

ÍNDICE

FISIOLÓGÍA DE LA RESPIRACIÓN	7	PATRONES ESPIROMÉTRICOS	21
MEDICIÓN DE VOLÚMENES PULMONARES	8	– PATRÓN NORMAL	21
TIPOS DE ESPIRÓMETROS	9	– PATRÓN OBSTRUCTIVO	22
– ESPIRÓMETROS VOLUMÉTRICOS	9	– PATRÓN RESTRICTIVO	23
– ESPIRÓMETROS CON SENSOR DE FLUJO	10	– PATRÓN MIXTO	24
CÓMO ESCOGER UN ESPIRÓMETRO PARA ATENCIÓN PRIMARIA	11	PRUEBA BRONCODILATADORA	26
– LOS CRITERIOS A SEGUIR	11	– CÓMO SE HACE	26
TIPOS DE GRÁFICAS EN ESPIROMETRÍA FORZADA	12	– QUÉ SE EVALÚA	26
– CURVAS DE VOLUMEN-TIEMPO	12	– CÁLCULO DE LA REVERSIBILIDAD	27
– CURVAS DE FLUJO-VOLUMEN	12	– CONTRAINDICACIONES	28
PRINCIPALES MEDIDAS ESPIROMÉTRICAS..	13	– PARA QUÉ SIRVE	28
REALIZANDO LA ESPIROMETRÍA	14	ENSAYO TERAPÉUTICO	28
– ANTES DE HACER LA ESPIROMETRÍA	14	– CÓMO SE HACE	28
– EJECUTANDO LA MANIOBRA	15	– EN QUIÉN DEBE HACERSE	28
ACEPTABILIDAD	16	LIMPIEZA DEL ESPIRÓMETRO	30
– INICIO DE LA MANIOBRA	17	– BOQUILLAS	30
– ARTEFACTOS EN LA FORMA DE LA CURVA	17	– TUBOS Y CONEXIONES	30
– DURACIÓN DE LA ESPIROMETRÍA	20	– PINZAS NASALES	30
– TERMINACIÓN DE LA MANIOBRA	20	– FILTROS ANTIBACTERIANOS	30
REPRODUCIBILIDAD	20	– CABEZAL DE FLUJO DEL ESPIRÓMETRO	31
		MANTENIMIENTO DEL ESPIRÓMETRO	31
		– CÓMO CALIBRAR EL ESPIRÓMETRO	32
		BIBLIOGRAFÍA BÁSICA	33



FISIOLOGÍA DE LA RESPIRACIÓN

El pulmón es una estructura elástica con tendencia a la retracción (por su gran riqueza en fibras elásticas y la tensión superficial de los líquidos alveolares). En el interior de la caja torácica, la presión negativa pleural evita el colapso del pulmón, produciéndose entre éste y el tórax una situación de equilibrio que se denomina **volumen de reposo pulmón – tórax**, en el cual el pulmón está distendido y se adapta al interior de la caja torácica. En esta situación podemos medir y conocer los volúmenes movilizables y no movilizables que intervienen en la dinámica pulmonar.

Es importante conocer las presiones que intervienen en el proceso de la respiración; vamos a reseñar las más importantes:

- 1- Presión de retracción elástica (P_{st}):** Es la presión que generan las fibras elásticas del pulmón para tratar de cerrar el alveolo. La P_{st} es mayor cuanto mayor sea el volumen de aire introducido, de manera similar a lo que sucede con un globo de goma.
- 2- Presión Pleural (P_{pl}):** Es la presión que se genera en el espacio pleural, como resultado de la contracción de los músculos inspiratorios y espiratorios. Durante la inspiración es negativa, pero durante la espiración forzada se hace positiva, ayudando así a la expulsión del aire de los pulmones.
- 3- Presión alveolar (P_{alv}):** Es la suma de la P_{st} y la P_{pl} , y es la presión que hace que el aire sea expulsado de las vías respiratorias.

También debemos conocer la existencia de una cierta resistencia de las vías aéreas al paso del aire; es la llamada Resistencia de la Vía Aérea (R_{aw}). La R_{aw} es inversamente proporcional al calibre de la vía aérea, y por tanto, al volumen de aire que ocupa dicha vía. Cuando se alcanza el máximo volumen, es decir, la capacidad pulmonar total, la R_{aw} es nula. El calibre de las pequeñas vías aéreas no se considera aisladamente, sino en conjunto, ya que trabajan en paralelo al mismo tiempo; eso significa que su sección conjunta es muy grande, y por tanto la R_{aw} es muy baja. De hecho, donde la R_{aw} es mayor en condiciones normales es en los bronquios principales y la tráquea.

Si reducimos todo el pulmón a un solo alveolo (modelo unicompartmental), podemos comprender cómo actúan las presiones.

Vemos que la P_{alv} que inicialmente es de 30 cm H_2O , debe equipararse a la presión atmosférica (0), que es la que existe en la boca. Eso significa que a lo largo de la vía aérea la P_{alv} se va reduciendo progresivamente, por efecto de la resistencia que la propia vía aérea opone a su paso (R_{aw}).

Cuando la P_{alv} se iguala con la P_{pl} , la presión dentro y fuera de la vía aérea es la misma. Al punto en que esto sucede se le denomina **Punto de igual presión (PIP)**. A partir del PIP, la P_{pl} es superior a la presión intraluminal, y por lo tanto se produce el colapso de la vía aérea, salvo que esté protegida por cartílago. Si el PIP está situado en una zona de la vía aérea sin cartílago, tal como sucede en las obstruc-

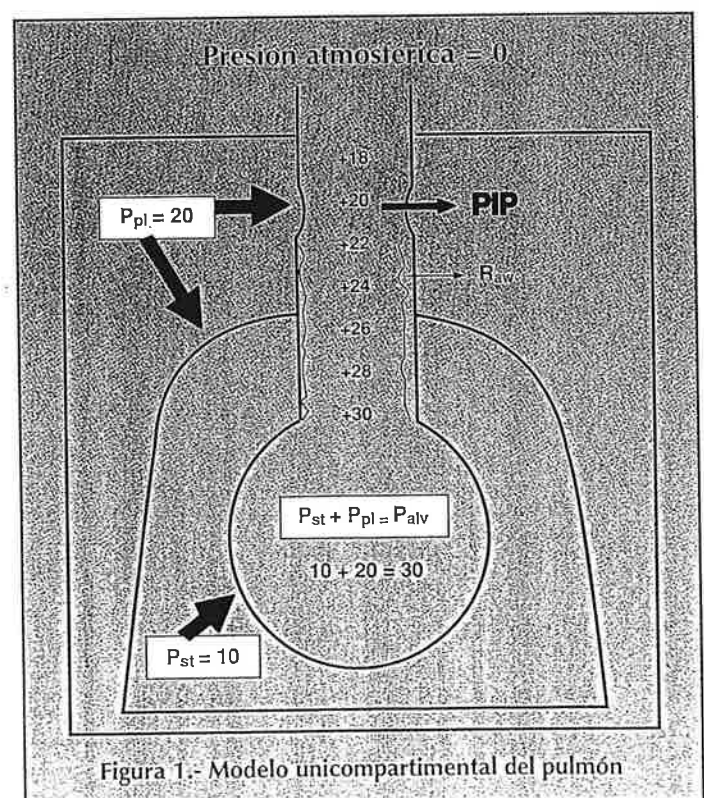
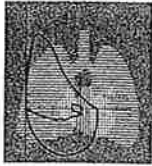


Figura 1.- Modelo unicompartmental del pulmón



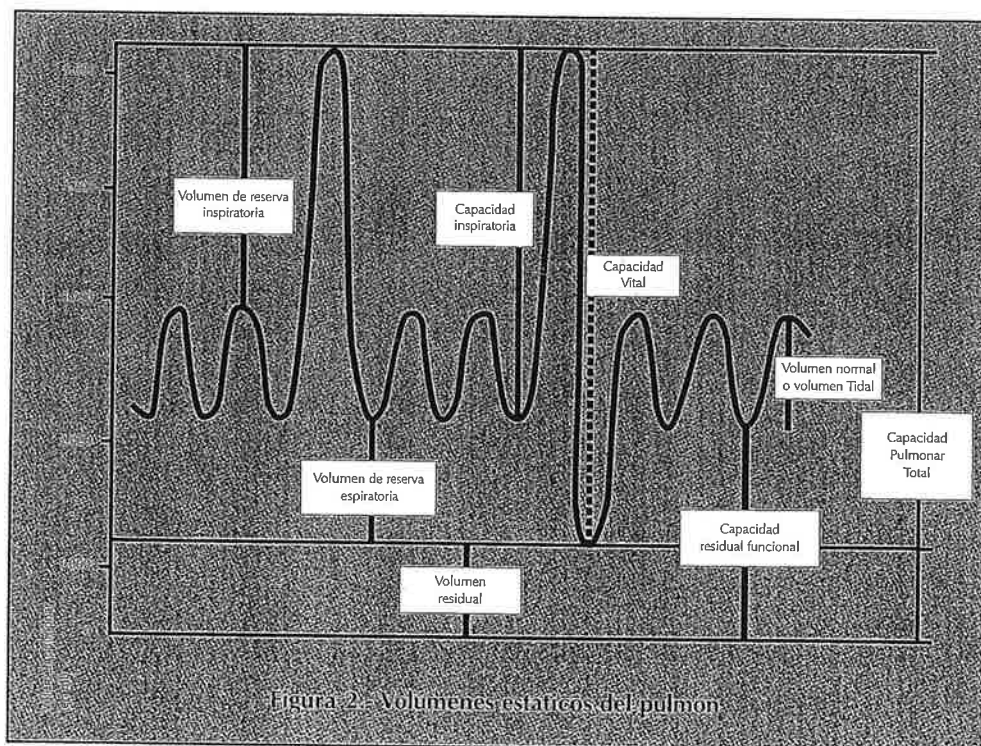
ciones bronquiales, se produce el colapso de la vía y por tanto una limitación dinámica al flujo aéreo, con atrapamiento aéreo e hiperinsuflación pulmonar.

A la zona comprendida entre el alveolo y el PIP se la denomina "corriente arriba" (*upstream*) o "zona periférica", y a la comprendida entre el PIP y el exterior, "corriente abajo" (*downstream*) o "zona central".

MEDICIÓN DE VOLÚMENES PULMONARES

En condiciones normales, el volumen de aire que se mueve en cada respiración es de unos 500 ml; este volumen se denomina **volumen normal**, **volumen corriente** o **volumen tidal**.

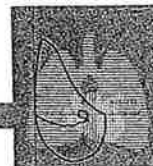
Pero nuestro pulmón es capaz de introducir más aire con la inspiración profunda: es el **volumen de reserva inspiratorio**. De la misma forma, puede expulsar más aire al hacer una espiración máxima: es el **volumen de reserva espiratorio**.



A la suma de estos tres volúmenes (volumen corriente, volumen de reserva inspiratorio y volumen de reserva espiratorio) se le llama **Capacidad Vital (CV)**, que es el volumen total del aire que puede movilizar una persona. Este volumen dependerá en cada persona, principalmente, de su edad, talla y sexo. Si existe un proceso patológico que provoque una disminución de la capacidad vital (es decir, del aire movilizable), decimos que existe una **restricción**.

En el pulmón y en las vías aéreas queda además una cierta cantidad de aire no movilizable: es el llamado **volumen residual**, cuya determinación precisa de técnicas de laboratorio de función pulmonar, como la pletismografía corporal.

La suma de la capacidad vital y el volumen residual es la cantidad total de aire que pueden contener los pulmones, y se denomina **Capacidad Pulmonar Total**.



	Castellano	Inglés
VOLUMENES		
Volumen corriente, volumen normal o volumen tidal	VT	TV
Volumen de reserva inspiratorio	VRI	IRV
Volumen de reserva espiratorio	VRE	ERV
Volumen residual	VR	RV
CAPACIDADES		
Capacidad vital o capacidad vital lenta	CV o CVL	VCG o SVC
Capacidad inspiratoria	CI	IC
Capacidad residual funcional	CRF	FRG
Capacidad pulmonar total	CPT	TLC
MEDICIONES ESPIROMÉTRICAS		
Capacidad vital forzada	CVF	FVC
Volumen espiratorio forzado en el primer segundo	MEFS	FEV1
Relación FEV1/FVC	MEFS/CVF	FEV1/FVC
Índice de Tiffeneau	MEFS/VC	FEV1/VC
Flujo espiratorio forzado entre el 25 y 75% de la FVC	FEF25-75	FEF25-75
Flujo espiratorio máximo	PEM	PEF

Tabla 1.- Abreviaturas y símbolos de uso habitual, con sus equivalencias en castellano e inglés.

Se recomienda internacionalmente el uso de las siglas inglesas.

TIPOS DE ESPIRÓMETROS

ESPIRÓMETROS VOLUMÉTRICOS

Al entrar el aire en un circuito cerrado, provoca un desplazamiento del mecanismo (campana, fuelle) proporcional al volumen de aire movilizado. Este desplazamiento es registrado sobre una gráfica o transformado en señal eléctrica mediante un potenciómetro para enviarlo a un microprocesador, o bien ambas cosas a la vez.

1. Espirómetros de agua o de campana: Se trata básicamente de un circuito de aire que empuja una campana móvil (figura 3), que transmite su movimiento a una guía que registra el mismo en un papel continuo. La campana va sellada en un depósito de agua (de ahí su nombre). Sirve para registrar los volúmenes pulmonares (excepto el volumen residual), y al aumentar la velocidad del papel al doble se puede registrar también la capacidad vital forzada. Es muy útil para realizar estudios completos, pero su tamaño y complejidad limitan su uso exclusivamente a los laboratorios de función pulmonar, estando poco indicado para su utilización en atención primaria.

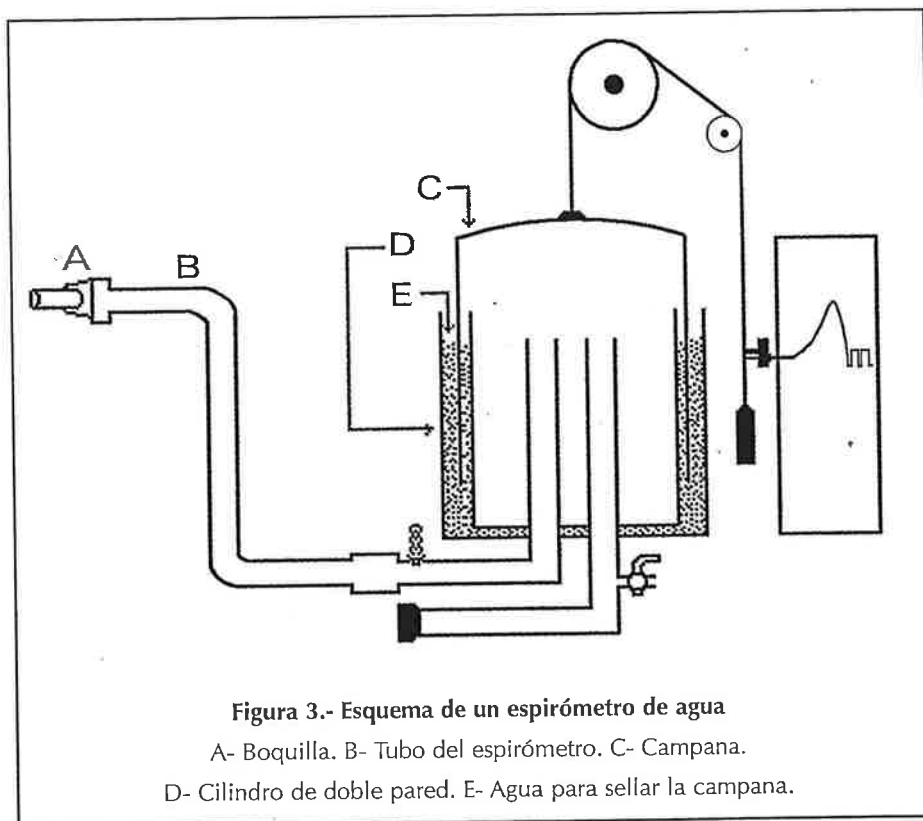


Figura 3.- Esquema de un espirómetro de agua
A- Boquilla. B- Tubo del espirómetro. C- Campana.
D- Cilindro de doble pared. E- Agua para sellar la campana.

2. Espirómetros secos (de pistón o de fuelle): En vez de una campana sellada en agua utilizan un pistón que desplaza el aire, o un fuelle que se hincha con el volumen espirado por el paciente. Este último tipo (espirómetro de fuelle) ha sido durante muchos años el modelo más extendido, y aún se utiliza en muchos lugares. Los modelos más corrientes sólo registran la maniobra de espiración forzada, y sólo la curva de volumen-tiempo, si bien algunos modelos recientes dotados de microprocesador pueden registrar la maniobra de espirometría simple y las curvas de flujo-volumen.

El aire hincha el fuelle, que transmite la variación de volumen a una guía conectada a un registro en papel (figura 4). Este último se mueve a una velocidad constante por segundo, permitiendo así relacionar el volumen con el tiempo, obteniéndose las gráficas denominadas de volumen – tiempo. Los volúmenes teóricos deben calcularse manualmente a partir de unas tablas, lo que hace que su uso sea lento y engorroso. Algunas unidades incorporan un microprocesador que evita tener que hacer los cálculos manualmente.

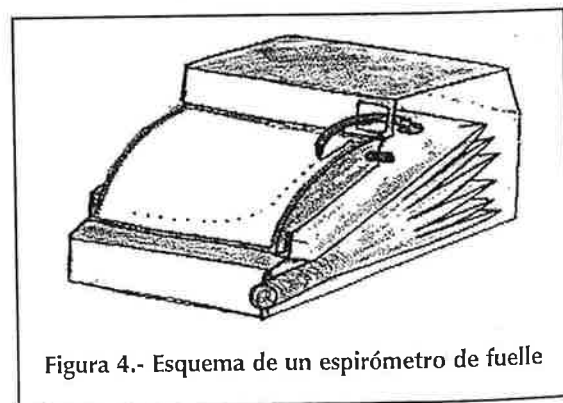


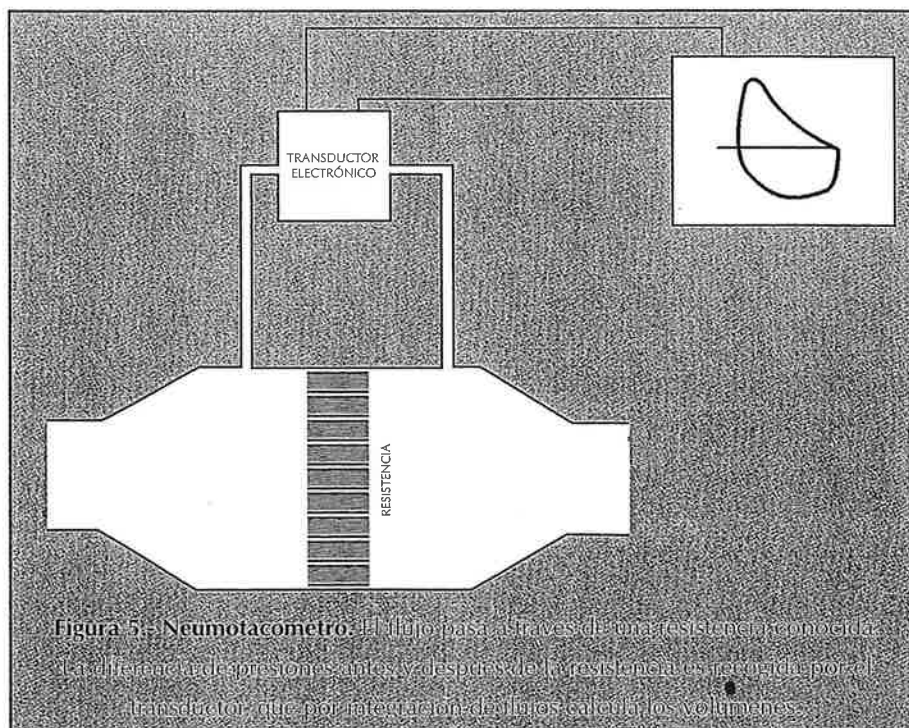
Figura 4.- Esquema de un espirómetro de fuelle

ESPIRÓMETROS CON SENSOR DE FLUJO

Existen varios tipos de cabezales con sensor de flujo: neumotacómetros, de turbina, de ultrasonidos, de hilo caliente... Vamos a ver sólo los dos más utilizados, que son los neumotacómetros y los de turbina.

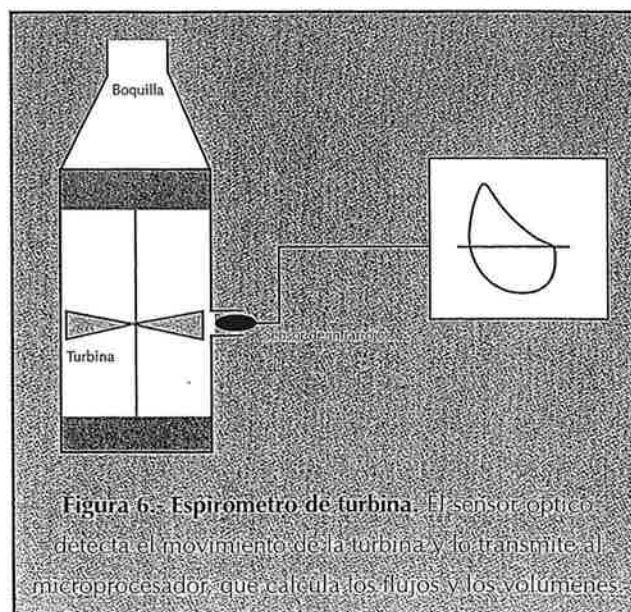


1. Neumotacómetros: Se trata de aparatos que incorporan en la boquilla una resistencia que hace que la presión antes y después de la misma sea diferente (figura 5). Esta diferencia de presiones es analizada por un microprocesador, que a partir de ella genera una curva de flujo – volumen y/o de volumen – tiempo. Al estar computerizado, tanto los valores obtenidos como los teóricos nos los da el propio aparato, siempre que hayamos introducido los datos antropométricos del paciente por medio del teclado.



2. Espirómetros de turbina:

Incorporan en la boquilla del aparato una pequeña hélice, cuyo movimiento, proporcional al flujo, es detectado por un sensor óptico (figura 6). Esta información es analizada por un microprocesador, dando como resultado tanto una gráfica de flujo – volumen como de volumen – tiempo. Al igual que en el caso anterior, el propio aparato nos da los resultados y los valores teóricos de cada paciente.



CÓMO ESCOGER UN ESPIRÓMETRO PARA ATENCIÓN PRIMARIA

LOS CRITERIOS A SEGUIR SERÍAN:

- Utilización sencilla
- Pequeño tamaño y robustez.
- Facilidad de calibración y mantenimiento simple.
- Pantalla para ver en tiempo real la curva (preferentemente la de flujo-volumen), o al menos la posibilidad de conexión a ordenador para ver en tiempo real la curva.
- Posibilidad de imprimir las curvas y las medidas obtenidas.
- Posibilidad de configurar qué valores teóricos de referencia se van a utilizar.
- Incorporar la medida automática de temperatura (e idealmente de presión barométrica) para la conversión automática a valores BTPS.
- Acompañarse de un manual de operaciones completo, incluyendo la manera de limpiarlo y calibrarlo.
- Tener un precio razonable.



TIPOS DE GRÁFICAS EN ESPIROMETRÍA FORZADA

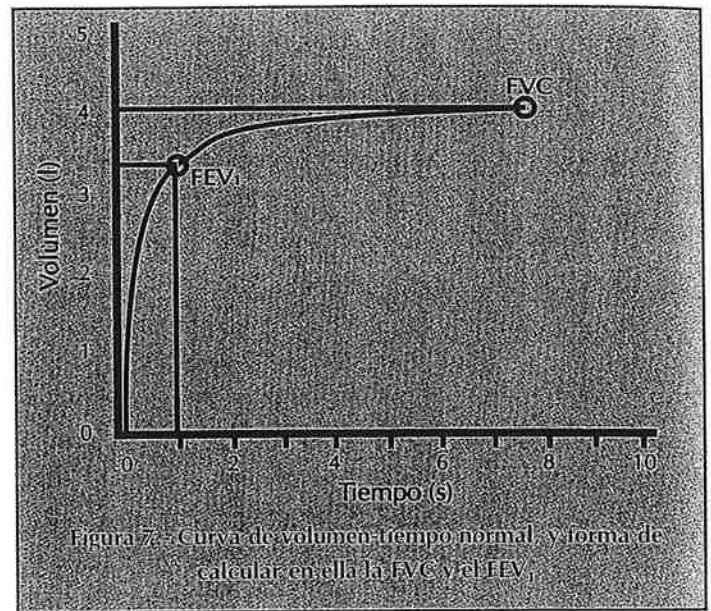
La espirometría forzada se registra gráficamente de dos maneras: mediante curvas de volumen-tiempo y mediante curvas de flujo-volumen.

CURVAS DE VOLUMEN-TIEMPO

Se trata de una gráfica en la que se coloca en el eje de ordenadas el volumen (en litros), y en el eje de abscisas el tiempo (en segundos). Son curvas fáciles de entender, pues integran dos dimensiones a las que estamos acostumbrados y que manejamos fácilmente (el volumen y el tiempo).

La curva de volumen-tiempo normal (figura 7) comienza en el punto cero, es decir, donde se cortan el eje de volumen y el eje de tiempo. Tiene un inicio con una rápida subida, que al final se suaviza hasta alcanzar una fase de meseta, en la que aunque el paciente siga soplando, no aumenta el volumen registrado.

El punto más elevado del trazado corresponde a la FVC, mientras que si se traza una línea vertical en el primer segundo y se ve donde corta a la curva, el volumen correspondiente a ese punto es el FEV₁.

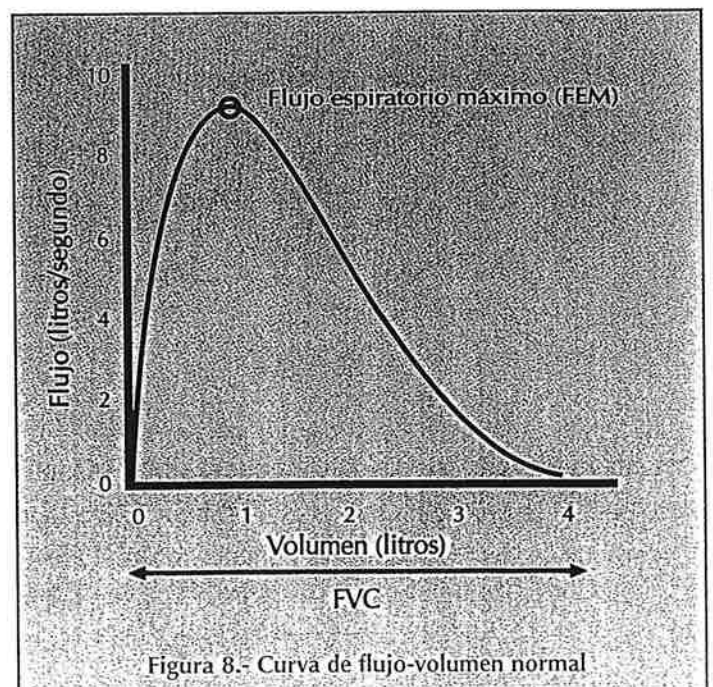


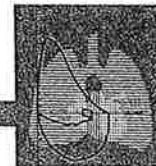
CURVAS DE FLUJO-VOLUMEN

Se trata de un tipo de curvas más difíciles de comprender que las de volumen-tiempo, ya que uno de los ejes representa al flujo, que es una magnitud que no estamos acostumbrados a manejar. Sin embargo, este tipo de curva tiene la ventaja de que detecta mucho mejor los errores de la maniobra o los artefactos que se producen durante la misma, ya que el flujo es un parámetro muy sensible.

En este tipo de curva se señala en el eje de ordenadas el flujo, en litros/segundo, y en el eje de abscisas el volumen, en litros.

La curva de flujo-volumen normal (figura 8) tiene un ascenso muy rápido, con una pendiente muy pronunciada, hasta alcanzar un máximo de flujo (Flujo espiratorio máximo, PEF). A partir de ese punto, la curva desciende con una pendiente menos pronunciada que en el ascenso hasta cortar el eje de volumen, señalando de esta manera la FVC.





Sobre este tipo de gráfica podemos obtener directamente la FVC y el PEF, pero no así el FEV₁, que nos tiene que calcular el microprocesador del espirómetro. Está en la parte descendente final de la curva.

Podemos relacionar los dos tipos de curva uniéndolas por el eje que comparten (es decir, el volumen); de esta manera podemos observar que el FEV₁ se encuentra en la parte final de la curva de flujo-volumen.

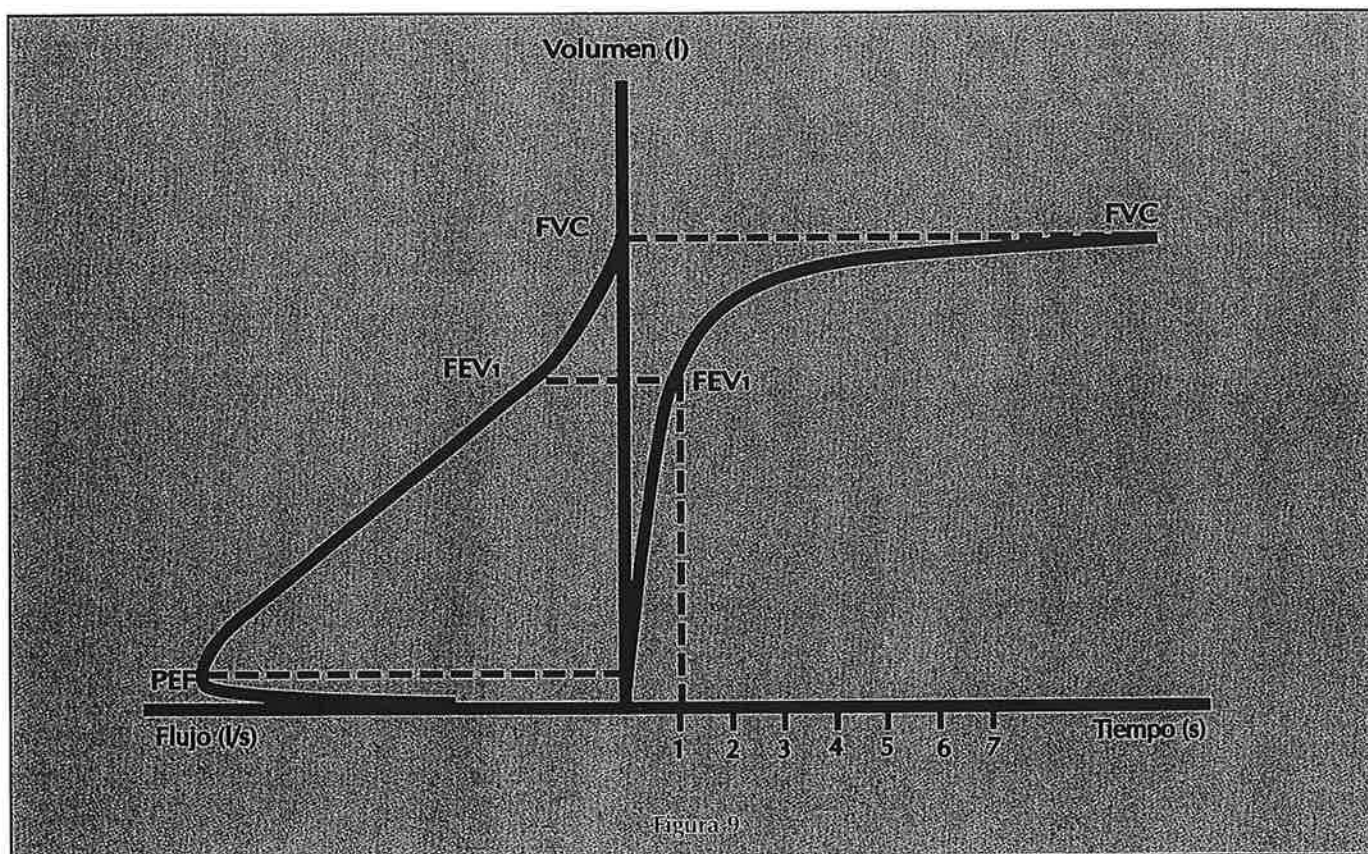


Figura 9

PRINCIPALES MEDIDAS ESPIROMÉTRICAS

Se han descrito multitud de medidas y parámetros, pero los más importantes son los siguientes:

1. **CAPACIDAD VITAL FORZADA (FVC o CVF):** Es el máximo volumen de aire espirado, con el máximo esfuerzo posible, partiendo de una inspiración máxima. Se expresa como volumen (en litros o en mililitros), y se considera normal cuando es igual o mayor del 80% de su valor teórico. No debe confundirse con la capacidad vital "lenta" (VC o SVC), dado que ésta se obtiene con una respiración "lenta" o "relajada", no forzada.
2. **VOLUMEN ESPIRADO MÁXIMO EN EL PRIMER SEGUNDO DE LA ESPIRACIÓN FORZADA (FEV₁ o VEMS):** Es el volumen de aire que se expulsa durante el primer segundo de la espiración forzada. Aunque se expresa como volumen (en ml), dado que se relaciona con el tiempo supone en la práctica una medida de flujo. Se considera normal si es igual o mayor del 80% de su valor teórico.
3. **RELACIÓN FEV₁/FVC (FEV₁%):** Expresada como porcentaje, indica la proporción de la FVC que se expulsa durante el primer segundo de la maniobra de espiración forzada. Es el parámetro más importante para valorar si existe una obstrucción, y en condiciones normales ha de ser mayor del 75%, aunque se admiten como no patológicas cifras de hasta un 70%. Por debajo del 70% podemos considerar que existe obstrucción.



Aunque en algunos textos se denomina a esta relación "Índice de Tiffeneau", esto es incorrecto, pues el índice de Tiffeneau relaciona el FEV₁ con la capacidad vital "lenta" (VC) y no con la capacidad vital forzada (FVC).

4. FLUJO ESPIRATORIO FORZADO ENTRE EL 25% Y EL 75% DE LA CAPACIDAD VITAL FORZADA (FEF_{25%-75%}):

Este parámetro sirve en teoría para reflejar el estado de las pequeñas vías aéreas (las de menos de 2 mm de diámetro), lo que serviría para detectar tempranamente las obstrucciones. Sin embargo presenta una gran variabilidad interindividual, por lo que ha caído en desuso.

En atención primaria vamos a utilizar los tres primeros parámetros descritos, que nos van a aportar en conjunto suficiente información para el diagnóstico y seguimiento de nuestros pacientes.

Todas las medidas deben expresarse en valores BTPS (condiciones de temperatura corporal y presión atmosférica). La práctica totalidad de los espirómetros modernos ya facilitan las medidas en este tipo de valores.

Los valores de referencia deben ser aquéllos obtenidos en una población lo más similar posible a la nuestra. En España se usan los valores de referencia de Roca et al, adoptados por la SEPAR.

VARIABLE	SEXO	ECUACION	SEE
FVC	M	$0,065 \text{ ST} - 0,0014 \text{ FE} - 15,05$	0,530
	F	$0,045 \text{ ST} - 0,0011 \text{ FE} - 2,39$	0,463
FEV ₁	M	$0,0499 \text{ ST} - 0,0021 \text{ FE} - 3,84$	0,444
	F	$0,0317 \text{ ST} - 0,0015 \text{ FE} - 1,23$	0,420
FEV ₁ /FVC	M	$0,1900 \text{ ST} - 0,0038$	5,38
	F	$0,2240 \text{ ST} - 0,1125 \text{ FE} - 0,138$	5,31
FEF _{25%-75%}	M	$0,00392 \text{ ST} - 0,0450 \text{ FE} - 1,16$	1,00
	F	$0,0230 \text{ ST} - 0,0456 \text{ FE} - 1,11$	0,620

ST: Masa del sujeto (en kilogramos); FE: Edad (en años); SEE: Error estándar de la estimación.
 Roca et al. Spirometric reference values for a Mediterranean population. *Am J Respir Crit Care Med* 1992; 147: 924.

Tabla 2. Ecuaciones para calcular los valores de referencia de la SEPAR

REALIZANDO LA ESPIROMETRÍA

El objetivo inmediato del clínico cuando tiene en sus manos una espirometría es interpretar los valores y definir el tipo de patrón respiratorio que tiene ante sí para confirmar o rechazar una hipótesis diagnóstica previa.

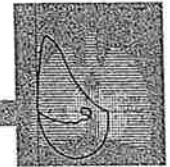
Aunque esto es así, no nos debemos olvidar que para conseguir una espirometría "interpretable" es necesario un proceso previo que comienza antes de la realización de la técnica. A esto nos vamos a referir en esta sección. Definiremos todo el proceso necesario para conseguir registros con la calidad suficiente para ser válidos e interpretables.

ANTES DE HACER LA ESPIROMETRÍA

Cuando se solicita una espirometría, el primer paso consiste en **informar al paciente** que vamos a hacerle una técnica que no resulta molesta ni dolorosa, y que se trata de soplar por un aparato que mide cómo funcionan sus pulmones.

En esta primera fase le informaremos que precisamos de su colaboración y que necesitaremos que realice todo el esfuerzo que le sea posible para conseguir una maniobra válida. Como veremos más tarde las espirometrías mal colaboradas no miden de forma real la función pulmonar del paciente y se desecharán por no ser interpretables.





Además, dado que existen múltiples factores que alteran la dinámica bronquial nos debemos asegurar que el paciente sigue unas instrucciones básicas en lo que se refiere a la evitación de algunos fármacos o sustancias que interfieren con la medición y que básicamente son:

- **FÁRMACOS:** En esta categoría se incluye todo tipo de fármacos que presenten efectos broncodilatadores (tabla 3), no siendo necesario retirar los que no tengan estos efectos (como, por ejemplo, los antiinflamatorios inhalados).
- **BEBIDAS:** No tomar caféina ni teolaina (té) en las horas previas.
- **TABACO:** Evitar su consumo en las horas previas a la realización de la técnica por el efecto broncoconstrictor sobre el árbol bronquial.
- **ALIMENTACIÓN:** No afecta a los bronquios, aunque es aconsejable evitar comidas muy copiosas, por comodidad para el paciente.

FÁRMACO	TIEMPO DE ABSTINENCIA MÍNIMO ADMISIBLE
SALBUTAMOL	6 HORAS
TERBUTAINA	6 HORAS
FORMOTEROL	12 HORAS
SALMETEROL	12 HORAS
BROMURO DE IPRATROPIO	16 HORAS
BROMURO DE TIOTROPIO	24 HORAS
TEOFLINAS DE ACCIÓN CORTA	12 HORAS
TEOFLINAS DE ACCIÓN LARGA	12 HORAS
CROMONAS	12 HORAS

Tabla 3. Fármacos a evitar previamente a la espirometría

EJECUTANDO LA MANIOBRA

La espirometría es una herramienta de un valor incuestionable en la valoración de cualquier paciente con patología respiratoria, y esto es así si nos aseguramos que mide fielmente la función pulmonar del paciente; para ello es imprescindible que se consigan maniobras técnicamente correctas.

Previamente a su realización el técnico **debe explicar al paciente** que para hacer esta prueba necesita de **su colaboración**; sólo así se pueden conseguir maniobras adecuadas. A continuación le explicará cómo tiene que soplar por la boquilla y con qué intensidad.

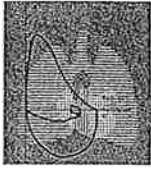
Es de utilidad que antes de que lo haga el paciente, el técnico le muestre cómo hacerlo usando una de las boquillas desechables, e incluso que el sujeto pruebe alguna vez antes de conectar la boquilla al espirómetro.

Seguidamente se deben introducir los datos en el espirómetro, que variarán con cada modelo, pero que básicamente serán la talla, el peso, la edad y el sexo.

Algunos modelos además solicitarán la temperatura ambiente para hacer correcciones internas en función de ésta.

Cómo ejecutar una maniobra correctamente

- El paciente realizará una **inspiración máxima**.
- Se colocará la **boquilla entre los labios**, cerrándolos perfectamente sobre la misma.
- El técnico dará una orden enérgica y tajante para que el paciente comience con la espiración forzada. Esto evitará inicios dubitativos que ocasionen artefactos que afecten la medición.
- Durante la espiración el técnico **animará enérgicamente** al paciente para que siga soplando todo lo que pueda (debe conseguir el máximo esfuerzo posible y evitar una interrupción temprana de la maniobra).
- Si se realiza además la inspirometría, una vez ha acabado la espiración forzada realizará una inspiración todo lo profunda y larga que pueda.
- El tiempo de espiración forzada debe prolongarse tanto como se pueda (debe ser de **al menos 6 segundos**).



Siempre se harán como **mínimo tres maniobras satisfactorias**. En caso de que no se consigan, se pueden repetir hasta un **máximo de ocho**. A partir de este número y dado que es una prueba esfuerzo-dependiente, el paciente se agota y es difícil que colabore repitiéndola más veces.

Durante el desarrollo de esta maniobra el técnico debe asegurarse que el paciente está realizando todo el esfuerzo que puede y que lo mantiene el máximo de tiempo que le es posible. Sería aconsejable además que se dispusiese de una pantalla donde **se visualice en tiempo real la evolución de la curva flujo-volumen**, porque esto permite comprobar que está realizando el máximo esfuerzo y que es técnicamente correcta.

Algunos aspectos a tener en cuenta en la ejecución de la maniobra son:

- 1. La postura del paciente:** Aunque se puede realizar igualmente sentados o en bipedestación, como norma se prefiere que permanezcan **sentados**, por comodidad del paciente y para evitar problemas como mareos o síncope. Además es muy importante que durante la espiración forzada el técnico se coloque a su lado y evite que el paciente flexione el tronco durante la realización del esfuerzo.
- 2. La pinza nasal:** En general, su uso cuando se ejecuta una espiración forzada **no es necesario** dado que es muy poco probable que existan pérdidas de aire por las fosas nasales durante su ejecución.
- 3. Filtros y boquillas:** Se deben usar boquillas desechables, y para ello son muy útiles las de cartón rígido de un solo uso. Los filtros no son necesarios salvo en circunstancias muy concretas que se comentarán en la sección de desinfección del espirómetro.

Es preciso además tener en cuenta que durante su desarrollo se pueden dar una serie de errores (tabla 4) aunque los más frecuentes son que el técnico no anime al paciente (esto tiene una enorme importancia para que el paciente consiga el máximo esfuerzo) y que éste no mantenga la espiración el tiempo suficiente.

ERRORES DEL TÉCNICO	ERRORES DEL PACIENTE	ERRORES DURANTE LA MANIOBRA
<ul style="list-style-type: none">• Inadecuación de los datos• No animar• No dar orden de inicio• No supervisar la técnica	<ul style="list-style-type: none">• Postura incorrecta• No colaborar	<ul style="list-style-type: none">• Comienzo tardío• Escapes de aire• Esfuerzo submáximo• Finalización temprana• Obstrucción boquilla

Tabla 4. Errores más frecuentes durante la maniobra de espiración forzada

ACEPTABILIDAD

El primer paso que debemos dar para interpretar una espirometría es asegurarnos que el registro obtenido sea aceptable. O sea, que está libre de artefactos de cualquier tipo que alteren o imposibiliten la interpretación.

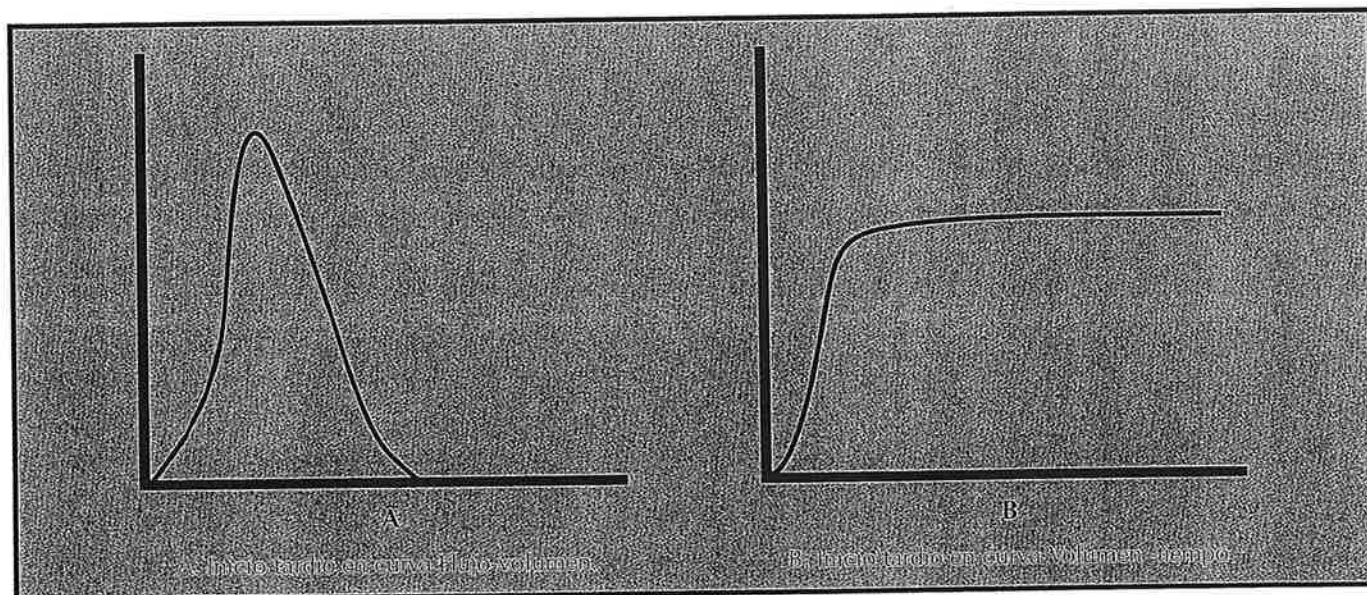
El **primer criterio** a tener en cuenta lo define el profesional que realiza la maniobra, que debe asegurarse de que la técnica se realiza en condiciones correctas, que el paciente no ha tomado medicación previa y que colabora de forma adecuada.

El **siguiente criterio** será valorar las curvas y los registros obtenidos, que deben cumplir una serie de requisitos, que son:



INICIO DE LA MANIOBRA

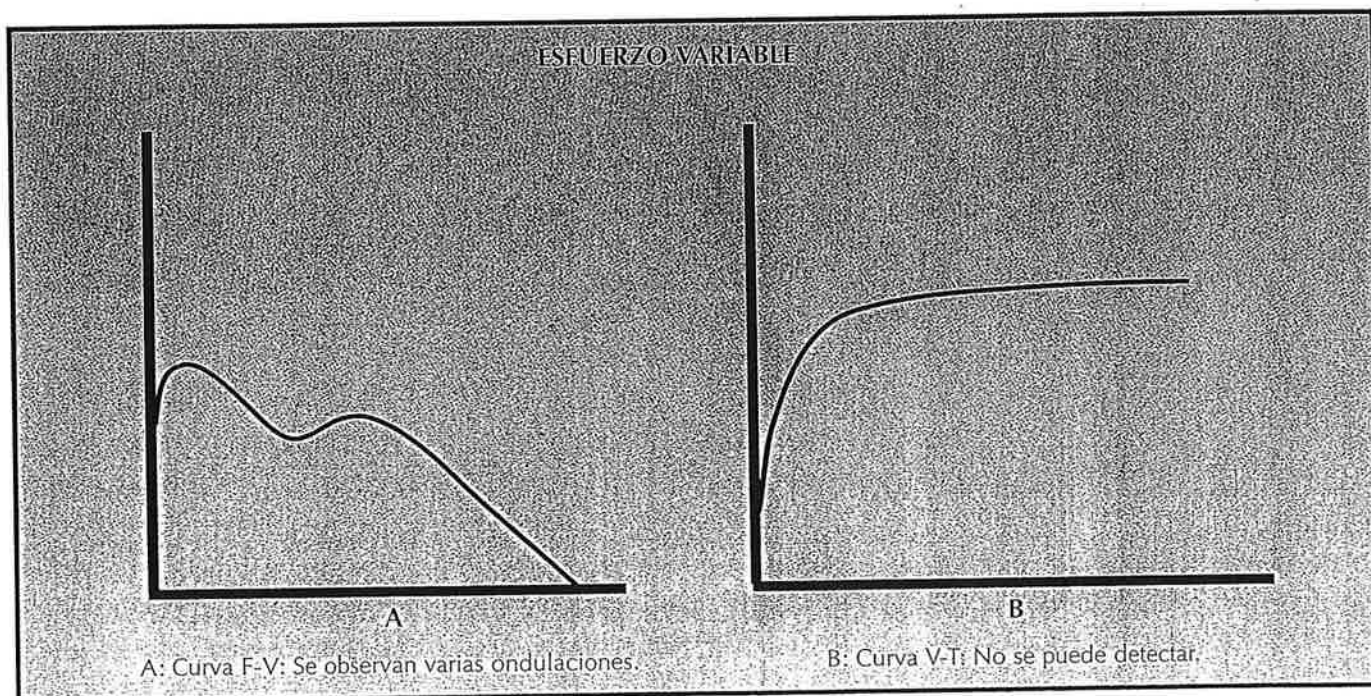
El punto de inicio de la maniobra tiene importancia a la hora de calcular los volúmenes pulmonares. Para estandarizar este punto se utiliza un método que se denomina **extrapolación retrógrada**, y al volumen máximo permitido como **volumen extrapolado**, que es el volumen de aire que se desecha al inicio de la maniobra de espiración forzada.

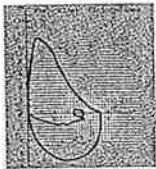


En las maniobras que se inicien lentamente este volumen será alto y por tanto artefactará la medición. Se considera aceptable si no supera el 10% de la FVC y es menor de 100ml.

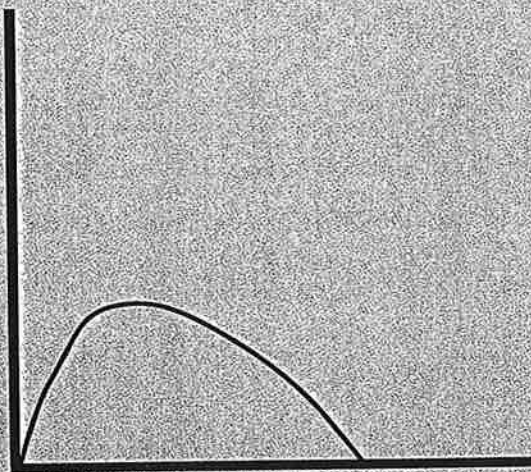
ARTEFACTOS EN LA FORMA DE LA CURVA

Son varias las alteraciones encontradas pero las mas características son:



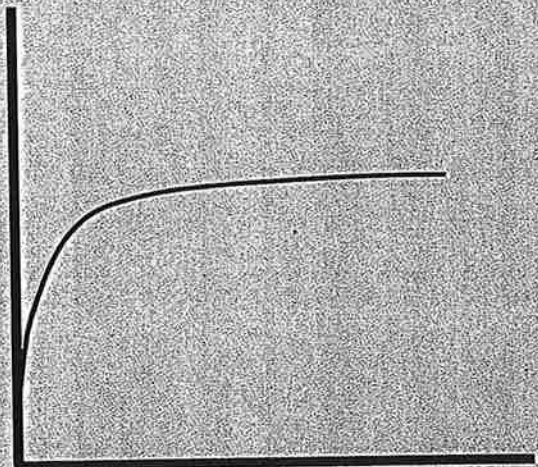


NO COLABORACIÓN



A

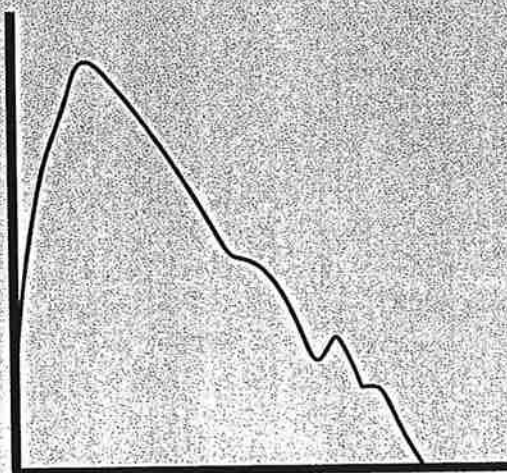
A : Curva F-V : La curva no alcanza el pico.
Se ve una curva aplanada.



B

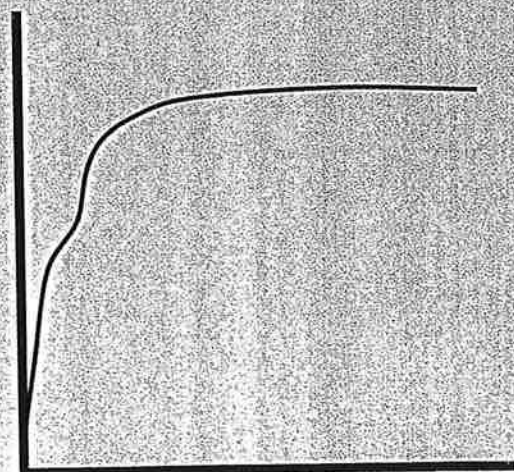
B : Curva V-T : No se puede detectar.

TOS EN EL PRIMER SEGUNDO



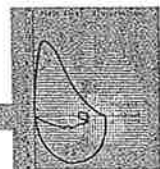
A

A : Curva F-V : Se observan artefactos
en el último tercio de la curva.

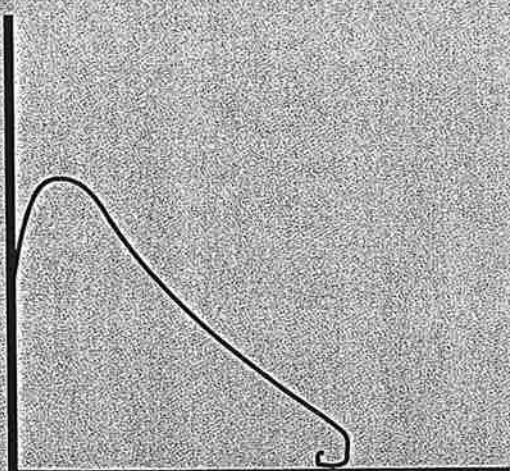


B

B : Curva V-T : Apenas apreciable. Se puede ver
alguna irregularidad en la rama ascendente.

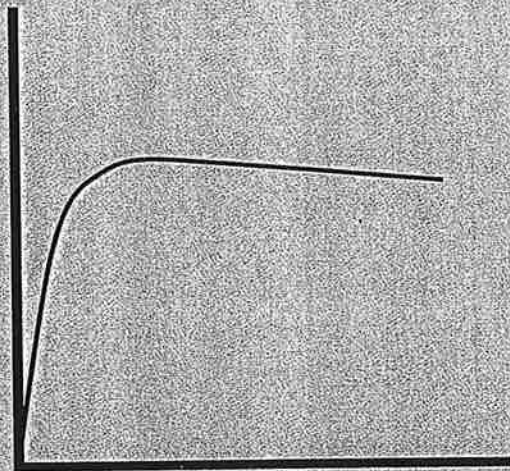


PÉRDIDA DE VOLUMEN



A

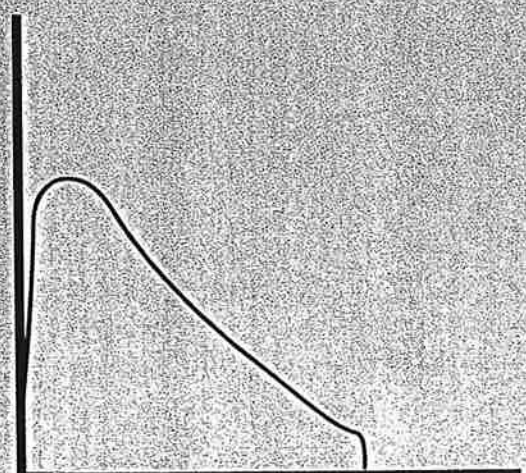
A: Curva F-V: Al final se objetiva una caída y un retroceso de la curva.



B

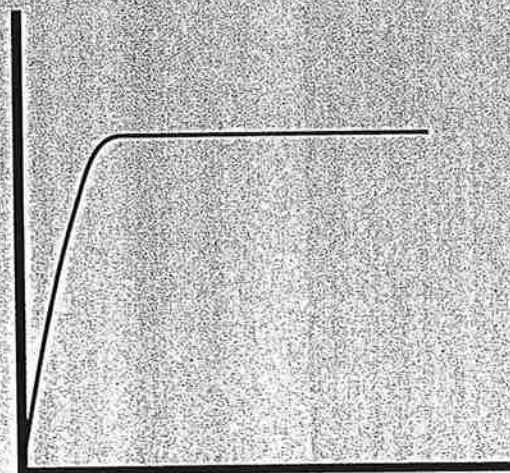
B: Curva V-T: Descenso de la meseta lentamente.

CIERRE DE GLOTIS



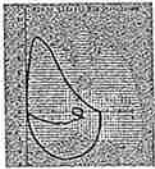
A

A: Curva F-V: Se ve una caída al final de la curva.



B

B: Curva V-T: Meseta perfecta tras la fase de ascenso de la curva.



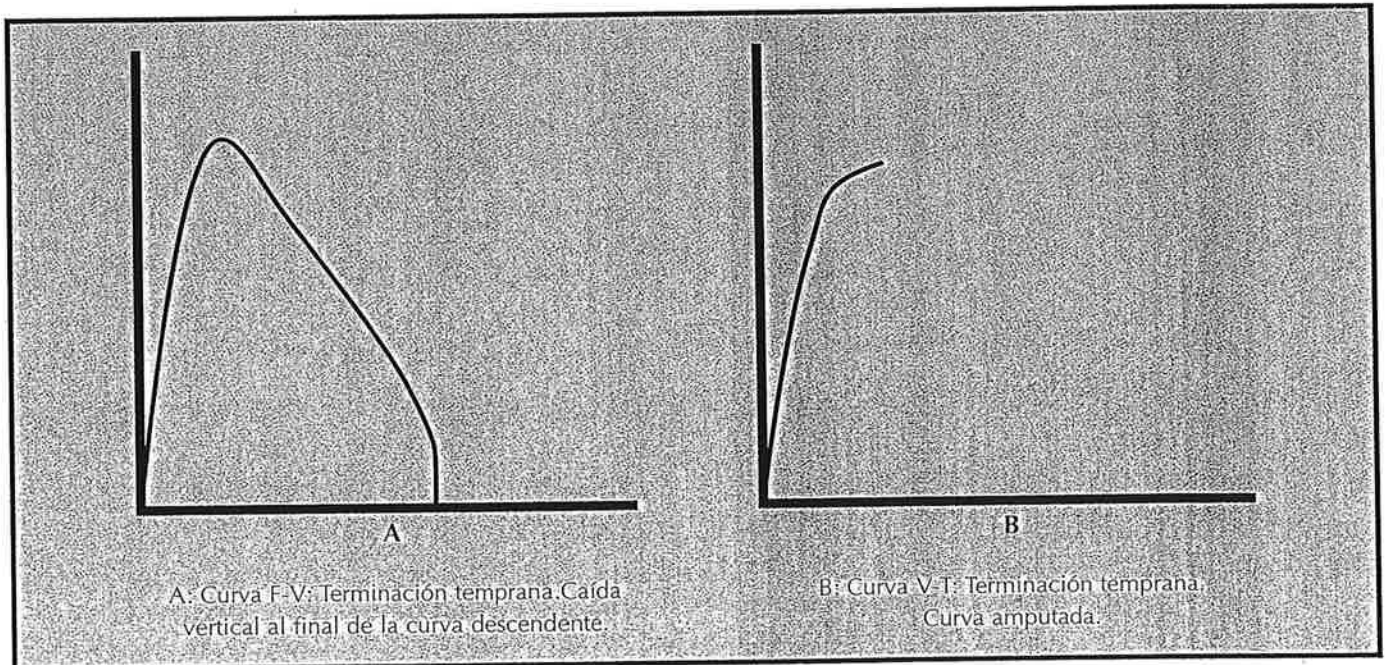
DURACIÓN DE LA ESPIROMETRÍA

Se considera como tiempo mínimo de espiración **6 segundos**. Sin embargo para algunos pacientes puede ser muy difícil alcanzarlos, como en los cuadros restrictivos o en niños y jóvenes. En estos casos se pueden aceptar tiempos de espiración menores.

TERMINACIÓN DE LA MANIOBRA

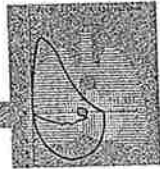
Aunque se puede decir que la maniobra finaliza cuando el paciente no es capaz de mantener más tiempo la espiración forzada, existen unos criterios (puede cumplir sólo uno de ellos) que definen cuándo podemos considerar finalizada correctamente la maniobra, tales como:

- La curva V-T muestra una **meseta clara**.
- El volumen espiratorio es menor de 25 ml en 0,5 seg.
- El flujo es menor de 50 ml en 0,5 seg.
- La curva de F-V **corta la línea de las abscisas**.
- El paciente ha espirado un **tiempo razonable**; esto es aplicable a los pacientes con patología obstructiva que son capaces de mantener espiraciones de hasta 20 seg. En general, para este tipo de pacientes, más de 15 seg. no aportan mayor información y sí molestias para el paciente.

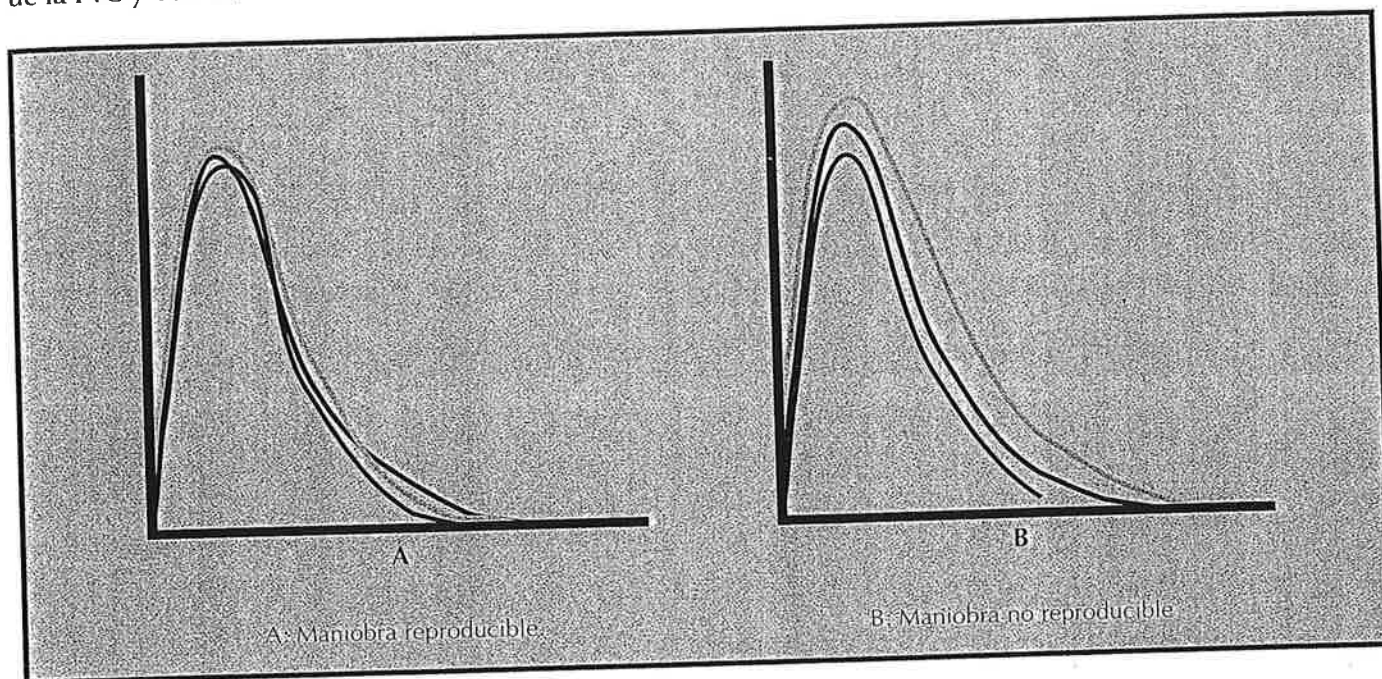


REPRODUCIBILIDAD

Obtener curvas reproducibles básicamente es conseguir curvas cuyos valores son muy parecidos entre sí. Esto nos asegura que las maniobras que obtenemos están realizadas con el máximo esfuerzo posible (no es posible reproducir en varias ocasiones esfuerzos submáximos).



Se considera como reproducible una maniobra donde la diferencia entre las dos mejores curvas sea **menor del 5% de la FVC y 100 ml.**



PATRONES ESPIROMÉTRICOS

La espirometría es una técnica de un valor indudable para confirmar un diagnóstico de presunción previo, pero **por sí misma no diagnostica ninguna enfermedad.**

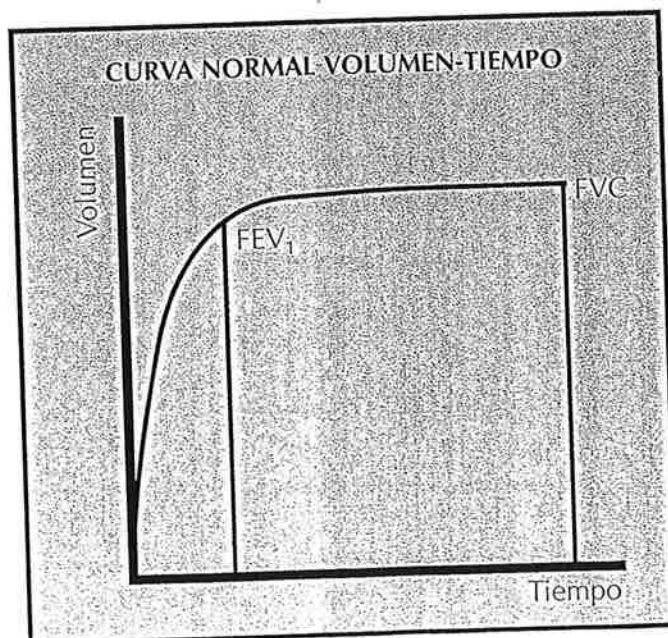
Con objeto de tipificar las diferentes alteraciones que se pueden encontrar en la función del árbol respiratorio se han desarrollado unos patrones que simplifican su interpretación y que básicamente serán el patrón obstructivo, restrictivo y el mixto, como asociación de ambos y que definiremos a continuación.

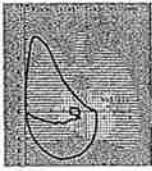
PATRÓN NORMAL

En aquellos sujetos en los que se realice una espirometría y no presenten alteraciones de la función respiratoria, obtendremos una curva normal que está definida por las siguientes características:

Curva normal Volumen-tiempo

Se caracteriza por un ascenso rápido en el primer segundo (FEV_1) que se lentifica hasta que se obtiene una meseta que define el valor de la FVC.





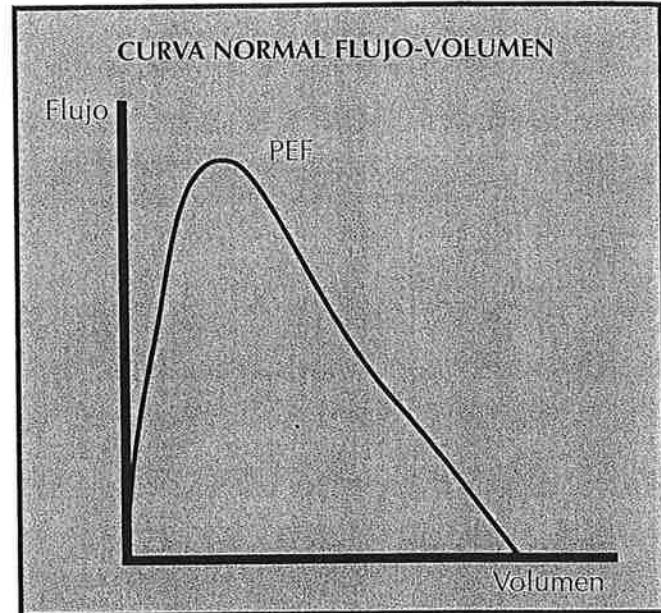
Curva normal Flujo-volumen

Presenta un ascenso rápido hasta alcanzar el PEF, se produce luego un descenso suave hasta que la línea corta la línea de volumen, este punto de corte define la FVC.

Valores de la espirometría

Se consideran como normales los siguientes valores:

- $FEV_1/FVC \geq 70\%$
- $FVC \geq 80\%$ del valor teórico
- $FEV_1 \geq 80\%$ del valor teórico



PATRÓN OBSTRUCTIVO

Se caracteriza por la existencia de una dificultad a la salida de aire de los pulmones, lo que va a producir una disminución de los flujos y un enlentecimiento de la salida del aire.

En este tipo de situación la FVC permanece normal y como existe un enlentecimiento de la salida del aire, el FEV_1 estará disminuido. Estas dos situaciones configuran **el aspecto fundamental que define la obstrucción y que es una relación FEV_1/FVC disminuida.**

Sin embargo, para valorar la gravedad de la obstrucción y para el seguimiento de los pacientes el parámetro más útil es el FEV_1 .

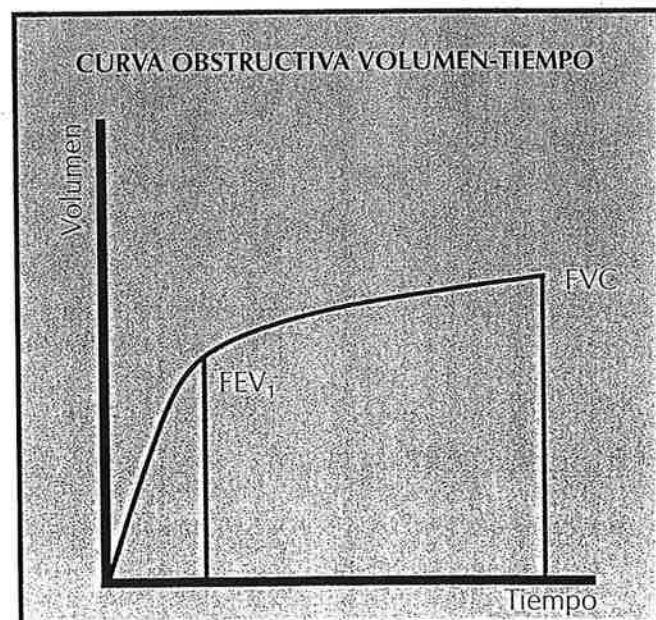
Curva obstructiva Volumen-tiempo

En este tipo de alteración se objetiva un aplanamiento en la rama ascendente de la curva debido al enlentecimiento de la salida del aire. El aplanamiento de la curva será tanto mayor cuanto mayor sea el grado de obstrucción. La fase de meseta puede no llegar a alcanzarse o hacerlo tardíamente.

Es de especial interés en este tipo de pacientes comprobar que no finaliza tempranamente la maniobra puesto que esto nos puede hacer interpretar de forma errónea que existe una restricción asociada.

Curva obstructiva Flujo-volumen

La curva presenta un ascenso rápido hasta alcanzar el PEF (que será menor que en condiciones normales), ya





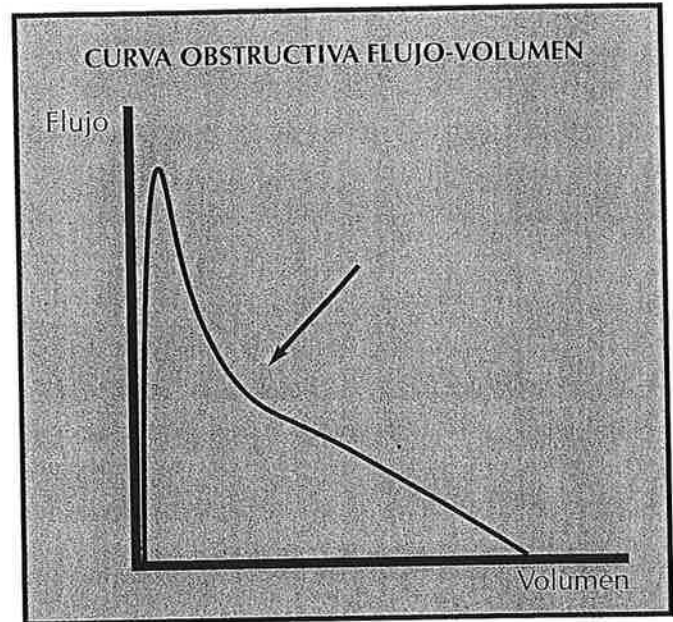
que su valor está en relación con el grado de obstrucción del paciente. La parte descendente de la curva presenta una concavidad que será tanto más pronunciada cuanto mayor sea la obstrucción, y la última parte se alarga hasta que corta la línea del volumen.

Valores de la espirometría

Lo que caracteriza a la obstrucción es la dificultad para la salida del aire de los pulmones; esto condiciona una disminución del volumen que se expulsa en el primer segundo (FEV_1). No obstante el paciente es capaz de sacar todo su aire aunque para ello tarde más tiempo.

Los valores serán:

- $FEV_1/FVC < 70\%$
- $FVC \geq 80\%$ del valor teórico
- $FEV_1 \leq 80\%$ del valor teórico



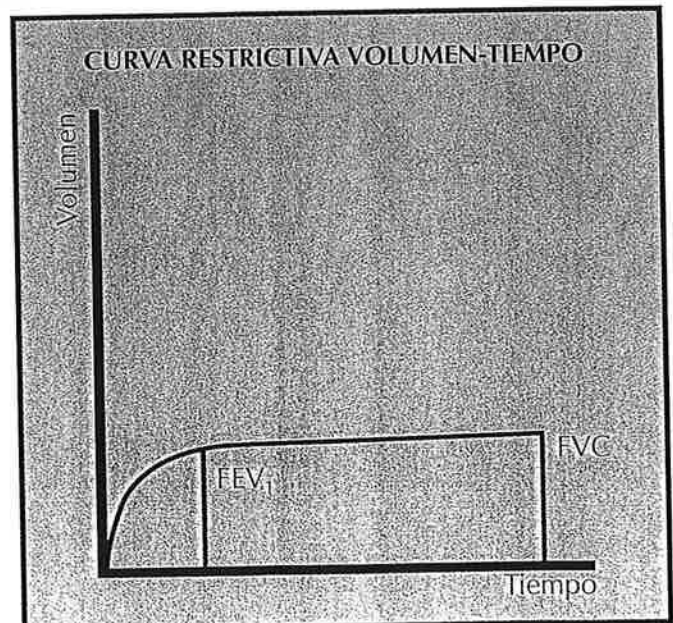
PATRÓN RESTRICTIVO

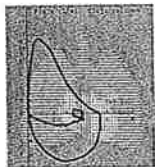
Básicamente la restricción consiste en una disminución de la capacidad pulmonar acompañada de una disminución proporcional de los flujos. O lo que es lo mismo, existirá un **descenso de la FVC** y proporcionalmente una disminución del FEV_1 por lo que la **relación entre ambos permanece normal**.

Es importante reseñar que con la espirometría no se puede diagnosticar restricción puesto que con esta técnica no se puede medir el volumen residual. Para ello es necesario recurrir a técnicas más complejas y no accesibles como la pletismografía.

Curva restrictiva Volumen-tiempo

Dado que lo que define a este patrón es la disminución de la FVC, se verá una curva similar a la normal pero en miniatura. Cuanto mas pequeña sea la curva mas restricción existirá.





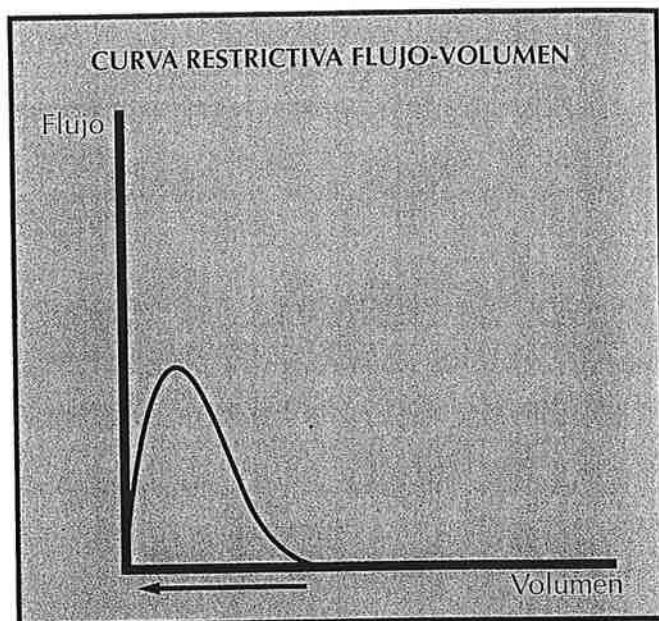
Curva restrictiva Flujo-volumen

La curva es muy similar a la normal, pero presenta un PEF disminuido y es más estrecha por la disminución del volumen. Será más estrecha cuanto mayor sea la restricción.

Valores de la espirometría

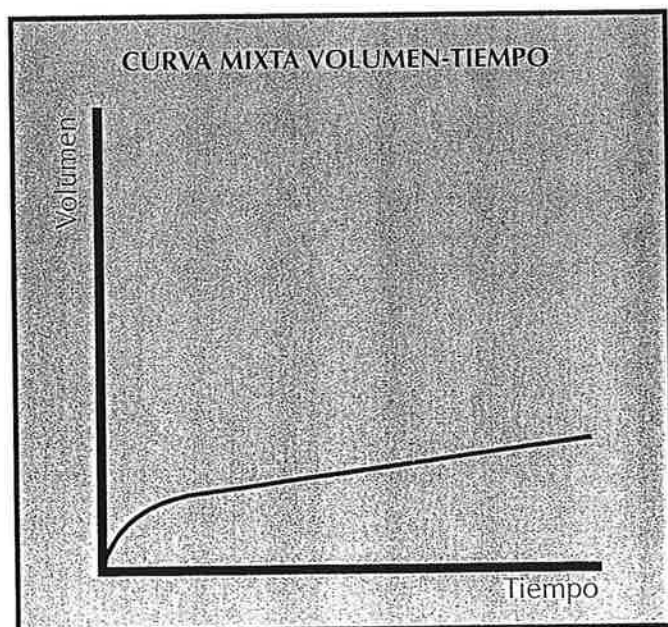
Lo fundamental en este tipo de alteración es la disminución de la capacidad vital, con una disminución proporcional de los flujos y con una relación entre ambos normal. Por ello tendremos:

- $FEV_1/FVC \geq 70\%$
- $FVC < 80\%$ del teórico
- $FEV_1 < 80\%$ del teórico



PATRÓN MIXTO

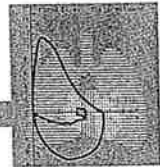
El patrón mixto es una combinación de los dos anteriores, y por ello comparte características comunes a ambos. Se trata pues de una limitación de la capacidad a la que se asocia una obstrucción, que produce una disminución de los flujos mayor de lo que le correspondería por la restricción.



En estos pacientes pueden coexistir cuadros obstructivos como una EPOC, con alteraciones restrictivas como una fibrosis pulmonar. Sin embargo en la práctica clínica habitual, lo más frecuente es encontrar pacientes con una obstrucción severa y con atrapamiento aéreo, lo que produce una amputación funcional de la FVC.

Curva mixta volumen-tiempo

Se caracteriza por presentar una FVC disminuida (por la restricción) asociada al ascenso lento característico de la obstrucción.



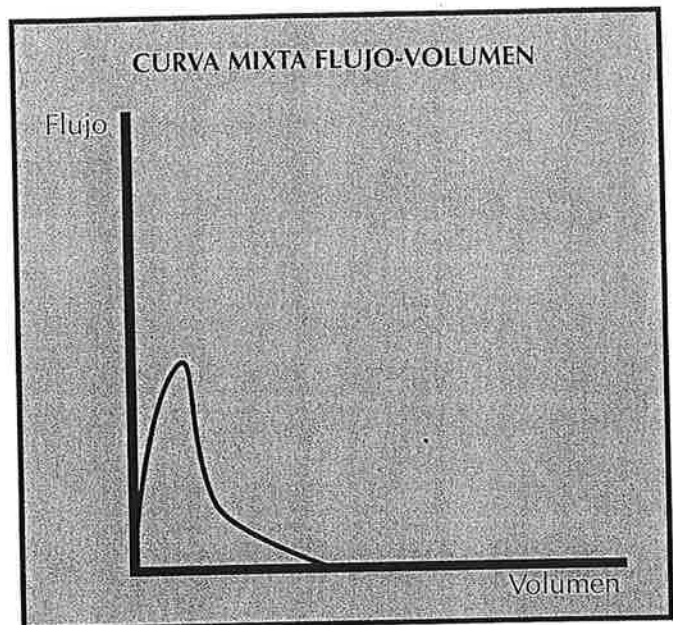
Curva mixta flujo-volumen

Presenta un ascenso rápido hasta alcanzar el PEF (que estará disminuido) y la rama descendente de la curva será cóncava, al igual que en las curvas obstructivas. Como ya se ha comentado previamente, es muy importante que no exista una terminación prematura de la maniobra, porque esto amputaría la FVC y daría una falsa restricción.

Valores de la espirometría

En este caso los valores reflejan la mezcla de obstrucción y restricción.

- $FEV_1/FVC < 70\%$
- $FVC < 80\%$ del valor teórico
- $FEV_1 < 80\%$ del valor teórico



RESUMEN DE PATRONES ESPIROMÉTRICOS			
	FEV_1 / FVC	FVC	FEV_1
Obstrutivo	↓	Normal	↓
Restrictivo	Normal	↓	↓
Mixto	↓	↓	↓

CÓMO SE DEBE LEER UNA ESPIROMETRÍA

1. OBSERVAR LA CURVA:

1.1. Comprobar que es aceptable:

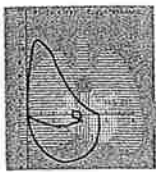
- Inicio correcto
- Ausencia de artefactos
- Buena colaboración
- Duración adecuada
- Terminación correcta

1.2. Asegurarse que la maniobra es reproducible

1.3. Ver la forma de las curvas (flujo-volumen y volumen-tiempo)

2. LEER LOS VALORES DE LA ESPIROMETRÍA CON EL SIGUIENTE ORDEN:

- 2.1. FEV_1/FVC
- 2.2. FVC
- 2.3. FEV_1



PRUEBA BRONCODILADORA

Es una prueba esencial para medir la existencia de hiperreactividad bronquial (HRB), esto es, la respuesta excesiva de la vía aérea a diferentes estímulos externos que producen síntomas típicos de la obstrucción bronquial.

CÓMO SE HACE

Se deben seguir las mismas instrucciones previas que ya se han comentado en la sección de técnica de realización. Es de especial importancia **no haber tomado broncodilatadores en las horas previas** puesto que artefactará la medición y la respuesta al broncodilatador que se administre.

- Se realizará una **espirometría en condiciones basales**.
- Administrar el **fármaco broncodilatador**:

Se puede usar de forma indistinta salbutamol o terbutalina a una dosis de 2-4 puff. Preferiblemente se empleará una cámara de inhalación a la que se acopla el cartucho presurizado. También es posible usar dispositivos de polvo seco o incluso nebulizadores para aplicar la medicación.

- Esperar **15 minutos y repetir** una nueva espirometría.

Todas las maniobras tanto pre como postbroncodilatadoras cumplirán con todos los criterios de aceptabilidad y reproducibilidad descritos en secciones anteriores.

QUÉ SE EVALÚA

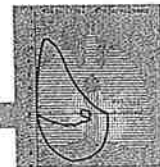
En la práctica, aunque son varios los parámetros que se pueden evaluar (como la FVC, el FEF_{25-75} , MEF 50, MEF 25) el más aceptado por ser el más reproducible **es el FEV₁**.

Con esta prueba se mide el cambio en la vía aérea tras la aplicación de un broncodilatador. A esta mejoría expresada en porcentaje se le llama **reversibilidad**.

Uno de los aspectos que genera más confusión es comprobar en la literatura que este porcentaje de cambio es considerado como positivo de forma diferente dependiendo del índice espirométrico, de los autores y de las normativas. De cualquier forma e independiente de cual sea este porcentaje es preciso medir siempre el cambio absoluto, y éste debe ser al menos de 200 ml para el FEV₁.

El porcentaje de mejoría considerado como positivo será diferente dependiendo del método utilizado:

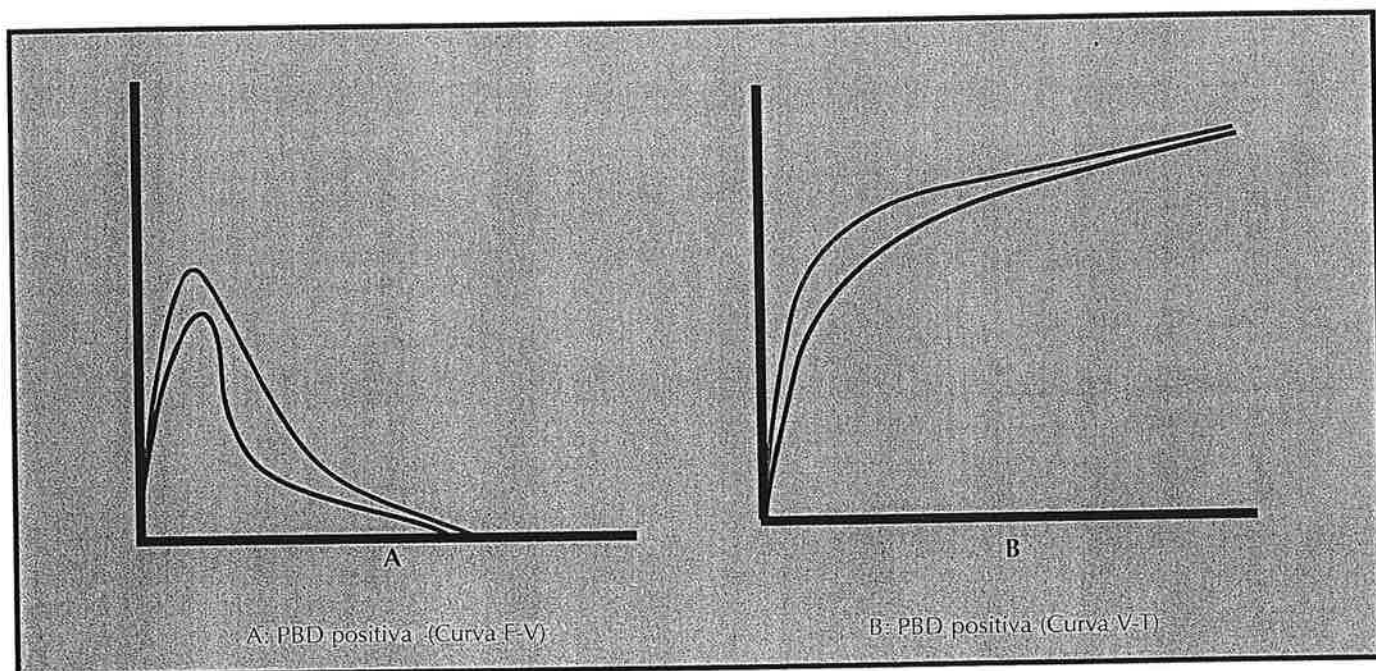
- La ATS define como prueba positiva una mejoría del FEV₁ post. al menos del 12% en relación al FEV₁ pre. del paciente, siempre que además el valor absoluto del cambio sea mayor de 200 ml.
- Para la ERS es positiva si la mejoría del FEV₁ y/o la FVC es del 12% sobre el valor teórico del paciente, y con una mejoría en términos absolutos mayor de 200 ml.



- La SEPAR recomienda que la diferencia debe expresarse en su valor absoluto en ml, así como en porcentaje respecto al basal, y preferiblemente utilizando el denominador **porcentaje ponderado**:

$$\frac{2 \times (FEV_1 \text{ post} - FEV_1 \text{ pre})}{(FEV_1 \text{ post} - FEV_1 \text{ pre})}$$

La PBD sólo se considera positiva cuando revierte el porcentaje adecuado y además la diferencia entre el FEV₁ basal y el postbroncodilatación es mayor de 200 ml. Esto último es importante especialmente en pacientes con obstrucción grave, que parten de un FEV₁ muy bajo, lo que hace que un incremento de unos pocos mililitros haga que el porcentaje de cambio sea elevado. Precisamente, para evitar esto, se exige que el incremento del FEV₁ sea al menos de 200 ml.



CÁLCULO DE LA REVERSIBILIDAD

Para el cálculo de la reversibilidad de la PBD se pueden usar varias fórmulas; vamos a ver las más sencillas y utilizadas:

- **Medición del incremento absoluto del FEV₁:**

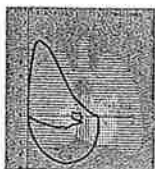
$$FEV_1 \text{ post} - FEV_1 \text{ pre} = \text{Incremento absoluto del FEV}_1.$$

Este valor debe ser al menos de **200 ml**.

- **Cálculo del porcentaje de cambio del FEV₁ post con respecto al valor del FEV₁ basal** mediante alguna de las siguientes fórmulas:

$$\frac{FEV_1 \text{ post} - FEV_1 \text{ pre}}{FEV_1 \text{ pre}} \times 100$$

En este caso, se considera positivo si el FEV₁ mejora al menos el **15%**.



Otra de las posibilidades es utilizar la fórmula del **porcentaje ponderado**. Se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$\frac{FEV_1 \text{ post} - FEV_1 \text{ pre}}{FEV_1 \text{ post} + FEV_1 \text{ pre}} \times 2$$

Se considera positivo si la reversibilidad es igual ó mayor del **12 %**.

CONTRAINDICACIONES

Las mismas que para la espirometría.

PARA QUÉ SIRVE

Para el diagnóstico de HRB. Es muy específica, de forma que su positividad nos confirma la existencia de HRB, aunque su negatividad no nos permite descartarla.

En clínica se usa habitualmente para el diagnóstico de asma, puesto que es muy característica de esta enfermedad, aunque existen otras situaciones diferentes en las que también es positiva como en la rinitis alérgica, EPOC, fibrosis quística, etc.

ENSAYO TERAPÉUTICO

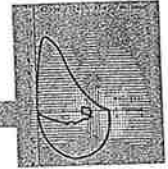
Hay ocasiones en las que la PBD es negativa y sin embargo el paciente presenta una obstrucción bronquial potencialmente reversible; en estos casos se puede realizar una prueba que consiste en utilizar fármacos antiinflamatorios durante un tiempo y repetir la espirometría para medir nuevamente el calibre de la vía aérea; a esta prueba se le llama **ensayo terapéutico**.

CÓMO SE HACE

Se realiza una espirometría basal y tras administrar Beta-2, se comprueba la ausencia de reversibilidad (o reversibilidad no significativa). Se instaura tratamiento durante 2- 3 semanas a dosis plenas de esteroides (orales e inhalados), y pasado ese tiempo se vuelve a realizar una nueva espirometría en la que se mide si existe reversibilidad o no del FEV₁ respecto al obtenido antes del ensayo terapéutico. Es conveniente que la espirometría tras el ensayo se haga también con PBD.

EN QUIÉN DEBE HACERSE

- Sospecha diagnóstica de asma, cuando se objetiva obstrucción bronquial en la espirometría basal y PBD no significativa.
- Para conseguir la mejor función pulmonar posible en un paciente con asma, para establecer los objetivos del tratamiento (en ocasiones esto requiere varios meses con dosis altas de corticoides inhalados).
- Evaluación diagnóstica inicial de la EPOC, con el fin de realizar el diagnóstico diferencial con asma, conocer la mejor función pulmonar del paciente y valorar si existe algún grado de reversibilidad de la obstrucción bronquial.



INDICACIONES DE LA ESPIROMETRÍA

1. Para evaluar síntomas y signos.
2. Para medir el impacto y la repercusión de una enfermedad sobre la función pulmonar.
3. Valoración de la gravedad de una agudización en el curso de una enfermedad respiratoria crónica, como el asma o la EPOC.
4. Cribado de pacientes en riesgo de padecer enfermedades respiratorias: fumadores, pacientes con exposición laboral a sustancias nocivas.
5. Valoración del riesgo preoperatorio.
6. Valoración del pronóstico: En pacientes de EPOC, un FEV₁ menor de 1000 ml indica una supervivencia a los 5 años del 50%.
7. Valoración del estado de salud de personas con actividad física importante (deportistas, bomberos, etc.).
8. Valoración de intervenciones terapéuticas, como la administración de broncodilatadores, prueba terapéutica con corticoides inhalados u orales... El seguimiento del FEV₁ tras estas intervenciones da una idea de su efectividad.
9. Valorar los cambios en el curso de enfermedades que afecten a la función pulmonar (enfermedades obstructivas, restrictivas, fallo cardíaco congestivo, síndrome de Guillain – Barré...).

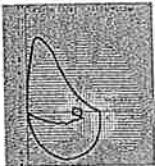
CONTRAINDICACIONES DE LA ESPIROMETRÍA

ABSOLUTAS

- Hemoptisis.
- Neumotórax activo o reciente. Haber tenido un neumotórax en el pasado no contraindica la espirometría.
- Enfermedad cardiovascular inestable (angor inestable, infarto de miocardio reciente o tromboembolismo pulmonar).
- Aneurismas cerebrales, torácicos o abdominales, por el riesgo de rotura.
- Desprendimiento de retina reciente, o cirugía del ojo reciente (cataratas).
- Cirugía reciente de tórax o abdomen.

RELATIVAS

- No comprender bien la maniobra.
- Deterioro psíquico.
- Estado físico deteriorado.
- Presencia de traqueotomía.
- Problemas bucales y/o faciales.
- Hemiplejía facial.
- Náuseas incontrolables al introducir la boquilla.
- Falta de colaboración en simuladores o personas con depresión grave.



LIMPIEZA DEL ESPIRÓMETRO

En general la espirometría es una práctica segura y es muy raro que se produzcan infecciones por contagio tras haber realizado la técnica; no obstante, es necesario llevar a cabo algunas medidas elementales de limpieza y en algunos casos desinfección de algunas partes del espirómetro.

BOQUILLAS

Se recomienda usar boquillas desechables de un solo uso (boquillas de cartón rígido). Si esto no fuera posible, también se pueden usar boquillas reutilizables; en este caso tras cada uso se deben lavar con agua y detergente y proceder a su desinfección con glutaraldehído al 2% (15 minutos).

TUBOS Y CONEXIONES

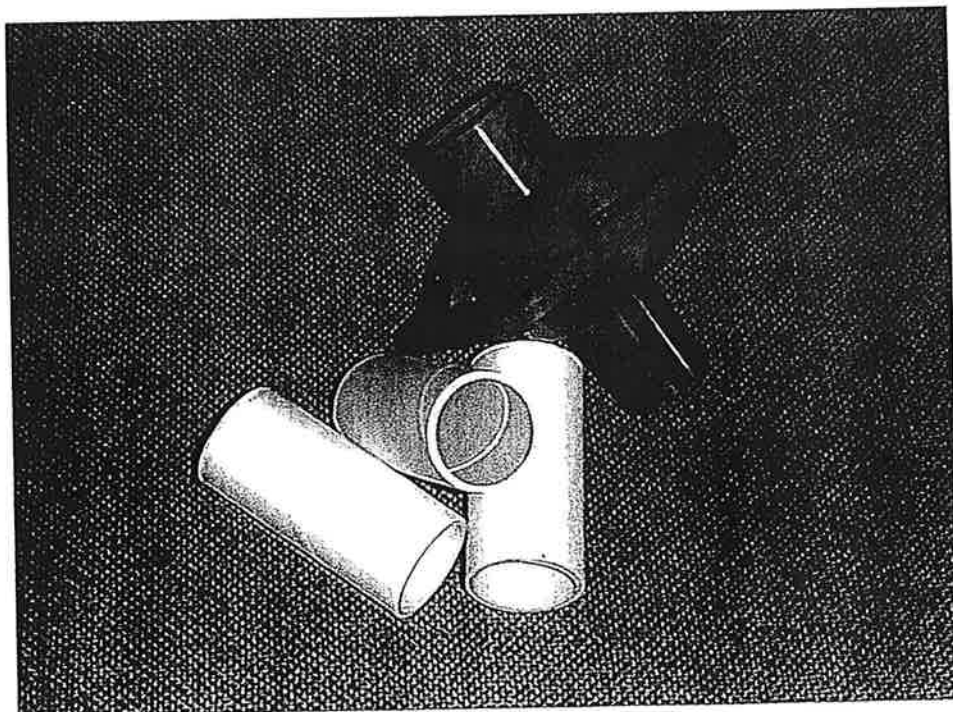
Limpiar al menos 1 vez por semana con agua y detergente (también es recomendable dejar desmontadas las piezas si se han utilizado para permitir la evaporación del vapor de agua).

PINZAS NASALES

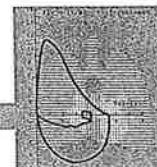
No es necesario su desinfección, en cualquier caso se puede colocar una gasa o un papel entre la almohadilla de la pinza y la nariz.

FILTROS ANTIBACTERIANOS

No se considera obligado su uso dada la ausencia de evidencias de contagio de infecciones durante la maniobra de espiración forzada. Sin embargo, si se realiza una inspirometría tras la espiración forzada sí es recomendable la utilización, para evitar la aspiración de secreciones depositadas en el sistema.



BOQUILLAS Y FILTRO BACTERIANO



CABEZAL DE FLUJO DEL ESPIRÓMETRO

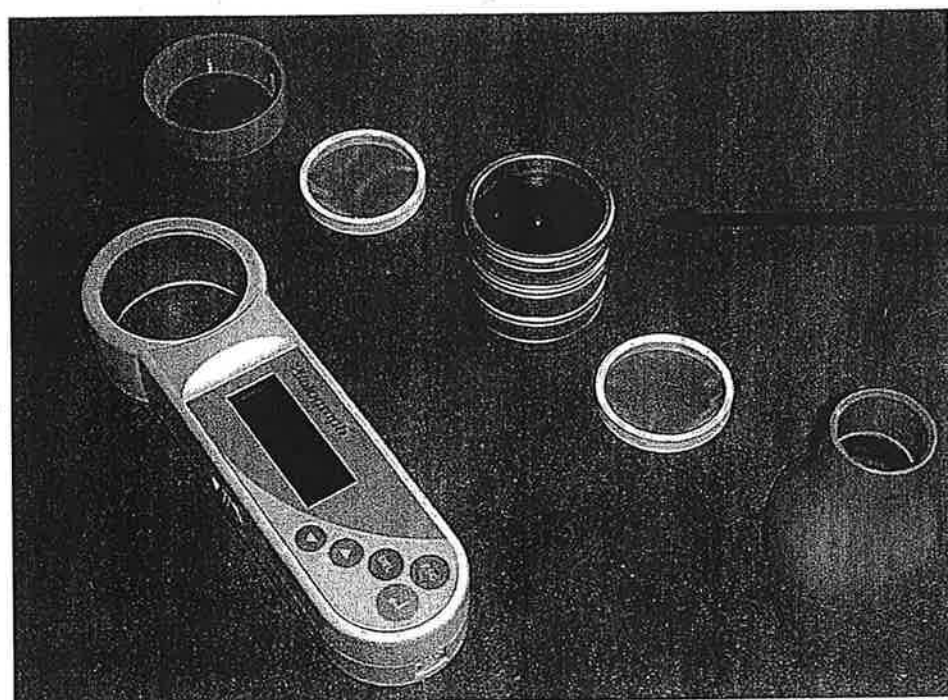
En los sistemas abiertos como los que manejamos habitualmente, la posibilidad de contagio si se realiza sólo la maniobra espiratoria es muy remota, de forma que bastaría con la simple limpieza del sistema periódicamente.

Si se realiza la maniobra inspiratoria se debería proceder a la desinfección del cabezal.

La frecuencia de cualquiera de estas dos técnicas no está establecida, pero estaría entre una vez por semana si se hacen espirometrías diariamente, hasta cada 2 - 3 semanas si la frecuencia de uso es menor.

Para su limpieza hay que sacar el cabezal y limpiarlo con agua y jabón enzimático (Cidezyme®); luego se mantiene en remojo unos 10 minutos para que se elimine la suciedad. Una vez hecha esta operación, se debe aclarar con agua destilada para evitar los depósitos de las sales de calcio. A continuación se deja secar al aire o con un secador manual para acelerar el proceso.

En caso de precisar de desinfección, bastaría con introducirlo en una solución de glutaraldehído al 2% durante 20 minutos, tras haberlo limpiado con el jabón enzimático, y aclararlo a continuación con el agua destilada.



Cabezal del neumotacógrafo

NEUMOTACÓGRAFO DESMONTADO

De cualquier forma aunque se tomen estas elementales medidas, previamente a la realización de la espirometría nos deberíamos asegurar que el paciente no es portador de alguna enfermedad infecciosa respiratoria como una tuberculosis, y si fuese estrictamente necesaria su realización, se procedería a la desinfección del sistema tras su uso.

MANTENIMIENTO DEL ESPIRÓMETRO

En todos los centros de Salud debería haber un **responsable del mantenimiento** del espirómetro; de ello va a depender que el sistema se mantenga en condiciones óptimas de uso y mida los valores con un nivel de exactitud aceptable.

Para esto es necesario que en la sala donde se ubique el aparato se disponga de dos tipos de documentos:



- **Libro de instrucciones de funcionamiento** del sistema. Esto nos permitirá consultar aspectos técnicos de forma inmediata o resolver dudas de funcionamiento (es importante guardar aquí mismo los teléfonos de contacto con el proveedor para consultas técnicas).
- El responsable debe de hacer una **libreta de mantenimiento** donde se anoten las incidencias con el sistema, los cambios en la configuración, los errores observados, las fechas en las que se realiza la calibración y las de la limpieza del sistema.

CÓMO CALIBRAR EL ESPIRÓMETRO

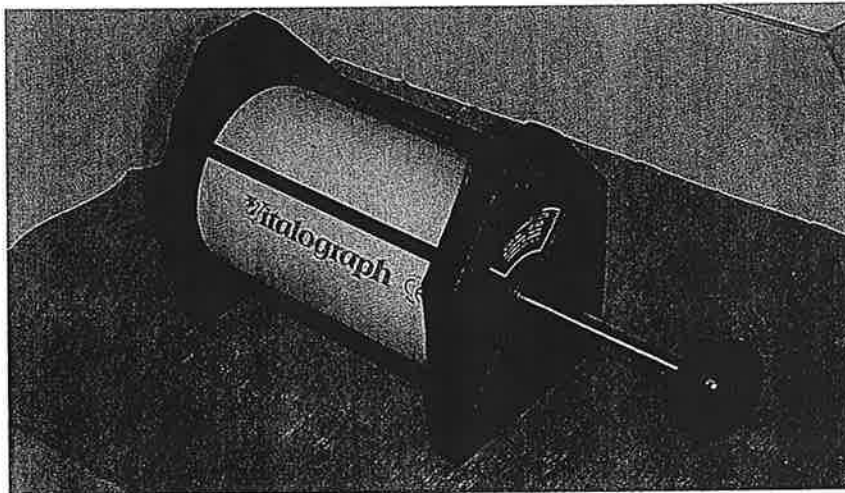
Calibrar consiste en comprobar la exactitud de una medida. Éste es un aspecto a menudo olvidado en el uso de este tipo de aparataje en nuestros centros de Salud, y es esencial para asegurarnos que medimos aquello que realmente queremos medir.

Para llevar a cabo la calibración se deben aplicar al aparato, de forma externa, volúmenes o flujos conocidos y comprobar la exactitud del registro en el espirómetro.

Existen dos tipos de sistemas para calibrar:

- 1. Jeringas de volumen:** Son los sistemas más usados en AP, por ser los más accesibles. Consisten en cámaras que contienen un volumen fijo, en general 3 litros, que se conectan a la boquilla del espirómetro. Se introduce el aire y se comprueba que la lectura corresponde con el volumen aplicado (se deben seguir las instrucciones administradas en cada espirómetro en particular).

Para comprobar la **linealidad** de la medición (esto es, que el volumen medido sea igual cuando se introduce con flujos diferentes), se debe vaciar la jeringa en varias ocasiones aplicando velocidades distintas al émbolo.

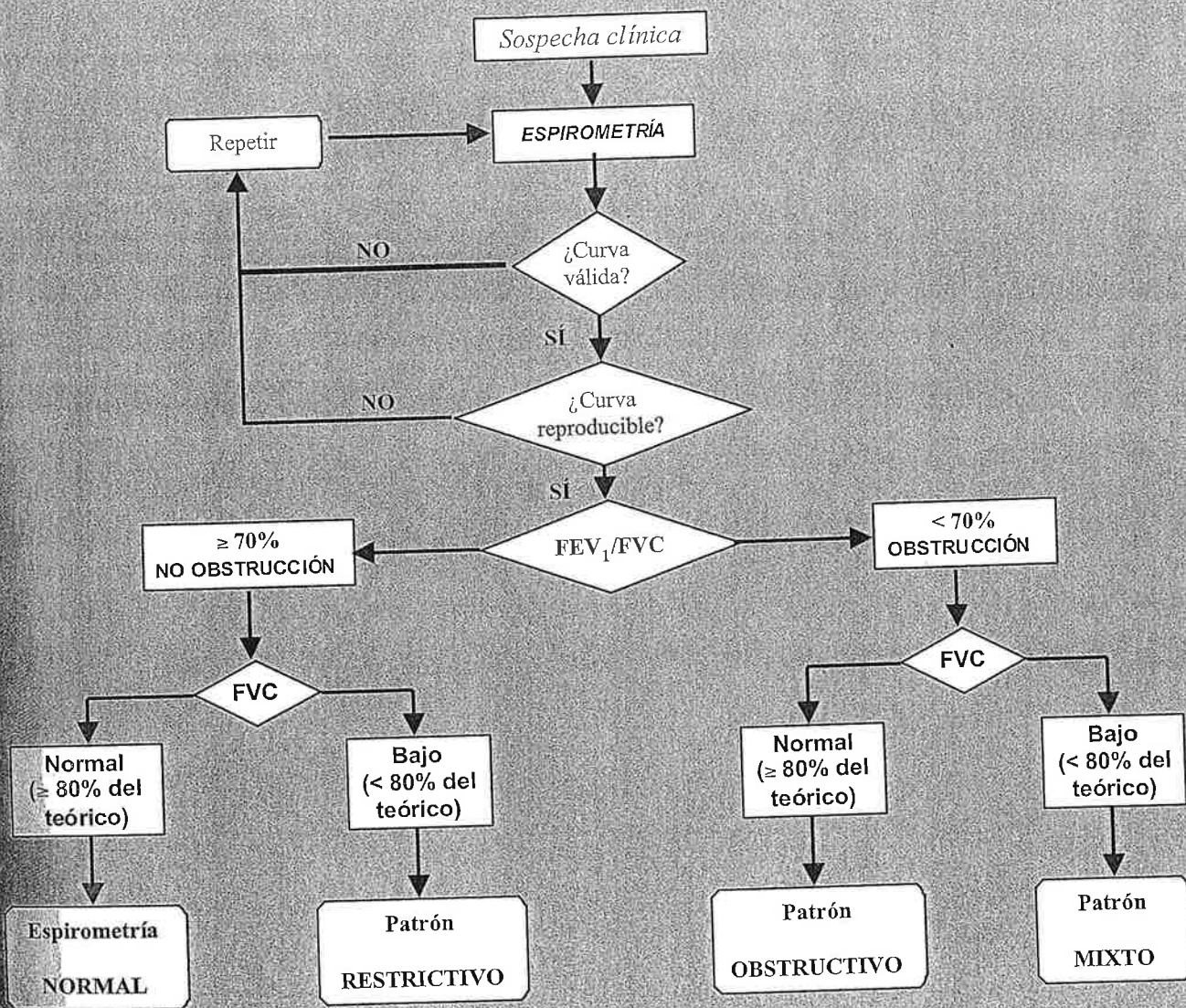
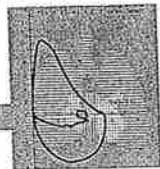


JERINGA DE CALIBRACIÓN

- 2. Descompresor explosivo:** Es un sistema en la actualidad poco accesible en AP. Consiste en una cámara con un volumen de 4-5 litros, presurizada a una atmósfera, y que libera de forma brusca un volumen idéntico al de la cámara (así se simula la espiración forzada de una persona).

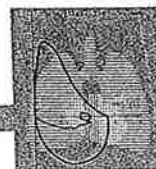
La **frecuencia de la calibración** será variable, dependiendo del uso que se haga del espirómetro. Aunque idealmente se debería hacer todos los días, en la práctica, con el volumen de espirometrías que se realizan de forma habitual en un centro de Salud puede ser suficiente 1 vez a la semana.

Por último, aunque en algunos espirómetros conste que no es necesario la calibración, se deberían comprobar de forma regular para detectar posibles errores de funcionamiento que alteren la medición de los valores obtenidos.



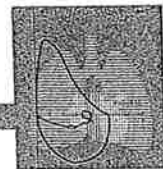
BIBLIOGRAFÍA BÁSICA

1. Grupo de trabajo de la SEPAR para la práctica de la espirometría en clínica. Recomendaciones SEPAR. Normativa para la práctica de la espirometría forzada. *Arch Bronconeumol* 1989; 25: 132-141.
2. QUANJER, H.; TAMMELING, G.J.; COTES, J.E.; PEDERSEN O.F.; PESLIN, R., y YERNAULT, J.C., Lung volumes and forced ventilatory flows. Report working party "standardization of lung function tests". European Community for Steel and Coal. Official Statement of the European Respiratory Society. *Eur Respir J* 1993; 6 (suppl 16): 5-40.
3. American Thoracic Society (ATS). "Standardization of spirometry (1994 update)". *Am J Respir Crit Care Med* 1995; 152: 1.107-1.136.



ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	3
OBJETIVO GENERAL DEL TALLER	3
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
METODOLOGÍA	3
– PARTICIPANTES	3
– DOCENTES	4
– MATERIAL	5
DINÁMICA DE FUNCIONAMIENTO	5
– PRESENTACIÓN	6
– FUNCIONAMIENTO	6
DESARROLLO DEL TALLER	7
– ASPECTOS TEÓRICOS Y TÉCNICA DE REALIZACIÓN	7
– TIPOS DE CURVAS	7
– CRITERIOS DE ACEPTABILIDAD Y REPRODUCIBILIDAD DE LAS CURVAS	8
– INTERPRETACIÓN DE ESPIROMETRÍAS	8
– PRUEBA BRONCODILATADORA (PBD)	9
– MANTENIMIENTO DEL ESPIRÓMETRO	9



INTRODUCCIÓN

A diferencia de las charlas o exposiciones donde el docente desarrolla toda la labor y los discentes son meros receptores de información y conocimientos, en general de carácter teórico, el taller se debe caracterizar por su alto contenido práctico y por la activa participación de sus componentes aportando preguntas, discutiendo respuestas y debatiendo cada una de las cuestiones claves o en las que surjan desacuerdos entre sus miembros.

Los monitores son las piezas clave que pueden convertir la actividad en una mera exposición de conocimientos para lucimiento propio o bien un foro de debate del cómo, cuando y porqué de cada una de las actividades que se desarrollen.

Intentaremos desarrollar las claves para que "nuestros talleres" sean los foros de debate que pretendemos.

Primero abordaremos conceptos básicos de comunicación y por último haremos una exposición del taller con los conceptos básicos a transmitir, metodología y puntos clave.

OBJETIVO GENERAL DEL TALLER

Conseguir que los participantes en el taller realicen e interpreten correctamente las espirometrías.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Recordar los patrones básicos espirométricos.
- Conocer e interpretar la morfología de las curvas Flujo-volumen y Volumen-tiempo.
- Obtener una maniobra espirométrica aceptable.
- Reconocer las curvas aceptables y reproducibles.
- Reconocer las curvas no valorables.
- Interpretar los valores de la espirometría.

METODOLOGÍA

PARTICIPANTES

- Para mantener una buena dinámica del grupo, el **número máximo** de participantes por cada taller debería estar entre 20-25 miembros; los grupos más numerosos son difíciles de manejar, es más fácil que se formen subgrupos que desarrollen un taller paralelo, y se disminuye el nivel de participación global.
- La **disposición** en la sala se debería realizar de forma que facilite la participación y el control visual entre ellos y los monitores. Una de las formas de disposición más adecuada es la colocación **en semicírculo**. Además con esta colocación se favorece la igualdad entre todos los componentes y al docente le es más fácil establecer diálogos y discusiones porque el clima que se crea es de proximidad (el docente deja de ser un "profe" y se convierte en un igual con el que se intercambian opiniones).



- Se espera también que sepamos resolver las preguntas que nos formulen; algunas cosas que nunca se deben hacer al responder son:
 - Ponerse a la defensiva
 - Precipitarse en la respuesta
 - Mentir si no conocemos la respuesta
 - Establecer una pugna con quien nos ha planteado la cuestión
 - Ridiculizar a la persona menospreciando su pregunta
- Si no sabemos contestar correctamente es mejor reconocer que no sabemos la respuesta o desconocemos ese detalle en particular.

MATERIAL

El material necesario debe incluir:

- Un **espirómetro** para la realización de la técnica durante el taller y boquillas desechables.
- **Material visual de apoyo** (transparencias, diapositivas, cañón).
 - **Transparencias:** Tiene el inconveniente de ser menos vistosa las presentaciones, y la ventaja de permitir escribir o dibujar sobre ellas de forma inmediata.
 - **Diapositivas:** Con el sistema tradicional es muy dificultoso realizar cambios en ellas, y su coste elevado.
 - **Formatos electrónicos:** La realización de presentaciones en power point o similares es muy cómodo, permite realizar modificaciones a lo largo del tiempo y se puede personalizar la exposición según las necesidades de cada momento a un costo.

Al hacer una presentación se deben tener en cuenta varios aspectos:

Fondos : Definen tu estilo. Es preferible usar fondos frescos (azules, verdes, etc) y dejar los colores fuertes para reseñar algo importante. Se pueden usar como fondos las que nos aportan de serie los diferentes programas; tienen el inconveniente de estar a veces muy vistos. Se pueden crear texturas, colores, o usar programas de diseño gráfico y aplicarlos a toda la presentación, con ello se personaliza más el trabajo.

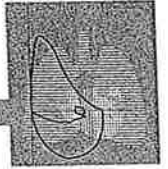
Fuentes : Usar sólo un par de estilos de letra, sencillos y que se lean bien. Una buena Herramienta para resaltar texto es el uso del Word Art.

Diseño de la presentación : Una buena norma para nuestras presentaciones es que cuanto más sencilla, mejor. No se trata de "escribir todo" en la diapositiva y luego leerla (gran error), debe ser un apoyo visual. Nos deben escuchar lo que decimos y ver lo que les enseñamos. Si escribimos texto no usar más de 3 ó 4 líneas. Y mejor aún usar imágenes demostrativas de aquello que estamos exponiendo.

- Papelógrafo, pizarra o similar.
- **Manual del taller** con los conceptos básicos impartidos.
- Si es posible jeringa de calibración para enseñar la técnica.

DINÁMICA DE FUNCIONAMIENTO

Se debe intentar conseguir un ambiente distendido desde el primer contacto entre los asistentes y los docentes; es imprescindible estar presentes en la sala antes de que se hayan presentado, probar el material y los medios técnicos disponibles y recibir a los asistentes: saludos, algún comentario, charla informal, etc; esto rompe el hielo y nos acerca.



DESARROLLO DEL TALLER

Previo al inicio del taller podría ser útil realizar un pequeño test (nosotros usamos una espirometría) que nos permite hacer una aproximación al grado de conocimiento general de los asistentes. En cualquier caso dado que es una actividad preliminar es importante que todo el mundo entienda que no se trata de un examen, sólo una opinión previa que puede ser modificada durante la realización del taller.

Podemos dividir el taller en varias partes:

1. ASPECTOS TEÓRICOS Y TÉCNICA DE REALIZACIÓN

– Contenido:

- Qué es una espirometría.
- Volúmenes y capacidades pulmonares más importantes.
- Condiciones de realización.
- Técnica de ejecución.
- Contraindicaciones.
- Parámetros espirométricos más usados.
- Patrones respiratorios.

– Método:

- Recuerdo de los patrones respiratorios mediante ejemplos básicos.
- Breve introducción teórica.
- Participación de grupo sobre condiciones de realización.
- Realización por parte de los asistentes de espirometrías en el aula por parejas.
- Discusión de grupo sobre el significado de cada uno de los volúmenes y capacidades medidas, para qué sirven, cómo se usan y cuál es su utilidad práctica.
- Deducción de los valores de los patrones respiratorios.

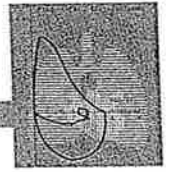
– Puntos clave:

- Significado de cada uno de los valores medidos y su utilidad (qué medimos y para qué nos sirve).
- Técnica de realización de la espirometría.
- Patrones espirométricos.

2. TIPOS DE CURVAS

– Contenido:

- Curva normal Volumen –Tiempo.
- Curva normal Flujo-Volumen.
- Curvas obstructivas.
- Curvas restrictivas.
- Curvas mixtas.



5. PRUEBA BRONCODILATADORA (PBD)

– Contenido:

- Técnica de realización de la PBD.
- Interpretación de la PBD.
- Significado de la PBD.

– Método:

- Explicación de la técnica de realización. Discusión sobre los diferentes valores usados.
- Fórmulas matemáticas. Interpretación de varias curvas con PBD representativas .

– Puntos clave:

- Reconocer PBD e interpretar los resultados.

6. MANTENIMIENTO DEL ESPIRÓMETRO

– Contenido:

- Cómo calibrar el espirómetro.
- Limpieza y cuidados del sistema.

– Método:

- Explicación del mantenimiento del espirómetro. Cómo, cuándo y qué tipo de cuidados se deben realizar.
- Explicación de la técnica de calibración. Si se dispone de jeringas de calibración realizar demostración práctica.

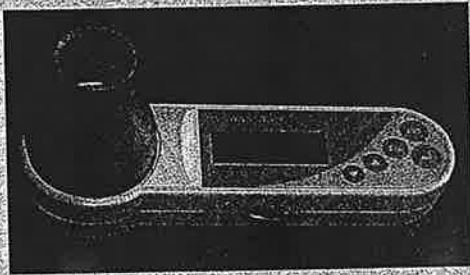
– Puntos clave:

- Incidir en la necesidad de calibración y mantenimiento del sistema en condiciones óptimas de uso.



DIAPPOSITIVA 1

TALLER ESPIROMETRÍA



Javier Pérez Fernández
Juan Enrique Gimás Hernando



Grupo de Respiratorio de A.F. del
Principado de Asturias (GRAPPA)

DIAPPOSITIVA 2

Método

Test inicial. Se solicita la opinión de los participantes sobre qué tipo de patrón espirométrico se muestra. Dejar claro que es una opinión inicial. No dar la solución, se volverá a colocar la espiro cuando se trabaje con ejemplos (es una espiro no válida).

Objetivo

“Romper el hielo inicial”.
Facilitar la participación.
Acercamiento al nivel de conocimientos de los participantes.

Paciente: Pinón, Colás ID: 0002 Fecha: 03/02/2003
Sexo: M Edad: 42 Talla: 175 Peso: 65 Raza: Europea
Fumador: no Teór.: SEPAR/SEPAR 100%
Fecha rev. cal.: 03/02/2003

Parámetros	Teór.	Prueba	%Teór.
FVC L	5.20	4.36	83.8
FEV 1 L	4.01	2.68	66.8
FEV 1/FVC %	77.08	61.45	79.7
PEF L/M	593.38	7.80	1.3
FEF 25-75 L/s	3.89	1.18	30.4



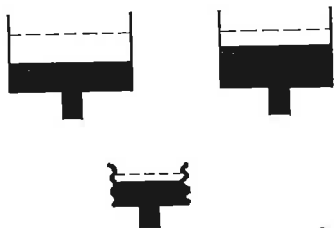
DIAPPOSITIVA 3

Método

Explicar los conceptos de obstrucción y restricción.

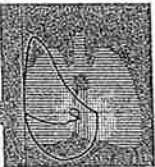
Objetivo

Aclarar de forma sencilla y muy visual qué son los patrones respiratorios.



Concepto
Espirometría





DIAPPOSITIVA 7

VARIABLES A MEDIR

FVC (Capacidad Vital Forzada) :

Es el máximo volumen de aire exhalado con máximo esfuerzo desde una posición de inspiración máxima. Este valor es representado por el punto más elevado o la meseta del trazado.

FEV₁ (Volumen espiratorio forzado en el primer segundo) :

También conocido como VEMS. Es el volumen exhalado en el primer segundo durante la maniobra de FVC.

FEV₁/FVC % :

Es el porcentaje de FVC que se exhala en el primer segundo. Se calcula dividiendo FEV₁ entre FVC y multiplicando por 100.

Estos valores se expresan siempre en BTPS.



Método

Definir los conceptos básicos. Se recomienda no explicar. Preguntar y deducir de forma lógica su significado.

Objetivo

Poner en común conceptos básicos.

DIAPPOSITIVA 8

Método

No explicar. Deducir los patrones. Es muy útil repasar los conceptos usados en la introducción mediante los lavabos.

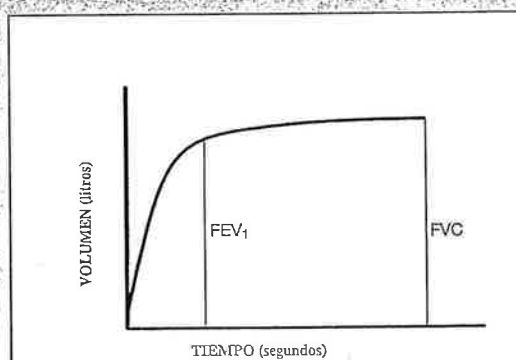
INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

	FEV ₁ /CVF	CVF	FEV ₁
OBSTRUCCIÓN	DISMINUIDO	NORMAL	DISMINUIDO
RESTRICCIÓN	NORMAL	DISMINUIDA	DISMINUIDO
MIXTO	DISMINUIDO	DISMINUIDO	DISMINUIDO



DIAPPOSITIVA 9

CURVA VOLUMEN-TIEMPO

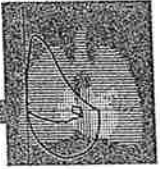


Método

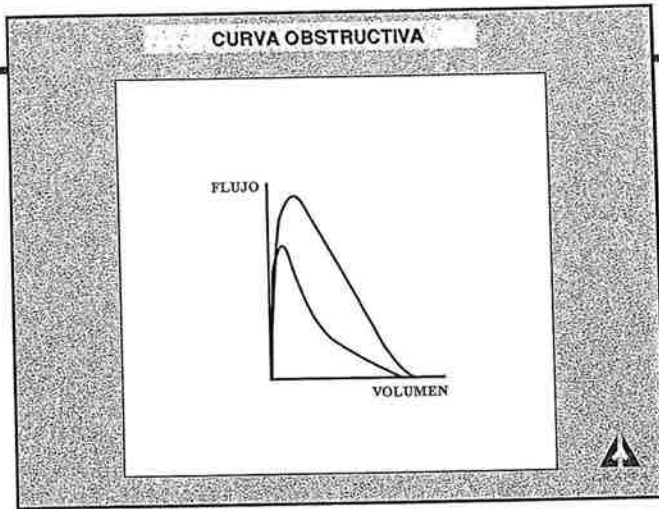
Explicar la forma de la curva normal volumen-tiempo. Descenso rápido y meseta (que define la FVC).

Objetivo

Reconocer la forma de una curva normal V-T.



DIPOSITIVA 13



Método

Explicar la curva obstructiva F-V. Ascenso rápido hasta el PEF (más bajo que en los pacientes normales) y forma cóncava de la parte descendente de la curva.

Objetivo

Reconocer la forma de la curva obstructiva F-V.

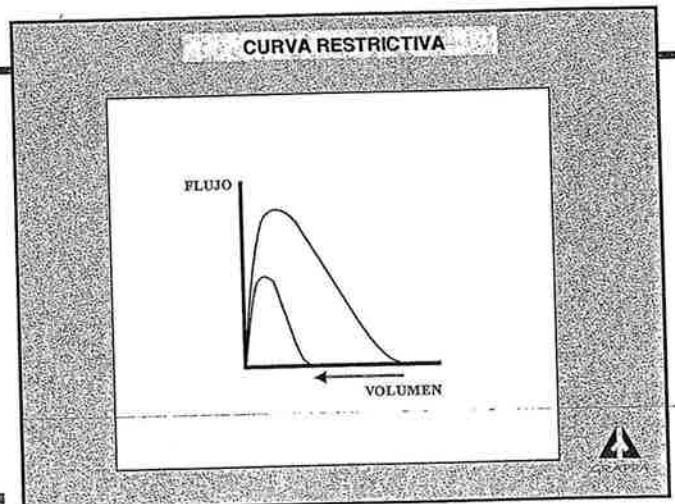
DIPOSITIVA 14

Método:

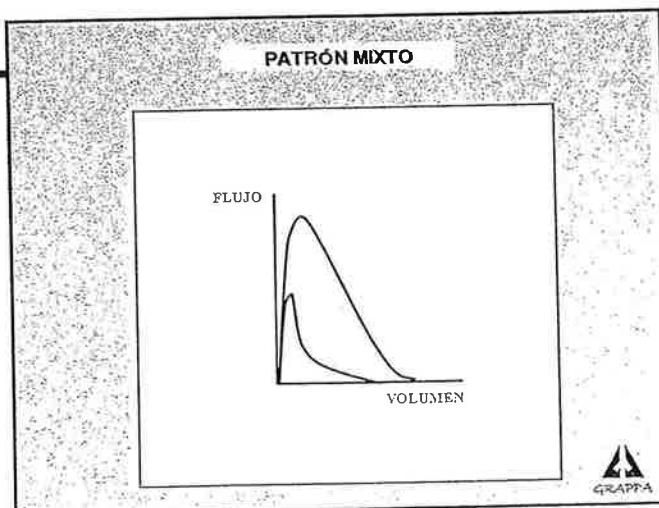
Explicar la forma de la curva restrictiva F-V. PEF bajo y curva estrecha (por disminución de la FVC).

Objetivo

Reconocer la forma de la curva restrictiva F-V.



DIPOSITIVA 15

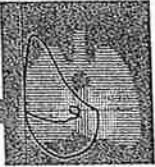


Método

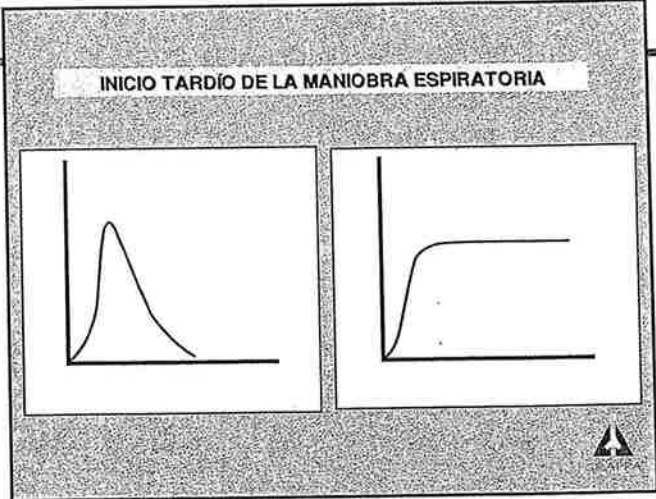
Explicar forma de la curva del patrón mixto con disminución del PEF, estrecha y concavidad en la parte descendente.

Objetivo

Reconocer la forma de la curva mixta F-V.



DIPOSITIVA 19

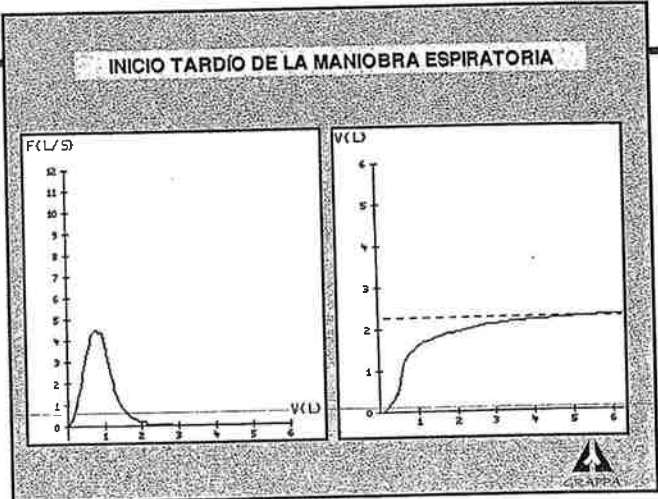


Método

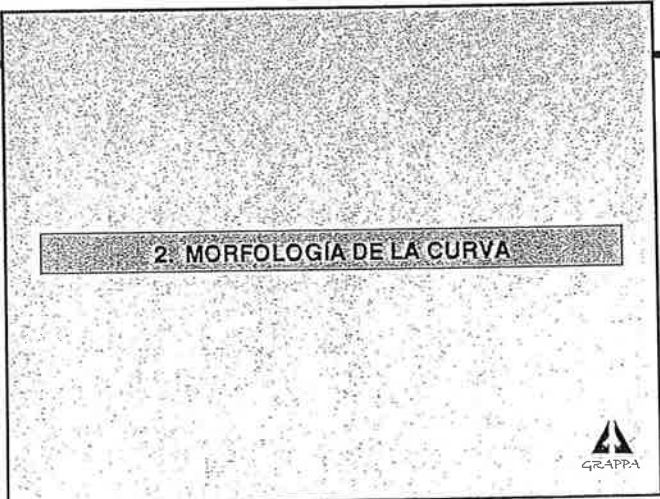
Explicar la forma en las curvas F-V y V-T del inicio tardío de la maniobra. (Deflexión en el inicio de la curva).

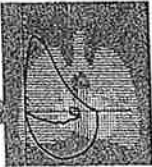
DIPOSITIVA 20

Método
Ejemplo real de un inicio tardío de la maniobra espiratoria.



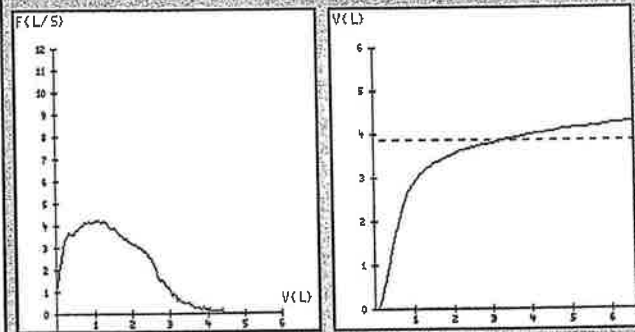
DIPOSITIVA 21





DIPOSITIVA 25

CURVA NO ADECUADA POR ESFUERZO NO MÁXIMO

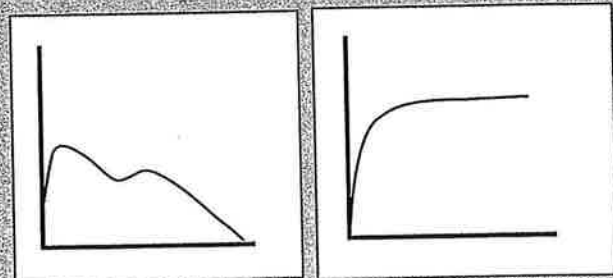


Ejemplo de falta de colaboración.

DIPOSITIVA 26

Esquema de esfuerzo variable.

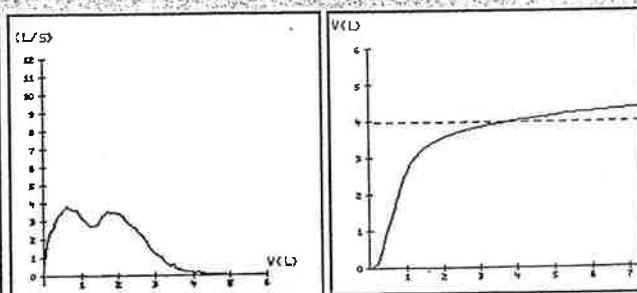
ESFUERZO VARIABLE



DIPOSITIVA 27

Ejemplo de curva con esfuerzo variable.

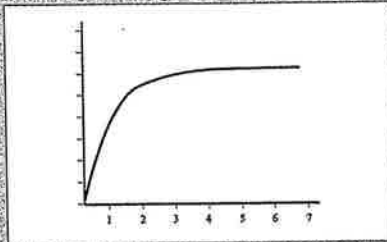
ESFUERZO VARIABLE





DIPOSITIVA 31

TERMINACIÓN CORRECTA



Método

Explicar en la curva V-T los criterios de finalización de la maniobra:

- Más de 6 seg.
- Conseguir meseta.

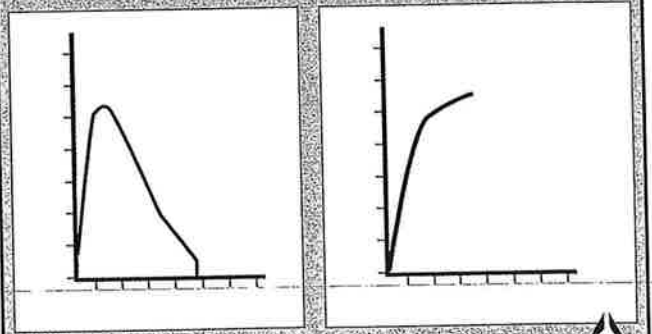


DIPOSITIVA 32

Método

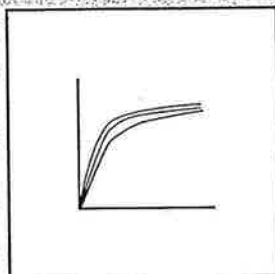
Explicar cómo se visualiza la terminación prematura en ambos tipos de curvas. Descenso vertical en el caso de la curva F-V y curva de menos de 6 seg. en la V-T.

TERMINACIÓN PREMATURA DE LA ESPIRACIÓN



DIPOSITIVA 33

REPRODUCIBILIDAD



Diferencia entre FVC y FEV₁ de las 2 mejores curvas debe ser < 5% o 100 ml.

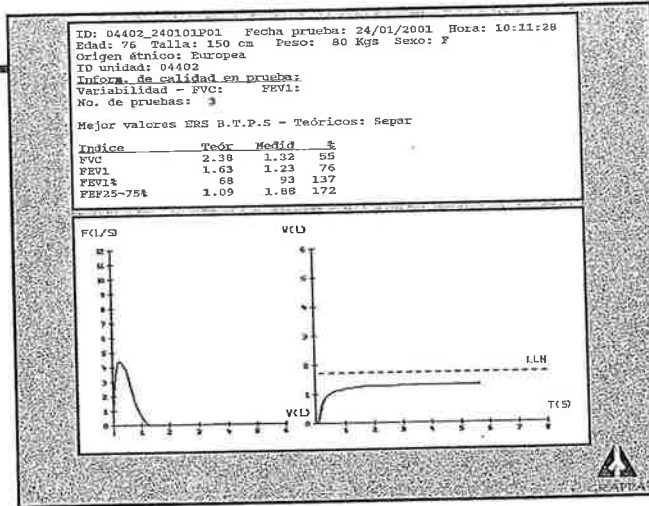


Método

Definir el concepto de reproducibilidad y los criterios que deben de cumplir.



DIAPPOSITIVA 37



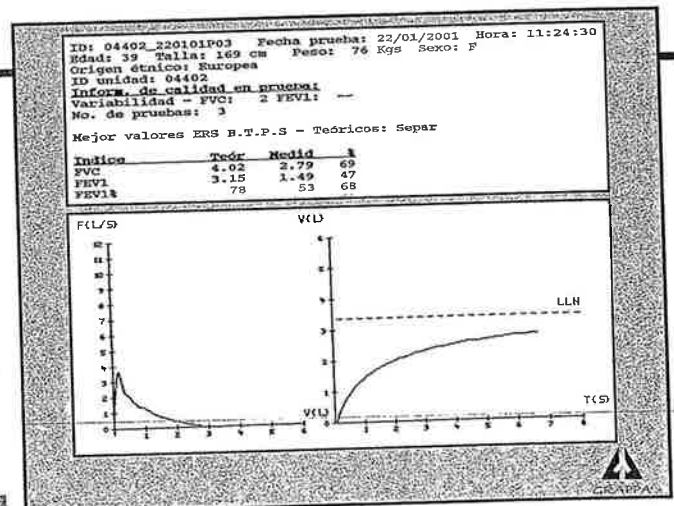
Acceptable

- No artefactos.
- Curva estrecha.
- Tiempo adecuado.
- Reproducibile.
- $FEV_1 / FVC > 70\%$.
- $FVC < 80\%$.
- Patrón restrictivo.

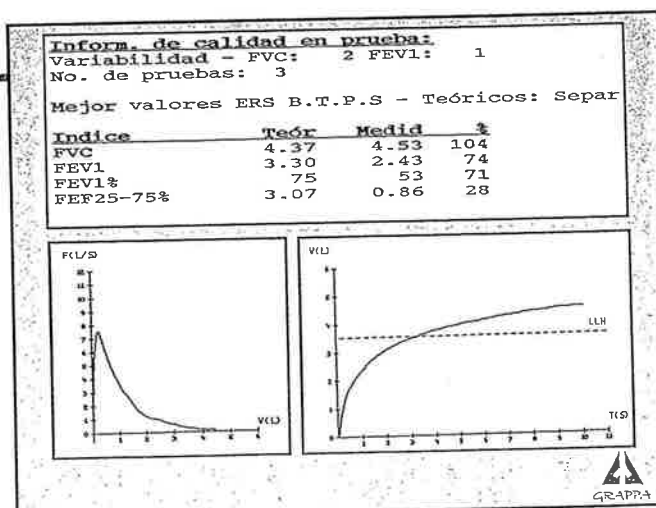
DIAPPOSITIVA 38

Acceptable

- Forma cóncava.
- Curva estrecha.
- Tiempo adecuado.
- Reproducibile.
- $FEV_1 / FVC < 70\%$.
- $FVC < 80\%$.
- Patrón mixto.

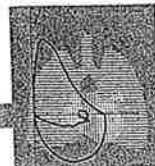


DIAPPOSITIVA 39



Acceptable

- No artefactos.
- Forma cóncava.
- Tiempo adecuado.
- Reproducibile.
- $FEV_1 / FVC < 70\%$.
- $FVC > 80\%$.
- Patrón obstructivo.



DIAPPOSITIVA 43

Inform. de calidad en prueba:

Variabilidad - FVC: -- FEV1: --
No. de pruebas: 3

Mejor valores ERS B.T.P.S - Teóricos: Separ

Indice	Teór	Medid	%
FVC	4.57	3.63	79
FEV1	3.30	1.88	57
FEV1%	72	51	71
FEF25-75%	2.70	0.69	26



Reproducible

Patrón obstructivo.

FEV₁ / FVC < 70%.

FVC ≤ 80%.

(Cifras de las curvas de la diapositiva 42).

DIAPPOSITIVA 44

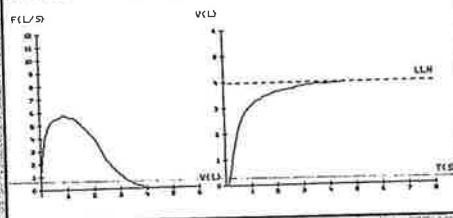
No aceptable
No colaboración.
Tiempo insuficiente.
No reproducible.
No valorable.

Vitalograph 2120
ID: 04402_230101P01 Fecha prueba: 23/01/2001 Hora: 11:03:00
Edad: 31 Talla: 167 cm Peso: 66 Kgs Sexo: M
Origen étnico: Europea
ID unidad: 04402

Inform. de calidad en prueba:
Variabilidad - FVC: 13 FEV1: 8
No. de pruebas: 3

Mejor valores ERS B.T.P.S - Teóricos: Separ(S/W 74335/2.02)

Indice	Teór	Medid	%
FVC	4.82	3.97	82
FEV1	3.84	3.16	82
FEV1%	79	79	100
FEF25-75%	4.05	2.94	72



DIAPPOSITIVA 45

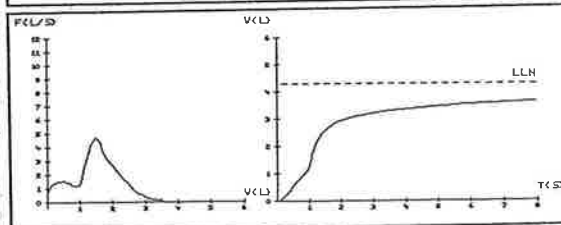
No aceptable
Artefactos.
Inicio lento de la maniobra.
Esfuerzo variable.
No valorable.

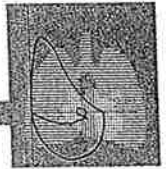
ID: <Pantalla> Fecha prueba: 19/02/2001 Hora: 12:22:54
Edad: 40 Talla: 174 cm Peso: 64 Kgs Sexo: M
Origen étnico: Caucásica
ID unidad: 04402

Inform. de calidad en prueba:
Variabilidad - FVC: -- FEV1: --
No. de pruebas: 3

Mejor valores ERS B.T.P.S - Teóricos: Separ(S/W 74335/2.02)

Indice	Teór	Medid	%
FVC	5.15	3.64	70
FEV1	4.00	2.77	69
FEV1%	77	76	99
FEF25-75%	3.94	1.95	50





DIPOSITIVA 49

Fórmulas para calcular la PBD.

$$\frac{(FEV_{1,post} - FEV_{1,pre})}{FEV_{1,pre}} \times 100 = 15\%$$

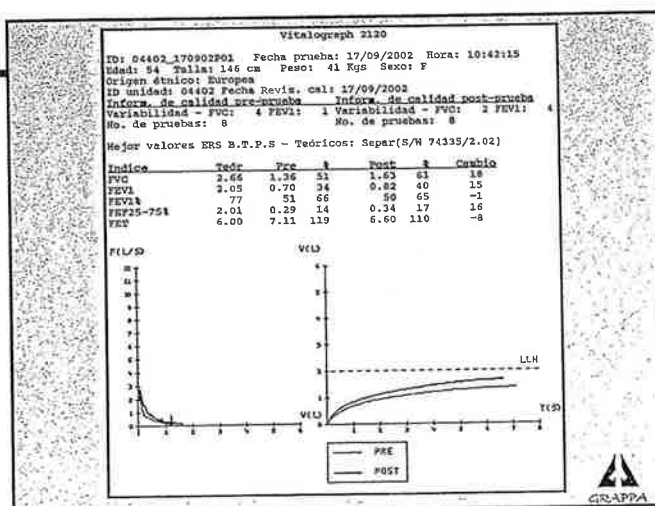
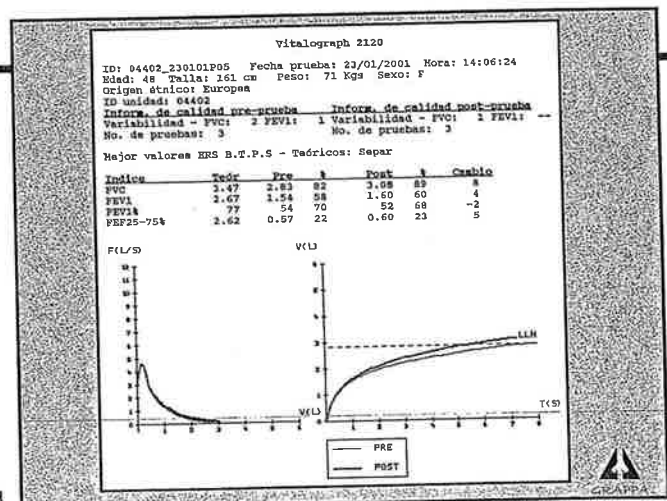
$$\frac{FEV_{1,post} - FEV_{1,pre}}{(FEV_{1,post} + FEV_{1,pre})/2} \times 100 > 12\%$$

Y ADEMÁS...

$$FEV_{1,post} - FEV_{1,pre} > 200 \text{ ml}$$

DIPOSITIVA 50

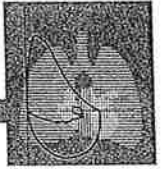
PBD negativa
Revierte el 4%.



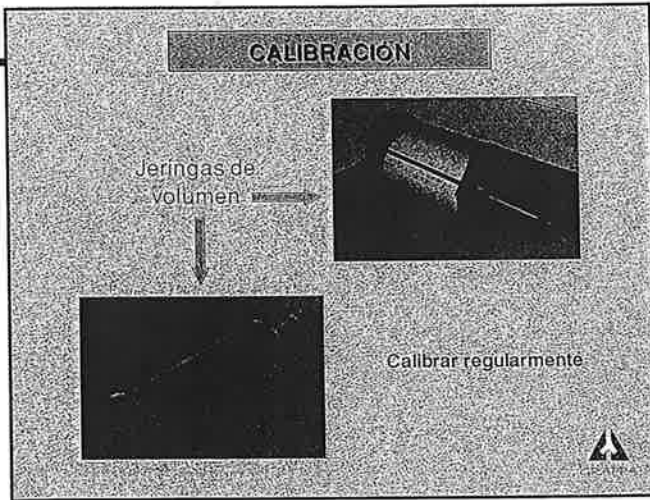
DIPOSITIVA 51

PBD negativa

Revierte el 15% pero el FEV1 no mejora al menos 200 ml.



DIPOSITIVA 55

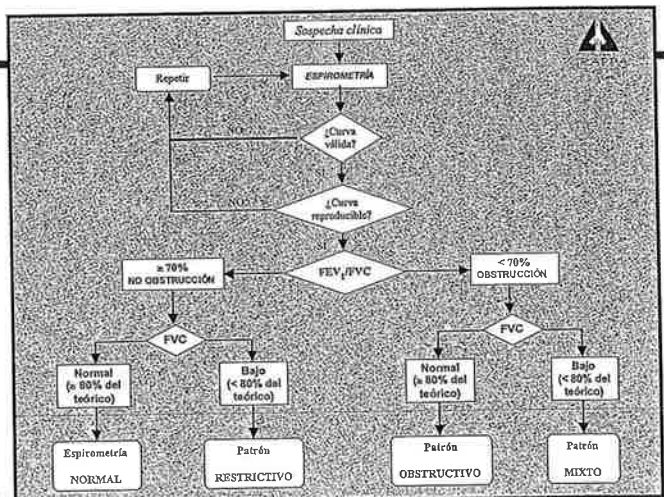


Método

Explicar de forma práctica y con el espirómetro y la jeringa de calibración cómo se realiza y cada cuánto tiempo.

DIPOSITIVA 56

Algoritmo diagnóstico.



Enfermedad estable

- Establecimiento de un valor de referencia en pacientes con enfermedad estable [4].
- Monitorización de pacientes con disnea por ejercicio [4].
- En pacientes con EPOC moderada a grave, es una herramienta de detección para identificar a pacientes (es decir, aquellos con $\text{SpO}_2 < 92\%$) que deben remitirse a especialistas para recibir una evaluación de oxígeno exhaustiva [3].
 - En pacientes con EPOC estable o aquellos que se recuperan en casa de un empeoramiento de los síntomas, un valor de SpO_2 no mayor de 88% representa una indicación firme para iniciar la oxigenoterapia a largo plazo [12]. Sin embargo, en condiciones ideales la decisión para iniciar la oxigenoterapia debe tomarse según la tensión de oxígeno arterial ($\text{PaO}_2 < 7,3 \text{ kPa} / 55 \text{ mm Hg}$).
- Ajuste del flujo de oxígeno en pacientes que reciben oxigenoterapia a largo plazo, siempre que su enfermedad esté estable y que tengan buena circulación. En general, el objetivo debe ser el de mantener el valor de $\text{SpO}_2 > 90\%$ durante todas las actividades [7].
- Evaluación de pacientes con enfermedad grave ($\text{FEV1} < 50\%$ del valor teórico), cianosis o cor pulmonale para determinar posible insuficiencia respiratoria [4, 7].

Empeoramientos

- Valoración de pacientes con síntomas de empeoramiento agudo, especialmente disnea, y determinación de la gravedad del empeoramiento [4, 7].
- Categorización del cuadro del paciente para la medición de gas en sangre arterial, remisión al servicio de urgencias y/o determinación del momento de inicio de la oxigenoterapia u otro tratamiento para el empeoramiento [4].
- Monitorización de pacientes luego del inicio de la oxigenoterapia. Se debe hacer la determinación del valor de SpO_2 con regularidad (cada 5 a 30 minutos [13]), especialmente en caso de deterioro del cuadro clínico del paciente. Para pacientes en riesgo de insuficiencia respiratoria hipercápnica, el objetivo debe ser mantener el valor de SpO_2 en 88-92%; para todos los otros pacientes, debe tratarse de mantener el SpO_2 en 94-98% [14].
- Evaluación de pacientes para la iniciación de cuidados intermedios/hospitalarios en casa, y monitorizarlos una vez que estén inscritos en esta forma de cuidado [7].

Asma

Durante una crisis asmática:

- Evaluación y valoración de la gravedad, como complemento de los datos del medido de flujo máximo [3, 4].
- Categorización del cuadro del paciente para la medición de gas en sangre arterial, remisión al servicio de urgencias y/o determinación del momento de inicio de la oxigenoterapia aguda [7].
- Monitorización de pacientes después de la iniciación de oxigenoterapia o respuesta a otro tratamiento (consulte la sección anterior EPOC, Empeoramientos).
- Especialmente importante en niños que presenten sibilancias agudas graves [7].
- Seguimiento de pacientes luego de un empeoramiento grave o complicado [4].

Infección respiratoria aguda

(p. ej., neumonía extrahospitalaria, influenza, infecciones pulmonares relacionadas con el sida)

- Valoración de la gravedad de una infección de las vías aéreas inferiores [4].
- Categorización del cuadro del paciente para la medición de gas en sangre arterial, remisión al servicio de urgencias/especialista y/o determinación del momento de inicio de la oxigenoterapia aguda [4, 7].
- Monitorización de pacientes después de la iniciación de la oxigenoterapia (consulte la sección anterior EPOC, Empeoramientos).

Dificultad para respirar en niños

- Parte de la valoración clínica en niños con sospecha de infección significativa de las vías respiratorias.
- Parte de la valoración clínica en niños con asma agudo [15, 16, 17, 18].