

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FACULTAD DE MEDICINA

**PRUEBAS DE FUNCION
PULMONAR ESPIROMETRIA
Y BRONCO-ESPIROMETRIA**

TESIS DOCTORAL

PRESENTADA POR

VICTOR MANUEL SOLANO MARTIR

PREVIA OPCION DEL TITULO DE

DOCTOR EN MEDICINA

SAN SALVADOR, EL SALVADOR, C. A.

OCTUBRE DE 1963.



T
612.2
5684P
7963
F. med.
ej. 1

18152

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

UES BIBLIOTECA CENTRAL



INVENTARIO: 10123856

RECTOR:

Doctor FABIO CASTILLO

SECRETARIO GENERAL:

Licenciado MARIO FLORES MACALL

FACULTAD DE MEDICINA

DECANO:

Doctor VICENTE AREVALO

SECRETARIO:

Doctor ALBERTO MORALES RODRIGUEZ

JURADOS QUE PRACTICARON LOS EXAMENES
PRIVADOS DE DOCTORAMIENTO

CLINICA MEDICA:

Doctor: LUIS EDMUNDO VASQUEZ

Doctor: LUIS J. ESCALANTE

Doctor: VICTOR LAZO

CLINICA QUIRURGICA:

Doctor: MANUEL MORAN h.

Doctor: JORGE ISAAC SANCHEZ ARAUZ

Doctor: VICTOR MANUEL PINO RODRIGUEZ

CLINICA OBSTETRICA:

Doctor: ROBERTO ORELLANA V.

Doctor: JORGE BUSTAMANTE

Doctor: ARTURO JOVEL MUNGUIA.

JURADO DE DOCTORAMIENTO PUBLICO

PRESIDENTE: Doctor JOSE RICARDO MARTINEZ

PRIMER VOCAL: Doctor SALVADOR MIRANDA GALDAMEZ

SEGUNDO VOCAL: Doctor JACINTO COLOCHO BOSQUE

D E D I C A T O R I A

A MIS PADRES:

Cayetano Alberto Martir
Juana Francisca de Solano

A MI ESPOSA:

Elena Valdés de Solano

A MIS HIJOS:

Ernesto
Carlos Alfredo
Armida Desireé
Ivett Guadalupe

AL DOCTOR: Víctor Hugo Lucha
DIRECTOR DEL SANATORIO NACIONAL.

AL DOCTOR: Jacinto Colocho Bosque

A MIS JEFES Y COMPAÑEROS.

PLAN DE TRABAJO

- I- RESEÑA BRONQUIAL

- II- RESEÑA FISIOLÓGICA PULMONAR

- III- PRUEBAS DE FUNCIÓN PULMONAR

- IV- ESPIROMETRIA

- V- BRONCOESPIROMETRIA

- VI- REPORTE DE ESPIROMETRIA Y BRONCOESPIROMETRIA
EN PACIENTES TB.

- VII- CONCLUSIONES

- BIBLIOGRAFIA

INTRODUCCION

El presente trabajo se originó en los momentos en que la cirugía torácica en el Sanatorio Nacional llegaba a su apogeo, con producción exigua pero constante.

Nuestra cirugía basada en las condiciones físicas del paciente y en la interpretación radiológica que nos daba un estado pulmonar satisfactorio era nuestra guía.

Considerando que la situación debía sobreponerse y medir la función pulmonar tanto pre como post operatoriamente, pensé en dedicar parte de mi tiempo al estudio de la función pulmonar.

Actuaban como cirujanos los Doctores Salvador Miranda Galdamez y Mario Reni Roldán, con cuyos alientos me dediqué al estudio de la función pulmonar en cirugía pulmonar dada la extraordinaria difusión de los métodos quirúrgicos en las afecciones del tórax y en especial en el campo de la fisiología.

Estas razones complementan el interés de poder entregar al cirujano un paciente en condiciones fisiológicamente favorables que nos movió al estudio de dicha función.

Si bien nuestras intervenciones fueron realizadas con espíritu de superación y con mucha audacia de parte de los cirujanos, con resultados satisfactorios obligándonos a continuar con más entusiasmo la ayuda quirúrgica a nuestros pacientes.

En otras ocasiones los resultados no fueron los deseados y las complicaciones características de estas intervenciones que producen síndrome de insuficiencia respiratoria por la exclusión de zonas pulmonares que formaban parte de la ventilación pulmonar y su ausencia en forma brusca se puso de

manifiesto en el post operatorio casi de inmediato.

Si la función global demuestra con gran aproximación la suficiencia pulmonar hasta el momento operatorio, no es menos cierto que nos deja la enorme duda de la suficiencia parcial de cada pulmón, es decir, el porcentaje de capacidad de cada uno de los pulmones y desde luego, es necesario conocer el porcentaje que la pérdida de tejido significaría para el futuro del paciente.

Ahora bien, el conocimiento separado de la función de cada pulmón, es lo que se denomina BRONCOESPIROMETRIA.

El objeto de este trabajo lo constituye la ESPIROMETRIA, la BRONCOESPIROMETRIA, y en el he puesto mi mayor interés.

Este interés se vió colmado con el aporte valioso del Doctor Víctor Hugo Lucha, trabajador infatigable en el campo de la fisiología, que con sus enseñanzas desinteresadas y su biblioteca contribuyó al desarrollo de este trabajo.

No fue menos la colaboración del Doctor Jacinto Colocho Bosque, pionero en nuestro medio del estudio de la Función Pulmonar, quien me orientó en la referida materia.

I

RESEÑA BRONQUIAL

Este es un pequeño esbozo hecho por razones técnicas del presente trabajo y no por una descripción anatómica, porque en la broncoespirometría se trabaja con sondas que deben guardar cierta forma con relación a los bronquios principales y de aquí dichas razones, sin tomar en cuenta la glotis que es para el broncoscopista y el broncoespirometrista el obstáculo de primera vista comenzaremos con la tráquea.

La tráquea es un segmento tubulocartilaginoso de forma generalmente cilíndrica de 10 a 11 centímetros de longitud y de 2 a $2\frac{1}{2}$ centímetros de ancho, que se bifurca al nivel de la 5a. o 6a. vértebra dorsal en dos bronquios principales.

El bronquio principal derecho que se desprende a nivel de la carina formando un ángulo muy suave de 20 a 25° dando la impresión de continuar la dirección de la tráquea. Casi inmediatamente antes de un centímetro se encuentra un orificio en la pared externa que corresponde al bronquio del lóbulo superior derecho. Siguiendo la misma dirección, en la pared anterior, dos o tres centímetros encontramos otro orificio que corresponde al bronquio del lóbulo medio, el resto del bronquio forma parte del lóbulo inferior.

El bronquio principal izquierdo presenta modificaciones que varían considerablemente de la forma del bronquio principal derecho y se desprende bajo un ángulo de 40 a 45° con relación a la dirección de la tráquea, formando una curvatura muy suave de concavidad superior. A una distancia de cinco a seis

centímetros de su origen en la cara externa encontramos un orificio que corresponde al bronquio del lóbulo superior izquierdo; continuando su trayecto hacia abajo y hacia afuera a cinco centímetros se divide en los bronquios basales, no encontrando en este trayecto el orificio del bronquio del lóbulo medio por desprenderse del bronquio del lóbulo superior izquierdo.

Las sondas tienen forma ovalada con un diámetro de 10 a 12 cm. y una longitud de 55 cm. con dos vías, una vía para el bronquio y una vía para la tráquea, siendo la vía traqueal más corta en 9 cm. que la bronquial. Presentan en su extremo distal una porción opaca a los rayos X y flexible que permite su orientación dentro del bronquio izquierdo, con dos orificios uno lateral para el bronquio derecho (que es el que no se cateteriza por encontrarse el orificio del bronquio del lóbulo superior derecho casi a la entrada) y el otro terminal para el bronquio izquierdo. Arriba de cada orificio presentan las sondas un manguillo que se insufla en el momento de la operación, el manguito traqueal se insufla 5 cm. y el bronquio hasta $2\frac{1}{2}$ cm. Este último manguillo no obstruye ningún orificio por la anatomía descrita anteriormente.

II

RESEÑA FISIOLÓGICA PULMONAR

1.- Introducción

< La función primordial del pulmón consiste en verificar el intercambio gaseoso del medio externo con el medio interno, función que se denomina "respiración".

La respiración comprende cuatro procesos fundamentales:

Ventilación pulmonar

Hematosis (difusión)

Transporte de gases por la sangre (incluye perfusión)

Respiración celular

a) La entrada del aire atmosférico a los pulmones, y la salida de una mezcla gaseosa de composición diferente constituye la VENTILACION PULMONAR.

b) En los alveolos pulmonares se realiza el intercambio gaseoso entre el aire y la sangre de los capilares, este segundo proceso constituye la HEMATOSIS (Difusión).

c) Los mecanismos que contribuyen a la renovación de la sangre, en el alveolo se denomina PERFUSION ALVEOLAR.

d) La RESPIRACION CELULAR que constituye la oxigenación de la célula. ✓

De estos procesos dedicaré mi atención a la ventilación pulmonar que es la base para la exposición de la Espirometría y la Broncoespirometría (Objeto del presente trabajo). ✓

2.- VENTILACION PULMONAR

Definición

La ventilación pulmonar es un proceso cíclico de inspiración y expiración por medio del cual y en forma alternada, entra aire fresco al tracto respiratorio y es expulsada una cantidad igual de gas pulmonar.

"Esta proposición no es totalmente verdadera. Habitualmente se absorbe más oxígeno a nivel del alveolo que el CO₂ que

se agrega." porqué se absorbe mayor cantidad de oxígeno que la cantidad de anhídrido carbónico expelido? porque una pequeña cantidad de volumen inspirado abandona los alveolos por medio de la sangre en lugar de hacerlo por el gas expirado. <

Factores

A) Mecánicos:

- i- El aire penetra en los pulmones por la diferencia de presión entre el exterior y el interior de los pulmones;
- ii- Por la expansión activa de la caja torácica, actividad que se debe a la contracción de los músculos inspiratorios.

Tanto la expansión de la caja torácica, como a la entrada del aire a los pulmones, se les denomina INSPIRACION.

Durante la inspiración, la actividad muscular agranda el tórax, los alveolos pulmonares se distienden y la presión dentro del tórax baja de manera que el aire penetra, -la contracción muscular debe vencer:

- a) La elasticidad del pulmón de las paredes torácicas y abdominales.
- b) La viscosidad de los tejidos que se mueven y la del aire al pasar por las vías aéreas.
- c) La inercia del sistema.

Las tres resistencias son igual a 70 kilogrametros.

El músculo de inspración más importante es el diafragma, siguiéndole en su orden, los intercostales internos, los espinales, el cerrato menor posterior, el cerrato mayor, el esternocleidomastoideo, los pectorales, el trapecio, el romboide, el

grandorsal y el angular del omóplato.

El diafragma aumenta el diámetro vertical del tórax, y el transversal de la base al elevar las últimas costillas en las cuales se inserta, al verificar el descenso vertical moviliza $\frac{1}{2}$ litro de aire por cada cm. que desciende.

Otros músculos inspiratorios no presentan un tono activo y dependen de la actividad inspiratoria, como de la magnitud de ventilación, posición del individuo y de la actividad corporea.

El movimiento opuesto del tórax, constituye la EXPIRACION y se realiza:

- a) Por la elasticidad del pulmón y de la caja torácica.
- b) por la relajación de los músculos inspiratorios.
- c) Por la contracción activa de los músculos expiratorios (intercostales internos, triangular del esternón y otros).

B) Químicos:

El aumento de concentración del bióxido de carbono y la disminución de la concentración de oxígeno son factores de influencia neurohumoral que mantienen una adecuada ventilación.

C) Nerviosos:

Tres centros respiratorios se reconocen actualmente, el centro inspiratorio situado en la porción anterior de la formación reticular medular que coordinan la inspiración con participación de los músculos inspiratorios. El centro expiratorio formado por un grupo de neuronas situadas en la parte dorsal de la misma formación. Su excitación produce un activo esfuerzo expiratorio. El centro neumotáxico situado en la mitad superior

del puente. Estos centros están constantemente sujetos a influencias que se originan en la corteza cerebral y en muchos nervios periféricos, estos últimos toman sus excitaciones de las áreas propioceptivas de Hering y Breuer. El concepto de la autoregulación de estos autores ha sido criticado atribuyéndole un mayor significado al tono diafragmático.

3.- VOLUMEN ALVEOLAR

Cerca de 125 ml. a 160 ml. de aire permanecen en la tráquea y el árbol bronquial sin cambios gaseosos que constituye "el espacio muerto". El aire contenido en ellos no forma parte del aire alveolar y debe ser calculado independientemente.

Tres factores determinan la magnitud de la ventilación alveolar:

- a) Frecuencia de la respiración
- b) Volumen circulante
- c) Espacio muerto respiratorio.

a) Frecuencia respiratoria: oscila entre 12 y 20 ciclos por minuto en individuo sano, es un dato útil en pacientes bajo observación de padecimiento pulmonar.

b) Volumen circulante: es la cantidad de gas que en cada ciclo respiratorio entra y sale del tracto respiratorio. El metabolismo basal es una medida de volumen circulante, este dato por sí no da una idea de la ventilación alveolar si no se relaciona con la frecuencia respiratoria para investigar el volumen minuto.

c) Espacio muerto respiratorio: hablamos al principio del espacio muerto anatómico al cual podemos agregar otro espacio fisiológico, lo. alveolos que no participan de la ventilación por

obstrucción del bronquiolo o por daño en la membrana alveolar;
2o. alveolos libres bien ventilados pero sin o con mínima irrigación sanguínea.

3.- CIRCULACION

Relación entre irrigación sanguínea y ventilación pulmonar

Aunque siempre se tomó en cuenta la irrigación sanguínea a los alveolos, se despreció como un factor de suma importancia en la evaluación de la función pulmonar, por dificultades y el riesgo que implican las medidas y procedimientos que para ello son necesarios.

Las presiones del ventrículo derecho no manifiestan aumento aunque la cantidad de sangre sea doblada por el ejercicio, significando esto que deben haber derivaciones o dilataciones de los vasos pulmonares para tal emergencia, por consiguiente el lecho vascular pulmonar puede reducirse cerca de la mitad sin que haya un aumento en la presión del ventrículo derecho, toda vez que el individuo permanezca en reposo o que la presión sea paulatina y así los vasos pulmonares estén en condición de dilatarse.

Estos datos nos conducen a pensar en las exéresis amplias \times del tejido pulmonar en los adultos, en quienes decrece el calibre y la elasticidad de los vasos pulmonares. Caso contrario ocurre en los pacientes jóvenes, en quienes estos factores son favorables. Las razones anteriores conducen a pensar en un aumento de la resistencia vascular producida por enfermedades pulmonares que obliteran o comprimen el lecho vascular, agreguemos también los desórdenes propios de los vasos tales como arteritis,

esclerosis, trombósis y embolismo. En los sujetos que adolecen de tales trastornos se produce una insuficiencia de oxigenación por disminución del lecho vascular y a la vez produce un aumento de las presiones en el circuito derecho. Esta es la importancia de conocer la circulación pulmonar como prueba funcional en relación con la ventilación alveolar.

Con esta prueba conocemos el estatus de irrigación del parénquima pulmonar, en el que pueden existir espacios muertos por falta de irrigación aunque gocen de buena ventilación. ✕

4.- DIFUSION

El paso del oxígeno a través de los tejidos se verifica por el proceso de difusión; es decir que las moléculas del oxígeno se mueven de una región de elevada presión parcial a otra región de presión parcial más baja. La difusión se verifica a través de la pared del alveolo y de las paredes de los capilares, esto implica que tenemos dos superficies que contar para la difusión, cualquier alteración de estas superficies será un obstáculo para la buena difusión. Así toda injuria del parénquima pulmonar que deje áreas de fibrosis disminuye el poder de difusión, por una parte y por otra aumenta el camino a recorrer de los gases. A esto agreguemos que la disminución de capilares por factores que atañen directamente a ellos contribuye a la falta de difusión.

Perfusión

La investigación en la sangre arterial de las presiones del oxígeno y del gas carbónico determinan la capacidad con que los pulmones cumplen su función. La investigación de los gases sanguíneos en la sangre venosa no conduce a un dato exacto por

estar mezclada con factores metabólicos provenientes del hígado, bazo y otras víceras.

Oxígeno arterial

El oxígeno se combina con la sangre de dos maneras:

- 1o.) Disuelto en la sangre con las moléculas de agua que contiene,
- 2o.) En composición química con la hemoglobina como oxihemoglobina.

Sabemos que la cantidad de oxígeno tomada por la sangre depende de las presiones de oxígeno a las cuales sea sometida la sangre. Las presiones se miden en mm. Hg. (Pó2) Por experiencia se ha encontrado que a 10 mm. Hg. Pó2, 0.03 de oxígeno se disuelve en 100 ml. de plasma a 20 mm. Hg. Pó2 esta cantidad se dobla, y a 100 mm. Hg. Pó2, es 10 veces esta cantidad. Por consiguiente el oxígeno se disuelve en cantidades directamente proporcionales a las tensiones.

Por ejemplo, si un paciente respira alta mezcla de oxígeno con una presión parcial de oxígeno a 600 mm. Hg. Pó2, el oxígeno disuelto deberá ser de 1.8 ml. si un sujeto respira oxígeno a 3 atmósfera y el Pó2 arterial fuera de 2.000 mm. Hg., el oxígeno disuelto sería de 6 ml. por 100 ml. de sangre. Solamente en el último caso, el oxígeno disuelto será suficiente para suministrar las necesidades del organismo.

Dichosamente existe un compuesto especial químico en las células rojas, un gramo de esta sustancia se combina químicamente con 1.34 ml. de oxígeno, por consiguiente si cada 100 ml. de sangre contiene 15 gm. de hemoglobina, se calcula un equivalente

de 20.1 ml. de oxígeno, dependiente naturalmente de las presiones parciales de oxígeno.

En el caso de la hemoglobina, la cantidad de oxígeno asociado no es exactamente proporcional a las presiones del oxígeno, como en el caso de oxígeno disuelto.

VALORES MEDIOS EN SANGRE DE OXIGENO, GAS CARBONICO Y PH.

	Sangre Arterial	Sangre Venosa
1o. Presión de O ₂ (mm.Hg.)	95	40
2o. Oxígeno disuelto (ml. O ₂ S.C.)	0.29	0.12
3o. O ₂ contenido (ml. O ₂ x 100 ml. O ₂)	20.3	15.5
4o. O ₂ combinado con Hb (ml. O ₂ x100ml.S.C.	20.0	15.4
5o. Capacidad de Hb. para el O ₂ x 100 S.C.	20.6	20.6
6o. Saturación de Hb. para el O ₂ %	97.4	75.0
7o. Total CO ₂ (ml. x 100 S.C.)	49.0	53.1
8o. Plasma CO ₂ (ml. CO ₂ x 100 plasma)	59.6	63.8
A) Disuelto CO ₂ (ml. CO ₂ x 100 ml.)	2.84	3.2
B) Combinado CO ₂	56.8	60.5
C) CO ₂ presión (mm. Hg.)	7.40	7.376

III

EXPLORACION DE LA FUNCION PULMONAR

La exploración de la función pulmonar, consiste en una serie de métodos, que permiten el análisis y la medida de la función respiratoria. El fin principal es apreciar la repercusión funcional de las neumopatías, cualquiera que sea su origen.

Historia

Los exámenes pulmonares funcionales están recientemente introducidos en la práctica médica. Hutchinson definió en 1846 la capacidad vital demostrando su simplicidad de medida y su interés en neumología. En nuestro medio no ha sido objeto de mayor interés a pesar del incremento de la cirugía cardiopulmonar.

Fue con el progreso de la bacteriología y la radiología, que nuevamente la exploración de la función pulmonar renace hacia el año 1930, en la práctica neumológica y cardiológica en Inglaterra.

Pero introducción.
En Alemania (Anthony Knipping), En Suecia (JACOBÆUS, en Suiza (Jaquier-Dogen Rossier), en los Estados Unidos (Hurtado y Cournand). Durante la segunda guerra mundial, los Americanos estimulados por los problemas del chock, la cirugía, la anestesia, la medicina aeronáutica, apoyándose en los trabajos practicados antes de 1930, crearon prácticamente la fisiopatología respiratoria. (Cournand, Fenn, Rand, Otis y Lilley). Después de 1945 se multiplican los trabajos en todos los países del globo, unos con vistas a exploración funcional práctica, otros con tendencias a estudios profundos sobre la fisiopatología en laboratorios muy especializados. Jacobæus (Alemania 1935), creador de la Broncoespirometría. Gebauer (1940) creador de catéteres que llevaban su nombre, desaparece en Alemania y en 1952 reaparece en Hawaii dando a publicidad un trabajo sobre injerto de tráqueas. <

PRINCIPALES INDICACIONES DE LA EXPLORACION FUNCIONAL

Cubren tres dominios:

1) El dominio medicoquirúrgico es el que interesa al cirujano

en especial al cirujano torácico que ve en todo paciente un caso nuevo y prevé las circunstancias inmediatas al acto quirúrgico por el traumatismo, por el post operatorio y los peligros que entraña el desconocimiento de la capacidad pulmonar, como en el caso de que el paciente sea un enfisematoso y que una exéresis conduciría a un cuadro más agudo, si bien es cierto que el conocimiento de la función pulmonar no mejora el cuadro pero contamos con un camino que nos conduce a un post operatorio mejor orientado, que el atascamiento bronquial, el enemigo de la cirugía pulmonar que cuando se complica con sufusiones pleurales mal aspiradas conducen a una insuficiencia más aguda.

Y si agregamos el porcentaje de la exéresis de un lóbulo conducimos al paciente al riesgo todavía más desastroso como es la invalidez.

Sin conocimiento de las pruebas funcionales pre operatorias no tomaríamos en cuenta este factor y correríamos el riesgo de un paciente invalido por un acto quirúrgico.

2) El dominio médico-legal y de la medicina del trabajo.
Muchas situaciones pueden beneficiarse de la exploración funcional pulmonar, ayudana a resolver problemas de compensación en los obreros trabajadores alcanzados de neumopatías profesionales; también en accidentes de trabajo o de la vida corriente en las personas aseguradas. Permite reconocer objetivamente complementando un examen clínico la invalidez ya sea por tuberculosis, colapsoterapia o enfisema pulmonar. Así mismo permite reconocer en un estado precoz de neumopatías crónicas antes que sean invalidentes y dar una orientación profesional adaptada a la

capacidad funcional del sujeto.

3) El dominio puramente médico nos permite diferenciar los estados patológicos de la función respiratoria de las afecciones extra-pulmonares en particular las cardíacas. Asimismo ayuda a diferenciar los estados subjetivos de disnea, descritos por el paciente y precisar el sustrato que lo origina, (Bronquios, pleura, etc.) aprecia también los efectos terapéuticos sobre el árbol respiratorio, por ejemplo la acción de los bronco-dilatadores. Hay un campo grande de exploración funcional simple y práctica indispensable al neumólogo que se habitúa a la fisiopatología del hombre normal que suministra los promedios para su comparación.

Para abordar la exploración funcional pulmonar se ha tratado de trazar un esquema del proceso respiratorio y revisar sus componentes para cada prueba. Esto no resuelve de por sí todo el problema como fuera deseado; muchos de estos componentes son para fines catedráticos. Además estas pruebas están circunscritas al instrumental del laboratorio, a la habilidad y tiempo disponible del cuerpo médico y técnicos que en ellos toman parte. Las pruebas pulmonares se clasifican por su propósito, por su complejidad, equipo requerido y la experiencia para verificarla.

Tipos de pruebas

La radiografía nos da una impresión del estado pulmonar que puede conservarse en archivos, tanto de la forma expiratoria como de la forma inspiratoria.

La flouroscopía tiene la ventaja de observar el estatus en

forma dinámica, es decir controla los movimientos en forma funcional con la desventaja que las impresiones se conservan bajo un reporte personal, con otra más, la exposición del paciente y del observador a los rayos X.

La oximetría que demuestra las concentraciones de gases sanguíneos, siendo un examen que complementa los otros estudios.

Otros métodos cómo medir la expansión torácica tienen muy poco uso.

La broncografía que es un medio de contraste tiene valor únicamente para localizar lesiones obstructivas de una manera topográfica. Quedándonos por conocer la espirometría y la broncoespirometría.

IV

ESPIROMETRIA

Definición

Es una prueba para la exploración clínica de la función ventilatoria que se verifica por medio de un aparato llamado espirómetro (Ver esquema de un espirómetro). En dicha prueba se mide la cantidad de aire circulante, la reserva inspiratoria, la reserva expiratoria, la capacidad vital, la frecuencia, el volumen por minuto, la capacidad respiratoria máxima, el consumo de oxígeno por minuto, la reserva respiratoria, el equivalente ventilación y la expiración cronometrada.

Ha sido motivo de controversia los diferentes nombres aplicados a los volúmenes y capacidades pulmonares. Así, un grupo de fisiólogos reunidos en Atlantic City el 19 de abril de 1950

para discutir y establecer un conjunto sistemático de símbolos, para la enseñanza y todas las publicaciones relacionadas con la fisiología pulmonar, acordaron los siguientes términos y definiciones:

1) VOLUMEN CORRIENTE. (Tidal Volume. Or depth of breathing).

Es el volumen de aire inspirado o expirado durante cada ciclo respiratorio.

2) VOLUMEN DE RESERVA INSPIRATORIO. (Inspiratory Reserva Volume).

Es el volumen máximo de aire que puede ser inspirado al final de una inspiración tranquila.

3) VOLUMEN DE RESERVA EXPIRATORIO. (Expiratory Reserve Volume)

Es el máximo volumen de aire que puede ser exhalado al final de una expiración normal.

4) VOLUMEN RESIDUAL. (Residual Volume)

Es el volumen de aire remanente en los pulmones al final de la máxima expiración.

Capacidades

Hay cuatro capacidades, cada una de las cuales incluye dos o más de los volúmenes antes descritos.

1) CAPACIDAD PULMONAR TOTAL. (Total Capacity) Es la cantidad de aire contenido al final de la máxima inspiración y es la suma de todos los volúmenes.

2) CAPACIDAD VITAL (Vital Capacity) Es la máxima cantidad de aire que puede ser expelida de los pulmones siguiendo a una inspiración máxima.

La Capacidad Vital es igual a la suma del aire corriente

más los volúmenes de la reserva inspiratoria y reserva expiratoria.

3) CAPACIDAD INSPIRATORIA (Inspiratory Capacity) Es el máximo volumen de aire que puede ser inspirado del nivel expiratorio de reposo y es la suma del aire corriente y el volumen de reserva inspiratoria.

4) CAPACIDAD RESIDUAL FUNCIONAL (Functional Residual Capacity) Es el volumen de aire remanente en los pulmones al final del nivel expiratorio y es la suma de los volúmenes de reserva expiratoria y residual.

(El final de posición expiratoria es usado como línea base, debido a que varía menos que la posición de inspiración final).

VALORES RESPIRATORIOS

1) Frecuencia Respiratoria	en reposo 12 - 20 por minuto
2) Aire Corriente	500 ml. aproximad.
3) Reserva Espiratoria	1.300 ml. aproxim.
4) Reserva inspiratoria	2.000 ml. aproxim.
5) Capacidad Vital	3.800 ml. aproxim.
6) Capacidad Total	5.400 ml. aproxim.
7) Aire Residual	1.600 ml. aproxim.
8) Volumen Minuto Respiratorio	5.000 a 8.000 ml. en reposo
9) Equivalente respiratorio	2.3 - 1.80
10) Capacidad Máxima Respiratoria	105 - 140 H. 90 - 120 M.

Significado de las pruebas funcionales pulmonares

En años pasados, gran número de pruebas fisiológicas se desarrollaron para la evaluación cuantitativa y cualitativa de la función pulmonar en pacientes en quienes se sospechaba anomalías del sistema cardio-pulmonar. Las pruebas de función pulmonar, han probado ser de definitivo valor en el diagnóstico y como guía terapéutica en pacientes con desórdenes cardio-pulmonares. Han conducido a una mejor comprensión de fisiología pulmonar, en personas saludables de toda edad y a un preciso conocimiento de la fisiopatología en el curso de las enfermedades pulmonares.

Han ayudado al conocimiento temprano de la disfunción pulmonar en algunos pacientes considerados como normales, sobre la base de exámenes clínicos y radiológicos y a un diagnóstico diferencial en pacientes con enfermedades conocidas en quienes un diagnóstico específico no puede ser hecho por otros procedimientos.

Son usados como objetivo de medidas terapéuticas, tales como el uso de oxígeno, presiones respiratorias, broncodilatadores, cortisona, antibióticos, respiración artificial y principalmente procedimientos quirúrgicos; así, contribuyen al desarrollo más racional de los tratamientos. Finalmente son de inestimable valor en medir la deshabilidad, para determinar el tiempo de vida, en pacientes, en quienes se sospecha que la función pulmonar es insuficiente.

La introducción de la prueba fisiológica pulmonar, no significa que hayan suplantado otros procedimientos diagnósticos. Las pruebas fisiológicas indican solamente el grado en

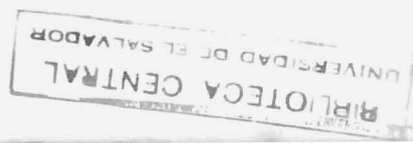
que la función ha sido alterada. No pueden hacer un diagnóstico anatómico, bacteriológico o patológico.

Por ejemplo: una prueba funcional revela la existencia de una derivación arteriovenosa, pero ella por sí, no puede localizar la región anatómica dañada ya sea intrapulmonar o intracardíaca. Las pruebas fisiológicas indican que hay un impedimento o disfunción a través de las membranas alveolocapilares, pero no diferencian un edema intersticial de un edema intralveolar.

Además ellas no revelan alteraciones en todos los tipos de enfermedad pulmonar, solamente cuando la lesión altera la función lo suficiente para que las pruebas demuestren con certeza las desviaciones de los valores normales. En general no pueden determinar una reducción de la función del tejido pulmonar de pequeñas áreas que no se ventilen o que no perfundan. Los resultados de las pruebas fisiológicas pueden ser normales en presencia de lesiones, tales como en cavidades tuberculosas fibróticas, quistes o nódulos carcinomatosos, a menos que la lesión ocupe un espacio que reduzca el volumen pulmonar, bajo los límites normales o que su localización sea estratégica para provocar disturbios funcionales.

Por consiguiente, las pruebas funcionales no suplantano sino que complementan una buena historia, un examen físico, radiológico, bacteriológico, broncoscópico y broncográfico. Qué nos suministran las pruebas funcionales,

1) Suministran la información necesaria para un objetivo apreciable de impedimento, insuficiencia o deshabilidad



pulmonar en relación a otros hallazgos en el paciente. Daños extensos de los pulmones demostrados por la radiografía, pueden estar asociados con poco o casi ningún daño pulmonar. Mientras que otros con aparente pequeño daño radiológico, pueden demostrar verdadera deshabilidad.

2) Son útiles en la discriminación de enfermedades pulmonares disnéicas no orgánicas, tales como siconeurósis, astenia neurocirculatoria, etc.

3) Pueden suministrar medidas cuantitativas de la función pulmonar que ayudan en la evaluación de candidatos para colapso-terapia permanentes o resecciones quirúrgicas del tejido pulmonar, tanto para un peligro inmediato, como para la sobrevivida posterior de los pacientes.

4) Pueden proporcionar la evaluación posterior en ciertos aspectos del curso de enfermedades pulmonares.

5) Permiten la evaluación posterior de medidas terapéuticas, médicas o quirúrgicas.

6) Ayudan a diferenciar enfermedades cardíacas de enfermedades pulmonares.

7) Ayudan a diferenciar formas primarias o secundarias de policitemia.

8) Ocasionalmente permiten detección de anomalías pulmonares en pacientes en los cuales un examen físico o estudios de Rayos X, no pueden describir ciertas enfermedades del pulmón.

9) Ayudan a la evaluación en las reclamaciones de la deshabilidad en la práctica industrial y de seguros.

10) Los estudios de la función pulmonar indican la función específica del pulmón, que ha sido menoscabada por la enfermedad y da al médico un claro concepto del proceso de la enfermedad en cada paciente.

Lo que no pueden evaluar las pruebas funcionales

1) No pueden suministrar diagnóstico etiológico o anatómico, sino solamente diagnóstico fisiológico, estimación de la capacidad funcional y algunas veces un pronóstico importante.

2) No pueden localizar un proceso anatómico topográficamente, las pruebas pueden revelar la existencia de una comunicación venosa arterial; pero fallar en identificarla como intracardiaca o intrapulmonar.

Una vez delimitado el objetivo, se selecciona la prueba necesaria. Recordemos de paso que para estas pruebas se necesita un equipo adecuado y personal adiestrado, reducir al mínimo todo aquello que pueda ocasionar disturbios en la función, entre ello revisión de aparatos, revisión de instrumental, recordatorio al personal y más que todo, la preparación del paciente y su educación respecto al examen a practicar. En ocasiones basta un equipo simple para proceder a una prueba en la clínica o en un pequeño hospital.

Entre los procedimientos empleados, tenemos el respirómetro de circuito cerrado de escasa inercia, con registro de dos velocidades, este instrumento es muy práctico para las clínicas interesadas en enfermedades del tórax.

Métodos y Técnicas

El paciente puede estar de pie, sentado o semiacostado. La posición no es indiferente, pues es origen de variaciones en los volúmenes y capacidades. La conexión del sujeto con el aparato puede hacerse mediante una boquilla, o una mascarilla que se adapten firmemente. Primero se deja que el sujeto respire del exterior por unos minutos para que pase la excitación que produce la colocación de la boquilla o mascarilla. Una vez que el sujeto parece estar respirando con calma, se hace la conexión con el interior del aparato hacia el final de una inspiración normal.

Se emplea como punto de referencia para las medidas, el final de la espiración tranquila. El registro se hará por tanto mayor tiempo cuanto mayores irregularidades se observan.

Cuando se tienen ya una curva basal de respiración tranquila, se hace que el sujeto realice algunas inspiraciones y espiraciones máximas. No es indiferente el orden en que éstas deban hacerse. La técnica que da los valores más altos es la de hacer estos movimientos aisladamente y, en cada caso, separados por intervalos de registro de la respiración tranquila.

Los movimientos de inspiración y expiración máximas, cuando son registrados en sucesión inmediata dan, a menudo, valores menores de la capacidad vital, especialmente en los asmáticos o enfisematosos. <

En los protocolos deben reseñarse las condiciones bajo las que se ha efectuado la medición espirográfica. Por ejemplo, un volumen gaseoso se halla en el pulmón a una presión que es

la atmosférica y a la temperatura corporal; se designan estas condiciones con las iniciales BTPS (Body, Temperature, Pressure and Saturated). En cambio, si el gas se halla en un aparato de medida tal como un espirógrafo, la temperatura cae a la del ambiente (A), mientras que no varían los restantes factores (ATPS).

Diversos espirógrafos se han fabricado en muchos países; los coeficientes de volumen y de tiempo varían de un aparato a otro (de donde depende la diferencia de aspecto visual de los trazos). Lo que sí es importante es utilizar únicamente aparatos fabricados especialmente para la medida de la ventilación. Las válvulas deben oponer a la corriente aérea una resistencia mínima, para que el registro sea fiel. El ciclindro registrador del aparato "Kymógrafo" debe tener 2 ó 3 velocidades de rotación. La velocidad rápida es indispensable para el registro de las pruebas dinámicas. Una tercera velocidad intermedia, es muy útil para registros de 15 segundos sin acabalgamiento de trazos en un pequeño espacio.

Hay dos clases de espirómetros para circuito cerrado, difieren en tamaño, de 9 litros y de 13.5 litros. El espirómetro más grande ofrece la ventaja de los movimientos más amplios.

La medida de la capacidad vital debe ser evaluada comparándola con los datos normales para cada grupo de edades (con relación al peso y la altura del individuo) o con los datos derivados de la fórmula siguiente:

CAPACIDAD VITAL

Basada en:	Hombres	Mujeres
Superficie, (derivada de peso y altura)	2.5 Lts. x m ²	2.0 Lts. x m ²
Altura y edad	27.63 - (0.112 x edad) x (h. en cm.)	21.78 - (0.101 x edad) x (h. en cm.)

Estas fórmulas son aplicables solo a los adultos.

Técnicas para ejecutarla

✓ Se comienza el registro espirográfico, bien al final de una inspiración normal o bien al final de la expiración, poniendo el operador toda la atención en los movimientos del paciente y conduciéndolo en forma tal, que pueda producir la mayor expansión del tórax con la ayuda de todos los músculos tóxicos, haciendo movimientos: flexión en la expiración y la extensión en la inspiración. Los gestos del sujeto darán una buena pauta cuando hace la mayor expiración, cuando las yugulares se tornan ingurgitadas y la cara cianótica. En el sexo masculino es fácil verificar la prueba con el torso desnudo, para mejorar las pruebas, practicar de 3 a 5 intentos, cuando el sujeto demuestra fatiga o mala voluntad, suspender la prueba. Comenzar por la expiración lentamente cuando se practica en los enfisematosos, en los cuales da siempre un registro incompleto

movimientos

cuando se comienza por la expiración, dado que el trazo de esta última es siempre muy pequeño y no les favorece la inspiración. Este trazo debe ser sin escalas, y debe tomarse como mejor él de mayor amplitud. (ver espirograma)

Capacidad ventilatoria máxima

Entre las pruebas que requieren mayor entrenamiento por parte del paciente, esté la de medir la función ventilatoria con gran amplitud y a gran velocidad.

Se denomina capacidad ventilatoria máxima, al volumen de gas que un sujeto puede hacer circular por sus pulmones, respirando lo más profundo que pueda y a la mayor velocidad posible en tiempo dado, generalmente un minuto.

De hecho, la capacidad ventilatoria máxima traduce una reserva ventilatoria que puede ser considerada como un índice respiratorio, medido en un minuto, aunque la prueba se verifica en tiempo mucho menor, sea en 12, 15 ó 20 segundos, que multiplicados por 5, 4 ó 3 nos da el producto de la función pulmonar en un minuto.

Las razones por qué la prueba se verifica en este tiempo, es fácil comprenderla cuando se presencia, y se ve al paciente rendirse fácilmente, por razones de que la rapidez de la respiración, lo hace expulsar una gran cantidad de CO_2 reduciendo la consiguiente acapnia, pérdida de la conciencia. La misma excitación de los bronquios en forma tan inesperada hacen que luego por razones fisiológicas, entren en espasmo y luego la falta de ventilación. Otra razón es que por ser una prueba en

la que se pide gran distensión de los pulmones con gran velocidad, puede producir sangramiento en los pacientes con historia de hemoptisis anteriores.

Esta prueba que es una derivada de la capacidad vital, debe de ser explicada por el médico técnico, incluso por un paciente que haya pasado con éxito el experimento; otra condición es recordar que en esta prueba, por ser tan exhaustiva, debe de darse reposo al paciente entre cada período, tomando en cuenta que los fracasos producidos al final, resultan dentro de un marco del 20% de los valores técnicos, significando esto dos razones: bien que el paciente no entendió la prueba y no cumplió el cometido en toda su extensión, o que físicamente le fue imposible producir mejores resultados.

No olvidemos que el entrenamiento del paciente conduce en muchas ocasiones a mejores valores y por consiguiente, no debe contentarse el investigador con una o dos pruebas en que los registros no son satisfactorios según reglas que veremos adelante.

Para calcular la prueba de la ventilación máxima se procede sobre el registro midiendo la amplitud, que se multiplica por la frecuencia en el tiempo deseado, se multiplica nuevamente por 3, 4 ó 5 para obtener la Capacidad Máxima Respiratoria. Hay un criterio para juzgar si una Capacidad Máxima ha sido bien realizada y es que la amplitud del trazado debe alcanzar aproximadamente $2/3$ de la C.V.

Capacidad Vital Cronometrada

Hemos analizado como primeras fases de la función

pulmonar dos de ellas; la primera, la Capacidad Vital y la segunda la Ventilación Máxima. Ahora trataremos de la modificación de la Capacidad Vital, que ha recibido muchas denominaciones en las que encontramos sugestivas como CAPACIDAD VITAL CONTROLADA, CAPACIDAD CROMOTERAPIA - PRUEBA DE TIFFENEAU y PRUEBA DE LA EXPIRACION FORZADA.

Aunque a Strol se atribuye haber determinado la parte útil de la capacidad vital en 1919, fue Tiffeneau con Pinelli en 1947 que apreciaron la parte útil de la capacidad vital y la consideraron como índice de reserva. Ha habido discusión sobre el porcentaje que representa este índice con relación a la capacidad vital, considerándolo según los diferentes autores, encontrándose variaciones que oscilan entre el 80 y el 90% después del primer segundo.

Un dato muy sugestivo de esta prueba lo encontramos en los trazos de los enfisematosos y en los asmáticos aunque en el fondo el caso es igual, no cuando el enfisema tiene fondo asmático. Explicando: el enfisematoso nos da siempre la misma inscripción, no sucede lo mismo que en el asmático, que da resultados variables esperográficos de un día para otro y hasta en el mismo día.

No he olvidado los trazos producidos por TRASTORNOS RESTRICTIVOS y por TRASTORNOS OBSTRUCTIVOS en los que la clasificación expirográfica es muy franca.

En el primer grupo el espirograma es cualitativamente normal, es un espirograma en pequeño, en el que encontramos una reducción armoniosa de los componentes. Conservando débito

espiratorio rápido, dando por consiguiente en el curso del primer segundo, una expiración del 70 al 85% de la capacidad vital, según la edad del sujeto.

Trastornos obstructivos

En esta ocasión el espirograma es típico. Hemos hablado con anterioridad de los enfisematosos en los cuales la expiración rápida es el problema de los pacientes, de hecho el espirograma es normal con una lentitud en la expiración, según el grado de enfisema, sospechándose tal cosa cuando la relación con la C.V. es inferior a un 70% (Además la capacidad vital es disminuida).

Por radioscopia apreciamos que la luminosidad espiratoria es acentuada, por el contrario el obscurecimiento espiratorio, es acentuada en los trastornos restrictivos; por consiguiente el volumen residual y la capacidad residual funcional, están muy aumentados. Analizando los dos espirogramas en la prueba de TIFFENEAU encontramos que los trastornos restrictivos, hay una limitación de la capacidad vital, pero con una expiración rápida, el espirograma de los trastornos obstructivos nos dá una capacidad vital prácticamente no limitada; pero con una expiración lenta.

Técnica de ejecución

Se trata de pedirles una inspiración amplia, tanto como les sea posible.

Al final de la inspiración forzada se le pide una apnea de un segundo, mientras se cambia la velocidad del cilindro a la más rápida, inmediatamente el operador ordena, con una sola

palabra, la espiración forzada; el paciente debe espirar profundamente, empleando como en otras pruebas, la musculatura torácica. No es raro que la primera prueba sea un fracaso, o si el trazo no tiene una apariencia regular podemos verificar otro para hacer el estudio comparativo y además explicar al paciente cuáles son los tiempos en los cuales no puso toda la cooperación. ✓

Caracteres de la curva

La amplitud total debe ser muy próxima a la de la capacidad vital, el tiempo de apnea inspiratoria forzada debe ser una recta que sobrepase un segundo, la curva debe ser regularmente progresiva, no debe tener ondulaciones secundarias, la experiencia nos dará la observación necesaria para despreciar las curvas no satisfactorias.

VARIANTES

	Normal	Est. Mitral	Insuf. Restric.	Insuf. Obstr.
C.V. % del total	87-93-97	68-82-90	82-93-87	39-51-64
C.V. % de teórica	100	68	39	66
Vol. Residual % de teórica	100	145	60	257
Cap. Total % de Teórica	100	88	46	119
Vol. Residual % de Cap. Total	20.30	38.	32	62

INTERPRETACION DE UN ESPIROGRAMA

Una vez terminados los trazos y reunan las condiciones siguientes:

- 1) Buena regularidad de la frecuencia

2) Regularidad de la amplitud o volumen corriente

3) Estabilidad de las puntas de la expiración que no

separen sensiblemente la línea de base, y presenten un aspecto constantemente regular, la experiencia nos dará, de una sola vista, cuándo un espirograma reúne las condiciones enumeradas. Hecho esto es fácil hacer la interpretación de los datos aportados en el registro.

Los papeles de registro presentan un rayado especial en el sentido longitudinal y transversal, sea en minutos o segundos, ocupándose los segundos para las velocidades menores y los minutos para las velocidades rápidas, estando marcadas las distancias por líneas verticales que a su vez representan volúmenes generalmente divididas en litros por líneas horizontales. Las líneas horizontales o ejes de tiempo, tienen sus divisiones de acuerdo con una longitud dada tanto como para velocidades bajas como para altas. En nuestro caso el papel de registro, las divisiones son de 30 milímetros para cada minuto. Las líneas verticales o ejes de volumen están escalonados siempre bajo una constante, generalmente:

1 litro = 50 mm. de donde,

1 mm. = 20 cm.³, = 0.02 de litro por consiguiente:

la constante será de 0.02. <

Con estos datos es fácil hacer los cálculos de la ventilación.

< Primero hacemos el trazo de línea de base que toca las puntas de las expiraciones, línea que debe de hacerse en toda la longitud del espirograma, después practicamos varios trazos

generalmente tres sobre las puntas de las inspiraciones, que sean paralelos a la línea de base, segmentos que no deben ser menores de un minuto en longitud, luego se marcan distancias exactas de un minuto sobre dichos segmentos, procediendo a contar el número de puntas de las inspiraciones o sea la FRECUENCIA VENTILATORIA, el primer dato en la interpretación de un espirograma.

El segundo paso es trazar una línea paralela al eje de los volúmenes y que corta las dos paralelas en cualquiera de los segmentos tomados como base, la medida de esta línea comprendida entre las dos paralelas y multiplicada por la constante de los volúmenes, nos dará EL VOLUMEN CORRIENTE, que es el segundo dato del espirograma. El volumen corriente normal es más o menos 500 cm.³

El tercer paso consiste en medir cada uno de los ciclos ventilatorios y sumarlos procediendo después a multiplicar esta suma por la constante ya mencionada, este dato suministrado por la longitud de los ciclos en milímetros multiplicado por la constante nos dará la VENTILACION.

Tenemos ya tres factores:

- 1o. FRECUENCIA VENTILATORIA
- 2o. VOLUMEN CORRIENTE
- 3o. VENTILACION MINUTO.

Consumo de oxígeno por minuto

Este nuevo factor lo encontramos de la siguiente manera:

En el espirograma trazamos una línea horizontal paralela al eje del tiempo, que corte la línea de base cerca de su origen

en uno de los segmentos, sobre esta línea medimos 3 minutos que para nuestro papel de registro son 90 mm. Luego elevamos una línea paralela al eje de los volúmenes a partir de los 90 mm. y que corte la línea de base, la medida de la línea comprendida entre su origen y la línea de base multiplicado por la constante, nos dará el gasto de oxígeno en 3 minutos que dividido entre 3 nos dará el consumo de oxígeno por minuto, este dato puede verificarse también midiendo directamente la cantidad consumida en un minuto pero para mayor precisión lo verificamos en tres minutos.

RESERVAS DE VENTILACION

La reserva respiratoria se acostumbra a expresarla por la diferencia entre la CAPACIDAD RESPIRATORIA MAXIMA y la CAPACIDAD RESPIRATORIA MINIMA o sea la ventilación por minuto, en esa forma la mayoría de autores expresan las reservas respiratorias, dejando esta diferencia grandes oscilaciones ya que en reposo y en sujeto sano encontramos las siguientes cifras:

Hombre 105 a 170 litros por minuto

Mujeres 70 a 135 litros

Dando límites muy amplios y con la necesidad de calcular las cifras teóricas.

Ha sido Cournand quien ha hecho una nueva fórmula que nos da una mejor medida de la reserva funcional ventilatoria, dándonos a conocer una relación porcentual de la ventilación con la capacidad máxima por ventilar. Tiene la ventaja de que los límites de estos datos son muy estrechos, permitiendo naturalmente una mejor valoración por razones de porcentaje. Nos da

cifras que en individuos normales varían entre el 90 y el 95 por ciento, independientemente de datos como sexos, edad, talla y peso.

La fórmula se expresa de la siguiente manera:

$$\text{RESERVA RESPIRATORIA} = \frac{\text{C.R.M.} - \text{Ventilación}}{\text{C.R.M.}} - 100$$

Los elementos de esta fórmula son: Ventilación pulmonar por minuto, capacidad respiratoria máxima y la diferencia entre ambas relacionadas en porcentaje, considerando su autor que son fiel expresión de la magnitud de reserva ventilatoria.

Equivalente de Ventilación

Se define como EQUIVALENTE DE VENTILACION la cantidad de aire que debe ventilar un sujeto para consumir un litro de oxígeno.

Se calcula dicho equivalente relacionando el consumo mínimo de aire por minuto con el consumo de oxígeno por minuto, de estos datos se deducen otros como el reducir la cantidad ventilada para extraer 100 cm³ de oxígeno, de donde la fórmula siguiente:

$$\text{Equivalente de ventilación} = \frac{\text{Ventilación}}{(\text{Consumo O}_2 \text{ x minuto}) \times 10}$$

V

BRONCOPNEUMOMETRIA

⤵ Todas las pruebas enunciadas en los capítulos anteriores son la base o fundamento con que se inició el estudio de la función de los pulmones por separado. Por medio de las presentes pruebas conocemos la función global de la capacidad respiratoria pero desconocemos el valor funcional de cada uno de los pulmones

por sí mismo.

Al principio del presente trabajo dijimos cual ha sido la necesidad de valorar el trabajo del cirujano antes y después de cada intervención y todavía más, evitar el riesgo que significa para el paciente sea la colapsoterapia o la exéresis, y para el cirujano el factor fracaso cuando en realidad la causa fue no prever las condiciones fisiológicas del paciente.

Los primeros investigadores, en 1939 (JACOBBAUS, FRENCKER y BJORKMAN) originalmente iniciaron los estudios registrando por separado la participación de cada pulmón en la función respiratoria, haciendo uso de un broncoscopio que primero introducían en un bronquio primario, y después en el otro midiendo en cada pulmón la función respiratoria, aunque en Francia G.H. Roger en 1932 en Tratado de Fisiología Respiratoria no menciona nada sobre broncoscopia, creando así la broncoespirometría sucesiva, que presentó la desventaja de una prueba de larga duración y de falsos resultados, pero fue el inicio de una nueva era en pruebas funcionales pulmonares.

Más tarde Bjorkman simplificó el procedimiento usando un broncoscopio doble.

En 1939 aparece en los Estados Unidos P. Gebauer con modificación radical del procedimiento, empleando una sonda ideada por él, que lleva su nombre, que era prácticamente un broncoscopio flexible, además describe un aparato inscriptor que él utiliza.

En 1943, Arnaud Tolou y Meigot también describe un nuevo tipo de sonda con la que aconseja el bloqueo de uno de los principales bronquios durante el estudio broncoespirométrico con la

desventaja que el consumo de oxígeno de uno de los pulmones no puede ser medido, con el consiguiente aumento de oxígeno del pulmón bloqueado. También se ha demostrado el desvío del mediastino hacia el lado que se ha ocluido, fuera de que causa también alteraciones en el mecanismo de la respiración, demostrado con el aumento de la capacidad vital en el lado que no está bloqueado; por consiguiente es un método no satisfactorio para demostrar la función de uno con el otro pulmón. <

INDICACIONES

Antes de hablar de las indicaciones diremos que la broncoespirometría es un examen más, para tener condiciones más claras de la función respiratoria de cada pulmón pero separada y simultáneamente.

Es un examen que complementa la determinación de la función respiratoria global y que se considera esta última como tomada en condiciones fisiológicas muy próximas a las normales, y por consiguiente nos sirve como un medio de comparación para valorar en términos de porcentaje la función que corresponde a cada uno de los pulmones.

La broncoespirometría por ser un examen eminentemente de paciencia por parte del médico, sin menospreciar la parte técnica y habilidad requeridas, debe tener indicaciones precisas.

1o.- Todo paciente que sea candidato a colapso quirúrgico o exéresis se impone el examen de los pulmones por separado, considerando las sorpresas que se encuentran en el post-operatorio, como consecuencia de los diagnósticos hechos únicamente en base de la radiología.

2o.- Siempre que sea necesario saber con cuánto contribuye

cada pulmón en la función respiratoria.

CONTRAINDICACIONES

- 1 - Tráqueo-bronquitis ulcerativa
- 2 - Todo paciente que haya tenido hemoptisis dentro de los 15 días anteriores y que sean afectos de tuberculosis pulmonar
- 3 - Deformaciones traqueobronquiales
- 4 - Estenosis del bronquio principal izquierdo
- 5 - Cuando es imposible controlar la espectoración, principalmente en los bronquiectásicos
- 6 - En los pacientes con disnea, que hace difícil el examen
- 7 - En casos de tos incontrolable
- 8 - Casos de cardiopatía descompensable
- 9 - Pacientes con intolerancia a los anestésicos
- 10 - Edema de la glotis
- 11 - Laringitis con disfonía.

Ahora bien, hay condiciones en las cuales se puede estimar no necesaria la broncoespirometría cuando se reconoce tanto flouroscópicamente parálisis del diafragma o por una paquipleuritis extensa con gran rigidez en las que las cifras reveladas por el examen global demuestran que toda la función se debe exclusivamente al pulmón en función, y que el lado sospechoso prácticamente no tiene ninguna función. Por consiguiente el pulmón sospechoso no producirá ningún déficit en la ventilación.

Técnica de ejecución

La broncoespirometría es una prueba que está lejos de ser sencilla en la que el operador demuestra sus capacidades de paciencia y habilidad, se supone que siempre los pacientes que

serán sometidos a tal examen son pacientes a los que se ha fatigado con anterioridad con otras pruebas y que han demostrado su buena cooperación o el desprecio o al menos indiferencia para tales momentos. Debemos recordar que todos los pacientes en los que intentaremos una broncoespirometría deben rigurosamente tener una espirometría global muy bien practicada.

La noche antes de la prueba sedaremos a nuestro paciente con cualquier barbitúrico de acción larga, en la mañana siguiente, media hora antes de la intervención, inyectamos atropina $\frac{1}{2}$ miligramo o zetalcaloide A que es el que ha empleado con vistas a disminuir la secreción de las vías respiratorias.

Procedimiento

Media hora después comenzamos la anestesia tópica en la que empleamos xilocaína al uno por ciento comenzando por la base de la lengua, los pilares anteriores la orofaringe con un pulverizador manual gastando unos 2 centímetros en esta operación, después pedimos al paciente que se tire la lengua con una gaceta y mediante un espejo laringe-geringa con una cánula-laringe instalamos unas gotas sobre la epiglotis, hacemos presión sobre ella, arrecostamos sobre la base la lengua e instalando gotas de anésthico sobre las cuerdas bucales, mientras el sujeto pronuncia la letra e, los gargarismos sin molestias nos darán el punto de anestesia.

Luego damos anestesia en una de las fosas nasales y procedemos a introducir una sonda Melaton a posar por la orofaringe y conducida por medio del espejo hacia la glotis la cual atravesamos unos cinco centímetros e inyectamos dos centímetros de silocaína inclinando el enfermo hacia el lado izquierdo para que la anestesia se conduzca sobre el bronquio izquierdo, la razón

de anestesiar el bronquio izquierdo es porque todos los catéteres con los cuales se trabaja actualmente, ZAVOD, GEBAUER y CARLENS, se introducen en el bronquio izquierdo. ✓

En el presente trabajo empleamos catéteres de ZAVOD en varias ocasiones y CARLENS en otras.

La introducción de la sonda de ZAVOD puede hacerse mediante un laringoscopio sin mayores dificultades, cuando se ha practicado lo necesario. El catéter de Carlens presenta una dificultad seria que es el gancho que descansará sobre el espolón, este gancho debe ser obligado mediante un hilo sin nudo para el paso de la glotis, después de lo cual retiramos el hilo e introducimos el catéter lentamente hasta cerca del espolón, de donde es conducido mediante fluoroscopia hasta su situación en el bronquio izquierdo; iniciamos las pruebas con el paciente sentado, en un tiempo que no debe durar más de siete u ocho minutos. Debe tenerse especial cuidado en retirar las secreciones que obstruyen los tubulares, inmediatamente procedemos a inflar los manguitos traqueal y bronquial a presiones de unos 90 milímetros de Hg.

El resto de la operación se practica como una espirometría corriente. ✓

VI

REPORTE ESPIROMETRICO Y BRONCOESPIROMETRICO EN PACIENTES AFECTOS DE TUBERCULOSIS PULMONAR

Los pacientes del presente cuadro fueron tomados entre pacientes candidatos a cirugía en el Sanatorio Nacional.

Se escogió a ellos no por razones de tiempo, de sexo ni

por la calidad de lesiones, sino porque ellos podían cooperar con la mayor cantidad de sangre que para el caso era necesario y que también aceptaron la cirugía.

Paciente	Edad en años	R.I	R.E.	C.V. % teórica	C. V. Teórica	C. R. M.
1	32	540	-	230 %	2950	12.600
2	30	800	400	43	3100	21.500
3	24	1240 1	980	86 ✓	3240	104.500 ✓
4	50	1100	340	51	4200	40.000
5	30	700	260	44	3330	28.800
6	35	480	260	40	2940	?
7	24	1040 3	800 2	87 ✓	2400	75.500 <
8	16	480	400	50	3000	-
9	49	1228 2	640 3	76 ✓	3100	-
10	23	1000	480	54	3608	36.100 (

R.I Reserva inspiratoria
 R.E. Reserva espiratoria
 C.V.% Capacidad Vital % de la Teórica.

C.V. Teórica Capacidad Vital Teórica
 C.R.M. Capacidad Respiratoria Máxima.

3 de los pacientes eran los que podían ser operados por buenas reservas, faltando la broncoespirometría para apreciar el % de cada pulmón.

VII

CONCLUSIONES

Aunque el número de casos no es para hacer conclusiones, ha sido el objeto demostrar someramente que las indicaciones operatorias deben ser hechas en base a la fisiología después de la indicación clínica, máxime cuando las lesiones iniciales son extensas, y después de cierto tiempo de tratamiento el estado pulmonar ha mejorado grandemente, quedando lesiones residuales localizadas y la cirugía puede verificar el caso.

En nuestros centros de tratamiento casi siempre se llega a esta situación para someterlos a la cirugía, pero si bien las lesiones no dañaron la función pulmonar en forma apreciable las intervenciones dejaron un daño irreparable haciendo del paciente un caso de invalidez, lo cual habría sido demostrado con un estudio funcional previo.

Cuando la espirometría demuestra que las reservas son buenas, nos queda la duda de que el tejido se va a resecar es o no funcional, en este caso practicamos la broncoespirometría para salvar nuestra duda y poder indicar la intervención que no menoscabará aún más la función pulmonar.

En el caso de nuestros pacientes hemos visto que la simple espirometría demostró que no deben ser intervenidos por encontrarse la función pulmonar en límites inferiores de un 60% solo en los casos jóvenes con lesiones de evolución menores de un año el panorama es favorable y pueden ser intervenidos.

En otros casos se ha comprobado que la función pulmonar está dentro de límites operables pero la broncoespirometría demostró que lo que se piensa fuera de ventilación coopera con

un margen, que al suprimirlo llevaría al paciente a una insuficiencia ventilatoria que contra-indica la cirugía.

Por consiguiente debe ser imprescindible el estudio de la función pulmonar en todos los enfermos crónicos antes de someterlos a una intervención quirúrgica pulmonar. (

BIBLIOGRAFIA

- CARDIOPULMONARY HEMODYNAMICS OF CHRONIC LUNG DISEASE, por Carsten Müller, edición de Oslo University Press, 1959.
- CLINICA DEL APARATO RESPIRATORIO, por el Dr. Miguel Jiménez, editorial Herrero, 1954.
- PULMONARY FUNCTION TESTING, por George R. Meneely, M.D. volumen XXXI. No. 2 (pág. 125), órgano de American College Chest Physicians, 1957.
- LA EXPLORACION DE LA FUNCION PULMONAR, por el Dr. J. García Ramos, Boletín del Instituto Nacional de Neumología de México, Año VI. No. 3, edición 1961, pág. 85.
- RESECCION PULMONAR EN TUBERCULOSIS, por el Dr. José Ramírez Gama, edición de The University Society Mexicana, S.A., 1958.
- AIDE-MEMOIRE POUR LA PRACTIQUE DE L, EXAMEN DE LA FONCTION VENTILATOIRE PARA LA SPIROGRAPHIE, por Mile D. Jouasset, Colección No.2, edición de Services Des Publications Des Communautés Europeenes, 1961.
- LE CATHETERISME BRONCHIQUE, por los Doctores H. Metras y J. Charpin, Edición de Vigot Freres, 1953.
- TRAITE DE PHYSIOLOGIE NORMALE ET PATHOLOGIQUE, por G.H. Roger y Leon Binet, edición de Masson Et Cie., 1934.
- RESPIRATION PHYSIOLOGIC, por H. Rossier, A.A. Bühlmann y K. Wiesinger; edición de The C.B. Mosby Company, 1960.
- EFFECTOS DEL TRATAMIENTO QUIRURGICO DE LESIONES PULMONARES SOBRE LA FUNCION VENTILATORIA, por el Dr. Enrique Arce Gómez y Q.B. Eñesa Madrid, Boletín del Instituto Nacional de Neumología de México, Año VII, No. 2, pág 37, año 1962.
- LA CAPACIDAD VITAL DE 3 SEGUNDOS EN EL ESTUDIO FUNCIONAL DEL PULMON, por los Dres. Fernando Katz y Enrique Staines; Revista Mexicana de Tuberculosis y Aparato Respiratorio, órgano oficial de la Sociedad Mexicana de Estudios sobre Tuberculosis y Enfermedades del Aparato Respiratorio, Tomo XVI, No. 6, 1955, pág. 637.
- ESPIROGRAMA NORMAL, por el Dr. José Ma. Manzanares, Revista Española de Tuberculosis, año XXVIII, No. 288, edición 1959, pág. 111.
- FUNCION PULMONAR.- II INTERPRETACION DE LOS RESULTADOS DE LAS PRUEBAS MAS USUALES, por el Dr. Enrique Staines, Revista Mexicana de Tuberculosis y Aparato Respiratorio, pág. 12, Tomo XVI, número 1. 1955.