



PLETISMOGRAFÍA INDUCTIVA EN LA MONITORIZACIÓN RESPIRATORIA

J.M. MARÍN TRIGO

Sección de Neumología. Departamento de Medicina Interna.
Hospital Miguel Servet. Zaragoza.

Se exponen las características de un procedimiento de monitorización respiratoria no invasiva como es la pletismografía inductiva respiratoria. Se discuten las ventajas de su utilización como detector precoz de alteraciones respiratorias graves y monitorización de las mismas. El sistema, mediante bandas elásticas a nivel del tórax y abdomen, informa de la frecuencia respiratoria, volumen corriente y de las características del ciclo respiratorio. La monitorización de estas variables de forma gráfica o acústica y su procesamiento computarizado suponen un avance para llegar a disponer finalmente de un «electrocardiógrafo respiratorio».

Arch Bronconeumol 1988; 24: 78-80

A pesar de que la monitorización continua electrocardiográfica ha supuesto un avance muy importante en la detección y prevención de arritmias cardíacas potencialmente fatales, hasta fecha reciente no se había desarrollado un sistema que pudiera detectar precozmente el fracaso respiratorio. La monitorización electrocardiográfica para la detección de anomalías cardíacas está dirigida al registro gráfico y a la colocación de alarmas para detectar frecuencias altas o bajas y paradas cardíacas.

Teniendo en cuenta que las alteraciones respiratorias se manifiestan por anomalías similares del ritmo de la respiración (tabla I), la aplicación clínica de un procedimiento de monitorización no invasivo debería incluir además de un documento gráfico, señales acústicas o luminosas similares a las producidas por un monitor de ECG.

Métodos clínicos de monitorización respiratoria

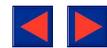
El método más antiguo y simple de todos es la observación clínica de los movimientos respiratorios del paciente. Con ello se puede obtener su frecuencia respiratoria (f), pero no así el volumen corriente (V_t) ni, por tanto, el volumen minuto (\dot{V}_E), ya que $\dot{V}_E = V_t * f$. Tiene la desventaja adicional de que ocupa bastante tiempo del personal que atiende al paciente. La pneumotacografía por impedancia ha sido uno de los métodos más antiguos utilizados para registrar la frecuencia respiratoria¹.

Recibido el 22-4-1987 y aceptado el 2-11-1987.

Inductive plethysmography in respiratory monitoring

The characteristics are exposed by method non invasive to the respiratory monitoring such as the respiratory inductive plethysmography. The advantages are discussed about its utilization like early detector of severe respiratory alterations and monitoring of themselves. The system, through elastic strips level to thorax and abdomen, report about respiratory frequency, current volume and characteristics of respiratory cycle. The monitoring of this variables in graph or acoustic shape and its computerized processing involves an advance for finally bring to dispose of an «respiratory electrocardiography».

Se colocaban en la superficie torácica electrodos que detectaban la expansión inspiratoria del tórax al producirse entre ellos durante esa fase una reducción de la conductancia eléctrica. El sistema no era tampoco capaz de medir V_t ni \dot{V}_E . Konno y Mead², mediante la colocación de transductores lineales en abdomen y tórax consiguieron medir por separado el desplazamiento volumétrico de tórax y abdomen, con su respectiva participación relativa en el V_t . El procedimiento tiene el inconveniente, para su utilización como técnica de monitorización, de que requiere la colaboración del sujeto, que debe permanecer en posición erecta todo el tiempo. Este mismo grupo de trabajo, utilizando magnetómetros colocados en superficies opuestas del tórax y abdomen, consiguieron medir los cambios en el diámetro anteroposterior de estos compartimentos³. Con esta técnica se consigue medir V_t , f , \dot{V}_E en cualquier posición corporal, pero tiene la desventaja de su difícil calibración y de la falta de exactitud de la medida de V_t en presencia de obstrucción de las vías aéreas⁴. Todos estos métodos no dejan de ser formas indirectas de medir la ventilación. La recogida del flujo aéreo en la boca mediante un pneumotacógrafo o con un espirómetro, permite medir directamente no sólo la frecuencia respiratoria y el volumen corriente, sino que se puede analizar el ciclo respiratorio respecto al tiempo y por tanto conocer sus componentes: tiempo inspiratorio (T_i), tiempo espiratorio (T_e) y tiempo total (T_{tot}). La principal fuente de error de estas técnicas es el cambio cuantitativo del valor de



estos parámetros, que se produce al conectar al sujeto a la boquilla de estos aparatos y la inmovilidad en que el paciente debe permanecer durante el registro.

Pletismografía inductiva respiratoria (PIR)

Descrita inicialmente por Nyboer⁵, ha sido posteriormente modificada hasta su definitiva forma actual⁶. El método se basa en la colocación de dos bandas elásticas de 10 cm de ancho a nivel de tórax y abdomen (fig. 1). Dentro del tejido de teflón de estas bandas, existe una malla de tejido metálico colocado de forma ondulante que acaba en dos transductores conectados a su vez a un osciloscopio. La expansión y deflación del tórax y abdomen, producen un cambio en el área de ambos compartimentos que es recogida por la PIR. Previa calibración, la señal es transformada para dar un valor de volumen al grado de desplazamiento toracoabdominal similar al obtenido mediante un pneumotacógrafo o un espirómetro. De esta forma se pueden obtener por separado el registro gráfico correspondiente al desplazamiento del abdomen y tórax, y un registro suma de ambos, que será el Vt (fig. 1). Como los registros se hacen en base tiempo, se pueden calcular los diferentes componentes del ciclo respiratorio. Si a este sistema añadimos un microprocesador que pueda registrar, analizar y proporcionar una señal acumulativa de los componentes del patrón respiratorio, se obtendrá un elemento de trabajo muy similar al ECG-Holter.

Con este sistema, la monitorización respiratoria puede adaptarse técnicamente a la monitorización cardíaca (alarmas, señales visuales) y representar fenómenos fisiopatológicos paralelos, como los que aparecen en la tabla II.

Detección precoz de alteraciones respiratorias

El ECG ha representado un avance sin precedentes no sólo en el diagnóstico y tratamiento de gran número de cardiopatías, sino en la detección precoz de arritmias cardíacas potencialmente fatales en las unidades de cuidados intensivos y en el ambiente ambulatorio. Existen una serie de cuadros respiratorios, cuya detección precoz puede salvar la vida del paciente o disminuir la morbilidad asociada, entre los cuales destacan: la fatiga de los músculos respiratorios, sobredosificación de anestésicos o sedantes e insuficiencia respiratoria postextubación.

1. *Fatiga de los músculos respiratorios.* Es una situación muy frecuente en los pacientes en los que se hace necesaria la ventilación mecánica, como: el aumento de las cargas resistivas en sujetos con broncoespasmo, la enfermedad pulmonar obstructiva crónica con insuficiencia respiratoria aguda, el shock séptico, la obesidad masiva, etc. Todos estos

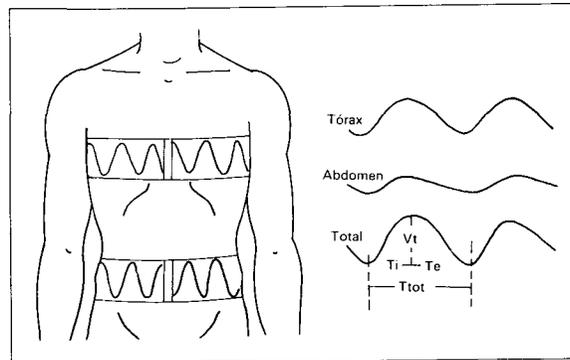


Fig. 1. A la izquierda, un esquema de las bandas elásticas de la PIR colocadas alrededor de tórax y abdomen. A la derecha, trazados del ciclo respiratorio correspondientes a la expansión del tórax, abdomen y a la suma de ellos, así como los distintos componentes del patrón respiratorio.

cuadros se acompañan de una semiología clínica que, sin ser patognomónica de fatiga muscular respiratoria, debe hacer pensar en esta posibilidad. Para la detección de estos signos, la observación simple es insuficiente y se precisa más bien una monitorización continua y fiel que pueda analizarse objetivamente mediante gráficas o videotapes. Por otra parte, es evidente la similitud de

TABLA I
Cuadros agudos respiratorios y signos principales

Entidad	Signo
Embolismo pulmonar	Taquipnea
Edema pulmonar	Taquipnea
Fatiga mus. respiratorios	Taquipnea
Aspiración gástrica	Taquipnea
Broncoespasmo	Taquipnea ±, Ti reducido
Sobredosis de drogas anestésicas o sedantes	Hipopneas, bradipneas, apneas centrales y/o obstructivas
Debilidad o parálisis diafragmática	Movimiento interno del abdomen en inspiración
Insuficiencia respiratoria post-extubación	Taquipnea, hipopnea, apnea central y/o obstructiva

TABLA II
Paralelismo de la monitorización cardíaca y respiratoria

Monitorización cardíaca	Monitorización respiratoria
ECG Frecuencia (alarmas para alta y baja)	PIR Frecuencia (alarmas para alta y baja)
ECG Arritmias supraventriculares	PIR Resp.de Cheyne-Stokes, Kussmaul, Biot, ansiedad
ECG Parada cardíaca	PIR Apnea central
ECG Arritmias ventriculares	PIR Apnea obstructiva, hipopnea, movimiento paradójico de caja torácica y abdomen
ECO Volumen sistólico	PIR Volumen corriente
ECO Volumen telediastólico	PIR Cambios en el volumen final espiratorio

PIR: Pletismografía inductiva respiratoria; ECO: Ecocardiografía.



TABLA III
Manifestaciones clínicas de la insuficiencia o fatiga muscular cardíaca y respiratoria

Insuficiencia cardíaca	Insuficiencia respiratoria
Taquicardia	Taquipnea
Reducción del volumen sistólico	Reducción del volumen corriente
Taquicardia ventricular	Movimiento paradójico del tórax y abdomen en inspiración
Bloqueo cardíaco	Bradipnea y apnea central
Parada cardíaca o fibrilación ventricular	Parada respiratoria

acontecimientos fisiopatológicos que pueden desencadenar la insuficiencia de los músculos respiratorios y cardíaco (miocardio) y su monitorización por la PIR y el ECG respectivamente (tabla III). También muchas de las respuestas farmacológicas son similares en ambos músculos. Así, la teofilina produce un aumento de la contractilidad de los músculos respiratorios y cardíaco insuficientes, lo mismo que los simpaticomiméticos^{7,8}. Los antagonistas de los canales del calcio inducen por contra efectos depresores en ambos músculos^{7,9}.

2. *Sobredosis de anestésicos y sedantes.* Se manifiestan por apneas obstructivas y centrales, hipopneas y bradipneas. Se producen con cierta frecuencia en procesos quirúrgicos que utilizan anestesia locorregional suplementada con opiáceos y sedantes, en pacientes ingresados en unidades de reanimación postquirúrgica, en departamentos de cuidados intensivos y unidades del dolor que utilizan drogas de carácter opiáceo por cualquier vía o usan drogas «a demanda». La PIR puede representar un medio muy útil de monitorización del efecto ventilatorio de estas drogas y de diagnóstico precoz de sus complicaciones respiratorias.

3. *Insuficiencia respiratoria postextubación.* Muchos pacientes tratados con ventilación mecánica son extubados con éxito. No obstante, una parte importante de estos pacientes desarrolla poco después una insuficiencia respiratoria, pese al correcto seguimiento de los criterios para el destete del ventilador¹⁰. Excepto para la monitorización del ECG y, en ocasiones, de la presión venosa central, no se dispone de otro tipo de monitorización, al menos desde el punto de vista respiratorio, como no sea la observación clínica y la práctica de análisis periódicos de los gases en sangre arterial. La observación durante los intentos de extubación debe ser estrecha para detectar signos de «sufrimiento respiratorio» y, en su caso, proceder inmediatamente a la reintubación. Estos signos (aumento de la frecuencia respiratoria, aparición de apneas centrales u obstructivas, movimiento paradójico toracoabdominal, etc.) deben ser observa-

das por miembros del equipo médico o de enfermería que atienden a los pacientes. Desgraciadamente, esto lleva tiempo, y se hace inviable muchas veces contar el número de respiraciones por minuto cada 10 minutos o menos para detectar la presencia de estos signos. Es por ello que las gasometrías repetidas con las consiguientes molestias para el paciente, se convierten en casi el único medio de conocer el estado respiratorio del sujeto. La PIR se ha mostrado en los centros que la utilizan, como un sistema de monitorización seguro, no invasivo y continuo, cuyas alarmas sonoras y visuales pueden detectar estos signos de sufrimiento agudo respiratorio. Antes de la extubación, y durante el período de desconexión del ventilador, un patrón de la respiración estable durante los ensayos de ventilación voluntaria puede permitir extubar al paciente con garantías y sin necesidad de obtener gasometrías repetidas en ese período de tiempo. Por el contrario si, durante el destete, el patrón respiratorio se deteriora (aparecen taquipnea, apneas, movimiento paradójico toracoabdominal...) se producirá acidosis respiratoria e hipoxemia, debiéndose volver al soporte ventilatorio mecánico¹¹. La PIR podría considerarse como el electrocardiograma de la respiración y, así como el control continuo del ECG ha contribuido, entre otras cosas, a reducir el tiempo de estancia del paciente en las unidades de cuidados intensivos, la PIR puede aportar una mejora en el control del paciente neumópata sometido a cuidados intensivos, y una relación costo-eficacia superior a la de la observación clínica intermitente.

BIBLIOGRAFIA

- Geddes LA, Hoff HE, Hikman et al. The impedance pneumograph. *Aerospace Med* 1962; 33:28-36.
- Konno K, Mead J. Measurement of the separate volume changes of ribcage and abdomen during breathing. *J Appl Physiol* 1967; 22:407-422.
- Mead J, Peterson N, Grimby G et al. Pulmonary ventilation measured from body surface movements. *Science* 1967; 156:1.383.1.398.
- Cohn MA, Watson H, Weisshaut R. A transducer for non-invasive monitoring of respiration. En: *Ambulatory monitoring*. London, Academic Press 1978; 199.
- Nyboer J. Electrical impedance plethysmography. Chicago, CC Thomas, 1970; 1-123.
- Cohn MA, Rao AS, Broudy M et al. The respiratory inductive plethysmograph: a new non-invasive monitor of respiration. *Bull Eur Physiopathol Resp* 1982; 18:643-698.
- Goodman LS, Gilman A (eds). *Cardiovascular drugs*. En: *The pharmacological basis of therapeutics*, 7.^a ed. New York, McMillan, 1985; 716-887.
- Howell S, Roussos Ch. Isoproterenol and aminophylline improve contractility of fatigued canine diaphragm. *Am Rev Respir Dis* 1984; 129:118-124.
- Aubier M, Murciano D, Viires N, Lecocguic Y, Pariente R. Diaphragmatic contractility enhanced by aminophylline: role of extracellular calcium. *J Appl Physiol* 1983; 54:460-467.
- Hodgkin JE, Bowser MA, Burton GG. Respirator weaning. *Crit Care Med* 1974; 2:96-102.
- Tobin MJ, Pérez W, Guenther SM et al. The pattern of breathing during successful and unsuccessful trials of weaning from mechanical ventilation. *Am Rev Respir Dis* 1986; 134:1.111-1.118.