



FORMACIÓN MÉDICA

NAVA: Nuevo modo de Ventilación

Martín Lorenzo MC (1), Montón Giménez N (1), Paz Martín D (2).

(1)Hospital Universitario de Canarias.

(2)Hospital Virgen de la Salud-Toledo.

Resumen

La Ventilación Asistida Ajustada Neuronalmente (NAVA) es un nuevo modo de Ventilación Mecánica Asistida que utiliza la actividad eléctrica diafragmática (Edi) para el control del respirador.

La Edi es registrada a través de un catéter esofágico, y representa directamente el impulso respiratorio central y, por lo tanto, la duración y la intensidad con que el paciente desea ventilar. La asistencia inspiratoria mecánica se inicia en el momento en que el centro respiratorio lo demanda, y el disparo es independiente de cualquier componente neumático (presión y/o flujo).

Durante la inspiración, la presión suministrada es proporcional a la Edi y la presurización inspiratoria cesa cuando la activación neural del diafragma comienza a disminuir tras alcanzar un valor máximo.

Por sus características, el modo NAVA ofrece un nuevo enfoque conceptual a la ventilación mecánica que puede mejorar significativamente la sincronía entre paciente-ventilador y optimizar la descarga muscular efectiva durante la ventilación asistida.

Introducción

La Ventilación Asistida Ajustada Neuronalmente ([NAVA](#)) es un nuevo modo de Ventilación Mecánica Asistida que utiliza la actividad eléctrica diafragmática (*Edi*) para el control del respirador.



La Edi es registrada a través de un [catéter esofágico](#), y representa directamente el impulso respiratorio central y, por lo tanto, la duración y la intensidad con que el paciente desea ventilar. La asistencia inspiratoria mecánica se inicia en el momento en que el centro respiratorio lo demanda, y el **disparo** es **independiente** de cualquier **componente neumático** (presión y/o flujo).

Durante la inspiración, la presión suministrada es proporcional a la Edi y la presurización inspiratoria cesa cuando la activación neural del diafragma comienza a disminuir tras alcanzar un valor máximo.

Por sus características, el modo NAVA ofrece un nuevo enfoque conceptual a la ventilación mecánica que puede mejorar significativamente la **sincronía** entre paciente-ventilador y optimizar la descarga muscular efectiva durante la ventilación asistida. En la

tabla 1 se resumen los principales estudios clínicos con NAVA.

Study	Study Design (N° patients)	Design	Duration	Major findings
Colombo and colleagues, 2008 [21]	Acute respiratory failure (unselected) (n = 14)	Crossover - PSV set to obtain VT 6 to 8 ml/kg predicted body weight; NAVA vs. PSV increased or decreased by 50%. Effects of modification of assist level	20 min x 3	NAVA averted the risk of overassistance and improved synchrony
Wu and colleagues, 2009 [19]	ARDS (n = 18)	PSV vs. NAVA - randomized study. Incremental PSV and NAVA ran randomly in four steps. The PSV level was gradually increased by 5 cmH2O every 5 minutes from 5 to 20 cmH2O. Incremental NAVA was individually set in steps of 0.2 to 1.0 cmH2O _{AV} every 5 minutes to determine the NAVA level providing an airway pressure in each step equivalent to that with PSV. Evaluation of patient-ventilator synchrony (trigger delay, ineffective effort); effect of assist level	5 min x 4	Improved synchrony with NAVA
Braider and colleagues, 2009 [20]	Acute respiratory failure (unselected) (n = 15)	NAVA level increased progressively. Method for titrating the NAVA level	30 min + 3 hours	Progressive implementation of NAVA may be a method for determining the adequate level - down regulation of EAdi confirmed
Schmidt and colleagues, 2010 [23]	Mainly acute lung injury (n = 12)	Longitudinal observational study - PSV set to obtain VT 6 to 8 ml/kg predicted body weight; NAVA vs. PSV with increasing assist. Breath-by-breath variability of flow and EAdi-related variables quantified by the coefficient of variation and autocorrelation analysis	10 min x 4 - 40 min	NAVA increases breathing pattern variability
Coisel and colleagues, 2010 [27]	Postoperative patients (n = 15)	Crossover randomized - PSV set to obtain VT 6 to 8 ml/kg predicted body weight; NAVA vs. PSV. Effects on breathing pattern, gas exchange, and variability of respiratory cycles (evaluated by coefficient of variation)	24 hours	Variability of tidal volume and minute ventilation were significantly higher with NAVA than with PSV. Variability of electrical diaphragmatic activity was significantly lower with NAVA than with PSV. Oxygenation increased during NAVA
Terzi and colleagues, 2010 [25]	ARDS (n = 11)	Crossover randomized - PSV set to obtain VT 6 to 8 ml/kg predicted body weight; NAVA vs. PSV. Effect of neural trigger vs. flow trigger. Assist level was randomized to be 20%, 40%, or 60% over the basal level. Assessment of the physiological response to varying PSV and NAVA levels in selected ARDS patients and the effect of neural triggering	5 min x 3 - 60 min	Compared with PSV, NAVA limited the risk of overassistance, prevented patient-ventilator asynchrony, and improved overall patient-ventilator interactions. Compared with the pneumatic trigger, the neural trigger (from NAVA) considerably decreased patient-ventilator asynchrony
Spahija and colleagues, 2010 [22]	COPD (14)	Prospective, comparative crossover - PSV set to obtain VT 6 to 8 ml/kg predicted body weight; NAVA vs. PSV. Patients were ventilated for 10-minute periods, using two PSV levels (lowest tolerable and 7 cmH2O higher) and two NAVA levels (same peak pressures and external PEEP as with PSV), delivered in random order	10 min x 2	NAVA improved patient-ventilator synchrony by reducing the triggering and cycling delays, especially at higher levels of assist, while preserving breathing and maintaining blood gas exchange
Passath and colleagues, 2010 [24]	Unselected patients (n = 20)	Longitudinal observational study. Evaluation of effects of PEP on breathing pattern and neuroventilatory efficiency during NAVA. Adequate NAVA level was determined as the NAVA level early after the transition from an initial steep increase in Paw and VT to a less steep increase or even plateau of Paw and VT, as described by Braider and colleagues. PEEP was set at 20 cmH2O then decreased to 1 cmH2O. VT/EAdi was evaluated as an indicator of neuroventilatory efficiency	20 min x 3	During adequate-assist NAVA, increasing PEEP reduces respiratory drive. Patients adapt their neuroventilatory efficiency such that the individual ventilatory pattern is preserved over a wide range of PEEP levels. Monitoring VT/EAdi during PEEP changes allows identification of a PEEP level at which tidal breathing occurs at minimal EAdi cost
Piquilloud and colleagues, 2011 [26]	Unselected patients (n = 22; COPD n = 8/22)	Prospective interventional study - three consecutive periods of ventilation: PEE; NAVA; PSV. Airway pressure, flow, and transoesophageal diaphragmatic electromyography were recorded continuously. To determine whether, compared with PSV, NAVA reduced trigger delay, inspiratory time excess, and the number of patient-ventilator asynchrony events	20 min x 3	NAVA reduces trigger delay, improves expiratory synchrony (inspiratory time excess was reduced) and reduces total asynchrony events
Roze and colleagues, 2011 [24]	Unselected patients (n = 15)	To determine the feasibility of daily titration of the NAVA level in relation to the maximal diaphragmatic electrical activity (EAdi _{max} -SBT) measured during a SBT during PSV. EAdi _{max} -SBT was determined daily during a SBT using PSV with 7 cmH2O inspiratory pressure and no PEEP. If the SBT was unsuccessful, NAVA was used and the level was then adjusted to obtain an EAdi of 60% of the EAdi _{max} -SBT. Arterial blood gas analyses were performed 20 minutes after each change in NAVA level	Until extubation	Daily titration of NAVA level with an electrical goal of 60% EAdi _{max} -SBT is feasible and well tolerated

ARDS, acute respiratory distress syndrome; COPD, chronic obstructive pulmonary disease; EAdi, electrical activity of the diaphragm; NAVA, neurally adjusted ventilatory assist; Paw, airway pressure; PEEP, positive end-expiratory pressure; PEP, end-expiratory pressure; PSV, pressure-support ventilation; SBT, spontaneous breathing trial; VT, tidal volume. Terzi et al. [1]

Tabla 1.- Principales estudios disponibles con NAVA.

Descripción General Funcionamiento

Disparo neural

La NAVA es un nuevo enfoque de la ventilación mecánica basado en la salida respiratoria neural o “disparo neural”. El ciclo respiratorio depende de la descarga rítmica del centro respiratorio del cerebro, que viaja a lo largo del nervio frénico y estimula a las células musculares del diafragma, lo

que provoca una contracción muscular. Como resultado, la presión en las vías respiratorias desciende, lo que provoca la entrada de aire en los pulmones. La Edi refleja el grado de reclutamiento de motoneuronas y su intensidad, así como la frecuencia de disparo y guarda una relación directa con la intensidad del impulso respiratorio [2]. Esta posibilidad de utilizar la señal Edi para el control del ventilador proporciona un modo “neuronal” de disparo y permite al centro respiratorio modular la asistencia ventilatoria de modo mucho más directo, con un acoplamiento mecánico entre el diafragma y el ventilador casi instantáneo.

Los ventiladores convencionales detectan un esfuerzo del paciente por medio de un descenso en la presión de las vías respiratorias o una inversión en el flujo (disparo neumático). Éste es el último paso de respuesta en la cadena de acontecimientos respiratorios que consigue que un sistema de ventilación tradicional detecte el hiperinflado, la presión positiva espiratoria final (PEEP) intrínseca y problemas de disparo secundario produciendo asincronías (Figura 1).



Figura 1.- Pasos necesarios para transformar el impulso respiratorio central en una inspiración con aquellos niveles en los que se podría producir el acoplamiento neuroventilatorio (derecha). Modificado de Sinderby et al. [3].

Señal eléctrica diafrágica (*Edi*)

Para el registro de la actividad eléctrica se utiliza un catéter *Edi* que es una sonda nasogástrica con 10 electrodos en la parte distal. Es esencial posicionar los electrodos correctamente a ambos lados del diafragma utilizando como referencia la señal electrocardiográfica esofágica, registrada mediante los propios electrodos del sistema (Figura 2). No existe un valor estándar de la *Edi* debido a las diferencias interindividuales, que dependen de factores como la masa muscular diafrágica, la afección del paciente y el grado de sedación, entre otros. La señal *Edi* procesada se transmite al ventilador en función del nivel NAVA elegido, y proporcionará al paciente una asistencia ventilatoria sincronizada y proporcional a la señal.

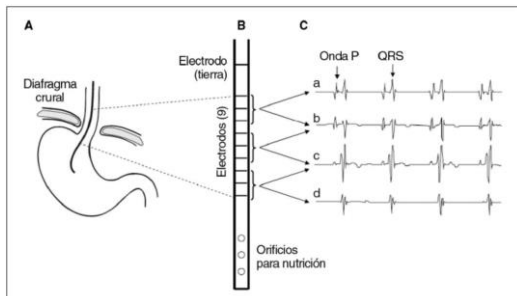


Figura 2.- Sistema NAVA: posicionamiento del catéter. 1) posicionamiento anatómico: La región de los electrodos (delimitada por la línea de puntos) debe quedar a ambos lados del diafragma para un correcto registro. 2) el catéter *Edi* es una sonda nasogástrica convencional modificada a la que se han añadido 10 electrodos en serie incluidos de forma concéntrica en la pared de la sonda. 3) con el registro electrocardiográfico esofágico mediante los propios electrodos del sistema se puede comprobar el posicionamiento correcto; las derivaciones superiores (a y b) registran la actividad de los electrodos proximales, más cercanos a la región cardíaca, y la onda P es más prominente; las derivaciones inferiores (c y d) registran la actividad de los electrodos distales, que muestran una disminución progresiva de la onda P. El ventilador dispone de una herramienta de posicionamiento que muestra el registro electrocardiográfico y facilita su posicionamiento. Modificado de Suárez-Sipmann et al. [4].

Descripción del funcionamiento

Ciclo respiratorio

Inspiración: empieza cuando el paciente activa una respiración, el aire fluye hacia los pulmones a una presión que varía y es proporcional a la *Edi*.

A diferencia de los modos de disparo neumático, la ***Edi*** es una **señal más precoz, no depende de la generación de una presión o flujo determinados ni del acoplamiento neuromecánico del diafragma, y no se afecta por fugas.**

Durante la ventilación NAVA no se fija un nivel de presión, sino que es el paciente quien determina la magnitud de la asistencia inspiratoria que recibe mediante su patrón de activación diafrágica. La presión inspiratoria aplicada por el ventilador está determinada por la siguiente ecuación:

$$Paw: \text{Nivel NAVA} \times \text{Edi} + \text{PEEP}$$

Paw: es la presión inspiratoria máxima estimada (cmH₂O).

Edi: es la integral instantánea de la actividad de la señal eléctrica diafrágica (mcV)

Nivel NAVA: es una constante de proporcionalidad, ajustada por el usuario (cmH₂O/mcV).

Ejemplo: 5mcV x 3 cmH₂O/mcV: 15 cmH₂O + PEEP

De este modo, la asistencia ventilatoria se ajusta automáticamente en proporción a la activación diafrágica o, dicho de otro modo, a la intensidad con que el paciente desea respirar [5].

Espiración: se inicia cuando la Edi disminuye por debajo del 70% del valor máximo.

Si la presión aumenta 3 mmH₂O sobre la presión objetivo inspiratorio.

Si se supera el límite superior de presión.

Se consigue así suprimir la asistencia inspiratoria en el mismo momento en que el centro respiratorio cesa la actividad del diafragma (Figura 3).

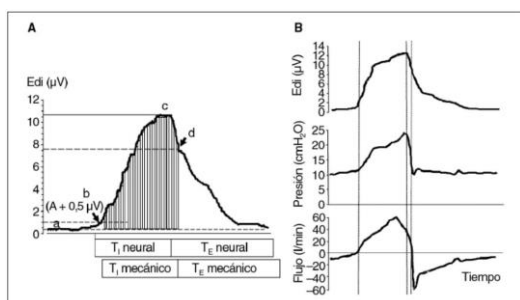


Figura 3.- La señal eléctrica diafragmática. 1) Registro de la actividad eléctrica diafragmática (Edi) en un paciente. a) Edi mínima (espiratoria o tónica); b) inicio de la fase inspiratoria a nivel central (tiempo inspiratorio [TI] neural) tras alcanzar el umbral de sensibilidad prefijado para el disparo, en este caso 0,5 meV > la Edi mínima (las barras representan de modo esquemático los ajustes de presión instantáneos cada 0,2 ms proporcionales a los cambios de Edi y cuya magnitud está determinada por el nivel NAVA ajustado, que en el ejemplo es 1); c) Edi máxima, final de TI neural; d) ciclo espiratorio, descenso de la Edi a un valor umbral del 70% de la Edi máxima. 2) Registro simultáneo de Edi, presión en la vía aérea y flujo; el estímulo central y la respuesta mecánica ocurren de forma sincronizada, como muestra el inicio del flujo inspiratorio inmediatamente tras el inicio del aumento de la Edi (primera línea de puntos) y el mínimo retraso entre disminución de la Edi y el ciclo espiratorio mecánico (segunda y tercera líneas de puntos, respectivamente). Nótese que el perfil de presurización sigue la morfología de la Edi. Modificado Suárez-Sipmann et al [4].

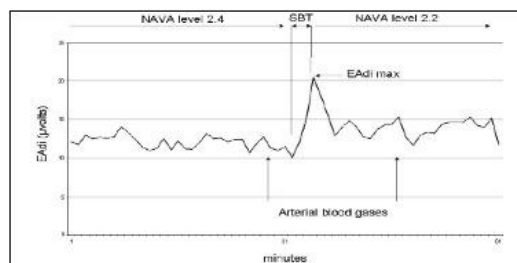
Nivel óptimo NAVA

La determinación del nivel óptimo NAVA sigue siendo un verdadero reto, para el que se han sugerido varios

métodos. Durante el NAVA se generan volúmenes corrientes (VC) que pueden permanecer constantes, independientemente del nivel de asistencia una vez que las necesidades destilatorias del paciente sean satisfechas 6. Por tanto, la configuración de NAVA no puede ser ajustada basada únicamente en el VC y/o objetivo PCO₂.

Brander y colabores describen un complejo método que identifica el nivel NAVA adecuado mediante el análisis del patrón respiratorio durante la titulación del nivel [6].

A efectos prácticos describiremos el **método de Roze** que establece que el nivel óptimo NAVA corresponde con el nivel capaz de proporcionar el 60% de la Edi más alta registrada durante 3 minutos en respiración espontánea (Figura 4) [7].



Cambios en la ventilación asistida ajustada neuronalmente en función de la actividad eléctrica diafragmática durante la ventilación espontánea. Se muestra la actividad eléctrica diafragmática (EAdi) durante 1 hora. Cada punto representa el valor medio durante 1 minuto. Las variaciones de la EAdi se producen antes, durante y después de una prueba de ventilación espontánea (SBT). La EAdi máxima fue de 21 µV tras la SBT de 3 minutos lo que permitió un descenso del nivel NAVA desde 2.4 a 2.2 cmH₂O/µV para obtener un valor de EAdi tras la SBT de 13 µV (60% del valor máximo de EAdi). Modificado de Roze et al. [7].

Aplicaciones Clínicas

Estudios clínicos y experimentales muestran potenciales ventajas de la asistencia NAVA (Tabla 2). A continuación se describen algunas de las más relevantes.

Mejora en la sincronía paciente-ventilador
Mayor eficiencia del disparo ventilatorio
Menor tiempo de respuesta
Independencia del componente neumático
No se afecta por fugas
Ajuste del nivel de asistencia en el ciclo respiratorio y entre ciclos
Proporcional a la activación diafrágica
Regulado por la respuesta central
Descarga muscular diafrágica más efectiva
Facilita la ventilación espontánea del paciente
Actividad eléctrica diafrágica como herramienta de monitorización
Ventajas para la ventilación en neonatos)

Tabla 2.- Ventajas clínicas del sistema NAVA

Sincronía paciente-ventilador mejorada

El propósito de NAVA fue superar los problemas de asincronía paciente-ventilador. La asincronía es un problema clínico de gran relevancia por su frecuencia, su difícil manejo y sus consecuencias [8, 9, 10]. Sin embargo, no está claro si es causa directa de prolongación del tiempo de ventilación mecánica.

La asincronía provoca malestar y agitación, que a su vez requiere sedación y aumento del nivel de soporte, y esto puede prolongar la duración de la ventilación mecánica.

La asincronía puede ser definida como el desfase entre la salida neural del paciente y la del ventilador en los tiempos inspiratorios y/o espiratorio [11]. Esto se traduce en la imposibilidad para el paciente de disparar el ventilador (respiraciones fallidas) [12], y en retrasos en el disparo mecánico, especialmente durante situaciones patológicas en que aún haya aumento de resistencia al flujo espiratorio con hiperinsuflación dinámica (PEEP intrínseca).

En NAVA el ventilador inicia su ciclo tan pronto como comienza la inspiración neural. Además, el nivel de asistencia ofrecido durante la inspiración está determinado por la demanda del centro respiratorio del propio paciente. Lo mismo tiene validez para la fase de espiración neural: el

ventilador termina el ciclo de inspiración en el instante en que recibe el aviso del comienzo de la espiración neural. Al utilizar la señal de la Edi, mejora el mantenimiento de la sincronía entre el paciente y el respirador. Esta sincronía ayuda a minimizar la incomodidad y agitación del paciente, estimulando la respiración espontánea y una sedación posiblemente reducida (Figura 5).

NAVA, por tanto, disminuye el riesgo de asincrónicas, además de permitir un patrón de respiración más natural con una mayor variabilidad, con un mejor intercambio alveolo-capilar [13].

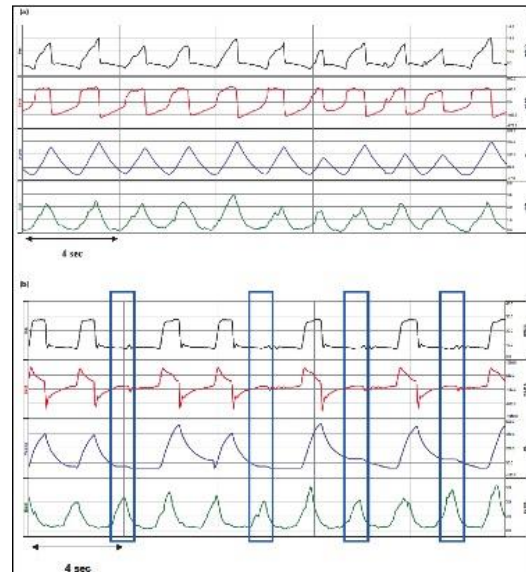


Figura 5.- Registro de la interacción paciente-respirador durante ventilación NAVA comparada con presión soporte. a) Ventilación asistida ajustada neuronalmente: no se observa asincronía. b) Ventilación con presión soporte: se observan numerosas asincronías por fallo del trigger del ventilador (rectángulo azul). Modificado de Nicolás Terzi, et al. [1].

Descarga muscular efectiva: no disfunción diafrágica

Varios estudios han demostrado que la asistencia con ventilación mecánica se asocia con un rápido desarrollo de debilidad y atrofia diafrágica. De acuerdo con estos estudios, se ha demostrado atrofia del diafragma con una reducción aproximada del 50% en

el diámetro de la fibra muscular después de 18 a 69 horas de VM [14, 15,16].

Uno de los objetivos de la asistencia ventilatoria es proporcionar una adecuada descarga del trabajo muscular que evite, por un lado, el agotamiento y, por otro, la excesiva inactividad para poder progresar en la desconexión de la ventilación.

La magnitud de la asistencia ventilatoria depende del nivel NAVA ajustado, y los cambios resultantes en la Edi determinan la presión inspiratoria alcanzada. A su vez, los cambios en la presión obtenidos controlan el propio centro respiratorio por la modulación que recibe a través de las aferencias respiratorias.

Este mecanismo de control, proporciona las siguientes ventajas:

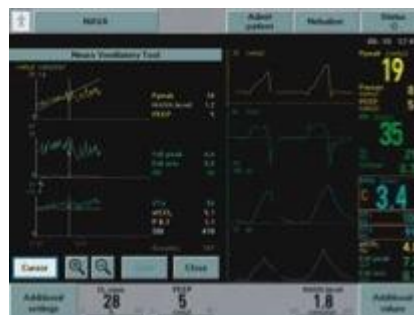
- a) Protección pulmonar: evita que se alcancen presiones inspiratorias excesivas cuando se incrementa la asistencia.
- b) Permite estimar la descarga muscular óptima que se obtendría cuando un incremento adicional en el nivel NAVA no resultase en aumento de la presión inspiratoria.
- c) Asegura que la musculatura respiratoria esté activa tanto en el inicio como durante toda la fase inspiratoria incluso con niveles altos de soporte [5].

Se evita así la inactividad muscular durante la ventilación asistida y la sobreasistencia, ambas relacionadas con la disfunción diafragmática inducida por la ventilación mecánica [17,18].

Herramienta de monitorización respiratoria

La curva Edi es un nuevo parámetro exclusivo en la ventilación mecánica

que puede utilizarse como herramienta de diagnóstico, independientemente del modo de ventilación asistida, proporcionando información sobre la existencia de asincronía, actividad respiratoria, requisitos de volumen y el efecto de los ajustes de la ventilación, esto minimiza el riesgo de excesiva asistencia/sedación. (Figura 6).



Indicaciones

NAVA puede usarse en todos los pacientes que necesitan asistencia ventilatoria tanto invasiva como no invasiva, siempre y cuando la señal eléctrica entre el cerebro y el diafragma esté intacta y no exista contraindicación para la inserción de la sonda nasogástrica.

Sin embargo, se recomienda en pacientes:

- a) Que presentan asincronía con el ventilador "*lucha contra el ventilador*" con destetes prolongados.
- b) Donde se prevea ventilación mecánica prolongada.
- c) Con respiración espontánea y sin requerimientos de sedación.

Conclusión

Es indiscutible que las mejores intervenciones son aquellas que menos interfieren con los propios mecanismos de la naturaleza. NAVA es un nuevo modo de ventilación mecánica asistida basado en un concepto más fisiológico

al utilizar la **señal de activación eléctrica diafragmática para el control del ventilador**. Mejora la sincronía paciente-ventilador, aumenta la variabilidad respiratoria y evita la inactivación de los músculos respiratorios. Además de ser una herramienta de monitorización respiratoria.

Sus ventajas teóricas frente a otros modos de ventilación podrán ser evaluados cuando su aplicación en la práctica clínica sea más generalizada.

Un desafío clave es cómo determinar la mejor configuración de NAVA de acuerdo con las necesidades de ventilación del paciente y el nivel aceptable del trabajo de la respiración.

Bibliografía

- 1.- Nicolas Terzi, et al. Clinical review: Update on neurally adjusted ventilatory assist – report of a round-table conference. *Critical Care* 2012, 16:225. ([PubMed](#)) ([pdf](#)) ([epub](#))
- 2.- Lourenco RV, et al. Nervous output from the respiratory center during obstructed breathing. *J Appl Physiol*. 1966; 21:527-33. ([PubMed](#))
- 3.- Sinderby C, et al. Neural control of mechanical ventilation in respiratory failure. *Nat Med*. 1999; 5:1433-6. ([PubMed](#))
- 4.- Suarez-Sipmann et al. Nuevos modos de ventilación: NAVA. *Med Intensiva*. 2008; 32 (8):398-403. ([PubMed](#)) ([pdf](#))
- 5.- Sinderby C, et al. Inspiratory muscle unloading by neurally adjusted ventilatory assist during maximal inspiratory efforts in healthy subjects. *Chest*. 2007; 131:711-7. ([PubMed](#)) ([pdf](#))
- 6.- Brander L, et al. Titration and implementation of neurally adjusted ventilatory assist in critically ill patients. *Chest* 2009, 135:695-703. ([PubMed](#)) ([pdf](#))
- 7.- Roze H, et al. Daily titration of neurally adjusted ventilatory assist using the diaphragm electrical activity. *Intensive Care Med* 2011, 37:1087-1094. ([PubMed](#))
- 8.- Tobin MJ, et al. Advances in mechanical ventilation. *N Engl J Med*. 2001; 344: 1986-96. ([PubMed](#))
- 9.- Tobin MJ, Jubran A, Laghi F. Patient-ventilator interaction. *Am J Respir Crit Care Med*. 2001; 163:1059-63. ([PubMed](#)) ([pdf](#))
- 10.- Thille AW, Rodriguez P, Cabello B, et al. Patient-ventilator asynchrony during assisted mechanical ventilation. *Intensive Care Med*. 2006; 32:1515-22. ([PubMed](#))
- 11.- De Wit M, et al. Observational study of patient-ventilator asynchrony and relationship to sedation level. *J Crit Care Med* 2009; 24: 74-80. ([PubMed](#)) ([pdf](#)) ([epub](#))
- 12.- Leung P, et al. Comparison of assisted ventilator modes on triggering, patient effort, and dyspnea. *Am J Respir Crit Care Med*. 1997; 155:1940-8. ([PubMed](#))
- 13.- Gama de Abreu M, et al. Noisy pressure support ventilation: a pilot study on a new assisted ventilation mode in experimental lung injury. *Crit Care Med* 2008, 36:818-827. ([PubMed](#))
- 14.- Laghi F, et al. Is weaning failure caused by low-frequency fatigue of the diaphragm? *Am J Respir Crit Care Med* 2003; 167: 120-27. ([PubMed](#)) ([pdf](#))
- 15.- Watson AC, et al. Measurement of twitch transdiaphragmatic, esophageal, and endotracheal tube pressure with bilateral anterolateral magnetic phrenic nerve stimulation in patients in the intensive care unit. *Crit Care* 2001; 29:1325-31. ([PubMed](#))
- 16.- Hermans G, et al. Increased duration of mechanical ventilation is associated with decreased diaphragmatic force: a prospective observational study. *Crit Care Med* 2010; 14: R127. ([PubMed](#)) ([pdf1](#)) ([pdf2](#)) ([epub](#))
- 17.- Kimura T, et al. Determination of the optimal pressure support level evaluated by measuring transdiaphragmatic pressure. *Chest*. 1991; 100:112-7. ([PubMed](#))
- 18.- Vassilakopoulos T, et al. Ventilator-induced diaphragmatic dysfunction. *Am J Respir Crit Care Med*. 2004; 169:336. ([PubMed](#)) ([pdf](#))

Correspondencia al autor

M^a Carmen Martín Lorenzo
mcmartin-lorenzo@hotmail.com
Servicio de Anestesiología y Cuidados Críticos.
Hospital Universitario de Canarias.

[Publicado en AnestesiaR el 22 de julio de 2013](#)

