenso de la actividad de éste proporcional a la dosis, parecido al hallado en nuestro trabajo.

Los parámetros electroencefalográficos del LE, por otra parte tampoco son útiles para medir la profundidad anestésica cuando aparecen patrones de supresión cerebral<sup>49</sup>. Schwender<sup>82</sup> encontró, que un valor del LE90 de 14 Hz era un predictor de aparición de movimientos durante la anestesia con una sensibilidad del 72% y una especificidad del 82%. Liu y col.<sup>106</sup> correlacionaron varios valores electroencefalográficos con la escala OAA/S (Observer's Assesment of Alertness/Sedation) de sedación graduada de 1 a 5, y como consecuencia de su estudio recomendaron el índice bispectral como un parámetro de mejor correlación.

En un estudio posterior que correlacionaron el BIS con dicha escala de sedación, observan una buena correlación de este parámetro con los diferentes niveles, pero era dependiente de la técnica anestésica empleada <sup>107</sup>. El uso clínico de un solo parámetro como método único de valoración de la profundidad anestésica es controvertido debido a la variabilidad interindividual y a los diferentes anestésicos y criterios clínicos empleados, así pues, Gurman <sup>108</sup> propone el uso de una matriz que incluye datos hemodinámicos y valores del LE90 como criterios de profundidad anestésica. La situación ideal sería un LE90 entre 8-12 Hz, junto con una variación máxima de la presión arterial de  $\pm 20$  mmHg.

En la tercera parte del estudio se incluyó un nuevo factor determinante en la profundidad anestésica que es la anestesia epidural. En esta parte pudimos observar que la adición de morfina con el anestésico local bupivacaina no influyó en los valores de concentración espirada de sevoflurano cuando el objetivo del acto anestésico era mantener un valor de BIS entre 40-50 durante los diferentes momentos definidos para la recogida de las variables del estudio. En ambos grupos, durante la fase de la educación anestésica, apareció movimiento para unas concentraciones medias del anestésico halogenado de alrededor de 0.3% (rango 0.1-0.8), estos valores son menores que los publicados por Kato y cols <sup>82</sup>, que observaron movimiento para unas concentraciones de sevoflurano de 0.76% que se correspondían con una concentración plasmática de fentanilo de 3 ng/ml. Estas diferencias en las concentraciones del anestésico halogenado podrían explicarse por la presencia de un bloqueo peridural añadido que pudiera proveer una analgesia adecuada, tal y como se ha publicado en otros trabajos <sup>83</sup>.

Doi y col. <sup>63</sup>, encontraron que tanto el BIS como el LE95 ofrecían un bajo poder predictivo (probabilidad de predicción=50%) de aparición de movimiento ante el estímulo de la colocación de la mascarilla laríngea. Otros autores como Sleight y col <sup>54</sup>, tampoco encontraron valores de BIS que diferenciaron la aparición del reflejo tusígeno. Sin embargo, Schwender y col. <sup>82</sup> en un estudio sobre 49 pacientes bajo anestesia general y bloqueo peridural obtuvieron un valor del LE90 de 14 Hz como límite para la predicción de movimiento, con una sensibilidad del 72% y una especificidad del 82%. Otros autores como Kearse y col. <sup>109</sup> encontraron que el BIS era un parámetro electroencefalográfico que se correlacionaba con la aparición de movimiento ante el estímulo de la incisión quirúrgica. El valor medio de BIS de los

pacientes que presentaron movimiento, antes de la incisión quirúrgica, fue de 70 y la de los pacientes que no presentaron movimiento fue de 54. Sebel y col.<sup>104</sup>, en un estudio multicéntrico sobre 304 pacientes encontraron el BIS útil como predictor de la aparición de movimiento, pero la asociación de analgésicos opioides disminuía la correlación de éste parámetro con la aparición de movimiento. El valor predictivo del índice biespectral para la aparición de movimiento no es independiente de la técnica anestésica empleada<sup>85, 110</sup>.

### **7.6. CONCENTRACION ANESTÉSICA Y EL EEG**

En la primera parte del estudio pudimos observar un descenso progresivo del LE90 y de la ratio delta en relación a concentraciones mayores de desflurano, salvo en el momento de alcanzar una CAM de 0,5, en donde existía una relación inadecuada de la profundidad anestésica con relación al estímulo quirúrgico. Esto nos indica que existe una correlación inversa de los parámetros electroencefalográficos con las concentraciones anestésicas. Estos cambios paralelos no se reflejaron en relación a los parámetros hemodinámicos, siendo la frecuencia cardiaca el valor que menos variaciones presentó en cada aplicación de la CAM.

En la segunda parte del estudio no se puede deducir que exista esta correlación, ya que los parámetros electroencefalográficos se mantienen estabilizados durante toda la fase de mantenimiento anestésico, pero pudimos sin embargo, observar que una fracción teleespirada de sevoflurano de 1,5% correspondía con un valor de BIS de 40 del LE90 de 11,9 Hz. Estos resultados son similares a los publicados por otros autores<sup>48, 111</sup>.

Sin embargo según otros trabajos publicados, utilizar el BIS como parámetro guía de la profundidad anestésica ha permitido un uso más racional de los anestésicos inhalatorios. La administración de desflurano y sevoflurano mediante la utilización del BIS ha permitido disminuir las necesidades del anestésico en los pacientes monitorizados y además ha ofrecido una mayor rapidez en la

recuperación anestésica <sup>112</sup>. Otro estudio consigue demostrar en pacientes anestesiados con propofol o desflurano para cirugía ambulatoria, una correlación de los valores del BIS con la rapidez en la recuperación y alta de la unidad de recuperación postanestésica <sup>113</sup>. En otro estudio realizado sobre un total de 585 pacientes donde el BIS era utilizado para la administración de sevoflurano obtuvieron una reducción en el consumo de éste del 13% y una reducción en el tiempo de recuperación anestésica del 11% <sup>114</sup>.

Se ha estudiado también la correlación del BIS y el LE95 con respecto a diferentes concentraciones plasmáticas de propofol hallando una relación inversamente proporcional de ambas variables, con un valor de r de 0,734 para el BIS y un valor de r de 0,686 para el LE95 <sup>52</sup>. Billard y col <sup>75</sup>, estudiaron el modelo farmacodinámico de diferentes parámetros electroencefalográficos para diferentes fármacos (midazolam, alfentanilo y propofol), y obtuvieron valores de correlación similares para el caso del propofol con unas  $r^2$  de 0,62-0,87.

## 7.7. RESUMEN

Podemos resumir que en conjunto los parámetros electroencefalográficos son adecuados para diferenciar las situaciones de consciencia e inconsciencia aunque falta determinar con exactitud el valor límite que indique el paso de un estado a otro. En general, unos valores de BIS por debajo de 60 y un valor del LE90 por debajo de 14 Hz parecen ser suficientes para indicar un nivel de inconsciencia del enfermo adecuado durante el acto quirúrgico.

De la primera parte del estudio podemos observar que la monitorización con la electroencefalografía procesada puede ser una buena medida de la profundidad anestésica, ya que nos ofrece unos cambios significativos en relación al plano anestésico de cada fase. Estas diferencias no son siempre objetivables en la monitorización rutinaria de los parámetros hemodinámicos. La ventaja de esta monitorización es que consigue unos valores fácilmente interpretables. Sin embargo aunque el monitor de electroencefalografía procesada es un instrumento útil como medida de la profundidad anestésica, presenta unas limitaciones como

consecuencia de la gran variabilidad interindividual y a los problemas de interpretación que esto comporta.

Queda por determinar qué parámetro electroencefalográfico refleja mejor un nivel adecuado de hipnosis. Los trabajos publicados son difíciles de comparar entre sí ya que utilizan diferentes criterios de adecuada sedación, así como técnicas anestésicas diferentes. En respuesta a esta cuestión sugerimos de acuerdo con los trabajos publicados al respecto<sup>82, 108, 58</sup> unos valores del LE90 entre 8 Hz -12 Hz, siendo el valor de 14 Hz el límite para asegurar un nivel adecuado de sedación y un valor del BIS entre 40-60 para la situación de anestesia profunda.

Por otra parte vemos que los parámetros electroencefalográficos son útiles como medida del efecto a nivel cerebral de los diferentes anestésicos, tanto inhalatorios como endovenosos y estos parámetros pueden ser utilizados para la creación de diferentes modelos farmacodinámicos para cada uno de los fármacos.

De la segunda parte de nuestro estudio podemos concluir que los parámetros electroencefalográficos han sido útiles para diferenciar de forma clara la situación de consciencia-inconsciencia de los pacientes durante la inducción y para la recuperación anestésica. Por tanto podemos decir que un componente del acto anestésico queda diferenciado mediante estos parámetros. Sin embargo, en este sentido los cambios observados en la tensión arterial reflejaron únicamente el efecto vasodilatador de los fármacos anestésicos y por el contrario el aumento de la frecuencia cardiaca, durante la intubación y extubación orotraqueal expresan la falta de protección neurovegetativa en ambas intervenciones.

Durante el mantenimiento anestésico valores de la fracción espirada de sevoflurano de 1,5% fueron suficientes para asegurar un plano anestésico adecuado para el tipo de cirugía, ya que se correspondieron con valores del EEG que aseguraban una inconsciencia del paciente. Con respecto a otro componente del acto anestésico que es la inmovilidad del paciente, a partir de los resultados de nuestro estudio concluimos que para valores del BIS por encima de 58 y del LE90 por encima de 13, podría esperarse la aparición de movimiento, al aplicar un

estímulo quirúrgico comparable al producido durante el cierre de la pared abdominal. Asimismo valores de la concentración espirada de sevoflurano por debajo de 0,7 podrían ser una alarma de la aparición de movimiento durante la cirugía. Por otra parte los parámetros de la tensión arterial son insuficientes para indicar un riesgo potencial de aparición de movimiento.

De la tercera parte del estudio podemos resumir que la adición de 2 mg de morfina al espacio epidural durante una intervención de cirugía mayor abdominal, no producía una disminución en los requerimientos del anestésico inhalatorio, cuando su administración era controlada a través de la monitorización electroencefalográfica, sin embargo la adición de esta dosis de morfina era suficiente para proporcionar una mayor calidad en la fase de recuperación anestésica, ya que proporcionaba un mayor grado de analgesia en el momento de la extubación.