Monitorización fonocardiográfica remota del segundo ruido cardiaco y aclimatación durante una escalada en el Karakorum

Sr. Editor:

En la actualidad se está produciendo un interés creciente por los deportes de aventura, particularmente el *trekking* y la escalada a grandes altitudes, que cuenta con cientos de miles de aficionados en todo el mundo. Por ello, el diagnóstico de posibles complicaciones cardiopulmonares inherentes a esta práctica deportiva, y secundarias fundamentalmente a la aparición de hipertensión pulmonar (HAP) como consecuencia de la vasoconstricción hipóxica del lecho pulmonar (que tiene en el edema pulmonar de las alturas [EPA] una de sus complicaciones más graves), despierta hoy día una gran atención, tanto desde el punto de vista de la salud pública como desde un punto de vista económico. Sin embargo, presenta grandes dificultades por requerir una atención médica inmediata y debido a la falta de medios hospitalarios en un entorno hostil[1-5].

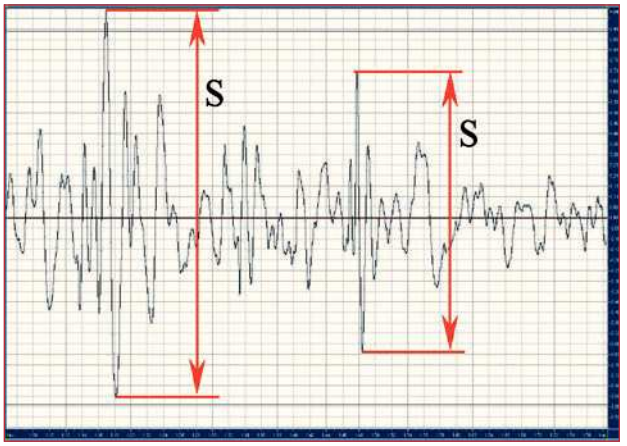

Fig. 1. Medidas pico a pico del primer y segundo ruidos de un ciclo.

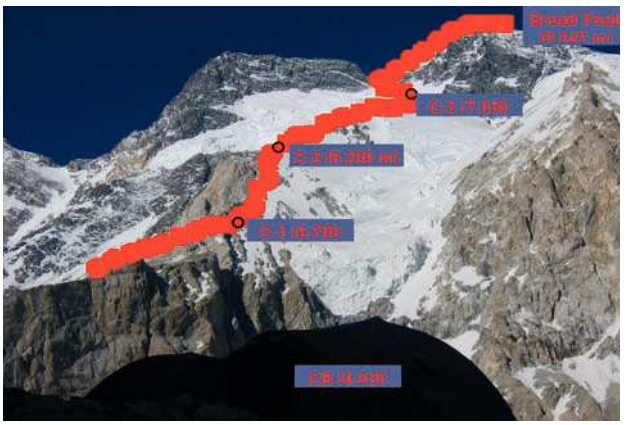

Fig. 2. Ubicación de los campamentos sobre la ruta de escalada del Broad Peak.

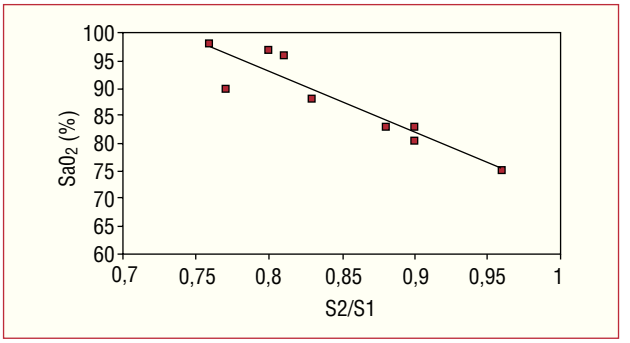

Fig. 3. Variación del valor de SaO_2 frente a la proporción S2/S1.

Presentamos un caso de seguimiento clínico y fonocardiográfico vía satélite de un alpinista durante la escalada UMU 2005 a la cumbre del Broad Peak, de 8.047 m, en la cordillera del Karakorum. Mediante un fonendoscopio electrónico, se registraron las señales fonocardiográficas y la pulsioximetría de un alpinista. Estos datos eran enviados al equipo médico e investigador en la Universidad de Murcia vía satélite para ser analizados y comparados con los registros basales, mediante una interfaz web desarrollada ex profeso para este proyecto de investigación[6,7]. De forma similar, para la adquisición de señal mediante el ordenador portátil y el PDA se utilizó un *software* a medida desarrollado específicamente para este proyecto[6,8]. Las señales registradas con los grabadores analógico y digital eran volcadas posteriormente al ordenador portátil, dotado de módem y un teléfono móvil vía satélite, en el primer caso como señal de audio y en el segundo directamente como fichero.

Para el análisis estadístico de los datos se realizó un estudio de correlación entre la proporción S2/S1 y los valores de S_aO_2 mediante el coeficiente de correlación de Pearson para 10 muestras emparejadas, utilizando para la proporción S2/S1 los valores promedio de las amplitudes de los ruidos primero y segundo en cada registro, sobre un total de 10 registros.

Análisis en el dominio del tiempo

En primer lugar, para cada uno de los registros se realizó un análisis de amplitudes normalizadas, midiéndose todos los valores pico-pico máximos correspondientes al primer ruido (S1) y al segundo ruido (S2), como se muestra en la figura 1, así como de la relación entre ambos valores (S2/S1), que en lo que sigue denominaremos proporción S2/S1, durante todo el tiempo de registro. Como dato representativo de cada registro se ha utilizado el valor medio obtenido para cada uno de los ruidos. En la figura 2 se muestra una fotografía de la montaña y la ubicación de los diferentes campamentos donde se obtuvieron los registros. Al hacer un análisis de regresión lineal entre los conjuntos de valores de la proporción S2/S1 y el valor de S_aO_2, representando en la figura 3 el gráfico de dispersión de estos datos y la recta de regresión calculada, se comprueba la estrecha relación entre ambos parámetros, lo que también se deduce del elevado índice de correlación obtenido, cuyo valor resulta ser de –0,92. El signo negativo es consecuencia

de la evolución en sentidos contrarios de ambos parámetros, es decir, un aumento de la proporción S2/S1 se traduce en una disminución del valor de S_aO_2.

En nuestra opinión, y pese a las limitaciones derivadas de tratarse de un primer estudio descriptivo, los cambios de la proporción S2/S1 que hemos definido, y la relación observada respecto a los datos oximétricos, como posible marcador del grado de aclimatación en altura, podrían ser orientativos de un mayor o menor grado de HAP, para una altitud y un ejercicio físico determinados en el sujeto normal monitorizado, y quizás también en el escalador con cambios hemodinámicos más exacerbados que tendrían su máxima expresión en el EPA.

No hemos encontrado referencias en la bibliografía de teletransmisión fonocardiográfica en escaladas de altura. Creemos firmemente en que ulteriores avances en el sistema filtrado de ruidos, en particular los asociados a los fenómenos cardiacos auscultatorios, que estamos desarrollando en la actualidad, podrán incrementar las posibilidades diagnósticas y terapéuticas, y podrán ser testados de forma inminente en las próximas escaladas de alta montaña de los miembros de este grupo.

José López-Candel[a], Félix C. Gómez de León e Hijes[b], Juan Martínez-Alajarín[c] y Ramón Ruiz-Merino[c]

[a]Servicio de Cardiología. Hospital General Universitario Reina Sofía. Murcia. España.
[b]Departamento de Ingeniería de la Información y las Comunicaciones. Universidad de Murcia. Espinardo. Murcia. España.
[c]Departamento de Electrónica, Tecnología de Computadoras y Proyectos. Universidad Politécnica de Cartagena. Cartagena. España.

Fuente de financiación
Este trabajo ha sido parcialmente subvencionado por la Universidad de Murcia y por el Ministerio de Ciencia y Tecnología, a través del proyecto de investigación «Monitorización remota del fonocardiograma mediante un sistema de interpretación inteligente de su señal», de referencia TIC2003-09400-C04-02.

BIBLIOGRAFÍA

1. Harrison FW, Loscalzo J. Pulmonary Arterial Hypertension. N Engl J Med. 2004;351:1655-65.
2. Sáenz de la Calzada C, Sánchez Sánchez V, Velázquez Martín MT, Tello de Meneses R, Gómez Sánchez MA, Delgado Jiménez J, et al. Guías de práctica clínica de la Sociedad Española de Cardiología en tromboembolismo e hipertensión pulmonar. Rev Esp Cardiol. 2001;54:194-210.
3. Hackett P, Roach R. High altitude illness. N Engl J Med. 2001;345:107-14.
4. Botella de Maglia, J. Mal de altura. Prevención y tratamiento. 1.ª ed. Madrid: Ed. Desnivel; 2002. p. 99.
5. Boussuges A, Molenat F, Bournet H, Cauchy E, Gardette B, Sainty J, et al. Operation Everest III (Comex'97): modifications of cardiac function secondary to altitude-induced hypoxia. An echocardiographic and Doppler study. Am J Respir Crit Care Med. 2000;161:264-70.
6. Martínez J, Palma J, Breis M, Herzog K, Fritz A, López J. Multimedia infraestructure for intelligent diagnosis and processing of phonocardiographic signals. Proceedings of the 10th International Workshop on Computer Aided System Theory (EUROCAST'2005) (abstract). Las Palmas de Gran Canaria, España; 2005. p. 194-6.
7. Martínez Alajarín R, Ruiz Merino R. Estructura jerárquica de un sistema de diagnóstico basado en la señal fonocardiográfica. Actas del XXII Congreso de la Sociedad Española de Ingeniería Biomédica (CASEIB 2004) [abstract]. Santiago de Compostela, España; 2004. p. 177-80.
8. Martínez Alajarín J, Ruiz-Merino R. Efficient method for events detection in phonocardiographic signals. Proceedings of SPIE 2005;5839:398-409.