

## UNIDAD 6: LA COMPARACIÓN DE VALORES OBSERVADOS CON LOS NORMALES ESPERADOS

### A. Espirometría “Normal”

La función pulmonar aumenta rápidamente con el crecimiento durante la infancia y la adolescencia, alcanza un pico entre los 18 y 35 años y comienza a declinar de manera lenta, inclusive en las personas sanas (29). Aquellas personas que alcanzan tallas relativamente altas tienen también pulmones relativamente grandes al compararlos con los de estatura menor. Las mujeres, en promedio, tienen pulmones que son alrededor de un 20% más pequeños que los de hombres de misma talla y edad (30). Para una talla determinada, los hombres afro-americanos, tienen en promedio piernas más largas que los caucásicos, y de manera correspondiente, un tronco más corto; junto con pulmones más pequeños (29, 31, 32, 33) lo que explica la mayor parte de las diferencias entre los valores esperados de los hombres caucásicos con los de los hombres afro-americanos. Esto significa, que los factores anteriormente señalados (valores esperados) como la edad, talla, género y raza del sujeto deben considerarse para obtener una interpretación óptima.

Antes de interpretar una espirometría, registre en una hoja de datos, o ingrese directamente en la computadora, la siguiente información acerca del empleado (como mínimo):

1. Fecha de nacimiento del empleado y su edad, calculada a partir de la fecha de la prueba y la fecha de nacimiento. Interrogue al empleado sobre su edad para verificar la información.
2. Se deberá medir la talla del empleado estando de pie, sin calzado, usando un estadiómetro, y registrar los valores en pies y pulgadas<sup>1</sup>, reportando a la media pulgada más cercana. Verifique la talla preguntándole al empleado. Su talla deberá entonces convertirse a centímetros, multiplicando su talla en pulgadas por 2.54.
3. Se deberá también medir el peso del empleado, sin zapatos, reportando a la libra más cercana en el registro, y utilizando una escala con una exactitud no mayor de una libra. La computadora deberá convertir su peso a kilogramos (multiplicando las libras por 0.4536) para después calcular y anotar su índice de masa corporal o IMC (*Body Mass Index – BMI*) en kilogramos por metro cuadrado. Un IMC mayor de 30 kg/m<sup>2</sup> indica que el empleado se encuentra en sobrepeso. El peso corporal no se utiliza para calcular los valores de referencia de la espirometría, sin embargo, la obesidad puede reducir los volúmenes pulmonares medidos, y los cambios en el peso corporal pueden dar como resultado un pequeño cambio en la función pulmonar.
4. Se deberá intentar especificar la raza o etnia del empleado. Frecuentemente es suficiente con la simple observación. Si hubiera duda, pregúntele al empleado, explicándole los efectos que la raza puede tener en los valores de referencia que utiliza la prueba. Si el empleado no considera apropiado contestar, o si la raza o etnia no se puede aclarar, anótela como “desconocida” y utilice las referencias de los sujetos caucásicos (esto es, sin usar correcciones específicas para determinada raza).

---

<sup>1</sup> N del T. El manual solicita las mediciones en pies, pulgadas y libras, pero posteriormente sugiere el cambio a kg y cm. Si se hace la medición en centímetros, debería reportarse al cm más cercano, y el peso al medio kg más cercano.

## **B. Estudios de referencia de espirometría**

Ha habido docenas de estudios publicados en la literatura médica que han determinado valores de referencia para la espirometría, a partir de un grupo de personas relativamente saludable. Los estándares de OSHA Cotton Dust, publicados en 1978 (10), incluían ecuaciones para obtener los valores de referencia, calculadas a su vez a partir de los resultados de sujetos sanos de Tucson, Arizona y fueron publicados por Knudson y colaboradores en 1976 (32, 33,34), estos deberían ser usados al hacer evaluaciones espirométricas para la detección de enfermedad pulmonar en trabajadores de la industria textil de algodón. Ya que el estudio de Knudson de 1976 no incluyó afro-americanos, si se van a usar estos estándares del Cotton Dust, se deberá utilizar un factor de corrección de 0.85 para los valores de referencia caucásicos, si el individuo examinado es afro-americano [10]. Sin embargo, en 1983, Knudson y colaboradores (35) publicaron una revisión de sus ecuaciones de 1976. Véase el **apéndice E** para más información acerca de los estándares del Cotton Dust. El uso de ecuaciones para determinar los valores normales esperados fue adoptado durante la década de los 80 por muchas otras industrias en su evaluación espirométrica, dentro del ámbito ocupacional. Sin embargo, los instrumentos y las técnicas para realizar una espirometría han mejorado y tanto en 1991(30) como en 1995(1), la Sociedad Americana de Tórax (ATS) ha publicado recomendaciones actualizadas detalladas con relación a la interpretación de espirometrías en el ámbito clínico. Cuando se realiza una espirometría y se quiere cumplir con las regulaciones en boga, se deberán utilizar las ecuaciones de referencia que se especifican en la regulación, como es el caso de las de Knudson, de 1976, en los estándares del OSHA Cotton Dust. Cuando la interpretación de la espirometría no está especificada por regulación, NIOSH recomienda seguir la actualización más reciente de la ATS para la interpretación de la espirometría, y seleccionar valores de referencia basados en la tercera Encuesta Nacional de Salud y Nutrición de la Unión Americana (NHANES III) publicada en 1999 (29).

Puede que sea necesario consultar con el fabricante de alguno de los modelos antiguos de espirómetro, con el fin de actualizar el software, con el objeto de incluir las ecuaciones de referencia para adultos de la espirometría de acuerdo al NHANES III. Al momento de evaluar a empleados con edades comprendidas entre 18-65 años, el uso de valores de referencia antiguos puede traer como resultado valores esperados ligeramente menores para el VEF<sub>1</sub> y la CVF, al compararlos con los valores que usan las ecuaciones del NHANES III (29).

### **Diferencias raciales en la espirometría**

El estudio del NHANES III (29) ofrece un conjunto separado de ecuaciones de referencia para hombres y mujeres afro-americanos, para caucásicos y méxico-americanos. El estudio NHANES III no ofrece ecuaciones de referencia para la espirometría de grupos asiático-americanos, de indios americanos, de hindúes o de cualquier otro grupo étnico. Otros investigadores sugieren que los resultados de la espirometría no son significativamente diferentes para los indios americanos, cuando se les compara con sujetos caucásicos que viven en los Estados Unidos (36,37); de esa manera, NIOSH recomienda que cuando se vaya a evaluar a empleados de origen indígena de América, se usen las ecuaciones de referencia usadas para los caucásicos. Estudios importantes con asiáticos, fuera de Estados Unidos (39,40), sugieren que los valores de VEF<sub>1</sub> y de la CVF de los asiáticos, son en promedio un 15% menor que aquéllos de los caucásicos de la misma edad, género y talla. Sin embargo, estudios más pequeños con asiático-americanos que

viven en los Estados Unidos (40,41) sugieren que el VEF<sub>1</sub> y la CVF de los asiático-americanos son aproximadamente 6 a 7% menores que los de los caucásicos. De esa manera, hasta que se publiquen ecuaciones de referencia particulares para los asiático-americanos y los grupos étnicos de la India, se deberán usar los valores de referencia para caucásicos del NHANES III, haciendo una corrección con un factor de 0.94 para la CVF y el VEF<sub>1</sub>. Nótese que son los **valores esperados** los que se multiplican por el factor de corrección y no los valores observados.

### **C. El límite menor del rango normal (*Lower Limit of Normal Range – LLN*)**

El valor esperado de la espirometría calculado por las ecuaciones de referencia, es el valor promedio obtenido a partir de numerosas personas sanas de la misma edad, sexo, talla y raza que los del empleado que se evalúa. El valor esperado se encuentra en realidad en medio de la relativamente amplia curva de distribución normal de los valores normales, en forma de campana. Por ejemplo, algunas personas sanas pueden tener valores de la CVF hasta un 20% menores de los esperados.

El límite menor del rango normal (LLN) es el umbral a partir de cual un valor menor a él se considera anormal. Habitualmente el valor esperado es calculado de manera que un 95% de la población “normal” tenga valores por encima del LLN, y asimismo y de manera correspondiente, 5% de la población “normal” tendrá valores por debajo del LLN. El LLN equivale a alrededor del 80% del valor esperado tanto del VEF<sub>1</sub> como de la CVF, a alrededor del 90% del valor esperado para la proporción VEF<sub>1</sub>/CVF, y a alrededor del 60% del valor esperado para el FEF<sub>25-75</sub>. Sin embargo, estos valores son netamente reglas nemotécnicas y el LLN exacto deberá determinarse usando las ecuaciones de referencia. Si se va a usar un factor de corrección racial (0.85), este mismo factor de corrección para la raza deberá aplicarse al valor del LLN.

### **¿Qué se considera como anormal?**

Las anomalías detectadas por la espirometría pueden mostrar uno de los siguientes tres patrones: obstructivo, restrictivo y mixto obstructivo-restrictivo. Aquellos empleados con enfermedad pulmonar obstructiva, como es el caso del enfisema o el asma, frecuentemente tienen una proporción VEF<sub>1</sub>/CVF baja y un VEF<sub>1</sub> disminuido (por abajo del LLN). Los empleados con enfermedad pulmonar fibrótica, como es el caso de la asbestosis, frecuentemente tienen una CVF anormalmente baja, pero su VEF<sub>1</sub>/CVF generalmente se encuentra por encima del LLN. Las personas expuestas a ciertos polvos, como el silicio o el polvo de las minas de carbón, pueden desarrollar cualquiera de los dos patrones anormales o un patrón mixto con disminución tanto de la proporción VEF<sub>1</sub>/CVF como de la CVF, por debajo del LLN.

Ocasionalmente, los resultados de la espirometría de trabajadores que aparentemente no tienen ningún problema de salud, se encuentran ligeramente por debajo del LLN. Por el contrario, no es raro tener valores altos de la CVF y del VEF<sub>1</sub>. De hecho, cuando comienzan a trabajar, la mayoría de los individuos dentro del área de mano de obra, tienen funciones pulmonares considerablemente por encima del promedio, un fenómeno que se denomina el “efecto del trabajador saludable”. Aquellos adultos jóvenes que fueron atletas competitivos en la escuela secundaria, la preparatoria o la carrera técnica (cuando sus pulmones estaban aún creciendo), pueden tener una CVF del 120% sobre lo esperado. Por otro lado, no es raro tener un valor por encima del 140% de lo esperado. Si esto ocurre, cerciórese que los datos de la edad y la talla se

tomaron, midieron y transcribieron correctamente. Si un valor esperado resulta inusualmente elevado y no se puede explicar por un error, deberá usted verificar la calibración del espirómetro.

#### **D. Cómo determinar valores esperados usando tablas de referencia.**

Existen varios métodos disponibles para calcular los valores de referencia, las mediciones como porcentajes esperados y el LLN de un determinado empleado: 1) usando una calculadora, 2) usando un nomograma, 3) usando una tabla de referencia, 4) usando un computadora personal o un sistema de espirometría automatizado, que previamente ha sido programado con las ecuaciones de referencia apropiadas.

Existen dos circunstancias en las que resulta útil determinar los valores esperados de la espirometría sin usar una computadora: 1) cuando se está en la etapa de aprendizaje (usando este manual); y 2) cuando se está verificando la exactitud de las ecuaciones de referencia que han sido ingresadas en el sistema del espirómetro, que usted está usando por primera vez.

En el **apéndice L** se ofrecen tablas resumidas de las ecuaciones de referencia del NHANES III, con el objeto de completar los ejemplos dados en este manual y para verificar la exactitud de un sistema espirométrico cuando se calculen los valores esperados por computadora. Sin embargo, estas pequeñas tablas no serán adecuadas para la evaluación de rutina de los empleados, ya que el rango de intervalos de las tallas es limitado. Puede también haber ligeras diferencias ( $\pm 0.02$  litros) dependiendo de si se ha usado referencia obtenida a través de una calculadora, de un nomograma o de una tabla.

Los pasos para determinar los valores normales esperados y el LLN a partir de tablas, son los siguientes:

1. Seleccione la tabla apropiada de las seis tablas del **apéndice L**, basándose en los datos de género y raza del empleado. Use la edad y la talla del empleado para encontrar los valores normales esperados y el LLN, tanto para la CVF como para el  $VEF_1$  y el  $VEF_1/CVF\%$ .
2. Utilice una calculadora de bolsillo para determinar el porcentaje de los valores esperados de la manera siguiente:
  - a. Divida la CVF y el  $VEF_1$  observados por los resultados esperados.
  - b. Multiplique el resultado por 100. Redondee la cifra a un decimal.

#### **Ejemplo:**

Se trata de mujer de 30 años de edad, de profesión bombero en la ciudad de Miami. Mide 4 pies y 11 pulgadas, pesa 135 libras y refiere ser de origen méxico-americano. Para determinar sus valores esperados de la espirometría, seleccione la tabla 6 del **apéndice L**, para mujeres méxico-americanas. Note que su talla se expresa como 150 cm en la primera columna. Encuentre la edad de 30 en la segunda columna vertical, y use una escuadra para subrayar la fila de valores esperados para mujeres de 30 años de esa estatura. Diríjase hacia la tercera columna vertical etiquetada como “CVF esp” y lea el valor de 3.21 L. Este es la CVF pronosticada en litros (BTPS) para esta empleada. Registre también el límite normal más bajo para la CVF como 2.60 litros, así como los demás límites normales más bajos para los demás valores, en la misma fila.

Su CVF medida (observada) fue de 2.85 litros (BTPS) y su VEF<sub>1</sub> fue de 2.28 litros. Utilice una calculadora de bolsillo para determinar que su VEF<sub>1</sub>/CVF fue de 80.0%. Para determinar el porcentaje sobre el valor esperado del VEF<sub>1</sub>:

$$\% \text{ VEF}_1 \text{ esperado} = 100.0 \times \frac{\text{VEF}_1 \text{ observado}}{\text{VEF}_1 \text{ esperado}}$$

Note que su CVF y su VEF<sub>1</sub> estuvieron por encima del LLN y ambos tienen un valor por encima del 80% de lo esperado. El valor de su VEF<sub>1</sub>/CVF estuvo también por encima del LLN. Sus resultados se interpretarían como normales, ya que los tres valores se encuentran dentro de rangos normales.

---

### **EJERCICIOS:**

1. ¿Cuál es el valor esperado de la CVF para un trabajador del acero en Pittsburg de 60 años de edad, masculino y caucásico?
2. ¿Cuál es el LLN esperado para el VEF<sub>1</sub> en un hombre de 40 años, afro-americano, que es supervisor en una compañía petroquímica en Alabama? Tiene una talla de 170 cm y pesa 170 libras.
3. Un sujeto de 20 años de edad, japonés-americano de tercera generación, que trabaja en una planta electrónica en San José, tiene una CVF de 4.00L. Mide 5 pies 11 pulgadas y pesa 135 libras. ¿Cuál es el valor esperado de su CVF?
4. ¿Cuál es el valor esperado del VEF<sub>1</sub> de un hombre de 40 años, afro-americano, con talla de 170 cm, si se usan los valores de referencia recomendados por los estándares del Cotton Dust? El valor de referencia para el VEF<sub>1</sub> de Knudson 1976 (Cotton Dust), para sujetos caucásicos del mismo género, edad y talla, es de 3.56 litros.

## RETROALIMENTACIÓN:

1. Su CVF esperado es de 4.92 litros, basados en una talla de 180 cm. Nótese que el peso no se toma en cuenta al calcular los valores de referencia de la espirometría.
2. Su VEF<sub>1</sub> esperado es de 3.23 litros con un límite normal inferior de 2.47 litros.
3. Ya que no hay tablas para los sujetos asiático-americanos, use la tabla 1 para caucásicos masculinos que tengan 5 pies, 11 pulgadas (180 cm). Al leer la tabla resulta que la CVF pronosticada para un caucásico masculino de 20 años de edad, de su talla, es de 5.75 litros. Multiplique entonces este valor por el factor de corrección que se sugiere para los asiático-americanos, esto es, 0.94, para de esa manera estimar el valor esperado de este empleado como 5.41 litros. Divida su CVF observada de 4.80 litros entre el valor esperado de 5.41, para obtener el porcentaje del valor esperado de la CVF, que es de 88.7%. Evidentemente tiene una capacidad vital normal, ya que su porcentaje del valor esperado es mayor del 80% y su CVF está por encima del valor de 4.51 litros ( $0.94 \times 4.80 = 4.51$ ).
4. Los estándares del Cotton Dust recomiendan que se multiplique un factor de corrección de 0.85 por los valores de referencia del VEF<sub>1</sub> obtenidos por el estudio de Knudson, de 1976, en sujetos caucásicos. El VEF<sub>1</sub> esperado para un sujeto masculino caucásico de acuerdo a Knudson-1976 es de 3.56 litros. De esa manera, el valor esperado para un trabajador afroamericano deberá ser  $0.85 \times 3.56 = 3.03$  litros.