

UTILIDAD DE LA MONITORIZACIÓN TRANSCUTÁNEA DE CO₂ DURANTE EL REGISTRO POLISOMNOGRÁFICO EN UNA UNIDAD DE SUEÑO

M. Sánchez Bommatty¹, M. Merino Sánchez², A. León Jiménez³, M.P. Foncubierta Fernández², F. Fernández Pérez².

¹Sección de neumología. Hospital Santa Bárbara, Puertollano. ²UGC de neumología, alergia y cirugía torácica. Hospital universitario Puerta del Mar, Cádiz. ³UGC de neumología, alergia y cirugía torácica. Hospitales universitarios Puerta del Mar y Puerto Real, Cádiz.

Proyecto financiado con Beca Fundación Neumosur 17/2011

Resumen

Los trastornos respiratorios del sueño son frecuentes en la población general y generan un alto consumo de recursos por ingresos, consultas y uso crónico de las terapias ventilatorias. La medición de CO₂ transcutánea (tcCO₂) ha mostrado buena correlación con la presión arterial de CO₂ (PCO₂) y es superior al pulsioxímetro para detectar hipoventilación. Su uso está poco extendido en nuestro medio. Nuestro objetivo fue valorar su utilidad en estudios de sueño basales y en titulaciones de CPAP y BIPAP, aplicadas a pacientes con síndrome de apneas del sueño (SAHS) y síndrome de obesidad-hipoventilación (SOH). Usamos el medidor tcCO₂ en polisomnografías (PSG) basales de pacientes con sospecha de patología respiratoria del sueño y en titulaciones de CPAP o BIPAP de pacientes ya diagnosticados. Se realizaron 102 estudios a 89 pacientes. Hubo 45 estudios basales, 21 titulaciones de CPAP y 34 de BIPAP. La patología más frecuente fue el SAHS. La presión media de las titulaciones de CPAP fue de 9,6 cmH₂O. En las titulaciones de BIPAP la IPAP media fue de 15,7 y la EPAP media de 7,4. El índice de desaturación (IDH) medio fue de 27. La SpO₂ media fue de 91,8% y el CT90 del 22,9%. La tcCO₂ media fue de 45,6 y la máxima de 49,2. No hubo efectos secundarios a la monitorización tcCO₂. Conclusiones: observamos hipercapnia latente en muchos pacientes y el medidor fue bien tolerado. Creemos que la monitorización tcCO₂ puede ser útil como método no invasivo para detectar hipoventilación, aun con cifras normales de SpO₂.

Palabras clave: Hipoventilación, ventilación no invasiva, medición transcutánea de CO₂.

THE USEFULNESS OF TRANSCUTANEOUS MONITORING OF CO₂ DURING A SLEEP STUDY IN THE SLEEP DISORDER UNIT

Abstract:

The transcutaneous CO₂ (tcCO₂) monitoring has demonstrated a good correlation with the arterial CO₂ value, and is better than pulseoxymeter for to detect hypoventilation episodes. The tcCO₂ monitoring is not routine in our environment. The aim of our study was to evaluate the utility of tcCO₂ monitoring in our sleep unit, in basal studies and in non invasive ventilation settings. We performed a prospective study. We measured the tcCO₂ values in basal polysomnographies (PSG) and in CPAP or BIPAP settings in patients with diagnosis of OSAS, obesity-hypoventilation Syndrome and COPD. We included 102 studies in 89 patients. There were 45 basal studies, 21 CPAP settings and 34 BIPAP settings. The most frequent pathology was OSAS. The mean pressure in CPAP settings was 9.6 H₂Ocm, while in BIPAP settings the mean IPAP was 15.7 and the mean EPAP was 7.4. The mean desaturation index was 27, the mean peripheral O₂ value was 91.8%, and the mean cumuled time under 90% (CT90) of O₂ peripheral saturation was 22.9%. The mean tcCO₂ was 45.6 and the maximum was 49.2. Conclusions: tcCO₂ monitoring is a non invasive method for to detect hypoventilation episodes in patients with sleep pathology and in non invasive ventilation settings, although the peripheral oxygen saturation remains in normal values.

Key words: Hypoventilation, non-invasive ventilation, transcutaneous monitoring of CO₂

Recibido: 29 de febrero de 2016. Aceptado: 2 de marzo de 2017.

Mercedes Sánchez Bommatty
merchedit@hotmail.com

INTRODUCCIÓN

Los trastornos respiratorios durante el sueño son una patología frecuente en la población general. Generan un alto consumo de recursos para el sistema sanitario en relación a ingresos hospitalarios, asistencia a consultas o urgencias y al uso crónico de las terapias ventilatorias. El síndrome de apneas-hipopneas del sueño (SAHS) se define como un cuadro de somnolencia excesiva, trastornos cognitivo-conductuales, respiratorios, cardíacos, metabólicos o inflamatorios secundarios a episodios repetidos de obstrucción de la vía aérea superior durante el sueño¹. Es un desorden frecuente, presente en el 2 - 4% de la población adulta². Para su diagnóstico es preciso la realización de poligrafía respiratoria o polisomnografía (PR o PSG) siendo preciso para el diagnóstico un índice de apneas-hipopneas (IAH) >5 y los síntomas relacionados con la enfermedad¹. Otra de las patologías frecuentes es el síndrome de obesidad-hipoventilación (SOH), definido por la combinación de hipercapnia diurna (presión parcial de anhídrido carbónico, PCO₂ >45 mmHg) y la presencia de obesidad (índice de masa corporal >30 Kg/m²), en la que la reducción de peso revertiría las alteraciones del sueño, hipertensión pulmonar e insuficiencia respiratoria que el SOH conlleva³.

Como conocemos, durante el registro de PR se colocan generalmente en el paciente sensores de posición corporal, de esfuerzo respiratorio, flujo aéreo y pulsioximetría, entre otros⁴. La extensión del uso del pulsioxímetro ha permitido la monitorización no invasiva de la saturación de oxígeno de la hemoglobina arterial y el pulso. El capnógrafo, por su parte, la medición de CO₂ en aire espirado o monitorización transcutánea de forma no invasiva. La medición transcutánea de CO₂ en humanos fue descrita por primera vez en 1960 por Severinghaus y consiste en colocar un electrodo pegado a la piel, que la calienta hasta los 42° C, vaporizando el CO₂ capilar en tejido subcutáneo, que es la concentración que realmente se mide a través de un emisor/ lector de luz infrarroja a determinada longitud de onda, que es absorbida por el CO₂ presente en el tejido, siendo la cantidad de esta luz que llega al lector proporcional a la cantidad de CO₂ existente en el tejido. Estas medidas se leen en un monitor de lectura continua conectado al electrodo⁵.

Su uso está cada vez más extendido, empleándose en pacientes con hipoventilación alveolar, tanto en unidades de sueño, como en consultas externas, hospitalización y unidades de cuidados intensivos de neonatos y adultos, en las que se realiza ventilación mecánica no invasiva e invasiva (VNI o VMI).

Actualmente, la gasometría arterial (GSA) continúa siendo el método más

exacto para la medición de presión arterial de oxígeno (PO₂) y PCO₂ y del equilibrio ácido-base, permitiéndonos conocer el grado de oxigenación de la sangre arterial y la ventilación pulmonar⁶.

A partir de la segunda mitad del siglo pasado, son múltiples los estudios que han comparado el gold standard, la gasometría arterial, con el medidor transcutáneo de CO₂.

Revisando la literatura, el mayor número de estudios sobre el tcCO₂ es en pacientes neonatos⁷ y en edad pediátrica, tanto en procesos agudos⁸ como en diagnóstico durante la realización de poligrafías⁹. Cada vez es mayor el número de estudios que se realiza en pacientes adultos, entre los que se encuentra el de Moronta y Gutiérrez⁶, en el que incluyeron pacientes estables que acudieron a consultas externas por patología respiratoria y en los que se realizó GSA basal y una medición única de tcCO₂, siendo la media de las diferencias entre ambas técnicas diagnósticas del 1,08% y los valores capnográficos superiores a los gasométricos en un 1,1% (p <0,01). Igualmente, se recogen en la literatura estudios en pacientes en situación de fallo respiratorio agudo con ventilación mecánica no invasiva, con monitorización continua de CO₂, en los que no recomiendan la medición de tcCO₂ como sustituto de la PCO₂, pero si su papel evolutivo y de respuesta al tratamiento¹⁰.

El desarrollo y la expansión de los medidores transcutáneos de CO₂ parte de la base de ser un registro continuo nocturno, en comparación con la GSA, que es una determinación puntual, por la que puede enmascarar la hipoventilación nocturna¹¹.

En algunos trabajos, se ha estudiado la tolerancia al dispositivo, recomendando inicialmente el cambio de lugar de registro a las 4 horas y la recalibración del equipo, para evitar la quemadura de la piel¹², ya que el dispositivo, como se ha comentado, aumenta la temperatura hasta los 42 o 43 °C para su correcto funcionamiento. No obstante, hay trabajos más recientes que han monitorizado la medición de tcCO₂ durante 8 horas de registro continuo, sin describir disconfort ni efectos secundarios, como quemaduras de la piel^{13,14}.

El objetivo de nuestro trabajo fue valorar la utilidad de la monitorización transcutánea de CO₂ como herramienta no invasiva para detectar episodios de hipoventilación, en estudios basales de sueño de pacientes con sospecha de trastornos respiratorios durante el sueño, así como en titulaciones de CPAP o BIPAP en pacientes ya diagnosticados de patología respiratoria durante el sueño.

Un objetivo secundario fue valorar la tolerancia al dispositivo y si aparecía

disconfort o efectos secundarios en el lugar de aplicación del electrodo en los pacientes que estudiamos durante un registro continuo nocturno.

MATERIAL Y MÉTODOS

Realizamos un estudio prospectivo, observacional, de las polisomnografías basales y las titulaciones de CPAP o BIPAP con control de poligrafía respiratoria o polisomnografía realizadas en la unidad de sueño del Hospital Puerta del Mar. Al equipo del estudio de sueño se incorporó el medidor de CO₂ transcutáneo, marca TOSCA 500 (*Radiometer medical Aps., Copenhagen*). Fueron reclutados todos pacientes derivados a la unidad de sueño con sospecha de patología respiratoria del sueño (SAHS, SOH) o ya diagnosticados, que fueran a ser sometidos a titulación de CPAP o BIPAP, desde el 1 de marzo de 2013 hasta el 31 de agosto de 2014.

El estudio se llevó a cabo en la unidad de sueño del Hospital Puerta del Mar, en Cádiz. Nuestro medidor transcutáneo de CO₂ TOSCA 500, se encuentra conectado a uno de los polisomnógrafos de Jaeger SleepLab 1000p (*Jaeger, Warwick, UK*) de que disponemos. Por tanto, todos los estudios se realizaron en la misma cama de PSG con el mismo equipo de polisomnografía y el mismo medidor de CO₂ transcutáneo, previa calibración del aparato para evitar errores de medición. En todos los estudios se obtenía la señal del medidor transcutáneo en tres valores: tcCO₂ mínimo, medio y máximo de cada paciente.

En nuestro estudio se ha realizado el registro continuo durante la noche, sin recalibración durante el mismo, ni cambio de localización del sensor durante toda la prueba.

Fueron criterios de inclusión: adultos mayores de dieciocho años con alguna de las siguientes características:

- Inmunocompetentes con obesidad (IMC >30 Kg/ m²) y sospecha de patología respiratoria del sueño.
- Pacientes diagnosticados de esclerosis lateral amiotrófica (ELA) con sospecha de hipoventilación alveolar por pulsioximetría nocturna basal sospechosa realizada al diagnóstico o durante el seguimiento en nuestra unidad de ELA o por hipercapnia diurna detectada en gasometría arterial basal en pacientes con alteración de la capacidad vital forzada en pruebas funcionales respiratorias.

- Sospecha de SAHS.
- Sospecha de SOH.
- Pacientes diagnosticados de SAHS o SOH para titulación de CPAP o BIPAP.

Los criterios de exclusión fueron la negativa del paciente a participar en el estudio y/o la negativa a recibir soporte ventilatorio nocturno, previo consentimiento informado relativo a dicho tratamiento.

Se recogieron datos demográficos de los pacientes, así como hábito tabáquico, existencia de EPOC (con valores espirométricos en su caso) y presencia de factores de riesgo cardiovascular: hipertensión arterial (HTA), dislipemia, diabetes mellitus tipo 2 (DM-2), y obesidad. La obesidad se definió como aquel paciente con IMC >30 Kg/ m². Se clasificó a los paciente en función del grado de obesidad en 3 grupos: obesidad moderada (IMC 30 - 35 Kg/ m²), obesidad severa (IMC 35 - 39,9 Kg/ m²) y obesidad mórbida (>40 Kg/ m²). También se recogió el índice de comorbilidad de Charlson. En todos los casos, realizamos el test de somnolencia diurna de Epworth, el estudio fue nocturno y se recogieron las siguientes variables para su análisis: IAH, IDH del 4%, saturación periférica de O₂ (SPO₂) media y mínima, CT90, valor medio y máximo de CO₂ transcutáneo (tcCO₂) durante la noche de duración del estudio. Se analizan, en primer lugar, las características y los valores de la muestra global y posteriormente por subgrupos de diagnóstico, analizando a los pacientes con SAHS, SOH, EPOC y con patología neuromuscular.

Las variables han sido recogidas en una base de datos y analizadas mediante el paquete estadístico SPSS versión 15.0. Se ha realizado un análisis estadístico de todas las variables incluidas en el estudio. Las variables cualitativas se expresan como frecuencias absolutas y porcentajes, mientras que las variables cuantitativas se expresan como medias y desviaciones típicas. La correlación entre variables cuantitativas se midió mediante la prueba de Pearson. Hemos utilizado la prueba de Chi-cuadrado para medir la asociación y comparar proporciones entre variables cualitativas.

La selección de variables independientes para el análisis multivariado se ha basado en el grado de significación estadística obtenido en el análisis univariado, considerando la variable principal la presencia de hipercapnia. En todos los casos, se han considerado significativas aquellas diferencias cuyo valor p, asociado a la prueba de contraste, sea menor o igual de 0,05.

El estudio se ha realizado respetando los principios éticos para las investi-

gaciones médicas en seres humanos de la declaración de Helsinki de la asociación médica mundial, así como la legislación vigente para ensayos clínicos con productos sanitarios y previa autorización del comité ético de investigación clínica del centro.

RESULTADOS

Análisis de la muestra global

Incluimos un total de 89 pacientes, en los que se realizaron un total de 102 estudios de sueño nocturnos con medición de tcCO₂. De los 89 pacientes, el 52,5% fueron mujeres. La edad media fue de 64 años (rango 20 a 90). La puntuación media del test de Epworth fue de 6,5 puntos.

La mitad de los pacientes presentaba antecedente de tabaquismo, siendo mayor en los varones (62,5%) frente a las mujeres (37,5%), $p < 0,001$. El IMC medio fue de 35,7 Kg/m² (rango 16,4 a 61), presentando obesidad el 73,7% de los pacientes. De ellos, el 39,5% presentaron una obesidad mórbida, con IMC mayor de 40.

En cuanto a los otros factores cardiovasculares analizados, su presencia fue bastante importante en la muestra, de tal manera que la frecuencia de hipertensión arterial fue del 68,8%, la dislipemia estaba presente en el 40% y la diabetes mellitus en el 37,5% de los pacientes.

En cuanto a la distribución por sexos de los diferentes factores de riesgo cardiovascular, el sexo masculino se asoció significativamente al tabaquismo y a padecer EPOC ($p < 0,05$), al igual que la obesidad y el tabaquismo, que fueron más frecuentes en varones (54,1% y 62,5% respectivamente, $p < 0,04$). La hipertensión arterial, la dislipemia y la diabetes fueron más frecuentes en mujeres (58,1%, 53,1% y 53,3%, respectivamente). La distribución de los factores de riesgo de los pacientes del estudio viene reflejada en la tabla 1.

Se valoró la presencia de otras comorbilidades mediante el índice de comorbilidades de Charlson, siendo el valor medio de este índice de 3,8. De hecho, el 65% de los pacientes tenía un índice de Charlson igual o superior a 3 puntos. En los pacientes que tenían prescrita la oxigenoterapia continua domiciliaria, el índice de Charlson medio fue de 5,08.

La distribución de los estudios de sueño realizados con monitorización de CO₂ transcutánea se sintetiza en la tabla 2. No obstante, los 102 estudios se distribuyeron de la siguiente manera:

- 45 estudios basales.
- 14 noches partidas. De ellas, en la segunda parte del estudio, 10 fueron ensayos/titulaciones con BIPAP, 3 con CPAP y 1 con O₂ suplementario.
- 21 ajustes/titulaciones de CPAP.
- 34 ajustes/titulaciones de BIPAP.
- 1 titulación de ventilador volumétrico.
- 1 monitorización de O₂ nocturno como tratamiento aislado.

No se registró ningún caso de intolerancia al dispositivo ni de efectos secundarios en la zona de aplicación del medidor de CO₂ transcutáneo, por lo que no se realizaron cambios de localización del sensor. Tampoco se llevó a cabo recalibración del medidor durante el registro, por no considerarlo necesario, ya que además de no precisar el cambio de localización del sensor, no se registraron errores de captación en ningún estudio que obligaran a ello.

Si analizamos la distribución por patologías en la muestra global, la más frecuente fue el SAHS (61 pacientes, 68,5%), seguida del SOH (31 pacientes, 34,8%), EPOC (25 pacientes, 28%), pacientes diagnosticados de enfermedad neuromuscular (4 pacientes, 4,4%) y pacientes sin patología respiratoria del sueño tras realizar el estudio basal (7 pacientes, 8%). Se solapó el SAHS con el SOH en 19 pacientes. Entre los 25 pacientes con EPOC, 20 de ellos asociaron un SAHS (síndrome de overlap) y 5 un SOH. En la tabla 3 se puede ver la distribución por patologías.

En lo referente a los datos obtenidos de los estudios de sueño, el IAH medio de la muestra global fue de 11,9 y el IDH medio de 27. La SPO₂ media global fue del 91,8% y la mínima del 78,8% y el CT90 medio del 22,9%. Los valores medios de tcCO₂ fueron en la muestra global de 45,6 y los máximos de 49,2. En las titulaciones de CPAP, la presión media fue de 9,5 cmH₂O (rango entre 9 y 13 cmH₂O). En las titulaciones de BIPAP, la IPAP media fue de 15,7 cmH₂O (rango entre 9 y 20) y la EPAP media de 7,4 cmH₂O (rango entre 4 y 11).

En relación a los pacientes que no se diagnosticaron finalmente de patología respiratoria durante el sueño tras el estudio basal, observamos diferencias estadísticamente significativas en los valores de oximetría con respecto a la muestra global, con una SPO₂ media del 94,3% ($p: 0,04$) y mínima del 87,4% ($p < 0,001$) y un CT90 del 1,1% ($p < 0,001$). Sin embargo, no observamos diferencias en los valores medidos de tcCO₂ media (46,2) y máxima (48,5), muy similares a los de la muestra global.

Tabla 1. Distribución de los factores de riesgo en la muestra global

Factores de riesgo/Comorbilidades	(%)	% Mujeres	p*
Obesidad (IMC >30)	73,7	45,9	NS
Tabaquismo	50	37,5	0,002
Hipertensión Arterial	68,8	58,1	NS
Dislipemia	40	53,1	NS
Diabetes mellitus	37,5	53,3	NS
EPOC	28	32	0,001

(*): valores de p en función de las diferencias de comorbilidades entre el sexo femenino y el masculino.

Tabla 2. Distribución de los estudios de sueño realizados con registro tcCO₂

Tipo de estudio	Frecuencia	(%)
PSG basal	45	44,1
Noche partida*	14	13,7
Ajuste/titulación de CPAP	21	20,6
Ajuste/titulación de BIPAP	34	33,3
Ajuste/titulación de Ventilador volumétrico	1	1
Ajuste/titulación de O ₂ nocturno aislado	1	1

* Las noches partidas fueron con ensayo/titulación de CPAP o BIPAP en la segunda parte de la noche.

Tabla 3. Distribución de patologías de los pacientes de la muestra global

Distribución por patología	Frecuencia	(%)
SAHOS	61	68,5
SOH	31	34,8
EPOC	25	28
Neuromuscular	4	4,4
Sin patología	7	7,8

Los resultados globales de los parámetros obtenidos de los estudios de sueño se recogen más detalladamente en la tabla 4.

Tabla 4. Valores de los parámetros del registro de sueño

Valores medios de los parámetros del estudio de sueño	
IAH	11,9
IDH	27
SpO ₂ media	91,8%
SpO ₂ mínima	78,8%
CT90	22,9%
tcCO ₂ media /máxima global	45,6/49,2
tcCO ₂ media/máxima estudios basales	44,5/48,03
tcCO ₂ en titulaciones CPAP	45,87/49,22
tcCO ₂ media/máxima en titulaciones BIPAP	45,41/49,25
Pacientes con O ₂ nocturno (con/sin BIPAP) (n=12)	45,8/48,92
CPAP media	9,6
IPAP media	15,7
EPAP media	7,4

Análisis por subgrupos diagnósticos

A continuación, se detallan los resultados por subgrupos de diagnóstico. En la tabla 5 vienen reflejados los valores medios de los parámetros analizados en el estudio en cada subgrupo.

SAHS

Los sujetos con SAHS supusieron, como hemos referido anteriormente, el 68,5% de los diagnósticos, con un total de 61 pacientes. La puntuación media en el test de Epworth en estos pacientes fue de 6,9 puntos. El IMC medio fue de 36,6 (rango 17 a 61). El 36,8% de los SAHS con obesidad, tenía un IMC >40. El IAH medio de los estudios diagnósticos de SAHS fue de 34,1 (rango 5,1 a 80,9), mientras que el IDH medio fue de 56,84. La SPO₂ media fue de 90,6% y la mínima de 74,5%, con un CT90 medio del 33,2%. En cuanto a los valores de CO₂ transcutáneo en estos pacientes, el valor medio fue de 44,8 y el máximo de 48,9.

El 77% de los pacientes con SAHS (47 pacientes) recibió tratamiento nocturno. De ellos, 22 pacientes (46,8%) recibieron tratamiento con CPAP, con una presión media de 9,9 cmH₂O, mientras que el resto (25 pacientes, 53,2%) recibieron tratamiento con BIPAP, con presión media de IPAP de 15,9 cmH₂O y de EPAP de 7,5 cmH₂O.

SOH

Como se ha comentado en los resultados globales, el segundo diagnóstico más frecuente fue el SOH, con el 34,8% de los casos (31 pacientes). La puntuación media del test de Epworth en estos pacientes fue de 5,5 puntos. El IMC medio de los pacientes con diagnóstico de SOH fue de 39 (rango 31 a 56), presentado el 42,8% una obesidad mórbida con IMC >40. El IAH medio de estos pacientes al diagnóstico fue de 11,2, y el IDH de 31. La SPO₂ media fue de 90,5, y la mínima de 76,4. El CT90 medio fue del 38,7%.

El valor medio de CO₂ transcutáneo fue de 45,2 y el máximo de 49,8. En referencia a la estratificación por grados de obesidad, se observó una tcCO₂ media de 40,2 en pacientes con obesidad moderada, mientras que en pacientes con obesidad severa y mórbida fue de 45,2 y 45,1 respectivamente. Esto mismo observamos en los valores de tcCO₂ máxima, que fue de 46,68 en pacientes con obesidad moderada, mientras que en obesos severos y mórbidos fue de 49,5 y 49,1 respectivamente.

De los pacientes con diagnóstico de SOH, el 67,7% (21 pacientes) recibió tratamiento nocturno. De ellos, 3 pacientes recibieron CPAP, con una presión media de 13,3 cmH₂O, mientras que los 18 restantes recibieron tratamiento con BIPAP, con una IPAP media de 15,5 cmH₂O y una EPAP media de 5,9 cmH₂O.

EPOC

Del total de pacientes estudiados, 25 eran EPOC, lo que supone un 28% del total de la muestra. En estos pacientes, el FEV1 medio era de 1.042 ml (rango 590 ml a 2.130 ml), con una media en porcentaje de obstrucción del 44% de su valor teórico. Por tanto, la mayoría de los pacientes con EPOC tenía una obstrucción grave al flujo aéreo. El 68% de los EPOC eran varones. También en su mayoría eran obesos, con un porcentaje de obesos del 75%, porcentaje similar al porcentaje de obesos de la muestra global.

La puntuación media en el test de Epworth en los pacientes con EPOC fue de 5,5. El IMC medio en los EPOC fue de 35,4 (rango 17 a 61). De ellos, el

33% tenía una obesidad mórbida. El IAH medio fue de 21,8, con un porcentaje de SAHS del 80% (20 de los 25 pacientes EPOC), mientras que el IDH medio fue de 36,5. La SPO₂ media fue de 86,8 (significativamente más baja que la media global, $p < 0,05$) y la mínima de 77,2. El CT90 medio fue del 26%, sin llegar a haber diferencia estadísticamente significativa con los valores de la muestra global. El valor medio de CO₂ transcutáneo en los pacientes EPOC fue de 42,6 y el máximo de 49.

Recibieron tratamiento nocturno 12 pacientes, lo que supone el 48% de los casos. De ellos, 7 pacientes fueron tratados con BIPAP, con una IPAP media de 16,4 cmH₂O y EPAP media de 6,8 cmH₂O. Los que recibieron tratamiento con CPAP (5 pacientes) tenía una presión media de 10,4 cmH₂O.

ESCLEROSIS LATERAL AMIOTRÓFICA

Durante el tiempo que duró el estudio, solo se incluyeron 4 pacientes con diagnóstico de esclerosis lateral amiotrófica, con una edad media de 54 años (rango 20 - 75). La puntuación media del test de Epworth fue de 1,5. El IMC medio de estos pacientes fue de 20 (rango 18 a 22). De los 4 pacientes incluidos en el estudio con diagnóstico de ELA, 3 se sometieron a una titulación de BIPAP y en solo 1 de ellos se realizó un estudio de sueño basal para valorar la existencia de hipoventilación nocturna. Teniendo en cuenta este hecho, el IAH medio de estos pacientes fue de 11,5, y el IDH de 6,7.

Asimismo, se observaron valores significativamente mayores de oximetría con respecto a la muestra global, de tal manera que la SPO₂ media fue de 94,2% ($p: 0,05$), la mínima de 83,4% ($p: 0,02$) y el CT90 de 3,2% ($p < 0,001$). También observamos cifras discretamente mayores de tcCO₂ media (46,9) y de tcCO₂ máxima (50,4) con respecto a la media global, a pesar del hecho ya comentado de que 3 de los 4 pacientes se hicieron un estudio de titulación de BIPAP. Todos ellos se ventilaron por mascarilla nasal, y la presión media de IPAP fue de 11,5 cmH₂O y la EPAP media de 5,5 cmH₂O.

Análisis multivariante

Aunque se observaron diferencias significativas en algunos de los parámetros analizados entre los diferentes subgrupos, ninguno de los factores estudiados se relacionó con la presencia de hipercapnia en el análisis multivariante.

Tabla 5. Valores de los parámetros obtenidos en el estudio en los distintos subgrupos diagnósticos

	SAHS	SOH	EPOC	ELA*	Muestra global
IMC	36,6	39	35,4	20	35,7
Test de Epworth	6,9	5,5	5,5	1,5	6,5
IAH	34,1	11,2	21,8	11,5	11,9
IDH	56,8	31	36,4	6,7	27
SpO ₂ mínima	74,5	76,4	77,2	83,4	78,8
SpO ₂ media	90,6	90,4	86,4	94,2	91,8
CT90 (%)	33,2	38,7	26	3,2	22,9
tcCO ₂ media	44,8	45,2	42,6	46,9	45,6
tcCO ₂ máxima	48,9	49,8	49	50,4	49,2
Presión media de CPAP	9,9	13,3	10,4	-	9,5
Presión media de IPAP	15,9	15,5	16,4	11,5	15,7
Presión media de EPAP	7,5	5,9	6,8	5,5	7,4

*En tres de los cuatro pacientes con ELA el estudio fue de titulación de BIPAP.

DISCUSIÓN

Aunque puede considerarse como una limitación del estudio, no se realizaron gasometrías basales diurnas en los pacientes antes de abandonar el hospital, ya que aunque inicialmente era un objetivo secundario de nuestro estudio el valorar la correlación entre los valores de capnografía transcutánea y los gasométricos, por motivos de organización de la unidad y cambios sufridos con respecto a personal de la misma durante la realización del estudio, este punto se llevó a cabo en un primer momento pero se dejó de realizar. No se han referido en el apartado de resultados análisis comparativos entre las GSA hechas al finalizar el estudio en los pacientes en que se realizó, al tratarse de un número escaso de pacientes. No obstante, la correlación entre la medición transcutánea de CO₂ y los valores arteriales de PCO₂ ha sido ya estudiado en otros trabajos, como en el estudio de Dawson *et al.*¹⁵ o de Parker y Gibson¹⁶. En este último, se usó el mismo medidor de CO₂ transcutáneo del que disponemos en nuestra unidad de sueño. En ambos estudios se encontró buena correlación entre los valores arteriales de PCO₂ y los obtenidos por medición tcCO₂. Incluso en pacientes ingresados por patología respiratoria¹⁷ o

en pacientes con diversa patología respiratoria durante el sueño, como SAHS o SOH^{18, 19}, se han llevado a cabo estudios de correlación de ambos valores con buenos resultados, tanto en los de sueño basales como en titulaciones de CPAP y BIPAP.

En cuanto a la tolerancia del medidor de CO₂ transcutáneo y a los efectos secundarios que puede producir el dispositivo en el lugar donde se aplica a nivel local de la piel, no recogimos en nuestro estudio ningún caso de disconfort ni de efectos secundarios, de acuerdo a los resultados obtenidos por otros autores que realizan una monitorización continua de 8 horas^{13, 14}.

Si analizamos los valores detectados de tcCO₂ media y máxima en la muestra global, encontramos unos valores discretamente elevados, a pesar de tener una SPO₂ media normal. Únicamente en los sujetos que se sometieron a un estudio basal por sospecha de patología respiratoria del sueño y donde tras la realización del mismo se descartó la presencia de ella, encontramos unos valores normales de tcCO₂, así como valores más elevados de SPO₂ media y mínima y un CT90 más bajo. El hecho de que en los pacientes donde finalmente no se diagnóstico ningún trastorno respiratorio del sueño tras la realización del estudio basal las cifras de tcCO₂ media y máxima fueran similares a los de la muestra global, puede estar justificado porque solo fueron 7, lo que supone un número muy pequeño de pacientes para poder establecer diferencias.

Es sabido que la obesidad es un factor de riesgo independiente para padecer un SAHS. De hecho, dos tercios de los pacientes con SAHS son obesos¹⁹. Además, el 90% de los obesos hipercápnicos presenta un SAHS, mientras que del 11 al 15% de los pacientes obesos con SAHS presentan hipercapnia, cifra que se eleva a 23 - 27% cuando el IMC es >40^{19, 20}. En nuestro estudio, observamos que en la muestra global, cuanto mayor IMC tenían los pacientes, mayores fueron las cifras de tcCO₂ media y máxima, aunque sin llegar a la significación estadística. La distribución por subgrupos con diferente patología de la obesidad fue muy similar, a excepción de los pacientes con ELA, donde el IMC fue sensiblemente menor. Este hecho puede ser explicado a que los pacientes con ELA, cuando llegan a la unidad de sueño para iniciar ventilación no invasiva, tienen ya un deterioro de la función muscular importante, así como de la masa muscular.

En referencia al hallazgo de que el 80% de los pacientes con EPOC presentara un SAHS (síndrome de overlap), este hecho puede venir de la mano de varios factores. El primero, que la indicación principal por la que se realizó el estudio de sueño fue la sospecha de SAHS, por lo que la muestra está sesgada,

es decir, el objetivo del estudio no fue valorar la existencia de SAHS en pacientes con EPOC en general, sino que los pacientes que tenían clínica compatible con SAHS, fueran o no EPOC, eran candidatos a participar en el estudio. En segundo lugar, el porcentaje de obesos en los pacientes EPOC incluidos en el estudio fue del 75%, es decir, bastante elevado, aunque en porcentaje fue similar a la muestra global. A pesar de que estos pacientes tenían una SPO₂ media más baja que el resto de los subgrupos, con un CT90 algo más elevado, la SPO₂ mínima fue similar al resto de grupos, así como los valores de medición de CO₂ transcutáneo medio y máximo. Esta leve hipoxemia, sin mayor hipercapnia que el resto de grupos, podría estar justificada por la baja función pulmonar de estos pacientes.

En un estudio llevado a cabo por Lee *et al.*¹¹ en pacientes neuromusculares, en el que se procedió al ingreso hospitalario con realización de gasometría basal y un posterior registro continuo de tCCO₂, demostraron que pacientes con normocapnia en la GSA basal mostraban hipercapnia en la medición nocturna de CO₂, concluyendo que la GSA es insuficiente como única herramienta para detectar problemas en la mecánica ventilatoria en estos pacientes. En nuestro estudio solo pudimos reclutar a 4 pacientes con patología neuromuscular y de ellos solo a uno se le hizo un estudio basal, mientras que los otros 3 pacientes se sometieron a una titulación de BIPAP. La cifra media de tCCO₂ en estos pacientes fue de 47, discretamente mayor que en la muestra global, así como la tCCO₂ máxima, que fue de 50,4. No obstante y aunque es un número pequeño de pacientes para poder extraer conclusiones, parece que en estos pacientes puede tener especial interés la monitorización transcutánea de CO₂, ya que la hipoventilación puede pasar desapercibida.

CONCLUSIONES

Los resultados derivados del estudio revelaron que es frecuente la presencia de hipercapnia latente nocturna en pacientes con patología respiratoria durante el sueño, tanto en estudios de diagnóstico como en estudios de titulación de CPAP o BIPAP. Además, no hemos encontrado problemas de tolerancia al dispositivo por su uso continuado durante la noche. Por tanto, su uso puede poner de manifiesto hipercapnia latente en diferentes patologías durante el sueño en adultos, unido a la falta de disconfort o de efectos secundarios a nivel local que hemos observado.

BIBLIOGRAFÍA

1. Durán-Cantolla J, Puertas-Cuesta FJ, Pin- Arboledas G et al. Documento de consenso nacional sobre el síndrome de apneas-hipopneas del sueño. Arch Bronconeumol. 2005; 41: 1-110.
2. Epstein LJ, Kristo D, Strollo PJ et al. Adult obstructive sleep apnea task force of the american academy of sleep medicine. Clinical guideline for the evaluation, management and long-term care of obstructive sleep apnea in adults. J Clin Sleep Med 2009; 5: 3.
3. Marín JM, Arán X, Barbé F et al. Recomendaciones SEPAR. Diagnóstico y tratamiento del síndrome de apnea obstructiva del sueño Arch Bronconeumol. 2011; 47 (3): 146-149.
4. Miralda R, Fortuna A, Farré A et al. Poligrafía respiratoria. En: Manual de Procedimientos en trastornos respiratorios del sueño. Ed Respira, Barcelona 2011. ISBN 978-84-937553-9-3.
5. Eberhard P. The design, use, and results of transcutaneous carbon dioxide analysis: current and future directions. Anesth Analg 2007; 105 (Suppl 6): 48-52.
6. Moronta D, Gutiérrez C. Correlación de los valores de PCO₂ obtenidos por gasometría arterial y capnografía transcutánea. Sanid. Mil. 2013; 69 (2): 82-86.
7. Molloy EJ, Deakins K. Are carbon dioxide detectors useful in neonates? Review. Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed 2006; 91: 295-298.
8. Gal S, Riskin A, Chistyakov I et al. Transcutaneous PCO₂ monitoring in infants hospitalized with viral bronchiolitis. European Journal of Pediatrics. 2015; 174 (3): 319-324.
9. Pautrat J, Khirani S, Boulé M. Carbon dioxide levels during polygraphy in children with sleep-disordered breathing. Sleep and Breathing 2015; 19 (1): 149-157.
10. Kelly AM, Klim S. Agreement between arterial and transcutaneous PCO₂ in patients undergoing non-invasive ventilation. Respiratory Medicine. 2011; 105: 226-229.
11. Lee SK, Kim DH, Choi WA et al. Transcutaneous CO₂ monitoring in determining initial mechanical ventilator application in NMD. Ann Rehabil Med 2012; 36: 126-132.
12. Janssens JP, Howarth-Frey C, Chevrolet JC et al. Transcutaneous PCO₂ to monitor noninvasive mechanical ventilation in adults: assessment of a new transcutaneous device. Chest 1998; 113: 768-773.
13. Janssens JP, Perrin E, Bannani I et al. Is continuous transcutaneous monitoring of PCO₂ (tcPCO₂) over 8h reliable in adults?. Respiratory Medicine 2001; 95, 331-335.
14. Storre JH, Magnet FS, Dreher M et al. Transcutaneous monitoring as a replacement for arterial PCO₂ monitoring during nocturnal non-invasive ventilation. Resp Medicine 2011; 105: 143-150.
15. Dawson S, Cave C, Pavord I et al. Transcutaneous monitoring of blood gases: is it comparable with arterialized alveolar sampling?. Resp Medicine 1998; 92: 584-587.
16. Parker SM, Gibson GJ. Evaluation of a transcutaneous carbon dioxide monitor ("TOSCA") in adult patients in routine respiratory practice. Resp Medicine 2007; 101, 261-264.
17. Herrejón A, Inchaurrega I, Palop J et al. Utilidad de la presión transcutánea del anhídrido carbónico en la valoración gasométrica de adultos hospitalizados con enfermedad respiratoria. Arch Bronconeumol. 2006; 42 (5): 225-29.
18. Maniscalco M, Zedda A, Faraone S et al. Evaluation of a transcutaneous carbon dioxide monitor in severe obesity. Intensive Care Med (2008) 34: 1340-1344.
19. Rabec C, De Lucas P, Veale D. Complicaciones respiratorias de la obesidad. Arch Bronconeumol 2011; 47 (5): 252-261.
20. Mokhlesi B, Tulaimat A, Faibussowitsch I et al. Obesity hypoventilation syndrome: prevalence and predictors in patients with obstructive sleep apnea. Sleep Breath 2007; 11: 117-24.