

# Índice de concentración espectral respiratoria como predictor del éxito del destete en pacientes ventilados mecánicamente en UCI

Sofía Pérez-Gracia<sup>1</sup>, Pablo Armañac-Julián<sup>1,2</sup>, Alba Martín-Yebra<sup>3,1,2</sup>, Josefina López Aguilar<sup>4,5</sup>, Francesc Suñol Galofre<sup>4</sup>, Candelaria de Haro<sup>4,5</sup>, Leonardo Sarlabous<sup>4</sup>, Rafael Fernández<sup>5,6</sup>, Montserrat Batlle Solà<sup>6</sup>, Lluís Blanch<sup>4,5</sup>, Raquel Bailón<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Biomedical Signal Interpretation and Computational Simulation (BSiCoS), IIS Aragón, Instituto de Investigación en Ingeniería de Aragón (I3A), Universidad de Zaragoza, Zaragoza, España

<sup>2</sup> CIBER en Bioingeniería, Biomateriales y Nanomedicina (CIBER-BBN), Instituto de Salud Carlos III, Madrid, España

<sup>3</sup> Fundación Aragonesa para la Investigación y el Desarrollo (ARAID), Zaragoza, España

<sup>4</sup> Servicio de Medicina Intensiva, Hospital Universitari Parc Taulí (I3PT), Sabadell, España

<sup>5</sup> CIBER de Enfermedades Respiratorias (CIBER-ES), Instituto de Salud Carlos III, Madrid, España

<sup>6</sup> Servei de Medicina Intensiva, Fundació Althaia, Universitat Internacional de Catalunya, Manresa, España

## INTRODUCCIÓN

La **ventilación mecánica invasiva (VMI)** es una estrategia terapéutica utilizada en aproximadamente el 40% de los pacientes ingresados en UCI con patologías respiratorias, neurológicas o cardíacas críticas [1]. Sus principales modos incluyen la ventilación controlada, los modos de soporte y la *Continuous Positive Airway Pressure* (CPAP). Sin embargo, su uso prolongado se asocia a complicaciones como neumonía asociada al ventilador y disfunción diafrágica [2].

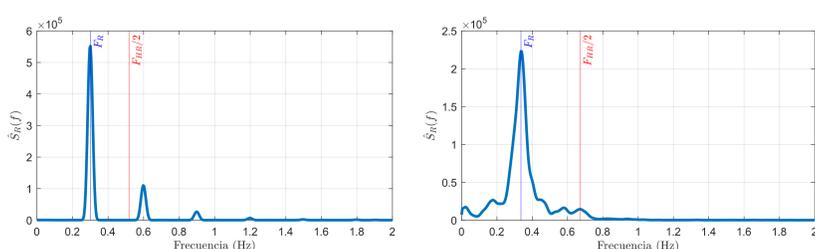
El **destete** de la VMI, a pesar de estar protocolizado con pruebas como la de respiración espontánea (*Spontaneous Breathing Trial*, SBT), puede fracasar en cerca del 20% de los casos, requiriendo reintubación y aumentando la mortalidad entre un 25% y un 50% [3,4]. Estudios previos han relacionado la **asincronía paciente-ventilador** con un mayor riesgo de fracaso en el destete [5]. Estas asincronías generan patrones respiratorios menos periódicos, lo que se refleja en un espectro más ensanchado en la señal respiratoria.

**OBJETIVO:** Este estudio propone y evalúa un **índice basado en la concentración espectral** de dicha señal como posible predictor del éxito del destete en pacientes con VMI en UCI.

## MÉTODOS

La señal respiratoria se ha caracterizado a partir de la señal de VT, obtenida de la integración y corrección de la línea de base de la señal de flujo aéreo instantáneo [7], remuestreada posteriormente a 4 Hz.

La **Densidad Espectral de Potencia** (DEP) de la señal de VT,  $\hat{S}_R(F)$ , se ha estimado en segmentos de 5 minutos mediante el **periodograma de Welch** (ventana de Hamming de 40 s con solapamiento de 35 s). En cada ventana se determinó la frecuencia respiratoria  $F_R$  como la frecuencia del pico máximo en  $\hat{S}_R(F)$  dentro del intervalo  $[0.15 - \frac{F_{HR}}{2}, \frac{F_{HR}}{2}]$  Hz, que constituye la banda HF extendida en pacientes ventilados mecánicamente, abarcando todo el espectro relevante.



Se definió un índice que cuantifica la relación de la potencia de  $\hat{S}_R(F)$  en una banda de 0.1 Hz centrada en  $F_R$  (potencia respiratoria,  $P_R$ ), respecto a la potencia total en el rango  $[0.04 - 1]$  Hz:

$$C = \frac{P_R(F_R \pm 0.05 \text{ Hz})}{P_R([0.04, 1] \text{ Hz})}$$

Para cada paciente, el índice se resume como la mediana en dos periodos: (i) las 24 horas previas y (ii) la franja nocturna 00:00-06:00 previa al SBT.

Se compararon grupos mediante la prueba de Mann-Whitney, y el tamaño del efecto con correlación biserial de rangos. Se consideró significativa  $p \leq 0.05$ .

## CONCLUSIÓN

El índice de concentración espectral respiratoria,  $C$ , discrimina con fiabilidad entre pacientes con éxito o no en el proceso de destete. Valores bajos, sobre todo durante la noche, muestran mayor riesgo de no estar listo para el destete y/o de reintubación.

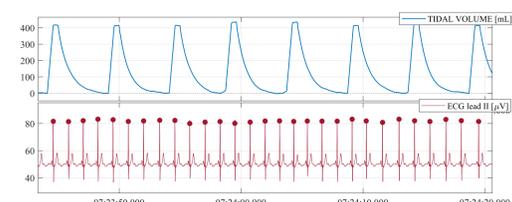
## POBLACIÓN DE ESTUDIO

Se analizaron las señales de flujo respiratorio de N=54 pacientes adultos intubados en la UCI del Hospital Universitari Parc Taulí de Sabadell (edad mediana: 69 [61-78] años; 62% varones).

Los pacientes recibieron VMI en modo controlado (50%), de soporte (45%) o CPAP (5%).

Las señales utilizadas fueron:

- Flujo aéreo, del que se derivó el **volumen tidal** (VT)
- Electrocardiograma, para calcular la **frecuencia cardíaca media** ( $F_{HR}$ )



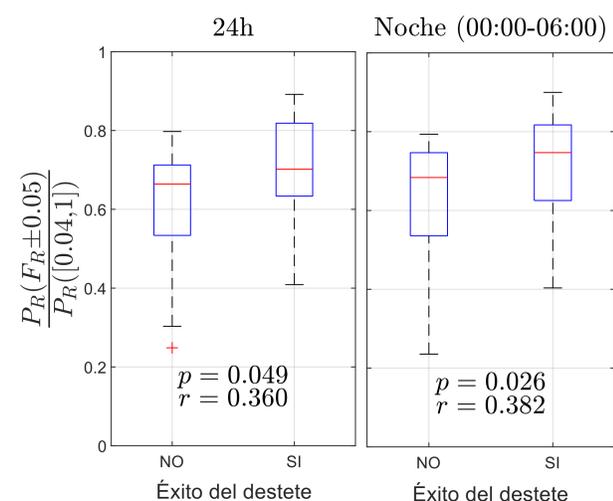
Los registros se adquirieron de forma continua durante las 24 h previas a la SBT, a una frecuencia de muestreo de 200 Hz, utilizando la plataforma BetterCare® [6].

El destete fue exitoso en el 65,5% de los casos.

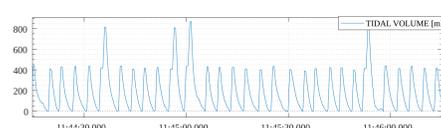
## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La **potencia relativa** en torno a la frecuencia respiratoria fundamental fue **significativamente mayor en pacientes con destete exitoso**, con un tamaño del efecto moderado, tanto en:

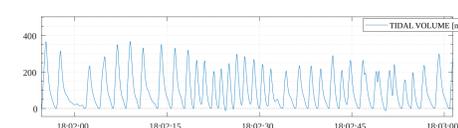
- Las 24 h previas a la SBT
- Como en la franja nocturna (00:00-06:00), donde el efecto fue más marcado



- Sugiere una **mayor coherencia del ritmo ventilatorio en pacientes que superan el destete**, especialmente durante el sueño, y concuerda con estudios previos [5,7].
- Los pacientes con **destete fallido** o que requirieron reintubación mostraron una menor concentración espectral, lo que podría reflejar un mayor grado de **asincronías** paciente-ventilador [8].
- Estas asincronías generan variaciones rápidas en la frecuencia respiratoria, ensanchando la DEP y disminuyendo la prominencia del pico espectral.
- El análisis no distingue tipos de asincronía ni controla el modo ventilatorio, y se requieren estudios adicionales en cohortes multicéntricas para validar el índice como herramienta complementaria en la toma de decisiones clínicas.



Dobles ciclados, donde el volumen se duplica respecto al nivel normal.



Esfuerzos ineficaces, donde la presión de las vías respiratorias no alcanzó el umbral necesario para activar una inspiración

### Referencias:

- PINTO, J. et al. Analysis of the cardiorespiratory pattern of patients undergoing weaning using artificial intelligence. *INT J ENV RES PUB HE*. 2023, 20, 4430.
- CHENG, K.H. et al. The feasibility of a machine learning approach in predicting successful ventilator mode shifting for adult patients in the medical intensive care unit. *Medicina*. 2022, 58, 360.
- TOBIN, M.J. Of principles and protocols and weaning. *AM J RESP CRIT CARE*. 2004, 169.
- THILLE, A.W. et al. Outcomes of extubation failure in medical intensive care unit patients. *CRIT CARE MED*. 2011, 39, 2612-2618.
- DE HARO, C. et al. Double cycling during mechanical ventilation. *CRIT CARE MED*. 2018, 46.
- BLANCH, L. et al. Validation of the BetterCare® system to detect ineffective efforts during expiration in mechanically ventilated patients: a pilot study. *INTENS CARE MED*. 2012, 38.
- ARMAÑAC-JULIÁN, P. et al. Cardiopulmonary coupling indices to assess weaning readiness from mechanical ventilation. *Sci Rep*. 2021, 11.
- AQUINO-ESPERANZA, J. et al. Monitoring asynchrony during invasive mechanical ventilation. *RESP CARE*. 2020, 65.