

I. INTRODUCCIÓN

El sistema **respiratorio** ó **pulmonar** realiza funciones importantes de proporcionar oxígeno (O_2) durante la inhalación, remover el dióxido de carbono (CO_2) durante la exhalación, y ajustar el balance acido-base (pH) del cuerpo removiendo el CO_2 un formador de ácido. Ya que el oxígeno es necesario para el metabolismo celular, la cantidad de aire que el sistema pulmonar entrega, es importante colocar los límites superiores en las capacidades de trabajo ó del metabolismo. De allí, que la medición del volumen pulmonar y de la velocidad de movimiento de aire (flujo de aire) son herramientas importantes al evaluar las capacidades y estado de salud de las personas.

En esta lección, Ud. medirá:

- **Capacidad Vital Forzada (CVF)**, es la cantidad máxima de aire que una persona puede exhalar forzosamente después de una inhalación máxima.
- **Volumen Expiratorio Forzado (VEF)**, es el porcentaje de CVF que una persona forzosamente expulsa en intervalos de 1, 2, y 3 segundos ($VEF_{1.0}$, $VEF_{2.0}$, $VEF_{3.0}$).
- **Ventilación Voluntaria Máxima (VVM)**, es un test de función pulmonar que combina volumen y velocidad de flujo para evaluar la ventilación pulmonar en general.

Estas mediciones indican los límites superiores de trabajo que una persona puede hacer basado en las capacidades de su sistema respiratorio. Cuando una persona inhala al máximo y luego exhala al máximo, el volumen de aire expirado es la **Capacidad Vital de Estado Único** de esa persona (SSVC). El tiempo requerido para lograr la exhalación máxima no es un factor en determinación del SSVC.

Ya que los pulmones residen en la cavidad torácica, la capacidad vital está fundamentalmente restringida por el tamaño de la cavidad torácica de la persona. De allí que, hay variables relacionadas al tamaño (por ejemplo, edad, Sexo, peso) que afectan las capacidades del sistema respiratorio (Tabla 13.1).

Usando la ecuación de la Tabla 13.1, Ud. puede estimar la capacidad vital de una mujer de 19 años que mide 167 centímetros (cerca de 5'6") en 3.815 litros:

$$0.041 \times (167) - 0.018 \times (19) - 2.69 = 3.815 \text{ litros}$$

Para adultos, las capacidades pulmonares promedio disminuyen con la edad. Las mujeres tienden a tener volúmenes más pequeños que los hombres de la misma edad y peso. A medida que el peso aumenta, el volumen aumenta, con la excepción de las personas con sobrepeso que tienden a tener volúmenes menores.

Incluso dentro de una persona, el suministro respiratorio y las demandas difieren con los niveles de actividad y la salud. De acuerdo a esto, la velocidad y profundidad de la **ventilación** (el volumen de gas que Ud. inhala y exhala por minuto) no son estáticos sino que más bien deben constantemente ajustarse a las cambiantes necesidades del cuerpo. A medida que Ud. aumenta los niveles de actividad desde el reposo, los volúmenes y velocidades de los flujos de aire que entran y salen de sus pulmones también cambian. Los cambios en los volúmenes y la rapidez con la que estos cambios en volumen (flujos de aire) son afectados, pueden ser usados para evaluar la salud del sistema respiratorio de una persona.

Volúmenes pulmonares, capacidades pulmonares, y velocidades de flujos de aire pulmonares son a menudo medidos en el diagnóstico y la evaluación de la salud del sistema respiratorio (Fig. 13.1).

Table 13.1

Ecuaciones para Predecir la Capacidad Vital (Kory, Hamilton, Callahan: 1960)	
Masculino	$C.V. = 0.052A - 0.022E - 3.60$
Femenino	$C.V. = 0.041A - 0.018E - 2.69$

C.V. Capacidad Vital (L) **A** Altura (cm) **E** Edad en años

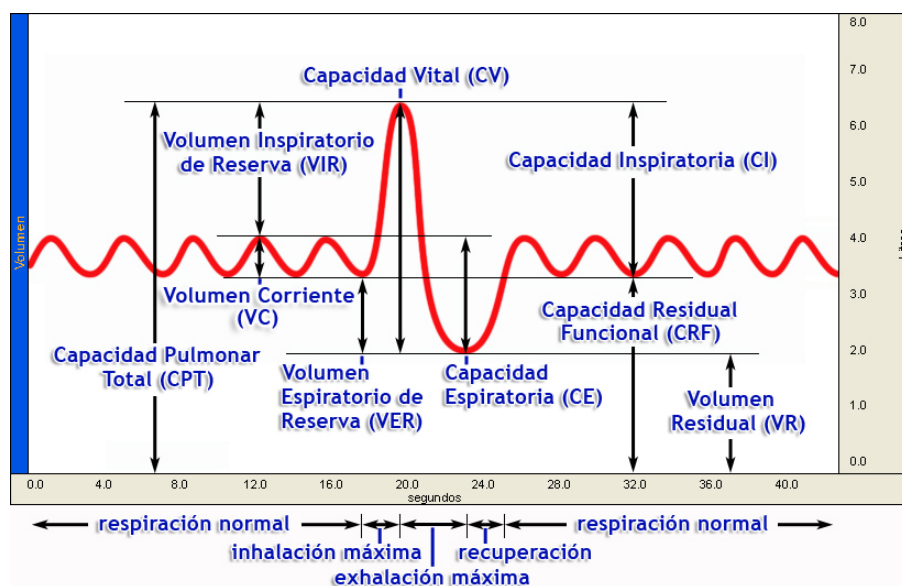


Fig. 13.1 Ejemplos de volúmenes y capacidades pulmonares medidos comúnmente

En esta lección, Ud. realizará dos pruebas para medir las velocidades del flujo pulmonar:

1. Volumen Expiratorio Forzado (VEF)
2. Ventilación Voluntaria Máxima (VVM)

Prueba #1: Volumen Expiratorio Forzado (VEF)

Volumen Expiratorio Forzado (También referido como capacidad vital forzada o capacidad vital en un tiempo dado) es una prueba en la cual se coloca un límite en la cantidad de tiempo que un Sujeto tiene para expeler la capacidad vital de aire. VEF_{1.0}, VEF_{2.0}, VEF_{3.0} son definidas como los porcentajes de capacidad vital que pueden ser forzadamente expelidos después de una inhalación máxima en un periodo de un segundo, dos segundos, y tres segundos, respectivamente (Fig. 13.2).



$$VEF_1(\%) = \frac{\text{volumen de aire exhalado en 1 segundo}}{\text{Capacidad Vital (CV)}} \times 100$$

Fig. 13.2 Sección de registro de Volumen Expiratorio Forzado en un segundo (VEF_{1.0})

El adulto normal es capaz, con un esfuerzo máximo, de expirar acerca de un 66-83% de su capacidad vital en un segundo (VEF_{1.0}), 75-94% de su capacidad vital en 2 segundos (VEF_{2.0}), y 78-97% de su capacidad vital al final del tercer segundo (VEF_{3.0}).



Una persona con asma puede tener una normal o casi-normal capacidad vital medida en una prueba de Capacidad Vital de Estado Único, la cual permite tomarse tanto tiempo como sea necesario para la inhalación y exhalación máxima. Sin embargo, cuando un asmático exhala la capacidad vital con un esfuerzo máximo, la medición del VEF está reducida ya que una abundante secreción mucosa y la acción de los músculos lisos bronquiales reducen los diámetros de las vías aéreas y toma un tiempo mayor exhalar completamente la capacidad vital contra esa resistencia aérea aumentada.

Prueba #2 Ventilación Voluntaria Máxima (VVM)

La Ventilación Voluntaria Máxima (también conocida como *capacidad de respiración máxima*) mide el funcionamiento máximo de los pulmones y músculos respiratorios. El VVM es calculado como volumen de aire movido a través del sistema pulmonar en un minuto mientras se respira tan rápido y profundamente como sea posible (hiperventilación). Realizando estas pruebas, el Sujeto inspira y expira tan profundo y rápidamente sea posible (> 1 resp/seg) mientras el volumen corriente y la velocidad respiratoria son medidos. Ya que la velocidad de respiración máxima es difícil de mantener, el Sujeto hiperventila por un máximo de 15 segundos. Luego, para calcular el VVM, el volumen promedio por ciclo respiratorio (litros) es multiplicado por el número de ciclos por minutos (litros/min).

VVM puede también ser extrapolado del volumen de aire total movido en un periodo de 12-seg (volumen total en 12-seg X 5 = VVM).

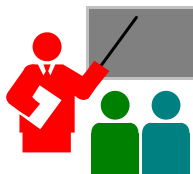


$$\text{Número de ciclos/minuto} = \text{Número de ciclos en 12 segundos} \times 5$$

$$\text{VVM} = (\text{Promedio de volumen por ciclo}) \times (\text{Número de ciclos/minuto})$$

Fig. 13.3 Ejemplo MVV

Los valores normales varían con el sexo, edad, y el tamaño del cuerpo. El VVM es una medida de cuanto su sistema pulmonar limita su capacidad de trabajar o ejercitarse.



Normalmente Ud. no puede exceder su VVM, incluso por breves periodos de tiempo. De allí que el VVM limita últimamente cuanto oxígeno estará disponible para ejercitar sus músculos. En general, un máximo de un 50% de su VVM puede ser usado para ejercitarse por un periodo de más allá de 10 minutos. La mayoría de las personas tienen problemas al respirar cuando solo usan entre 30-40% de su VVM disponible. VVM tiende a reducirse tanto en las enfermedades pulmonares restrictivas como obstructivas.