

ESPIROMETRO DE TURBINA.

JAVIER HÉRRERA BAEZ

PABLO ROGELIO HERNANDEZ R.

CINVESTAV-IPN

Este espirómetro está diseñado con el sistema de lógica digital. El transductor tipo turbina elimina los errores por deriva, no necesita calibración y la lectura se dá directamente en los exhibidores numéricos.

INTRODUCCION.

Volúmenes y capacidades pulmonares.

En personas normales los volúmenes de aire pulmonar dependen fundamentalmente de su talla y constitución. Más aún, los diferentes "volúmenes" y "capacidades" varían con la posición del cuerpo, la mayor parte de las veces disminuyendo cuando la persona se acuesta y aumentando cuando se pone de pie. Este cambio con la posición es causado por dos factores principales: primero, la tendencia del contenido abdominal a hacer presión hacia arriba contra el diafragma en el decúbito y, en segundo, el aumento del volumen sanguíneo pulmonar en esta posición, lo que disminuye el espacio disponible para el aire pulmonar.

Las pruebas de discernimiento de la función pulmonar son procedimientos que pueden separarse en normales y anormales y se llevan a cabo en poco tiempo.

Los usos comunes de tales pruebas son los siguientes: detección temprana de enfermedades pulmonares o enfermedades vasculares pulmonares; diagnóstico diferencial en todos los pacientes que padecen disnea; detección de la presencia, localización y extensión de la enfermedad regional; examen periódico de la enfermedad pulmonar de trabajadores en las industrias donde existe peligro por los humos o polvos y en los estudios epidemiológicos de poblaciones que proveen pistas para detectar enfermedades pulmonares.

A continuación se describen algunas pruebas espirométricas y su interpretación.

El principal uso de la espirometría es el registro de la capacidad vital (CV) y más importante para el registro del flujo espiratorio forzado. Tanto los estudios de la capacidad vital como la capacidad vital forzada deben ser realizados. La capacidad vital es el volumen máximo de aire exhalado después del punto máximo de inspiración. La capacidad vital forzada solamente difiere por el uso de un esfuerzo espiratorio forzado máximo. En términos más simples, la capacidad vital es lenta y la capacidad vital forzada es rápida, ordinariamente, sus finalidades son similares y cualquier discrepancia significativa sugiere un atrapamiento de aire. La prueba de la capacidad vital es útil principalmente como un índice de la restricción pulmonar pero también es una reflexión indirecta de alguna enfermedad o complicación de la pared pulmonar. Existe otro grupo de pruebas espirométricas que se pueden evaluar, sin embargo, algunas de ellas son poco útiles y sea por una dependencia del esfuerzo o por la

pérdida de estándares normales. En esta categoría están incluidas las pruebas de flujo pico y los volúmenes espiratorios forzados en 0.5, 2 ó 3 segundos. Las mediciones del flujo dependen indirectamente en la resistencia del flujo de aire espirado. El sitio de obstrucción es de vital importancia para el flujo del aire. La figura 1 indica las mediciones del flujo en diferentes porciones de la curva de la capacidad vital espiratoria forzada (CVF), dividiendo los componentes de la curva CVF, puede ser posible localizar las áreas principales de la disfunción.

Como puede verse en esta figura el volumen espiratorio forzado en un segundo (VEF_1) ocupa aproximadamente los primeros 75 a 80% de la CVF en los adultos normales. Con un incremento de la obstrucción del aire, el VEF, da lugar a una disminución en el porcentaje de la CVF. El VEF_1 parece ser relativamente menos sensible para detectar enfermedades menores de las vías respiratorias que los flujos espiratorios forzados medio y final. Existen controversias como la medición del tiempo cero.

El FEF 200-1200 o flujo espiratorio máximo involucra aproximadamente los primeros 25% de la CVF en un adulto normal. Esto se cree que depende del esfuerzo y está sujeto a una cierta variabilidad.

El flujo máximo también cae en esta porción y debido a este defecto también es cuestionable su importancia funcional como un flujo no sostenido. Estas dos pruebas pueden reflejar anomalías en las grandes vías respiratorias o de la laringe.

La prueba de ventilación voluntaria máxima (VVM) es una maniobra

de ejercicio sostenida que refleja ambos componentes, torácicos y extratorácicos. Ha sido útil en la evaluación de la incapacidad para el trabajo y la disnea en el ejercicio. Aquí el paciente se le hace respirar tan rápidamente como sea posible por 12 o 15 segundos. Para llevar a cabo estas pruebas existen tres variables funcionales que entran en juego llamadas: amplitud del volumen de ventilación pulmonar, frecuencia de respiración y el grado de inflación pulmonar. La frecuencia óptima que ha sido reportada varía entre 70 y 110 respiraciones por minuto. Es una prueba exhaustiva que requiere un esfuerzo máximo verdadero.

La VVM involucra ambas fases; inspiratoria y espiratoria, la obstrucción en la laringe o en la tráquea puede reducir preferencialmente el flujo inspiratorio, esto puede dar lugar a una discrepancia entre los porcentajes del VEF_1 predichos y la VVM a pesar del esfuerzo máximo. Se han proporcionado estándares normales pero pueden notarse muchas variaciones. Las variables significativas que afectan los estándares para la función ventilatoria incluyen la edad, la altura, el peso, el sexo, el tamaño de la muestra, la composición étnica, el criterio que se tome como normalidad, los fumadores, las condiciones del medio ambiente, la altitud de la residencia, los aparatos y las técnicas. A pesar de esto, las medidas de los valores normales obtenidas, pueden dar lugar a una curva de distribución y podría ser establecido un rango de normalidad.

ANTECEDENTES.

Espirometría. La espirometría es un método mediante el cual

pueden ser medidas la mayor parte de los volúmenes y capacidades pulmonares. Es un conjunto de pruebas que dan un amplio rango de información diagnóstica y terapéutica pulmonar y son además pruebas sencillas.

Actualmente existen más de 100 tipos diferentes de espirómetros, los cuales consisten en aquellos que miden directamente el desplazamiento del volumen y aquellos que derivan el volumen a partir de una señal de flujo integrado obtenido por un pneumotacógrafo, alambre caliente a turbina. Se han encontrado diferencias en las mediciones hechas con diferentes aparatos y por ello es importante determinar los factores de conversión utilizando estándares normales entre los diferentes aparatos.

Los aparatos electrónicos disponibles para evaluar la función ventilatoria son valiosos por la rapidez de las pruebas y el gran número de sujetos que pueden manejarse con una exactitud uniforme a diferencia de los de fuelle y de campana, los electrónicos utilizan anemómetros, termistores, termoacopladores, pneumotacógrafos o turbinas para detectar electrónicamente el flujo y los volúmenes.

PRINCIPIOS FÍSICOS.

En este tipo de espirómetro se utiliza un turbinómetro, la rapidez rotacional es proporcional al flujo. En este aparato, la turbina o hélice rotatoria interfiere una luz sobre un fototransistor produciendo pulsos que son contados en forma digital, dando una lectura final del volumen directo.

$$Q = Kn$$

donde K es una constante para algunas mediciones tomadas y es independiente de las propiedades del fluido

Q = valor de flujo de volumen cm^3/seg .

n = velocidad angular del rotor, r.p.s.

SISTEMA.

Para la medición de los volúmenes y capacidades pulmonares nosotros tenemos que contar los pulsos de salida del transductor. En la figura 2 mostramos el diagrama de bloques de un sistema básico digital.

El transductor.

El transductor tipo turbina tiene un colimador donde el flujo laminar lo convierte en flujo de torbellino, donde se hace que el flujo que venía en un solo sentido, el longitudinal, pasa a tener dos sentidos, el longitudinal y transversal. Además tenemos un eje y una aleta que están montados sobre un par de conos.

La parte transversal del flujo se utiliza para que mueva la aleta. Para detectar la presencia o no de la aleta colocamos un emisor de luz infrarroja y del lado opuesto un fototransistor. Entonces el hacer la prueba espirométrica, el paciente sopla en un tubo y hace que la aleta se mueva y entonces se generan pulsos eléctricos.

Relación de número de pulsos a cantidad en litros. La relación de multiplicación produce una relación de salida R^* la cual se relaciona hacia una relación de entrada R por : $R^* = (M/N) R$

donde M y N son enteros y M es menor que N . Generalmente N se fija (e igual a una potencia de 2 ó 10) tal que la relación de salida es

proporcional a la razón de entrada R y por el multiplicador M.

Nosotros usaremos el siguiente algoritmo para la relación de multiplicación: relación de multiplicación con acumulador.

Para encontrar N y para una cuenta de 0 a 99 tenemos

$$2^N = 100; \quad N = \log 100 / \log 2 = 6.64 \approx 7$$

$$\text{Por lo tanto } M = N + 1 = 7 + 1 = 8.$$

El circuito se compone de un acumulador y un sumador de 8 bits.

Todo el tiempo que la entrada sincrónica R ocurre, el número M se resta de A en la forma:

$$A^* = A - M.$$

La señal del bit de A^* se usa como la salida sincrónica A^* . Así, siempre que A sea negativa, $R^* = 1$. Durante el siguiente período del reloj, N se suma a A formando $A^* = A + N$.

El valor de M se encuentra en forma experimental, o sea que, siendo en forma experimental que valor debe llevar según los pulsos contados y la cantidad en litros que pasaron por el espirómetro, encontramos el valor de 26, por lo tanto queda de la siguiente manera

$$R^* = (26/256) R.$$

Contando la cantidad total de pulsos para la CVF.

Volumen normal promedio 4800 ml; Rango: 0 a 9.9 l.

Para hacer la medición de CVF se cuenta el número total de pulsos. Tenemos un contador BCD y para exhibir la cantidad en forma numérica debemos adoptar la señal con un decodificador.

Contando la cantidad de pulsos que hay en un segundo para el VEF₁.

Volumen normal promedio: 3840 ml. Rango: 0 a 9.9 l.

Para medir el VEF_1 se utiliza un retardo de un segundo. Entonces desde que empieza la prueba hasta que llega a un segundo se hace la medición.

Contando la cantidad máxima de pulsos que en cierto tiempo pasan para la medición del F.M. Rango 0 a 20 l/seg.

Para hacer la medición del flujo máximo contamos al principio de la prueba porque es cuando hay mayor flujo ya que después las vías aéreas se colapsan y disminuye sustancialmente el flujo. Debido a que hay una pequeña inercia de la aleta al inicio de la prueba, nosotros contaremos desde 0.1 seg a 0.2 seg. La medición se da en l/seg y como solo contamos durante una décima de segundo, debemos de hacer una multiplicación por 10 para que haya relación en litros por segundo.

Contando la cantidad de pulsos que pasan en 12 segundos para la medición de la VVM_{12} .

Volumen normal promedio: 160 l/min. Rango 0 a 999 l/min.

en esta medición tenemos que contar durante 12 segundos, pero además como la medición se da en litros por minuto tenemos que 1 minuto = 12 seg x 5 y debemos de multiplicar por 5.

Contando la cantidad de pulsos que hay en una o más respiraciones tranquilas. Rango 0 a 99.9 l.

En esta prueba se cuenta la cantidad de aire que se expelió cada ciclo de respiración tranquila o la cantidad que se expelió en un minuto.

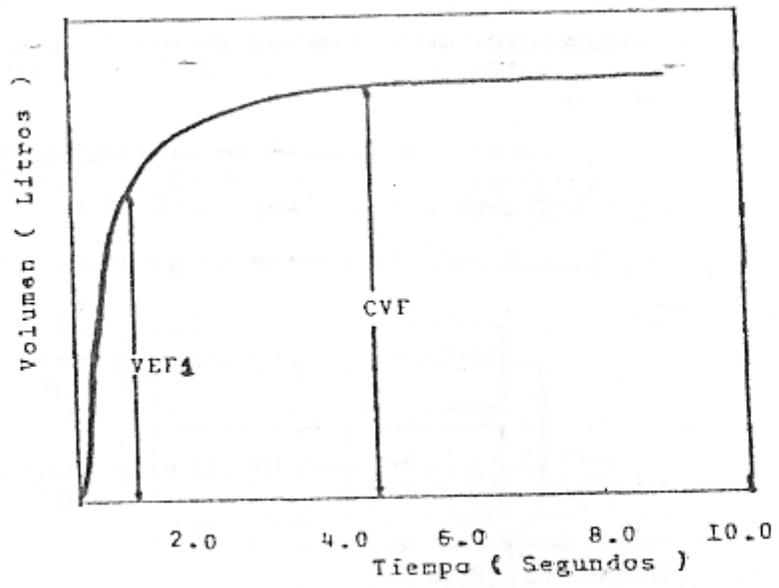


Figura 1 Mediciones de flujo.

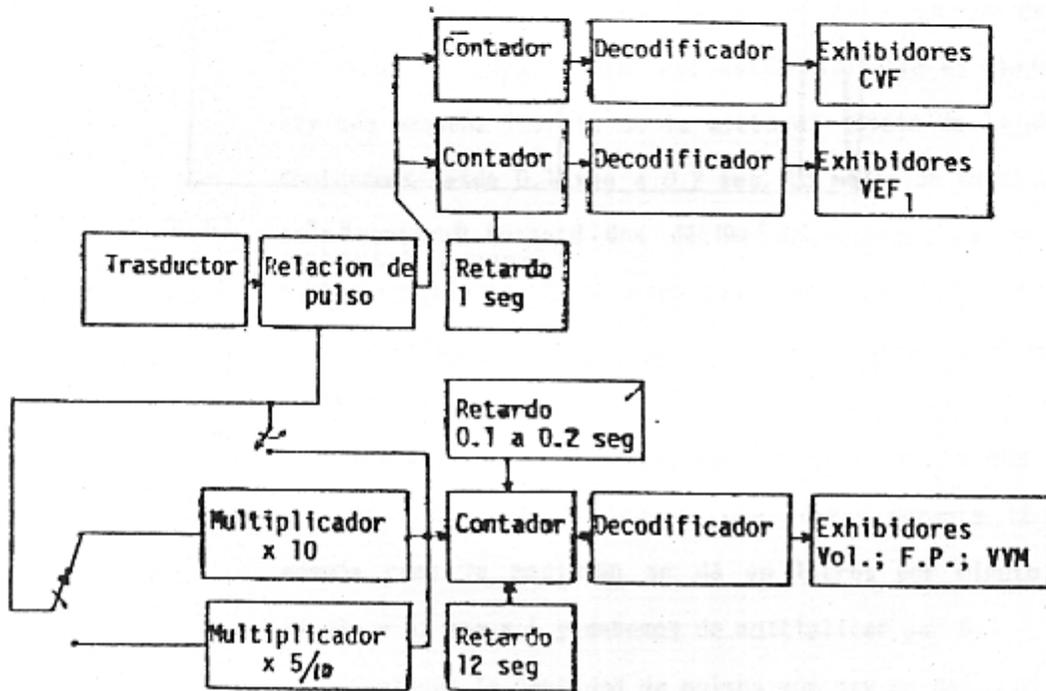


Fig. 2. DIAGRAMA DE BLOQUES DE UN SISTEMA BASICO DIGITAL.