

ESPIROMETRIA: MEDIDA DE VOLUMENES PULMONARES, PRUEBA DE LA ESPIRACION FORZADA Y CURVA FLUJO/VOLUMEN.

INTRODUCCION

Esta práctica se va a realizar en dos sesiones. En cada sesión el estudiante va a utilizar un tipo distinto de espirómetro: Espirómetro "clásico" o de campana y espirómetro "clínico" con transductor de turbina. Unas pruebas se van a realizar en los dos espirómetros mientras que la curva flujo/volumen solo se realizara con el espirómetro clínico.

OBJETIVOS:

Cada estudiante deberá:

- a) Obtener un registro gráfico de su respiración en condiciones de reposo y durante la realización de diversas maniobras respiratorias, en un espirómetro "clásico" y en uno "clínico" de turbina .
- b) Obtener su propio registro de la curva flujo/volumen.
- c) Calcular sobre sus propios registros los volúmenes y capacidades pulmonares y los índices de la espiración forzada y comparar los resultados obtenidos con ambos espirómetros.
- d) Valorar el estado de su función pulmonar de acuerdo a los datos obtenidos.

1ª SESION PRACTICA: ESPIROMETRO "CLASICO" DE CAMPANA

PROCEDIMIENTO Y PROTOCOLO

Se formarán grupos de cuatro estudiantes que se ayudarán a obtener el registro gráfico de su respiración. Para ello seguirán el siguiente protocolo:

1. El alumno (B) debe:

- a) Verificar que la llave de conexión del aire de la campana esté abierta a la habitación a través de la boquilla. (Posición "Spirometer" de la llave).
- b) Realizar 4 ó 5 ascensos y descensos manuales de la campana para asegurar la renovación del aire contenido en su interior.
- c) Colocar la campana aproximadamente a la mitad de su recorrido, de modo que la plumilla esté en la mitad inferior del papel de registro.
- d) Girar la llave del espirómetro de forma que la boquilla quede en comunicación con el aire de la habitación. (Posición "Atmósfera" de la llave).

2. El alumno (A) que va a obtener un registro gráfico deberá sentarse frente al aparato y realizar las siguientes maniobras:

- a) Ajustarse a la boquilla de cartón de forma que respire aire de la habitación exclusivamente a través de la boquilla.
- b) Taparse bien los orificios nasales con la pinza que se provee, revestida con un kleenex
- c) Mantenerse aproximadamente 1 minuto (10 a 12 ciclos) respirando aire de la habitación para estabilizar su ritmo respiratorio de reposo.
- d) Seguir las ordenes que le dará el alumno (B) que le va a hacer la espirometría. Las ordenes se deben realizar siempre después de una espiración normal, es decir a volumen pulmonar de capacidad residual funcional.

3. Alumno (B): Protocolo a seguir y ordenes a dar (las ordenes van entrecomilladas). Realizar las maniobras con rapidez.

- a) "Respira normalmente"
 - Colocar el mando de velocidad del papel en 2,5mm/seg
 - Girar la válvula del espirómetro de manera que el sujeto quede conectado al aire de la campana. (Posición "Spirometer" de la llave)
 - Esperar a que el sujeto realice no más de 4-6 respiraciones basales en situación de reposo.
- b) "Cuando diga "YA" vas a realizar una inspiración máxima y después sigues respirando normalmente"....."YA".
 - Esperar a que el sujeto realice no más de 2-3 respiraciones normales
- c) "Cuando diga "YA" vas a realizar una inspiración máxima seguida de una espiración máxima y después sigues respirando normalmente"....."YA".
 - Esperar a que el sujeto realice no más de 2-3 respiraciones normales.
- d) **!OJO!** esté atento al momento de cambiar la velocidad
 "Cuando diga "YA" vas a realizar una inspiración máxima, retienes unos segundos el aire (mientras yo cambio la velocidad del papel a 20mm/seg y realizas una espiración forzada rápida y profunda.....
 - "YA", "retén el aire"....(cambio de velocidad a.20mm/seg).... "expúlsalo".

4) Desconecte el espirómetro y corte el papel con el registro obtenido. Anote su nombre en el papel de registro. Guarde la boquilla de cartón para la siguiente espirometría.

5) Rellene en la Hoja de Resultados los datos obtenidos de la Espirometría "Clásica". Conserve su espirograma, marque en él, el punto de cambio de velocidad a 20 mm/seg y anote que a esa velocidad 20 mm serán 1 segundo.

Debe rellenar la hoja de los resultados obtenidos en las 2 sesiones de prácticas de espirometría y entregarlas al comienzo del seminario dedicado al bloque 1 de problemas.

2ª SESION PRACTICA DE ESPIROMETRIA: "CLINICA" O DE TURBINA

INTRODUCCION

El espirómetro MS-10 está dotado de un sistema de medida de turbina donde un potente software controla los mecanismos inerciales que pudieran modificar las características a medir. Con este eficiente sistema se obtiene una medida exacta del flujo, cuya integración en el tiempo permite conocer fielmente el volumen.

PROCEDIMIENTO Y PROTOCOLO

1. Antes de comenzar la espirometría obtenga su talla en centímetros.
2. El alumno B será el encargado de manejar el espirómetro y dirigir la prueba del alumno A (paciente).
En el encendido (ON), el MS-10 realiza una prueba de ajuste y comprueba el estado de la impresora, la memoria, el reloj y el estado de carga de las baterías. Si todo está conforme, el MS-10 lo indica en la pantalla de cristal líquido, mediante la palabra OK. Aparecerá el menú Principal. Pulse cualquier tecla para continuar con el programa.
3. Introducción de Datos del Paciente:
 - Activar "Datos pacien." Pulsar ENT
 - Id: (Nº de matrícula; NO ES NECESARIO) ENT
 - Estatura: (en centímetros) ENT
 - Edad: (edad) ENT
 - Sexo: (varón = 1) ENT
 - (mujer) ENT
 - Ante cualquier confusión, borre pulsando ESC. La vuelta al menú principal se realiza también con ESC.
4. Selección de las Pruebas
 - Activar "Pruebas" (Presione cualquier tecla de la línea inferior) ENT
5. Realización de la Espirometría
 - Activar "Espirometría" (Presione cualquier tecla de la línea inferior) ENT
 - a) Introduzca una boquilla de cartón en el soporte de la turbina (al lado opuesto de la salida del cable). Puede ocurrir que entre holgada, en ese caso, deforme ligeramente un extremo de la boquilla aplastándolo con los dedos.
 - b) Tápanse los orificios nasales con la pinza que se provee revestida de un kleenex, respire a través de la boquilla, mantenga la posición adecuada y atienda a las ordenes del alumno B que irán entrecorilladas.

c) Elección de escala. En cuanto esté elegida la escala y aparezcan en pantalla los ejes seleccionados, comenzará el registro: prepárese para dar las ordenes antes de pulsar ENT.

Activar " Automática" ENT

d) "Realiza 6 respiraciones en reposo"....."YA"

e) "Haz una espiración máxima seguida de una Inspiración máxima"....."YA", Cuando vuelva a la línea basal y tras una respiración en reposo, Pulse ENT para dar por finalizada la prueba.

Si tiene que repetir la prueba pulse 2 veces ESC y vuelva al punto 4.

f) Impresión de la prueba:

Pulse ESC

Aparece activada "Imp interna". ENT

g) Mantenga la boquilla en el soporte, la utilizará en la siguiente prueba

Pulse ESC

6. Realización de la curva Flujo/Volumen

Activar "Pruebas" (Presione cualquier tecla.....) ENT

Activar "F/V con teor." (Presione cualquier tecla.....) ENT

a) Elección de Escala

Activar "Automática" ENT

b) Vuelva a taparse los orificios nasales con la pinza que se provee revestida de un kleenex, respire a través de la boquilla y atienda a las ordenes del alumno B que irán entrecorridas.

c) "Realiza 4 ó 5 respiraciones en reposo" ..."YA"

d) "Cuando diga "YA" vacía tus pulmones sin forzar y realizas una inspiración máxima seguida de una espiración forzada (rápida y profunda)":

"YA", "vacía los pulmones".... "Toma el aire".... "Expúlsalo".

e) Repítase la prueba descrita en "d):

"YA", "vacía los pulmones"...., "Toma el aire"...., "Expúlsalo".

ENT

f) Impresión de la prueba:

Pulse ESC

Aparece activada "Imp interna". ENT

g) Recoja el resultado de las pruebas y anote en él, el espirómetro en el que las ha realizado. El análisis de sus resultados se realizará junto con los obtenidos con el espirómetro "clásico" en otra sesión de prácticas.

INSTRUCCIONES PARA RELLENAR LA HOJA DE RESULTADOS

Debe rellenar la hoja de los resultados obtenidos en las 2 sesiones de prácticas de espirometría y entregarlas al comienzo del seminario dedicado al bloque 1 de problemas.

ESPIROMETRO DE TURBINA:

Aparecen impresos los valores calculados para los distintos parámetros (No hace falta calcularlos de las curvas). Hay tres columnas: medido (el que tiene que usar), teórico (el valor que estima el aparato como normal, teniendo en cuenta su peso y su talla) y porcentaje (lo que supone el valor medido con respecto al teórico; 100% es lo normal). Aparecen más parámetros de los que tiene que usar, especialmente en la espirometría dinámica.

ESPIROMETRO DE CAMPANA.

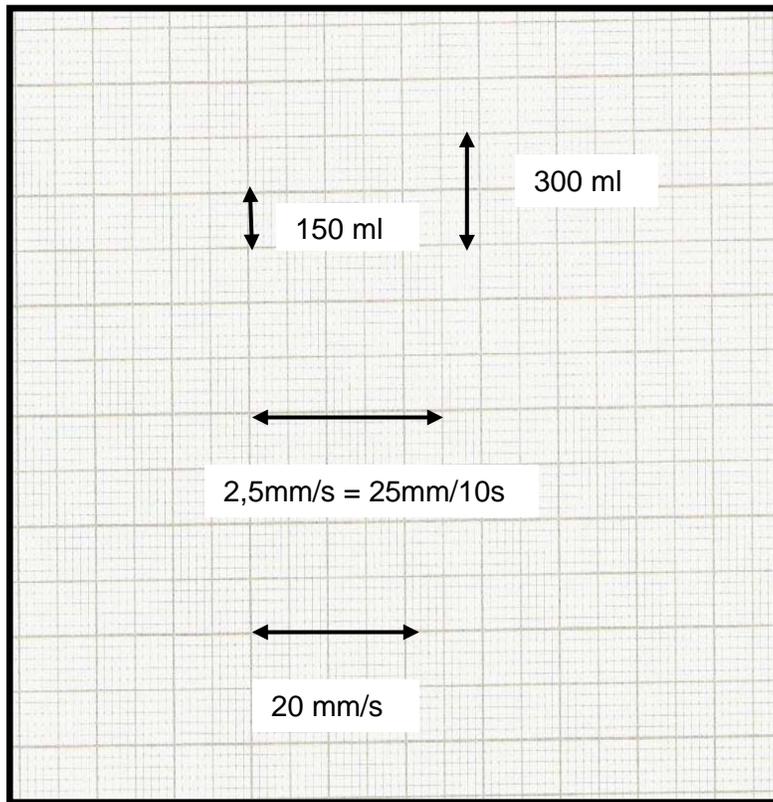
En este caso debe calcular los resultados a partir de los trazados en el papel milimetrado. Tenga en cuenta las **calibraciones**, que se representan en la figura adjunta. En la escala de **volúmenes (ordenadas)** 1 cuadrado grande son 150 ml, que a su vez está dividido en 5 segmentos de 30 ml. La escala de **tiempos (abscisas)** depende de la velocidad de registro. A 2,5 mm/seg, 10 segundos equivalen a 25 cuadrados pequeños. A 20 mm/seg, 1 segundo equivale a 20 cuadrados pequeños.

Para calcular los **volúmenes y capacidades pulmonares** use la primera parte del registro (2,5 mm/seg). Para el volumen corriente promedie el resultado de varias respiraciones sucesivas. Para calcular la **frecuencia** use también varios ciclos respiratorios sucesivos (cuantos más mejor) empezando a medir al principio de una inspiración y terminando al final de la espiración.

Para calcular el **índice de Tiffenau** tiene que usar la última parte del registro, a 20mm/seg. Localice el inicio de la espiración forzada, trace una línea vertical y mida 1 s (20 cuadraditos). De ahí mida el FEV₁. Luego vaya al final de la espiración (el punto más bajo de la curva) y mida CVF. Puede guiarse por la figura adjunta.

En la hoja de respuestas debe poner en cada parámetro el resultado obtenido en los dos tipos de espirómetros. Ambos deberían ser similares.

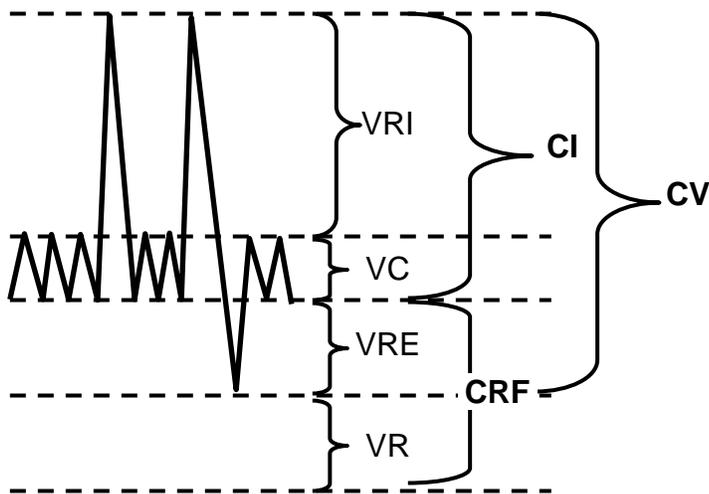
Al final de los resultados obtenidos con el espirómetro de turbina se imprime el **cuadrante de Miller**. En él se representa la capacidad vital forzada (ordenadas, en % del valor normal) frente al índice de Tiffenau. Los valores menores de un 75% en cualquiera de ellos se consideran patológicos. Por eso se han trazado 2 líneas perpendiculares a los ejes que pasan por los valores 75% y que nos dividen el cuadrante en 4 zonas correspondientes a individuos normales o con insuficiencia respiratoria obstructiva, restrictiva o combinada.



1mm = 30ml

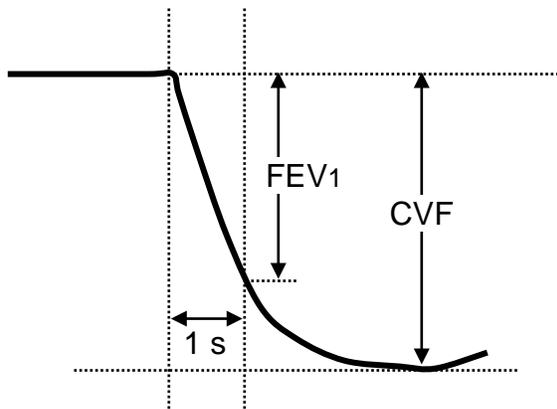
Estática

Dinámica



VRI = 3L
 VC= 0.5-0.8L
 VRE= 1.3L
 VR= 1.2L

CI =3L
 CRF= 2.5L
 CV=4.8L
 CPT=6L



HOJA DE RESULTADOS. ESPIROMETRIA

Apellidos y Nombre

Fecha

Edad Talla.....

A) ESPIROMETRIA ESTATICA (CLASICA / TURBINA)

Volumen corriente, VC/VT

Volumen de Reserva Inspiratorio, VRI/IRV

Volumen de Reserva Espiratorio, VRE/ERV

Capacidad Inspiratoria, CI =VRI+VC:

Capacidad Vital, CV/VCIN

Frecuencia Respiratoria/FB

Volumen minuto o Ventilación pulmonar total (Calcular en l/min):

B) ESPIROMETRIA DINAMICA. PRUEBA DE LA ESPIRACION FORZADAVolumen espiratorio forzado en 1 segundo, VEF₁ (FEV1):

Capacidad Vital forzada, CVF (FVC):

Indice de Tiffeneau $100 \times \text{VEF}_1/\text{CVF}$ (FEV1%FVC):

Resultado normal ó patológico:

ANALISIS DE RESULTADOS

GLOBAL: NORMAL O PATOLOGICO (Tache lo que no proceda)

¿Existe algún resultado que se desvíe de los valores medios normales?. Indíquelo.

¿Considera su espirograma normal, de tipo restrictivo o de tipo obstructivo?.

¿Padece algún proceso patológico (asma, bronquitis, infección de vías respiratorias, alteraciones de columna....) que pueda ser responsable de las alteraciones observadas en su espirograma?.

¿Es fumador?:

SI: Desde hace cuantos años:

Media de cigarrillos al día:

NO: Si ha fumado anteriormente, indique:

Media de cigarrillos al día:

Hace cuanto tiempo que no fuma:

ANEXO 1. ESPIROMETRIA. RESUMEN TEORICO

INTRODUCCION

El volumen del gas en el pulmón está determinado por las propiedades del parénquima pulmonar y del tórax (incluyendo el diafragma y la pared abdominal), la fuerza ejercida por músculos respiratorios, por la elasticidad pulmonar y las propiedades de las vías aéreas.

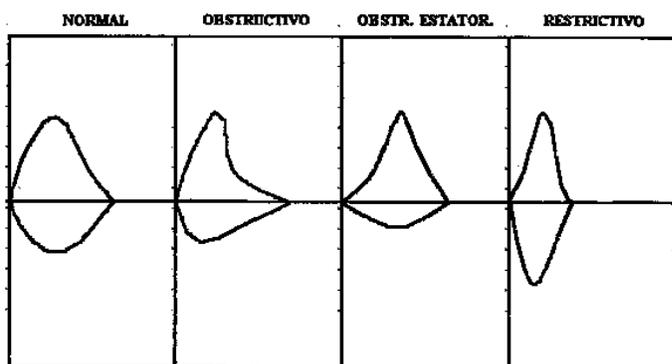
Los factores que determinan la capacidad de un pulmón normal incluyen estatura, edad, sexo, peso, postura, hábitos, grupo étnico, elasticidad y actividad diaria. El nivel de inspiración máxima está influenciada por la fuerza desarrollada por los músculos inspiratorios, la elasticidad pulmonar y las propiedades elásticas del tórax. El nivel de espiración máxima está determinado por la fuerza ejercida por los músculos respiratorios, obstrucción, oclusión y compresión de pequeñas vías aéreas y por las propiedades mecánicas del pulmón y del tórax.

El aire que el sujeto exhala es medido de acuerdo con la presión barométrica, la humedad relativa del aire y la temperatura ambiente, estas condiciones se denominan ATPS en oposición a las condiciones BTPS que hacen referencia a las corporales: 37°C y presión de vapor completamente saturado. Para una correcta medida de la capacidad de los pulmones ha de hacerse la corrección del volumen medido en condiciones ATPS a BTPS. De aquí la necesidad de introducir estos datos al comienzo de las pruebas.

Para efectuar una maniobra de espiración forzada, el paciente espira con la mayor rapidez y fuerza posibles (con la nariz tapada) desde una inspiración máxima. El registro de la maniobra como una curva flujo-volumen, en lugar de una volumen- tiempo, nos permite conocer los flujos a cualquier porcentaje de la capacidad vital.

Se ha comprobado que el PEF y el FEV1 reflejan la resistencia ofrecida principalmente por las grandes vías aéreas centrales, mientras que el MEF 25/75, el MEF 50 y el MEF 75 hacen referencia a la situación de las pequeñas vías aéreas periféricas. La rama inspiratoria depende por completo del esfuerzo produciendo una curva bastante simétrica, es también poco influida por enfermedades difusas de las vías aéreas periféricas y del parénquima pulmonar, por el contrario, sí es bastante sensible a una obstrucción central o extratorácica.

En sujetos sanos, la parte descendente de la curva espiratoria es bastante lineal, presentando una ligera concavidad. En pacientes obstructivos, en cambio, se produce un mayor arqueamiento con una marcada disminución de los flujos, en particular a volúmenes bajos, esto es debido al colapso de las vías aéreas. Por otro lado, los pacientes restrictivos se destacan por una fuerte disminución de la capacidad vital, y aunque los flujos se encuentran también disminuidos, las proporciones entre ellos se conservan.



La figura representa curvas flujo-volumen de sujetos con diferentes trastornos respiratorios: uno obstructivo, otro con obstrucción extratorácica y otro restrictivo en comparación con uno normal.

Hay dos tipos de medida del volumen: estática, en la que no toma parte la velocidad del gas, y dinámica, que se realiza con rápidas ventilaciones del pulmón.

La capacidad de ventilar rápidamente es esencial para una actividad normal y una disminución inferior a un mínimo aceptable será causa de una deficiencia respiratoria y por tanto de una disminución en la capacidad para la realización de ejercicio. Las alteraciones pueden deberse al sistema nervioso, al sistema esqueleto-muscular, a la estructura del tórax, a los pulmones o al gas inhalado.

PARAMETROS

A continuación se describen los parámetros utilizados por el MS-10 y las fórmulas por las que se calculan sus valores teóricos, para ello se han empleado las recomendaciones de la CECA (Comunidad Económica del Carbón y del Acero) en: "Bulletin Européen de Physiopathologie Respiratoire", suplemento 5, volumen 19, 1983 y ZAPLETAL 1977.

FVC: capacidad vital forzada. Es el volumen máximo espirado por el sujeto con la mayor fuerza posible partiendo con los pulmones completamente llenos de aire. Se mide en litros (l), y su valor teórico viene descrito por las siguientes fórmulas (el subíndice "v" hace referencia a varones y "m" a mujeres):

$$\begin{aligned} \text{FVCv} &= 0.0576 * \text{ESTATURA} - 0.026 * \text{EDAD} - 4.34 \\ \text{FVCm} &= 0.0443 * \text{ESTATURA} - 0.026 * \text{EDAD} - 2.89 \end{aligned}$$

PEF: pico de flujo espiratorio. Es el máximo flujo generado durante la maniobra de espiración. Se mide en litros por segundo (l/s), y viene dado por:

$$\begin{aligned} \text{PEFv} &= 0.0614 * \text{ESTATURA} - 0.043 * \text{EDAD} + 0.15 \\ \text{PEFm} &= 0.0550 * \text{ESTATURA} - 0.030 * \text{EDAD} - 1.11 \end{aligned}$$

CVIN: capacidad vital inspiratoria. Es el volumen máximo inspirado por el paciente desde una situación de máximo vacío. Se mide en litros (l).

PIF: pico de flujo inspiratorio. Es el máximo flujo generado durante la maniobra de inspiración. Se mide en litros por segundo (l/s).

FEV1: volumen espiratorio forzado en el primer segundo. Es el volumen exhalado por el paciente durante la maniobra de FVC en el primer segundo. También se mide en litros (l) y su valor teórico es:

$$\begin{aligned} \text{FEV1v} &= 0.0430 * \text{ESTATURA} - 0.029 * \text{EDAD} - 2.49 \\ \text{FEV1m} &= 0.0395 * \text{ESTATURA} - 0.025 * \text{EDAD} - 2.60 \end{aligned}$$

FEV1%FVC: test de Tiffenau. Expresa la relación del FEV1 en tanto por ciento con respecto al FVC ($100 * \text{FEV1} / \text{FVC}$). No tiene unidades, se indica como un porcentaje y su valor teórico viene dado por:

$$\begin{aligned} \text{FEV1\%v FVC} &= 0.18 * \text{EDAD} + 87.21 \\ \text{FEV1\%m FVC} &= 0.19 * \text{EDAD} + 89.10 \end{aligned}$$

MEF25: flujo espiratorio máximo al 25% de FVC, MEF 25% FVC. Es la medida de flujo obtenida cuando los pulmones del paciente están a un cuarto de su FVC (es decir, cuando ha espirado un 75% de volumen), así pues, se mide en litros por segundo (l/s), y los valores teóricos los dan las siguientes fórmulas:

$$\begin{aligned} \text{MEF25\%v} &= 0.0261 * \text{ESTATURA} - 0.026 * \text{EDAD} - 1.34 \\ \text{MEF25\%m} &= 0.005 * \text{ESTATURA} - 0.025 * \text{EDAD} + 1.11 \end{aligned}$$

MEF50: flujo espiratorio máximo al 50% de FVC, MEF 50% FVC. Es el flujo medido cuando los pulmones del sujeto se encuentran a la mitad de la FVC. Se mide en litros por segundo (l/s) y viene dado por:

$$\begin{aligned} \text{MEF50\%v} &= 0.0379 * \text{ESTATURA} - 0.031 * \text{EDAD} - 0.35 \\ \text{MEF50\%m} &= 0.0245 * \text{ESTATURA} - 0.025 * \text{EDAD} + 1.16 \end{aligned}$$

MEF75: flujo espiratorio máximo al 75% de FVC, MEF75%FVC. Es la medida de flujo obtenida cuando los pulmones del paciente están a tres cuartos de su FVC (es decir, cuando ha espirado un 25% de volumen). Se mide en litros por segundo (l/s), y los valores teóricos los dan las siguientes fórmulas:

$$\text{MEF75\%v} = 0.0546 * \text{ESTATURA} - 0.029 * \text{EDAD} - 0.47$$

$$\text{MEF75\%m} = 0.0322 * \text{ESTATURA} - 0.025 * \text{EDAD} + 1.60$$

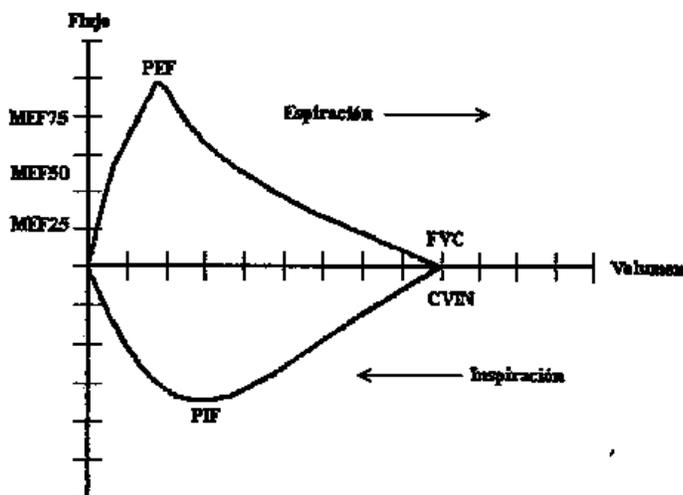
FEF25-75: flujo medio espiratorio forzado entre el 25% y el 75% del FVC, FEF 25-75%. Es un índice medio del flujo a lo largo de la mitad de la capacidad del sujeto en la mitad de la prueba. Es independiente del esfuerzo. Se mide en litros por segundo (l/s) y sus valores teóricos se obtienen por:

$$\text{FEF25-75v} = 0.0194 * \text{ESTATURA} - 0.043 * \text{EDAD} + 2.70$$

$$\text{FEF25-75m} = 0.0125 * \text{ESTATURA} - 0.034 * \text{EDAD} + 2.92$$

MVV: ventilación voluntaria máxima MVV. Se define como el volumen espirado por minuto en un esfuerzo ventilatorio máximo. Sus unidades son litros por minuto (l/min) y se calcula con relación al FEV1 mediante:

$$\text{MVV} = 41 * \text{FEV1}$$

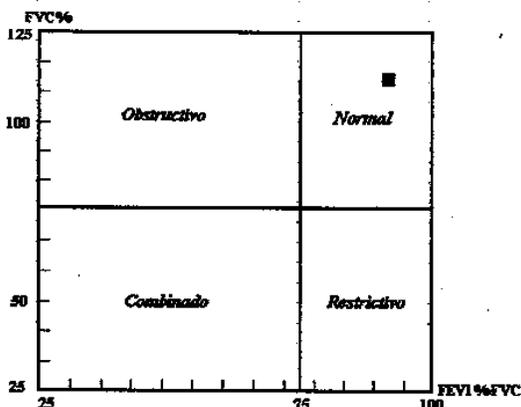


TTOT: Tiempo total empleado en la realización de la maniobra espiratoria.

La curva de la figura muestra de forma gráfica el valor de los parámetros descritos anteriormente.

CUADRANTE DE MILLER

El cuadrante de Miller es un sistema muy básico de diagnóstico. Consiste en una gráfica en la que se sitúa al sujeto conforme a los resultados de dos parámetros: el FVC real en tanto por ciento con respecto al teórico y el FEV1% FVC.



El cuadrante está cruzado por dos líneas que corresponden a un valor del 75%, dividiéndolo en cuatro partes. Estas partes corresponden a individuos obstructivos, normales, restrictivos y con problemas combinados de restricción y obstrucción.

El origen se sitúa en un 25% para ambos parámetros, los valores máximos son del 125% para el FVC% y del 100% para el FEV1% VC. En el FVC% las divisiones están situadas cada 10% y en el FEV1% VC cada 5%.