

En una anterior publicación en REVISTA ESPAÑOLA DE CARDIOLOGÍA<sup>1</sup> comentábamos la importancia del diagnóstico precoz de las complicaciones inherentes a la hipoxia en la escalada a gran altitud, de consecuencias potencialmente fatales en unas pocas horas, en las que la falta de aclimatación a la altitud es un factor desencadenante clave. Los hallazgos ecocardiográficos de la función cardíaca en pacientes con mal agudo de montaña describen un incremento significativo de la presión sistólica pulmonar, a diferencia de lo observado en sujetos bien aclimatados<sup>2</sup>. Debido a la falta de recursos hospitalarios en un entorno hostil<sup>3-5</sup>, el control de la aclimatación y un diagnóstico precoz de la hipertensión arterial pulmonar serían sumamente útiles.

El análisis de los cambios fonocardiográficos en la intensidad de los ruidos cardíacos primero y segundo (S1 y S2) se cuantifican mediante la relación entre sus respectivas intensidades acústicas mediante la razón S2/S1, y se observa que el aumento de dicha relación se produce siempre paralelamente a una disminución del valor de SaO<sub>2</sub>.

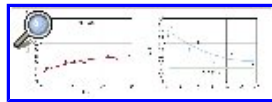
Con el fin de confirmar aquellas observaciones, durante el verano de 2007, en una segunda tentativa de escalada al Broad Peak, montaña paquistaní de 8.047 m, se monitorizaron vía satélite los cambios clínicos y fonocardiográficos de dos alpinistas durante su ascensión.

Las señales fonocardiográficas se obtenían con un fonendoscopio electrónico de elevadas prestaciones<sup>6</sup>, íntegramente desarrollado por los autores de este trabajo, mientras que se registraban las señales mediante un ordenador portátil en el campo base y con PDA en los campamentos de altura. Dichas señales, junto con los valores de pulsioximetría y otros datos de interés clínico, eran enviados vía satélite al equipo médico utilizando una interfaz *web* y un algoritmo de compresión de datos desarrollados para este propósito<sup>7</sup>.

El análisis estadístico de los datos se realizó mediante el coeficiente de correlación de Pearson entre la razón S2/S1 promedio de cada registro, sobre un total de 14 registros para cada sujeto, y los valores de SaO<sub>2</sub>, así como respecto de otros parámetros. Tras un examen basal previo a cada sujeto realizado a una altitud de 50 m sobre el nivel de mar, se tomaron datos y registros fonocardiográficos a diferentes altitudes hasta los 7.100 m.

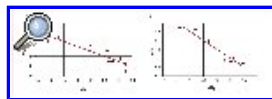
Al analizar la relación entre los valores de la razón S2/S1 y el valor de SaO<sub>2</sub> de cada alpinista, se obtienen unos índices de correlación de -0,79 y -0,91, donde el valor negativo indica que ambos parámetros evolucionan en sentidos distintos.

Estudiando pormenorizadamente los datos, se observa que, debido al proceso normal de aclimatación a la altitud, la evolución de ambos parámetros en sucesivos días a una misma altitud es diferente: mientras la SaO<sub>2</sub> aumenta (fig. 1A) como consecuencia de la aclimatación y se estabiliza en valores del 88 y el 89% —que son netamente inferiores a los valores basales—, la razón S2/S1 disminuye en ambos sujetos (fig. 1B) hasta alcanzar valores similares a los respectivos basales. Esto indica que ciertos mecanismos de adaptación a la altura no dependen exclusivamente de la SaO<sub>2</sub>.



**Fig. 1.** Evolución en el campo base de SaO<sub>2</sub> (A) y razón S2/S1 (B).

Si en el análisis de correlación entre los parámetros SaO<sub>2</sub> y razón S2/S1 sólo se toma el primero de los registros obtenidos en cada altitud, lo que de alguna forma corrige el efecto de la adaptación a la altura, los índices de correlación aumentan muy significativamente hasta situarse en -0,92 y -0,96 respectivamente; sus correspondientes rectas de regresión lineal se muestran en la figura 2. Estos resultados no sólo confirman la estrecha relación entre la SaO<sub>2</sub> y la razón S2/S1, sino que revelan la dependencia con el grado de aclimatación a la altitud y muy probablemente con los valores de HAP que la razón S2/S1 parece tener.



**Fig. 2.** Razón S2/S1 frente a SaO<sub>2</sub> y rectas de regresión lineal de los sujetos 1 (A) y 2 (B).

Este trabajo ha sido parcialmente financiado por el Ministerio de Educación y Ciencia de España (MEC) y por los Fondos Europeos para el Desarrollo Regional (FEDER) en el proyecto TIN2006-15460-C04-04.

## Bibliografía

1. López-Candel J, Gómez de León e Hijes FC, Martínez-Alajarín J, Ruiz Merino R. Monitorización fonocardiográfica

- remota del segundo ruido cardiaco y aclimatación durante una escalada en el Karakorum. *Rev Esp Cardiol.* 2007;60:781-5
2. *Maignan M, Rivera-Ch M, Privat C, León-Velarde F, Richalet JP, Pham I.* Pulmonary pressure and cardiac function in chronic mountain sickness patients. *Chest.* 2009;135:499-504
  3. *Harrison FW, Loscalzo J.* Pulmonary arterial hypertension. *N Engl J Med.* 2004;351:1655-65
  4. *Hackett P, Roach R.* High altitude illness. *N Engl J Med.* 2001;345:107-14
  5. *Botella de Maglia J.* Mal de altura. Prevención y tratamiento. 1.a ed. Madrid: Desnivel; 2002. p. 99
  6. *Martínez-Alajarín J, Ruiz-Merino R.* Efficient method for events detection in phonocardiographic signals. *Proceedings of SPIE.* 2005;5839:398-409
  7. *Martínez-Alajarín J, Ruiz-Merino R.* Wavelet and wavelet packet compression of phonocardiograms. *Electronics Letters.* 2004;40:1040-1