

MANUAL DE ENTRENAMIENTO

EN ESPIROMETRÍA

Febrero 2005

Preparado por el Departamento de Fisiopatología de la Asociación Latinoamericana del Tórax y miembros del Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias de México y del proyecto PLATINO.

PRINCIPAL RESPONSABLE:

Dr. Rogelio Pérez Padilla, Investigador del Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias de México, Director del Departamento de Fisiopatología de ALAT.

COLABORADORES:

Dra. Adriana Muiño

Dra. María Nelly Márquez

Escuela Universitaria de Tecnología Médica, Facultad de Medicina, Universidad de la República, Montevideo Uruguay

Dr. Hernando Sala Romanó

Vice Director del Departamento de Fisiopatología de ALAT, Coordinador de Docencia e Investigación, Hospital Nacional Universitario Alejandro Posadas, Buenos Aires, Argentina

Dr. Juan Carlos Vázquez

Jefe del Departamento de Fisiología del Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias de México.

DOCENTES:

Dr. Juan Carlos Vázquez

Dr. Luis Torre, Dra. Sonia Meza

Dr. Rogelio Pérez Padilla



ÍNDICE

OBJETIVOS DEL MANUAL DEL CURSO DE ENTRENAMIENTO EN ESPIROMETRÍA, ALAT, SMNCT.	5
PROYECTO DE DESARROLLO ESPIROMÉTRICO EN LATINOAMÉRICA	6
ESTRUCTURA Y FUNCIÓN RESPIRATORIA DR. JUAN CARLOS VÁZQUEZ	7
2. INTRODUCCION A LA ESPIROMETRÍA	15
3. LA ESPIRACIÓN FORZADA Y LA LIMITACIÓN DEL FLUJO: DR. HERNANDO SALA ROMANÓ	19
4. ESTANDARIZACIÓN DE LA ESPIROMETRÍA	25
5. ESPIRÓMETROS	29
6. SITIO Y EQUIPAMIENTO PARA UN LABORATORIO DE ESPIROMETRÍA	39
7. MANIOBRA ESPIROMETRICA O DE FVC	43
ANEXO 1.	
 CUESTIONARIO DE ESPIROMETRÍA	50
ANEXO 2.	
 LISTA DE MEDICAMENTOS BRONCODILATADORES DISPONIBLES EN MÉXICO	51
8. GRÁFICAS VOLUMEN-TIEMPO Y FLUJO-VOLUMEN	53
9. CRITERIOS DE ACEPTABILIDAD Y REPETIBILIDAD	57
10. FLUJOMETRÍA, MEDICIÓN DEL FLUJO ESPIRATORIO MÁXIMO	73
11. VALORES DE REFERENCIA EN ESPIROMETRIA	79
12. INTERPRETACIÓN DE LA ESPIROMETRÍA	85
13. RECOMENDACIONES PARA LOS ESPIROMETROS DE CONSULTORIO	95
14. LA ESPIROMETRIA EN NIÑOS, ANCIANOS Y CIRCUNSTANCIAS ESPECIALES DRA. ADRIANA MUIÑO Y DRA. MARÍA NELLY MÁRQUEZ	105
15. CONTROL DE CALIDAD EN ESPIROMETRÍA POR ROGELIO PÉREZ PADILLA	111
16. LOS RIESGOS A LA SALUD EN LOS LABORATORIOS DE FUNCIÓN RESPIRATORIA Y SU PREVENCIÓN	119

ANEXO 1.	
CALIDAD ESPIROMETRICA VISUAL	123
ANEXO 2.	
CRITERIOS DE ACEPTABILIDAD Y REPETIBILIDAD	124
ANEXO 3.	
GLOSARIO	125
ANEXOS	
PARA ENTRENADORES EN ESPIROMETRÍA Y DIRECTORES DE	
LABORATORIO	128
FACTOR BTPS A DIFERENTES PRESIONES BAROMÉTRICAS	
Y TEMPERATURAS	135
VALORES DE REFERENCIA PARA ESPIROMETRÍA EN	
ADULTOS (20-70 AÑOS) MÉXICO	136
ECUACIONES DE REGRESIÓN EN NIÑOS (7-20 AÑOS) PARA LAS	
PRINCIPALES VARIABLES ESPIROMÉTRICAS OBTENIDAS DEL ESTUDIO	
(SOLO SUJETOS NORMALES)	137
VALORES PREDICHOS POR PÉREZ PADILLA Y COLS	
PARA FEV1 HOMBRES	138
VALORES PREDICHOS POR PÉREZ PADILLA Y COLS	
PARA FVC HOMBRES	139
VALORES PREDICHOS POR PÉREZ PADILLA Y COLS	
PARA FEV1/FVC	140
VALORES BRASILEÑOS (PEREIRA CAC, BARRETO SP, SIMÕES JG,	
PEREIRA FWL, GERSTLER JG, NAKATANI, J. VALORES DE	
REFERENCIA PARA ESPIROMETRIA EM UMA AMOSTRA DA	
POPULAÇÃO BRASILEIRA ADULTA. J PNEUMOL 1992; 18:10-22.)	141
VALORES DE REFERENCIA EN NIÑOS Y ADOLESCENTES MEXICANOS	
ENTRE 8 Y 20 AÑOS, 110 CM Y 190 CM (VARONES) Y 110-180	
(MUJERES)	142
VALORES DE REFERENCIA NHANES, PARA MUJERES,	
MEXICOAMERICANAS	144
VALORES DE REFERENCIA NHANES EN POBLACIÓN	
MEXICOAMERICANA VARONES	146
VALORES DE REFERENCIA PLATINO PARA HOMBRES	148
VALORES DE REFERENCIA PLATINO PARA MUJERES	151
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS:	157

OBJETIVOS DEL MANUAL DEL CURSO DE ENTRENAMIENTO EN ESPIROMETRÍA, ALAT, SMNCT.

El manual es material didáctico para el curso de entrenamiento de ALAT, tanto a técnicos como a instructores y es parte del proyecto de desarrollo espirométrico en Latinoamérica, proyecto oficial de ALAT. La mayor parte del material fue escrita por el Dr. Rogelio Pérez Padilla para los cursos de espirometría realizados en México siguiendo los lineamientos de la NIOSH auspiciados tanto por el Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias de México, como por la Sociedad Mexicana de Neumología y Cirugía de Tórax y más recientemente por la ALAT.

Es un manual con los fundamentos teóricos de la prueba y ejercicios para mediciones manuales en curvas volumen tiempo, siguiendo las recomendaciones de NIOSH. Se enfoca de manera importante en el control de calidad, y aprovecha la experiencia del proyecto PLATINO, realizado en 5 ciudades latinoamericanas en donde se realizaron más de 5000 espirometrías con un estricto control de calidad.

Que es un curso de espirometría aprobado por NIOSH?

NIOSH aprueba cursos de espirometría para certificar técnicos de espirometría en el ambiente ocupacional siguiendo los lineamientos del Cotton Dust Standard promulgado por Occupational Safety and Health Administration (OSHA). Los estándares se han aceptado por industrias adicionales a las del algodón y se han generalizado en Estados Unidos. Los cursos aprobados llenan los mínimos requisitos de NIOSH-OSHA y no se requieren cursos adicionales. Los estándares requieren un entrenamiento mínimo de 16 horas, con los siguientes lineamientos.

- a) Entrenamiento de aproximadamente 16 horas cubriendo los siguientes temas.
- b) Fisiología de la espiración forzada y determinantes de la limitación al flujo con énfasis en la relación con la reproducibilidad de resultados.
- c) Requerimientos de instrumentación, incluyendo procedimientos de calibración, fuentes de error y su corrección.
- d) Realización de la medición, incluyendo la asesoría, reconocimiento de maniobras inadecuadas y su corrección.
- e) Calidad de los datos con énfasis en la reproducibilidad.
- f) Uso práctico de los equipos con supervisión.
- g) Medición de los trazos y cálculo manual de resultados.

El curso en México fue aprobado en 1996 y se han desarrollado hasta 2004 aproximadamente 40 cursos con más de 800 egresados. En estos cursos han participado como docentes los Dres. Juan Carlos Vázquez, Justino Regalado, Alejandra Ramírez, Sonia Meza, Teresa Fortoul, Luis Torre, Georgina Chi-Lem y Raúl Sansores quienes han aportado a la experiencia del curso y del material didáctico. El curso NIOSH **no es requerido** por Ley en México pero cada vez más popular y solicitado por empresas. Puede considerarse un curso **básico o mínimo** teórico práctico para técnicos, centrado en la estandarización (control de calidad). Por otro lado no es un curso de interpretación o uso clínico de la prueba para médicos ni tampoco un curso de fisiología avanzada relacionada con la espiración forzada. Es importante recalcar que en 16 horas no se forma de manera completa a los técnicos (falta la experiencia).

PROYECTO DE DESARROLLO ESPIROMÉTRICO EN LATINOAMÉRICA

Proyecto oficial ALAT

Compromiso de instructores certificados:

Reproducir el curso una vez al año.

Sostener la metodología y materiales con MINIMOS cambios.

Reportar a los estudiantes certificados.

Apegarse al proceso de certificación que ALAT determine.

Participar en reuniones de seguimiento del programa asistiendo a reuniones de ALAT o por vía electrónica.

Participar en la mejora del curso.

Pendiente corregir índice.

ESTRUCTURA Y FUNCIÓN RESPIRATORIA

DR. JUAN CARLOS VÁZQUEZ

Todas las especies vivas han evolucionado cuidadosamente para adaptarse en tiempo y espacio al medio que las rodea. La forma y anatomía de plantas y animales representa una adaptación física al espacio, de tal suerte que la forma es una adaptación funcional al medio que nos rodea. El sistema respiratorio no es la excepción y representa un diseño altamente especializado para el intercambio de gases, principalmente oxígeno (O_2) y bióxido de carbono (CO_2) entre la atmósfera y la sangre. El sistema respiratorio está compuesto por tres componentes principales: 1) una vía de conducción del aire desde el medio externo hasta las zonas pulmonares y esta compuesta por la nariz y el resto de la vía aérea superior hasta los bronquiolos terminales; 2) una área de intercambio gaseoso conformada principalmente por las unidades alveolo-capilares, y 3) un sistema motor encargado de ejecutar la mecánica respiratoria y que está compuesto por la caja torácica con sus componentes óseos y los músculos de la respiración.

VÍA AÉREA

La vía aérea superior inicia en la nariz cuya estructura interna está dividida a la mitad por el tabique nasal. Cada segmento lateral está dividido por tres estructuras adicionales llamada cornetes o turbinas cuya principal función es ampliar la zona de contacto entre la mucosa y el aire. Esto permite que se complete la función nasal que es conducir el aire mientras es filtrado, humedecido y calentado. El proceso de filtración es un mecanismo de defensa eficiente y no permite pasar partículas mayores a 10 μ m. La mucosa nasal es ricamente vascularizada, esto facilita el calentamiento y la humidificación del aire antes de llegar a la vía aérea inferior. La estructura y función nasal tiene un costo en resistencia al paso del aire; casi la mitad de la resistencia respiratoria total se puede localizar en la nariz y es substancialmente menor a la resistencia de la boca. Por esta razón en situaciones en las que la vía aérea nasal es insuficiente, como sucede durante el ejercicio o en la insuficiencia respiratoria se abre la boca para respirar. En la nariz los componentes nasales óseos y cartilagosos, los cornetes y el paladar duro, constituyen un soporte firme para mantenerla permeable. Por el contrario la faringe está sostenida sólo por tejidos blandos y es una vía común para funciones digestivas, respiratorias y de fonación. La vía aérea superior concluye en la laringe también sostenida por estructura rígidas de tipo cartilagosas. La epiglotis cubre las cuerdas vocales y la vía aérea inferior. El control de la respiración permite la apertura o cierre de la glotis durante la respiración y en coordinación con la deglución y otros reflejos.



Figura 1.1. Corte sagital de cara y cráneo. Se ilustra la vía aérea superior en sus segmentos de nariz, faringe y laringe.

La vía aérea inferior inicia con la tráquea que da origen a la generaciones subsecuentes de bronquios (Figura 2). La tráquea, al igual que el resto de la vía aérea, se divide de manera dicotómica asimétrica, dando origen a los bronquios principales que se consideran la primera generación. Los cinco bronquios lobares, tres derechos y dos izquierdos, son la segunda generación, los 20 bronquios segmentarios son la tercera generación y así sucesivamente. La vía aérea de conducción concluye con el bronquiolo terminal en la generación 16. Las generaciones 17-19 son bronquiolos respiratorios cuya función es conducir el aire, pero en sus paredes ya se pueden encontrar sacos alveolares. Las generaciones 20-22 son conductos alveolares y las generaciones 23 y 24 son los sacos alveolares. El diámetro de la vía aérea disminuye progresivamente conforme aumenta el número de generación, pero el número de segmentos se duplica exponencialmente. En la Tabla 1 se muestra los cambios en número y superficie de la vía aérea con respecto al número de generaciones.

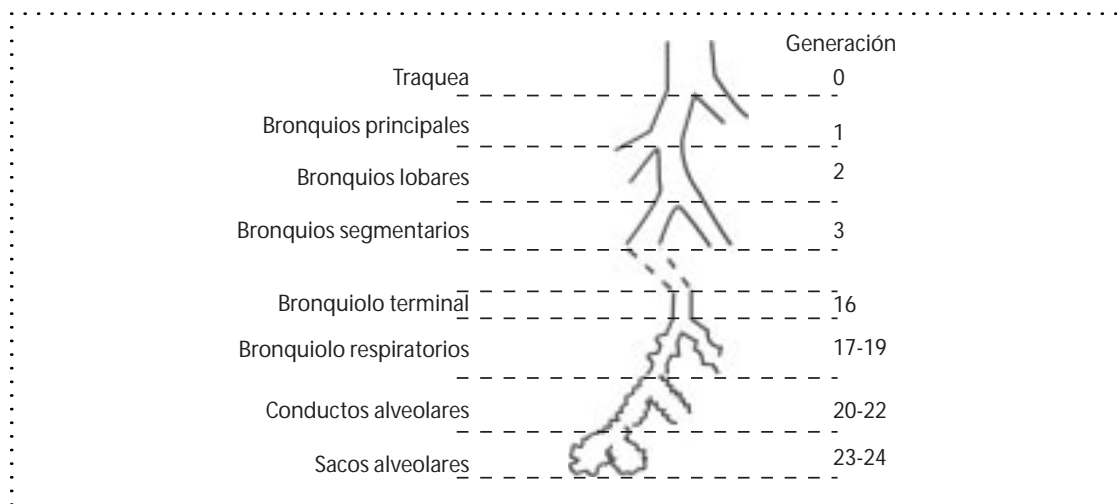


Figura 1.2. Esquema de dicotomización de la vía aérea desde la tráquea (generación 0) hasta sacos alveolares (generaciones 23-24).

Tabla 1.1

Vía aérea	Generación	Número	Diámetro cm	Área total cm ²
Traquea	0	1	1.9	3
Bronquio principal	1	2		
Bronquio lobar	2	5		
Bronquio segmentario	3	20	0.6	6
Bronquio subsegmentario	4	50	0.5	10
Bronquiolo	10-13	20,000	0.07	75
Bronquiolo terminal	16	50,000	0.06	85
Bronquiolo respiratorio	17-19	200,000	0.05	390
Alvéolos	20-23	6,000,000	0.02	700

Estructuralmente la vía aérea esta compuesta por la mucosa formada por el epitelio y su lámina propia de tejido conectivo, una capa de músculo liso y finalmente el tejido conectivo periférico previsto parcialmente de cartílago. El epitelio de la vía aérea es de tipo cilíndrico ciliado, pseudoestratificado con células secretoras de moco. Este epitelio cambia poco desde tráquea y bronquios de mayor calibre hasta los bronquiolos; se acorta gradualmente en generaciones bronquiolares más distales. La superficie celular de este epitelio que está expuesta hacia la luz de vía aérea esta cubierta en su esta formado por una capa casi uniforme de células de forma cilíndrica cuya dimensión totalidad por cilios que son organelos que se mueven rítmicamente a una frecuencia de 20 Hz o ciclos por segundo. Además, estos cilios tiene una orientación que permite impulsar las secreción mucosa hacia arriba y el exterior de la vía aérea. En la tráquea y bronquios también existen glándulas submucosas productoras de moco que es expulsado a través de un pequeños conducto que drena directamente a la luz de la vía aérea. Estas glándulas se hipertrofian y producen una cantidad de moco excesiva en presencia de bronquitis crónica. La secreción de moco se extiende sobre toda la superficie ciliada y es capaz de atrapar la mayoría de las partículas inhaladas. Normalmente, el moco es continuamente aclarado por los movimientos ciliares hasta que se acumula en los bronquios de mayor calibre y en la tráquea; finalmente, alcanza la vía aérea superior y es deglutido. Solo cuando existe una acumulación excesiva de moco su expulsión requiere ser auxiliada por tos. La capa de tejido conectivo subyacente a la mucosa esta compuesta principalmente por fibras elásticas que están distribuidas longitudinalmente y que permiten mantener la permeabilidad de la vía aérea manteniendo el músculo liso en la parte exterior de la vía aérea. Además en esta capa de tejido conectivo se puede encontrar pequeños folículos linfáticos que participan en los mecanismos de defensa respiratoria. La capa de músculo liso circunda la vía aérea en toda su extensión desde los bronquios de mayor calibre hasta los bronquiolos respiratorios, y más distalmente todavía se encuentran capas de músculo liso en la entrada de los conductos alveolares. Esta capa de músculo es en parte responsable del calibre de la vía aérea y su contracción excesiva puede dar origen a broncoespasmo. El músculo liso también descansa sobre una capa de tejido conectivo de grosor progresivamente menor conforme disminuye el tamaño de la vía aérea. En esta capa de tejido conectivo se encuentran los anillos casi completos de cartílago en la tráquea y bronquios o fragmentos más pequeños en bronquios de menor calibre.

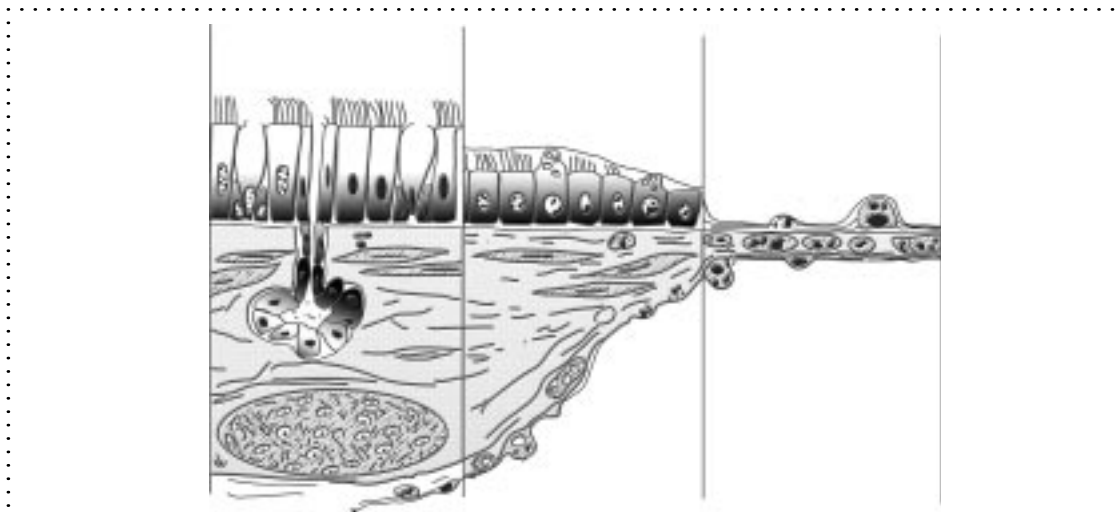


Figura 1.3. Esquema de epitelio de la vía aérea. En bronquios de grueso calibre es cilíndrico, ciliado y pseudo-estratificado con células caliciformes. Además, en la pared bronquial se observan glándulas mucosas y fragmentos de cartílago. En bronquiolos, el epitelio es menos grueso y la pared bronquial disminuye en grosor, a su vez que desaparece la presencia de glándulas mucosas y el cartílago desaparecen. En contraste, en el alvéolo el epitelio es extremadamente delgado y se separa del endotelio capilar solo por la matriz intersticial.

ESTRUCTURA PULMONAR

Los pulmones tienen una configuración externa que se amolda idénticamente a la forma interna de la pared torácica, la cara superior del diafragma y las caras laterales del mediastino, incluyendo el corazón. El tamaño pulmonar depende del tamaño corporal, particularmente del tamaño de la caja torácica. En un adulto promedio el tamaño total alcanza de 4 a 6 litros y la movilidad del límite inferior de los pulmones puede desplazarse de 4 a 6 cm con inspiraciones o espiraciones profundas. El pulmón derecho se puede dividir fácilmente en tres lóbulos (superior, medio e inferior) y el pulmón izquierdo en dos lóbulos (superior e inferior) todos cubiertos independientemente por una capa de pleura visceral. Cada pulmón recibe a través de su hilio, un bronquio principal y una rama de la arteria pulmonar que también funcionan como sostén anatómico. Los lóbulos pulmonares se dividen en segmentos, un total diez para cada pulmón, y cada segmento recibe un bronquio correspondiente. Estas divisiones lobares y segmentarias permiten resecciones pulmonares quirúrgicas y la función pulmonar se puede estimar pre y postoperatoriamente de acuerdo al número de segmentos a resecar. Sin embargo, la función pulmonar no es exactamente proporcional al número total de segmentos. Es probable que segmentos resecables participen funcionalmente menos por lesiones locales, así como las áreas pulmonares respetadas pueden compensar la función pulmonar postoperatoria.

La arteria pulmonar emerge del ventrículo derecho y da origen a las dos arterias principales, una para cada pulmón. Las arterias se dividen de manera paralela a los bronquios hasta llegar a los bronquiolos terminales. Las venas siguen un patrón de división diferente, y se puede encontrar una vena entre dos pares de arterias y venas subyacentes. El grosor de las arterias pulmonares es menor al de las sistémicas en la misma proporción de diferencia de presiones, es decir de 1:5. Las arterias pulmonares también suplen de nutrientes a los pulmones; este aporte nutritivo se complementa en vía aérea a partir de las arterias bronquiales y con oxígeno tomado directamente del aire inspirado.

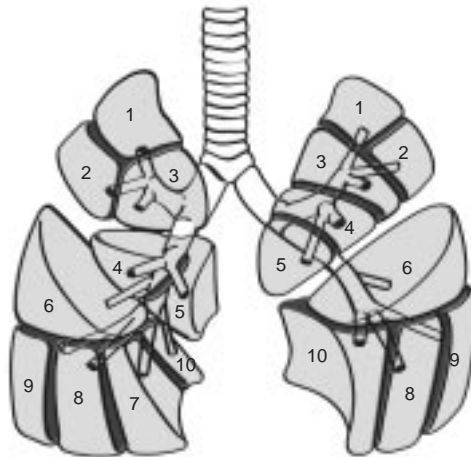


Figura 1.4. El pulmón derecho se puede separar en tres lóbulos (superior, medio e inferior) mientras que el izquierdo se divide el lóbulo superior e inferior. A su los lóbulos se separan en segmentos que dan un total de 10 para cada pulmón.

DISEÑO ALVEOLAR

El concepto funcional del pulmón descansa en un diseño estructural que expone una gran superficie de contacto entre el aire contenido por epitelio alveolar, con su contraparte sanguínea contenida por el endotelio de los capilares alveolares. Las divisiones finales la vía aérea concluyen en unos tres a seis millones de alvéolos que representan una superficie de contacto de aproximadamente 70 m² mientras que la superficie capilar es discretamente menor en 10 o 20%. Además las células del endotelio son más pequeñas; se requieren cuatro células endoteliales por cada célula alveolar. Lo

que llamamos parénquima pulmonar está formado por el epitelio alveolar cubierto por completo de capilares y solo separados entre ellos por el intersticio pulmonar. Las capas de epitelio alveolar y endotelio vascular representan el 50% de la barrera entre el aire y la sangre de los capilares, mientras que las células intersticiales y la matriz intercelular representan el 35% y 15% restante.

El epitelio alveolar esta compuesto por dos tipos de células, los neumocitos tipo I Los neumocitos tipocolina (DPPC), una lecitina con dos cadenas de ácidos grasos saturados de ácido palmítico. La factor surfactante se extiende como una delgada película sobre toda la superficie alveolar y su principal función es disminuir la tensión superficial entre la interfase aire-agua de los alvéolos y los capilares extendiendo sus polos hidrofílico hacia los capilares e hidrofóbicos hacia el interior del alvéolo.

En el interior de los alvéolos normalmente se pueden encontrar otras células libres que participan en los mecanismos de defensa. Las células que predominan son los macrófagos alveolares seguidas por linfocitos. Sin embargo, en circunstancias de inflamación pueden encontrarse otras células como neutrófilos y fibroblastos.

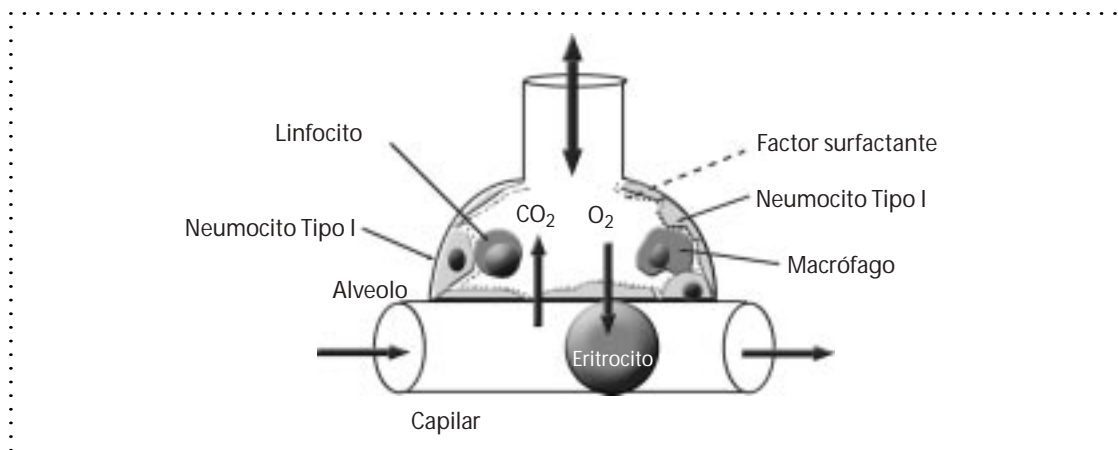


Figura 1.5. Unidad alvéolo-capilar compuesta por el alvéolo rodeado en un 80% de su superficie por capilares (en el esquema se muestra de manera ilustrativa solo un capilar. La función final de la unidad es el intercambio de oxígeno y bióxido de carbono entre el gas alveolar y la sangre capilar. En el alvéolo se encuentra Neumocitos tipo I y tipo II, estos últimos productores del factor surfactante. Además, existen células de defensa como los macrófagos y los linfocitos.

TÓRAX ÓSEO Y MÚSCULOS RESPIRATORIOS

El tórax óseo y los músculos respiratorios primarios y secundarios representan el sostén y la parte motora del sistema respiratorio. La columna vertebral, donde emergen doce pares de costillas que se articulan anteriormente al esternón representan el sostén óseo. Los movimiento finales de la caja torácica son resultado de la acumulación de movimientos mucho mas pequeños de cada cuerpo vertebral y arco costal con un efecto mucho mayor hacia las partes anteriores del tórax. Durante la inspiración los arcos costales, se tornan más horizontales: la parte anterior de los arcos costales (y con ellos el esternón) se desplazan frontal y superiormente y mucho menos de manera lateral.

El diafragma es el principal músculo respiratorio. Además, constituye el piso de la caja torácica y separa los pulmones y mediastino de las vísceras abdominales. Está compuesto por ases musculares distribuidos casi verticalmente e insertándose sobre la circunferencia interna de la caja torácica; su parte superior está formada por un tendón central, que con la parte muscular toma forma de cúpula. El tendón central es delgado y fuerte y adopta una forma trilobulada. Al final de una respiración normal el diafragma alcanza el cuarto espacio intercostal sobre la línea media clavicular derecha, y quinto espacio intercostal sobre la línea medio clavicular izquierda, a la misma altura de la décima vértebra torácica. La configuración del diafragma facilita los movimientos respiratorios;

durante la contracción muscular descendiendo el tendón central y aumentan las dimensiones del tórax en todas direcciones, vertical, anteroposterior y transversalmente. En condiciones patológicas como en enfisema y existe sobredistensión pulmonar con atrapamiento de aire, existe aplanamiento del diafragma con pérdidas de sus propiedades mecánicas musculares.

Los músculos intercostales internos y externos se encuentran distribuidos en arcos que de bordes superiores e inferiores de las costillas cubriendo los espacios intercostales. Los músculos intercostales internos se agrupan en un grupo intercostal y otro intercondral. Estos músculos se han considerado primarios de la respiración, ya que muestran actividad electromiográfica durante la inspiración. Sin embargo, su función es controversial y su contribución al volumen inspiratorio es incierta. Son músculos con actividad tónica en reposo y activa en movimientos laterales del tronco acercando los arcos costales en cambios posturales.

Otros músculos que pueden asistir la inspiración o espiración se han denominado músculos accesorios de la respiración o secundarios. Los músculos del cuello, escaleno, esternocleidomastoideo y trapecio pueden facilitar la inspiración en condiciones de ineficiencia diafragmática, como sucede en la debilidad muscular del diafragma por parálisis o aplanamiento, como sucede en el enfisema. Asimismo, los músculos del abdomen, el oblicuo externo, el oblicuo interno, el transverso y el recto del abdomen, pueden auxiliar la espiración en maniobras de espiración forzada, o al pujar. Durante una maniobra de capacidad vital forzada en espirometría o durante una flujometría en parte determinantes del flujo máximo o pico.

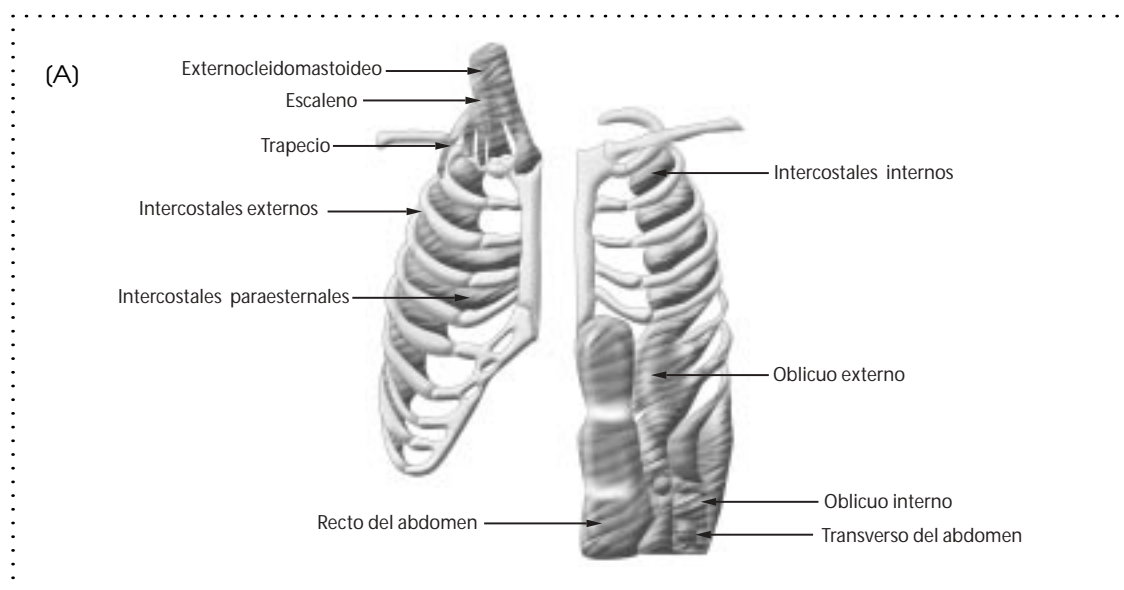


Figura 1.6. Los músculos primarios de la respiración son el diafragma (ver Figura 7) y los músculos intercostales externos e internos. Los músculos del cuello, esternocleidomastoideo, escaleno y trapecio son accesorios de la inspiración, especialmente en enfermedad pulmonar crónica, mientras que los músculos del abdomen (recto, transverso y oblicuos externo e interno) facilitan la espiración y otros procesos fisiológicos donde se involucra la respiración como el pujar durante la defecación y el parto.

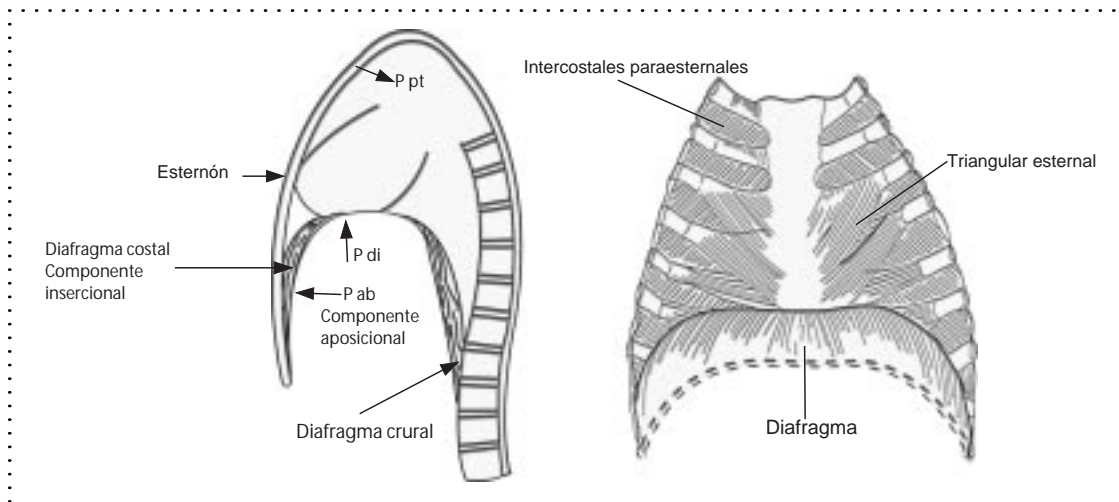


Figura 1.7. El esquema ilustra la forma de cúpula del diafragma con sus haces musculares crural y costal.

El ciclo respiratorio se divide en la inspiración y espiración. La inspiración inicia con la contracción diafragmática (Figura 8). El diafragma desciende uno o dos centímetros durante la respiración normal, pero en inspiraciones o espiraciones profundas puede desplazarse hasta 10 centímetros. La cavidad torácica o intrapleural mantiene una presión negativa o subatmosférica de aproximadamente de -2 a -3 cmH₂O. Esto permite equilibrar las fuerzas de retracción elástica del pulmón evitando su colapso. Durante la contracción diafragmática la presión intrapleural desciende en condiciones de reposo hasta -5 o -6 cmH₂O permitiendo una mayor expansión pulmonar. La presión dentro de los alvéolos siempre tiende a equilibrarse con la presión atmosférica, de tal suerte que simultáneamente con la caída de la presión intrapleural se genera un flujo de aire desde el exterior hasta los alvéolos. Este volumen de aire generado durante la inspiración es lo que se conoce como volumen corriente. La espiración es un fenómeno pasivo que ocurre al final de la inspiración cuando las propiedades elásticas de los pulmones permiten que retorne a su estado de reposo. Sin embargo, en condiciones de ejercicio o maniobras voluntarias la espiración puede ser auxiliada de manera activa por los músculos de la pared abdominal.

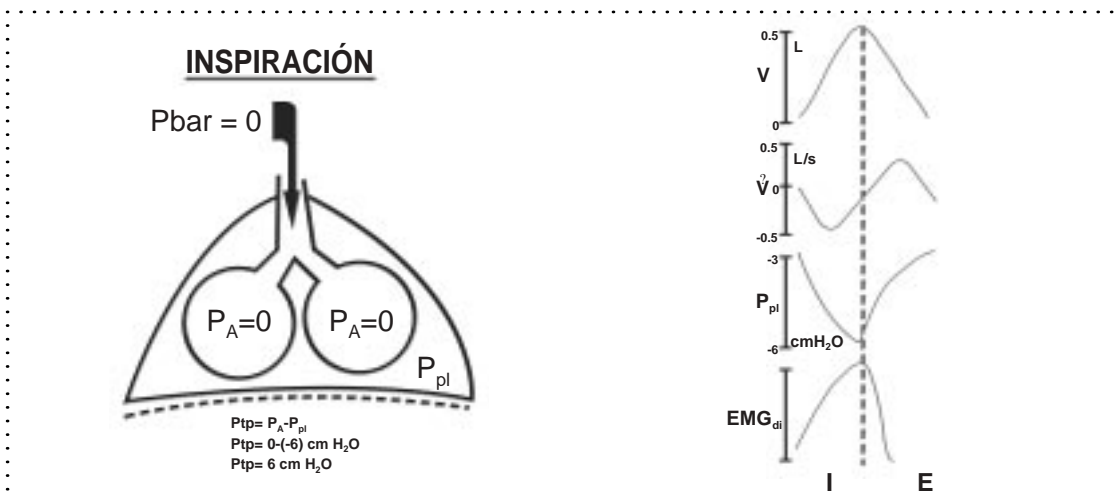


Figura 1.8. El ciclo respiratorio se divide en inspiración (I) y espiración (E). La inspiración inicia con la contracción diafragmática con lo que la presión pleural en reposo (-3 cmH₂O) desciende hasta -6 cmH₂O (panel de izquierda). La presión alveolar (P_A) tiende siempre a igualarse con la presión barométrica (P_{bar}) por lo que durante la inspiración se genera un flujo de aire. La presión transpulmonar (P_{tp}) es la diferencia entre la P_A y la P_{pl} . En el panel de derecha se ilustran las mediciones gráficas de abajo hacia arriba de electromiograma del diafragma (EMG_{di}), P_{pl} , Flujo aéreo (V') y volumen corriente (V).

2. INTRODUCCION A LA ESPIROMETRÍA

La espirometría sirve para ver el tamaño de los pulmones y el calibre de los bronquios. Cuando los pulmones son pequeños, sea por una enfermedad pulmonar o bien por nacimiento, se puede meter y sacar poco aire de los mismos. Unos pulmones grandes pueden recibir más aire que unos pequeños lo que se detecta por las espirometrías. Al volumen de aire (en litros) que se puede sacar de los pulmones totalmente inflados se le llama **CAPACIDAD VITAL FORZADA**. (Las siglas en inglés son FVC). Capacidad vital se llama por tradición, ya que se vio que esta medida correlacionaba con la "vitalidad" del individuo, y se llama forzada porque se pide que el paciente saque el aire con máximo esfuerzo (forzando la espiración o salida de aire). La FVC representa el máximo volumen de aire que puede ventilarse (movilizarse) dentro y fuera de los pulmones. La enfermedad pulmonar puede hacer que disminuya la FVC. Por ejemplo, la tuberculosis extensa, lesiona el pulmón y lo cicatriza, haciéndolo más pequeño y difícil de inflar por lo en la espirometría muestra una capacidad vital disminuida.

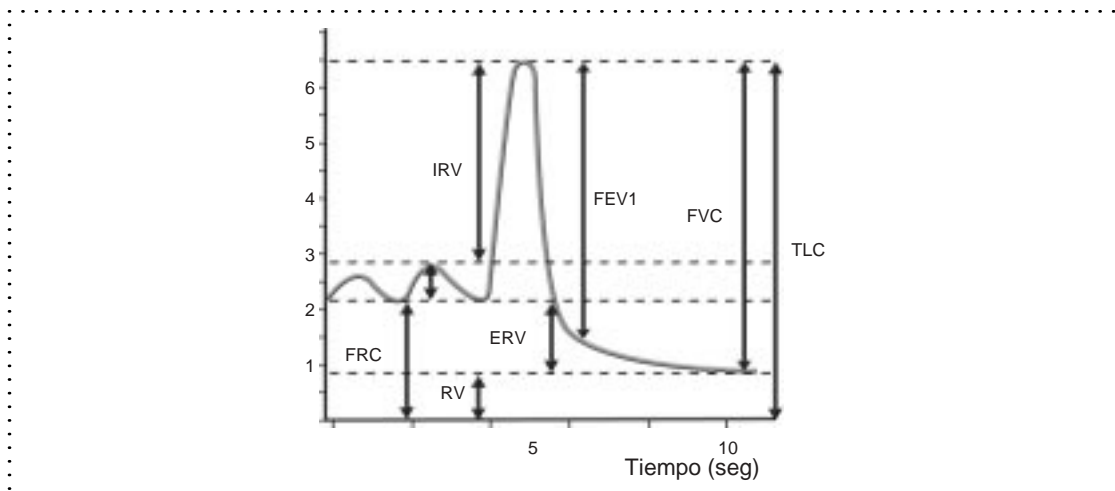


Figura 2.1. Espirograma normal cronometrado. El volumen corriente (tidal volumen o V_t) se genera durante ciclos respiratorios normales en reposo. Si el individuo inspira el máximo volumen de aire posible o volumen de reserva inspiratoria (inspiratory reserve volume o IRV) alcanza entonces su capacidad pulmonar total (TLC o CPT). Posterior a ello realiza una espiración forzada hasta que exhala el máximo volumen de aire posible o capacidad vital forzada (CVF). El volumen de aire que queda dentro de los pulmones después de exhalar la CVF se denomina volumen residual. El VR sumado al volumen de reserva espiratoria (VRE) representan la capacidad funcional residual (CFR) que es el volumen de aire que normalmente existe dentro del tórax en estado de reposo y que representa un almacén de aire para el intercambio gaseoso.

Por otro lado, cuando los bronquios están estrechos o cerrados, el aire dentro de los pulmones sale más lento que cuando están bien abiertos. Es como en el caso de un tubo, por el que pasa menos agua si está cerrado o estrecho que si está abierto. Varias enfermedades se caracterizan por estrechar los bronquios como el asma bronquial, el enfisema y la bronquitis crónica, y por lo tanto se detectan en la espirometría porque los enfermos sacan el aire más lentamente: Esto se describe como "flujos de aire disminuidos". La medida más importante del flujo de aire es el **VOLUMEN ESPIRATORIO FORZADO EN EL PRIMER SEGUNDO** abreviado en inglés FEV1. Esta es la cantidad de aire que puede sacar un individuo un segundo después de iniciar la exhalación teniendo los pulmones completamente inflados y haciendo su máximo esfuerzo. Normalmente en el primer segundo se saca la mayor parte del aire de los pulmones, o sea de la capacidad vital. En personas jóvenes se puede sacar en el primer segundo el 80% de la capacidad vital, o sea que en jóvenes el FEV1 en litros es de aproximadamente el 80% de la capacidad vital en litros.

La otra medida importante que se hace en la espirometría es el cociente entre el volumen espiratorio forzado en el primer segundo (FEV1) y la capacidad vital forzada (FVC), índice llamado FEV1/FVC. Vimos que normalmente el FEV1 es el 80% de la capacidad vital en personas jóvenes, esto quiere decir que el FEV1/FVC es de 80%. Si tenemos una persona con los pulmones pequeños pero con los bronquios normales o bien abiertos, la cantidad de aire que entra y sale de los pulmones (capacidad vital) va a estar disminuida, pero podrá sacar en el primer segundo la misma proporción de aire (por ejemplo el 80%), es decir el FEV1/FVC seguirá siendo el normal. A diferencia, cuando los bronquios están obstruidos, se sacará menos del 80% del aire en el primer segundo por lo que la relación FEV1/FVC estará disminuida.

Los valores de espirometría (FEV1, FVC y FEV1/FVC) dependen de varios factores. Uno muy importante es el tamaño de los pulmones. Una persona de tamaño grande tiene pulmones más grandes que una persona pequeña. Por lo tanto la capacidad vital y el FEV1 dependen del tamaño de los pulmones que correlaciona con la talla. Otro factor importante es el sexo de la persona. Las mujeres tienen pulmones más pequeños que los hombres aunque tengan la misma talla y edad. El tercer factor importante es la edad, ya que conforme la persona envejece, hay un deterioro de la función pulmonar y sobre todo de resistencia de los bronquios al paso del aire, disminuyendo progresivamente el FEV1, la FVC y la relación FEV1/FVC.

Para decidir si una espirometría es normal o anormal se comparan los valores encontrados en el paciente con los normales para una persona sana no fumadora de la misma edad, talla y sexo. Es decir se comparan con una persona sana, no fumadora que tiene el mismo tamaño de los pulmones y el mismo grado de envejecimiento pulmonar. Por lo mismo para valorar adecuadamente la espirometría se requiere registrar adecuadamente el sexo, la edad, y la talla de los pacientes.

La espirometría es una prueba sencilla, poco molesta y que debería de usarse frecuentemente tal y como se usa el esfigmomanómetro (baumanómetro) para medir la presión arterial. Es muy reproducible, y permite valorar y seguir las alteraciones de los pacientes con varias enfermedades pulmonares.

Una desventaja de la espirometría es que requiere de la cooperación de los pacientes, y de un esfuerzo máximo. Si el paciente no hace un esfuerzo máximo, las alteraciones se confunden con las de una enfermedad pulmonar. Los técnicos que la realizan tienen la obligación de explicar bien el procedimiento, de preferencia demostrándolo primero, para que los pacientes lo hagan bien.

La otra desventaja es que la maniobra que se realiza para hacer la espirometría no se hace normalmente, por lo que hay un número importante de personas que al principio no la puede hacer adecuadamente. La maniobra implica llenar los pulmones de aire completamente (inspirar completamente) luego soplar con toda la fuerza posible (espiración forzada) hasta sacar el aire de los pulmones por completo. Sacar el aire por completo implica seguir soplando hasta que parece que ya no sale nada. Esto les cuesta trabajo a los pacientes pero lo deben hacer para que la prueba sea válida y útil.

Tabla 2.1. Principales variables y sus definiciones medidas por la espirometría

FVC (forced vital capacity): Capacidad vital forzada (CVF): Es el máximo volumen de aire exhalado después de una inspiración máxima expresado en litros.

FEV1: Volumen espiratorio forzado en el primer segundo (VEF1) o FEV1 (forced expiratory volume): Volumen de aire exhalado durante el primer segundo de la FVC expresado en litros.

FEV1/FVC: Cociente FEV1/FVC es la relación de FEV1 dividido entre la FVC y expresada como porcentaje. Esta relación es la variable más comúnmente utilizada para definir obstrucción al flujo aéreo.

PEF (peak expiratory flow) Flujo espiratorio máximo o pico (FEMo FEP): Flujo máximo de aire alcanzado con un máximo esfuerzo, partiendo de una posición de inspiración máxima, expresado en L/s.

FEF_{x%} (forced expiratory flow): Flujo espiratorio forzado (FEF_{x%}): Flujo espiratorio durante una exhalación forzada medido a una fracción (X%) de la FVC. Los FEF_{25%}, FEF_{50%} y el FEF_{75%} son los más comúnmente reportados.

FEF₂₅₋₇₅: Flujo espiratorio forzado promedio medido durante la mitad central de la FVC expresada en L/s.

Tiempo de espiración forzada (TEF) o FET (forced expiratory time): Tiempo de requerido de exhalación para alcanzar la FVC, expresado en segundos.

INDICACIONES DE LA ESPIROMETRÍA (ATS 1994)

GENERAL: valorar objetivamente la función mecánica pulmonar

DIAGNOSTICA

Valorar síntomas, signos o pruebas anormales

SÍNTOMAS: Disnea, sibilancias, ortopnea, tos, flema, dolor torácico

SIGNOS: Baja de ruidos respiratorios, sobreinflación, lentitud espiratoria, deformidad torácica, crackles

PRUEBAS ANORMALES: hipoxemia, hipercapnia, policitemia, placa anormal

Medir el impacto de la enfermedad en la función

Tamizaje de individuos en riesgo de enfermedad pulmonar

Fumadores

Exposición ocupacional

Valoración clínica rutinaria

Valoración preoperatoria

Valorar pronóstico (transplante, EPOC etc.)

Valorar estado funcional antes de enrolarse en actividades físicas intensas.

MONITORIZACIÓN, VIGILANCIA

Valoración de tratamientos: broncodilatadores, esteroides, ILD, ICCV, antibióticos en fibrosis quística.

Descripción del curso de la enfermedad.

EPOC

ILD

Asma

ICCV

Enfermedades neuromusculares

Sujetos expuestos a ocupaciones peligrosas

Reacciones adversas a drogas, radiación

VALORACIÓN DE INCAPACIDAD

Parte de un programa de rehabilitación, médico, industrial o vocacional

Riesgo para valoración de aseguramiento

Razones legales: compensación a trabajadores, lesiones personales

SALUD PÚBLICA

Estudios epidemiológicos: diferentes exposiciones, curso de enfermedad, valoración objetiva de síntomas

Derivación de ecuaciones de referencia.

EJEMPLOS DE SITUACIONES DONDE LA ESPIROMETRÍA TIENE UTILIDAD CLÍNICA

DIAGNOSTICA

En sujetos con disnea o síntomas respiratorios, o con un riesgo respiratorio, una espirometría con obstrucción sugiere asma o EPOC o alguna otra enfermedad respiratoria.

Si la obstrucción revierte con broncodilatadores es diagnóstica de asma bronquial.

Encontrar alteraciones funcionales en fumadores, facilita el tratamiento antitabaco.

Si hay broncoobstrucción con sustancias irritantes (metacolina, histamina, aire frío, ejercicio) se documenta hiperreactividad bronquial, un componente del asma.

Si se documenta un cambio agudo con un alérgeno, se comprueba etiológicamente la sensibilidad o la causa del asma o alveolitis alérgica.

En pacientes con disnea de reposo o pequeños esfuerzos, hipertensión pulmonar o con hipercapnia, una espirometría muy baja (30% del esperado) es consistente con que la enfermedad pulmonar sea causante del problema.

Si la espirometría cae substancialmente en decúbito, sugiere debilidad diafragmática o impedimento de función del diafragma.

En sujetos con diagnóstico de asma de difícil control, la curva flujo volumen puede sugerir estenosis traqueal o alguna otra fuente en vía aérea superior, incluyendo la disfunción laríngea.

El deterioro espirométrico en un paciente con trasplante pulmonar sugiere bronquiolitis obliterante o rechazo crónico.

PRONOSTICA

Una espirometría con valores muy bajos predice mayor mortalidad general y respiratoria, más riesgo quirúrgico, mayor riesgo de cáncer pulmonar,.

DE VIGILANCIA

Varios padecimientos respiratorios pueden vigilarse con espirometrías de manera más eficiente que con otros métodos. Especialmente a los asmáticos, pero otros padecimientos inflamatorios pueden ser sensibles a los cambios de la condición clínica: alveolitis alérgica, neumonía organizada, neumonitis por radiación o por drogas, falla cardíaca, fibrosis quística, debilidad neuromuscular (miastenia, Guillain Barre). Para ello se documenta que la mejoría clínica se asocia a mejoría espirométrica y que el empeoramiento clínico coincide con el espirométrico.

En el EPOC y en las enfermedades restrictivas pulmonares o extrapulmonares es bastante útil para ver la progresión, pero cuando el defecto es muy grave es poco útil ya que cambia mínimamente con la situación clínica. Suele funcionar mejor la oximetría o la necesidad de oxigenoterapia.

3. LA ESPIRACIÓN FORZADA Y LA LIMITACIÓN DEL FLUJO:

DR. HERNANDO SALA ROMANÓ

A medida que durante una espiración intensificamos el esfuerzo muscular espiratorio se va incrementando la presión pleural. Ese incremento de la presión pleural se traduce en un incremento del flujo hasta un punto determinado en el que el flujo ya no sube a pesar de que el esfuerzo aumenta. En este momento se dice que el flujo está limitado. Esta relación se explicita bien en la figura 1 donde la pendiente (a) representa el incremento del flujo espiratorio siguiendo al incremento de presión pleural (Ppl), el punto (b) representa el flujo máximo y el comienzo de la limitación y el plano (c) gráfica la imposibilidad de incremento de flujo a pesar del incremento de presión pleural.

En tubos con flujo laminar, el flujo alcanzado es proporcional a la presión que se imparte. En los tubos colapsables biológicos (aéreos, urinarios o sanguíneos), el flujo no puede incrementarse ilimitadamente a pesar de aumentar la presión porque se origina un fenómeno que limita el flujo por colapso de las paredes de las vías aéreas (compresión dinámica). La energía mecánica de presión se disipa comprimiendo y deformando los tejidos y frecuentemente también en forma de ruido y vibración de los tejidos ya que no puede transformarse en energía cinética. En algunas ocasiones puede existir de hecho una parte final con una pendiente negativa que implica que al aumentar la presión disminuye el flujo por mayor colapso.

Entonces, hasta antes de que el flujo se limite, a mayor esfuerzo respiratorio (medido por la presión pleural) mayor flujo, independientemente del nivel de inflación pulmonar donde se comience la espiración forzada, solo que, como se evidencia en la figura 2 a medida que cae el volumen pulmonar en que se comienza la maniobra, menor es el valor de flujo máximo alcanzado. Esta relación explica la conformación que tiene la curva flujo - volumen pulmonar espiratoria en la que el flujo cae siguiendo la caída de volumen.

Para tratar de explicar esa limitación, a lo largo de las últimas décadas, se han formulado varias hipótesis.

LA ÁRBOL BRONQUIAL COMO RESISTENCIA DE STARLING

Pride y colaboradores propusieron que el aparato respiratorio funcionaba, durante la espiración, como una resistencia de Starling (Starling resistor, 1), que se ejemplifica en la figura 3 mediante dos columnas de agua (A y B) y un conducto compresible (C). En este sistema, donde la columna de agua (A) debe vaciarse mediante el conducto (C) que pasa por la columna (B), el flujo que se obtiene en el grifo no es el resultado de la diferencia de presión generada por toda la altura de la columna de agua (A) sino de la diferencia de altura entre (A) y (B), descrita como (Z) en la figura, ya que la altura de la columna (B) actúa comprimiendo el conducto (C). Es decir, cuando los tubos conductores son colapsables, como en las vías respiratorias, la determinación del flujo no solo depende de la diferencia entre la presión de entrada y salida, si no en la presión alrededor del tubo con relación a la presión dentro del tubo (presión transmural), que determina si éste está abierto o cerrado.

EL EPP DE MEAD Y COLABORADORES

Una mejor aproximación al tema fue formulada por Mead y colaboradores (2) que se ejemplifica en la figura 4. En la parte superior del gráfico se ve un modelo pulmonar unialveolar en el que existe una presión alveolar (P_{alv}) generada por la sumatoria de dos presiones diferentes, por un lado la presión pleural (P_{pl}) y por otro la presión de retracción elástica pulmonar (P_{el}). Esa presión comienza a caer a medida que se mide corriente abajo del alveolo como resultado del efecto de la resistencia de las vías aéreas, de manera que se llega a un punto, denominado punto de igual presión (EPP) por Mead y colaboradores, en el que la presión transmural es igual a cero, es decir la presión dentro del la vía aérea es igual a la presión pleural. Corriente abajo de ese punto la presión endoluminal es inferior a la pleural y por lo tanto a partir de él hay tendencia al estrechamiento de la vía aérea, esa porción de la vía aérea se denomina segmento limitante del flujo. Esta situación persiste hasta que la vía aérea sale del tórax porque entonces la presión exterior será la atmosférica que es inferior a la endoluminal.

En la parte inferior de la figura 4 se puede observar que si se incrementa la presión pleural, se obtendrá un incremento de la presión alveolar, pero ese incremento será ineficaz en función de flujo, porque la caída progresiva de la presión a lo largo de la vía aérea, encontrará al EPP exactamente en el mismo lugar que en la gráfica superior; ese es el mecanismo, según los autores, de limitación del flujo. Siguiendo ese razonamiento la presión generadora de flujo es esencialmente la presión de retracción elástica. El hecho de que la presión de retracción elástica, de acuerdo a la curva de la compliancia pulmonar, cae a medida que cae el volumen pulmonar, explica porqué el flujo espiratorio máximo espiratorio disminuye en la medida que disminuye el volumen pulmonar. Analizando desde el alveolo hasta el EPP el flujo que se obtiene en una espiración forzada máxima, depende por lo tanto de la presión de impulso P_{el} y de manera inversa de la resistencia al flujo aéreo en el segmento alveolo-EPP (segmento corriente arriba del EPP, llamado Rus o upstream resistance).

20

VMAX=PEL/RUS

Por lo tanto los determinantes del flujo máximo en el sitio de la limitación son la presión de retracción elástica del pulmón (que baja en el enfisema y sube en la fibrosis), y la resistencia de la vía aérea distal que puede disminuirse por inflamación, espasmo, cicatrización. De suerte que esta relación resulta de suma utilidad para entender las posibles causas de reducción en el flujo espiratorio. Asunto importante es el volumen pulmonar, ya que P_{el} depende directamente del mismo. Por lo que una pérdida de volumen o una inflación incompleta tenderá a bajar los flujos tanto porque la presión elástica disminuye como porque el calibre bronquial disminuye.

LIMITACIÓN POR LA VELOCIDAD DE ONDA DE PRESIÓN (WAVE SPEED)

Una última aproximación al tema de la limitación del flujo espiratorio fue aportado por Dawson y Elliot en 1977 (3). Ellos propusieron que había dos fenómenos en los que pensar (figura 5), por un lado en la velocidad local del aire dentro de las vías aéreas y por otro en la velocidad de propagación de la onda de perturbación, desde el alvéolo y a lo largo de la pared de la vía aérea, durante la espiración forzada. A manera de analogía podemos pensar en la velocidad de la sangre dentro de las arterias y la velocidad de propagación de la onda de pulso. La limitación del flujo esta determinada porque cuando la velocidad de propagación del aire dentro del conducto alcanza la velocidad de propagación de la onda de perturbación se produce un estrangulamiento del conducto. Es decir, el flujo de aire no puede ir más veloz que la onda de presión que lo genera. El flujo máximo a través de un tubo colapsable depende de la velocidad de propagación de la onda de presión a lo largo del tubo y del área de sección transversal del tubo. La velocidad de propagación de la onda depende a su vez de las características del tubo (colapsabilidad o rigidez), de la densidad del fluido y de la presión transmural.

El flujo se limita en el primer punto (choke point) en el cual los flujos reales alcanzan el flujo de la velocidad de onda. En el árbol bronquial, el diferente calibre y rigidez de los tubos hace que la velocidad de onda difiera y por lo tanto la máxima velocidad obtenible en una espiración forzada será la del segmento con la velocidad mínima de propagación. El punto de limitación suele estar en bronquios de primeras generaciones, cerca de la carina a volúmenes altos, excepto cuando hay estenosis laríngeas o traqueales donde es en el punto de estenosis. Al avanzar la aspiración el punto se desplaza distalmente.

CURVAS FLUJO-VOLUMEN

Si se grafica el flujo máximo obtenido durante un esfuerzo máximo, en contra del volumen, se genera la curva flujo-volumen que puede obtenerse fácilmente y tiene utilidad clínica. Es decir esta es una curva que grafica el flujo máximo que puede obtenerse durante una aspiración forzada en función del volumen pulmonar. Desciende progresivamente en línea recta desde el máximo poco después del inicio de la aspiración (peak flow rate), y baja hasta cero al alcanzarse el volumen residual. Durante una espiración forzada, se acepta tradicionalmente que la primera tercera parte, es dependiente del esfuerzo y que no se logra una limitación de flujo, aunque recientemente ha sido cuestionado ya que algunos sujetos logran limitación de flujo a volúmenes altos. En las dos terceras partes inferiores de la espiración, el flujo se limita, es decir la presión es suficiente para lograr la limitación de flujo. Por eso se dice que la parte más confiable y reproducible de la curva es la parte a volúmenes más bajos llamada independiente del esfuerzo (porque se requiere poco para limitar el flujo), y la menos reproducible la primera llamada dependiente de esfuerzo.

En realidad aun la espiración inicial tiene una reproducibilidad bastante buena utilizada con el llamado PEFV (peak flow), y la parte final de la espiración tiene una reproducibilidad muy baja ya que es difícil vaciar por completo los pulmones.

CURVAS VOLUMEN-TIEMPO

La misma información de la curva flujo volumen, se obtenía inicialmente y aun ahora graficando el cambio de volumen en relación al tiempo (capacidad vital cronometrada) y ambas curvas son intercambiables aunque cada una brinda información especial en algunas circunstancias como se verá en los ejemplos.

BIBLIOGRAFÍA

- 1- Determinants of maximal expiratory flow from the lungs. Pride N.B., Permutt S., Riley R.L. and Bromberger-Barnea B. J. Appl. Physiol. 1967,23,646-62
- 2- Significance of the relationship between lung recoil and maximum expiratory flow. Mead J., Turner J.M., Macklem P.T. and Little J.B. J. Appl. Physiol. 1967,22,95-108.
- 3- Dawson S.V. and Elliot E. Wave speed limitation on expiratory flow- a unifying concept. J. Appl. Physiol. 1977,43,498-515.

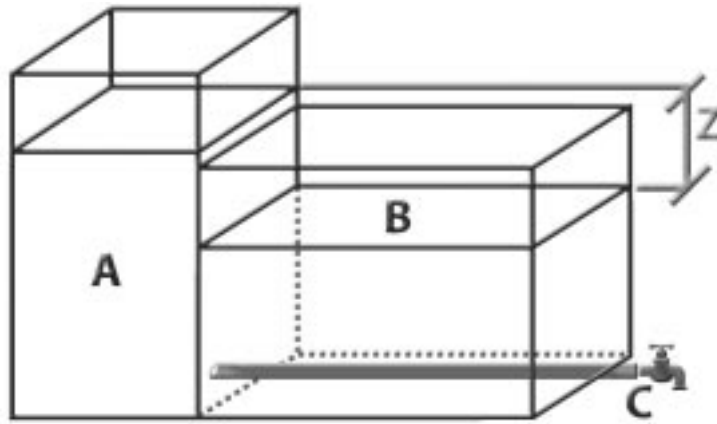


Figura 3.1: Resistor de Starling. La presión generadora de flujo es la diferencia entre el nivel de A y el de B es decir Z

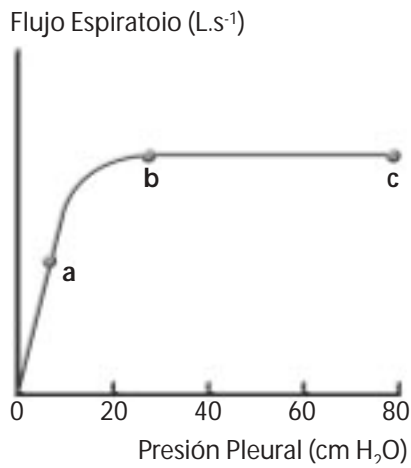


Figura 3.2: Relación presión pleural – Flujo, el punto b representa el flujo máximo para un volumen pulmonar.

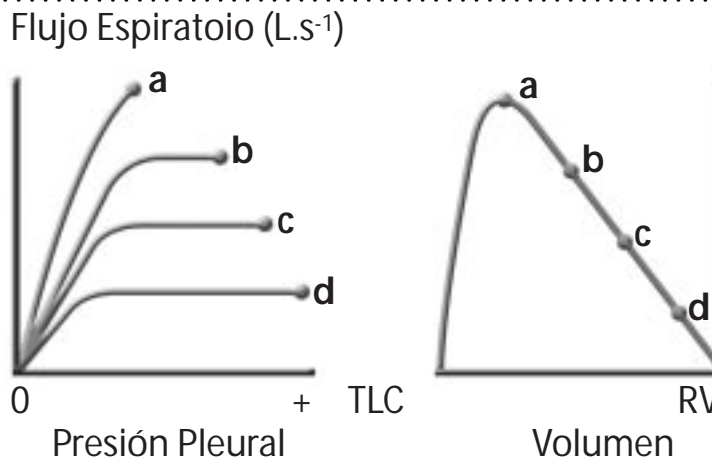


Figura 3.3: La misma relación que en la figura 2 solo que medida a diversos volúmenes pulmonares (ver texto)

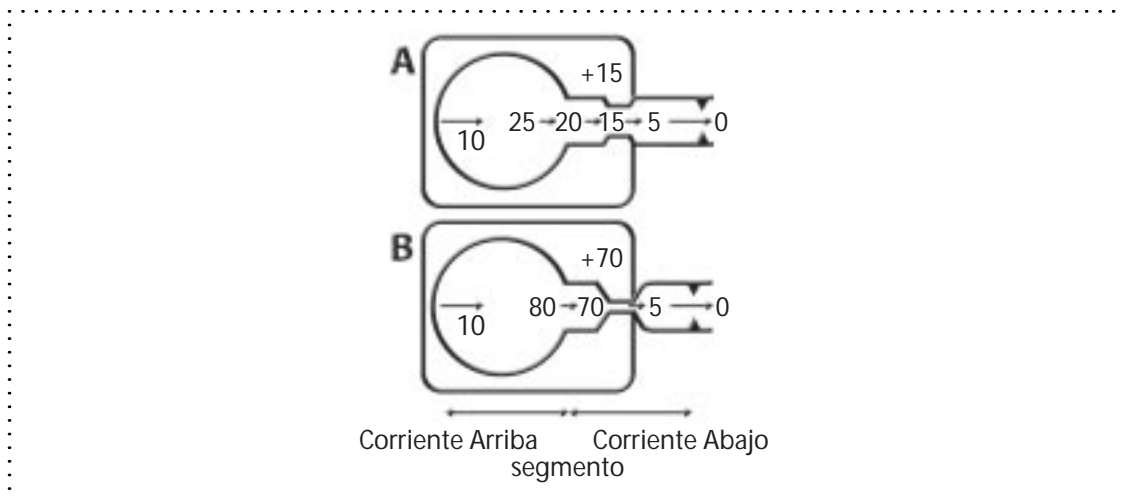


Figura 3.4: El punto de igual presión (EPP) esquema de la propuesta de Mead y colaboradores (ver texto), el rectángulo representa la caja torácica. En la figura superior la presión alveolar es de 25 cm de agua la sumatoria de 10 cm agua de la presión de retracción elástica más 15 de la presión pleural. En la inferior la presión alveolar es $80=10+70$. El EPP divide a la vía aérea en dos segmentos corriente arriba y abajo respectivamente.

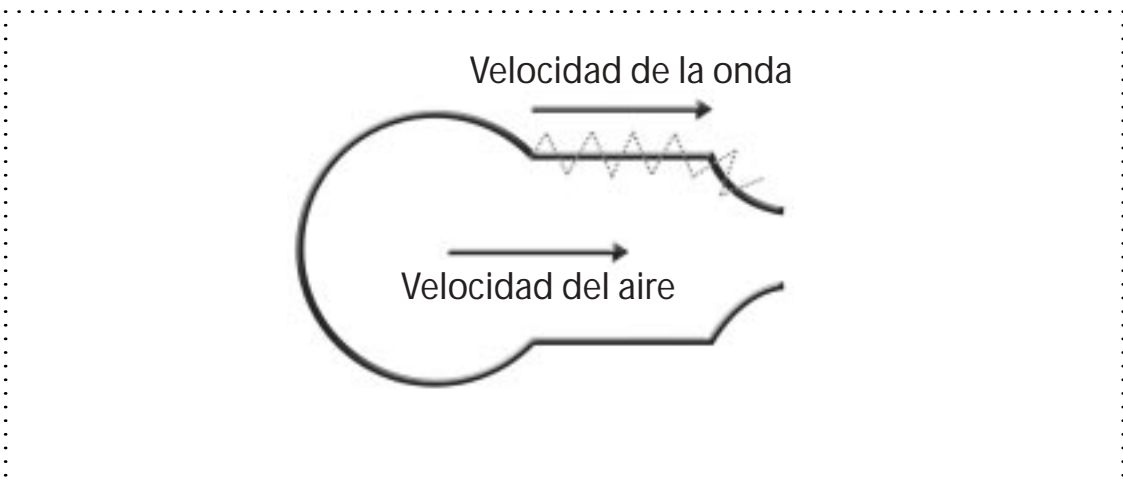


Figura 3.5: El punto de limitación de flujo o estrangulamiento (choke point) se alcanza cuando la velocidad local del aire es igual a la velocidad de la onda de propagación de la presión que impulsa al aire.

4. ESTANDARIZACIÓN DE LA ESPIROMETRÍA

La espirometría es una prueba de gran utilidad para evaluar salud respiratoria. En años recientes ha existido un esfuerzo creciente para estandarizar la espirometría. Estandarizar significa establecer los mismos procedimientos con los que se debe llevar a cabo la prueba, esto implica que no importa quién o donde se haga la prueba, esta debe realizarse lo más similarmente posible. Para estandarizar una prueba se debe reunir la suficiente evidencia científica y crear un consenso general de expertos, idealmente auspiciado por sociedades científicas internacionales. La primera reunión de expertos para estandarización de la espirometría fue auspiciada por la Sociedad Americana del Tórax (ATS) en 1979 y resultó en los primeros estándares de espirometría de la ATS (1). Estos estándares fueron actualizados en 1987 (2) y 1994 (4). De igual manera hubo una iniciativa similar de la Sociedad Europea para el Acero y el Carbón en 1983 (5) que en 1993 fue actualizada como los estándares de espirometría de la Sociedad Europea Respiratoria (ERS) (6), con pocas diferencias reales con respecto a los estándares ATS. En el año 2005 como un esfuerzo más internacional aparecen los estándares de espirometría de la ATS/ERS (7). El contenido de este manual ha sido actualizado y se apegó a dichos estándares. Sin embargo, existen modificaciones prácticas y material original de México y Latinoamérica, útil para los lectores y alumnos del curso de Espirometría NIOSH y ALAT. Los procedimientos de estandarización de la espirometría incluye:

1. Equipos con desempeño técnico similar.
2. Control de calidad
3. Técnicos entrenados, en forma estandarizada.
4. Mismos procedimientos generales y misma técnica.
5. Mismos procedimientos de medición.
6. Criterios de aceptabilidad y repetibilidad.
7. Valores de referencia apropiados.
8. Recomendaciones de interpretación (estandarizada)

El proceso de estandarización de espirometría según la ATS/ERS se describe en la Figura 1. Estos procesos deben pasar por la selección y validación de equipos, la realización de la maniobra, criterios de aceptabilidad y repetibilidad, selección de valores de referencia e interpretación de la prueba, valoración clínica y procesos de control de calidad que involucre retroalimentación a los técnicos que realizan la prueba.

En términos generales todos los procesos involucrados en la estandarización de la espirometría están enfocados a mejorar la precisión y exactitud de la prueba. Todos estos procesos son fuentes potenciales de ruido o error. Si las fuentes de error son grandes las mediciones son poco confiables (ver Figura 2).

Entrenamiento estandarizado

Es recomendable que los técnicos en espirometría se capaciten específicamente para la prueba, de acuerdo a los lineamientos de la ATS/ERS 2005, el curso de espirometría de los Institutos de Salud Ocupacional y Seguridad de Estados Unidos (NIOSH) y las recomendaciones de la ALAT. Este entrenamiento debe incluir los procedimientos de control de calidad. Además, es recomendable que uno de los técnicos funja como supervisor de calidad, de preferencia el de mayor entrenamiento y experiencia. El personal ideal debe tener bachillerato y una carrera técnica en función pulmonar, frecuentemente complementado con inhaloterapia o rehabilitación respiratoria, generando al técnico en cuidados respiratorios. En algunos lugares se ha generado un entrenamiento a nivel

profesional en Tecnólogos Cardiorrespiratorios. Aunque se lleven a cabo esos cursos o carreras, se requiere de un proceso de certificación, para el cual son indispensables.

CERTIFICACIÓN EN ESPIROMETRÍA

1. Mínimo 2 días de entrenamiento estandarizado (mejor 8 días, pero la calidad sigue mejorando semanas después del entrenamiento¹).
2. 1/2 día de pláticas teóricas (incluye procedimientos específicos para Platino)
3. Ejercicios de tarea
4. Práctica entre los alumnos para espirometría
5. Examen teórico y práctico
6. Certificación

ASPECTOS ADICIONALES

1. Manual de procedimientos
2. Procedimientos específicos y centralizados de control de calidad.
3. Equipo de control de calidad
4. **Cuando es posible, manejo centralizado y estandarizado de bases de datos.**
5. **Reporte de calidad a centros y al personal**

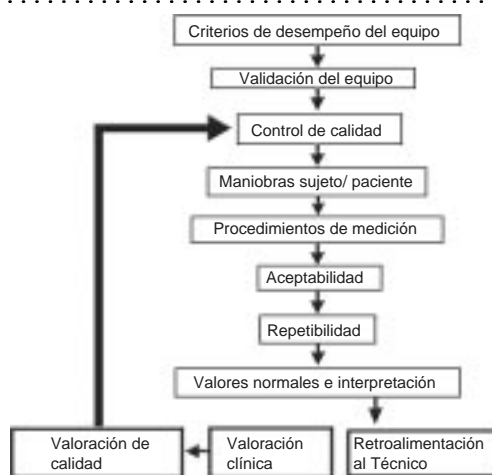


Figura 4.1. Diagrama por pasos para estandarización de la espirometría establecido por la ATS/ERS (2005).

¹ En realidad los 2 días son para una revisión detallada de procedimientos y certificación. Sin embargo durante el curso de esta duración no se puede adquirir toda la experiencia necesaria para realizar espirometrías con máxima calidad. Por eso, la calidad espirométrica después de un entrenamiento corto, de 2-8 días sigue mejorando aun semanas después. Es decir, esos cursos cortos son insuficientes para realizar espirometrías con máxima calidad. Se requieren como vía de certificación, idealmente para sujetos que ya tienen experiencia en la realización de espirometrías.

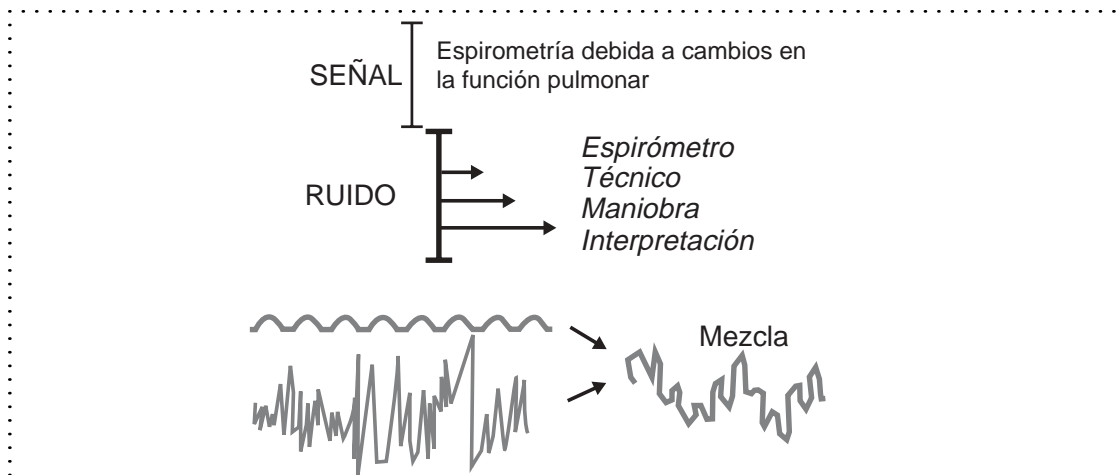


Figura 4.2. Fuentes de ruido en la espirometría que se buscan disminuir al máximo con los procedimientos de estandarización.

BIBLIOGRAFÍA

1. American Thoracic Society. Standardization of spirometry. Am Rev Respir Dis 1979; 119: 831-838.
2. American Thoracic Society. Standardization of spirometry: 1987 update. Am Rev Respir Dis 1987; 136: 1286-1296.
3. American Thoracic Society. Standardization of spirometry. 1994 update. Am J Respir Crit Care Med 1995; 152: 1107-1136.
4. Quanjer PhH (ed). Standardized lung function testing. Report Working Party Standardization of Lung Function Tests. European Community for Coal and Steel. Bull Eur Physiopathol Respir 1983;19 (Suppl 5):1-95.
5. Quanjer PhH, Tammeling GJ, Cotes JE, Pedersen OF, Peslin R, Yernault J-C. Lung volume 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.
6. Morgan KC, Chairman. The assessment of ventilatory capacity (committee recommendations). Chest 1975; 67: 95-97.
7. Miller MR, Hankinson J, Brusasco B, et al. Standardization of spirometry. Eur Respir J 2005; 26:319-338

5. ESPIRÓMETROS

El espirómetro es un aparato que mide el volumen o el flujo de aire que pasa a través de él. Se han diseñado muchos tipos de espirómetros pero todos ellos tienen una boquilla a través de la cual el paciente sopla y respira, un sistema medidor de flujo o volumen de aire, y un sistema para graficar sus cambios. Los espirómetros modernos se asocian a una computadora o microprocesador que tiene una serie de ventajas que se manifiestan a continuación.

Tabla 5.1. Diferencias entre espirómetros manuales y computarizados

CARACTERÍSTICA	ESPIRÓMETROS MANUALES (antiguos)	ESPIRÓMETROS AUTOMÁTICOS CONTROLADOS POR COMPUTADORA
Cálculo de resultados	Se mide manualmente con trazos y operaciones con calculadora.	Los hace la computadora de manera más reproducible y con menos errores.
Valores normales	Se buscan en tablas de acuerdo a edad, talla y sexo.	Los calcula la computadora con base en la edad, talla y sexo del paciente que se meten al espirómetro por un teclado. Si alguno de ellos está equivocado, los resultados son falsos.
Impresión de resultados	Se hace a mano o a máquina.	Se hace automáticamente por una impresora.
Almacenamiento de resultados	En archivos tradicionales con folders y papel.	En archivos de computadora o en archivos tradicionales.
Portatilidad	Escasa, voluminosos y requieren energía eléctrica.	Pueden operar con baterías, ser portátiles y almacenar en memoria muchas pruebas.
Calibración	Indispensable.	Indispensable. El software puede incluir una rutina de calibración que la facilita.
Interpretación y Avisos	Viendo trazos y calculos	Puede hacerse interpretación automáticamente de acuerdo a algoritmos preestablecidos. No toman en cuenta la valoración clínica con la probabilidad pre-test.
Control de Calidad	Todo en forma manual.	El software puede incluir un control de calidad de los esfuerzos con avisos al técnico y al paciente de que está fallando. Pueden enviarse los resultados a un laboratorio central de control de calidad por un modem.
Archivo	Guardando copias de los reportes y trazos, lo que implica duplicación y mucho espacio. La comparación en el tiempo debe hacerse manual.	Puede archivar en forma digital lo que permite un acceso rápido y poco espacio de almacenaje. Esto permite además un control de calidad por técnico o por aparato y la comparación automática de pruebas en el tiempo.
Ventajas	Sencillos, baratos, más fáciles de reparar, mayor duración.	Menor variabilidad, uso más rápido, pueden incorporar ayudas al control de calidad Automatiza y facilita muchas funciones, ahorra tiempo y evita errores.
Desventajas	Más variabilidad.	Más caros, más complejos, menor duración, reparación más difícil, puede haber errores en el software además del hardware mas posibilidad de fallas. Compostura mas complicada. Aprendizaje mas difícil.

RESEÑA DEL DESARROLLO HISTÓRICO DE LA ESPIROMETRÍA

El inventor e inicial promotor de la espirometría fue JOHN HUTCHINSON (On the capacity of the lungs and on the respiratory functions with a view of establishing a precise and easy method of detecting disease by the Spirometer. Med. Chir. Trans. 29 137-252, 1846.). Hutchinson describió una Espirometría no cronometrada con equipo volumétrico sellado con agua. Hablaba de aire residual, aire de reserva, aire respiratorio (ahora volumen corriente), aire complementario (volumen de reserva inspiratoria, IRV), capacidad vital, frecuencia respiratoria, y de las relaciones con el peso, la estatura, la circunferencia del pecho inspiratoria y espiratoria. Además, describe una correlación entre el peso y el volumen pulmonar, y describe el impacto del crecimiento y desarrollo y de las principales enfermedades.

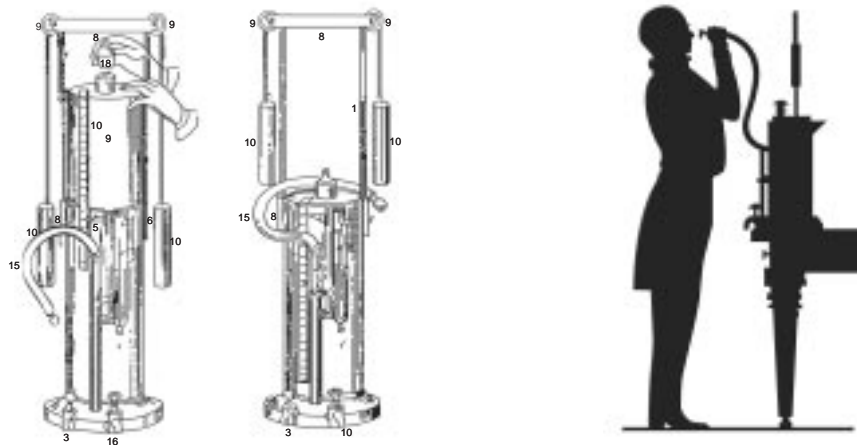


Figura 5.1. Esquema del espirómetro original descrito por John Hutchinson. Los componentes principales incluyen el cilindro con agua (A), la campana que se sumerge en el cilindro (B), la manguera que conecta la boquilla al interior de la campana y la sistema de poleas que desplaza la pajilla que dibuja el espirograma durante las maniobras respiratorias. En el panel de la derecha se muestra la silueta clásica de Hutchinson ilustrando la posición correcta para realizar la espirometría.

AVANCES POSTERIORES

- La capacidad vital forzada (FVC) fue descrita por Strohl en 1919.
- Capacidad ventilatoria máxima calculada fue descrita en 1932 (Jansen), y la medida en 1933 (Hermannsen).
- El cociente FEV1/VC descrito en 1948 (Tiffenau R, Pinnelli A).
- La espirometría cronometrada descrita en 1951 (Gaensler).
- Peak flow meter (Wright, 1950).
- Curva flujo-volumen 1960 (Fry, Hyatt).
- Estandarización de espirometría ATS (1978), primera gran propuesta sobre detalles técnicos de la espirometría. Este fue el fundamento de muchos consensos más recientes sobre estandarización y del desarrollo tecnológico en el campo.
- Esta fue actualizada en 1994 y en 2005 bajo consenso de la ATS y la Asociación Europea Respiratoria.

CARACTERÍSTICAS IDEALES DE LOS ESPIRÓMETROS

- Deben ser exactos (si miden 3 litros deben ser realmente 3 litros, ajuste con un estándar de oro)
- Linealidad: que sean igualmente exactos en flujos y volúmenes bajos y altos.
- Exactos y lineales para flujos inspiratorio y espiratorio (en ocasiones son asimétricos).
- Precisión: si se mide varias veces el mismo volumen, la mediciones deben diferir muy poco.
- Medir directamente temperatura y humedad para ajustar correctamente a BTPS.
- Cero flujo debe equivaler a cero voltaje y el cero no debe cambiar o derivar.
- Sin ofrecer resistencia a la espiración.
- Con buena respuesta en frecuencia (responde bien a eventos rápidos y lentos), poca inercia.
- Deben incluir el mayor número posible de ecuaciones de referencia externas. Además, los programas deben permitir instalar fácilmente ecuaciones de referencia local.
- Fáciles de limpiar.
- Económicos.
- Características idénticas en una serie de equipos.
- Mantenimiento en el tiempo de sus características.

Los espirómetros se han ido perfeccionando considerablemente en los últimos años. Se han simplificado y resultan mucho más confiables que los anteriores. En general, reúnen y con frecuencia superan las recomendaciones mínimas de la (ATS/ERS) que se resumen en la Tabla 5.2. Sin embargo, el costo de los equipos sigue siendo prohibitivo para muchos lugares. Sin embargo, de manera reciente, existen equipos disponibles en el mercado con precios muy bajos (alrededor de \$50 dólares americanos) y que están pensados para uso individual, de manera similar a los flujómetros. Con estos equipos se puede medir solamente las principales variables (FVC, FEV₁, FEV₆ y FEV₁/FVC) sin gráficas ni valores de referencia.

Tabla 5.2. Recomendaciones Mínimas para los Sistemas de Espirometría (ATS, 1995)

PRUEBA	LÍMITE/PRECISIÓN (BTPS)	LÍMITE DE FLUJO (L/s)	TIEMPO (s)	RESISTENCIA Y PRESIÓN DE FONDO	SIGNO DE LA PRUEBA
VC	0.5 a 8 L \pm 3% de la lectura o \pm 0.050 L, el que sea mayor	cero a 12	30		3-L Jeringa de Calibración
FVC	0.5 a 8 L \pm 3% de la lectura o \pm 0.050 L, el que sea mayor	cero a 12	15		24 ondas estándares
FEV ₁	0.5 a 8 L \pm 3% de la lectura o \pm 0.050 L, el que sea mayor	cero a 12	†	Menor a 1.5 cm H ₂ O de cero a 12L/s	24 ondas estándares
Tiempo Cero	El tiempo del punto del que se toman todas las mediciones de FEV ₁			Determinado por la extrapolación retrógrada	
FEF _{25-75%}	7.0 L \pm 5% de la lectura o \pm 0.200 L/s, el que sea mayor	cero a 12	15	Igual que FEV ₁	24 ondas estándares
V	\pm 14 L/s \pm 5% de la lectura o \pm 0.200 L/s, el que sea mayor	cero a 12	15	Igual que FEV ₁	Prueba del constructor
MVV		cero a 12 \pm 5%	12 a 15 \pm 3%	Presión menor a \pm 10 cm H ₂ O a 2-L TV a 2.0 Hz	Bomba sinusoidal de cero a 4 Hz \pm 10% a \pm 12 L/s

Los espirómetros pueden medir directamente volumen o el flujo. Cabe aclarar que las mediciones indispensables de un espirómetro son flujo o volumen y el tiempo. Teniendo flujo y tiempo se puede integrar el volumen. Asimismo, teniendo volumen y tiempo se puede derivar flujo. En la Tabla 5.3 se detalla las diferencias entre los espirómetros con sensor de flujo o de volumen.

Tabla 5.3. Diferencias entre espirómetros de flujo y de volumen

CARACTERÍSTICA	ESPIRÓMETROS DE SENSOR DE FLUJO	ESPIRÓMETROS DE VOLUMEN
Tecnología involucrada	Varios: pneumotacógrafo, ultrasónico, turbinas, alambre caliente.	Campanas con selle de agua, cilindros sellados en seco, cuñas, fuelles. En todos se acumula el volumen.
Medición primaria	Flujo, el volumen se calcula por integración (área bajo la curva flujo tiempo).	Volumen, el flujo se calcula por diferenciación (pendiente de la curva volumen volumen tiempo).
Tamaño y peso (portabilidad)	Pequeño, portátiles. Pueden operar con baterías.	Equipos fijos. Grandes, mayor a 10 litros.
Costo	Menor.	Mayor.
Problemas	Errores de cero o línea de base cuando el flujo cero no coincide con un voltaje cero en los amplificadores. Errores positivos: a cero flujo, dan un voltaje que marca flujo positivo (expiratorio). Errores negativos: cero flujo da un flujo inspiratorio. Incremento en resistencia con suciedad y condensación en pneumotacógrafos (sobre estimación). Alinearidad, por no tener flujo laminar en el rango alto.	Requieren medir la temperatura, humedad y Pbar para ajustar adecuadamente a BTPS. Se contaminan potencialmente al recibir el aire espirado. Pueden ser difíciles de limpiar en su interior. Sujetos a posibles fugas.
Precisión y exactitud	Menor, aunque ha mejorado mucho. Más variables, deriva de cero con cambios en la temperatura. Por ejemplo de 29 probados solo 41% fueron aceptables. Los valores menos importantes son flujos.	Mayor. Los valores más importantes son volúmenes. (P ej. de 34 probados por Nelson el 71% se desempeñaron bien, 100% de los de fuelle, 86% de agua).
Ventajas	Puede ajuste a BTPS automáticamente cuando el sensor está a la temperatura corporal.	Los errores de volumen no se acumulan con el tiempo, verificaciones sencillas.
Uso ideal	Donde se requiere movilidad, consultorios.	Laboratorios de referencia.

Ambos tipos tienen un sistema para registrar el tiempo.

EJEMPLOS DE SENSORES DE FLUJO:

1- NEUMOTACÓGRAFOS

- Los más comunes
- Se mide la caída de presión a través de una resistencia conocida y con flujo laminar.
- La resistencia puede ser una malla fina o bien tubos capilares.
- La caída de presión depende de densidad y viscosidad y del tipo de gas (calibración específica para el tipo de gas que se utiliza).
- La malla o los capilares pueden obstruirse por condensación de agua o suciedad, lo que cambia la resistencia y su calibración. También los puede hacer alineales al generarse turbulencias en flujos altos.
- Problemas conocidos con la línea de base y su derivada.

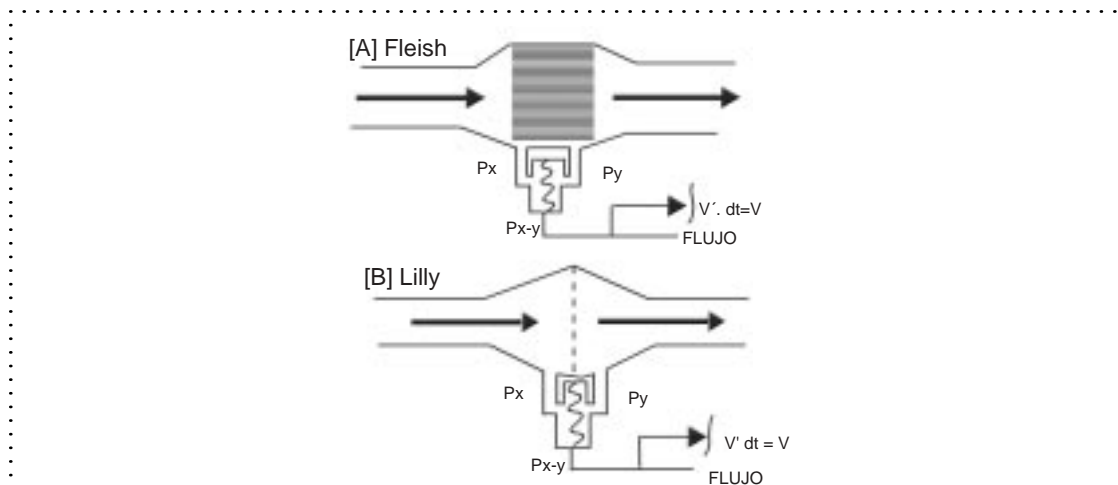


Figura 5.2. Tipos de Neumotacógrafos para medir flujos de aire. Figura 2A, neumotacógrafo tipo Fleish donde la resistencia consiste en tubos capilares. Figura 2B, Neumotacógrafo tipo Lilly con resistencia por malla de alambre. En ambos casos el flujo es proporcional a la corriente eléctrica generada al paso del aire por la resistencia y el volumen se obtiene por integración del flujo.

2- SENSORES ULTRASÓNICOS

- Compara tiempos de tránsito de la señal de ultrasonido corriente arriba y abajo.
- A mayor diferencia del tiempo en tránsito, más flujo (no influye temperatura, humedad presión o composición).
- Prueba rápida e higiénica.
- Sin rutina de calibración.
- Sin partes móviles, sin mantenimiento.
- Sin resistencia espiratoria.
- Sin contaminación.

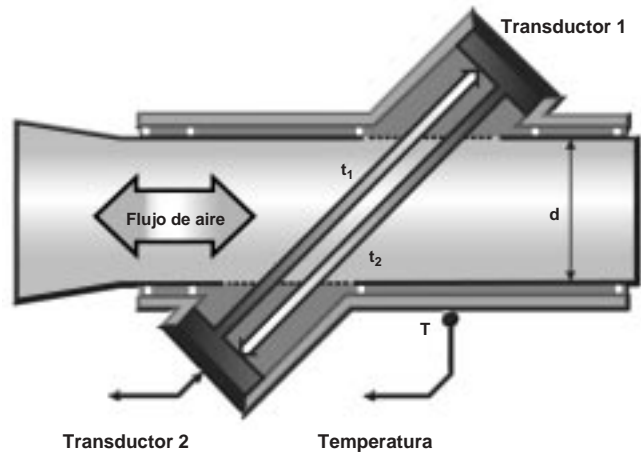


Figura 5.3. Sensor de flujo de tecnología ultrasónica, compara tiempos de tránsito de la señal de ultrasonido corriente arriba y abajo. A mayor diferencia del tiempo en tránsito, más flujo (no influye temperatura, humedad o composición).

3-SENSORES DE TURBINA O ASPAS GIRATORIAS

- El flujo es proporcional a las revoluciones de la turbina y aspas/tiempo.
- Baratos y simples.
- Problemas en flujos bajos por inercia de la turbina.
- La turbina debe cambiarse periódicamente ya que el envejecimiento deteriora el funcionamiento.

4- SENSORES DE CONVECCIÓN TÉRMICA

- Hilo caliente, que se enfría con el flujo y cambia su resistencia o la corriente para mantener T constante).
- Son poco utilizados en la actualidad.

CARACTERÍSTICAS IDEALES EN EL REPORTE ESPIROMETRICO

Es variable lo que los espirómetros modernos pueden imprimir o reportar de rutina. Convendría que se incluyeran los siguientes aspectos:

1. Datos del paciente, incluyendo edad, género, talla y peso y síntomas principales, fecha y hora.
2. Reportar números y graficas, flujo-volumen (resalta el inicio de la espiración y el esfuerzo realizado) y volumen tiempo (resalta el final de la espiración y los criterios de terminación)
3. Reportar y graficar las 3 maniobras aceptadas.
4. Reportar pre y post broncodilatador y el cambio con el broncodilatador.
5. Señalar las pruebas que están abajo del limite inferior de lo normal, estadísticamente (debajo de la percentil cinco)².
6. Reportar variabilidad de FEV1 y FVC y grado de calidad.
7. Reportar equipo utilizado y datos de calibración más reciente y de la fecha.
8. Reportar valores de referencia utilizados y si se realizó extrapolación.
9. Reportar datos ambientales (temperatura, humedad y Pbar).
10. Reportar nombre del técnico.
11. Interpretación automatizada con validación del encargado.

Además, algunos espirómetros incluyen algoritmos de supervisión automatizada que guían al técnico sobre indicaciones que debe dar a los individuos en orden de mejorar la maniobra de FVC.

Ejemplo de Información estandarizada ofrecida por los espirómetros como ayuda a mejorar la calidad de la prueba (Enright et al 1991, estudio de Salud Pulmonar).

1. "Sople más fuerte al inicio" Volumen extrapolado >5% de la VCF y > de 150 mL.
2. "Sople más fuerte al inicio": tiempo para conseguir un pico flujo >85 msec.
3. "Evite toser": 50% de caída en el flujo en el primer segundo.
4. "Sople durante más tiempo": Duración de la FVC < 6 s.
5. "Saque más aire de los pulmones">20 mL de cambio en los últimos 2 segundos.
6. "Sople más fuerte": Diferencia en el flujo espiratorio máximo (PEFR) más alto aceptable y el actual flujo pico >10% (dPEFR).
7. "Tome más aire": Diferencia en la FVC aceptable más alta y la actual FVC >200 mL y >5% de la más alta FVC (dFVC).
8. Sople más rápido": Diferencia entre el FEV1 más alto aceptable y el actual FEV1>100 mL y >5% del VEF 1 (dFEV1).
9. "Esa fue una buena prueba": Ninguno de los errores enlistados del 1 al 8.

² Este criterio, fácilmente obtenible por una microcomputadora es considerablemente mejor al tradicional 80% del predicho, válido sólo para FEV1 y FVC y para sujetos con valores promedio de edad y talla en una población.

MUESTRA DE REPORTE DE ESPIROMETRIA
(Formato modificado)

Nombre:
Registro: 1234
Edad: 31 años
Estatura: Height 5 ft 11 in
Peso: 172 lbs, IMc: 24.1
Sexo: Masculino
Raza: Hispano
Fumador: No
Asma: No

Fecha: 06/06/ 2000
Hora: 2:38 pm
Prueba post: 02_44 pm
Modo de prueba: DIAGNOSTICA
Valores Predichos: NHANES 000
Valor Seleccionado: MEJOR PRUEBA
Técnico:
Control de Calidad Automatizado: Encendido
Conversión BTPS: 1.10 / 1.04

RESULTADOS: El mejor FEV1 es 98% del predicho

PARAMETRO	PRUEBA BASAL		PRUEBA POSTBRONCODILATADOR					Cambio	
	1	2	Pred	%Pred	1	2	3		% Pred
FEV1 (L)	4.44	4.41	4.34	4.55	98	4.63	4.55	4.56	102
FVC(L)	5.83	5.85	5.80	5.61	104	5.75	5.69	5.66	103
FEV1/FVC	0.76	0.75	0.75	0.82	93	0.80	0.80	0.81	99
FEF25-75 (L/s)	3.60	3.46	3.35	4.50	80	4.26	4.19	4.19	95
PEF (L/s)	12.11	12.50	12.74	10.45	116	13.74	13-26	13.87	131
FET (s)	6.94	7.85	8.19	-----	---	6.65	5.58	5.55	---
FIVC (L)	5.59	5.61	5.78	5.61	100	5.81	5.78	5.77	104
PIF (L/s)	7.63	7.24	7.21	-----	---	7.28	10.01	8.02	---

* INDICA VALOR ABAJO DEL LIMITE INFERIOR NORMAL O CAMBIO SIGNIFICATIVO POSTBRONCODILATADOR

VARIABILIDAD

GRUPO DE

GAUDDAD
FEV1 = 0.03 L 0.7%; FVC BASAL = 0.02L 0.4%;

FEV1 Post = 0.07 L 1.5%; FVC post = 0.06 L 1.1 %;
INTERPRETACION AUTOMATIZADA: ESPIROMETRIA NORMAL

Tiempo (seg)

GRAFICAS FLUJO- VOLUMEN
TIEMPO

VOLUMEN

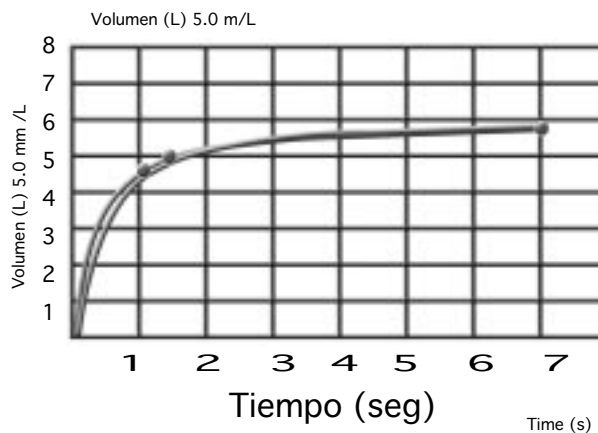
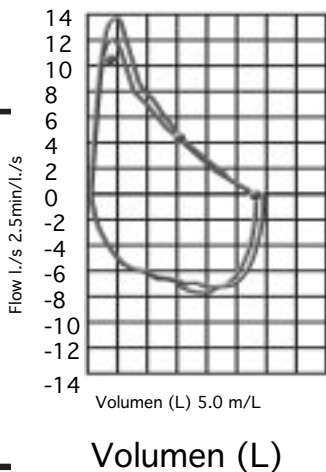


Figura 5.4. Ejemplo de reporte espirométrico que cuenta con datos del sujeto (A); parámetros técnicos (B), resultados de las tres mejores maniobras pre y postbroncodilatador (C); variabilidad del FEV1 y FVC y grado de calidad de la espirometría (D); gráficas flujo-volumen y volumen-tiempo (E); y, algoritmo de interpretación automatizada (F).

PROCEDIMIENTOS DE CONTROL DE CALIDAD QUE ES RECOMENDABLE ESTÉN INCLUIDOS EN LOS ESPIRÓMETROS

- a) Rutina de calibración y verificación de calibración que se guarde en la base de datos. De preferencia incorporar una rutina con varias velocidades de inyectado de la jeringa para verificar linealidad.
- b) Calificación de la espirometría por criterios de la ATS incluyendo una categoría más estricta guardada en la base de datos.
- c) Mensajes estandarizados durante la realización de la espirometría que permitan mejorar la siguiente maniobra.
- d) Posibilidad de eliminar manualmente alguna prueba mal realizada.
- e) Permitir la calificación visual de la calidad de la prueba.
- f) Permitir en el software los comentarios del técnico y la interpretación.
- g) Alternativas para los valores de referencia para seleccionar el mejor.
- h) Uso de límites inferiores de normalidad con validez estadística, que permitan identificar automáticamente los valores que se encuentran por debajo de la normalidad.
- i) Incorporar una interpretación automática estandarizada. La interpretación debe basarse en el FEV1, FVC y su relación y se debe incluir una nota cuando no se alcanzó la reproducibilidad ideal (pobre calidad de la prueba por lo que la interpretación debe tomarse con reserva).
- j) Impresión de la calidad en el reporte y de la última calibración.

6. SITIO Y EQUIPAMIENTO PARA UN LABORATORIO DE ESPIROMETRÍA

Cuando se dispone de un sitio específico para realizar espirometrías, como un laboratorio de función pulmonar, vale la pena cuidar varios aspectos.

1. Una temperatura ambiente agradable y de preferencia constante. Esto facilita la cooperación de los pacientes y disminuye el impacto de la temperatura en la realización de las pruebas. No solo participa la temperatura ambiental en la corrección BTPS (ver sección).
2. De preferencia en un sitio amplio con ventilación adecuada y una buena ventilación que evite la exposición al resto del personal y de los pacientes si se hacen pruebas de reto.
3. Poco ruido y poca circulación alrededor y de preferencia con privacidad.
4. Una zona más apropiada para niños si se hacen pruebas para niños (ver sección apropiada). Incluye sillas pequeñas, decorado más colorido.
5. Conviene tener un barómetro y un termómetro e higrómetro ambiental. Algunos equipos los llevan incluidos. La alternativa es tener contacto con una estación meteorológica. En general, los espirómetros pueden funcionar usando la presión barométrica promedio. Sin embargo los errores que se generan por cambios de temperatura ambiental que no se toman en cuenta pueden ser grandes.
6. Broncodilatadores (salbutamol) y tubos espaciadores o reservorios, aunque algunos lugares utilizan micronebulizadores y salbutamol en solución.
7. Boquillas de diferentes tipos que puedan utilizarse en niños y adultos y ancianos con prótesis dental.
8. Pinzas o clips nasales. Son importantes sobre todo para pacientes que tienden a inhalar por la nariz después de una espiración forzada y vuelven a exhalar por la boca.
9. Estadiómetro y báscula. Conviene tener una balanza electrónica del tipo de baño con precisión de 500 g, y un estadiómetro colocado contra la pared. La típica báscula de consultorio con estadiómetro incluido que mide la talla del sujeto subido en la báscula es más imprecisa.
10. Cinta métrica para medir brazada.

1. SELECCIÓN DEL EQUIPO Y VALIDACIÓN DEL MISMO

El paso inicial en el control de calidad de las espirometrías es la selección del equipo apropiado (1). Los equipos deben llenar los criterios de calidad recomendados por la Sociedad Americana del Tórax (ATS) utilizados internacionalmente (1). Sin embargo, sólo se evalúa de manera independiente un equipo de cada marca y modelo, en una sola ocasión. De suerte que la validación de un prototipo no necesariamente implica que todos conserven las características, ni que las conserven a lo largo del tiempo. Se requiere una certificación más estricta que asegure un funcionamiento adecuado por mucho tiempo, y una buena concordancia de datos entre un grupo de equipos. Por estas razones en los lugares de referencia, sobre todo los interesados en control de calidad, conviene tener equipo para validar a los espirómetros. En este sentido el estándar de oro es una jeringa controlada por microprocesador que pueda inyectar siguiendo las 24 ondas estándar propuestas por la ATS, y las 26 ondas para instrumentos de vigilancia como el peak flow. Un alternativa más accesible es una jeringa de flujo volumen que permite simultáneamente valorar la calibración de volumen y de flujos instantáneos como el PEFr, FEF25-75, Vmax50, Vmax75.

2. COMPROBACIÓN DE CALIBRACIÓN INSTRUMENTOS

- A) Jeringas con volumen fijo. Es el instrumento estándar, habitualmente de 5 litros aunque convendría tener varios volúmenes. La calibración dinámica y de flujos se considera adecuada si la medida de volumen es constante a pesar de que la velocidad de inyección se modifique.
- B) Jeringas de flujo- volumen. Son jeringas cuyo pistón está asociado a una cremallera y microcomputadora que calcula no solo el volumen si no los flujos inyectados y varias mediciones espirométricas, como el FEV1, y flujos instantáneos. Permite una prueba de varios volúmenes y flujos por lo que se puede obtener una verificación de linealidad y de condiciones dinámicas.
- C) Pistón controlado por computadora con las 24 ondas estándar ATS o 26 ondas estándar de flujo de ATS. Es el estándar de oro ya que prueba volúmenes y flujos, y simula espirometrías comunes y corrientes con diferente grado de volumen extrapolado. Un instrumento puede dar la calibración de 3 litros (la rutinaria) y fallar la de las 24 ondas. Sin embargo es un instrumento caro que no está disponible de manera común. Como la prueba de los equipos se hace en Salt Lake City, el estándar de oro de los espirómetros es en realidad la prueba del Dr. Crapo.
- D) Estándares humanos. Voluntarios que se examinan periódicamente y su medición se utiliza para verificar al instrumento. Es una estrategia que se debe implementar más comúnmente.

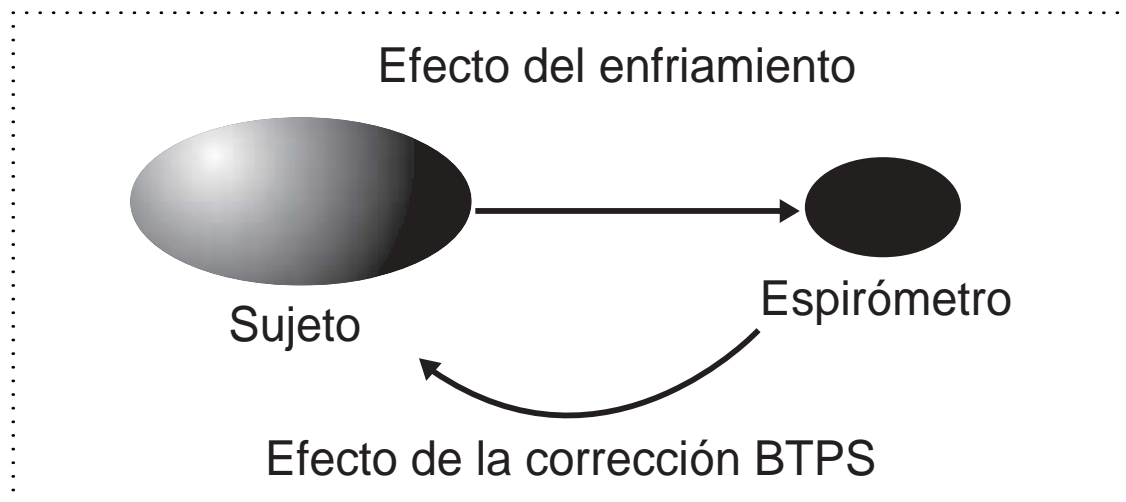
JERINGAS DE CALIBRACIÓN. PROCEDIMIENTO DE INYECCIÓN

La inyección debe simular una maniobra de FVC. Se iniciará subitamente de tal manera que el PEFr se obtenga casi inmediatamente y el volumen extrapolado permanezca dentro de un rango aceptable. La velocidad de inyección se disminuirá hacia el final de la maniobra para que el FEV1 sea menor que la FVC.

CORRECCIÓN A CONDICIONES CORPORALES (BTPS)

La medición debe corregirse a condiciones BTPS (condiciones corporales de temperatura, presión y humedad).

40



Al momento de exhalar en un espirómetro de volumen, el aire espirado pasa de estar en la temperatura corporal (digamos 37 grados centígrados) y totalmente saturado de vapor de agua, a la temperatura del espirómetro, que es la ambiental, y saturado de vapor de agua, pero a la temperatura ambiental.

El enfriamiento contrae los gases, lo mismo que la pérdida de agua, causada por que al bajar la temperatura la cantidad de agua en forma de vapor disminuye.

Esto ocasiona que el aire que mide el espirómetro de volumen (en condiciones ambientales, llamadas ATPS), es menor al que exhaló el sujeto (en condiciones corporales (BTPS)). Esta merma de volumen puede ser de alrededor del 9%, dependiendo de la temperatura ambiental y de la presión barométrica (ver tablas).

La medición espirométrica (flujos y volúmenes) deben corregirse a condiciones corporales, multiplicando por el factor BTPS que se consulta en las tablas.

IMPORTANCIA DE LA TEMPERATURA Y DE LA PRESIÓN BAROMÉTRICA EN LA CORRECCIÓN

Para hacer una corrección adecuada, se requiere medir la temperatura ambiental dentro del laboratorio con un termómetro, ya que errores de pocos grados centígrados generan errores considerables en el volumen ajustado (ver gráfica).

Por otro lado, aunque sería conveniente tener un barómetro en el laboratorio, si se utiliza la presión barométrica promedio en el área, es adecuado, ya que los errores son menores que con la temperatura.

VELOCIDAD DE REDUCCIÓN DE LA TEMPERATURA DEL AIRE EXHALADO

Tradicionalmente se ha aplicado el mismo factor de corrección BTPS al PEFR, al FEV1, al FEV6 y a la FVC, asumiendo que en todos ellos la temperatura correcta es la ambiental o la temperatura del espirómetro. Sin embargo se ha visto que el equilibrio del aire espirado a las condiciones ambientales no es instantáneo, por lo que el aire que genera el PEFR todavía tiene una temperatura más cercana a la corporal que el FEV1 y que la FVC. Esto genera errores en el ajuste que son mayores cuando la temperatura ambiental es más fría y difiere más de la corporal. Es por esto, que mientras se genera un sistema para ajustar las condiciones BTPS de manera más racional, se recomienda que la temperatura ambiental de los laboratorios esté alrededor de los 22 grados centígrados.

Al aplicar al PEFR el factor BTPS basado en la temperatura ambiental se genera una sobrevaloración del mismo ya que el factor BTPS adecuado sería el de una temperatura ambiental mayor.

La temperatura ambiental tiene efectos adicionales a la corrección BTPS. Se ha encontrado en varios estudios que a mayor temperatura ambiental, mayor función pulmonar (ajustada a BTPS). El origen de este cambio no está bien determinado, pero pudieran participar modificaciones en el funcionamiento del espirómetro y de la electrónica o errores en la corrección BTPS, sin descartar cambios en la función respiratoria reales.

7. MANIOBRA ESPIROMETRICA O DE FVC

Es recomendable que la maniobra de espirometría se complete, de acuerdo a las recomendaciones de la ATS/ERS 2005, las cuales se resumen en la Tabla 1 con algunas modificaciones prácticas:

Tabla 1. Maniobra de FVC (ATS/ERS 2005)

1. Calibrar el espirómetro verificar su calibración
2. Presentarse y explicar la prueba
3. Prepara al sujeto para la prueba.
 - a) Verificar contraindicaciones de la prueba.
 - b) Investigar tabaquismo, enfermedad reciente, uso de medicamentos (broncodilatadores y ejercicio intenso). Estas circunstancias se deben investigar pero no contraindican la prueba.
 - c) Procedimientos administrativos
 - d) Antropometría (pesar y medir al sujeto o paciente sin zapatos).
 - e) Variables de medio ambiente.
4. Instruir para la prueba:
 - a) Posición sentada con la cabez ligeramente levantada.
 - b) Inhalar rápidamente y de manera completa
 - c) Posición correcta de la boquilla (circuito abierto)
 - d) Exhalar con máximo esfuerzo
 - e) Mantener esfuerzo de exhalación hasta que se indique terminación.
5. Demostrar la prueba
6. Realizar la maniobra: Circuito Cerrado:
 - a) Colocar al sujeto en la posición correcta.
 - b) Colocar pinza nasal
 - c) Colocar correctamente la boquilla (siempre una nueva).
 - d) Inhalar de manera completa y rápida (< 1 segundo)
 - e) Exhalación máxima hasta que no se pueda expulsar más aire mientras se mantiene la posición del tronco recta con el cuello ligeramente elevado.
 - f) Estimular vigorosamente durante la exhalación.
 - g) Inspiración máxima, neuvamente rápida y completa
 - h) Repetir las instrucciones y la demostración de la maniobra si es necesario.
 - i) Repetir un mínimo de tres buenas maniobras (generalmente no se requieren más de ocho).
 - j) Revisar la repetibilidad de la prueba y realizar más maniobras si es necesario) se pueden realizar hasta quince).
7. Relizar la maniobra: Circuito abierto:
 - a) Colocar al sujeto en la posición correcta.
 - b) Colocar la pinza nasal.
 - c) Inhalar de manera completa y rápida (< 1 segundo)
 - d) Colocar correctamente la boquilla (siempre una nueva).
 - e) Exhalación máxima hasta que no se pueda expulsar más aire mientras se mantiene la posición del tronco recta con el cuello ligeramente elevado.
 - f) Estimular vigorosamente durante la exhalación.
 - g) Repetir un mínimo de tres buenas maniobras (generalmente no se requieren más de ocho).
 - h) Revisar la repetibilidad de la prueba y realizar más maniobras si es necesario) se pueden realizar hasta quince).

1. CALIBRACIÓN O VERIFICACIÓN DE CALIBRACIÓN DEL ESPIRÓMETRO

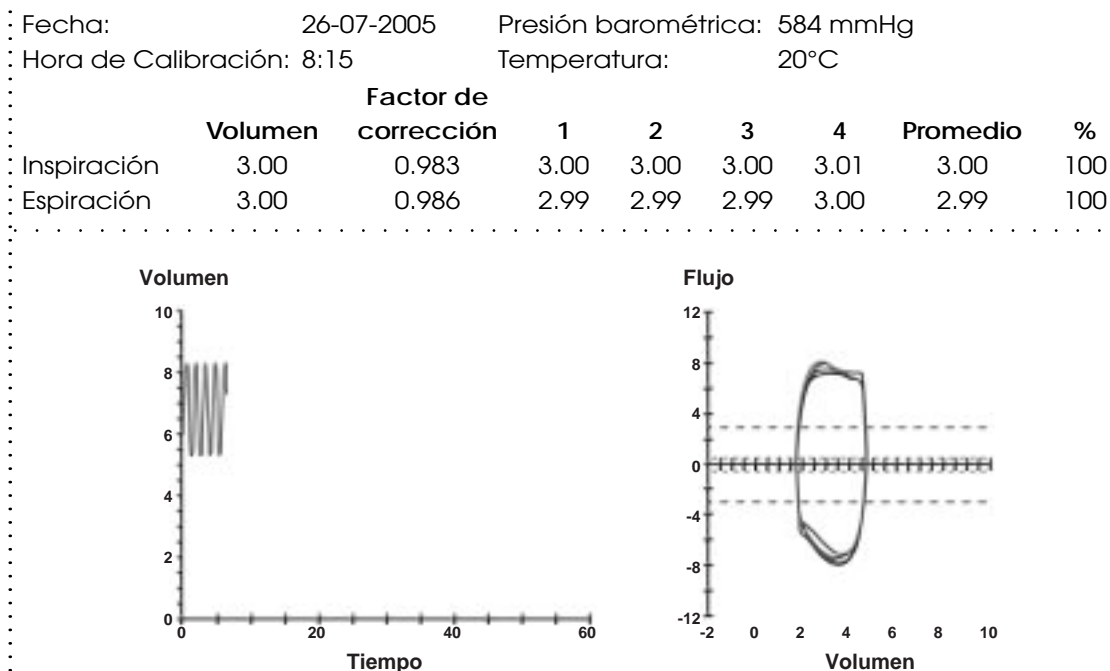


Figura 1. Calibración de un espirómetro de volumen. Se presentan los datos generales que incluyen la fecha y hora de calibración, la temperatura y la presión barométrica. La maniobra de calibración en este equipo requiere cuatro inyecciones de aire con inspiración y espiración. La variabilidad entre cada maniobra fue solo de 10 mL (2.99 a 3.01 L).

44

Calibración es el procedimiento por el cual se establece una relación entre el volumen o flujo medido por el sensor y el flujo o volumen real del calibrador (jeringa). Esta maniobra se refiere a un ajuste de ganancia eléctrica.

Verificación de calibración es un concepto diferente al de calibración. Este procedimiento se usa para validar que el espirómetro se encuentra dentro de los límites de calibración (exactitud), $\pm 3\%$. Si el dispositivo falla la señal de calibración, esta debe repetirse o el equipo debe enviarse a mantenimiento o revisión.

Todo espirómetro debe ser calibrado o verificado en calibración diariamente para volumen, antes de realizar la prueba al inicio de labores y cada vez que haya duda de su exactitud. En algunos estudios de investigación se ha hecho calibración al inicio y al final del día, y en otros, al inicio al final y cada 4 horas de trabajo. Siempre se deben utilizar jeringas de 3.00 L ya que una calibración o verificación de calibración a menor volumen no garantiza que el sensor funcione bien a mayores volúmenes. Las jeringas de 3.00 L deben tener una exactitud de 15 mL o al menos, $\pm 0.5\%$ del volumen

- ³ En general los modernos espirómetros lo hacen automáticamente y con la temperatura se ajusta la medición a condiciones BTPS, condiciones corporales. En los espirómetros antiguos se debe hacer la medición. Se genera un error considerable con pocos grados de diferencia de la realidad. El principal problema es que la temperatura ambiental puede cambiar muchos grados en una jornada de trabajo.
- ⁴ Con utilizar la presión barométrica promedio del sitio de trabajo es suficiente. Los errores por las modificaciones circadianas y estacionales de la presión barométrica son muy pequeños.

absoluto (15 mL para una jeringa de 3.00 L). Las jeringas deben ser evaluadas (calibradas en volumen) periódicamente, de acuerdo a las recomendaciones del fabricante. Una jeringa accidentalmente golpeada o en la que se desplace accidentalmente el tope del émbolo puede quedar descalibrada. Asimismo, las jeringas deben ser revisadas para fugas, al menos una vez al mes. Esto se hace fácilmente si se trata de desplazar el émbolo con el orificio ocluido.

Siempre debe asegurarse una conexión sólida y hermética entre jeringa y espirómetro, especialmente cuando no se utilicen jeringas originales del espirómetro. La inyección con la jeringa durante la calibración debe simular una maniobra de FVC. Se iniciará súbitamente de tal manera que el PEF se obtenga casi inmediatamente y el volumen extrapolado permanezca dentro de un rango aceptable. La velocidad de inyección se disminuirá hacia el final de la maniobra para que el FEV1 sea menor que la FVC. Las mediciones de calibración deben fluctuar entre 2.95 y 3.05 L (variación de 50 mL). Sin embargo, La ATS/ERS aceptan entre 2.91 y 3.09 L o una variación del 3%). Asimismo, es importante que para realizar la calibración o verificar la calibración se sigan las recomendaciones del fabricante para cada equipo. La mayoría, de los espirómetros actuales tienen menús especiales en el programa, para realizar y almacenar los datos de calibración.

2. PRESENTARSE Y EXPLICAR LA PRUEBA

Antes de iniciar la prueba el Técnico debe presentarse con el sujeto o paciente y tratar de entablar una relación cordial que a su vez ayuda a tranquilizar al individuo. Asimismo, se debe explicar la prueba. En términos generales, hemos encontrado que la siguiente explicación es la más comprendida para la mayoría de las personas:

“La espirometría es una prueba sencilla que sirve para medir el tamaño de sus pulmones y ver si sus bronquios se encuentran obstruidos”

3. PREPARAR AL SUJETO PARA LA PRUEBA

Primero se deben investigar las contraindicaciones para realizar una espirometría; todas ellas son relativas y se resumen en la Tabla 2.

Tabla 2. Contraindicaciones para espirometría

1. Infarto miocárdico reciente o crisis cardíaca.
2. Enfermedad cardíaca o crisis cardíaca reciente.
3. Cirugía reciente (ojos, oído, tórax o abdomen).
4. Embarazo avanzado o con complicaciones.
5. Estado de salud precario, inestabilidad cardiovascular, fiebre, náusea, vómitos etc.
6. Neumotórax.
7. Tuberculosis activa sin tratamiento, influenza o infección contagiosa.
8. Hemoptisis.
9. Aneurismas grandes, cerebral, abdominal, torácico.
10. Sello de agua o traqueotomía.
11. ¿Otitis media?

Asimismo, deben investigarse datos generales (nombre completo, edad y sexo) del individuo y sus antecedentes inmediatos que pueden influir en los resultados del estudio (tabaquismo, enfermedades recientes, especialmente infecciones respiratorias, uso de medicamentos broncodilatadores y ejercicio intenso). Esta información puede ser recolectada con cuestionarios breves y estandarizados que agilizan las pruebas

CUESTIONARIO PREVIO A LA ESPIROMETRÍA (VER ANEXO 1)

Este cuestionario preguntará adicionalmente sobre exposición reciente al tabaco, al ejercicio o a una infección respiratoria aguda para que se pueda tomar en cuenta en el análisis. NO SE DEBE RECHAZAR UN SUJETO POR NINGUNO DE ESTOS MOTIVOS solo debe quedar registrado para poderse ajustar en el momento del análisis. Además, cuestionario suele incluir las contraindicaciones. Si algún antecedente es positivo no es motivo estricto de cancelación de la prueba, pero, deben ser registrados. Los sujetos o pacientes deben estar libres de infección respiratoria durante las tres semanas previas al estudio. Debe evitarse o, al menos, registrarse el uso de medicamentos broncodilatadores previo a la espirometría. En la actualidad, existen medicamentos de este tipo con efectos de 6 a 24 horas, por lo que deben suspenderse el tiempo necesarios, según sea el caso. En el Anexo 2, se enlistan los broncodilatadores comercialmente disponibles y su tiempo de duración mismo que debe evitarse antes del estudio. Asimismo, el tabaquismo agudo puede disminuir la función pulmonar y se recomienda se suspenda, al menos, tres horas de la prueba; también. Además, para la interpretación de la prueba es de gran utilidad cuantificar el grado de tabaquismo, de acuerdo a dos preguntas sencillas que investiguen: 1) el número total de años fumados en la vida del individuo; y 2) el número promedio de cigarros fumados por día. Con esta información se puede obtener el índice tabáquico (IT) en paquetes año:

$$IT = (\text{NÚMERO DE CIGARROS POR DÍA} * \text{NÚMERO TOTAL DE AÑOS DE TABAQUISMO}) / 20$$

La medición de peso y estatura es fundamental para el cálculo de valores de referencia. Estas variables, no deben interrogarse; deben obtenerse sin zapatos usando básculas y altímetros estandarizados. En caso de individuos con limitaciones físicas que no permitan obtener medición directa de la estatura, se puede usar la longitud total de los brazos extendidos.

PROCEDIMIENTOS ADMINISTRATIVOS

Durante la preparación del sujeto debe tomarse todas las variables administrativas requeridas por el equipo y el Laboratorio. En general se recomienda que siempre se incluyan las siguientes variables:

1. Número de registro único y progresivo que identifique a la persona
2. Registro del técnico
3. Verificar género
4. Edad
5. Peso en Kg sin calzado
6. Talla en cm sin calzado
7. Temperatura ambiental (se requiere termómetro)³
8. Altura sobre el nivel del mar y presión barométrica promedio⁴

La identificación del espirómetro y del Técnico es fundamental para los procesos de control de calidad. El equipo tiene un número de serie que se descarga automáticamente en las computadoras cuando se transmite la información de las pruebas realizadas. Asimismo, cada técnico se debe identificar con una clave. Esta clave debe ser única de tal manera que durante el análisis de los resultados se pueda tomar en cuenta el técnico realizando los estudios La hora de la espirometría se captura automáticamente.

ANTROPOMETRÍA. MEDICIÓN DEL PESO Y DE LA TALLA.

Antes de cada estudio se pesa y mide al paciente. El peso en Kg (sin fracciones, redondeando al número completo más cercano); la talla sin calzado se captura en centímetros sin fracciones. SE REQUIERE MEDIR, NO SOLO PREGUNTARLE AL PACIENTE LA TALLA Y EL PESO, QUE TIENE BASTANTES ERRORES. En caso de que el paciente no pueda ponerse de pie o haya deformidades que ocasionen que la talla vertical sea una subestimación importante de la longitud del cuerpo, conviene tener

también la brazada (ver sección de situaciones especiales). En general, la medición adecuada de peso y talla, requiere de un proceso de estandarización como el descrito por Habitch y colaboradores, además de instrumentos confiables que incluyen una verificación de la calibración con pesos estándares. La talla tiende a disminuir con la edad, lo que se acentúa en sujetos con osteoporosis por ejemplo. Es por ello que algunos autores recomiendan utilizar como comparativo la talla máxima obtenida en la vida. Sin embargo, en el momento actual, los valores de referencia se generan con la medición directa de la talla de adultos y ancianos por lo que la comparación es válida, utilizando la talla real. Se ha intentado en varios estudios la medición adicional de la talla sentado, y el segmento tronco/talla, con el fin de tener una mejor estimación de la longitud torácica. Esta medición disminuye parcialmente la variación funcional observada en la raza negra. Sin embargo, no la elimina por completo así como no modifica otras variaciones étnicas. Adicionalmente es una medición que tiene mucha mayor variación que la de la talla de pie. Es importante aclarar que lo que se busca con la antropometría es una estimación del tamaño pulmonar. La talla ofrecería una estimación de la longitud pulmonar y del volumen, solamente que en los cuerpos el crecimiento en el diámetro torácico transversal y anteroposterior se haga en proporción al crecimiento longitudinal. A la misma talla, el hombre tiene mayor volumen pulmonar, por lo que la talla es sólo una aproximación al volumen pulmonar. Las mediciones que pudieran tener una relación mayor con las dimensiones laterales y anteroposteriores, como la circunferencia torácica, tienen una gran variabilidad y están afectadas por el depósito de grasa por lo que son poco confiables.

VARIABLES DE MEDIO AMBIENTE

Temperatura ambiental: Se requiere llevar un control de la temperatura ambiental

La temperatura del espirómetro, se incluye en los datos y se mide con un termómetro digital colocado sobre la pared del espirómetro. La temperatura del equipo es importante para la transformación automática de las mediciones a condiciones de temperatura corporal (condiciones BTPS). Adicionalmente, se ha encontrado que las mediciones espirométricas tienen una correlación con la temperatura del espirómetro aún después de hacer el ajuste a condiciones BTPS. Esto puede ser debido a modificaciones en el desempeño espirométrico con la temperatura.

Presión barométrica y altitud: Para el estudio es importante contar con la altitud de la zona y la presión barométrica promedio. La presión barométrica varía durante el año, pero los cambios influyen de una manera despreciable en las mediciones espirométricas si se utiliza el promedio.

4. INSTRUCCIÓN PARA LA PRUEBA

El Técnico debe instruir sobre los pasos de la espirometría que incluyen: 1) la posición correcta para la prueba (ver maniobra); 2) la colocación de la pinza nasal y de la boquilla, esta última debe sujetarse con los dientes, sellar bien los labios alrededor de la boquilla y evitar obstruirla con la lengua; 3) Se debe instruir para que el individuo inhale de manera rápida y completa hasta que llegue a su capacidad pulmonar total; y 4) explicar que la exhalación es con máximo esfuerzo y sostenida hasta que el técnico indique la terminación del esfuerzo.

5. DEMOSTRACIÓN DE LA PRUEBA

Es indispensable que después de la instrucción de la prueba el Técnico demuestre como debe ser la maniobra, resaltando los pasos instruidos. De esta, manera resulta más claro para el individuo como debe realizar la maniobra.

6. EJECUCIÓN DE LA MANIOBRA

La maniobra de FVC requiere de tres pasos fundamentales:

1. Inspiración máxima
2. Exhalación explosiva
3. Exhalación continua y sostenida hasta el final de la maniobra

La maniobra espirométrica puede realizarse con circuito cerrado o circuito abierto (Tabla 1). En circuito cerrado el individuo inhala y exhala desde y hacia el espirómetro mientras que en la maniobra de circuito abierto el individuo solo exhala hacia el espirómetro durante la espiración forzada. La maniobra de circuito cerrado tiene la desventaja de que el individuo inhala directamente del espirómetro donde pueden existir contaminantes, por lo que es recomendable que en esta maniobra se utilicen filtros para bacterias y virus respiratorios. En este caso la calibración del equipo debe incluir el filtro.

MANIOBRA DE CIRCUITO CERRADO

1. Primero debe colocarse al sujeto en la posición correcta. En general la espirometría puede realizarse con el individuo sentado o parado sin encontrar grandes diferencias en los resultados. Sin embargo, los estándares actuales (ATS/ERS 2005) por seguridad recomiendan que la ejecución de la prueba se realice con el individuo sentado en una silla fija (sin ruedas) que tenga descansa-brazos. Individuos mayores y enfermos pulmonares, pueden presentar mareo o desmayo durante la espiración forzada. Además, la posición siempre debe ser con el tronco erguido y la cabeza ligeramente elevada y esta debe mantenerse durante todo el esfuerzo espiratorio.
2. Se recomienda colocar pinza nasal, lo que evita que el individuo vuelva a inhalar por la nariz durante la maniobra.
3. El Técnico debe asegurarse que el individuo se coloca adecuadamente la boquilla (siempre debe usarse una boquilla nueva en cada paciente).
4. Después de una o dos respiraciones normales (en volumen corriente) se indica que se realice inspiración rápida y máxima, <1 segundo, hasta llegar a capacidad pulmonar total.
5. Se indica inicio de exhalación que debe ser explosivo (con máximo esfuerzo) y se estimula **vigorosamente** ("siga soplando", "mantenga el esfuerzo", etc.) hasta que se alcance un criterio de terminación (más de seis segundos de exhalación y meseta de dos segundos sin incremento de volumen en la curva volumen tiempo (ver criterios de aceptabilidad y reproducibilidad).
6. Se indica inspiración máxima, nuevamente rápida y completa, hasta llegar nuevamente a la capacidad pulmonar total
7. En caso de una maniobra fallida, se deben repetir las instrucciones y la demostración.
8. Se requiere completar un mínimo de tres buenos esfuerzos que llenen criterios de aceptabilidad, para ello generalmente no requiere realizar más de ocho maniobras.
9. Se deben revisar los criterios de repetibilidad y si es necesario se pueden realizar hasta 15 maniobras para alcanzar estos.
10. Observar los mensajes de error de los equipos.

MANIOBRA DE CIRCUITO ABIERTO

1. Primero debe colocarse al sujeto en la posición correcta. En general la espirometría puede realizarse con el individuo sentado o parado sin encontrar grandes diferencias en los resultados. Sin embargo, los estándares actuales (ATS/ERS 2005) por seguridad recomiendan que la ejecución de la prueba se realice con el individuo sentado en una silla fija (sin ruedas) que tenga descansa-brazos. Individuos mayores y enfermos pulmonares, pueden presentar mareo o desmayo durante la espiración forzada. Además, la posición siempre debe ser con el tronco erguido y la cabeza ligeramente elevada y esta debe mantenerse durante todo el esfuerzo espiratorio.
2. Se recomienda colocar pinza nasal, lo que evite que el individuo vuelva a inhalar por la nariz durante la maniobra.
3. Sin tener la boquilla puesta, se indica que se realice inspiración rápida y máxima, <1 segundo, hasta llegar a capacidad pulmonar total.
4. El Técnico debe asegurarse que se coloca adecuadamente la boquilla (siempre debe usarse una boquilla nueva en cada paciente).
5. Se indica inicio de exhalación que debe ser explosivo (con máximo esfuerzo) y se estimula **vigorosamente** ("siga soplando", "mantenga el esfuerzo", etc.) hasta que se alcance un criterio de terminación (más de seis segundos de exhalación y meseta de dos segundos sin incremento de volumen en la curva volumen tiempo (ver criterios de aceptabilidad y reproducibilidad).
6. El individuo debe retirarse de la boquilla para inhalar nuevamente.
7. En caso de una maniobra fallida, se deben repetir las instrucciones y la demostración.
8. Se requiere completar un mínimo de tres buenos esfuerzos que llenen criterios de aceptabilidad, para ello generalmente no requiere realizar más de ocho maniobras.
9. Se deben revisar los criterios de repetibilidad y si es necesario se pueden realizar hasta 15 maniobras.

ANEXO 1. CUESTIONARIO DE ESPIROMETRÍA

REGISTRO: _____

FECHA: _____

NOMBRE: _____

FECHA DE NACIMIENTO: _____

EDAD: _____

PREGUNTAS PARA TODOS LOS CANDIDATOS A ESPIROMETRIA (RELACIONADAS A CRITERIOS DE EXCLUSION)

1. Tuvo desprendimiento de la retina o una operación (cirugía) de los ojos, torax o abdomen, en los últimos 3 meses?

_____ SI _____ NO

2. ¿Ha tenido algún ataque cardíaco o infarto al corazón en los últimos 3 meses?

_____ SI _____ NO

3. ¿Ha estado hospitalizado (a) por cualquier otro problema del corazón en los últimos 3 meses?

_____ SI _____ NO

4. ¿Está usando medicamentos para la tuberculosis, en este momento?

_____ SI _____ NO

5. En caso de ser mujer: ¿Esta ud. embarazada actualmente?

_____ SI _____ NO

PARA SER LLENADO POR EL TECNICO

ENFERMEDADES EN HOSPITAL

6. HEMOPTISIS 1 SI 2 NO

7. PNEUMOTORAX 1 SI 2 NO

8. TRAQUEOSTOMIA 1 SI 2 NO

9. SONDA PLEURAL 1 SI 2 NO

10. ANEURISMAS 1 SI 2 NO

CEREBRAL, ABDOMEN, TORAX

11. EMBOLIA PULMONAR 1 SI 2 NO

12. INFARTO RECIENTE 1 SI 2 NO

13. INESTABILIDAD CV 1 SI 2 NO

14. FIEBRE, NAUSEA VOMITO 1 SI 2 NO

15. EMBARAZO AVANZADO 1 SI 2 NO

16. EMBARAZO COMPLICADO 1 SI 2 NO

PREGUNTAS PARA TODOS LOS ENTREVISTADOS QUE NO TIENEN LOS CRITERIOS DE EXCLUSION Y QUE POR LO TANTO DEBEN HACER LA ESPIROMETRIA

1. Tuvo una infección respiratoria (resfriado), en las últimas 3 semanas?

1 SI 2 NO

2. Tuvo infección en el oído en las ULTIMAS 3 SEMANAS?

1 SI 2 NO

3. Uso aerosoles (sprays inhalados) o nebulizaciones con broncodilatadores, en las últimas 3 horas?

1 SI 2 NO

4. ¿Ha usado algun medicamento broncodilatador tomad en las últimas 8 horas?

1 SI 2 NO

5. ¿Fumo (cualquier tipo de cigarro), en las últimas dos horas?

1 SI Cuántos _____ 2 NO

6. ¿Realizó algún ejercicio físico fuerte (como gimnasia, caminata o trotar), en la última hora?

1 SI 2 NO

7. ¿Comió en la última hora?

1 SI 2 NO

Para ser llenado por el Técnico?

Frecuencia Cardíaca? _____

Comentarios a la Prueba:

ANEXO 2. LISTA DE MEDICAMENTOS BRONCODILADORES DISPONIBLES EN MÉXICO

Nombre genéricos	Nombre comercial	Frecuencia de Administración
Broncodilatadores Inhalados		
-.2 Agonistas solos		
Salbutamol	Assal, Aurosal, Salamol Salbutalan, Ventolin	Cada 6 h
Formoterol	Foradil, Oxis	Cada 12 h
Salmeterol	Serevent	Cada 12 h
Anticolinérgicos		
Ipratropio	Atrovent	Cada 6 h
Tiotropio	Spiriva	Cada 24 h
-.2 Agonistas combinados con anticolinérgicos		
Salbutamol + Ipratropio	Combivent	Cada 6 h
Fenoterol + Ipratropio	Berodual	Cada 12 h
_.2 Agonistas combinados con esteroides		
Salbutamol + Beclometasona	Ventide	Cada 6 h
Salmeterol + Fluticasona	Seretide	Cada 12 h
Formoterol + Budesonida	Symbicort	Cada 12 h
Broncodilatadores Orales		
-.2 Agonistas solos		
Salbutamol	Assal, Aedox FC, Salamol, Ventolin, Volmax	Cada 6-8 h Volmax c/12 h
Combinados con mucolíticos		
Salbutamol	Aeroflux, Fluxol, Musaldox	Cada 6 h
Metil- Xantinas		
Teofilina	Slobid, Teolong, Theodur,	
Aminofilina (combinada con Isoprenalina y Bromhexina)	Isobutil	Cada 8 h
Teofilina combinada con Ambroxol	Aminoefedrison	Cada 8 h

8. GRÁFICAS VOLUMEN-TIEMPO Y FLUJO-VOLUMEN

Las gráficas volumen-tiempo (VT) y flujo-volumen (FV) deben estar siempre incluidas en una espirometría. Durante la realización de la maniobra de FVC es recomendable que el Técnico siempre visualice, al menos una de las dos gráficas, y ambas antes de concluir el estudio. Al final, el reporte espirométrico debe contar con ambas gráficas, idealmente para las tres maniobras de FVC.

Las gráficas VT y FV son de utilidad para valorar la calidad de la maniobra: el grado de esfuerzo, duración del esfuerzo y la presencia de artefactos; así como para fines de interpretación. Mientras la gráfica FV nos indica como es el inicio de la maniobra, la gráfica VT no describe como es el final. El contar con ambas gráficas nos permite describir de manera visual el esfuerzo inicial (curva FV), el criterio de terminación (curva VT), el volumen exhalado (FVC) y los flujos espiratorios (FEV1, PEF, etc.). Asimismo, pueden facilitar la interpretación diagnóstica.

GRÁFICA VOLUMEN-TIEMPO

La gráfica volumen tiempo con frecuencia llamada solo espirograma presenta el tiempo en segundos en el eje horizontal (x) contra el volumen en litros en el eje vertical (y). La gráfica debe tener una escala de al menos 1 cm/L de volumen y una resolución de 0.25 L; el eje horizontal debe tener una resolución de 2 cm por segundo y una resolución de 0.20 segundos. Un espirograma aceptable muestra un inicio abrupto con un incremento brusco en el volumen durante el primer segundo de la espiración. Posteriormente, alcanza una transición o rodilla de la curva entre los segundo 1 y 2 y finalmente una meseta donde a pesar de pasar varios segundos hay poco incremento en el volumen. La mayoría de los adultos alcanzan la FVC antes del segundo 6; sin embargo, algunos adultos mayores o personas con obstrucción al flujo aéreo requieren más de 10 segundos de espiración. Técnicamente, se requiere de una meseta de, al menos, un segundo donde el volumen no cambia más de 25 mL, para decir que el individuo ha alcanzado su FVC. En esta gráfica es fácil identificar la FVC una vez que el individuo ha alcanzado la meseta de un segundo, el FEV1 y FET.

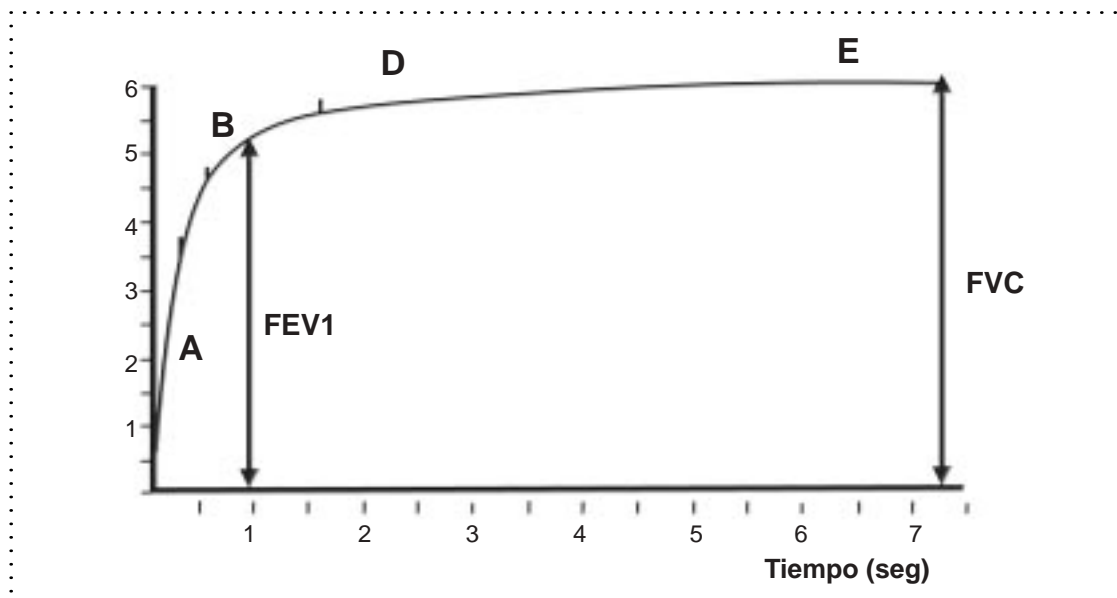


Figura 8.1. Ejemplo de curva volumen tiempo (VT). Se grafica el tiempo en segundos (eje-x) contra el volumen en litros (eje-y). Una curva de buena calidad muestra un ascenso vertical rápido (A), una transición en el volumen o rodilla (B), y una meseta que describe la duración del esfuerzo. La terminación adecuada o meseta técnica se alcanza al final (E) cuando no hay cambios de volumen mayores a 25 ML por al menos 1 segundo. En esta curva se identifica con facilidad la FVC, el FEV1 y la duración del esfuerzo espiratorio.

GRÁFICA FLUJO-VOLUMEN

La grafica flujo volumen presenta el comportamiento del flujo espiratorio (equivalente a la aceleración del volumen) en el eje vertical contra el volumen espirado en el eje horizontal. El flujo debe presentarse en una escala debe ser de al menos de 5 mm/L/s con una resolución de 0.100 L/s mientras el volumen debe manejarse en una escala de 1 cm/L con una resolución de 0.025 L. Esta curva tiene una fase espiratoria de forma triangular y una fase inspiratoria de forma semicircular que se presentan por arriba y por abajo, respectivamente, del eje horizontal. La fase espiratoria tiene un ascenso muy vertical y que termina en un pico o PEF que se alcanza antes de los 0.12 segundos de la espiración. Esta curva es de gran utilidad para evaluar el esfuerzo inicial del paciente; además del PEF, se identifican fácilmente los FEF a diferentes proporciones de la FVC que se alcanza al final de la fase espiratoria.

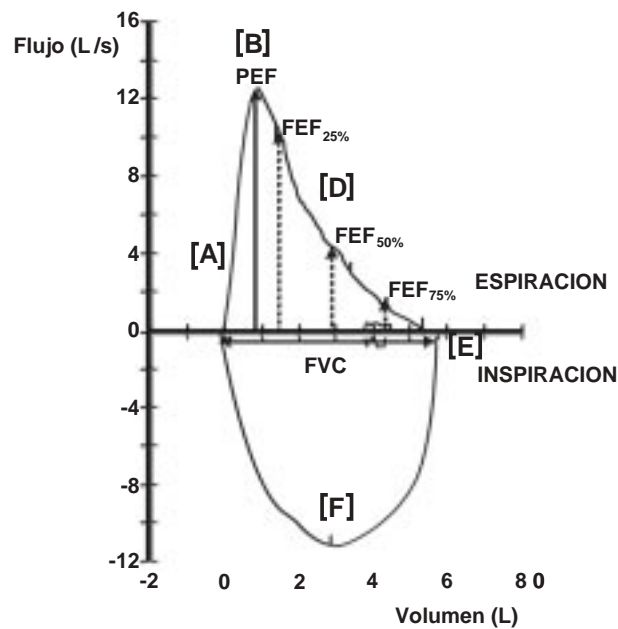


Figura 8.2. Ejemplo de curva flujo-volumen (FV). Se grafica el tiempo el volumen en litros (eje-x) contra el flujo en litros/segundo (eje-y). La fase espiratoria, en forma de triángulo, se muestra por arriba del eje horizontal y por debajo de este la fase inspiratoria en forma de semicírculo. Una curva de buena calidad muestra un ascenso muy vertical (A), la generación de un flujo máximo, pico o PEF (B), una caída progresiva del flujo conforme (C) avanza el volumen hasta llegar de forma progresiva al flujo cero que coincide con la FVC (E). La fase inspiratoria es semicircular e iguala el volumen espirado. En esta curva se identifica con facilidad la FVC y el PEF.

En resumen ambas gráficas (FV y VT) son complementarias y nos describen tres variables fundamentales, volumen, flujo y tiempo. Estas variables se podrían presentar en una sola gráfica (Figura 3), pero que sería mucho más difícil de general para los espirómetros comunes y de evaluar durante la ejecución y la interpretación de la espirometría.

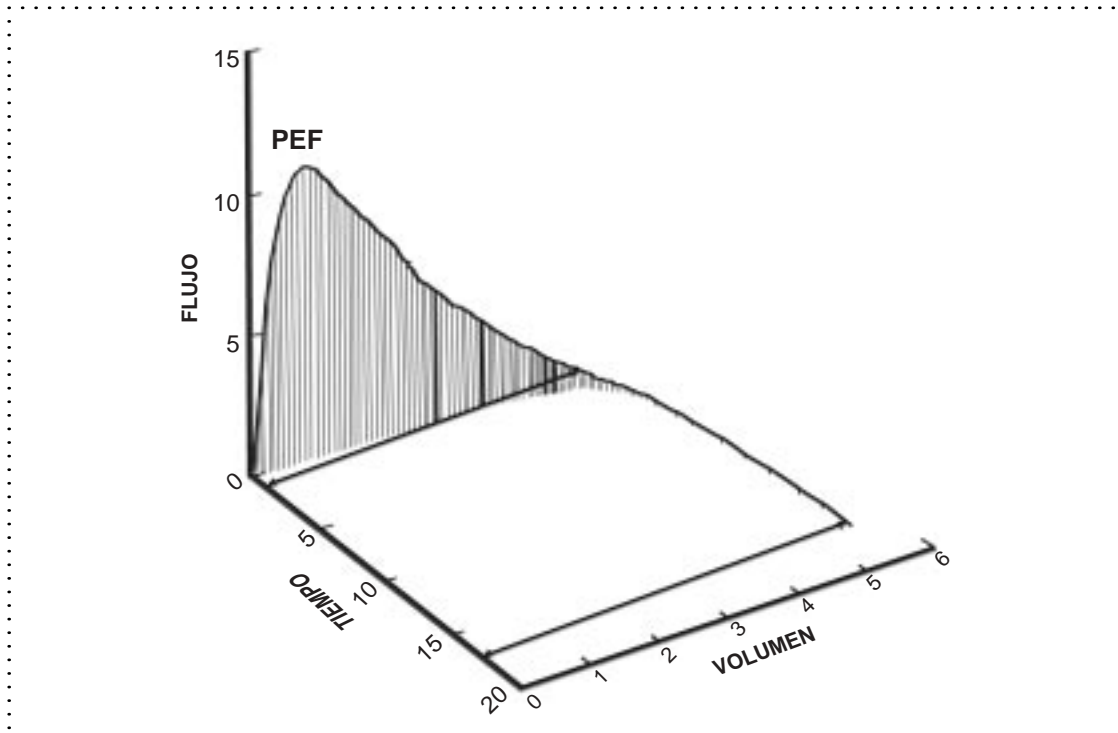


Figura 8.3. Ejemplo de curva flujo-volumen-tiempo (FVT). Solo se genera con fines didácticos, para demostrar similitudes y diferencias entre sus componentes. Ningún espirómetro la genera de manera habitual. En la práctica es más fácil evaluar las curvas VT y FV por separado.

9. CRITERIOS DE ACEPTABILIDAD Y REPETIBILIDAD

Para obtener una espirometría de buena calidad es imprescindible que se obtengan al menos tres maniobras de FVC que reúnan los criterios de aceptabilidad y repetibilidad descritos por la ATS/ERS. En la Figura 1 se resumen los pasos recomendados para alcanzar este objetivo.

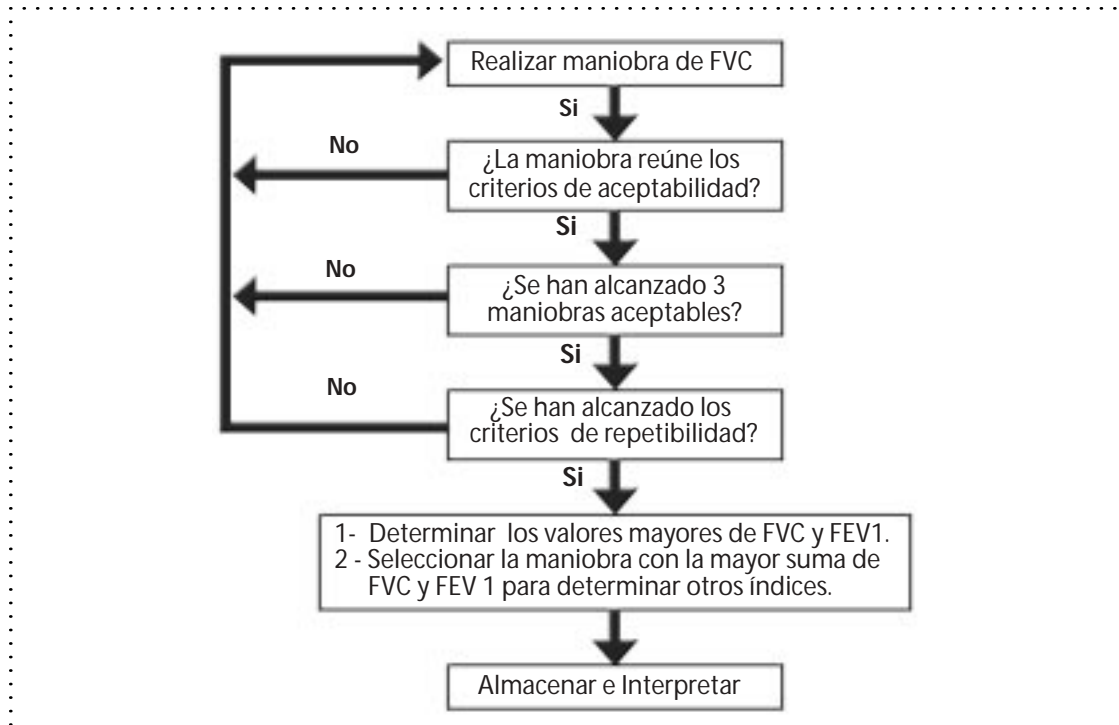


Figura 9.1. Algoritmo de pasos recomendados por la ATS/ERS para la ejecución de las maniobras de FVC para obtener una espirometría de buena calidad.

Durante y al final de la realización de cada maniobra de FVC se deben aplicar los criterios de aceptabilidad. En resumen estos criterios determinan un buen inicio de la espiración, que la maniobra sea libre de artefactos y que la terminación sea adecuada.

CRITERIOS DE ACEPTABILIDAD

- **Inicio adecuado:**
 - Volumen extrapolado <0.15 L o 5% FVC.
 - Elevación abrupta y vertical en la curva flujo volumen.
- **Libre de artefactos:**
 - Sin terminación temprana.
 - Sin tos.
 - Sin cierre glótico.
 - Sin esfuerzo variable.
 - Sin exhalaciones repetidas.
 - Sin obstrucción en boquilla o fuga alrededor de la misma.
 - Sin errores de línea de base (sensores de flujo).
- **Terminación adecuada:**
 - Sin cambios >0.025 L por al menos 1 segundo en la curva volumen-tiempo y el sujeto ha exhalado al menos 3 segundos (<10 años) o 6 segundos (≥10 años).
 - El sujeto no puede continuar exhalando.

INICIO ADECUADO DE LA MANIOBRA DE FVC

Para determinar si el inicio de la exhalación es adecuado durante la maniobra de FVC se utiliza el método de extrapolación retrógrada. Este método determina un "nuevo tiempo cero" que marca el comienzo para todas las mediciones cronometradas (FEV1, FEV6, etc.). El método de medición manual de extrapolación retrógrada y el volumen extrapolado se describen en detalle en el capítulo de mediciones espirométricas. En resumen este método determina el nuevo tiempo cero cuando sobre una recta que sigue la mayor pendiente del inicio de la exhalación en la curva volumen-tiempo (Figura 2). Para mediciones computarizadas es recomendable que el espirómetro muestre en pantalla la gráfica volumen tiempo con al menos 0.25 segundos (idealmente 1 segundo) previo al tiempo cero; además, la extrapolación retrógrada debe obtenerse de la mayor pendiente del inicio de la exhalación promediada sobre un periodo de 80 milisegundos. El método de extrapolación retrógrada también permite obtener el volumen extrapolado (Figura 2). Un volumen extrapolado menor a 150 mL o 5% de la FVC (el que sea mayor) permite un tiempo cero exacto y asegura que el FEV1 provenga del máximo esfuerzo.

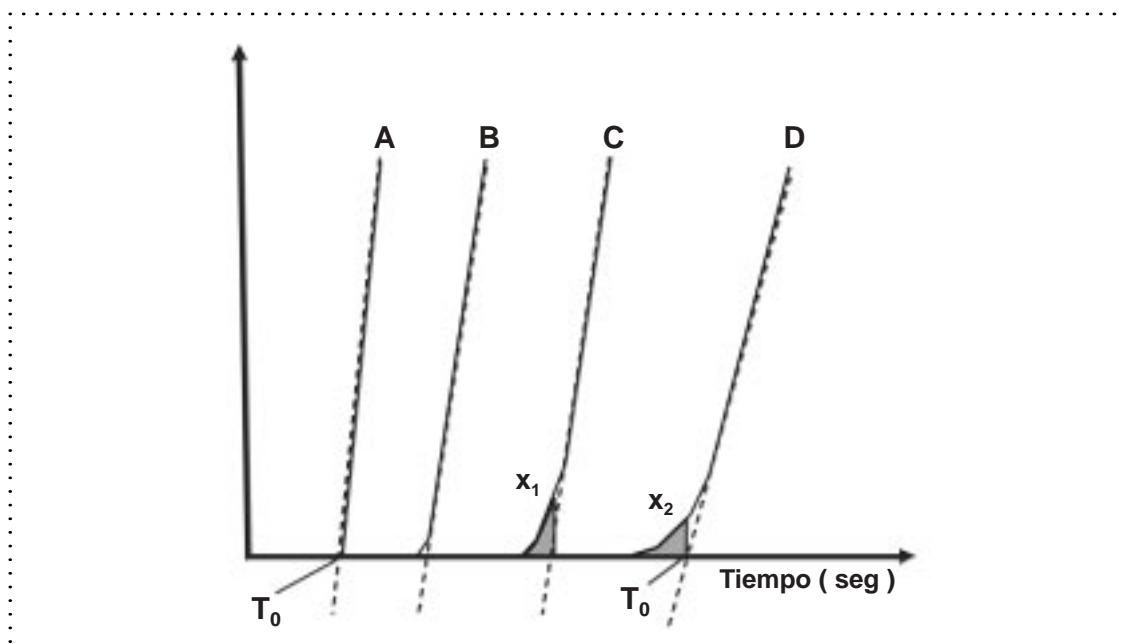


Figura 9.2. El método de extrapolación retrógrada (línea punteada) marca el "nuevo tiempo cero" (T_0). Esta línea se traza sobre la parte de mayor pendiente del inicio de la espiración en la grafica volumen-tiempo. En la curva A el T_0 coincide plenamente con la curva mientras que en las gráficas subsiguientes (B, C y D) el T_0 se encuentra progresivamente desplazado a la derecha. El T_0 marca el comienzo de todas las mediciones cronometradas. El volumen extrapolado (áreas sombreadas) se obtiene trazando una línea perpendicular (en 90 grados) desde el T_0 hasta la curva espirométrica (X_1 o X_2). Si el volumen extrapolado es mayor de 150 mL o el 5% de la FVC (el que sea mayor) se considera una maniobra no aceptable.

Otro criterio para un comienzo adecuado de la maniobra de FVC es un inicio abrupto y vertical que alcanza la formación de un pico (PEF) en la curva flujo-volumen.

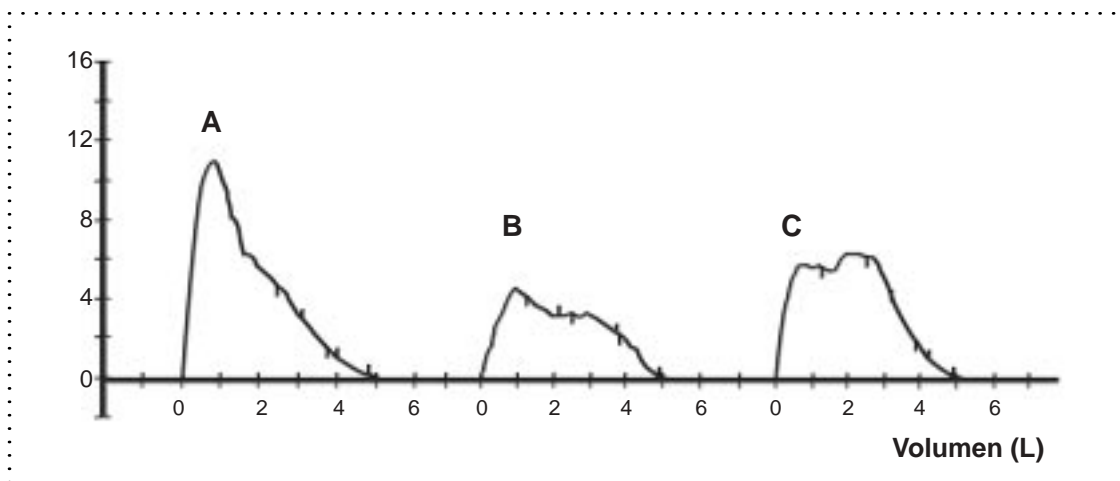


Figura 9.3. Curvas flujo-volumen registradas con diferentes grados de esfuerzo espiratorio. La gráfica 3A muestra una curva con esfuerzo máximo ilustrado por inicio abrupto y muy vertical hasta la formación de un pico que corresponde al flujo máximo o PEF. Las graficas subsecuentes (B y C) muestran esfuerzos submáximos o variables que coinciden con volúmenes extrapolados elevados.

ARTEFACTOS FRECUENTES DURANTE LA MANIOBRA DE FVC

TERMINACIÓN TEMPRANA

La terminación temprana es un error frecuente en la maniobra de FVC. Habitualmente el individuo percibe que ha exhalado la mayor parte de aire y tiende a interrumpir el esfuerzo espiratorio. Para evitar este error es recomendable que durante la instrucción del individuo se explique claramente que debe mantener el esfuerzo aunque perciba que ya casi no saca aire. En la Figura 3 Se muestra un ejemplo de terminación temprana.

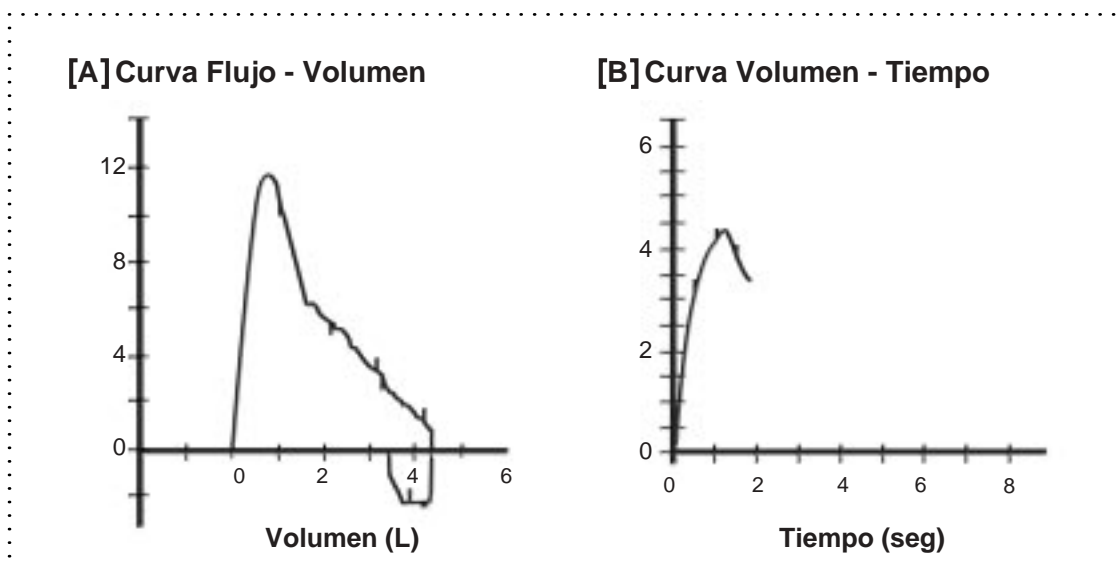


Figura 9.4. Ejemplo de esfuerzo espiratorio con terminación temprana. La gráfica flujo-volumen se traza casi de manera completa, excepto por la caída abrupta a flujo cero y el inicio de la inspiración. En contraste en la gráfica volumen-tiempo se nota claramente la duración del esfuerzo es menor a dos segundos y con inicio de inspiración (Figura 4B).

TOS DURANTE EL PRIMER SEGUNDO

La presencia de tos durante el primer segundo de la espiración generalmente afecta la medición del FEV1 y estos esfuerzos deben considerarse inaceptables. Este artefacto se observa en forma de escalones en la curva volumen-tiempo y con oscilaciones grandes en el flujo en la curva F-V. La Figura 3 muestra un ejemplo claro de tos en estas curvas.

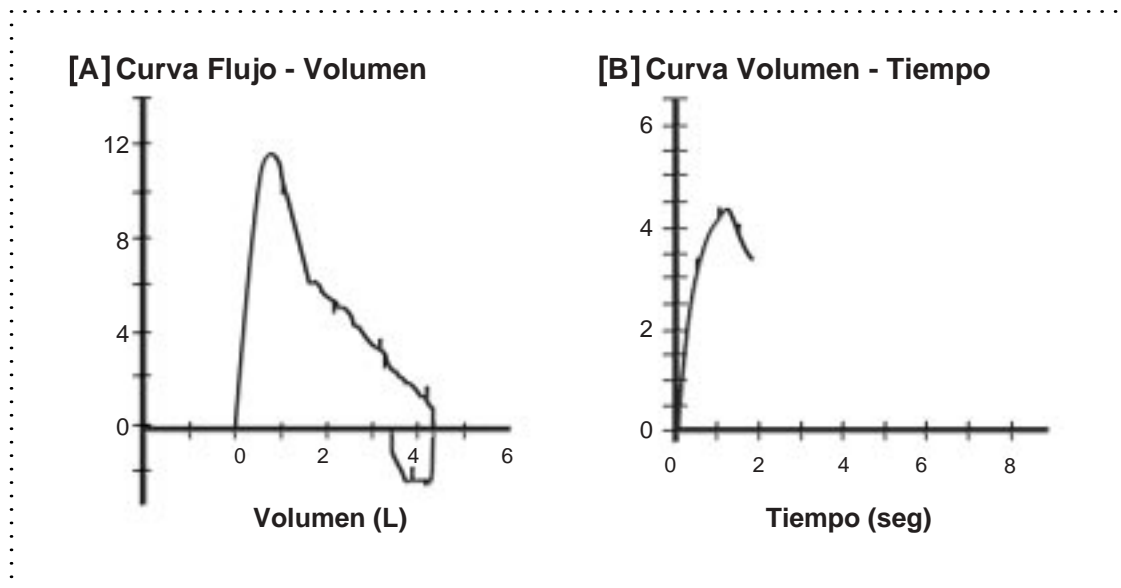


Figura 9.5. Presencia de tos en el primer segundo de la espiración que se observa como oscilaciones grandes de flujo (hasta flujo cero) en la curva flujo-volumen (5A) y artefactos en forma de escalones en la curva volumen-tiempo (5B).

60

CIERRE GLÓTICO

El cierre de glotis es similar a una maniobra de Valsalva donde el individuo puja en vez de mantener la espiración forzada. Esto ocasiona una caída abrupta a flujo cero en la curva FV y meseta completamente plana en la curva VT. Este artefacto ocasiona que se subestime la FVC y posiblemente el FEV1.

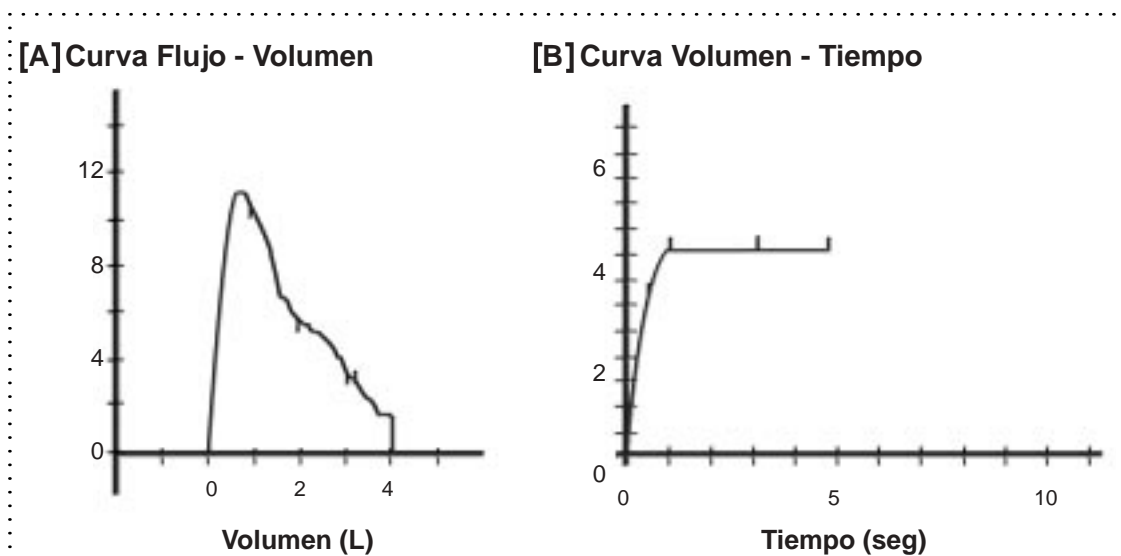


Figura 9.6. Cierre glótico con caída abrupta a flujo cero en la curva FV y meseta presencia de meseta de inicio subido y completamente plano (sin cambio en volumen)

ESFUERZOS VARIABLES

Los esfuerzos espiratorios siempre deben ser con máximo esfuerzo del individuo; esto permite que la curva FV siempre muestre un inicio de ascenso abrupto, casi vertical por completo con la formación del flujo pico o PEF. Cuando los esfuerzos son submáximos o variables la pendiente de inicio de la espiración se hace menos vertical y puede no identificarse con facilidad el PEF. A diferencia de la curva VT estos artefactos no son fáciles de distinguir en la curva FV (figura 7).

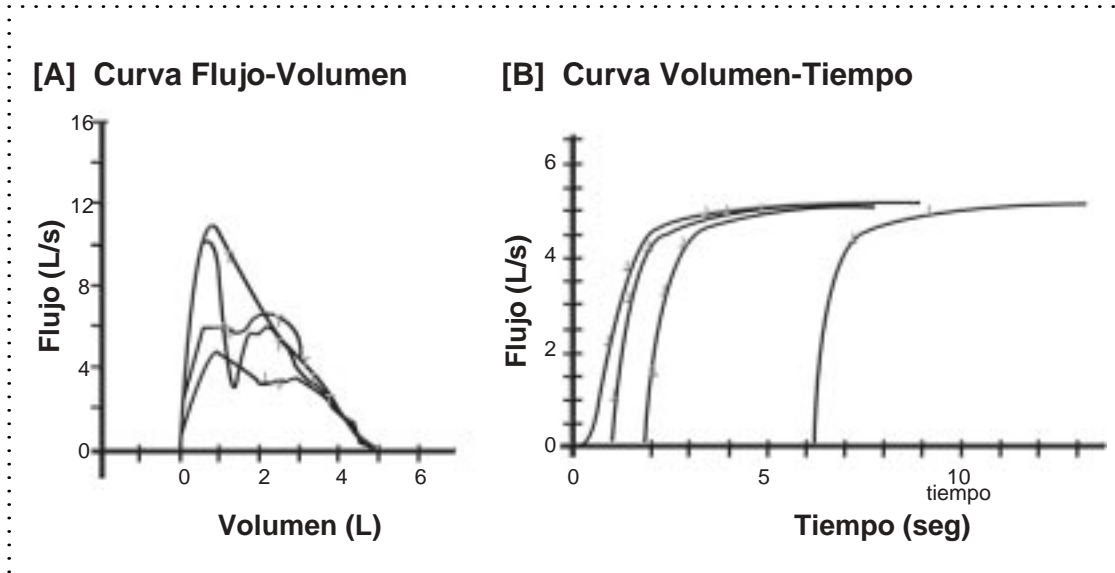


Figura 9.7. Esfuerzos variables o submáximos que se identifican por inicios espiratorios (Figura 7A) de menor pendiente y con flujos máximos o pico (PEF) pobremente definidos. En contraste, estos esfuerzos son mucho menos perceptibles en las curvas VT (7B).

DOBLES RESPIRACIONES O EXHALACIONES REPETIDAS

Estos pueden ser artefactos frecuentes. El sujeto o paciente vuelve a inhalar por la nariz y exhalar por la boca registras dos o mas exhalaciones. Este artefacto se evita con el uso de la pinza nasal. Sin embargo, si se registra debe borrarse de la prueba ya que puede registrarse como FVC más alta sin que puedan alcanzarse después los criterios de repetibilidad. En algunos, espirómetros en los que no se pueden borrar maniobras de FVC, es necesario volver a comenzar la prueba.

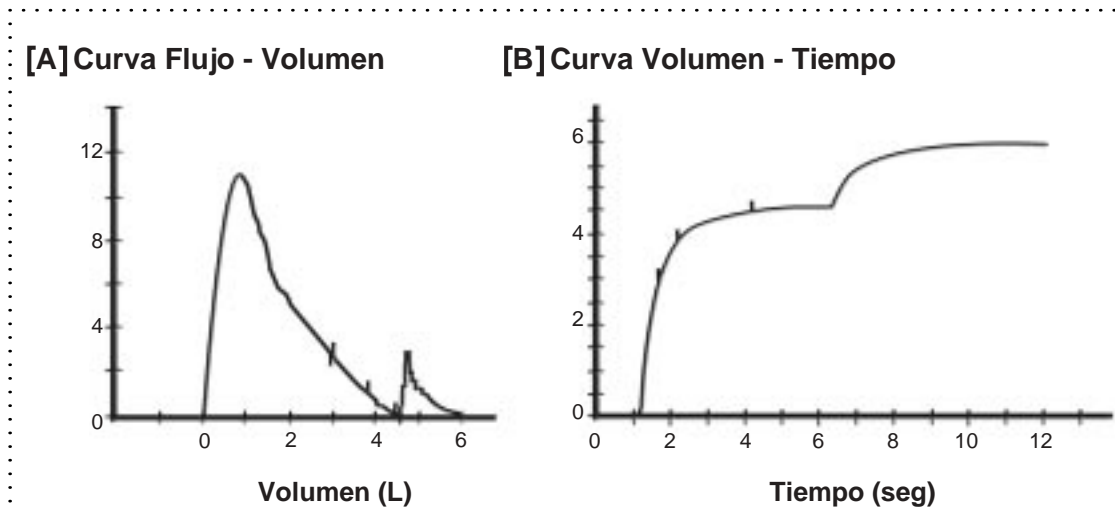


Figura 9.8. Ejemplo de doble respiración durante la maniobra de FVC. El sujeto no tiene pinza nasal; al final de la espiración vuelve a tomar aire y exhala nuevamente. Este error da una FVC artificialmente elevada.

OBSTRUCCIÓN DE LA BOQUILLA

La obstrucción de la boquilla puede darse por colocar la lengua dentro de la misma, por morderla o por colocarla por delante de los dientes. Esto normalmente se evita con una buena instrucción del individuo y con una demostración adecuada. Este artefacto se visualiza particularmente como un aplanamiento del asa espiratoria e incluso inspiratoria de la curva FV.

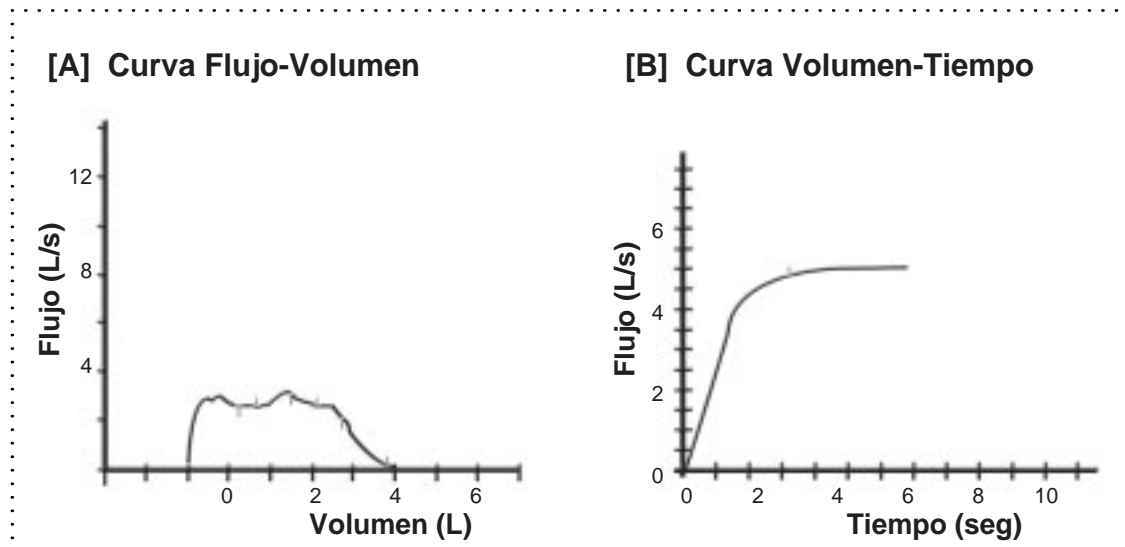


Figura 9.9. Esfuerzos espiratorios con obstrucción de la boquilla con los labios. Este artefacto es evidente en la curva flujo-volumen donde se muestra un claro aplanamiento de la fase espiratoria.

62

FUGA DE VOLUMEN

La presencia de fuga de volumen es un artefacto generalmente posible en espirómetros de volumen y dependen de pérdida de integridad el hermetismo del sistema; puede tener origen en la boquilla, mangueras o en las campanas o fuelles del espirómetro. Estos se visualizan principalmente como una pérdida de volumen durante la espiración en la curva VT. Todos los espirómetros de volumen deben ser revisados para fugas por lo menos una vez al día.

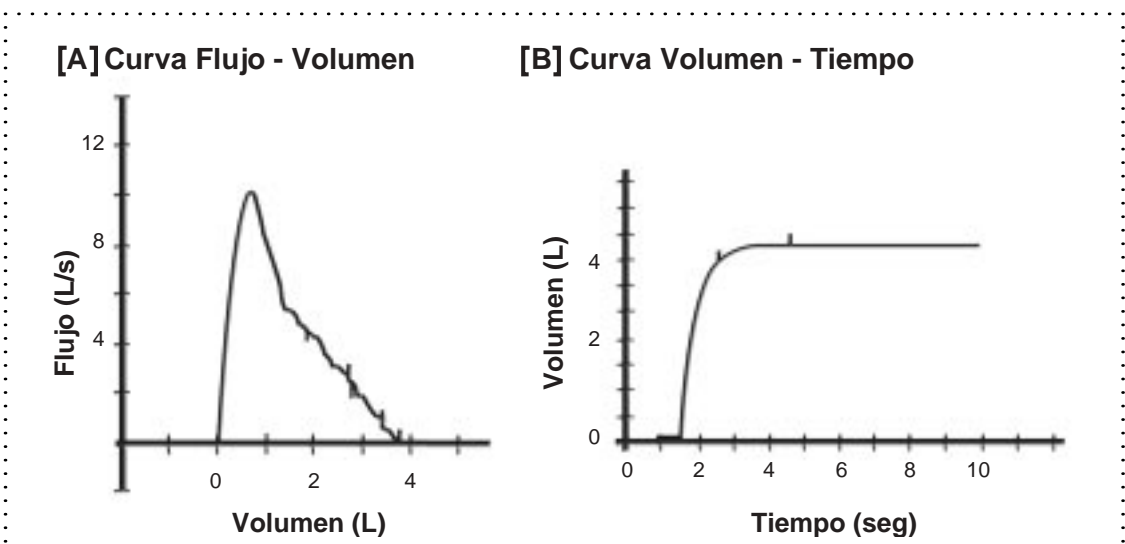


Figura 9.10. Fuga de volumen en espirómetro de volumen. Este artefacto es perceptible en la curva volumen tiempo donde al final de la espiración se detecta una pérdida de volumen.

ERRORES DE LÍNEA DE BASE

Los errores de línea de base o de flujo cero son posibles solo en los espirómetros de sensor de flujo. Estos espirómetros justo antes de iniciar la maniobra espiratoria requieren sensar flujo cero. Durante pocos segundos se requiere que el sensor no se mueva ni pase por este ningún flujo de aire; es incluso conveniente ocluir la boquilla durante este tiempo. Cuando pasa algún flujo durante este momento la línea de base o flujo cero es registrada con ganancia eléctrica lo que genera flujos y volúmenes artificiales que pueden ser incluso infinitos.

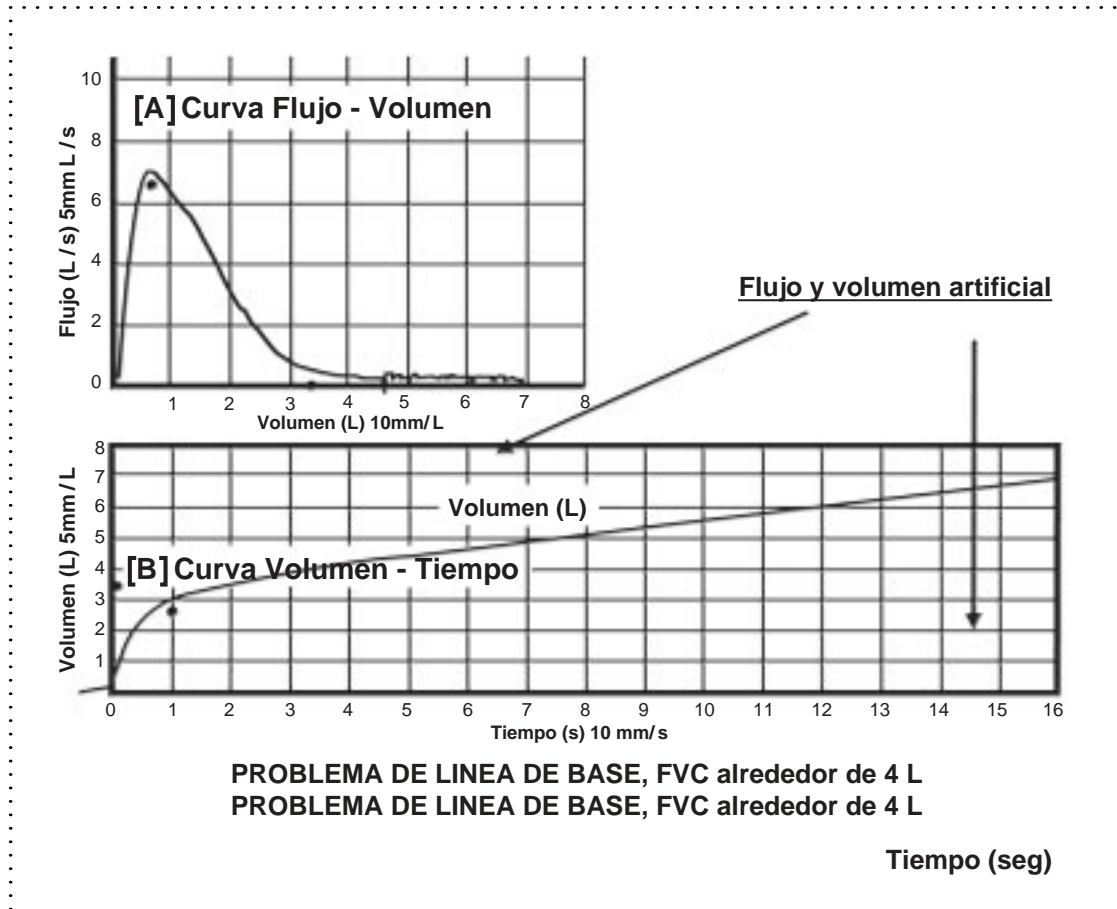


Figura 9.11. Error de línea de base en espirómetro de sensor de flujo ultrasónico. Al final de la espiración no se alcanza flujo cero (10A) y existe un incremento progresivo del volumen que tiende incluso a ser infinito en la curva volumen-tiempo.

TERMINACIÓN ADECUADA DE LA MANIOBRA DE FVC

El criterio de terminación del esfuerzo espiratorio se establece cuando no se registra cambio en volumen mayor a 25 mL (curva VT) durante al menos un segundo, siempre y cuando el sujeto haya exhalado durante al menos 3 segundos, en caso de niños menores de 6 años, y durante al menos 6 segundos en individuos de 10 años o más. En la práctica este criterio se vigila en la curva VT, pero muchos espirómetros modernos cuentan con alarmas visuales o auditivas que facilitan la terminación de la maniobra. No obstante, debe permitirse al individuo terminar la maniobra en cualquier momento que sienta alguna molestia, especialmente si existe sensación de mareo o cercana al desmayo. En la Figura 11 se muestran ejemplos de espirogramas con y sin criterios de terminación adecuada.

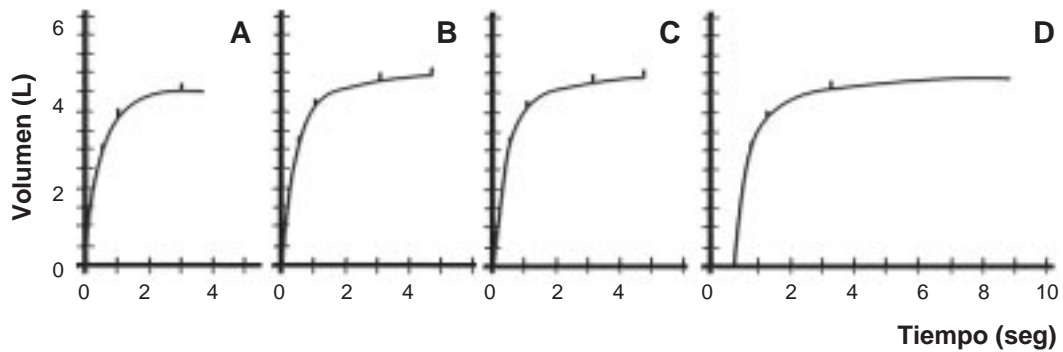


Figura 9.12. Gráficas volumen tiempo con terminación temprana (A, B y C) que subestiman la FVC. La curva D muestra criterio de terminación con duración de más de seis segundos y sin cambio (<25 mL) de volumen por al menos un segundo.

DEPENDENCIA NEGATIVA DEL FEV1 AL ESFUERZO (NED)

En un buen número de sujetos, una maniobra espirométrica con un esfuerzo un poco menor al máximo posible logra un FEV1 más alto. En la figura puede verse un ejemplo del fenómeno, con la maniobra con mejor flujo máximo (y esfuerzo) en línea delgada. Puede verse que en la mayor parte de la espiración, la curva con línea gruesa (menor esfuerzo) tiene mayores flujos, lo que hace generar también un mayor FEV1. Mucho del fenómeno se debe a la compresión del aire intratorácico (con el mayor esfuerzo) que hace bajar el volumen pulmonar y el calibre de las vías aéreas. En la espirometría se busca el mayor esfuerzo (mayor PEFR) y no el mayor FEV1.

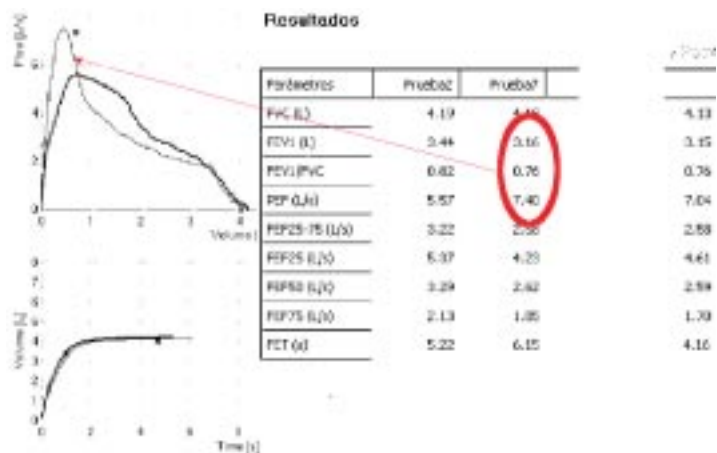


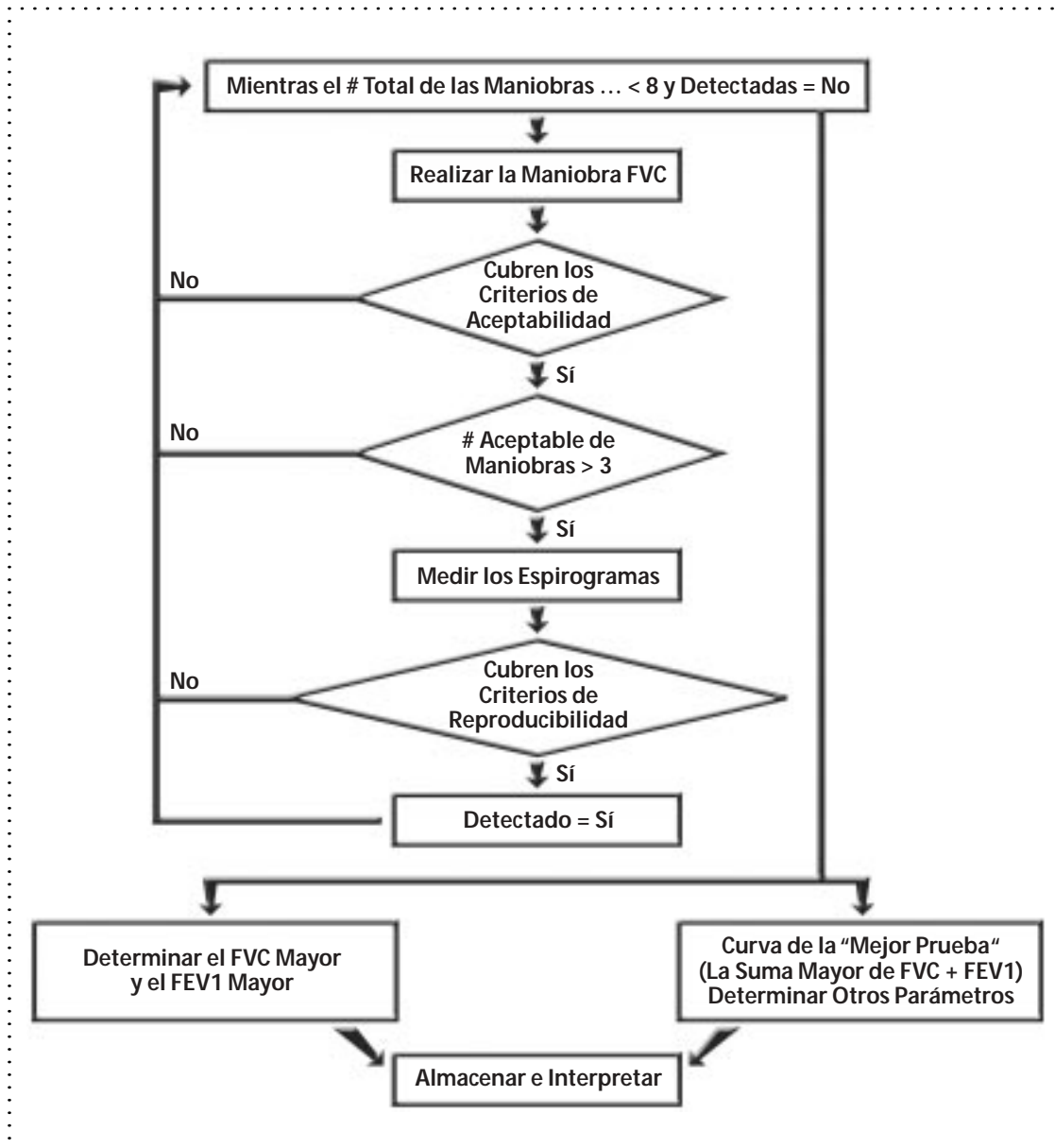
Figura 9.13. Dependencia Negativa del FEV1 al esfuerzo.

VALORACIÓN DE REPETIBILIDAD

Repetibilidad es la mayor coincidencia entre resultados obtenidos de mediciones sucesivas que implican mismo método, mismo observador, mismo instrumento, mismo lugar, misma condición, y repetidas sobre un periodo corto de tiempo. El término repetibilidad es nuevo en los estándares actuales de la ATS/ERS. Previamente, este concepto se había denominado como reproducibilidad, pero ha sido cambiado para coincidir con los criterios de control de calidad de ISO.

Reproducibilidad es la mayor coincidencia entre resultados de mediciones sucesivas que implican diferentes condiciones como método de medición, observador, instrumento, lugar, condiciones de uso y tiempo.

Usando estas definiciones, si un Técnico realiza varias maniobras consecutivas de FVC esta buscando la repetibilidad de la prueba. En contraste, si un sujeto recibe broncodilatador y la prueba se repite 30 minutos después el observador necesita conocer la reproducibilidad de la prueba para juzgar esta comparación.



USO RECOMENDADO DEL CRITERIO DE REPETIBILIDAD

- El criterio de repetibilidad debe ser utilizado durante la realización de la espirometría solo para decidir si se necesitan más de tres maniobras aceptables de FVC.
- Ocho maniobras es un límite práctico para alcanzar repetibilidad de la prueba en la mayoría de los sujetos, pero algunas personas pueden requerir de más esfuerzos. En el estudio PLATINO algunos sujetos alcanzaron su mayor FVC o FEV1 hasta la maniobra 15.
- Maniobras repetidas de FVC pueden causar fatiga de los sujetos. Una caída acumulativa de más del 20% de FEV1 o FVC es criterio de terminación de la prueba.
- El criterio de repetibilidad no se usa para excluir maniobras del reporte o excluir sujetos de un estudio.
- La mayoría de las personas son capaces de alcanzar una repetibilidad para FVC y FEV1 <150 mL.
- **La ATS/ERS 2005 requiere una repetibilidad menor al 150 mL o el 5% del valor absoluto de FVC o FEV1 (el que sea mayor de estos dos criterios).**
- Para sujetos o pacientes con FVC de 1.00 L o menos se recomienda una repetibilidad menor a 100 mL.
- Las maniobras con inicio inadecuado o tos deben excluirse para repetibilidad.
- Las maniobras con terminación temprana o cierre de glotis pueden ser usadas para obtener el mayor valor de FVC y FEV1.
- ***Ninguna maniobra de FVC debe ser descartada de la prueba solo en base a pobre repetibilidad.***
- Los resultados finales de la repetibilidad de la espirometría deben ser utilizados para fines de interpretación.
- La pruebas con pobre repetibilidad o que no cumplen con una terminación adecuada de la espiración deben ser evaluadas a discreción del profesional responsable de la interpretación.
- No deben desecharse espirometrías por no cumplirlos o excluirse de análisis.
- Los sujetos con enfermedades tienden a tener menor reproducibilidad y por lo tanto excluir sujetos con problemas de calidad, excluye selectivamente enfermos. Es un indicador de problemas de salud y predice mortalidad.
- Hay sujetos que nunca van a ser capaces de dar una prueba confiable. Aun una prueba poco repetible puede ser útil: por ejemplo puede tener resultados numéricos normales y esto excluye una alteración funcional de importancia. Así mismo, una prueba puede indicar una limitación funcional grave aunque no sea repetible.
- Algunas de las maniobras que no son aceptables pueden ser útiles, si el inicio de la espiración es correcto (pruebas usables para la ATS). En este caso el FEV1 y el PEFr pueden ser correctos. Es decir, puede ser inconveniente excluir los datos de sujetos sin ninguna prueba aceptable.

Los criterios de repetibilidad (previamente reproducibilidad) han variado con el tiempo y con las organizaciones, pero tienden a hacerse más estrictos, quizá incluyendo reproducibilidad para PEF como fue utilizada en el Estudio de Salud Pulmonar de EUA.

ATS 1987 Los 2 mejores FVC y los 2 mejores FEV1 difieren menos de 100 ml o del 5% (con 1 que llenen es suficiente)

COTTON DUST: Los 2 mejores FVC y los 2 mejores FEV1, difieren menos de 100ml o del 10% (con uno que se llene es suficiente).

ATS 1994 Las 2 FVC mayores y los 2 mejores FVC difieren menos de 200ml (<0.2 L de diferencia)

ATS 2004 Las 2 FVC mayores y los 2 mejores FVC difieren menos de 150 ml (<0.15 l de diferencia). Este criterio también se utilizó en el estudio PLATINO.

CRITERIOS DEL ESTUDIO DE SALUD PULMONAR (Enright, ver tabla) estos son más estrictos ya que exigen reproducibilidad del PEF.

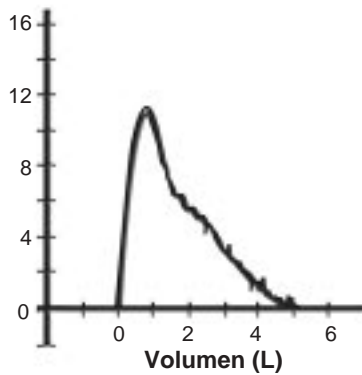
Tabla 9.1. Grados de calidad espirométrica de acuerdo a Enright Estudio de salud pulmonar de EUA

GRADO (pt)	NÚMEROS ACEPTABLES	dPEFR	dFEV ₁	DURACIÓN	dFVC
A (4)	3	<5%	<5% o 100 L	>=10s	<3%
B (3)	3	>5%<10%	<5% o 100 L	>=6 s = <10 s	>3%<5%
C (2)	2	>5%<10%	>5% o 100 L	>=6 s = <10 s	>3%<5%
D (1)	2	>10%	>5% o 100 L	<6	>5%
E (0.5)	1	>10%	>5% o 100 L	<6	>5%
F(0)	0	>10%	>5% o 100 L	<6	>5%

Abreviaturas: pt (puntos) es la calificación que se otorga al técnico por obtener una espirometría con los grados mencionados. dPEFR, dFEV₁, dFVC es la diferencia porcentual entre las 2 mejores mediciones respectivas. FET es el tiempo espiratorio.

	Ref	Best	% Ref	1	2	3
FVC	5.51	5.11	93	5.11	5.08	5.09
FEV1	4.45	4.11	92	4.11	4.02	4.04
FEV1/FVC	82	80		80	79	79
FEF25-75%	4.92	3.82	78	3.82	3.64	3.70
PEF	11.25	11.34	101	11.34	11.02	11.00

[A] Curva Flujo - Volumen



[B] Curva Volumen - Tiempo

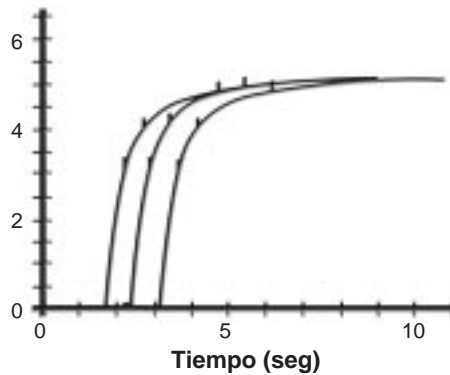
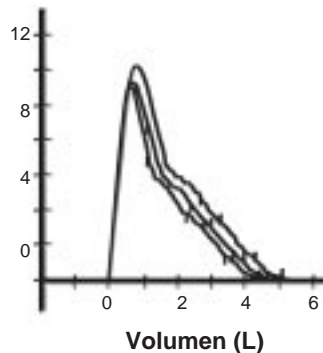


Figura 9.13: Ejemplo de espirometría con tres esfuerzos aceptables y repetibles. La variabilidad del FEV1 es de solo 70 mL y de 30 mL en la FVC (<150 mL). Adicionalmente el PEF es altamente repetible.

	Ref	Best	% Ref	1	2	3
FVC	5.51	5.30	96	5.30	4.55	4.85
FEV1	4.45	4.27	96	4.27	3.64	3.92
FEV1/FVC	82	81		81	80	81
FEF25-75%	4.92	4.02	82	4.02	3.34	3.73
PEF	11.25	12.38	110	112.38	11.07	11.36

[A] Curva Flujo - Volumen



[B] Curva Volumen - Tiempo

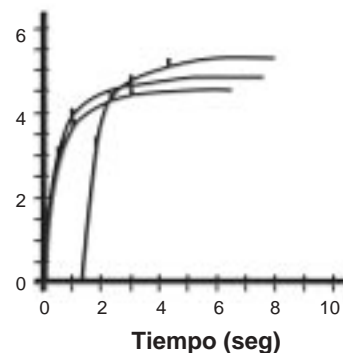


Figura 9.14: Ejemplo de espirometría con tres esfuerzos aceptables, pero no repetibles. La variabilidad del FEV1 es de 350 mL y de 450 mL para la FVC (>150 mL o 5% del FEV1 o FVC).

SELECCIÓN DE RESULTADOS

Los valores de FVC y FEV deben provenir de una serie de tres maniobras de FVC aceptables. Deben seleccionarse los valores más altos de FVC y FEV1 aunque estos no provengan de las mismas maniobras. A su vez estos valores deben ser utilizados para calcular el cociente FEV1/FVC. Todos los valores de función pulmonar se reportan en Litros con dos decimales. El cociente FEV1/FVC se reporta como por ciento con un decimal. El FEF25-75 se reporta de la curva que tenga la suma mas alta de la FVC y del FEV1. O sea que no se hace de «puro ojo» y que se requiere medir todas las curvas apropiadas. La computadora de los espirómetros modernos selecciona adecuadamente la mejor curva y los mejores valores.

¿CUÁNTAS MANIOBRAS ESPIROMÉTRICAS CONVIENE REALIZAR?

La ATS recomienda un máximo de 8 maniobras FVC pensando en que después de la octava es difícil que se mejore el resultado. Sin embargo, para un paciente dado, el fin de la prueba puede ser antes de la octava (por fatiga) y convendría reprogramar otra prueba, o bien continuar después de la octava, si el resultado vá mejorando.

En el estudio PLATINO, en 6.7% de veces, se obtuvo el mejor FEV1 después de la 8ª maniobra y en 2% después de la décima. En la primera maniobra se obtuvo el mejor FEV1 en el 17%. Para decidir si conviene hacer más de 8 o para en 8 se tiene que ver el desempeño del paciente en las últimas maniobras. Si se ha ido mejorando probablemente esté en la fase de aprendizaje y pudiera ser útil seguir. Por otro lado, si el paciente logró sus mejores esfuerzos al inicio y se ha deteriorado no tiene caso seguir después de la octava maniobra porque se está fatigando o haciendo broncoespasmo.

¿FVC O FEV6?

Se ha discutido mucho sobre la conveniencia de pasar de la FVC al FEV6 y del FEV1/FVC al FEV1/FEV6. En la siguiente tabla puede verse que en los 3 sitios de platino, el FEV6 es ligeramente más reproducible que el FVC y el FEV1/FEV6 mucho más reproducible que el FEV1/FVC. En otros estudios, se ha visto una concordancia diagnóstica estupenda entre FEV6 y FVC y entre FEV1/FVC y FEV1/FEV6 con muy pocos falsos positivos y negativos.

MEDIA DEL COEFICIENTE DE VARIACION INTRAPRUEBA, EN LA ESPIROMETRÍA PREBRONCODILATADOR

SITIO	Cv FVC	Cv FEV6	Cv FEV1/FVC	Cv FEV1/FEV6
mn	1.72	1.72	1.21	0.71
mx	1.88	1.76	1.22	0.78
sp	2.33	2.22	1.51	0.94

La repetibilidad es mejor (coeficiente de variación más pequeño) para el FEV6 y para FEV1/FEV6 que para la FVC y FEV1/FVC de acuerdo a los datos del estudio PLATINO lo que se ha demostrado también en otros estudios.

PRUEBA DE REVERSIBILIDAD O RESPUESTA AL BRONCODILATADOR

Determinar si la obstrucción al flujo aéreo es reversible con la administración de fármacos broncodilatadores inhalados, es un procedimiento común en la realización de la espirometría. Sin embargo, el tipo de fármaco, la dosis y la forma de administración son una decisión de orden clínica e individualizada a cada paciente, por lo que no puede ser completamente estandarizada en el laboratorio. Para esta prueba es fundamental que el paciente no haya ingerido o inhalado previamente ningún fármaco broncodilatador (ver capítulo de FVC, Tabla 2). En términos generales, no se debe haber inhalado β -agonistas o anticolinérgicos de corta duración (salbutamol y bromuro de ipratropio) al menos, 4 horas antes de la prueba; o β -agonistas de larga duración (salmeterol o formoterol), al menos 12 horas antes; tampoco debe permitirse el tabaquismo una hora antes y durante la realización del estudio.

Estandarizar el tipo de fármaco, la forma de administración y la dosis es importante para definir la respuesta al broncodilatador. El uso de inhaladores de dosis medida (aerosoles o inhaladores en seco) son los más comunes y cómodos. Sin embargo, para el caso de aerosoles es importante usar cámaras espaciadoras para un mejor depósito a nivel pulmonar, que puede ser entre el 10 y 20% de la dosis; en caso de no usar espaciador, el depósito es menor y altamente dependiente de la técnica de inhalación. Los inhaladores en seco produce una partícula mucho más pequeña y el depósito puede mejorar hasta un 50% de la dosis. La administración de broncodilatadores también puede realizarse con nebulizadores, pero el depósito pulmonar depende de la concentración, el tipo de nebulizador, la frecuencia respiratoria y el tiempo inspiratorio. Por ejemplo, 2.5 mg de salbutamol en 2.5 ml de solución colocados en un nebulizador Hudson Updraft II y un compresor PulmoAide, administrados a un sujeto con 15 respiraciones por minuto, se depositan a nivel pulmonar aproximadamente 45 μ g por minuto. Cada laboratorio o usuario debe definir y conocer bien el tipo de broncodilatador, la forma de administración y el depósito pulmonar del fármaco.

Procedimiento:

1. El individuo debe haber completado una espirometría basal con tres maniobras de FVC aceptables y repetibles para FVC, FEV1 y PEF.
2. La dosis y método de administración del broncodilatador debe ser de acuerdo a la indicación clínica. Sin embargo, los broncodilatadores inhalados más comunes son el salbutamol y el bromuro de ipratropio en presentaciones de 100 y 60 _g, respectivamente. Se recomiendan los siguientes pasos para su administración:
 - a. Se debe usar cámara espaciadora.
 - b. Se administra una sola dosis a la vez del broncodilatador.
 - c. Realizar una espiración suave e incompleta.
 - d. Inhalar al máximo en una sola respiración hasta alcanzar TLC.
 - e. Sostener la respiración por 5 a 10 segundos antes de exhalar.
 - f. Se administran 4 dosis por separado a intervalos de 30 segundos (dosis total de 400 _g de salbutamol o 160 _g de ipratropio).
 - g. Si existe preocupación por taquicardia o temblor, se pueden administrar dosis menores del medicamento.
 - h. Reposo por 10 a 15 minutos para broncodilatadores _-agonistas y 30 minutos para anticolinérgicos.
3. Se deben obtener 3 nuevas maniobras de FVC que sean aceptables y repetibles.

DETERMINACIÓN DE REVERSIBILIDAD

Los estándares de interpretación de PFR de la ATS/ERS establecen que una respuesta significativa al broncodilatador esta definida por una mejoría en FEV1 de 12% y que sea mayor a 200 mL, con respecto al valor basal. Este cambio es generalmente estadísticamente significativo y puede ser clínicamente relevante. Una respuesta ligeramente menor puede ser igualmente significativa, pero debe interpretarse en el contexto de la reproducibilidad de la prueba pre y post-broncodilatador. Asimismo, los conceptos de reversibilidad y respuesta significativa al broncodilatador pueden ser diferentes. Una mejoría de 12% y más de 200 mL se considera una respuesta positiva al fármaco, pero no necesariamente significa reversibilidad total de la limitación al flujo aéreo. En el contexto clínico, la obstrucción crónica al flujo aéreo característica de la EPOC, puede tener respuesta positiva al broncodilatador o ser parcialmente reversible (Figura 1). En cambio, una reversibilidad completa que lleve a la normalización del FEV1, es compatible con el diagnóstico de asma (Figura 2).

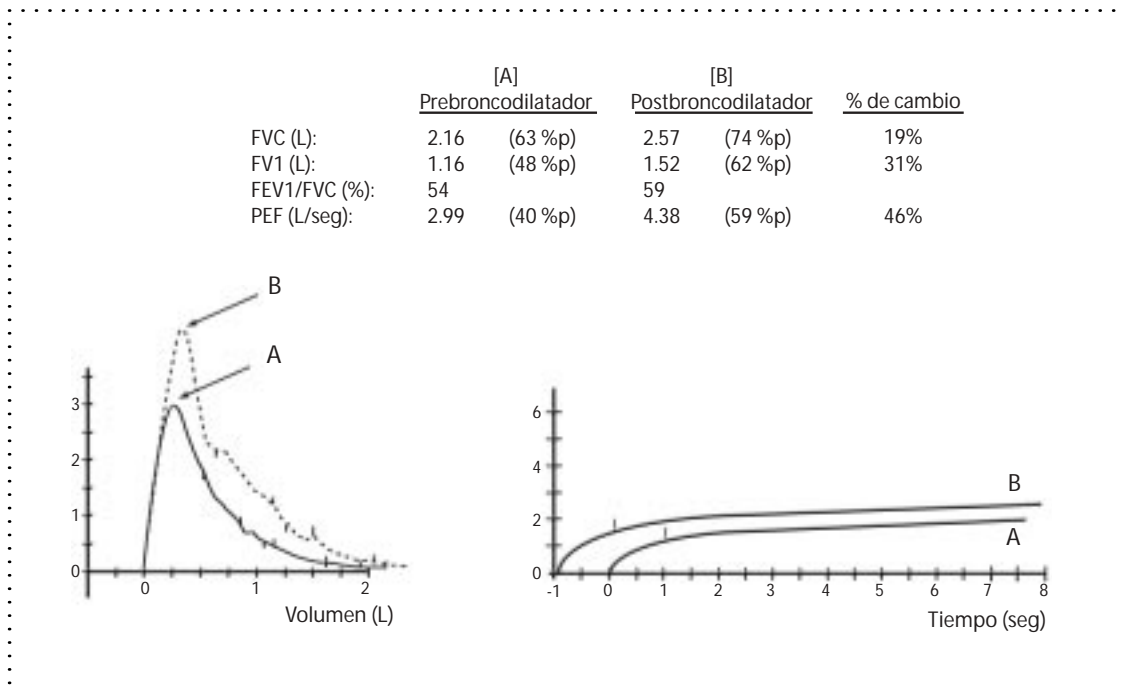


Figura 1: Espirometría pre (A) y postbroncodilatador (B) realizada con la administración de 400 mg de salbutamol. El FEV1 postbroncodilatador mejora 360 mL y 31% con respecto al valor basal con reversibilidad parcial de la obstrucción al flujo aéreo.

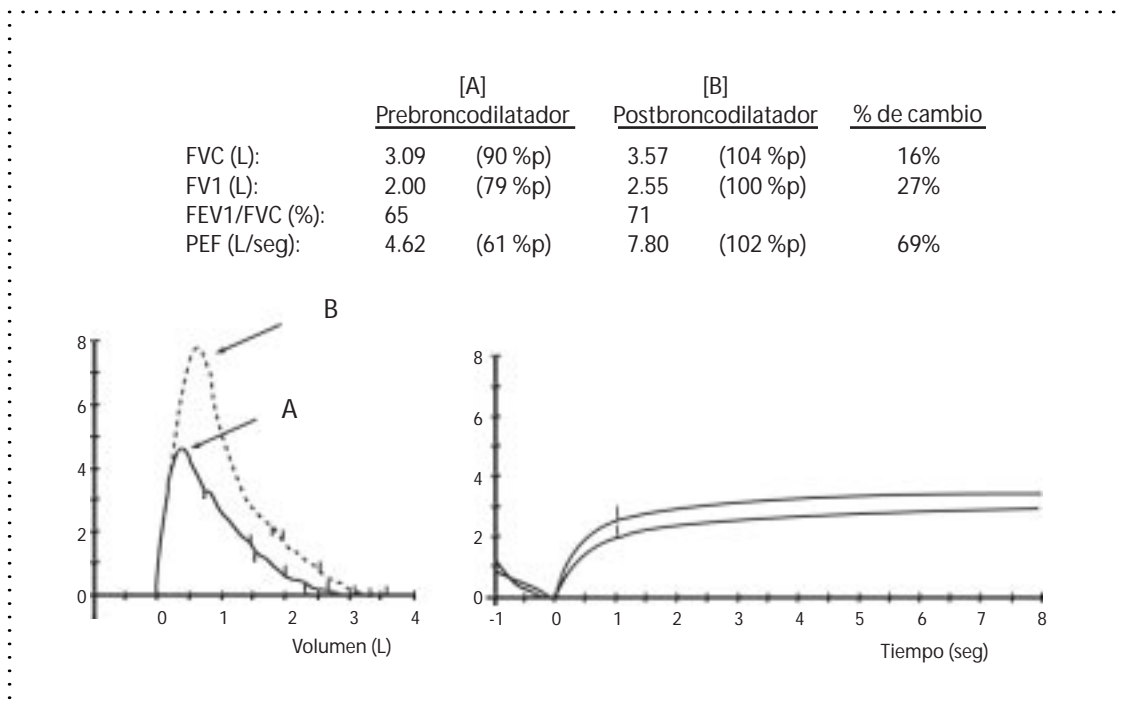


Figura 2: Espirometría pre (A) y postbroncodilatador (B) realizada con la administración de 400 mg de salbutamol. El FEV1 postbroncodilatador mejora 550 mL y 27% con respecto al valor basal con reversibilidad total de la obstrucción al flujo aéreo.

10. FLUJOMETRÍA, MEDICIÓN DEL FLUJO ESPIRATORIO MÁXIMO

A. GENERALIDADES

Los flujómetros (medidores del flujo pico) son aparatos que miden el flujo expiratorio máximo (PEFR) la que se presenta durante una espiración forzada a partir de un llenado pulmonar completo.

Los flujómetros son, generalmente, aparatos sencillos, portátiles y baratos diseñados para ser usados por los pacientes en el hogar o en otros ambientes fuera del laboratorio de función pulmonar formal.

DETERMINANTES FISIOLÓGICOS DEL FLUJO MÁXIMO

La magnitud del PEFR en los sujetos saludables es una función de la fuerza ejercida por los músculos espiratorios (los que generan la presión de empuje: la presión alveolar) y la resistencia de las vías aéreas (principalmente la resistencia de las vías aéreas superiores o el calibre de las "vías aéreas centrales"). Al inicio de una espiración forzada se ha considerado tradicionalmente que no hay limitación al flujo del aire, o sea, el flujo del aire siempre es proporcional a la presión (esfuerzo o fuerza muscular). En las etapas siguientes de la maniobra de la espiración forzada, el flujo de aire alcanza un máximo que no puede ser aumentado aún y cuando se aumente el esfuerzo (limitación del flujo aéreo). Esa es la razón por la cual a la parte inicial, donde se presenta el PEFR, se le llamó "dependiente del esfuerzo" versus una etapa posterior relativamente "independiente del esfuerzo", donde un esfuerzo moderado es capaz de limitar el flujo aéreo pudiéndose obtener resultados reproducibles.

En los pacientes con una obstrucción en el flujo de aire los mismos factores determinan la PEFR: la fuerza ejercida y la resistencia de las vías aéreas; sin embargo, la resistencia de las vías aéreas puede estar afectada de manera significativa por el calibre de las vías aéreas más periféricas y el flujo de aire puede estar limitado durante toda la espiración. Aún en los pacientes con una obstrucción del aire el PEFR, la reproducibilidad de la medición depende de la reproducibilidad del esfuerzo del sujeto al enfrentarse a una resistencia constante de las vías aéreas. Sin embargo, recientemente se ha encontrado que el PEFR de los sujetos, no puede incrementarse más y por lo tanto se alcanza limitación al flujo aéreo.

B. TIPOS DE APARATOS

1. Flujómetros de orificio variable

La mayoría de los aparatos son tubos con una abertura variable a una presión virtualmente constante. La abertura se agranda conforme el flujo de gas aumenta, pero se mantiene fija en el momento de máximo flujo de gas, así se puede hacer la lectura de PEFR.

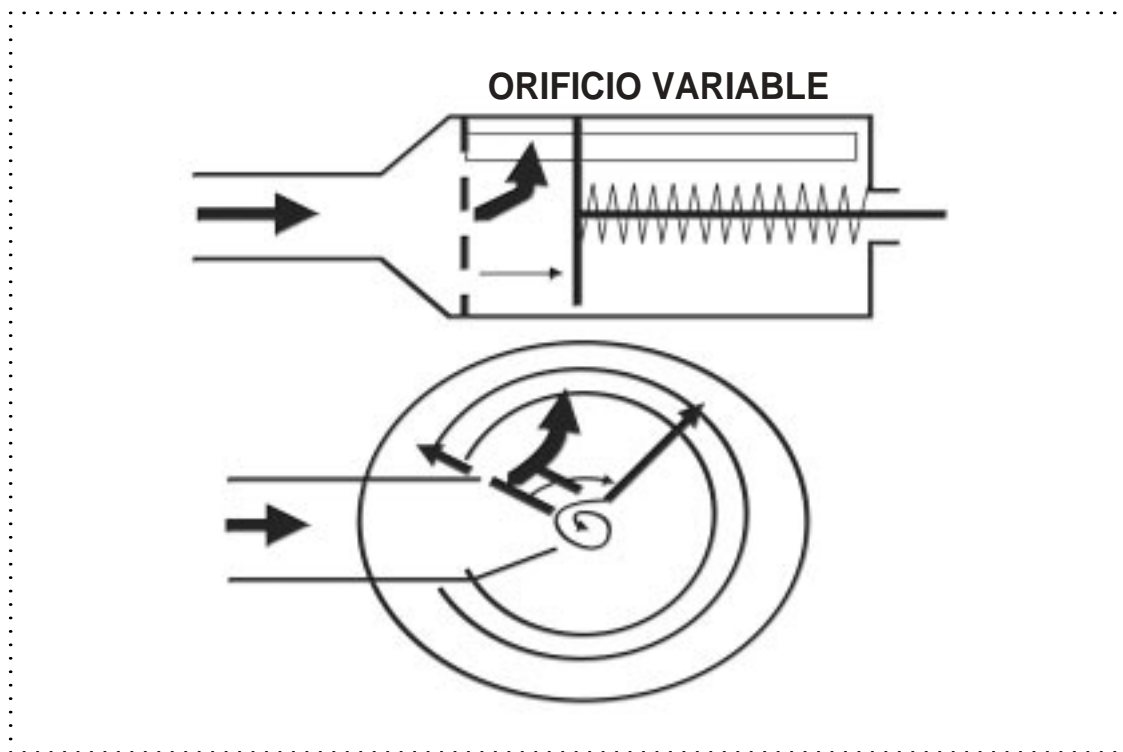
2. Flujómetros con resistencia constante

Algunos de los flujómetros trabajan como tubos de resistencia constante, en los cuales la diferencia de la presión máxima es una medida del flujo máximo (el mismo principio de un neumotacómetro). Otros flujómetros tienen un orificio de tamaño fijo, con resistencia variable. También se pueden emplear para medir el PEFR otros aparatos que miden el flujo aéreo, tales como turbinas y neumotacómetros y otros espirómetros descritos previamente. Se están diseñando aparatos nuevos que tienen la capacidad de registrar en su memoria las lecturas y los tiempos, por lo que la información es más veraz y accesible. Es posible que los diseños nuevos sean más precisos y más reproducibles. Sin embargo, todas estas mejoras hacen que los aparatos sean considerablemente más costosos lo que va en contra del propósito original de los flujómetros.

3. Problemas con los flujómetros

El PEFR se presentan dentro de los primeros 120 milisegundos (ms) de la espiración y al espirar los primeros cientos de mililitros a partir de la inflación total (dentro del 15% de la capacidad vital). Los flujómetros pueden subestimar el flujo si no responden rápidamente al flujo que crece muy rápido durante el inicio de una espiración forzada. El retraso de unos cuantos ms puede ser suficiente para no captar el flujo pico real. En algunos estudios los flujómetros de orificio variable han mostrado alinearidad: tienden a estimar en exceso a la mitad de la escala y a subestimar en los extremos.

Varios de los medidores de flujo de pico con orificio variable actualmente en uso, tienen una resistencia al flujo de $> 1.5 \text{ cm H}_2\text{O/l/s}$ (hasta 3), varias veces mayor que la recomendada de un máximo de $0.5 \text{ cm H}_2\text{O/l/s}$, lo que tiende a reducir la PEFR comparado con el registrado con los neumotacómetros (diferencias hasta de 80 L/min). La caída de la PEFR es proporcional a la resistencia del aparato. También hay un deterioro en los flujómetros con el tiempo, que no se ha estudiado completamente ni se ha documentado. Las variaciones en la temperatura y la presión barométrica también tienden a alterar el funcionamiento de los aparatos, en general debido a las variaciones en la densidad del aire. Es esperable que algunos de estos defectos se corrijan a corto plazo.



C. CRITERIOS PARA LOS MEDIDORES DE FLUJO PICO

El Instituto Nacional del Corazón, Pulmón y de la Sangre de los E.U. publicó en 1991 un reporte sobre los estándares técnicos para los medidores de flujo pico y la STA publicó en 1995 los criterios para la vigilancia de los flujómetros (Cuadro 2). Los criterios de la Sociedad Respiratoria Europea fueron publicados en 1995 (Pedersen, et al: Eur Respir J, 8(5):849-855, 1995).

El productor debe de proveer la evidencia de que los aparatos cubren los criterios y además datos sobre el tiempo de vida y la durabilidad. El paquete también debe incluir instrucciones para el uso del aparato, las indicaciones para su limpieza y la garantía.

D. CONTROLES DE CALIDAD DEL EQUIPO

1. Prueba de los medidores de flujo pico

Se recomiendan las revisiones periódicas. Se presentan diferencias entre diferentes marcas de flujómetros y aún entre los diferentes instrumentos de la misma marca y el mismo lote. Es importante eliminar los aparatos defectuosos antes de emplearlos. El empleo intensivo en algunas situaciones puede producir condensación interna lo que puede llevar a una subestimación de las lecturas.

El reporte sobre los estándares técnicos para los medidores de flujo pico recomienda que se pruebe la exactitud y la reproducibilidad empleando la Onda Tipo 24 del Equipo Estándar de Prueba de Ondas Tipo de la Sociedad Torácica Americana generada con una bomba con varios multiplicadores para generar diferentes flujos pico. Sin embargo, este procedimiento no es práctico para la prueba usual de los aparatos.

Cuadro 2. Recomendaciones Mínimas Para la Vigilancia de los Aparatos

REQUISITO	FVC y FEV1 (BTPS)	PEF (BTPS)
Límites	Alto: 0.50 a 8 L Bajo: 0.5 a 6 L	Alto: 100 L/min a ≥ 700 L/min pero ≥ 850 L/min Bajo: 60 L/min a 275 L/min pero ≥ 400 L/min
Exactitud	$\pm 5\%$ de la lectura o ± 0.100 L, el que sea mayor	$\pm 10\%$ de la lectura o ± 20 L/min, el que sea mayor
Precisión	$\pm 3\%$ de la lectura o ± 0.050 L, el que sea mayor.	Intraaparato: $\pm 5\%$ de la lectura o ± 10 L/min, el que se mayor Interaparato: $\pm 10\%$ de la lectura o ± 20 L/min, el que sea mayor
Linealidad	Dentro de 3% más de los límites	Dentro de 5% más de los límites
Graduaciones	Constantes a lo largo de los límites Alta: 0.100 L Baja: 0.050 L	Constantes a lo largo de los límites Alta: 20 L/min Baja: 10 L/min
Resolución	Alta: 0.05 L Baja: 0.025 L	Alta: 10 L/min Baja: 5 L/min
Resistencia	Menor de 2.5 cm H ₂ O/L/s de cero a 14 L/s	Menos de 2.5 cm H ₂ O/L/s de cero a 14 L/s
Volumen mínimo detectable	0.030 L	—
Señal de la prueba	24 tipos de onda volumen-tiempo estándares.	26 tipos de onda de flujo-tiempo

Alto = aparatos de límite alto y bajo = aparatos de límite bajo

El flujo pico de un estándar humano puede utilizarse para un control de calidad mínima, por lo menos para eliminar los aparatos que funcionen de manera inadecuada o para detectar flujómetros que sean muy inexactos. La implementación de la comparación de la PEFR de un espirómetro calibrado con la de un medidor de flujo pico en serie, o la producción de un flujo de aire conocido con un rotámetro puede ser más fácil.

Los estudios en los cuales se han empleado medidores de flujo pico con capacidad computacional para los registros han demostrado que los sujetos realizan menos maniobras que las registradas en los diarios, en especial conforme aumenta la duración del estudio. En un estudio reciente ninguno de los 17 sujetos tenía en sus diarios el total de los registros completamente precisos comparados con los registros computarizados. Solo 55 % de los registros en los diarios eran precisos en los valores y en los tiempos, 23 % no eran precisos y 22 % habían inventado los resultados.

La altura y las variaciones en la temperatura alteran las mediciones y, por lo tanto, deben de ser registradas.

E. ENTRENAMIENTO DE LOS SUJETOS

1. Todos los sujetos deben de recibir instrucciones sobre el manejo del flujómetro y en el registro de los resultados en los diarios, los que con frecuencia también incluyen síntomas y empleo de medicamentos.
2. No son necesarias las pinzas nasales.
3. El aparato debe de dar una lectura de cero o el indicador del instrumento debe de estar en la base de la escala numerada antes de iniciar la maniobra.
4. De pie (o si es inconveniente hacerlo siempre en la misma posición)
5. Inhalar hasta llenar por completo los pulmones, colocar los labios bien cerrados al rededor de la boquilla. Evitar toser o poner la lengua dentro de la boquilla.
6. Soplar con esfuerzo máximo por 1-2 segundos. No es necesaria la espiración hasta el volumen residual.
7. Anotar el valor obtenido.
8. Repetir la maniobra un total de tres veces y registrar en el diario el valor máximo de los tres números obtenidos en el momento de la prueba.
9. Si es necesario, el sujeto debe saber cómo reaccionar ante los cambios en la PEFR.

INDICACIONES PARA LA FLUJOMETRÍA

El PEFR ha sido utilizado para detectar en situaciones clínicas y epidemiológicas, la obstrucción del flujo de aire, en especial su evolución en el tiempo y la variabilidad diurna. Tiene algunas ventajas sobre la espirometría: es un aparato barato, se emplea en casa o en ambientes laborales repetidamente lo que permite que se registre la evolución temporal del flujo del aire. Sin embargo, no es un sustituto de una medición por espirometría, la que por lo general tiene un mejor control de calidad y con seguridad puede detectar mejor que el PEFR los cambios incipientes. Las siguientes situaciones se pueden beneficiar de la monitorización con flujometría.

1. Sujetos con sospecha de asma pero con espirometría normal, vigilando en casa la variabilidad diurna.
2. Sujetos con sospecha de asma inducida por el ambiente laboral o el ejercicio, haciendo un monitoreo antes y después del desencadenante.
3. Asmáticos lábiles, para ajuste de tratamiento.
4. En investigación la utilidad para detección de otras enfermedades obstructivas.
5. Vigilancia de otras enfermedades obstructivas: bronquiolitis obliterante, rechazo de trasplante.

F. VALORES DE REFERENCIA, ECUACIONES PARA LA PREDICCIÓN

La PEFR se compara generalmente con lo mejor del mismo sujeto o con mediciones previas, eliminando los problemas del empleo de estándares de referencia. Los estándares publicados que se emplean actualmente, fueron generalmente obtenidos con espirómetros. La variabilidad y la falta de exactitud de los medidores de flujo pico empleados para probar a los sujetos se suman a otras fuentes de variabilidad de los estándares espirométricos (edad, género, altura, antecedentes étnicos). Para obtener valores de referencia significativos se requiere de un grupo de estándares de calidad y de su aplicación correcta.

El flujo máximo puede considerarse como un flujo turbulento a través de un orificio. Entonces, el cambio en presión es proporcional al cuadrado del flujo y la densidad es importante. La corrección de densidad es la raíz cuadrada de la densidad del gas en la calibración/densidad del gas en la nueva condición.

$$\text{Densidad del aire} = \frac{1.293 \times P_{\text{bar}} \times 273}{T \times 760}$$

Pbar en Torr, Temp en grados K, 1.293 Kg/m³ es la densidad aérea a 273°K y 760 Torr.

11. VALORES DE REFERENCIA EN ESPIROMETRÍA

La utilidad de la espirometría se logra hasta que los valores de un sujeto se comparan contra un estándar, que permita clasificarlos en normales o anormales. El mejor estándar es la misma función del sujeto histórica, lo que requiere que previamente se hayan realizado espirometrías. Sin embargo, cuando se cuenta con estudios previos, la sensibilidad y especificidad de la espirometría es máxima, y sólo se tienen que tomar en cuenta circunstancias que cambian con el tiempo. Este es el papel que juegan los valores de referencia. Los valores de referencia pueden conceptualizarse como los controles de los estudios de investigación: son variados, dependiendo de qué es lo que se trata de controlar.

FORMAS DE COMPARAR LOS RESULTADOS ESPIROMÉTRICOS

- 1- Contra valores previos tomados en el mismo sujeto
 - a. Tomar en cuenta la variabilidad del método en el laboratorio que hace la prueba, debido al equipo, técnico y sujeto.
 - b. Tomar en cuenta el envejecimiento pulmonar que implica una caída en la FVC y FEV1 de aproximadamente 30 ml/año en hombres y 25 en mujeres.
 - c. Tomar en cuenta en niños el crecimiento pulmonar que culmina en hombres alrededor de los 20 años y poco menos en las mujeres.
- 2- Contra una población de referencia en general formada por sujetos similares en todo a los estudiados excepto por la característica que se trata de investigar
 - a. Sujetos aparentemente sanos y sin exposición a riesgos para la salud respiratoria, para ver el impacto de la enfermedad y de la exposición. Habitualmente son sujetos asintomáticos, nunca fumadores, misma raza y sin diagnóstico de enfermedad respiratoria u obesidad.
 - b. Para objetivos más específicos pueden ser poblaciones sanas y expuestas, dependiendo de lo que se busque. Por ejemplo, para ver el impacto del trabajo en fumadores trabajadores, se requeriría un grupo de fumadores que no esten expuestos al trabajo.

La selección de valores de referencia es crucial para una adecuada interpretación de resultados. Se cuenta con decenas de valores de referencia espirométrica con múltiples técnicas, equipos, formas de muestrear, origen étnico, al grado que resulta confuso y generador de errores ya que hay diferencias substanciales entre unos y otros. Estas diferencias permiten que una misma persona pueda salir normal de acuerdo a unos valores de referencia y anormal de acuerdo a otras.

La Sociedad Americana de Tórax ha delineado las características de una buena población de referencia.

CRITERIOS PARA LA SELECCIÓN DE VALORES DE REFERENCIA (ATS 93)

1- CRITERIO METODOLÓGICO

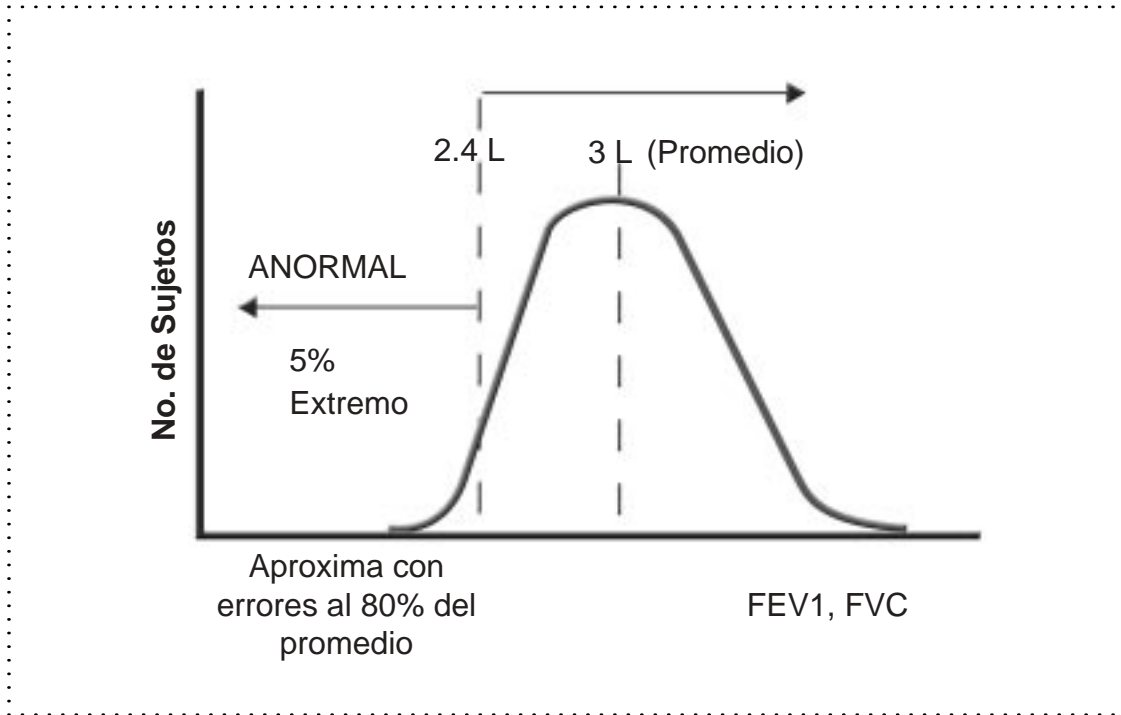
Estudio que utiliza equipo y procedimientos estándares y buen control de calidad. Idealmente los equipos utilizados en el laboratorio deberían ser similares a los reportados en el estudio de referencia.

2- CRITERIO EPIDEMIOLÓGICO

Encuesta transversal de preferencia representativa de la población (muestreo poblacional, no de hospital), de hombres y mujeres sanos nunca fumadores, mismo origen étnico, similar altitud para flujos. Para circunstancias particulares se puede especificar detalles adicionales. Para investigar la caída con el tiempo los sujetos deben provenir de estudios longitudinales (cohortes). En ausencia de un estudio que llene las características descritas, la ATS recomienda probar varios en 20-40 sujetos sanos de ambos sexos, y variadas edades y tallas y quedarse con los que ajusten mejor. Sin embargo, 20 a 40 sujetos son demasiado pocos para poder identificar pronto un sesgo significativo en el ajuste a los valores de referencia.

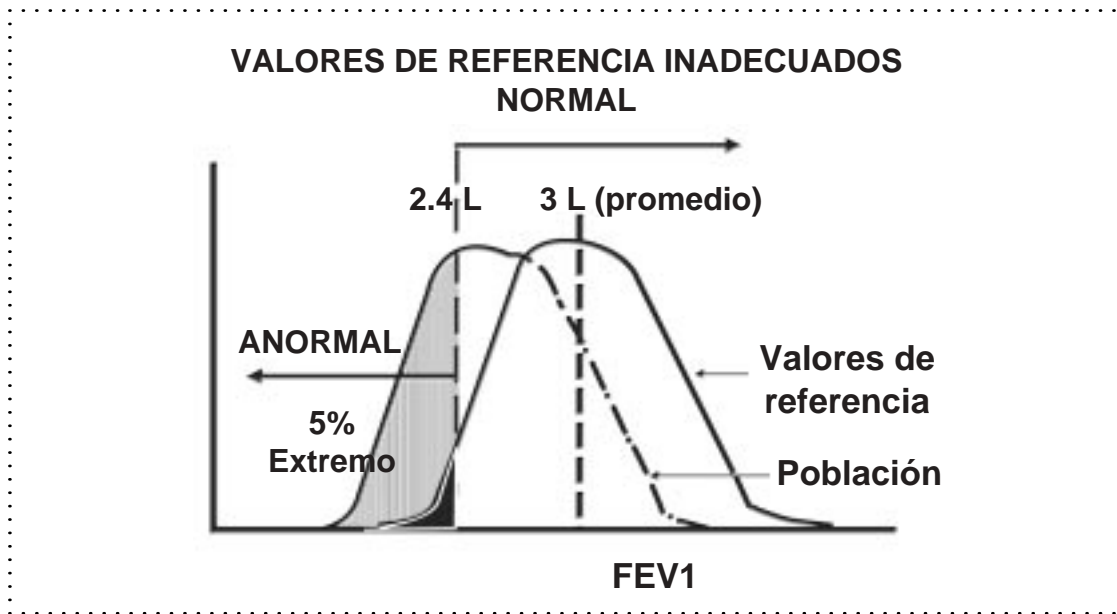
3- CRITERIO ESTADISTICO

El reporte debe incluir ecuaciones lineares de regresión múltiple, separadas para hombres y mujeres basadas en talla y edad cuando menos. Se pueden explorar relaciones más complejas curvilineas. Las ecuaciones reportadas deben permitir calcular la 5a percentila e el error estándar y de esta manera poder determinar válidamente la percentila 5. Debe evitarse la extrapolación por fuera de los límites de la población estudiada ya sea en edad o talla.



LÍMITE INFERIOR NORMALIDAD (LIN)

Tradicionalmente el límite inferior de la normalidad (LIN) se considera a la percentila 5. Es decir el valor que separa al 5% más bajo de la población, del 95% más alto. La racionalidad de este límite arbitrario es pensar que los valores extremadamente bajos que sólo el 5% de la población sana los tiene, se pueden considerar raros o poco frecuentes y pueden ser orientadores de enfermedad. Este razonamiento se usa rutinariamente para las pruebas de laboratorio lo que implica considerar anormal al 5% de la población sana, es decir, implica un 5% de falsas positivas en la población general. Cuando la distribución de una medición sigue la curva en forma de campana (curva Gaussiana o curva normal), la percentila 5 se encuentra a 1.645 desviaciones estándar por debajo del promedio, lo que se puede utilizar para aproximar la percentila cinco, y esta estrategia es la más común en las pruebas espirométricas. Con relación a la espirometría tanto el FEV1 como el FVC tienen una distribución Gaussiana cerca de la edad y talla promedios, pero no en los extremos. Los flujos instantáneos y los cocientes tienen distribuciones que se apartan más de la normal porque pueden ser asimétricos.



EL 80% PREDICHO COMO LIMITE INFERIOR DE LA NORMALIDAD (ATS 93)

Es común que se utilice para FEV1 y FVC el 80% del valor predicho para talla y edad y género, como límite inferior de la normalidad. El utilizar un porcentaje del promedio como límite inferior, es estadísticamente válido, si la desviación estándar es proporcional a la media, es decir si la variabilidad espirométrica aumenta con el tamaño pulmonar. Esto en general funciona para niños y sujetos de edad y talla promedio, pero conforme las características de un sujeto se alejen del promedio poblacional, habrá un mayor error. De suerte que conviene utilizar el LIN estadístico, basado en la percentila cinco.

Definitivamente no debe usarse el 80% del promedio como límite inferior de la normalidad para el FEF25-75 o flujos instantaneos ya que éste se encuentra más cerca del 60% del promedio (ver tabla), ni para la relación FEV1/FVC en adultos ya que está más cerca del 90% del predicho para la edad. Cuando se usa el 80% del predicho, las personas de corta estatura y los ancianos tienen mayor probabilidad de resultar anormales (falsas positivas), mientras que los jóvenes y altos tienen menor probabilidad de salir anormales (falsas negativas). Conviene pues utilizar de preferencia el límite inferior de la normalidad estadísticamente válido.

SITIO FEV%	FVC%	FEV1/ FVC%
Mujeres sanas		
mn/103.5	106.7	96.5
mx/100.3	100.7	98.7
sa/99.8	106.2	93.6
sp/98.0	100.3	97.6
Hombres sanos		
mn/101.5	106.8	95.9
mx/101.3	101.9	98.8
sa/102.0	109.7	93.2
sp/100.4	103.1	97.3

OTRAS ALTERNATIVAS AL ENFOQUE HABITUAL

El criterio habitual de anomalía se basa en la frecuencia de la medición y equivale a decir que es una medida rara y que puede indicar enfermedad. Con fines diagnósticos, convendría más tener un enfoque de prueba diagnóstica y buscar niveles de corte que tengan la mejor combinación de sensibilidad y especificidad para diagnosticar tal o cual enfermedad siempre y cuando se tenga un estándar de oro. Algo similar puede ofrecerse para cuando se utiliza la espirometría con fines pronósticos o terapéuticos. Se seleccionarían cortes o criterios espirométricos que predijeran adecuadamente la muerte o la respuesta a algún tratamiento.

LÍMITE INFERIOR DE NORMALIDAD (P) DIFERENTES ECUACIONES DE REFERENCIA			
	FEV% H/M	FEV% H/M	FEV% H/M
Quanjer	87/87	89/89	94/93
Coultas	86/89	85/89	
Knudson	85/85	85/87	91/67
Crapo	80/85	81/83	91/91
Hankinson	79/91	81/82	88/91
INER	78/83	81/82	92/92
HAP	82/84	82/81	88/79

82

VALORES DE REFERENCIA: deben ser apropiados para la población en estudio. En la tabla siguiente se puede ver, el resultado espirométrico en el estudio Platino, como % del predicho por NHANES III (población México-Americana) en las 4 primeras ciudades estudiadas. Como puede observarse, en los sujetos sanos respiratorios, (sin tabaquismo), hay variaciones de ciudad en ciudad. Se esperaría un 100% de promedio si ajustaran a NHANES III, y el mismo porcentaje en las 4 ciudades si se pudieran considerar equivalentes. Por ejemplo el ajuste para FEV1 es bastante aceptable en las 4 ciudades, pero no tanto para FVC ni para FEV1/FVC. ADICIONALMENTE, el ajuste por talla y edad, varía con la misma en las diferentes ciudades. Es decir, hay asociaciones residuales con talla y edad de la ecuación NHANES.

VALORES DE REFERENCIA ORIGINADOS EN EL ESTUDIO PLATINO

Basados en población

Varias ciudades (étnico, altitud, riesgos)

Edad avanzada

Equipo y técnicas uniformes y actualizados.

Desventajas:

Inicio a los 40, (sin la meseta o función máxima)

"Número reducido" pero no con todas las ciudades

Pudiera enmascarar el impacto de nutrición o medio ambiente en una población si se usan ajustes locales.

CRECIMIENTO PULMONAR

Crecimiento en volumen y flujos exponencial para la edad en infancia. Esto hace que se requieran ecuaciones logarítmicas o exponenciales para un buen ajuste.

El crecimiento en talla precede al de función y termina antes en mujeres que en hombres.

La función espirométrica crece aún después de que la talla dejó de crecer en hombre, quizá por crecimiento en masa muscular y en circunferencia de tórax.

Meseta de función entre los 20-30 años (transversales)

Estudios longitudinales muestran pico entre los 20 y treinta

Gradual pérdida posterior aun en no fumadores y no expuestos a contaminación por enfisema subclínico

EFFECTO RACIAL

Raza negra, (asiática y hindúes?) 12% (0-20) menos que blancos de la misma edad, talla y género

La mayoría se debe a relación tronco/talla. A la misma talla los negros tienen tórax mas corto.

Sin diferencia importante (5%?) en hispánicos o indios americanos

Variaciones en "hispánicos" de diferente origen

En Latinoamérica, puede variar de acuerdo a la proporción de raza negra y blanca o de genes de raza negra y blanca en la mezcla.

ALTURA

En exposiciones agudas, puede disminuir la capacidad vital por edema pulmonar.

Mayores flujos instantáneos (PEFR V_{max25} , V_{max50} , V_{max75}) con la altura por menor densidad e aire.

Más volúmenes a grandes alturas que determinan el tórax grande que se ha descrito.

La respuesta a la altura se ha encontrado en una mayor capacidad vital, aunque se han reportado que también se incrementa la relación FEV1/FVC

Conclusiones

12. INTERPRETACIÓN DE LA ESPIROMETRÍA

LINEAMIENTOS GENERALES SOBRE INTERPRETACIÓN

La interpretación debe basarse en un reporte completo de la espirometría (ver sección correspondiente) y además de incluir la información sugerida (curva flujo volumen y volumen tiempo, datos de 3 mejores maniobras pre y post broncodilatador, valores de referencia utilizados, calibración, límite inferior de la normalidad, condiciones ambientales), comentar los siguientes puntos:

- a) Calidad de la prueba
- b) Parámetros bajo el límite inferior de la normalidad
- c) Probabilidad pre-test de enfermedad (síntomas)
- d) Patrón funcional basado en FEV1, FVC y su relación
- e) Forma de las curvas
- f) Posibles enfermedades y pruebas adicionales que aclararían un patrón dudoso.

CALIDAD TÉCNICA DEL ESTUDIO

En esta parte se deben considerar desde el equipo, la calibración y las maniobras realizadas, que deben ser idealmente siguiendo una metodología internacional tal y como se ha promovido en el manual.

PROBABILIDAD PRETEST DE ENFERMEDAD

La presencia de síntomas y de exposición al tabaco o a otros riesgos ayuda a valorar mejor las alteraciones funcionales, sobre todo las limítrofes. La presencia de exposiciones significativas o de síntomas respiratorios incrementa la posibilidad que unas alteraciones funcionales, especialmente si limítrofes, tengan significado y no sean falsas positivas. Por otro lado, en el caso de una persona asintomática y sin exposiciones relevantes, las mismas alteraciones limítrofes, probablemente no signifiquen enfermedad si no que forma parte del 5% de falsas positivas en sanos que se aceptan con el límite arbitrario de normalidad fijado en la percentila 5.

Comparación en la misma persona en el tiempo: pruebas pre y post o a lo largo del tiempo.

La comparación con pruebas previas de la misma persona incrementa la sensibilidad del estudio. Es la razón para hacer vigilancia periódica con espirometría en el ambiente laboral o en estudios de investigación. En el seguimiento longitudinal debe tomarse en cuenta la caída espirométrica esperada por la edad. En promedio de deben considerar alrededor de 30 ml/año de FEV1 y FVC a partir de los 30 años de edad. La variabilidad esperada en estudios repetidos se observa en la tabla. Con esa información se puede tener mejor idea de los cambios que se pueden considerar significativos. Este cambio es mayor a la reproducibilidad del laboratorio. De suerte que los cambios esperados en la tabla son los que se pueden aplicar en condiciones ideales de control de calidad. Un laboratorio con un control de calidad mejor al estándar, sería más sensible para detectar cambios en el tiempo.

PATRONES FUNCIONALES

La interpretación espirométrica se hace buscando patrones de anormalidad. Como puede verse en el esquema, una buena manera de hacer un flujograma es partiendo de la relación FEV1/FVC que permite identificar fácilmente el patrón obstructivo y luego los demás.

NORMALIDAD

RELACIÓN FEV1/FVC>LIN, FVC>LIN

Es importante aclarar que una prueba espirométrica dentro de la normalidad no significa que el sujeto sea sano respiratorio. Solamente significa que sus valores funcionales son dentro de lo esperado para la población sana. Cuando se compara contra valores de referencia y no contra sus mismos valores, una persona puede estar con patrón normal a pesar de tener una pérdida funcional importante. Por ejemplo, un fumador que a los 20 años de edad tiene un FEV1 que está 120% del promedio, y a los 40 años de edad se encuentra con un FEV1 que está al 82% del esperado, ha perdido un porcentaje importante de función pero todavía está dentro de lo esperado en la población sana.

TAMBIÉN PUEDE CONSIDERARSE NORMAL UN PATRÓN FEV1/FVC<LIN Y FEV1 >100%P (ATS) O FEV1>LLN

Este patrón puede verse en jóvenes, especialmente los atléticos. En los criterios para EPOC del proyecto GOLD, se considera anormal una relación FEV1/FVC<70%. Este criterio no considera la caída de la relación que se observa con el envejecimiento y resulta poco sensible en sujetos jóvenes (genera falsas negativas en jóvenes), y muy sensible en ancianos (genera falsas positivas). El LIN cae con la edad, pero persiste cercano al 90% del predicho para la edad que puede utilizarse como un criterio fácil de recordar. Los criterios Europeos consideran en hombres el 88% del predicho y en mujeres el 89% del predicho, pero también son aproximaciones ya que no ajustan completamente a la caída con envejecimiento.

OBSTRUCCIÓN AL FLUJO AEREO

FEV1/FVC< LIN y FEV1<LIN o menor al 100%P (ATS)

Es un patrón que puede demostrarse perfectamente con la espirometría. La obstrucción puede ser reversible con broncodilatador, lo que sugiere asma bronquial (ver tabla). También puede generarse experimentalmente con dosis bajas de metacolina, histamina, ejercicio, aire frío y otros irritantes (pruebas de reto), lo que define a la llamada hiperreactividad bronquial, característica del asma.

DETERMINANTES DEL FLUJO AÉREO

FLUJO=PRESION/RESISTENCIA

La presión impulsora en la espiración forzada se determina por la fuerza de los músculos respiratorios y la elasticidad pulmonar. Si el esfuerzo es suficiente, solo por la elasticidad pulmonar (elastic recoil). La resistencia puede verse alterada a lo largo de la vía aérea por varios factores.

CAUSAS DE OBSTRUCCIÓN O LIMITACIÓN AL FLUJO AEREO

- a) Reducción de la elasticidad pulmonar como en el enfisema
- b) Aumento de la resistencia de la vía aérea
 - a. En la vía aérea superior: estenosis traqueal, parálisis de cuerdas vocales, puede ser fija o variable e intra o extratorácica.
 - b. En la vía aérea inferior: por inflamación, secreciones, remodelación bronquial, tumores. Puede ser reversible con broncodilatadores o no. Los padecimientos comunes son el asma bronquial y la EPOC. Menos comunes son las bronquiectasias y la bronquiolitis obliterante.

CAPACIDAD VITAL BAJA O DISMINUCIÓN DEL VOLUMEN PULMONAR DESPLAZABLE

FVC<LIN con FEV1/FVC>LIN

La disminución en la capacidad vital puede ser debida a una baja en la inflación pulmonar máxima (capacidad pulmonar total) es decir una restricción pulmonar. Sin embargo también puede ser debida a un atrapamiento de aire en la espiración (aumento del volumen residual), que es típica de la obstrucción bronquial. Es por eso, que no conviene reportar este patrón como restricción, ya que puede ser debido a obstrucción bronquial grave. La clasificación de restricción debe incluir una medida de capacidad pulmonar total como la radiografía o la pletismografía. Aproximadamente en la mitad de las ocasiones en que está baja la FVC, se encuentra baja la TLC, es decir una restricción verdadera.

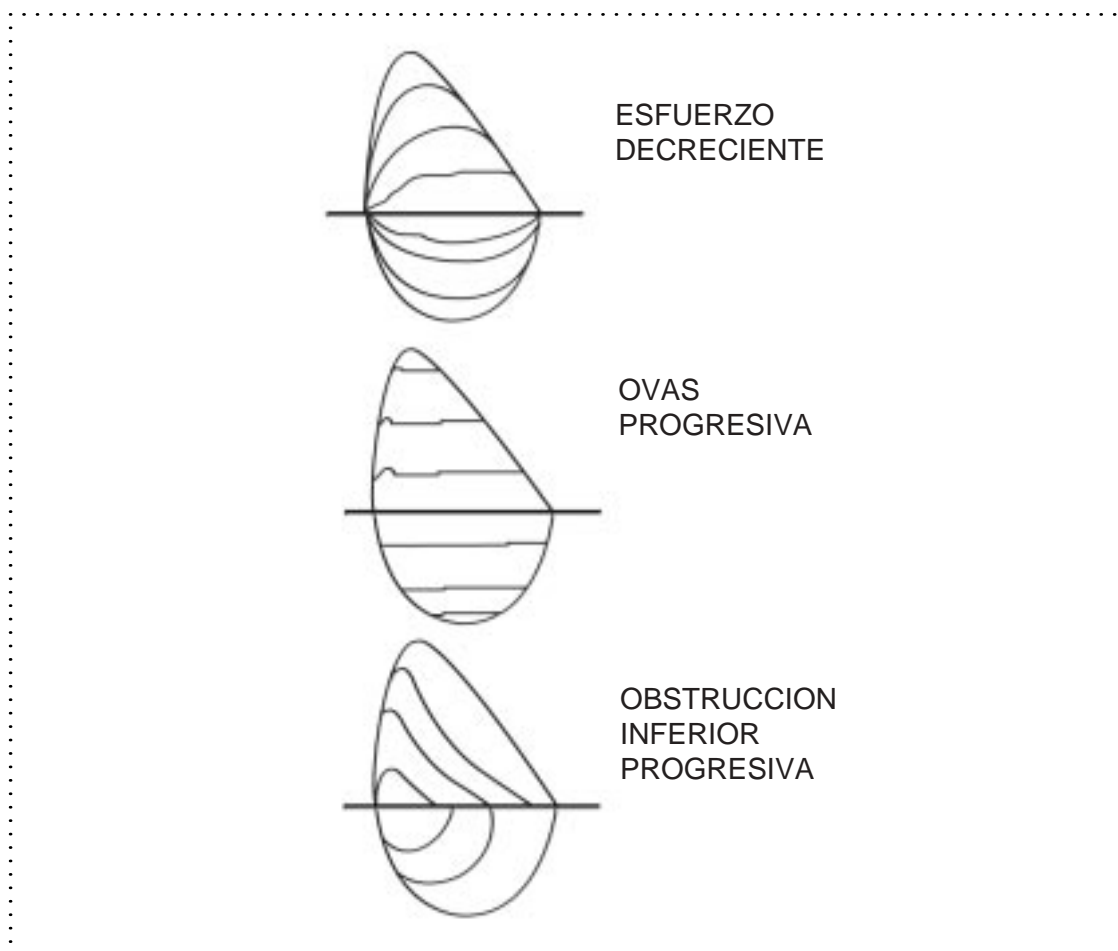
CAUSAS DE UNA CAPACIDAD VITAL BAJA

- 1- **RESTRICCIÓN PULMONAR** (inflación incompleta de los pulmones, baja de la capacidad pulmonar total)
 - a) Por debilidad de los músculos inspiratorios (miopatía, neuropatía, parálisis diafragmática), o un esfuerzo pobre (voluntario por simulación o poca cooperación, o dolor)
 - b) Por rigidez pulmonar excesiva (fibrosis pulmonar, frecuentemente asociada a un trastorno del intercambio gaseoso). Varias enfermedades ocupacionales producen fibrosis, especialmente la inhalación de polvos inorgánicos como las neumoconiosis (silicosis, asbestosis), o las alveolitis alérgicas.
 - c) Por rigidez de la pared torácica ya sea en la estructura ósea, como en la cifoescoliosis, o por tejidos blandos (obesidad, quemaduras extensas, ascitis).
 - d) Disminución del tejido pulmonar inflable o ventilable.
 - a. Ocupación pleural, con derrame o fibrotórax
 - b. Resección quirúrgica pulmonar
 - c. Llenado alveolar: Neumonía, edema pulmonar, hemorragia
- 2- **ATRAPAMIENTO AEREO** (aumento del volumen residual, espiración incompleta)
 - b) Obstrucción o colapso bronquial con cierre prematuro de vías aéreas (lo habitual en asma y EPOC)
 - c) Presencia de bulas en el pulmón (aire atrapado)
 - d) Rigidez de la caja torácica que impide la espiración completa (frecuente en cifoescoliosis y espondilitis anquilosante)
 - e) Debilidad de los músculos espiratorios o cese prematuro del esfuerzo del paciente.

MANERA DE IDENTIFICAR LAS CAPACIDADES VITALES BAJAS QUE NO SON DEBIDAS A RESTRICCIÓN SI NO A ATRAPAMIENTO AEREO Y POR LO TANTO A UNA ENFERMEDAD OBSTRUCTIVA

- a) Medición directa de capacidad pulmonar total en pletismografía
- b) Observación del volumen pulmonar en una placa de tórax (una simple estimación sin necesidad de medir la superficie pulmonar)
- c) Observación del tórax del paciente (hiperinflación o tórax llamado en tonel)
- d) Normalización de la capacidad vital haciendo una maniobra espiratoria lenta o después de broncodilatador.

PATRONES DETECTADOS EN LA CURVA FLUJO VOLUMEN (VER FIGURA)



PATRON DE ESFUERZO BAJO O VARIABLE

La elevación del flujo no alcanza un pico delgado y cambia en cada maniobra.

PATRON DE OBSTRUCCIÓN BRONQUIAL

La curva flujo volumen va disminuyendo de tamaño y se observa una concavidad progresiva con el grado de obstrucción. Esto es típico del asma bronquial y del EPOC.

PATRON DE OBSTRUCCIÓN AEREA SUPERIOR

Se observa meseta en el flujo inspiratorio o espiratorio o ambos dependiendo de que la obstrucción sea fija o variable y de si está localizada en la parte extratorácica de la vía aérea o en la intratorácica. En la obstrucción extratorácica, la obstrucción tiende a incrementarse en la inspiración y a mejorar en la espiración, y lo contrario en la intratorácica. Cuando es una obstrucción fija (por ejemplo, tumor o estenosis traqueal), la alteración en la curva flujo volumen es muy reproducible en varias maniobras espirométricas, lo que la diferencia de un patrón de esfuerzo variable. En la disfunción laringea el patrón de obstrucción inspiratoria es cambiante (es una obstrucción funcional quizá psicogénica que aparece y cede), a diferencia de la parálisis bilateral de las cuerdas vocales en aducción, que es fijo.

PATRÓN RESTRICTIVO

La curva flujo volumen es idéntica en forma a la del sujeto normal, pero más pequeña. El modelo más sencillo de entender es el resultado de una pneumonectomía, en la que el pulmón remanente es sano pero se perdió la mitad del tejido pulmonar.

PATRONES MIXTOS

FEV1/FVC < LIN con FVC < LIN

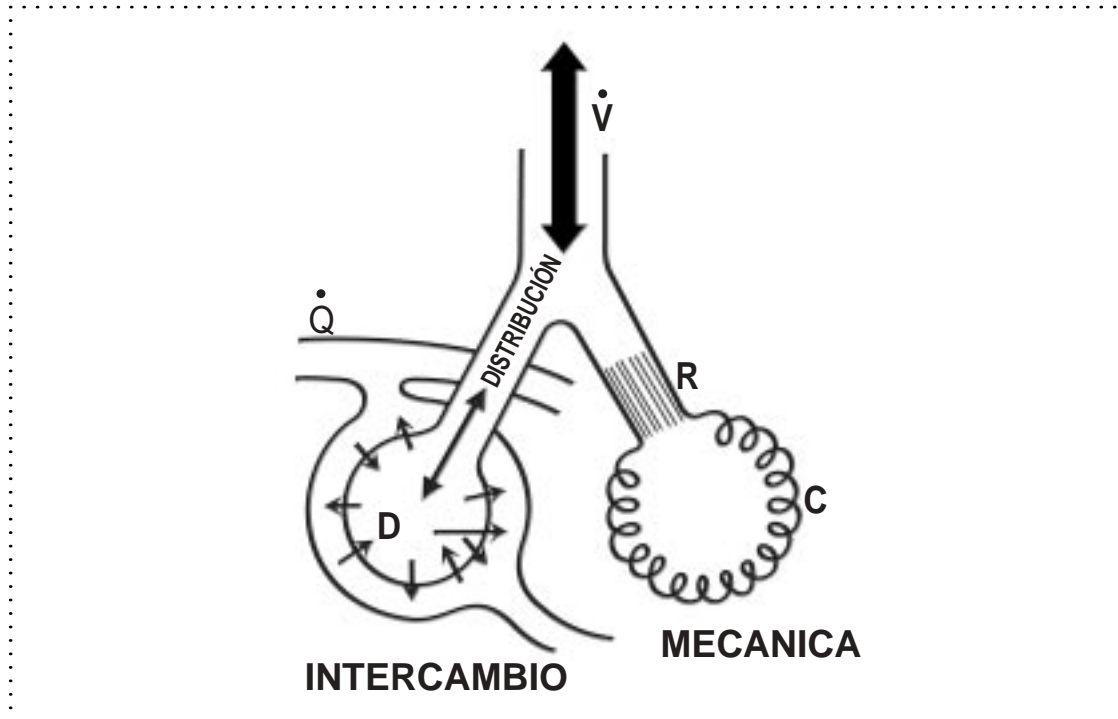
Se documenta obstrucción al paso del aire y una capacidad vital baja, que puede ser debida a la misma obstrucción o a un patrón restrictivo adicional. Se requiere la medición de TLC para su documentación fehaciente.

Cuando hay obstrucción y una restricción real (baja inflación pulmonar) el patrón puede ser causado por la coexistencia de una enfermedad obstructiva y una restrictiva, pero varias neumoconiosis (exposiciones a polvos inorgánicos, como en los mineros), la tuberculosis avanzada, las bronquiectasias graves, y algunas enfermedades intersticiales raras del pulmón (linfangioleiomiomatosis, granuloma eosinófilo) lo pueden generar.

OTROS PATRONES FUNCIONALES NO IDENTIFICABLES EN LA ESPIROMETRIA

La espirometría detecta alteraciones en la mecánica pulmonar, es decir en la resistencia al paso del aire o en la rigidez del pulmón o de la caja torácica. Sin embargo el pulmón también tiene funciones de intercambio gaseoso, de control central de la respiración, de circulación pulmonar y de defensa, que no son exploradas por el estudio.

El patrón vascular pulmonar es causado por restricción del lecho vascular pulmonar, lo que afecta primordialmente al intercambio gaseoso. En las alteración del control respiratorio se tiene retención de bióxido de carbono, con una mecánica pulmonar, incluyendo la espirometría normales.



CORRELACIÓN CLÍNICO FUNCIONAL Y CON GRADO DE INCAPACIDAD

Debe haber una correlación entre la alteración funcional y la incapacidad de la persona o las manifestaciones clínicas. Por ejemplo en el caso de la obstrucción aérea en EPOC los pacientes con disnea de mínimos esfuerzos o reposo, con hipercapnia, con cor pulmonale suelen tener un FEV1 menor al 35% del normal. Si no es así se deben buscar otros factores que expliquen la incapacidad. Lo mismo en enfermedades restrictivas, los de mayor limitación suelen tener una FVC menor al 50%.

LIMITACIONES DE LAS PRUEBAS DE FUNCIÓN RESPIRATORIA

Aunque se tiene un conocimiento fisiológico que sirve de base a la aplicación clínica de la espirometría, la interpretación debe ser empírica.

No hay ninguna prueba que valore todo el ámbito de la función respiratoria; se ve a la respiración desde pequeñas ventanas o puntos de vista. La espirometría analiza solamente el aspecto mecánico del funcionamiento respiratorio.

También la función se analiza en forma global (lumped) y no como es en realidad, múltiples unidades trabajando con cierta coordinación pero independientemente. Puede haber zonas pulmonares dañadas mecánicamente, pero si el impacto en la sumatoria es mínimo, no será identificable en la espirometría.

Hay errores de medición que se disminuyen con un control de calidad adecuado. También errores de clasificación entre normal y anormal debido a defectos en los valores de referencia o en la manera de utilizarlos o bien en la sensibilidad y especificidad de la prueba. Hay una investigación insuficiente para valorar la utilidad clínica o pronóstica de los patrones funcionales, utilizados desde hace tiempo.

Cuando se usan adecuadamente, las pruebas son de utilidad clínica, pero raramente permiten hacer un diagnóstico. Hay escasas excepciones a este principio, y se dan solamente en los casos en los que una enfermedad o padecimiento están definidos en términos funcionales. Por ejemplo, si se detecta una obstrucción grave al paso del aire, que revierte con broncodilatador, se puede diagnosticar asma bronquial. Es decir, la espirometría en general da patrones funcionales que son inespecíficos para el diagnóstico de enfermedades.

Por lo mismo, varias enfermedades respiratorias graves, como el cáncer pulmonar, el enfisema o la fibrosis pulmonar pueden cursar con una espirometría normal, sobre todo cuando están en sus etapas iniciales.

ASOCIACIONES CON ESPIROMETRÍA BAJA

Más morbilidad y riesgo quirúrgico

Menos VO₂max y capacidad de trabajo

Más mortalidad respiratoria y cardiovascular (Framingham y otros aun en no fumadores)

FEV₁ > 2SD vs 1SD tiene un RR 12 de morir de EPOC, 10 de enfermedades respiratorias, 2 de vascular en 20 años (UK workers)

Bajo FEV₁, RR 4-5 de morir de Ca pulmonar ajustado por tabaquismo (MRFIT y otros)

LÍMITES APROXIMADOS DE «NORMALIDAD» EN FORMA PORCENTUAL. CONVIENE USAR EL LIMITE INFERIOR DE LA NORMALIDAD ESTADÍSTICO

PRUEBA	ANORMALIDAD (% Predicho)
FVC	< 80
FEV1	< 80
FEV1/FVC	< 90
FEF25-75	< 60
PEFR	< 65

PEFR= flujo espiratorio máximo, FEF25-75= flujo mesoespiratorio. El límite de «normalidad» está calculado con un error de menos del 5% unilateral

CAIDA APROXIMADA ANUAL DE LA FUNCIÓN SPIROMÉTRICA, UTIL PARA VER CAMBIOS EN EL TIEMPO

	FVC (ml/año)	FEV1 (ml/año)
Hombres	- 30	- 25
Mujeres	- 25	- 25

Por ejemplo, en 10 años de seguimiento es esperable una caída del FEV1 de 300 ml en hombres y de 250 ml en mujeres.

91

CRITERIOS RECOMENDADOS PARA RESPUESTA A BRONCODILATADORES EN ADULTOS

ORGANIZACIÓN	FVC (%)	FEV1 (%)	FEF25-75 (%)	COMENTARIOS
American College of Chest Physicians	15-25	15-25	15-25	% de la línea de base en al menos 2 de 3 pruebas
Intermountain Thoracic Society	15	12	45	% de la línea de base
ATS	12	12	No utilizado	% de línea de base y además un cambio absoluto de 200 mL

Incrementos porcentuales mínimos para considerar una respuesta positiva a broncodilatadores.

CAMBIO EN INDICES ESPIROMETRICOS EN EL TIEMPO (ATS)

CAMBIOS % REQUERIDOS PARA SER SIGNIFICANTES				
TIEMPO	TIPO DE SUJETOS	FVC	FEV1	FEF 25-75
Dentro del mismo día	Normales	=>5	=>5	=>5
	EPOC	=>11	=>13	=>23
Semana a semana	Normales	=>11	=>12	=>21
	EPOC	=>20	=>20	=>30
Año con año		=>15	=>15	

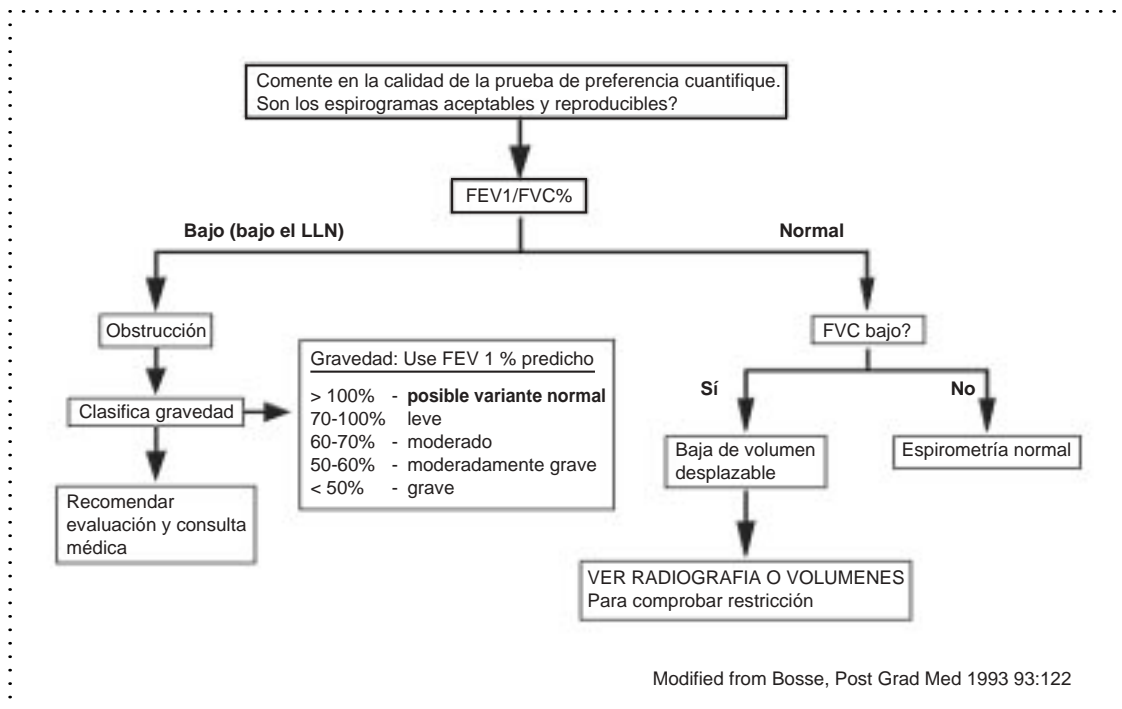
Por ejemplo, en espirometrías hechas al mismo sujeto con un año de diferencia, se considera significativo un cambio igual o mayor al 15%, que es mucho mayor que los 25 o 30 ml habituales. El 15% toma en cuenta la variación del método.

El cambio que se considera significativo para un trabajador en una jornada de trabajo es mayor al 5% (cambios dentro del mismo día en la tabla). Esto demuestra una sensibilidad al ambiente laboral.

INTERPRETACIÓN Y CRITERIOS PARA VALORAR LA GRAVEDAD DE LAS ANORMALIDADES ESPIROMETRICAS (ATS)

INTERPRETACIÓN	GRAVEDAD	CRITERIOS
Normal		FVC y FEV1/FVC son normales
Obstrucción	Puede ser una variante fisiológica	FEV1/FVC bajo lo normal FEV1% >100
	Leve	FEV1%=>70 y <100
	Moderada	FEV1% =>60 y <70
	Moderadamente grave	FEV1%=>50 y <60
	Grave	FEV1%=>34 y < 50
	Muy grave	FEV1% < 34
Restricción (cuando tlc este bajo)	Leve	FVC%=>70 pero bajo lo normal
	Moderado	FVC%=>60 y < 70
	Moderadamente grave	FVC%=>50 y <60
	Grave	FVC%=>34 y < 50
	Muy grave	FVC%< 34

TLC es la capacidad pulmonar total



13. RECOMENDACIONES PARA LOS ESPIROMETROS DE CONSULTORIO

MENSAJES RECOMENDADOS

BEV > 150 mL, mostrar «no dude al inicio de soplar»

PEFT > 120 ms, mostrar «el soplido inicial debe ser más fuerte, explosivo»

FET < 6.0 s y EOTV > 100 mL, mostrar «sople por más tiempo»

PEF que no se reproduce dentro de 1.0 L/s, mostrar «sople más fuerte»

FEV₆ no se reproduce dentro de 150 mL, mostrar «respire más hondo, llene los pulmones»

Solo se mostrará un mensaje, en el orden de prioridades de la tabla. Después de 2 maniobras aceptables que se reproducen bien mostrar «buena prueba»⁵

GRADOS DE CALIDAD RECOMENDADOS

A= al menos 2 maniobras aceptables, con FEV₁ y FEV₆⁶ reproducibles dentro de 100 mL

B= 2 aceptables con FEV₁ reproducible entre 101 y 150 mL

C= 2 aceptables con FEV₁ reproducible entre 151 y 200 mL

D= only one acceptable maneuver, or more than one, but the FEV₁ values match > 200 mL (with no interpretation)

F= no acceptable maneuvers (with no interpretation)

A QC grade, which indicates the degree of confidence in the results, should be calculated, mostrared, and reported along with the numeric results and the interpretation.

PASOS RECOMENDADOS DE ESPIROMETRÍA

1. Medir talla en calcetines
2. Registrar edad, género, talla y etnicidad
3. Explicar y demostrar la maniobra
4. Asesore y vigile al paciente durante la maniobra
5. Repita hasta lograr **2 aceptables y reproducibles**⁷

ESPIROMETRÍA EN MEDICINA LABORAL

IMPEDIMIENTO Y DISCAPACIDAD

Los términos Impedimento y Discapacidad han sido definidos por la Organización Mundial de la Salud (19,20). Impedimento es una pérdida o anomalía psicológica o fisiológica de alguna estructura anatómica o de su función. Esta pérdida o anomalía debe poder medirse objetivamente, puede clasificarse como temporal o permanente y graduarse en severidad. Discapacidad se refiere a la restricción o pérdida de la habilidad de realizar una actividad en la forma o dentro del contexto considerado como normal para un ser humano. El término discapacidad indica el efecto total del impedimento sobre la vida del paciente y se afecta por variables como la edad, género, nivel educativo y socioeconómico, medio ambiente, ocupación y requerimientos de energía. En consecuencia, dos personas con el mismo impedimento pueden tener diferente discapacidad. La evaluación del impedimento es responsabilidad de un especialista experto quien

¹ Acepta 2 pruebas buenas y no exige 3, como se hacía habitualmente.

² Para instrumentos de consultorio el grupo de expertos recomienda el uso del FEV₆ en lugar de la FVC, lo que hace el estudio más corto y sencillo.

³ Ya no pide 3

debe cuantificarlo mientras que la determinación de discapacidad es una decisión administrativa que puede requerir considerar variables médicas y no médicas. De acuerdo a estas consideraciones en el contexto de valoración respiratoria lo que se busca es determinar el grado de impedimento para lo cual primero se revisaran las recomendaciones internacionales y posteriormente se realizan algunas consideraciones apropiadas para nuestro país.

EVALUACIÓN DEL IMPEDIMENTO RESPIRATORIO

Varias organizaciones profesionales internacionalmente reconocidas han abordado y publicado sus recomendaciones para evaluación de impedimento respiratorio. La ATS publicó en 1986 en conjunto con la Asociación Americana del Pulmón (ALA) las recomendaciones para evaluación de impedimento y discapacidad secundaria a enfermedades respiratorias (21). Estas recomendaciones no han sido actualizadas de manera reciente, excepto para el caso de Asma que fue revisada y publicada en 1993 (22). La Sociedad Europea de Fisiología Respiratoria Clínica (SEPCR) publicó sus recomendaciones para graduar discapacidad respiratoria en 1990 (23). Finalmente, la Asociación Médica Americana (AMA) en sus guías para evaluación de impedimento permanente, revisadas en el año 2000, incluye recomendaciones específicas para valoración del sistema respiratorio (24). Las recomendaciones de las tres organizaciones son muy similares, sin embargo, las de la AMA son las que con mayor frecuencia se utilizan y refieren en la literatura.

La valoración médica de impedimento respiratorio debe de incluir valoración clínica con historia médica y examen físico cuidadoso, radiografía de tórax y pruebas de función respiratoria estandarizadas, principalmente espirometría y DLCO; la PECP se realiza en una minoría de los casos. Sin embargo, todas las recomendaciones publicadas, se enfocan principalmente en evaluar el grado de impedimento respiratorio relacionado a una reducción de la función pulmonar. El grado de impedimento respiratorio ha sido definido cuando hay una alta probabilidad de existir limitación respiratoria sobre la capacidad de realizar ejercicio.

96

Antes de la evaluación de impedimento es indispensable que exista un diagnóstico médico establecido ya que la función pulmonar puede estar disminuida directamente por enfermedades no respiratorias, como deformidades músculo-esquelética del tórax o enfermedades neuromusculares, o indirectamente como en la insuficiencia cardíaca. Las pruebas de función respiratoria deben realizarse con el paciente estable y siguiendo todas las recomendaciones de estandarización previamente establecidas.

Las guías de la ATS, SEPCR y AMA requiere realizar espirometría y determinación de DLCO en todos los casos y en una minoría completar con PECP. En las Tablas 5-7 se resumen los parámetros de graduación y los niveles de impedimento. En todos los casos se utilizan solo los parámetros de CVF, VEF1 y su cociente VEF1/FVC. Tanto en los valores espirométricos como en la DLCO se cuantifican en por cientos del predicho e se insiste en la adecuada selección de valores de referencia. La SEPCR y la AMA insisten en utilizar límites inferiores de normalidad de acuerdo a la distribución del valor en la población de referencia. La AMA especifica grados de impedimento respiratorio de acuerdo a valores VO₂max (ml/kg/min) y trabajo realizado (Mets). La ATS y la SEPCR gradúan el impedimento pulmonar como: no impedimento e impedimento leve, moderado o grave equivalentes a las clases 1, 2, 3 y 4, respectivamente, de la AMA.

CONDICIONES QUE PUEDEN MODIFICAR EL GRADO DE IMPEDIMENTO

La presencia de hipoxemia debe ser documentada en dos ocasiones distintas con un intervalo no menor a 4 semanas y con el paciente clínicamente estable. La interpretación debe considerarse en el contexto de valores normales por altitud. La presencia de hipoxemia en reposo o ejercicio por si solas no son indicadores de impedimento grave. Sin embargo, la mayoría de los sujetos con hipoxemia cursan con un grado de impedimento en base a la espirometría y la DLCO. La ATS define Impedimento grave en caso de existir *cor pulmonale*, de manera independiente al estado funcional.

La evaluación de impedimento respiratorio en asma es complicada y se han descrito recomendaciones de evaluación y graduación de acuerdo a puntajes específicos que involucran resultados de espirometría, requerimientos de medicamentos y reversibilidad en la obstrucción e hiperreactividad bronquial (22).

LIMITACIONES DE LA VALORACIÓN DE IMPEDIMENTO

La presencia de diferentes guías, aunque son similares, generan un grado de variabilidad en la forma de evaluar impedimento. Es importante mencionar que los estándares de la PFR mejoran de manera continua y las guías internacionales de valoración de discapacidad de la ATS y la SEPCR no han sido actualizadas recientemente. No obstante, las PFR deben realizarse bajo sus estándares más recientes. Las PFR no son específicas ni diagnósticas y las pruebas en reposo (espirometría y DLCO) pueden tener una correlación variable con la capacidad funcional real del paciente que solo puede ser medida por PECP. Asimismo, el daño funcional puede ser heterogéneo entre enfermedades respiratorias y entre pacientes con la misma enfermedad. La valoración de impedimento debería ser idealmente individualizada por enfermedad, pero solo se ha hecho en el caso de asma.

UTILIDADES DE LA ESPIROMETRÍA EN MEDICINA LABORAL

VALORACIÓN FUNCIONAL RESPIRATORIA

- Valoración de impedimento-incapacidad: (debe ser objetiva)
- Valoración previa a contratación y para ver capacidad para un puesto.
- Detección de enfermedad laboral respiratoria
- Clasificación del patrón funcional obstructivo, restrictivo, normal, etc.
- Valoración del impacto del ambiente de trabajo en la función
- Proyectos de investigación

DIAGNÓSTICO NOSOLÓGICO

- Asma bronquial: obstrucción reversible
- EPOC obstrucción irreversible

DIAGNÓSTICO ETIOLÓGICO

- Asma por agentes específicos (prueba de reto)
- Reto para alveolitis alérgica
- Deterioro debido al trabajo (pruebas antes y después de la jornada)

SECUENCIA DE UN ESTUDIO DE CASO EN MEDICINA LABORAL

Valoración funcional => Patrón funcional respiratorio => Diagnóstico más probable => valoración del impacto del empleo en la función => en algunas ocasiones diagnóstico etiológico.

UTILIDAD DE LAS PFR A LO LARGO DE LA HISTORIA NATURAL DE LA ENFERMEDAD OCUPACIONAL

1. **PREVENCIÓN PRIMARIA:** investigación, evaluación pre-empleo, capacidad funcional pre-empleo: básicamente basada en la espirometría
2. **PREVENCIÓN SECUNDARIA:** detección temprana de enfermedad, valoración de trabajadores expuestos: principalmente espirometría, en investigación otros métodos.
3. **PREVENCIÓN TERCIARIA:** valoración clínica, valoración de incapacidad, impacto del tratamiento, pronóstico. Espirometría, difusión (en restrictivos), en investigación pruebas de reto.

UN PROBLEMA PRIMORDIAL EN MEDICINA OCUPACIONAL

Posible ganancia secundaria.

Mecanismo conciente (engaño o simulación) o inconciente.

Posible falseamiento (conciente o inconciente) de datos: cuestionarios, PEFR, diarios.

Indispensable valorar calidad y confiabilidad de las pruebas objetivas: poca reproducibilidad debe reportarse porque puede sugerir manipulación.

Posible negación o subestimación del tabaquismo y otros riesgos a la salud no debidos al empleo.

PRINCIPIOS GENERALES DE LA VALORACIÓN DE INCAPACIDAD LABORAL

1. **VALORACIÓN OBJETIVA.** Se requiere una valoración objetiva de función pulmonar, ya que es poco confiable restringirse a la aceptación de síntomas como evidencia de enfermedad laboral. La presencia de síntomas es esencial para entender la enfermedad laboral o no laboral, sin embargo en la medicina laboral, se tiene que tomar en cuenta siempre la posibilidad de una ganancia secundaria del sujeto, desde el momento en que determinar una enfermedad laboral implica una indemnización. Es importante notar también que en los enfermos respiratorios con problemas no relacionados al empleo, la correlación entre síntomas y función no es muy buena y se requiere de ambos aspectos. Sin embargo, la ganancia secundaria es poco relevante o sistemática en estos casos. En general, la alteración espirométrica es proporcional a la incapacidad para realizar trabajo. Es decir los grupos de sujetos sin limitación tienen en promedio más función que los más limitados, pero esto a nivel grupal y existen muchas superposiciones.
2. **INICIAR CON LAS PRUEBAS FUNCIONALES MÁS SENCILLAS Y CONFIABLES, Y SOLO EN CASO NECESARIO USAR LAS MÁS SOFISTICADAS.** En general se plantea hacer 1 de mecánica (la espirometría) y 1 de intercambio gaseoso como la difusión de monóxido o una prueba de ejercicio (menos crítico en enfermedad de la vía aérea)
3. **DE LA ESPIROMETRÍA BASARSE EN EL FEV1 Y EN LA FVC Y SU RELACIÓN**
4. **INDISPENSABLE REALIZAR LAS PRUEBAS DE MANERA ESTANDARIZADA Y CON CONTROL DE CALIDAD.**
5. **PROTOCOLO ESCALONADO Y SECUENCIAL,** en el cual las pruebas más sofisticadas se hacen solo en caso de que las sencillas no sean suficientes (ver esquema de ATS). La alternativa se hace en algunos lugares y es aplicar a cada trabajador evaluado una batería de estudios. Aunque la estrategia genera una rica información que puede ser útil en un proyecto de investigación, en el trabajo rutinario resulta en un desperdicio de tiempo, dinero y esfuerzo ya que la mayoría de los trabajadores pueden evaluarse adecuadamente con las pruebas sencillas.
6. **TRATAR DE DEMOSTRAR EL IMPACTO DEL TRABAJO EN LA ENFERMEDAD.**
 - a. Por ejemplo, medir el FEV1 antes y después de la jornada laboral en sujetos que se quejan de asma o síntomas relacionados al trabajo. También se puede utilizar un registro prolongado de PEFR en donde se buscaría el empeoramiento en la jornada de trabajo y la mejoría en el fin de semana.
 - b. En algunas ocasiones se puede hacer una prueba de reto a alguna sustancia conocida en el trabajo. Estas pruebas son delicadas y deben realizarse en centros especializados con acceso a una atención médica inmediata.

UTILIDAD DE VARIAS PRUEBAS DE FUNCION RESPIRATORIA EN MEDICINA LABORAL

1. **Espirometría:** la más importante, PRIMER PASO
Simple, reproducible y objetiva. Es posible incapacidad con pocas alteraciones espirométricas.
Medir FVC, FEV1, FEV1/FVC
Se determina pérdida grave de función (sin necesidad de pruebas adicionales) si el
FVC <50%
FEV1 <40%
FEV1/FVC < 0.4
2. **PEFR:** valoración de hiperreactividad bronquial, impacto del empleo en la función en asmáticos.
Hasta la mitad de las mediciones pueden ser inventadas o erróneas en los diarios (menos con dispositivos electrónicos). Dificultad para realizarla en el empleo.

PARA MEDIR LA VARIACIÓN DIURNA (LABILIDAD)

Medición AM prebroncodilatador o pre empleo vs 12-14 hs post BD o post empleo
Medir Máxima diaria-minima diaria/media diaria
>20% de variabilidad en adultos o 30% en niños sugiere asma

PRE Y POST JORNADA DE TRABAJO

OTRAS PRUEBAS Y SU UTILIDAD LABORAL

DIFUSIÓN DE MONÓXIDO DE CARBONO para enfermedades restrictivas (neumoconiosis, neumonitis por hipersensibilidad). Prueba más compleja (aunque razonablemente reproducible) usada en varios sistemas de evaluación de incapacidad.

Detecta algunos pacientes incapacitados por problema de intercambio gaseoso sin muchas alteraciones espirométricas (podrían detectarse presumiblemente en ejercicio como neumoconiosis o enfermedades fibrosantes del pulmón, enfisema)

Prueba de reto con metacolina: diagnóstico de hiperreactividad bronquial si la espirometría es normal, alternativa a ver PEFR en casa o trabajo. Hacerla en un centro de referencia. No realizarla si el FEV1 está bajo el 65%. Útil sobre todo para descartar asma

Prueba de reto con antígenos: de investigación, diagnóstico etiológico por ejemplo de asma o neumonitis alérgica por algún agente laboral.

GASOMETRÍA ARTERIAL

Invasiva, difícil de estandarizar e interpretar, poco sensible y específica
PO₂<60 en reposo con hipertensión pulmonar, cor pulmonale, policitemia o desaturación de ejercicio,
o <50 en reposo criterio de gravedad
Se recomienda sólo como apoyo en CASOS SELECTOS

PRUEBA DE EJERCICIO LABORAL

Invasiva, cara, algo riesgosa, menos estandarizada, añade poco a las rutinarias
No conviene usar en sujetos con extremos de función. El que por espirometría está muy limitado ya no la requiere porque ya se definió su incapacidad. Lo mismo el que resulta con pruebas sencillas normales.

UTIL SI:

- Las pruebas rutinarias poco confiables.
- Varios organos disfuncionando.
- Disfunción temprana, sobre todo en padecimientos fibrosantes del pulmón.
- Disnea desproporcionada para pruebas iniciales espirometria y difusión.
- Valoración detallada en empleos con gran esfuerzo físico.
- Fibrosis pulmonar o vascular temprana (se puede subestimar sin el ejercicio).
- Cuantificación de la limitación funcional necesaria por algún motivo (objetiva).
- Cofactor limitante (cardiopatía, poca condición, simulación asma) Una carga de trabajo que requiere el 40% de VO₂ max se puede sostener por 8 horas.
- Se requiere analizar los mecanismos de limitación.
- Asma por ejercicio.

PFR SIN UTILIDAD EN EL AMBIENTE OCUPACIONAL

PRUEBAS POCO REPRODUCIBLES Y DE CORRELACION DUDOSA CON INCAPACIDAD

Pruebas de via aerea menor

Distensibilidad pulmonar, volúmenes

VVM: Requiere mas aprendizaje, fatigante, mas requerimientos de equipo, predicha con FEV₁, puede ser normal en las enfermedades intersticiales

ASOCIACIONES CON ESPIROMETRIA BAJA

Mas morbilidad y riesgo quirúrgico

Menos VO₂max y capacidad de trabajo

Más mortalidad respiratoria y cardiovascular (Framinham y otros aun en no fumadores)

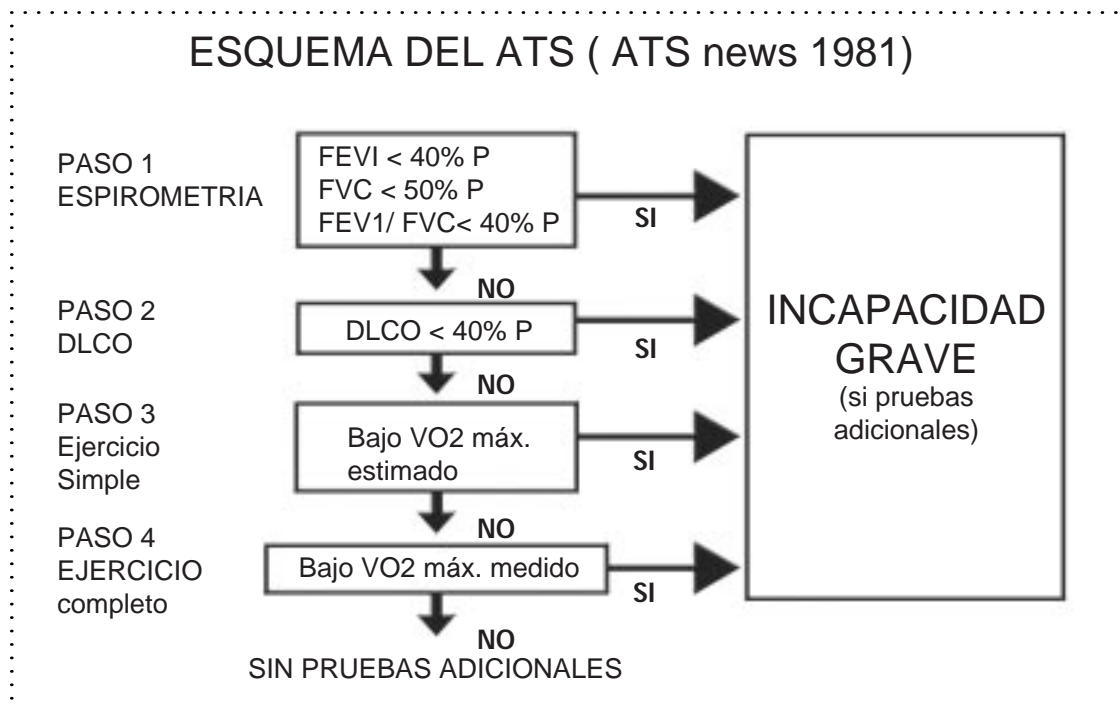
FEV₁>2SD vs 1SD tiene un RR 12 de morir de EPOC, 10 de enfermedades respiratorias, 2 de vascular en 20 años (UK workers)

Bajo FEV₁, RR 4-5 de morir de Ca pulmonar ajustado por tabaquismo (MRFIT y otros)

SISTEMA ATS

	Normal	Leve	Moderado	Grave
FVC	> = 80	60 - 79	51-59	< = 50
FEV1	> = 80	60 - 79	51-59	< = 40
FEV1 / FVC P	> = 75	60 - 74	41-59	< = 40
DLCO	> = 80	60 -79	41-59	< = 40
V02 máx ml (Kg.min)	> 25	15-25		< 15
METS	>7	4-7		< 4

Con < = 15 ml/ Kg/ min disnea al transportarse y no puede. Con > 25 puede en cualquier trabajo. Entre 15-25 puede si el 40% > promedio de gasto.



LIMITACIONES DE LA VALORACION DE LA PERDIDA FUNCIONAL

Correlación aceptable entre espirometría y capacidad de realizar trabajo en grupos, pero mucha variación en individuos.

Muchos sistemas de medición con criterios que no concuerdan (AMA, ATS, ERS, IMSS etc)
Los estándares funcionales mejoran continuamente, pero se debe dar mucho peso a las mediciones objetivas.

Insuficiente ajuste a diferentes enfermedades por criterios únicos.

Existen criterios específicos para asma (ver delante), cáncer (con diagnóstico se considera incapacitado) apnea del sueño (hipoxia, somnolencia, HAP, tablas AMA etc).

El sistema de evaluación escalonado es más eficiente que el de un panel amplio rutinario para todos los trabajadores.

El daño funcional es heterogéneo en la misma enfermedad y en diferentes enfermedades.
Correlación variable entre la función mecánica o de intercambio en reposo y la capacidad de trabajo.

Las pruebas funcionales son inespecíficas (dan un diagnóstico funcional y no etiológico salvo quizá en asma).

PROBLEMAS CON VARIOS SISTEMAS ACTUALES DE VALORACIÓN DE INCAPACIDAD

Mezcla criterios funcionales (para incapacidad) con criterios para diagnóstico de enfermedad ocupacional (alteración radiográfica con criterios tipo ILO). Escasez de pruebas objetivas.

Incluye componentes subjetivos, como síntomas.

Falta de normativa actualizada: heterogeneidad en instrumentos, técnicas, valores de referencia, criterios de interpretación.

Carece de centros de referencia para pruebas más completas.

Utiliza otros datos de incapacidad que tienen utilidad como el Cor pulmonale, HAP o hipoxemia grave en reposo.

Superposición de funciones en el Instituto Mexicano del Seguro Social (atención médica, prestación de servicios, asignación de incapacidades y pensiones, asesoría a las empresas, prevención de enfermedades de trabajo), lo que genera potenciales conflictos de interés con la tendencia de preservar empleos a costa de la salud del trabajador.

Se requieren criterios de validez más amplia.

ERRORES EN VALORACIÓN DE INCAPACIDAD RESULTADO DE ERRORES ESPIROMÉTRICOS

Habitualmente se piensa que los errores en espirometría resultan en una infravaloración de la función pulmonar, a favor del trabajador. Sin embargo los errores obran en ambas direcciones como puede verse en las tablas siguientes.

ERRORES QUE AUMENTAN RESULTADOS ESPIROMÉTRICOS MANIOBRAS DEFECTUOSAS

- Dobles espiraciones.
- Espiraciones con esfuerzo submaximo o duda (cuando hay dependencia negativa al esfuerzo, NED).

EQUIPOS MALFUNCIONANTES

- Espirometros de flujo con problema de linea de base.
- Pneumotacografos obstruidos.
- Comparación con valores de referencia bajos.

ERRORES QUE BAJAN RESULTADOS ESPIROMÉTRICOS FALLA EN EQUIPO

- Fugas en espirometros de volumen (difícil de detectar si es leve).
- Problema de linea de base inspiratorio.

MANIOBRA INADECUADA

- Pobre selle con boquilla.
- Lengua en boquilla.
- Cierre glótico.
- Espiracion incompleta.
- Inspiracion incompleta.
- Esfuerzo submaximo (en general, causado por debilidad, simulación etc).
- Comparación contra valores de referencia altos.

CONDICIONES CON INCAPACIDAD NO DIRECTAMENTE RELACIONADA A LA FUNCIÓN

- Asma bronquial (la incapacidad se valora no solo por la función actual si no por la gravedad de las crisis, la labilidad del asma y el requerimiento de medicamentos, especialmente de esteroides sistémicos). Algún paciente puede tener función casi normal pero a costa de usar esteroides sistémicos diariamente y el asma es grave e incapacitante.
- Cáncer pulmonar: es incapacitante independientemente del FEV1
- Neumonitis por hipersensibilidad: Enfermedad potencialmente progresiva, con crisis periódicas, y todo ello no se refleja de manera integral por la función.
- Neumoconiosis: similar a la anterior
- Apnea del sueño: la somnolencia y la alteración neuroconductual genera incapacidad grave que no se manifiestan en la espirometría ni en el intercambio gaseoso.

CONCLUSIONES

La función remanente es mas facil de determinar que la perdida.

No se conoce de antemano por los síntomas.

Variación grande de la normalidad.

La incapacidad se asocia a la relacion entre el esfuerzo al trabajar y el máximo posible (mas incapacidad en un anciano al mismo % del normal y carga de trabajo).

Las demandas energeticas al trabajar son variables (entrenamiento, eficiencia etc).

Los síntomas son variables (tolerancia, SES, educación).

14. LA ESPIROMETRÍA EN NIÑOS, ANCIANOS Y CIRCUNSTANCIAS ESPECIALES

DRA. ADRIANA MUIÑO Y DRA. MARÍA NELLY MÁRQUEZ

ESPIROMETRÍA EN NIÑOS INTRODUCCIÓN

Numerosos estudios han mostrado que es posible realizar espirometrías desde etapas tempranas de la niñez. Sin embargo, existe consenso general de que es más difícil obtener resultados reproducibles en niños que en adultos. Blonshine y colaboradores afirman que la habilidad para obtener buenos resultados depende fundamentalmente del técnico, del ambiente donde se desarrolla el procedimiento y del desarrollo mental del niño. Con paciencia e instrucciones claras es posible obtener espirometrías desde los 3 o más años (1, 2, 3, 4), aun cuando hasta los 6 se logran resultados más consistentes y en muchos estudios de investigación inician a los 8 años de edad. Otros autores proponen reevaluar los criterios utilizados para los adultos, considerando grupos específicos de edad. (5,6,7) modificando los límites de aceptabilidad y reproducibilidad. Todavía no existe consenso sobre que resultados se consideran clínicamente útiles.

Los aspectos más relevantes a considerar en esta población son los siguientes:

LUGAR O AMBIENTE

- Además de las recomendaciones generales, conviene adecuar el sitio para niños evitando la presencia de objetos que se asocian a procedimientos dolorosos (jeringas, agujas) y con muebles, decoración, mesas y sillas adecuadas al tamaño de los niños, para lograr la postura correcta y un ambiente más favorable.

TÉCNICO Y RELACIÓN TÉCNICO PACIENTE

El desempeño del técnico es la principal variable en la obtención de pruebas y resultados aceptables. Además de las características generales deberá tener experiencia en el trabajo con niños. Puede ayudar vestir túnicas coloridas, con motivos infantiles, que alejen temores y motiven la confianza del niño en el procedimiento. En el procedimiento se valorará si es beneficioso o no la presencia de los padres, dependiendo de la edad y patología.

Por ejemplo, pacientes en sillas de ruedas, con dificultad en la movilización es recomendable que el familiar o la persona que lo acompañe, permanezca durante la realización del procedimiento para colaborar en el mismo (ver apartado.....)

EQUIPAMIENTO

Existen equipos que agregan un software que permite la visualización de distintas situaciones cotidianas, de juego (inflar un globo, soplar las velitas de la torta de cumpleaños) en donde se estimula o incentiva las maniobras de espiración forzada, buscando la aceptabilidad de las mismas. Es deseable que los espirómetros puedan grabar todos los datos con la posibilidad de registrar más de 15 maniobras por test, para poder excluir pero no desechar las maniobras no aceptables o no reproducibles(8,9). Es preferible utilizar boquillas de colores, con dibujos y formas familiares al niño. Buscar el tamaño adecuado que evite pérdida de aire, y que el material no provoque malestar. Si bien se ha medido variaciones en la función pulmonar causada por el uso de filtros, clínicamente es irrelevante (10). Es aconsejable el uso de clips nasales pero no es imprescindible.

MEDIDAS ANTROPOMÉTRICAS

- **Brazada:** existen situaciones especiales (cifoesciosis, u otras deformaciones torácicas) en donde la medida de pie no es posible, por lo que debe medirse la brazada. La medida se realiza con el individuo de pie con el tronco contra la pared y ambos brazos extendidos hasta lograr la máxima distancia entre los extremos de los dedos mayores, a nivel de las clavículas (método de Hepper et al) (11).

En niños con contracturas musculares o deformidades de miembros superiores, se suma la medida de cada segmento por separado.

- **Altura sentado:** el paciente se encuentra sentado en una mesa con las rodillas apoyadas en ángulo recto con la mesa. La espalda se mantiene derecha con hombros relajados. Se coloca el tallómetro exactamente vertical, en contacto con el sacro y detrás de la cabeza (12)

VALORES DE REFERENCIA NORMALES

Las ecuaciones de regresión más usadas en niños tienen como limitación para el grupo etario especial (3 a 5 años) que en general están calculados para niños de más de 110 cm de altura y mayores de 5 años. (13). Las estrategias de interpretación de no contar con valores de referencia apropiados para este grupo se deberán basar en la comparación longitudinal y evitar la predicción de valores de referencia con extrapolaciones.

PROCEDIMIENTO

Puede ser de pie o sentado.

106 Siguiendo las recomendaciones estandarizadas de las distintas sociedades científicas (14,15), el técnico deberá distinguir entre el niño que no logra realizar las maniobras y aquel que no coopera a fin de tomar decisiones sobre la credibilidad de la evaluación funcional respiratoria.

CRITERIOS DE ACEPTABILIDAD

- **EXCLUSIÓN DE MANIOBRAS.** En los niños conviene ser más conservador con el rechazo de maniobras, sobre todo cuando no cumplen con el criterio de la espiración por 6 segundos. En muchos niños, se logra una espiración completa en menos de 6 segundos, observando una meseta en la curva volumen tiempo y en los datos espirométricos un cambio de volumen al final de la espiración muy bajo (end expiratory volume). Aun en maniobras demasiado cortas, parte de la información es útil, como el PEF_r o el FEV₁ por lo que no deben desecharse.

Para el grupo que incluye niños y adolescentes (9 a 18 años) las recomendaciones son las mismas que las realizadas para los adultos.

REPRODUCIBILIDAD

Es una condición que aumenta con la edad. De cualquier manera se han reportado cifras buenas de reproducibilidad entre por lo menos 2 maniobras aceptables (<90% de los casos) y de hasta 3 maniobras aceptables en el 60%.

ESPIROMETRÍA EN EL ANCIANO

INTRODUCCIÓN

Distintos estudios multicéntricos realizados en mayores de 65 años, demostraron los determinantes en la calidad de la espirometría en el anciano (1), y que para lograr espirometrías reproducibles es necesario estrictos controles de calidad, y estandarización de procedimiento.

De esta experiencia suren nuevos valores de referencia para este grupo etario (2).

CONSIDERACIONES ESPECIALES EN EL ANCIANO

El desempeño del anciano durante la prueba no solo depende del déficit cognitivo del paciente sino también de factores sociales, familiares, educacionales, nutricionales, hábito tabáquico, y calidad del sueño (1).

ANTROPOMETRÍA

Puede requerirse la medición de la brazada en lugar de la talla por algún tipo de deformidad. Se debe considerar la relación entre la brazada y la altura según edad, sexo y raza (5), dividiendo la medida de la brazada entre el factor correspondiente a los distintos grupos como se muestra en la siguiente tabla. El resultado es la estimación de la altura medida de pie.

Tabla1. Relación entre medida de la brazada y altura.

EDAD	20-29	30-39	40-49	50-59	60-69	70-79	80-89
Raza Blanca							
n= 79							
Sexo Fem.	1,001	1,021	1,023	1,003	1,026	1,020	1,030
D.S.	(0,008)	(0,011)	(0,012)	(0,007)	(0,007)	(0,006)	(0,01)
Sexo Masc.	1,026	0,990	0,997	1,002	0,990	1,005	0,997
D.S.	(0,01)	(0,003)	(0,008)	(0,05)	(0,005)	(0,008)	(0,008)
Raza Negra							
n= 24							
Sexo Fem.	1,041	1,040	1,035	1,037	1,049	1,073	1,064
D.S.	(0,003)	(0,008)	(0,011)	(0,017)	(0,008)		(0,044)
Sexo Masc.	1,036	1,024	1,018	1,057	1,050	1,058	1,030
D.S.	(0,006)	(0,01)	(0,01)	(0,037)		(0,024)	

Otra forma de estimar la altura cuando existen defectos de la columna vertebral o el sujeto no se mantiene de pie es considerando distintas de ecuaciones de regresión, que si bien pueden ser más exactas, ya que se ajustan a la edad, no son de uso corriente en la práctica clínica (6,7).

CONSIDERACIONES ESPECIALES DE LAS MANIOBRAS FORZADAS EN EL ANCIANO

La calidad de las pruebas tiende a disminuir en el anciano, con relación a los sujetos jóvenes. El tiempo espiratorio forzado suele ser mayor a 6 segundos sin alcanzar meseta, debido a la pérdida del retroceso elástico pulmonar por la edad. En este caso puede considerarse el volumen espiratorio en 6 segundos, FEV₆, si el equipo lo dispone.

VALORES DE REFERENCIA

Deben emplearse ecuaciones de predicción apropiadas para los ancianos. Las ecuaciones habituales incluyen sujetos hasta los 70 años, y en la actualidad hay muchos ancianos que rebasan esa edad.

Enright recomienda el uso de ecuaciones de regresión para Capacidad Vital Forzada (FVC), Volumen espiratorio forzado en el primer segundo (FEV1), y la relación FEV1/FVC para sujetos caucásicos entre 65 y 85 años con alturas de pie para mujeres entre 145 y 175 cm y hombres entre 160 y 185 cm (2).

El uso de estas ecuaciones de referencia edad-específica evita el sobrediagnóstico de obstrucción bronquial, ya que los límites inferiores de normalidad de la relación FEV1/FVC pueden llegar a cifras inferiores del 65%.

Cuando en la interpretación de los resultados se considera el valor fijo de la relación en 70%, hasta un 5% pueden corresponder a falsos positivos.

Las ecuaciones de Enright para los distintos grupos etarios son como sigue:

Tabla 2. Ecuaciones de predicción para adultos mayores sanos (hombres y mujeres de raza blanca).

	ECUACIÓN	LIN	R ²	SEE
Sexo Masc.				
FVC	0.0577 * altura - 0.0206* edad - 4.37	-1,12	0.27	0.505
FEV1	0.0378 * altura - 0.0271* edad - 1.73	-0,84	0.27	0.505
FEV1/FVC (%)	- 0.294 * edad + 93.8	-11,7	0.05	6.90
Sexo Fem.				
FVC	0.0365 * altura - 0.0330 * edad - 0.70	-0,64	0.33	0.444
FEV1	0.0281 * altura - 0.0325 * edad - 0.09	-0,48	0.44	0.300
FEV1/FVC (%)	- 0.242 * edad + 92.3	-9,3	0.03	6.76
LIN	=	Límite inferior de lo normal		
R²	=	Coefficiente de determinación		
SEE	=	Error estándar de la estimación		

ESPIROMETRIA EN PACIENTES CON DEBILIDAD MUSCULAR

La prueba clásica de fuerza muscular es la medición de presión espiratoria máxima y de presión inspiratoria máxima. Sin embargo, la espirometría ofrece información complementaria. En general una debilidad de los músculos inspiratorios, disminuirá la inflación pulmonar máxima (capacidad pulmonar total, TLC), mientras que la debilidad de los músculos espiratorios generará una disminución del vaciado pulmonar (aumento del volumen residual, RV). Cuando ambos grupos funcionales de músculos están débiles se genera tanto una baja TLC como un RV elevado, lo que se ha denominado una disminución concéntrica en la capacidad vital.

Adicionalmente, en el caso de pacientes con debilidad diafragmática, la posición de decúbito reduce en mayor proporción la capacidad vital que en un sujeto con fuerza y tono diafragmático normal. Esto puede utilizarse como un indicador de debilidad diafragmática.

EQUIPAMIENTO

Especial atención merece el uso de piezas bucales que se adapten correctamente y eviten las pérdidas de aire. En caso de debilidad de los músculos bucales puede usar boquillas con sellador de labios. Si existe parálisis facial las máscaras oronasales serán las apropiadas.(1)

PROCEDIMIENTO

1. La medida de la Capacidad Vital es de gran utilidad tanto en el aspecto diagnóstico como pronóstico en este grupo de enfermos, ya que este parámetro permite: determinar el compromiso de los músculos respiratorios (inspiratorios y espiratorios), cuantificarlo y ver su cambio en el tiempo.

POSICIÓN

Habitualmente sentada. Un descenso del 20 % al acostarse sugiere debilidad diafragmática global, o parálisis diafragmática unilateral.

Si el descenso es del 50% sugiere fuertemente el diagnóstico de parálisis diafragmática bilateral.(1,2)

Cuando es posible obtener maniobras espirométricas forzadas aceptables, se diferencian las siguientes alteraciones de las curvas flujo-volumen:

- Caída abrupta de los flujos espiratorios finales
- Amputación de los flujos esfuerzo - dependientes
- Demora en alcanzar el pico de flujo espiratorio
- Amputación del pico de flujo inspiratorio

Estas 4 alteraciones de la morfología de la curva flujo volumen presentan 90 % de sensibilidad y 80 % de especificidad para diagnóstico de debilidad muscular.(3,4)

USO DE FAJAS ORTOPEDICAS TORACOLUMBARES

Este aspecto debe ser cuidadosamente considerado e interpretado, ya que es necesario la colocación correcta de la faja, bien ajustada. El uso correcto de una faja puede aumentar la capacidad vital en pacientes con escoliosis, pero en sujetos sin una buena indicación y efecto puede impedir la inflación completa.

ESPIROMETRÍA EN PACIENTES LARINGECTOMIZADOS O CON TRAQUEOSTOMÍA

La causa más frecuente de traqueostomía de urgencia es el cáncer laríngeo. El principal agente etiológico es el humo del cigarrillo, común tanto a la enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC), como al cáncer broncopulmonar (CBP) por lo que resulta común la situación de tener que valorar la función respiratoria antes de una cirugía de resección pulmonar.

DIFICULTADES EN LA VALORACIÓN DE LA FUNCIÓN ESPIROMÉTRICA

El principal problema es que el estudio en lugar de valorar la función mecánica de la vía aérea y del pulmón evalúe las características de la cánula endotraqueal (cuando existe), del orificio traqueal o del conjunto de la cánula, orificio y tubos conectores con el espirómetro. Esto es más probable para la medición de flujos sobre todo cuando la impedancia del equipo (sumando orificio, cánula, conexiones) son grandes con relación a la impedancia del aparato respiratorio. Es más factible que suceda con cánulas u orificios delgados y con conexiones que cambian bruscamente la dirección del flujo. En sujetos con una obstrucción bronquial grave, el sitio de limitación de flujo puede ser distal, a pesar de los tubos y conexiones y en esta situación, la valoración de la función bronquial será adecuada. Adicionalmente, en la espiración forzada, puede haber fugas alrededor de los tubos o del orificio traqueal. Estos motivos hacen que habitualmente se rechaza a los pacientes traqueostomizados de la prueba espirométrica.

Por otro lado, para la medición de la capacidad vital, especialmente la lenta, los problemas previsibles son pequeños o nulos. La medición de la capacidad vital, puede dar información valiosa de la función mecánica pulmonar, que puede ayudar a tomar decisiones clínicas.

La espirometría se realiza en pacientes traqueostomizados, conectando el espirómetro al traqueostoma. No es conveniente realizar una espirometría traqueal en pacientes cuya traqueostomía lleva menos de 3 semanas de realizado.

- Colocar o cambiar el tubo de traqueostomía por uno con balón inflable para sellado neumático de la vía aérea entre las paredes del tubo y la traquea (usando guantes). El calibre de la cánula debe ser el máximo posible, preferentemente será N. 8 - 9 para la mujer y n. 10 - 11 para el hombre.
- Si estas maniobras hacen toser al enfermo se podrá utilizar Xilocaína viscosa durante la colocación del tubo. Aspirar secreciones si es necesario.

Se comprobará el sellado neumático a través del control del balón inflable (con menos de 25 cm de Agua). En pacientes laringectomizados de largo tiempo, puede requerirse mantener la cánula del paciente conectando el espirómetro al ostoma mediante una máscara pequeña de bordes de goma inflable que se adapte a la piel (se requiere ayuda de otro técnico).

ALTERNATIVAS A LA ESPIROMETRÍA PARA LA VALORACIÓN FUNCIONAL DEL PACIENTE TRAQUEOSTOMIZADO

La valoración del intercambio gaseoso no se impide por la traqueostomía y puede realizarse tanto un estudio gasométrico como uno de difusión de monóxido de carbono. Por otro lado, la medición de volúmenes pulmonares también es válida, tanto por pletismografía como por métodos radiográficos o dilución de gases inertes. La medición de resistencia respiratoria pletismográfica, o la impedancia por el método de oscilaciones o impulso, o por oclusiones repetidas, puede afectarse también por el equipo utilizado tal y como fue descrito para la espirometría.

15. CONTROL DE CALIDAD EN ESPIROMETRÍA

POR ROGELIO PÉREZ PADILLA

INTRODUCCIÓN GENERAL AL CONTROL DE CALIDAD

En estos tiempos se habla cada vez más de calidad, control de calidad y aseguramiento de calidad, usando estos términos de manera intercambiable sin serlo. Por supuesto que es deseable que cualquier prueba de laboratorio incluyendo la espirometría tenga "calidad", pero se requiere de mayor precisión para demostrar que la tiene y para vigilarla.

CONTROL DE CALIDAD SE REFIERE A LA VIGILANCIA DE LA PRECISIÓN Y EXACTITUD DE LAS PRUEBAS

EXACTITUD

Es el ajuste a un patrón externo, a un estándar de oro, o la ausencia de sesgo en la medición. Por ejemplo, cuando se usa una jeringa de 3 L para calibrar un espirómetro, en promedio el espirómetro debe medir 3 litros. Si consistentemente mide en promedio 3.1 litros, existe un sesgo de 0.1 litros, que lo aleja de su estándar de oro es decir, tiene menos exactitud que la ideal. Es prácticamente imposible que un instrumento se ajuste perfectamente a su estándar, por lo que se debe conocer el desempeño del equipo, y de los equipos existentes en el mercado, para poner un límite aceptable de exactitud, o un margen aceptable de error. Este margen suele ser temporal y conforme mejora la tecnología y los procedimientos, tiende a disminuir.

PRECISIÓN

Se refiere a la repetibilidad de la prueba o reproducibilidad. Es decir, la repetibilidad es perfecta, cuando al aplicar un volumen conocido a un espirómetro diez veces, el espirómetro marca en todas ellas, exactamente lo mismo. Es también imposible que las 10 mediciones resulten idénticas. En general varían un poco, con lo que se considera un error de tipo aleatorio, alrededor de una media. Lo que se busca también es que la variabilidad sea mínima, de acuerdo al desempeño actual de los equipos y a las mejores técnicas disponibles en todo el mundo.

En general los malos equipos fallan en exactitud y precisión, sin embargo son dos propiedades que pueden estar variando de manera independiente. Es decir puede haber equipos con una reproducibilidad excelente pero con un sesgo o error sistemático. Por otro lado, puede haber espirómetros que en promedio reproduzcan correctamente el volumen, pero que muestren variaciones grandes entre cada una de ellas.

EL ENTRENAMIENTO EN ESPIROMETRÍA ES BÁSICAMENTE SOBRE CONTROL DE CALIDAD DE LA ESPIROMETRÍA

El control de calidad es el paso inicial e indispensable en un sistema que busca la llamada calidad total. La calidad total tiene como objetivo final, la satisfacción de los pacientes que se realizan la prueba espirométrica, y la satisfacción de los solicitantes de las mismas. La satisfacción requiere de manera absoluta, el control de calidad, es decir la precisión y exactitud de las pruebas. Sin embargo, requiere adicionalmente una organización orientada al servicio de pacientes y solicitantes de la espirometría, aspectos que no se tocarán en el curso, pero que sin embargo son importantísimos en el desarrollo de un laboratorio.

En general la organización de los laboratorios de función pulmonar están determinados por las preferencias y necesidades del director y de su personal. Los horarios de trabajo están determinados por los del personal. Así mismo, los procedimientos para solicitar los estudios, el costo de los mismos, para recoger los resultados y el tiempo de entrega, dependen de los criterios del personal. Cuando se busca la calidad total, o la satisfacción de pacientes y médicos, la organización del laboratorio se centra en el paciente y en el médico que refiere. Los horarios, solicitudes, instalaciones, reportes, personal, tienen como centro al paciente y al médico, un concepto radicalmente diferente del que habitualmente se realiza en nuestros laboratorios.

ASEGURAMIENTO DE CALIDAD

Es otro término que se utiliza frecuentemente. Incluye al control de calidad pero además

Mantenimiento y calibración de equipos

Entrenamiento y valoración de competencia del personal

Reporte de resultados

-Vigilancia y mantenimiento de la competencia

Guardado de registros

"Actividades planeadas y sistemáticas para proveer confianza adecuada en que los requerimientos de calidad serán cubiertos" (ISO 8042, 3.4; NCCLS)"

BENEFICIOS AL PERSONAL DEL PROGRAMA DE CONTROL DE CALIDAD

Mas enterado de los procesos

Rendición de cuentas

Mejor entrenamiento

Actitud de equipo

112

CONTROL Y ASEGURAMIENTO DE CALIDAD EN ESPIROMETRÍA

- Asegurar VALIDEZ de la medida, ausencia de sesgo, estándar de oro
- Asegurar REPRODUCIBILIDAD de las mediciones

CONTROL DE CALIDAD

Realizar la medición con seguridad

Documentar que está bien hecha y los márgenes de error

Mejorar progresivamente

FUENTES DE VARIACIÓN DE LA FUNCIÓN PULMONAR

FUENTE	DETERMINANTES	
TÉCNICOS	Instrumento	Intra e interinstrumento, desempeño, calibración, mantenimiento, software, hardware.
	Observador	Entrenamiento, apoyo y guía al sujeto, preparación, selección de la prueba, análisis, cálculos.
	Sujeto	Comprensión, cooperación, motivación, posición del cuerpo y cuello, nariceras, actividades previas exposiciones, efecto de aprendizaje.
	Interacciones	Observador-sujeto, observador-instrumento, sujeto-instrumento.
	Procedimiento	Numero de esfuerzos, selección del esfuerzo, análisis, historia volumétrica.
	Otros	Temperatura y altitud.
Biológicos		
INTRASUJETO	Los de arriba, mas.	Posición del cuerpo y cuello, exposiciones y actividades, efectos circadianos, estacionales, endocrinos.
INTERSUJETO	Personales, raza, salud, medio ambiente.	Edad, talla, peso, salud previa, exposiciones (tabaco, polvos) residencia, socioeconómico.
INTERPOBLACIÓN	Criterios de selección para estudios.	The healthy smoker and worker.

PROPORCIÓN DE LA VARIACIÓN INTERINDIVIDUO EN FEV1 Y FVC DE ACUERDO A BECKLACKE Y COLS

FACTOR	PROPORCIÓN DE LA VARIACIÓN ATRIBUIBLE
SEXO	0.3
EDAD	0.08
ESTATURA	0.20
PESO	0.02
ÉTNICO	0.10
TÉCNICO	0.03
INEXPLICADO*	0.27
TOTAL	1.0

*. Incluye factores ambientales, factores personales de salud y antecedentes.

FUENTES DE VARIACIÓN EN ESPIROMETRÍA EN PLATINO 4 PRIMERAS CIUDADES (SIN LA CONTRIBUCIÓN DE LOS EQUIPOS)

VARIABLE	FEV1	FVC	FEV6	FEV1/FVC	FEV1/FEV6
EDAD	27	17	21	11	9
TALLA	44	55	53	1	0.7
SEXO	31	39	37	2	1
BMI	1	2	2	2	2
PESO	9	9	9	0.3	0.8
CITY	3	2	1	5	4
TECNICO	2	3	3	7	6
Tabaco	0	0	0	2	1.6
Tabaco, BC, EPOC, asma, enfisema, tos y flema	4	2	3	9	9.0
TOTAL	67	70	71	25	24
INEXPLICADO	33	30	29	75	76

Como puede observarse en la tabla, los determinantes de la variabilidad espirométrica dependen de la prueba. La talla es el principal determinante de FEV1 y FVC, mientras que la edad lo es para el FEV1/FVC. Con el uso de valores apropiados de referencia, se toma en cuenta la edad, talla, sexo, siempre y cuando se capturen bien.

114

PROCEDIMIENTOS DE CALIDAD EN LABORATORIOS

INDICADORES DE CALIDAD

NÚMERO DE PRUEBAS ACEPTABLES

INDICADORES DE VARIACIÓN INTRAPRUEBA E INTERPRUEBA (REPETIBILIDAD, PRECISIÓN)

Diferencia en mL entre las 2 mejores FEV1 y FVC (ATS pide ≤ 200 mL), se ha llegado a pedir un porcentaje de diferencia.

dFEV1, dFVC es la diferencia entre las 2 mejores maniobras. dFEV1% y dFVC% expresado como porcentaje de la mayor.

Coeficiente de variación intraprueba (función lineal de dFEV1%)⁸

Coeficientes de correlación intraclase entre 2 evaluaciones subsecuentes.

En el estudio de Peters y Cols. Propusieron otros adicionales como:

- Los esfuerzos aceptables/total.
- El porcentaje de los esfuerzos aceptados por la computadora sobre el total.
- El volúmen de extrapolación del FEV1 promedio para todos los esfuerzos aceptado por el técnico.
- El volúmen espirado en los 2 últimos segundos (EOTV), promediado para todos los esfuerzos aceptados.
- El tiempo espiratorio forzado promediado para todos los esfuerzos aceptados por el técnico.
- El tiempo al flujo espiratorio máximo, como indicador de un inicio explosivo.

CRITERIOS MULTIPLES

ATS: 3 aceptables y reproducibilidad de acuerdo al ATS (< 200 mL para FVC y FEV1)

ESTUDIO DE SALUD PULMONAR (ver tabla para criterios), incluye reproducibilidad para PEFR y una categoría más estricta que el ATS.

ANÁLISIS RUTINARIO DEL CONTROL DE CALIDAD

Generar datos estadísticos de calidad: tanto para proyectos de investigación como para laboratorios clínicos. Ver estado basal con un mínimo de tiempo y de pruebas si no hay un estándar general.

GRÁFICAS DE CONTROL DEL TIPO DE LEVEY-JENNINGS (ver gráfica y glosario)

Estas gráficas son rutinarias para la vigilancia de la calidad y en la espirometría son aplicables a las medidas de calibración con jeringa y a la vigilancia de estándares biológicos.

Calibrar el equipo de acuerdo a especificaciones 3-5 medidas con el estándar (mecánico o biológico), sacar media y de repetir por 20 días

Sacar media y de de los 20 días y usarlos para la vigilancia

INTERVENCIONES ANTE RESULTADOS DE LA GRÁFICA LLAMADA DE ATENCIÓN

1 observación > +- 2 DE

FUERA DE CONTROL:

1 medición > 3 DE

2 mediciones consecutivas > 2DE

>4 consecutivas > 1 DE en la misma dirección

10 consecutivas en el mismo lado de la media

ANÁLISIS DEL CONTROL DE CALIDAD

2DE: límites de alarma

2-3 DE: error y repetir procedimiento

> 3 DE inaceptable y revalorar el sistema de prueba

DOCUMENTACIÓN AUDITABLE DE CONTROL DE CALIDAD QUE DEBE CONSERVARSE

1. Manual de instalación del equipo, manual de procedimientos, manual técnico.
2. Base de datos con todas las maniobra, o al menos las 3 mejores.
3. Base de datos con calibraciones o bien BITACORA DE CALIBRACIONES, DE PREFERENCIA CON GRAFICAS (gráfica de calibraciones a lo largo del tiempo, con límites de mas y menos 3%).
4. Gráficas de controles biológicos.
5. BITACORA DE PROBLEMAS Y ACCIONES.
6. BITACORA DE MANTENIMIENTOS (incluye instalación de equipos).
7. REGISTRO DE CALIDAD DE TECNICOS (Y LABORATORIOS) INCLUYENDO % DE PRUEBAS QUE CUMPLEN CRITERIOS DE ATS, O BIEN PROMEDIO DEL GRADO DE CALIDAD.
8. Bitácora de vigilancia externa de calidad en caso de existir.

⁴ Es la desviación estándar entre el promedio. En general una prueba que tiene un coeficiente de variación menor al 5% se considera reproducible. El FEV1 y FVC intraprueba suelen tener un CDV del 2-3%. La variación interprueba es mayor, mientras más tiempo separe a las 2 pruebas.

BITACORA DE CALIBRACIONES (realizar diariamente)

VOLUMEN DE LA JERINGA 3l
LÍMITES DEL LABORATORIO

LÍMITES ATS 3%, DE 2.91 A 3.09 L
ESPIROMETRO _____

FECHA	P BAR	TEMP	HUMEDAD	CAL ESPIRATORIA	CAL INSPIRATORIA	ACEPTA SI/NO	FIRMA

CONTROL BIOLÓGICO (semanal a la misma hora del día)

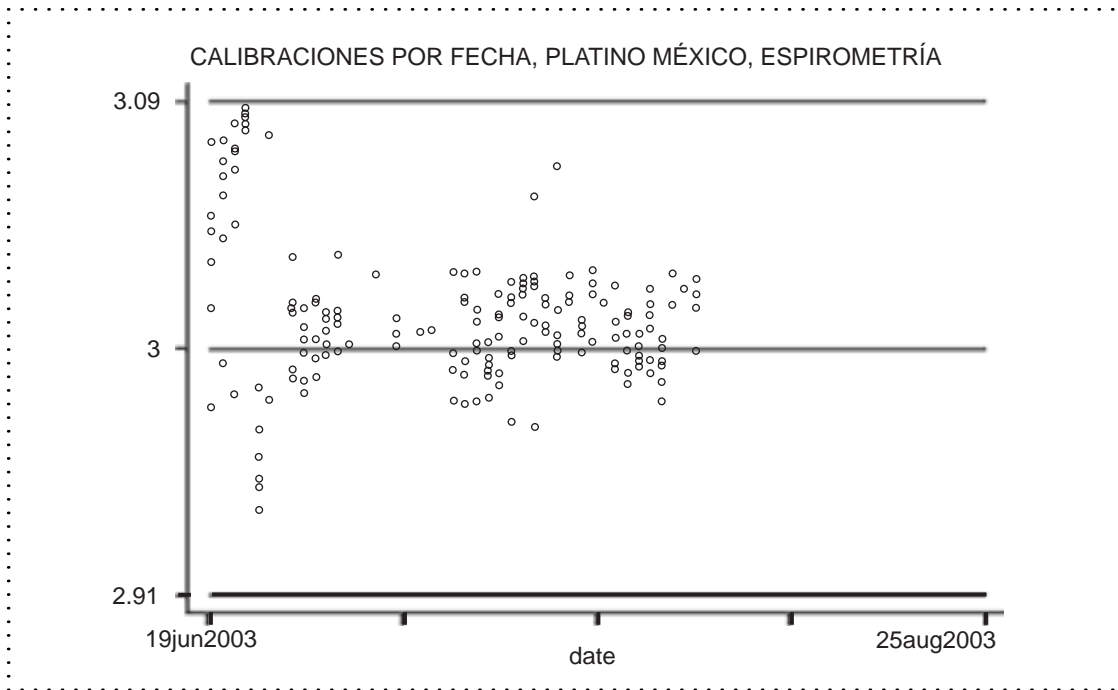
NOMBRE DEL SUJETO _____ ESPIROMETRO _____

FECHA	HORA	FVC	FEV1	PEFR	TÉCNICO

Hacer 20 o 30 a la misma hora del día y sacar la desviación estandar y el COV para cada tecnico en cada espirometro.

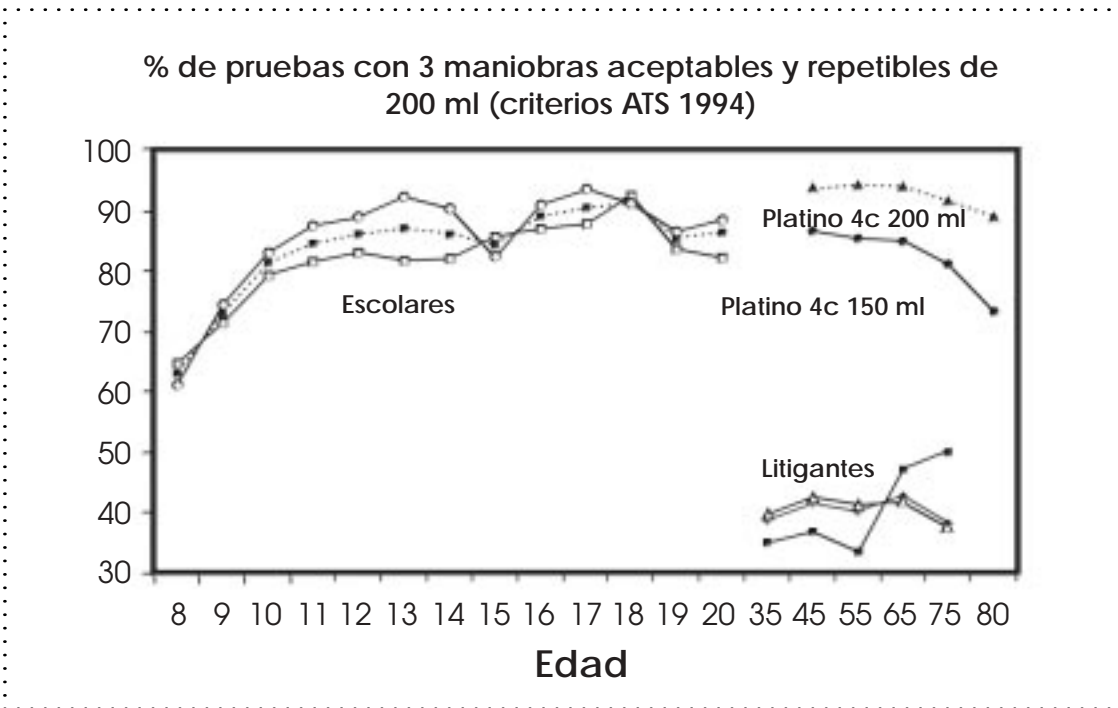
BITACORA DE PROBLEMAS

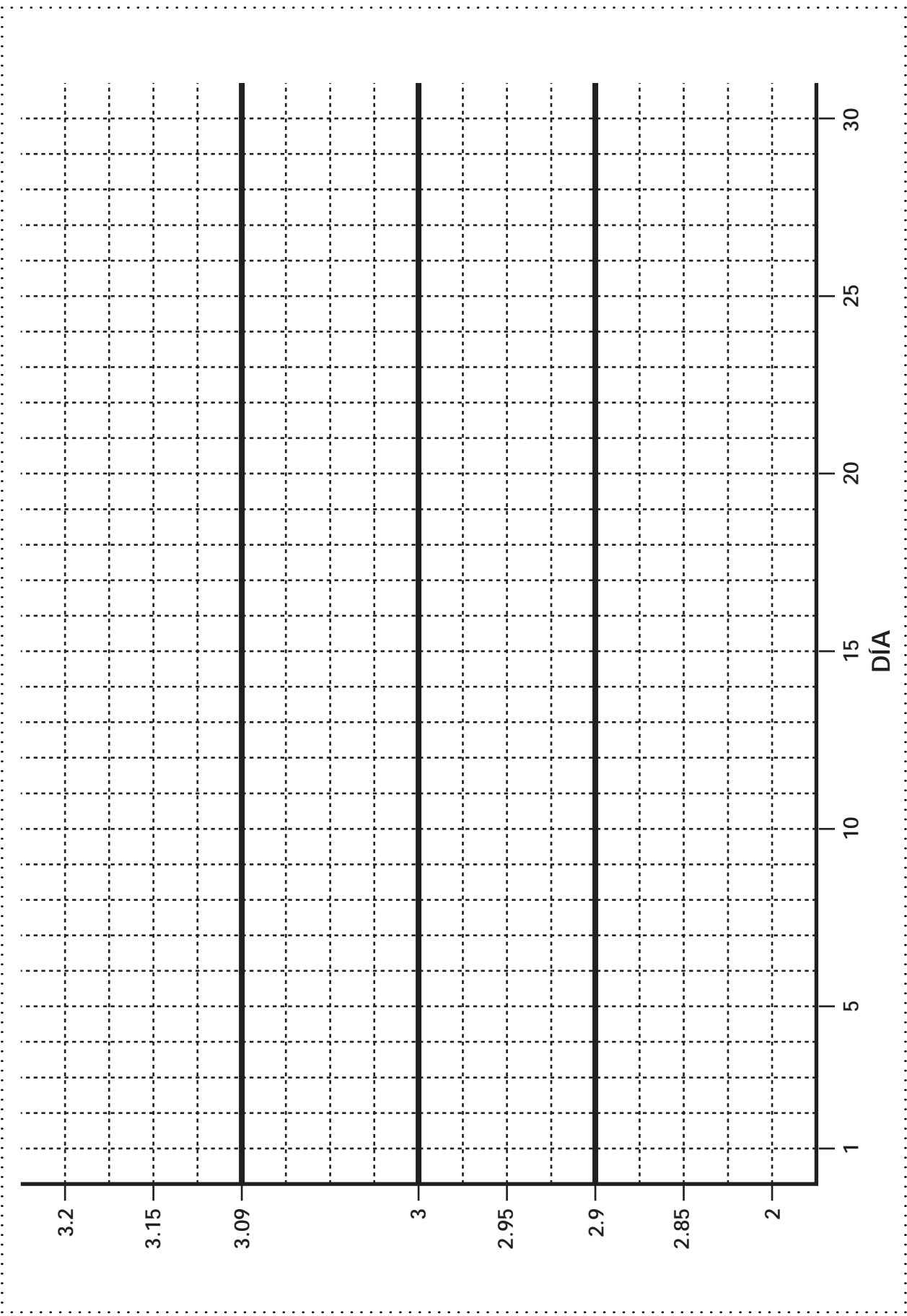
FECHA	PROBLEMA	RESOLUCIÓN	CONTACTO	TÉCNICO
13/9/2004	Jeringa, da 2.9 litros, fuga	Sellado	Ninguno	Adela



CALIDAD ESPIROMETRICA ESPERABLE EN LA POBLACIÓN

Puede verse en la gráfica que el porcentaje de sujetos que llenan criterios de calidad espirométrica cambia con la edad, y es menor en litigantes por incapacidad laboral. Baja en los extremos de edad.





16. LOS RIESGOS A LA SALUD EN LOS LABORATORIOS DE FUNCIÓN RESPIRATORIA Y SU PREVENCIÓN

RESUMEN

Los riesgos de la realización de pruebas de función respiratoria son bajos para el paciente y para el personal, pero existentes y se deben conocer para poderlos prevenir. Incluyen los riesgos comunes a otros laboratorios como descargas eléctricas, incendios o condiciones climáticas inapropiadas para trabajar. También hay algunos riesgos particulares como son los derivados por el uso de cilindros de alta presión, la inhalación de aerosoles tóxicos o infecciosos y la transmisión de infecciones por vía sanguínea. Los riesgos al paciente son pequeños son escasos cuando se siguen normas de seguridad aceptadas.

TABLA 1. Riesgos potenciales a los pacientes que acuden a los laboratorios de función pulmonar y al personal que labora.

A. RIESGOS COMUNES EN LOS HOSPITALES

1. Descargas eléctricas
2. Temperatura o humedad inapropiadas
3. Ruido excesivo
4. Incendio y desastres naturales

B. RIESGOS PARTICULARES DE LOS LABORATORIOS DE FUNCION PULMONAR

1. Riesgo por agentes físicos
 - Uso de cilindros de gas a alta presión
2. Inhalación de gases o aerosoles tóxicos
 - Monóxido de carbono
 - Agentes broncoconstrictores
 - Alergenos usados en pruebas de hipersensibilidad
3. Transmisión de infecciones entre los pacientes y el personal
 - a) por vía respiratoria
 - b) por vía sanguínea
4. Riesgos de la realización de las pruebas en sí
 - a) Pruebas de mecánica (casi nulo)
 - b) Gasometría o canulación arterial (muy bajo)
 - c) Prueba de ejercicio (muy bajo)

La adquisición de infecciones respiratorias es mínima tanto al personal como a los pacientes. Si se usan agujas desechables el riesgo de que los pacientes adquieran infecciones por vía sanguínea es nulo. El riesgo del personal de adquirir infecciones por vía sanguínea es bajo.

Tabla 2. Enfermedades respiratorias que se pueden transmitir por contacto ocasional con enfermos

VIRUS	Infecciones respiratorias superiores Rinovirus, Influenza, Parainfluenza Virus Cocksackie Faringitis, herpangina Herpes, adenovirus, sarampion, varicela Parotiditis, Rubeola
BACTERIAS	Difteria Mycoplasma Pneumoniae Tosferina Variedad neumónica de la peste (muy raro) Tuberculosis (crónico e íntimo)
CLAMIDIAS	Psitacosis (raramente)
RICKETSIAS	Fiebre Q (raramente)

Varios de los gérmenes de la parte superior de la tabla, especialmente los virales y el de la difteria y tosferina se pueden contagiar por saliva o secreciones respiratorias por via indirecta o a traves de las manos. Aunque los virus de la hepatitis B y el VIH se han encontrado en la saliva y secreciones, parece ser un medio de un riesgo muy bajo especialmente para contactos ocasionales y no se ha demostrado que haya ocurrido en el personal de salud. Otras enfermedades con potencial de transmisión por contacto con el enfermo o sus secreciones son las gastrointestinales. Datos tomados de la referencia 4.

TABLA 3. Enfermedades respiratorias que no son transmisibles por contacto con enfermos (sin transmisión de persona a persona).

Actinomicosis Aspergilosis Paragonimiasis Blastomicosis, Mucormicosis, Coccidioidomicosis, Criptococosis, Histoplasmosis, Nocardiosis, Paracoccidioidomicosis Neumonías bacterianas en general (incluye legionella y melioidosis)* Estreptococo B hemolítico** Pneumocistosis Carinii§

Varios de los gérmenes de la lista, considerados no infectantes, pueden serlo en pacientes con inmunodeficiencia. * Se puede contagiar la bacteria por ejemplo el neumococo o estafilococo, pero no causar la enfermedad. **El contagio es rara vez indirecto por objetos o manos, y mas bien es directo y casi siempre por contacto íntimo. \$ En general se acepta que la infección es resultado de la reactivación de una infección latente por inmunodeficiencia. El personal de un laboratorio de microbiología puede infectarse si se expone a aerosoles de cultivos puros de muchos de los microbios enlistados. Datos tomados de la referencia 4.

Tabla 4. Estrategias para disminuir las infecciones respiratorias cruzadas en el laboratorio (y algunos problemas)

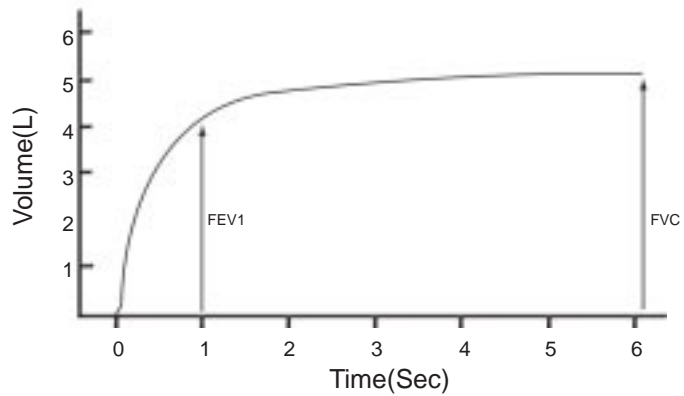
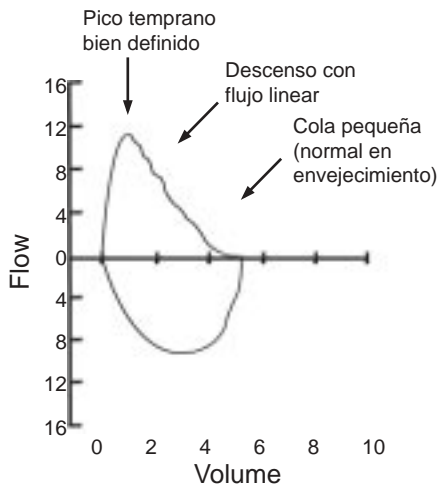
1. Evitar las pruebas en enfermos con infecciones respiratorias agudas no controladas especialmente si van a ser de poca ayuda (especialmente las de tipo resfriado o catarro común).
2. Hacer las pruebas de enfermos potencialmente infecciosos en un equipo especial. (Duplicación de recursos)
3. Introducir filtros bacteriológicos cuando el enfermo sea potencialmente infeccioso (aumento de costos, incremento de la resistencia al flujo aéreo del equipo)
4. Hacer las pruebas de pacientes potencialmente infecciosos al final del día, para después limpiar y esterilizar el equipo.
5. Utilizar al máximo desechables, boquillas, tubería, filtros (incremento en el costo)
6. Utilización de la técnica bolsa dentro de la caja (bag in box)

ANEXO 1. CALIDAD ESPIROMETRICA VISUAL

Paciente _____ ID _____

Calidad espirométrica técnicoID _____ Fecha _____

Criterios de aceptabilidad	Si	No	dudoso
Al menos 2 esfuerzos aceptables	-	-	-
Inicio brusco (en 2)	-	-	-
Pico rápido y bien definido (en 2)	-	-	-
Sin dudas o artefactos o tos en el primer segundo (en 2)	-	-	-
terminación adecuada	-	-	-
6 segundos o (en 2)	-	-	-
Meseta por al menos 1 segundo (en 2)	-	-	-



- Reproducibilidad
 - 2 mejores FVC dentro de 200 mL
 - 2 mejores FEV1 dentro de 200 mL

- Calificación global
- 4 Excelente
 - 3 Buena
 - 2 Mediana
 - 1 Mala
 - 0 Muy mala, inútil

Evaluador (firma)

Fecha

ANEXO 2. CRITERIOS DE ACEPTABILIDAD Y REPETIBILIDAD

CRITERIOS DE ACEPTABILIDAD

- **Inicio adecuado:**
 - Volumen extrapolado <0.15 L o 5% FVC.
 - Elevación abrupta y vertical en la curva flujo volumen.
- **Libre de artefactos:**
 - Sin terminación temprana.
 - Sin tos.
 - Sin cierre glótico.
 - Sin esfuerzo variable.
 - Sin exhalaciones repetidas.
 - Sin obstrucción en boquilla o fuga alrededor de la misma.
 - Sin errores de línea de base (sensores de flujo).
- **Terminación adecuada:**
 - Sin cambios >0.025 L por al menos 1 segundo en la curva volumen-tiempo y el sujeto ha exhalado al menos 3 segundos (<10 años) o 6 segundos (≥ 10 años).
 - El sujeto no puede continuar exhalando.

CRITERIOS DE REPETIBILIDAD (ATS-ERS 2005)

Se necesitan 3 maniobras aceptables.

Los 2 FVC mayores con menos de 150 mL de diferencia o 5% del valor absoluto de FVC (el que sea mayor).

Los 2 FEV1 mayores con menos de 150 mL de diferencia o 5% del valor absoluto de FEV1 (el que sea mayor).

Para los sujetos con una FVC de 1 litro o menos, la repetibilidad debe ser menor a 100 ml.

Si no se llenan los 2 criterios hacer mas esfuerzos hasta que se cumplan o bien se hagan 8 esfuerzos o bien ya no pueda continuar.

Salvar y guardar como mínimo los 3 mejores.

ANEXO 3. GLOSARIO

(las abreviaturas se han mantenido en inglés como es recomendable en la actualidad)

A- SIMBOLOS Y ABREVIATURAS EN MECANICA

1- SIMBOLOS PRINCIPALES (con mayúsculas grandes)

- C Distensibilidad (el inverso de elasticidad) (compliance).
- E Elasticidad (el inverso de distensibilidad).
- f Frecuencia.
- G Conductividad o conductancia (el inverso de resistencia)..
- I Inercia.
- P Presión.
- R Resistencia (el inverso de conductancia).
- V Volumen de un gas.

En recomendable utilizar al máximo las derivadas en tiempo de los términos primarios (se escriben con un punto arriba de la letra o con una comilla según los europeos; en este documento aparecerán con una comilla).

- V' Flujo gaseoso, que equivale a volumen por unidad de tiempo, o sea a la primera derivada de volumen en tiempo.
- V'' Aceleración de volumen, o segunda derivada de volumen en tiempo.
- W' Potencia, o primera derivada de trabajo en tiempo.

3- SUBDIVISIONES DE LOS VOLUMENES Y CAPACIDADES PULMONARES

Es de notar que la Sociedad Española de Neumología aceptó por completo las abreviaturas inglesas.

- CC Capacidad de cierre (closing capacity).
- FRC Capacidad funcional residual.
- IC Capacidad inspiratoria.
- TLC Capacidad pulmonar total (total lung capacity).
- VC Capacidad vital.
- FVC Capacidad vital inspiratoria forzada.
- TGV Volumen gaseoso torácico, (el medido con el pletismógrafo) (thoracic gas volume).
- RV Volumen residual.
- ERV Volumen de reserva espiratoria.
- IRV Volumen de reserva inspiratoria.
- V_T Volumen corriente (volume tidal).

4- MEDICIONES SOBRE MANIOBRAS ESPIRATORIAS FORZADAS

- EPP Punto de presiones equivalentes o iguales. Punto en el cual, la presión intrabronquial se iguala a la extrabronquial (o pleural) durante una espiración forzada (equal pressure point).
- FEF₂₅₋₇₅% Flujo mesoespiratorio, flujo promedio entre el 25 y el 75% de la capacidad vital durante una espiración forzada.
- FEV_t Volumen espiratorio forzado en t segundos (el mas utilizado es en 1 segundo y 6 segundos).
- FEV_t%FVC FEV_t como por ciento de la capacidad vital forzada. Habitualmente se usa el FEV₁/FVC, pero puede ser el FEV₆/FVC.

FVC	Capacidad vital forzada.
MVV	Ventilación voluntaria máxima.
PEF o PEFR	Flujo espiratorio máximo (peak expiratory flow).
PIF	Flujo inspiratorio máximo (peak inspiratory flow).
V'max _{x%VC}	Flujo máximo cuando x% de la capacidad vital no se ha exhalado. Se usa el Vmax25, Vmax50 y el Vmax75, pero resultan en mediciones más variables que el FEV1 y FVC.
SVC	Capacidad vital lenta (slow vital capacity).

3- SIMBOLOS ESPECIALES

ATPD	Gas en condiciones ambientales de temperatura y presión, seco (ambient temperature and pressure, dry).
ATPS	Gas en condiciones ambientales de presión y temperatura pero saturado de vapor de agua (ambient temperature and pressure, saturated). Son las condiciones dentro de un espirómetro de volumen, después de una espirometría.
BTPS	Gas en condiciones corporales de presión y temperatura (habitualmente a 37 grados centígrados) y saturado de vapor de agua. (body temperature and pressure, saturated). Los valores espirométricos deben reportarse en condiciones corporales.
STPD	Gas en condiciones estándar de temperatura, presión y seco (760 Torr, cero grados centígrados y seco)(standard temperature and pressure, dry).

D- TERMINOS Y ABREVIATURAS ADICIONALES

cmH ₂ O	Centímetro de agua, unidad tradicional de presión.
MEP	Presión espiratoria máxima (preferible PImax)
MIP	Presión inspiratoria máxima (preferible PEmax)
PC ₂₀	La concentración de un agente utilizado en una prueba de reto bronquial que causa una caída del 20% en un parámetro fisiológico, por ejemplo PC ₂₀ FEV ₁ (provocative concentration).
PD ₂₀	La dosis de un agente utilizado en una prueba de reto bronquial que causa una caída del 20% en un parámetro fisiológico (provocative dose).
T	Temperatura, transferencia gaseosa
Torr	Milímetro de mercurio, unidad tradicional de presión.

OTROS TERMINOS FRECUENTEMENTE USADOS EN ESPIROMETRÍA

BEV =	Back extrapolated volume, volumen extrapolado, que es una indicación de la fuerza inicial de la espiración. Debe ser menor a < 0.15 L o 5% de la FVC.
EOTV =	End-of-test volume (volumen al final de la espiración, indicador de un final adecuado de la espiración). Cambio en el volumen exhalado en el último medio segundo de la espiración. Si es grande significa que no se logró una meseta en la gráfica volumen tiempo, por lo que la FVC o el FEV6 pueden estar subestimados.
PEFT.	Tiempo en milisegundos para llegar al PEFR. Habitualmente debe ser corto, menor a 120ms. El sentido estricto debe basarse en la percentila 95 para una población.
dFEV1, dFVC	La diferencia entre los 2 mejores FEV1 y FVC expresados en litros o mililitros, utilizados para ver la reproducibilidad.
dFEV1%, dFVC%	La diferencia entre los 2 mejores FEV1 y FVC expresados en forma porcentual.
FET	Tiempo espiratorio forzado, tiempo que dura toda la espiración.
FET100%FVC	Tiempo que se tardó el sujeto en llegar a la capacidad vital. Puede ser igual o menor al FET.
MEJOR CURVA	La maniobra con la máxima suma de FEV1 y FVC
TIEMPO CERO	El punto que se selecciona para inicio de la espiración después de aplicar el método de extrapolación retrógrada. Sirve para medir el FEV1 y FEV6.

TERMINOS UTILIZADOS EN CONTROL DE CALIDAD

Coefficiente de variación. Indicador de variabilidad, que equivale a la desviación estándar de una serie de mediciones dividida entre su promedio. Se utiliza por ejemplo para ver la variabilidad de las calibraciones.

EXACTITUD

Ajuste al estándar de oro. En la espirometría se hace por la cercanía del promedio de calibraciones al volumen de la jeringa de calibración. El promedio puede ser correcto pero por ejemplo variar mucho.

PRECISION O REPRODUCIBILIDAD

Cercanía de una medición con la otra al repetirlas. Se evalúa con la desviación estándar o bien con el coeficiente de variación de las calibraciones.

GRAFICAS DE LEVEY-JENNINGS

Gráficas típicas utilizadas en el control de calidad, aplicables de manera sencilla a la calibración espirométrica. En el eje vertical se grafica la medición obtenida por la calibración y en el horizontal la fecha o el orden de la medición. Se incluye una línea horizontal en el promedio y 2 en las mediciones que resultan en el 3% superior e inferior (3090 y 2910 ml). Permite rápidamente identificar calibraciones por fuera de lo recomendable.

MEDICION FUERA DE CONTROL

Se considera cuando está más de 3 desviaciones estándar fuera del promedio o en caso de las calibraciones espirométricas con una desviación mayor al 3%. Conviene verificar la razón y corregirla. En principio, si se realizaron pruebas con una calibración inadecuada se consideran inválidas y no deben reportarse.

ANEXOS PARA ENTRENADORES EN ESPIROMETRÍA Y DIRECTORES DE LABORATORIO

REPORTES DE CALIDAD ESPIROMETRICA

Se requiere emitir un reporte de calidad espirométrica por laboratorio y por técnico.

- a) Un reporte por centro. Podrá el centro revisar el desempeño global y técnico por técnico. Cuando alguno de los técnicos tenga un desempeño menor al del resto se requerirá de una vigilancia especial y de un reentrenamiento.
- b) Un reporte por cada técnico del centro para que se entregue en privado a cada uno de ellos con recomendaciones específicas.

REPORTE DE CALIDAD POR TECNICO

El reporte por técnico es una herramienta muy importante para la mejora de calidad.

Se pueden reportar muchos indicadores que se han descrito previamente, sin embargo conviene restringirse a muy pocos o inclusive a uno solo, el considerado objetivo central del estudio.

- Promedio de pruebas aceptables por prueba de acuerdo a ATS (máximo es 3, 95% de adultos que hacen espiro por primera vez, población abierta lo logran)¹
- Promedio de grado de calidad de acuerdo a criterios de Enright u otros similares.
- Porcentaje de pruebas que cumplen criterios de ATS (3 aceptables y además reproducibles para FEV1 y FVC con 200 ml, 90% de adultos lo logran, población abierta, sin experiencia previa en espirometría)
- Grado de calidad convertido en valores Z (desviaciones estándar arriba o abajo del promedio)²
- Valor de FEV1 o FVC expresado como porcentaje del predicho en la prueba prebroncodilatador o postbroncodilatador.³

El mejor indicador es el que se relaciona directamente con el indicador de calidad al que tiene acceso el técnico durante la prueba. Si tiene acceso a una calificación de calidad tipo Enright en el espirómetro, y si se tiene como objetivo llegar a la máxima calidad, este será el indicador más importante.

Es importante mencionar que la variación en rango y en calidad con los técnicos implica también una variación en las mediciones espirométricas no explicadas por talla, edad, género y peso. Se puede en situaciones extremas observar una diferencia del 10% del predicho entre las pruebas realizadas por el técnico más bajo y el más alto, una vez ajustado por los valores antropométricos. Es el FEV1, FVC y FEV1/FVC como porcentaje del predicho.

-
- 1 Para muchas variables es preferible la mediana, que evita el impacto de valores extremos. Sin embargo, la mediana para pruebas aceptables será casi siempre 3 y no discrimina.
 - 2 Los técnicos que están mejor que el promedio sacan valores positivos mientras que los que están por debajo del promedio sacan valores negativos. En general no debe haber técnicos con más de 0.3 DE arriba o abajo del promedio. La aplicación del score Z puede ser para los técnicos de un laboratorio o sitio de trabajo, o bien juntando varios sitios de trabajo clasificarlos a todos. Esto permite también catalogar a los sitios de trabajo.
 - 3 Esta variable no solo clasifica a los técnicos si no que permite también valorar cuantitativamente la diferencia entre los extremos, sin que influya edad, talla, género y peso de los sujetos participantes. Fácilmente se estiman en mililitros si se saben los valores promedio de FEV1 y FVC en la población estudiada.

Si estos datos difieren significativamente entre técnicos, sistemas, ciudades, edades de sujetos o sexos sugieren sesgos que se deben revisar con mucho detalle. Se deben tomar en cuenta diferencias de importancia y no diferencias estadísticas que no son fáciles de encontrar por el gran número de datos de algunos estudios. Si las diferencias reflejan variaciones en el desempeño de los técnicos se requiere un re entrenamiento.

TÉCNICO	CALIDAD PRE	FEV1%P NHANES	FVC %P NHANES	Calidad como escore Z
1	4.8	99.7	99.7	0.1
2	4.7	98.0	98.8	0.0
3	4.6	96.4	97.0	-0.1
4	4.5	97.0	98.4	-0.2
5	4.9	98.0	100.0	0.2
6	4.7	100.2	101.1	-0.0
Total	4.7	98.4	99.3	-0.0

Menos de 5% de diferencia entre el menor y el mayor, 0.2 SD de diferencia FEV1 promedio alrededor de 2.5 litros y FVC alrededor de 3.2 litros. Por lo tanto 10% en FEV1 son 250 mL y 5% 125 mL. Ambos son clínicamente significativos.

CARACTERÍSTICAS IDEALES DEL TÉCNICO EN ESPIROMETRÍA

Además del conocimiento sobre espirometría, se requiere una actitud adecuada para realizar bien las pruebas.

- Los factores que determinan el desempeño de un técnico son incompletamente conocidos.
- El mal desempeño no necesariamente se debe a flojera, indolencia, impreparación, o escasa inteligencia.
- Sin embargo como la prueba requiere del máximo esfuerzo del paciente, se requiere una buena interacción entre el técnico y el paciente.
- Ayuda una actitud enérgica, animada, estimulante para facilitar que el paciente logre este máximo esfuerzo.
- En este sentido, es inconveniente que el técnico sea excesivamente pasivo, callado, parco, mustio, deprimido.
- Es por lo contrario deseable que el técnico tenga una personalidad que favorezca la interacción, simpática, activa, energética, que genere confianza.
- ES UN ANIMADOR O MOTIVADOR Y SE GANA LA CONFIANZA DE LOS PACIENTES
- La voz durante la realización de las pruebas debe ser clara y fuerte. Puede ser discutible el que se grite durante la prueba. Algunos pacientes, especialmente de algunos países de Latinoamérica se sienten presionados y aún agredidos por los gritos. En estas circunstancias, se deben evitar los gritos pero no la voz fuerte y clara. Es importante recordar, que en general la zona de los laboratorios de función respiratoria se puede identificar en un Hospital por los gritos.
- Uno de los principales aspectos del curso de espirometría, lo representa la actitud correcta del técnico para estimular a los sujetos y esto incluye dar adecuadamente las instrucciones, en el tono de voz adecuado y con la gesticulación adecuada.
 - Presentarse amablemente y de preferencia sonriendo
 - Explicar la prueba, demostrarla e instruir como se sugiere por ATS

- c. La estimulación al soplar: sople, sople, siga soplando, siga soplando debe ser fuerte y clara SOPLE, SOPLE, SOPLE, SIGA SOPLANDO SIGA SOPLANDO. En muchas circunstancias, gritando puede ser lo mejor. Sobre todo el primer SOPLE debe ser fuerte y en muchos casos un movimiento de mano y brazo como de "banderazo de salida" ayuda..
- d. Ayuda tocar el hombro del sujeto con la mano para evitar que se flexione hacia adelante
- j) Un "buen" técnico logra mejores esfuerzos que un "mal" técnico. Logra completar 3 aceptables con menos maniobras y en general fatiga menos a los pacientes. El porcentaje de maniobras aceptables en relación a las totales es mayor en los buenos técnicos.
- k) Es importante aclarar que el desempeño de los técnicos mejora con la experiencia y se puede mejorar al grado de hacer bastante homogéneo a un grupo. Pero para lo último es indispensable identificar los puntos en los que un técnico se ha rezagado con relación a sus compañeros para poderlos corregir. Muchas veces el problema está en la forma de interaccionar con los pacientes.

PROCEDIMIENTO PARA INFORMAR A LOS TÉCNICOS DE SU DESEMPEÑO

- l) Entrega **personal** de resultados (no pública)
- m) Observaciones **precisas** de cómo mejorar el desempeño. No solo decir que necesita mejorar, si no en qué.
- n) Los factores que determinan el desempeño de un técnico son incompletamente conocidos. No atribuirlo a flojera, indolencia, impreparación, o escasa inteligencia.

En el desarrollo de un proyecto de investigación que incluye la espirometría es indispensable cerciorarse de que se mantienen los procedimientos estandarizados para la realización del protocolo, lo que generalmente requiere personal dedicado al control de calidad. La variabilidad en el desempeño espirométrico va a ir disminuyendo conforme avance el proyecto en términos generales. Se encuentra una diferencia en el desempeño de los técnicos aun después de ajustar por diferencias antropométricas y por etapa del estudio, en modelos de regresión múltiple. Los técnicos con desempeño extremo, pueden mostrar diferencias estimadas en el FEV1 de 200 ml (aproximadamente 12%), con ajuste por el resto de variables, cantidad que es clínicamente significativa y que también suele ser de una magnitud mayor a los cambios esperados por la mayoría de los riesgos respiratorios en estudios de investigación. Esto recalca la importancia del entrenamiento y reentrenamiento de los técnicos y además tomar en cuenta este factor en el análisis de los datos.

Una de las cosas que se deben evitar al máximo en el estudio es el recambio de técnicos que puede impedir mantener la experiencia de los mismos e incrementar la variabilidad de los resultados.

CALIDAD ESPERABLE EN ESPIROMETRÍAS⁴

Criterio	Platino Pre sin experiencia	Montevideo	Niños 8-20	Trabajadores en litigio*
3 aceptables	>94%	0	83%	51%
ATS	>90	99.5	81%	41%
Grado A	>80	99	77%	34%
0 aceptables	>1.5%	96	2.9%	6%
Reproducibile para FV1 y FVC a 200 ml	>93%	0.11	95.7%	78%
N	3000	99.4%	6500	5500

El grado de calidad es el promedio alcanzado, pero en menores de 10 años de edad y en ancianos, se reduce la calidad. Por otro lado en trabajadores demandando incapacidad cae de manera importante, lo que sugiere un componente de simulación, aunque el estudio se realizó en condiciones de trabajo rutinario, a diferencia de los otros dos.

CONTROL DE CALIDAD

Hacer la espirometría (esto es lo único que se hace habitualmente)

Documentar que es confiable el resultado y los márgenes de error (soportar una auditoría en cualquier momento).

Evitar un deterioro con el tiempo

De preferencia mejorar.

Compararse contra estándares internacionales y de estos los más estrictos.

ASPECTOS DE CONTROL DE CALIDAD RELEVANTES PARA ESTUDIOS DE INVESTIGACIÓN TRANSVERSAL O LONGITUDINAL

PROBLEMAS INVOLUCRADOS EN ESTUDIOS AMPLIOS DE INVESTIGACIÓN, TRANSVERSALES O LONGITUDINALES

- 1- Imposibilidad logística de usar un solo equipo, una jeringa y un técnico para disminuir variabilidad
 - a. Muchos espirómetros utilizados en el estudio
 - b. Muchas jeringas de calibración
 - c. Participación de muchos técnicos, con experiencia que puede variar.
- 2- Inconveniencia o imposibilidad de realizar el estudio en una población homogénea y en un solo lugar y tiempo
 - a. Exposición a poblaciones de diferente edad, origen étnico, cultura, educación y experiencia previa con espirometrías y otros estudios
 - b. Realización de los estudios en circunstancias ambientales variadas de temperatura, humedad, condiciones eléctricas,

4 Datos de adultos del estudio PLATINO, de niños de EMPECE en México, de trabajadores demandando incapacidad. Ver referencias.

- c. Realización de estudios en diferentes horas y épocas del año, que pueden afectarse por ciclos circadianos de función pulmonar o patrones estacionales de impactos ambientales.
- 3- Impacto del paso del tiempo
- a. En el desempeño de los equipos (envejecimiento de los equipos)
 - b. En el desempeño de los sujetos (aprendizaje y fatiga)
 - c. En el desempeño de los técnicos
 - i. Fase de aprendizaje
 - ii. Fase de fatiga si el estudio dura mucho tiempo
 - d. En la función pulmonar
 - i. Crecimiento de la función pulmonar en niños
 - ii. Envejecimiento pulmonar en adultos
- 4- En resumen, las diferencias en la función espirométrica que se observen en diferentes lugares, tiempos y sujetos, deben ser atribuidas a cambios en la función y no en equipos o técnicos. En realidad, este objetivo, tan esencial en los estudios de investigación es también relevante para las áreas clínicas.

OBJETIVO CON RELACIÓN A LOS ESPIRÓMETROS Con los equipos, en realidad lo que se requiere es trazar su desempeño al estándar, que viene siendo aprobar la aplicación de las 24 ondas de ATS, al inicio y durante el estudio. Sin embargo, estos equipos no están disponibles fácilmente por lo que no se pueden utilizar de manera rutinaria. Por lo mismo se deben implementar estrategias alternativas que puedan ser convincentes de un resultado similar.

OBJETIVO CON RELACIÓN A LOS TÉCNICOS Al carecer de un estándar de oro para el desempeño de los técnicos, lo que se puede vigilar y analizar es el desempeño de cada técnico contra el desempeño grupal. La interacción técnico-sujeto-espirómetro es mucho más compleja y difícil de evaluar y estandarizar. Si el mismo técnico no se puede utilizar, pudiera utilizarse el mismo grupo de supervisores, o bien un supervisor único que vigile todos los sitios.

ESTRATEGIAS

- 1- Asegurar comparabilidad transversal. El desempeño de espirómetros y técnicos no debe cambiar entre diferentes comunidades o escuelas involucradas en el estudio.
- 2- Asegurar comparabilidad longitudinal. El desempeño de espirómetros y técnicos no deberá cambiar durante el proyecto de investigación.
- 3- Asegurar comparabilidad externa. Las mediciones deben ser comparables a las realizadas en otros estudios de investigación llevados a cabo bajo control de calidad estándar.
- 4- Tomar en cuenta para el análisis final, las diferentes fuentes de variación: equipo, técnico, tiempo y otras identificadas diferentes al sujeto de prueba
- 5- VIGILANCIA CENTRALIZADA DE LA CALIDAD. Esta permite minimizar las diferencias ya que se puede seleccionar el mismo modelo de equipos, jeringas, se puede uniformar el entrenamiento, el control de calidad, la selección y vigilancia de los técnicos.
- 6- VIGILANCIA EXTERNA: calibraciones independientes, certificación de espirómetros utilizados, auditorías, revisión de procedimientos por expertos externos.
- 7- EXIGENCIA EN NIVELES DE CALIDAD MEJORES A LOS RECOMENDADOS. Esto permite un mayor margen de seguridad ante desviaciones. Por ejemplo, reproducibilidad más estrecha, variaciones de calibración más estrechos etc. Esta vigilancia implica también documentación de todos los procedimientos estándar y adicionales.

ESTRATEGIAS QUE SE PUEDEN RECOMENDAR PARA VERIFICAR EQUIPOS(Varias tomadas de Peters y colaboradores). Estas estrategias se requerirían vigilar a lo largo del tiempo para asegurar que las propiedades se mantienen. En los Angeles lo requirieron cada año.

- 1- CALIBRAR CADA ESPIRÓMETRO CON EL ESTÁNDAR DE ORO (en St. Lake City).⁵
- 2- UTILIZAR UN ESPIROMETRO ESTANDAR PARA EL ESTUDIO este espirómetro, de alta calidad, se reserva para la comparación interna de todas las jeringas y espirómetros. Es decir, se utiliza para comparar internamente los equipos, tanto los espirómetros como las jeringas⁶. Uno de campana de selle acuoso puede utilizarse como jeringa si se ponen pesos diferentes sobre la campana. Cualquier sesgo significativo en espirómetros (digamos mayor a 30 ml) puede utilizarse en el análisis.
- 3- UTILIZAR UNA JERINGA ESTANDAR DE VOLUMEN O FLUJO VOLUMEN QUE SE TRASLADÉ A TODOS LOS SITIOS (además de la de calibración rutinaria). Esto es más viable que tener un espirómetro estándar ya que es más portátil una jeringa que un espirómetro de volumen.
- 4- Utilizar un estándar de volumen físico. Por ejemplo, ver el volumen de una jeringa por el método del desplazamiento de agua. Este procedimiento, en principio sencillo, es complejo por los cuidados que se deben tener para evitar pérdidas de agua.
- 5- EXTREMAR CONTROL INTERNO DE CALIDAD, EXIGIENDO ESTÁNDARES MAYORES AL VIGENTE

ESTRATEGIAS EN CASO DE ENCONTRAR DIFERENCIAS DEL DESEMPEÑO DE SUJETOS, TÉCNICOS O EQUIPOS EN DIFERENTES SITIOS.

- 1- Probar todos los equipos contra una jeringa o contra el estándar de oro. (compara equipos de diferentes sitios).
- 2- Probar todas las jeringas contra un espirómetro de referencia.
- 3- Volver a estudiar una muestra de sujetos de un sitio que salió diferente, con un técnico y un equipo único que viaje. El problema es el tamaño de muestra que se requiere para verificar las diferencias, que en ocasiones son tomadas de varios cientos de sujetos y la logística que implica el viaje a lugares lejanos.

RECOMENDACIONES PARA EL ANALISIS DE DATOS DE SPIROMETRIA BASADO EN INFORMACION DE CALIDAD Y DISCUSIONES DEL GRUPO DE LOS ANGELES

- 1- No tome en cuenta todos los esfuerzos que fueron rechazados tanto por el técnico como por la computadora.
- 2- Rechace todos los FVC y FEV1 mayores del 150% del predicho si no se confirman por otra lectura que difiere de ella por menos del 5%. Verifique edad, talla, raza para todos los sujetos con 2 o mas mediciones de >150% del predicho.

5 Esto es caro y difícil. Puede facilitarse en el futuro si se disponen de centros adicionales. Esta comparación contra un estándar único, tienen que hacerse también a lo largo del estudio, lo que lo dificulta más.

6 Adicionalmente, es posible probar los espirómetros de campo utilizando el espirómetro de referencia como jeringa, si éste es por ejemplo de selle acuoso y se utilizan pesas. El desempeño de cada jeringa se prueba con este espirómetro con 6-10 inyecciones. Los demás espirómetros se trazan al estándar, a través de las jeringas de ondas, se pueden trazar un grupo de espirómetros Este procedimiento es complicado cuando el estudio se está haciendo en lugares geográficamente distantes. En realidad lo que se busca es tener el desempeño de todos los espirómetros y jeringas entre uno y otro, o el desempeño relativo de los espirómetros, información que puede utilizarse en el análisis.

- 3- De los esfuerzos restantes, tome el FVC y FEV1 mayores.
- 4- Examine todos los esfuerzos de los sujetos con ningun esfuerzo aceptado. Determine si se puede salvar datos para algunos de ellos. Por ejemplo, acepta cualquier FEV1 y FVC mayor al 100% del predicho.
- 5- Haga análisis de regresion para determinar la relación entre FVC y FEV1 como % del predicho en contra del número de esfuerzos hechos por el sujeto. Una relación positiva indica aprendedores lentos: más esfuerzos más volúmen. Si es asi, ajuste los datos asumiendo que cada sujeto realizo la mediana del número de esfuerzos.
- 6- Tome los flujos de acuerdo a las recomendaciones del ATS
- 7- Ajuste las diferencias entre espirómetros multiplicando cada lectura por el promedio de los siguientes cocientes: FVC JERINGA/FVC ESPIROMETRO de la última verificación de calibración y lo mismo de la siguiente calibración. Por ejemplo si el promedio es 1, no hay ajuste.
8. Antes del ajuste anterior, elimine datos invalidos de calibración, es decir verificaciones en las cuales la relación jeringa-espirómetro no queda dentro de 0.9 y 1.1.

FACTOR BTPS A DIFERENTES PRESIONES BAROMÉTRICAS Y TEMPERATURAS

T	PH20	760	740	720	700	680	660	640
17	15.56002	1.116155	1.117517	1.11896	1.120491	1.122119	1.123853	1.125704
18	16.43614	1.11101	1.11233	1.113727	1.115211	1.116788	1.118468	1.120262
19	17.36289	1.105825	1.1071	1.108451	1.109885	1.111409	1.113033	1.114766
20	18.34321	1.100596	1.101825	1.103127	1.104509	1.105977	1.107542	1.109212
21	19.38017	1.095319	1.0965	1.09775	1.099077	1.100488	1.101991	1.103596
22	20.47706	1.08999	1.091119	1.092316	1.093586	1.094937	1.096375	1.097911
23	21.63734	1.084603	1.085679	1.08682	1.088031	1.089318	1.090689	1.092152
24	22.86467	1.079154	1.080175	1.081257	1.082405	1.083626	1.084927	1.086315
25	24.16293	1.073639	1.074602	1.075622	1.076705	1.077856	1.079083	1.080392
26	25.53622	1.068051	1.068953	1.069909	1.070923	1.072002	1.073151	1.074377
27	26.98888	1.062385	1.063224	1.064112	1.065055	1.066057	1.067125	1.068264
28	28.52549	1.056636	1.057408	1.058225	1.059093	1.060015	1.060998	1.062047
29	30.1509	1.050797	1.051499	1.052242	1.053031	1.053869	1.054763	1.055716
30	31.87023	1.044862	1.04549	1.046155	1.046861	1.047612	1.048412	1.049265
31	33.68894	1.038824	1.039374	1.039958	1.040577	1.041236	1.041937	1.042686
32	35.61276	1.032675	1.033145	1.033643	1.034171	1.034733	1.035331	1.03597
33	37.64774	1.026409	1.026794	1.027201	1.027634	1.028094	1.028584	1.029108
34	39.80034	1.020017	1.020312	1.020625	1.020958	1.021311	1.021688	1.02209
35	42.07734	1.01349	1.013692	1.013906	1.014133	1.014375	1.014632	1.014906
36	44.48593	1.006821	1.006925	1.007034	1.007151	1.007274	1.007406	1.007547
37	47.03372	1	1	1	1	1	1	1

T	PH20	620	600	580	560	540	520	500
17	15.56002	1.127685	1.129809	1.132092	1.134553	1.137214	1.1401	1.143241
18	16.43614	1.122181	1.124239	1.12645	1.128835	1.131413	1.134209	1.137252
19	17.36289	1.116621	1.118609	1.120747	1.123051	1.125542	1.128244	1.131185
20	18.34321	1.110999	1.112916	1.114976	1.117196	1.119597	1.122201	1.125035
21	19.38017	1.105312	1.107153	1.109132	1.111265	1.113571	1.116072	1.118794
22	20.47706	1.099554	1.101315	1.103209	1.105251	1.107458	1.109852	1.112457
23	21.63734	1.093718	1.095397	1.097202	1.099148	1.101251	1.103533	1.106016
24	22.86467	1.0878	1.089392	1.091104	1.09295	1.094945	1.097109	1.099464
25	24.16293	1.081792	1.083294	1.084909	1.086649	1.088531	1.090572	1.092793
26	25.53622	1.075689	1.077096	1.078609	1.080239	1.082002	1.083914	1.085995
27	26.98888	1.069484	1.070791	1.072197	1.073712	1.07535	1.077127	1.079061
28	28.52549	1.063169	1.064372	1.065665	1.06706	1.068568	1.070203	1.071982
29	30.1509	1.056736	1.05783	1.059006	1.060274	1.061645	1.063131	1.064749
30	31.87023	1.050179	1.051158	1.052211	1.053346	1.054573	1.055903	1.057352
31	33.68894	1.043487	1.044346	1.04527	1.046265	1.047342	1.048509	1.049779
32	35.61276	1.036653	1.037386	1.038174	1.039023	1.039941	1.040937	1.04202
33	37.64774	1.029667	1.030268	1.030913	1.031608	1.032361	1.033176	1.034064
34	39.80034	1.02252	1.022981	1.023476	1.024011	1.024588	1.025215	1.025897
35	42.07734	1.0152	1.015515	1.015853	1.016218	1.016613	1.017041	1.017507
36	44.48593	1.007697	1.007859	1.008032	1.008219	1.008421	1.008641	1.008879
37	47.03372	1	1	1	1	1	1	1

Es el factor que se tiene que multiplicar por las mediciones hechas (en ATPS) para tener el valor BTPS. Usar la presión barométrica promedio más cercana al sitio de trabajo y la temperatura ambiental. En México (Pbar 585) el factor a 17 grados es 1.13, mientras que al nivel del mar 1.11. A 37 grados no se debe ajustar.

VALORES DE REFERENCIA PARA ESPIROMETRÍA EN ADULTOS (20-70 AÑOS) MÉXICO

VARIABLE DEPENDIENTE	COEFICIENTE TALLA (cm)	COEFICIENTE EDAD (años)	CONSTANTE	EEE
MUJERES				
FEV1 (L)	0.0288	-0.0269	-0.6354	0.33
FVC (L)	0.0374	-0.0274	-1.3607	0.38
PEFR	0.0566985	-0.0453064	0.1274871	1.1867
Vmax50 (L/s)	0.0217	-0.0463	2.9431	1.09
Vmax25 (L/s)	0.010	-0.0242	0.7684	0.47
FEF25-75 (L/s)	0.0216	-0.0472	1.9704	0.84
FEV1/FVC (%)	NO	-0.1594	89.09	4.5
HOMBRES				
FEV1 (L)	0.0398	-0.0314	-1.5642	0.47
FVC (L)	0.0539	-0.0289	-3.1713	0.55
PEFR (L/s)	0.0750025	-0.0601408	-0.0591863	1.6159
Vmax50 (L/s)	0.0317	-0.0568	2.644	1.5
Vmax25 (L/s)	0.0126	-0.0297	0.8669	0.61
FEF25-75 (L/s)	0.0274	-0.0576	2.184	1.16
FEV1/FVC (%)	no	-0.1926	89.95	5.1
FEV1/FVC (%)	-0.0768	-0.2033	103.0	5.09

Estudiamos 5771 espirometrías realizadas en el Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias de México (685 a mujeres) con equipo y métodos recomendados por la Sociedad Americana del Tórax (ATS). EEE es el error estándar de la estimación. FEV₁ y FVC en litros, FEV₁/FVC en por ciento y los demás en L/s.

Cita: Pérez-Padilla JR, Regalado J, Vázquez JC. Reproducibilidad espirométrica y adecuación a valores de referencia internacionales en trabajadores mexicanos demandando incapacidad. En prensa Salud Pública de México 2001.

ECUACIONES DE REGRESIÓN EN NIÑOS (7-20 AÑOS) PARA LAS PRINCIPALES VARIABLES ESPIROMÉTRICAS OBTENIDAS DEL ESTUDIO (SOLO SUJETOS NORMALES)

	Intercepto	Talla (cm)	Peso (kg)	Edad (años)	MSE	R2 adjusted
LogFEV1 (mL) mujeres	5.26	0.014612	0.00355	0.020	0.1295	0.83
LogFEV1 (mL) hombres	5.34	0.01445	0.0028	0.023	0.125	0.89
LogFVC (mL) mujeres	5.60	0.0128	0.0051	0.0179	0.125	0.83
LogFVC (mL) hombres	5.66	0.0131	0.0044	0.0189	0.118	0.89
FEV1/FVC (%) mujeres	68.81	0.167	-0.147	0.227	6.12	0.057
FEV1/FVC (%) hombres	71.2	0.121	-0.133	0.354	6.14	0.063
Log PFR (L/s) mujeres	-0.80	0.01463	0.0022	0.0218	0.196	0.67
Log PFR (L/s) hombres	-0.536	0.01190	0.00236	0.0366	0.181	0.79
LogVmax50 (L/s) mujeres	-1.067	0.01368	0.00220	0.0238	0.2413	0.56
LogVmax50 (L/s) hombres	-0.886	0.0114	0.0023	0.0349	0.2458	0.65
LogFEF25-75 (L/s) mujeres	-1.468	0.0158	-	0.02562	0.249	0.57
LogFEF2575 (L/s) hombres	-1.284	0.01349	-	0.03622	0.254	0.65

Se obtuvieron con modelos de regresión múltiple, separadas para niños y niñas (entre 7 y 20 años), incluyendo en los modelos, tabaquismo directo e indirecto, asma, síntomas respiratorios y zona de la ciudad. Las ecuaciones descritas representan a los sujetos con función óptima es decir sin exposiciones a tabaco, sin síntomas, no asmáticos y en la zona de la ciudad con función más alta.

Se excluyeron los fumadores, obesos, sintomáticos, asmáticos y los que no hicieron 2 esfuerzos aceptables.

Mujeres n=1938, hombres 2064, total 4002.

VALORES PREDICHOS POR PÉREZ PADILLA Y COLS PARA FEV1 HOMBRES

talla en cm

	154	158	162	166	170	174	178	182	186	190	194
24	3.81	3.97	4.13	4.29	4.45	4.61	4.77	4.93	5.08	5.24	5.40
26	3.75	3.91	4.07	4.23	4.39	4.54	4.70	4.86	5.02	5.18	5.34
28	3.69	3.84	4.00	4.16	4.32	4.48	4.64	4.80	4.96	5.12	5.28
30	3.62	3.78	3.94	4.10	4.26	4.42	4.58	4.74	4.90	5.06	5.22
32	3.56	3.72	3.88	4.04	4.20	4.36	4.52	4.67	4.83	4.99	5.15
34	3.50	3.66	3.82	3.98	4.13	4.29	4.45	4.61	4.77	4.93	5.09
36	3.43	3.59	3.75	3.91	4.07	4.23	4.39	4.55	4.71	4.87	5.03
38	3.37	3.53	3.69	3.85	4.01	4.17	4.33	4.49	4.65	4.80	4.96
40	3.31	3.47	3.63	3.79	3.95	4.11	4.26	4.42	4.58	4.74	4.90
42	3.25	3.41	3.56	3.72	3.88	4.04	4.20	4.36	4.52	4.68	4.84
44	3.18	3.34	3.50	3.66	3.82	3.98	4.14	4.30	4.46	4.62	4.78
46	3.12	3.28	3.44	3.60	3.76	3.92	4.08	4.24	4.39	4.55	4.71
48	3.06	3.22	3.38	3.54	3.69	3.85	4.01	4.17	4.33	4.49	4.65
50	3.00	3.15	3.31	3.47	3.63	3.79	3.95	4.11	4.27	4.43	4.59
52	2.93	3.09	3.25	3.41	3.57	3.73	3.89	4.05	4.21	4.37	4.52
54	2.87	3.03	3.19	3.35	3.51	3.67	3.82	3.98	4.14	4.30	4.46
56	2.81	2.97	3.13	3.28	3.44	3.60	3.76	3.92	4.08	4.24	4.40
58	2.74	2.90	3.06	3.22	3.38	3.54	3.70	3.86	4.02	4.18	4.34
60	2.68	2.84	3.00	3.16	3.32	3.48	3.64	3.80	3.95	4.11	4.27
62	2.62	2.78	2.94	3.10	3.26	3.41	3.57	3.73	3.89	4.05	4.21
64	2.56	2.71	2.87	3.03	3.19	3.35	3.51	3.67	3.83	3.99	4.15
66	2.49	2.65	2.81	2.97	3.13	3.29	3.45	3.61	3.77	3.93	4.08
68	2.43	2.59	2.75	2.91	3.07	3.23	3.38	3.54	3.70	3.86	4.02
70	2.37	2.53	2.69	2.84	3.00	3.16	3.32	3.48	3.64	3.80	3.96

FEV1, MUJERES

	144	148	152	156	160	164	168	172	176	180
24	2.87	2.98	3.10	3.21	3.33	3.44	3.56	3.67	3.79	3.90
26	2.81	2.93	3.04	3.16	3.27	3.39	3.50	3.62	3.73	3.85
28	2.76	2.87	2.99	3.10	3.22	3.33	3.45	3.56	3.68	3.80
30	2.70	2.82	2.94	3.05	3.17	3.28	3.40	3.51	3.63	3.74
32	2.65	2.77	2.88	3.00	3.11	3.23	3.34	3.46	3.57	3.69
34	2.60	2.71	2.83	2.94	3.06	3.17	3.29	3.40	3.52	3.63
36	2.54	2.66	2.77	2.89	3.00	3.12	3.23	3.35	3.47	3.58
38	2.49	2.60	2.72	2.84	2.95	3.07	3.18	3.30	3.41	3.53
40	2.44	2.55	2.67	2.78	2.90	3.01	3.13	3.24	3.36	3.47
42	2.38	2.50	2.61	2.73	2.84	2.96	3.07	3.19	3.30	3.42
44	2.33	2.44	2.56	2.67	2.79	2.90	3.02	3.13	3.25	3.37
46	2.27	2.39	2.50	2.62	2.74	2.85	2.97	3.08	3.20	3.31
48	2.22	2.34	2.45	2.57	2.68	2.80	2.91	3.03	3.14	3.26
50	2.17	2.28	2.40	2.51	2.63	2.74	2.86	2.97	3.09	3.20
52	2.11	2.23	2.34	2.46	2.57	2.69	2.80	2.92	3.03	3.15
54	2.06	2.17	2.29	2.40	2.52	2.64	2.75	2.87	2.98	3.10
56	2.01	2.12	2.24	2.35	2.47	2.58	2.70	2.81	2.93	3.04
58	1.95	2.07	2.18	2.30	2.41	2.53	2.64	2.76	2.87	2.99
60	1.90	2.01	2.13	2.24	2.36	2.47	2.59	2.70	2.82	2.93
62	1.84	1.96	2.07	2.19	2.30	2.42	2.54	2.65	2.77	2.88
64	1.79	1.91	2.02	2.14	2.25	2.37	2.48	2.60	2.71	2.83
66	1.74	1.85	1.97	2.08	2.20	2.31	2.43	2.54	2.66	2.77
68	1.68	1.80	1.91	2.03	2.14	2.26	2.37	2.49	2.60	2.72
70	1.63	1.74	1.86	1.97	2.09	2.20	2.32	2.44	2.55	2.67

VALORES PREDICHOS POR PÉREZ PADILLA Y COLS PARA FVC HOMBRES

talla en cm

	154	158	162	166	170	174	178	82	186	190	194
24	4.44	4.65	4.87	5.08	5.30	5.51	5.73	5.94	6.16	6.38	6.59
26	4.38	4.59	4.81	5.02	5.24	5.46	5.67	5.89	6.10	6.32	6.53
28	4.32	4.54	4.75	4.97	5.18	5.40	5.61	5.83	6.04	6.26	6.48
30	4.26	4.48	4.69	4.91	5.12	5.34	5.56	5.77	5.99	6.20	6.42
32	4.20	4.42	4.64	4.85	5.07	5.28	5.50	5.71	5.93	6.14	6.36
34	4.15	4.36	4.58	4.79	5.01	5.22	5.44	5.66	5.87	6.09	6.30
36	4.09	4.30	4.52	4.74	4.95	5.17	5.38	5.60	5.81	6.03	6.24
38	4.03	4.25	4.46	4.68	4.89	5.11	5.32	5.54	5.76	5.97	6.19
40	3.97	4.19	4.40	4.62	4.84	5.05	5.27	5.48	5.70	5.91	6.13
42	3.92	4.13	4.35	4.56	4.78	4.99	5.21	5.42	5.64	5.86	6.07
44	3.86	4.07	4.29	4.50	4.72	4.94	5.15	5.37	5.58	5.80	6.01
46	3.80	4.02	4.23	4.45	4.66	4.88	5.09	5.31	5.52	5.74	5.96
48	3.74	3.96	4.17	4.39	4.60	4.82	5.04	5.25	5.47	5.68	5.90
50	3.68	3.90	4.12	4.33	4.55	4.76	4.98	5.19	5.41	5.62	5.84
52	3.63	3.84	4.06	4.27	4.49	4.70	4.92	5.14	5.35	5.57	5.78
54	3.57	3.78	4.00	4.22	4.43	4.65	4.86	5.08	5.29	5.51	5.72
56	3.51	3.73	3.94	4.16	4.37	4.59	4.80	5.02	5.24	5.45	5.67
58	3.45	3.67	3.88	4.10	4.32	4.53	4.75	4.96	5.18	5.39	5.61
60	3.40	3.61	3.83	4.04	4.26	4.47	4.69	4.90	5.12	5.34	5.55
62	3.34	3.55	3.77	3.98	4.20	4.42	4.63	4.85	5.06	5.28	5.49
64	3.28	3.50	3.71	3.93	4.14	4.36	4.57	4.79	5.00	5.22	5.44
66	3.22	3.44	3.65	3.87	4.08	4.30	4.52	4.73	4.95	5.16	5.38
68	3.16	3.38	3.60	3.81	4.03	4.24	4.46	4.67	4.89	5.10	5.32
70	3.11	3.32	3.54	3.75	3.97	4.18	4.40	4.62	4.83	5.05	5.26

Fvc, MUJERES

	144	148	152	156	160	164	168	172	176	180
24	3.37	3.52	3.67	3.82	3.97	4.12	4.26	4.41	4.56	4.71
26	3.31	3.46	3.61	3.76	3.91	4.06	4.21	4.36	4.51	4.66
28	3.26	3.41	3.56	3.71	3.86	4.01	4.16	4.30	4.45	4.60
30	3.20	3.35	3.50	3.65	3.80	3.95	4.10	4.25	4.40	4.55
32	3.15	3.30	3.45	3.60	3.75	3.90	4.05	4.20	4.34	4.49
34	3.09	3.24	3.39	3.54	3.69	3.84	3.99	4.14	4.29	4.44
36	3.04	3.19	3.34	3.49	3.64	3.79	3.94	4.09	4.24	4.38
38	2.98	3.13	3.28	3.43	3.58	3.73	3.88	4.03	4.18	4.33
40	2.93	3.08	3.23	3.38	3.53	3.68	3.83	3.98	4.13	4.28
42	2.87	3.02	3.17	3.32	3.47	3.62	3.77	3.92	4.07	4.22
44	2.82	2.97	3.12	3.27	3.42	3.57	3.72	3.87	4.02	4.17
46	2.76	2.91	3.06	3.21	3.36	3.51	3.66	3.81	3.96	4.11
48	2.71	2.86	3.01	3.16	3.31	3.46	3.61	3.76	3.91	4.06
50	2.65	2.80	2.95	3.10	3.25	3.40	3.55	3.70	3.85	4.00
52	2.60	2.75	2.90	3.05	3.20	3.35	3.50	3.65	3.80	3.95
54	2.55	2.69	2.84	2.99	3.14	3.29	3.44	3.59	3.74	3.89
56	2.49	2.64	2.79	2.94	3.09	3.24	3.39	3.54	3.69	3.84
58	2.44	2.59	2.73	2.88	3.03	3.18	3.33	3.48	3.63	3.78
60	2.38	2.53	2.68	2.83	2.98	3.13	3.28	3.43	3.58	3.73
62	2.33	2.48	2.63	2.77	2.92	3.07	3.22	3.37	3.52	3.67
64	2.27	2.42	2.57	2.72	2.87	3.02	3.17	3.32	3.47	3.62
66	2.22	2.37	2.52	2.67	2.81	2.96	3.11	3.26	3.41	3.56
68	2.16	2.31	2.46	2.61	2.76	2.91	3.06	3.21	3.36	3.51
70	2.11	2.26	2.41	2.56	2.71	2.85	3.00	3.15	3.30	3.45

VALORES PREDICHOS POR PÉREZ PADILLA Y COLS PARA FEV1/FVC

talla en cm

	154	158	162	166	170	174	178	182	186	190	194
24	86.3	86.0	85.7	85.4	85.1	84.8	84.5	84.1	83.8	83.5	83.2
26	85.9	85.6	85.3	85.0	84.7	84.4	84.0	83.7	83.4	83.1	82.8
28	85.5	85.2	84.9	84.6	84.3	83.9	83.6	83.3	83.0	82.7	82.4
30	85.1	84.8	84.5	84.2	83.8	83.5	83.2	82.9	82.6	82.3	82.0
32	84.7	84.4	84.1	83.7	83.4	83.1	82.8	82.5	82.2	81.9	81.6
34	84.3	84.0	83.6	83.3	83.0	82.7	82.4	82.1	81.8	81.5	81.2
36	83.9	83.5	83.2	82.9	82.6	82.3	82.0	81.7	81.4	81.1	80.8
38	83.4	83.1	82.8	82.5	82.2	81.9	81.6	81.3	81.0	80.7	80.4
40	83.0	82.7	82.4	82.1	81.8	81.5	81.2	80.9	80.6	80.3	80.0
42	82.6	82.3	82.0	81.7	81.4	81.1	80.8	80.5	80.2	79.9	79.6
44	82.2	81.9	81.6	81.3	81.0	80.7	80.4	80.1	79.8	79.5	79.2
46	81.8	81.5	81.2	80.9	80.6	80.3	80.0	79.7	79.4	79.1	78.7
48	81.4	81.1	80.8	80.5	80.2	79.9	79.6	79.3	79.0	78.6	78.3
50	81.0	80.7	80.4	80.1	79.8	79.5	79.2	78.9	78.6	78.2	77.9
52	80.6	80.3	80.0	79.7	79.4	79.1	78.8	78.5	78.1	77.8	77.5
54	80.2	79.9	79.6	79.3	79.0	78.7	78.4	78.0	77.7	77.4	77.1
56	79.8	79.5	79.2	78.9	78.6	78.3	77.9	77.6	77.3	77.0	76.7
58	79.4	79.1	78.8	78.5	78.2	77.8	77.5	77.2	76.9	76.6	76.3
60	79.0	78.7	78.4	78.1	77.7	77.4	77.1	76.8	76.5	76.2	75.9
62	78.6	78.3	78.0	77.6	77.3	77.0	76.7	76.4	76.1	75.8	75.5
64	78.2	77.9	77.5	77.2	76.9	76.6	76.3	76.0	75.7	75.4	75.1
66	77.8	77.4	77.1	76.8	76.5	76.2	75.9	75.6	75.3	75.0	74.7
68	77.3	77.0	76.7	76.4	76.1	75.8	75.5	75.2	74.9	74.6	74.3
70	76.9	76.6	76.3	76.0	75.7	75.4	75.1	74.8	74.5	74.2	73.9

FEV1/FVC, MUJERES

	144	148	152	156	160	164	168	172	176	180
24	85.3									
26	84.9									
28	84.6									
30	84.3									
32	84.0									
34	83.7									
36	83.4									
38	83.0									
40	82.7									
42	82.4									
44	82.1									
46	81.8									
48	81.4									
50	81.1									
52	80.8									
54	80.5									
56	80.2									
58	79.8									
60	79.5									
62	79.2									
64	78.9									
66	78.6									
68	78.3									
70	77.9									

VALORES BRASILEÑOS (PEREIRA CAC, BARRETO SP, SIMÕES JG, PEREIRA FWL, GERSTLER JG, NAKATANI, J. VALORES DE REFERENCIA PARA ESPIROMETRIA EM UMA AMOSTRA DA POPULAÇÃO BRASILEIRA ADULTA. J PNEUMOL 1992; 18:10-22.)

VARIABLE	FÓRMULA	LIMITE INFERIOR
FVC hombres	$(0,0590 \times \text{altura}) + (-0,0229 \times \text{edad}) - 4,569$	Predicho - 0,864
FVC mujeres	$(0,0433 \times \text{altura}) + (-0,0164 \times \text{edad}) - 2,967$	Predicho - 0,556
FEV1 masc	$(0,0473 \times \text{altura}) + (-0,0281 \times \text{edad}) - 3,145$	Predicho - 0,790
FEV1 femin	$(0,0338 \times \text{altura}) + (-0,0210 \times \text{edad}) - 1,782$	Predicho - 0,433
FEV1/FVC masc	$\text{Exp} (\log_{\text{natural}} (\text{edad}) \times (-0,1198) + 4,854)$	Predicho x 0,90
FEV1/FVC femin	$\text{Exp} (\log_{\text{natural}} (\text{edad}) \times (-0,1212) + 4,8707)$	90%
FEF25- 75 masc	$\text{Exp} (\log_{\text{natural}} (\text{altura}) \times (2,0020) + \log_{\text{natural}} (\text{edad}) \times (-0,6977) - 6,32791)$	60%
FEF25- 75 femin	$\text{Exp} (\log_{\text{natural}} (\text{altura}) \times (1,2843) + \log_{\text{natural}} (\text{edad}) \times (-0,6546) - 3,0208)$	60%
FEF25- 75/CVF% masc	$\text{Exp} (\log_{\text{natural}} (\text{edad}) \times (-0,4407) + 6,1205)$	60%
FEF2575/CVF% fem	$\text{Exp} (\log_{\text{natural}} (\text{edad}) \times (0,4237) + 6,1032)$	61%
FEF2575masc	$\text{Exp} (\log_{\text{natural}} (\text{edad}) \times (0,4356) - 0,2126)$	
FEF2575fem	$\text{Exp} (\log_{\text{natural}} (\text{edad}) \times (0,4373) - 2,2555)$	

EXP = 0,2083^(elevado). Exemplo: FEF 25-75 = 0,2083 $[\log_{\text{nat}} (\text{edad}) \times 0,4373 - 2,2555]$

VALORES DE REFERENCIA EN NIÑOS Y ADOLESCENTES MEXICANOS ENTRE 8 Y 20 AÑOS, 110 CM Y 190 CM (VARONES) Y 110-180 (MUJERES)

Talla cm	Varones				Mujeres			
	FEV1 ml	FVC ml	FEV1/FVC %	PEFR l/s	FEV1 ml	FVC ml	FEV1/FVC %	PEFR l/s
110	1159	1423	85	2.75	1115	1291	87	2.59
111	1184	1452	85	2.80	1140	1319	87	2.64
112	1210	1482	85	2.86	1165	1347	87	2.70
113	1236	1512	85	2.92	1191	1375	87	2.75
114	1263	1543	85	2.98	1218	1404	87	2.81
115	1291	1574	85	3.04	1245	1434	87	2.87
116	1319	1606	85	3.11	1272	1465	87	2.93
117	1347	1639	86	3.17	1301	1496	87	3.00
118	1377	1673	86	3.24	1330	1528	87	3.06
119	1407	1707	86	3.30	1359	1560	87	3.13
120	1437	1741	86	3.37	1389	1593	88	3.19
121	1468	1777	86	3.44	1420	1627	88	3.26
122	1500	1813	86	3.51	1452	1662	88	3.33
123	1533	1850	86	3.58	1484	1697	88	3.40
124	1566	1888	86	3.66	1517	1733	88	3.47
125	1600	1926	86	3.73	1551	1770	88	3.55
126	1635	1966	86	3.81	1585	1807	88	3.62
127	1671	2006	86	3.89	1621	1846	88	3.70
128	1707	2047	86	3.97	1657	1885	88	3.78
129	1744	2088	86	4.05	1693	1925	88	3.86
130	1782	2131	86	4.13	1731	1966	88	3.94
131	1821	2174	87	4.22	1770	2007	88	4.02
132	1861	2219	87	4.31	1809	2050	89	4.11
133	1901	2264	87	4.40	1849	2094	89	4.20
134	1942	2310	87	4.49	1890	2138	89	4.29
135	1985	2357	87	4.58	1932	2184	89	4.38
136	2028	2405	87	4.67	1975	2230	89	4.47
137	2072	2454	87	4.77	2019	2277	89	4.57
138	2117	2504	87	4.87	2064	2326	89	4.66
139	2163	2556	87	4.97	2110	2375	89	4.76
140	2210	2608	87	5.07	2157	2425	89	4.87
141	2258	2661	87	5.18	2205	2477	89	4.97
142	2307	2715	87	5.28	2254	2530	89	5.07
143	2358	2770	87	5.39	2304	2583	89	5.18
144	2409	2827	87	5.50	2355	2638	90	5.29
145	2461	2885	88	5.62	2407	2694	90	5.41
146	2515	2943	88	5.73	2461	2751	90	5.52
147	2569	3003	88	5.85	2516	2810	90	5.64
148	2625	3065	88	5.97	2572	2870	90	5.76
149	2682	3127	88	6.10	2629	2931	90	5.88
150	2741	3191	88	6.22	2687	2993	90	6.01

Talla cm	Varones				Mujeres			
	FEV1 ml	FVC ml	FEV1/FVC %	PEFR l/s	FEV1 ml	FVC ml	FEV1/FVC %	PEFR l/s
151	2800	3256	88	6.35	2747	3056	90	6.13
152	2861	3322	88	6.48	2808	3121	90	6.26
153	2924	3390	88	6.62	2870	3188	90	6.40
154	2987	3459	88	6.75	2934	3255	90	6.53
155	3052	3530	88	6.89	2999	3324	90	6.67
156	3119	3602	88	7.04	3066	3395	91	6.82
157	3186	3675	88	7.18	3134	3467	91	6.96
158	3256	3750	88	7.33	3204	3541	91	7.11
159	3326	3827	88	7.48	3275	3616	91	7.26
160	3399	3905	89	7.63	3348	3693	91	7.42
161	3473	3984	89	7.79	3422	3771	91	7.57
162	3548	4066	89	7.95	3498	3851	91	7.73
163	3625	4149	89	8.12	3576	3933	91	7.90
164	3704	4233	89	8.29	3656	4017	91	8.07
165	3785	4319	89	8.46	3737	4102	91	8.24
166	3867	4408	89	8.63	3820	4189	91	8.41
167	3951	4497	89	8.81	3905	4278	91	8.59
168	4037	4589	89	8.99	3992	4369	92	8.78
169	4125	4683	89	9.18	4081	4462	92	8.96
170	4215	4778	89	9.37	4171	4556	92	9.15
171	4307	4876	89	9.56	4264	4653	92	9.35
172	4400	4975	89	9.76	4359	4752	92	9.55
173	4496	5077	89	9.96	4456	4853	92	9.75
174	4594	5180	90	10.16	4555	4956	92	9.96
175	4694	5286	90	10.37	4656	5061	92	10.17
176	4796	5393	90	10.59	4760	5169	92	10.39
177	4900	5503	90	10.81	4865	5279	92	10.61
178	5007	5616	90	11.03	4974	5391	92	10.83
179	5116	5730	90	11.26	5084	5505	92	11.07
180	5227	5847	90	11.49	5197	5622	93	11.30
181	5340	5966	90	11.73				
182	5457	6088	90	11.97				
183	5575	6212	90	12.22				
184	5697	6339	90	12.47				
185	5821	6468	90	12.73				
186	5947	6600	90	12.99				
187	6076	6735	90	13.26				
188	6209	6872	90	13.53				
189	6344	7012	91	13.81				
190	6482	7155	91	14.10				

Es más preciso utilizar la ecuación completa que incluye talla, edad y género. Sin embargo es muy complejo poner los datos en tablas. La predicción basada en talla y género es suficientemente útil para un uso rutinario.

VALORES DE REFERENCIA NHANES, PARA MUJERES, MEXICOAMERICANAS

Talla cm	Edad	FEV1m	FEV1mlIn	FVCm	FVCmlIn	FEV1/FVCm	FEV1/FVCmlIn
140	20	2.55	2.11	2.88	2.36	87.9	78.5
	25	2.47	2.03	2.84	2.32	86.7	77.4
	30	2.38	1.94	2.79	2.27	85.6	76.3
	35	2.28	1.84	2.73	2.21	84.5	75.2
	40	2.18	1.74	2.66	2.13	83.4	74.1
	45	2.08	1.63	2.57	2.05	82.2	72.9
	50	1.96	1.52	2.47	1.95	81.1	71.8
	55	1.85	1.40	2.37	1.84	80.0	70.7
	60	1.72	1.28	2.24	1.72	78.9	69.6
	65	1.59	1.15	2.11	1.59	77.7	68.4
145	20	2.73	2.25	3.08	2.52	87.9	78.5
	25	2.64	2.17	3.04	2.48	86.7	77.4
	30	2.55	2.08	3.00	2.43	85.6	76.3
	35	2.46	1.98	2.93	2.37	84.5	75.2
	40	2.36	1.88	2.86	2.30	83.4	74.1
	45	2.25	1.77	2.77	2.21	82.2	72.9
	50	2.14	1.66	2.68	2.11	81.1	71.8
	55	2.02	1.54	2.57	2.01	80.0	70.7
	60	1.89	1.42	2.45	1.88	78.9	69.6
	65	1.77	1.29	2.31	1.75	77.7	68.4
150	20	2.91	2.40	3.29	2.69	87.9	78.5
	25	2.82	2.31	3.25	2.65	86.7	77.4
	30	2.73	2.22	3.21	2.60	85.6	76.3
	35	2.64	2.13	3.14	2.54	84.5	75.2
	40	2.54	2.03	3.07	2.47	83.4	74.1
	45	2.43	1.92	2.98	2.38	82.2	72.9
	50	2.32	1.81	2.89	2.29	81.1	71.8
	55	2.20	1.69	2.78	2.18	80.0	70.7
	60	2.07	1.56	2.66	2.06	78.9	69.6
	65	1.94	1.44	2.52	1.92	77.7	68.4
155	20	3.09	2.55	3.51	2.87	87.9	78.5
	25	3.01	2.46	3.47	2.83	86.7	77.4
	30	2.92	2.37	3.42	2.78	85.6	76.3
	35	2.82	2.28	3.36	2.72	84.5	75.2
	40	2.72	2.18	3.29	2.64	83.4	74.1
	45	2.61	2.07	3.20	2.56	82.2	72.9
	50	2.50	1.96	3.10	2.46	81.1	71.8
	55	2.38	1.84	3.00	2.35	80.0	70.7
	60	2.26	1.72	2.87	2.23	78.9	69.6
	65	2.13	1.59	2.74	2.10	77.7	68.4
160	20	3.28	2.70	3.73	3.05	87.9	78.5
	25	3.20	2.62	3.70	3.01	86.7	77.4
	30	3.11	2.53	3.65	2.96	85.6	76.3
	35	3.01	2.43	3.59	2.90	84.5	75.2
	40	2.91	2.33	3.51	2.83	83.4	74.1
	45	2.81	2.23	3.43	2.74	82.2	72.9

Talla cm	Edad	FEV1m	FEV1mlIn	FVCm	FVCmlIn	FEV1/FVCm	FEV1/FVCmlIn
	50	2.69	2.11	3.33	2.64	81.1	71.8
	55	2.57	2.00	3.22	2.53	80.0	70.7
	60	2.45	1.87	3.10	2.41	78.9	69.6
	65	2.32	1.74	2.97	2.28	77.7	68.4
	70	2.19	1.61	2.82	2.14	76.6	67.3
165	20	3.48	2.86	3.97	3.24	87.9	78.5
	25	3.40	2.78	3.93	3.20	86.7	77.4
	30	3.31	2.69	3.88	3.15	85.6	76.3
	35	3.21	2.59	3.82	3.09	84.5	75.2
	40	3.11	2.49	3.74	3.01	83.4	74.1
	45	3.00	2.39	3.66	2.93	82.2	72.9
	50	2.89	2.27	3.56	2.83	81.1	71.8
	55	2.77	2.16	3.45	2.72	80.0	70.7
	60	2.65	2.03	3.33	2.60	78.9	69.6
	65	2.52	1.90	3.20	2.47	77.7	68.4
	70	2.38	1.77	3.05	2.32	76.6	67.3
170	20	3.68	3.03	4.20	3.43	87.9	78.5
	25	3.60	2.95	4.17	3.39	86.7	77.4
	30	3.51	2.86	4.12	3.34	85.6	76.3
	35	3.41	2.76	4.06	3.28	84.5	75.2
	40	3.31	2.66	3.98	3.21	83.4	74.1
	45	3.21	2.55	3.90	3.12	82.2	72.9
	50	3.09	2.44	3.80	3.03	81.1	71.8
	55	2.98	2.32	3.69	2.92	80.0	70.7
	60	2.85	2.20	3.57	2.80	78.9	69.6
	65	2.72	2.07	3.44	2.66	77.7	68.4
	70	2.59	1.93	3.29	2.52	76.6	67.3
175	20	3.89	3.20	4.45	3.63	87.9	78.5
	25	3.81	3.12	4.41	3.59	86.7	77.4
	30	3.72	3.03	4.36	3.54	85.6	76.3
	35	3.62	2.93	4.30	3.48	84.5	75.2
	40	3.52	2.83	4.23	3.41	83.4	74.1
	45	3.42	2.72	4.14	3.32	82.2	72.9
	50	3.30	2.61	4.04	3.23	81.1	71.8
	55	3.19	2.49	3.94	3.12	80.0	70.7
	60	3.06	2.37	3.81	3.00	78.9	69.6
	65	2.93	2.24	3.68	2.86	77.7	68.4
	70	2.80	2.10	3.54	2.72	76.6	67.3
180	20	4.11	3.38	4.70	3.84	87.9	78.5
	25	4.03	3.29	4.67	3.80	86.7	77.4
	30	3.94	3.20	4.62	3.75	85.6	76.3
	35	3.84	3.11	4.55	3.69	84.5	75.2
	40	3.74	3.01	4.48	3.61	83.4	74.1
	45	3.63	2.90	4.39	3.53	82.2	72.9
	50	3.52	2.79	4.30	3.43	81.1	71.8
	55	3.40	2.67	4.19	3.32	80.0	70.7
	60	3.28	2.54	4.07	3.20	78.9	69.6
	65	3.15	2.41	3.93	3.07	77.7	68.4
	70	3.01	2.28	3.79	2.92	76.6	67.3

VALORES DE REFERENCIA NHANES EN POBLACIÓN MEXICOAMERICANA VARONES

Talla cm	Edad	FEV1m	FEV1mln	FVCm	FVCmln	FEV1/FVCm	FEV1/FVCml
160	20	3.91	3.29	4.55	3.81	85.7	76.4
	25	3.77	3.14	4.46	3.73	84.6	75.3
	30	3.62	3.00	4.37	3.63	83.5	74.3
	35	3.47	2.85	4.27	3.53	82.4	73.2
	40	3.33	2.70	4.15	3.42	81.3	72.1
	45	3.18	2.56	4.03	3.29	80.2	71.0
	50	3.03	2.41	3.90	3.16	79.1	69.9
	55	2.89	2.26	3.76	3.02	78.0	68.8
	60	2.74	2.12	3.61	2.87	76.9	67.7
	65	2.59	1.97	3.45	2.72	75.8	66.6
165	20	4.16	3.49	4.84	4.06	85.7	76.4
	25	4.01	3.35	4.75	3.97	84.6	75.3
	30	3.86	3.20	4.66	3.88	83.5	74.3
	35	3.72	3.06	4.56	3.77	82.4	73.2
	40	3.57	2.91	4.44	3.66	81.3	72.1
	45	3.43	2.76	4.32	3.54	80.2	71.0
	50	3.28	2.62	4.19	3.41	79.1	69.9
	55	3.13	2.47	4.05	3.27	78.0	68.8
	60	2.99	2.32	3.90	3.12	76.9	67.7
	65	2.84	2.18	3.74	2.96	75.8	66.6
170	20	4.41	3.71	5.14	4.31	85.7	76.4
	25	4.26	3.56	5.05	4.22	84.6	75.3
	30	4.12	3.41	4.96	4.13	83.5	74.3
	35	3.97	3.27	4.85	4.02	82.4	73.2
	40	3.82	3.12	4.74	3.91	81.3	72.1
	45	3.68	2.97	4.62	3.79	80.2	71.0
	50	3.53	2.83	4.49	3.66	79.1	69.9
	55	3.39	2.68	4.35	3.52	78.0	68.8
	60	3.24	2.54	4.20	3.37	76.9	67.7
	65	3.09	2.39	4.04	3.21	75.8	66.6
175	20	4.67	3.93	5.44	4.56	85.7	76.4
	25	4.52	3.78	5.36	4.48	84.6	75.3
	30	4.38	3.63	5.26	4.38	83.5	74.3
	35	4.23	3.49	5.16	4.28	82.4	73.2
	40	4.09	3.34	5.05	4.17	81.3	72.1
	45	3.94	3.19	4.93	4.05	80.2	71.0
	50	3.79	3.05	4.80	3.91	79.1	69.9
	55	3.65	2.90	4.66	3.77	78.0	68.8
	60	3.50	2.75	4.51	3.63	76.9	67.7
	65	3.35	2.61	4.35	3.47	75.8	66.6
70	3.21	2.46	4.18	3.30	74.7	65.5	
20	4.94	4.15	5.76	4.83	85.7	76.4	

Talla cm	Edad	FEV1m	FEV1mlIn	FVCm	FVCmlIn	FEV1/FVCm	FEV1/FVCml
180	25	4.79	4.00	5.68	4.74	84.6	75.3
	30	4.65	3.86	5.58	4.65	83.5	74.3
	35	4.50	3.71	5.48	4.55	82.4	73.2
	40	4.35	3.56	5.36	4.43	81.3	72.1
	45	4.21	3.42	5.24	4.31	80.2	71.0
	50	4.06	3.27	5.11	4.18	79.1	69.9
	55	3.91	3.13	4.97	4.04	78.0	68.8
	60	3.77	2.98	4.82	3.89	76.9	67.7
180	65	3.62	2.83	4.66	3.73	75.8	66.6
	70	3.47	2.69	4.50	3.56	74.7	65.5
	20	5.21	4.38	6.09	5.10	85.7	76.4
185	25	5.07	4.23	6.00	5.02	84.6	75.3
	30	4.92	4.09	5.91	4.92	83.5	74.3
	35	4.78	3.94	5.80	4.82	82.4	73.2
	40	4.63	3.80	5.69	4.71	81.3	72.1
	45	4.48	3.65	5.57	4.58	80.2	71.0
	50	4.34	3.50	5.44	4.45	79.1	69.9
	55	4.19	3.36	5.30	4.31	78.0	68.8
	60	4.04	3.21	5.15	4.16	76.9	67.7
	65	3.90	3.06	4.99	4.01	75.8	66.6
	70	3.75	2.92	4.82	3.84	74.7	65.5
	20	5.50	4.62	6.42	5.38	85.7	76.4
190	25	5.35	4.47	6.34	5.30	84.6	75.3
	30	5.20	4.33	6.24	5.20	83.5	74.3
	35	5.06	4.18	6.14	5.10	82.4	73.2
	40	4.91	4.03	6.02	4.99	81.3	72.1
	45	4.77	3.89	5.90	4.86	80.2	71.0
	50	4.62	3.74	5.77	4.73	79.1	69.9
	55	4.47	3.59	5.63	4.59	78.0	68.8
	60	4.33	3.45	5.48	4.44	76.9	67.7
	65	4.18	3.30	5.32	4.29	75.8	66.6
	70	4.03	3.15	5.16	4.12	74.7	65.5

VALORES DE REFERENCIA PLATINO PARA HOMBRES

Edad	Talla	FEV1	FEV1LLN	FVC	FVC LLN	FEV1/FVC	FEV1/FVC LLM
40	145	2.81	2.02	3.22	2.15	83.0	71.8
40	148	2.93	2.14	3.42	2.35	82.5	71.3
40	151	3.05	2.26	3.62	2.55	82.0	70.9
40	154	3.17	2.38	3.83	2.76	81.5	70.4
40	157	3.29	2.50	4.03	2.96	81.0	69.9
40	160	3.40	2.61	4.23	3.16	80.5	69.4
40	163	3.52	2.73	4.43	3.36	80.1	68.9
40	166	3.64	2.85	4.64	3.57	79.6	68.4
40	169	3.76	2.97	4.84	3.77	79.1	67.9
40	172	3.88	3.09	5.04	3.97	78.6	67.5
40	175	4.00	3.21	5.24	4.17	78.1	67.0
40	178	4.11	3.32	5.45	4.38	77.6	66.5
40	181	4.23	3.44	5.65	4.58	77.1	66.0
40	184	4.35	3.56	5.85	4.78	76.7	65.5
44	145	2.69	1.90	3.10	2.03	82.0	70.8
44	148	2.81	2.02	3.30	2.23	81.5	70.4
44	151	2.93	2.14	3.50	2.43	81.0	69.9
44	154	3.05	2.26	3.70	2.64	80.5	69.4
44	157	3.17	2.38	3.91	2.84	80.0	68.9
44	160	3.28	2.50	4.11	3.04	79.6	68.4
44	163	3.40	2.61	4.31	3.24	79.1	67.9
44	166	3.52	2.73	4.51	3.45	78.6	67.4
44	169	3.64	2.85	4.72	3.65	78.1	67.0
44	172	3.76	2.97	4.92	3.85	77.6	66.5
44	175	3.88	3.09	5.12	4.05	77.1	66.0
44	178	3.99	3.21	5.33	4.26	76.6	65.5
44	181	4.11	3.32	5.53	4.46	76.2	65.0
44	184	4.23	3.44	5.73	4.66	75.7	64.5
48	145	2.57	1.78	2.98	1.91	81.0	69.9
48	148	2.69	1.90	3.18	2.11	80.5	69.4
48	151	2.81	2.02	3.38	2.31	80.0	68.9
48	154	2.93	2.14	3.58	2.51	79.5	68.4
48	157	3.05	2.26	3.79	2.72	79.1	67.9
48	160	3.17	2.38	3.99	2.92	78.6	67.4
48	163	3.28	2.49	4.19	3.12	78.1	66.9
48	166	3.40	2.61	4.39	3.32	77.6	66.5
48	169	3.52	2.73	4.60	3.53	77.1	66.0
48	172	3.64	2.85	4.80	3.73	76.6	65.5
48	175	3.76	2.97	5.00	3.93	76.1	65.0
48	178	3.88	3.09	5.20	4.13	75.7	64.5
48	181	3.99	3.20	5.41	4.34	75.2	64.0
48	184	4.11	3.32	5.61	4.54	74.7	63.6
52	145	2.46	1.67	2.85	1.79	80.0	68.9
52	148	2.57	1.78	3.06	1.99	79.5	68.4
52	151	2.69	1.90	3.26	2.19	79.0	67.9
52	154	2.81	2.02	3.46	2.39	78.6	67.4
52	157	2.93	2.14	3.66	2.60	78.1	66.9
52	160	3.05	2.26	3.87	2.80	77.6	66.4
52	163	3.17	2.38	4.07	3.00	77.1	66.0
52	166	3.28	2.49	4.27	3.20	76.6	65.5
52	169	3.40	2.61	4.47	3.41	76.1	65.0
52	172	3.52	2.73	4.68	3.61	75.6	64.5
52	175	3.64	2.85	4.88	3.81	75.2	64.0

Edad	Talla	FEV1	FEV1LLN	FVC	FVC LLN	FEV1/FVC	FEV1/FVC LLM
52	178	3.76	2.97	5.08	4.01	74.7	63.5
52	181	3.88	3.09	5.29	4.22	74.2	63.1
52	184	3.99	3.20	5.49	4.42	73.7	62.6
56	145	2.34	1.55	2.73	1.66	79.0	67.9
56	148	2.46	1.67	2.94	1.87	78.5	67.4
56	151	2.57	1.78	3.14	2.07	78.1	66.9
56	154	2.69	1.90	3.34	2.27	77.6	66.4
56	157	2.81	2.02	3.54	2.47	77.1	65.9
56	160	2.93	2.14	3.75	2.68	76.6	65.5
56	163	3.05	2.26	3.95	2.88	76.1	65.0
56	166	3.17	2.38	4.15	3.08	75.6	64.5
56	169	3.28	2.49	4.35	3.28	75.1	64.0
56	172	3.40	2.61	4.56	3.49	74.7	63.5
56	175	3.52	2.73	4.76	3.69	74.2	63.0
56	178	3.64	2.85	4.96	3.89	73.7	62.6
56	181	3.76	2.97	5.16	4.09	73.2	62.1
56	184	3.88	3.09	5.37	4.30	72.7	61.6
60	145	2.22	1.43	2.61	1.54	78.0	66.9
60	148	2.34	1.55	2.81	1.75	77.6	66.4
60	151	2.45	1.67	3.02	1.95	77.1	65.9
60	154	2.57	1.78	3.22	2.15	76.6	65.4
60	157	2.69	1.90	3.42	2.35	76.1	65.0
60	160	2.81	2.02	3.62	2.56	75.6	64.5
60	163	2.93	2.14	3.83	2.76	75.1	64.0
60	166	3.05	2.26	4.03	2.96	74.6	63.5
60	169	3.16	2.38	4.23	3.16	74.2	63.0
60	172	3.28	2.49	4.44	3.37	73.7	62.5
60	175	3.40	2.61	4.64	3.57	73.2	62.1
60	178	3.52	2.73	4.84	3.77	72.7	61.6
60	181	3.64	2.85	5.04	3.97	72.2	61.1
60	184	3.76	2.97	5.25	4.18	71.7	60.6
64	145	2.10	1.31	2.49	1.42	77.1	65.9
64	148	2.22	1.43	2.69	1.62	76.6	65.4
64	151	2.34	1.55	2.90	1.83	76.1	64.9
64	154	2.45	1.66	3.10	2.03	75.6	64.5
64	157	2.57	1.78	3.30	2.23	75.1	64.0
64	160	2.69	1.90	3.50	2.43	74.6	63.5
64	163	2.81	2.02	3.71	2.64	74.1	63.0
64	166	2.93	2.14	3.91	2.84	73.7	62.5
64	169	3.05	2.26	4.11	3.04	73.2	62.0
64	172	3.16	2.37	4.31	3.24	72.7	61.6
64	175	3.28	2.49	4.52	3.45	72.2	61.1
64	178	3.40	2.61	4.72	3.65	71.7	60.6
64	181	3.52	2.73	4.92	3.85	71.2	60.1
64	184	3.64	2.85	5.12	4.05	70.8	59.6
68	145	1.98	1.19	2.37	1.30	76.1	64.9
68	148	2.10	1.31	2.57	1.50	75.6	64.4
68	151	2.22	1.43	2.77	1.71	75.1	64.0
68	154	2.34	1.55	2.98	1.91	74.6	63.5
68	157	2.45	1.66	3.18	2.11	74.1	63.0
68	160	2.57	1.78	3.38	2.31	73.6	62.5
68	163	2.69	1.90	3.58	2.52	73.2	62.0
68	166	2.81	2.02	3.79	2.72	72.7	61.5
68	169	2.93	2.14	3.99	2.92	72.2	61.1
68	172	3.05	2.26	4.19	3.12	71.7	60.6
68	175	3.16	2.37	4.40	3.33	71.2	60.1

Edad	Talla	FEV1	FEV1LLN	FVC	FVC LLN	FEV1/FVC	FEV1/FVC LLM
68	178	3.28	2.49	4.60	3.53	70.7	59.6
68	181	3.40	2.61	4.80	3.73	70.3	59.1
68	184	3.52	2.73	5.00	3.93	69.8	58.6
72	145	1.86	1.07	2.25	1.18	75.1	63.9
72	148	1.98	1.19	2.45	1.38	74.6	63.5
72	151	2.10	1.31	2.65	1.58	74.1	63.0
72	154	2.22	1.43	2.86	1.79	73.6	62.5
72	157	2.34	1.55	3.06	1.99	73.1	62.0
72	160	2.45	1.66	3.26	2.19	72.7	61.5
72	163	2.57	1.78	3.46	2.39	72.2	61.0
72	166	2.69	1.90	3.67	2.60	71.7	60.6
72	169	2.81	2.02	3.87	2.80	71.2	60.1
72	172	2.93	2.14	4.07	3.00	70.7	59.6
72	175	3.05	2.26	4.27	3.20	70.2	59.1
72	178	3.16	2.37	4.48	3.41	69.8	58.6
72	181	3.28	2.49	4.68	3.61	69.3	58.1
72	184	3.40	2.61	4.88	3.81	68.8	57.7
76	145	1.74	0.95	2.13	1.06	74.1	63.0
76	148	1.86	1.07	2.33	1.26	73.6	62.5
76	151	1.98	1.19	2.53	1.46	73.1	62.0
76	154	2.10	1.31	2.73	1.67	72.6	61.5
76	157	2.22	1.43	2.94	1.87	72.2	61.0
76	160	2.34	1.55	3.14	2.07	71.7	60.5
76	163	2.45	1.66	3.34	2.27	71.2	60.1
76	166	2.57	1.78	3.54	2.48	70.7	59.6
76	169	2.69	1.90	3.75	2.68	70.2	59.1
76	172	2.81	2.02	3.95	2.88	69.7	58.6
76	175	2.93	2.14	4.15	3.08	69.3	58.1
76	178	3.05	2.26	4.36	3.29	68.8	57.6
76	181	3.16	2.37	4.56	3.49	68.3	57.2
76	184	3.28	2.49	4.76	3.69	67.8	56.7
80	145	1.62	0.84	2.01	0.94	73.1	62.0
80	148	1.74	0.95	2.21	1.14	72.6	61.5
80	151	1.86	1.07	2.41	1.34	72.1	61.0
80	154	1.98	1.19	2.61	1.54	71.7	60.5
80	157	2.10	1.31	2.82	1.75	71.2	60.0
80	160	2.22	1.43	3.02	1.95	70.7	59.6
80	163	2.33	1.55	3.22	2.15	70.2	59.1
80	166	2.45	1.66	3.42	2.35	69.7	58.6
80	169	2.57	1.78	3.63	2.56	69.2	58.1
80	172	2.69	1.90	3.83	2.76	68.8	57.6
80	175	2.81	2.02	4.03	2.96	68.3	57.1
80	178	2.93	2.14	4.23	3.16	67.8	56.7
80	181	3.04	2.26	4.44	3.37	67.3	56.2
80	184	3.16	2.37	4.64	3.57	66.8	55.7
84	145	1.51	0.72	1.88	0.82	72.1	61.0
84	148	1.62	0.83	2.09	1.02	71.6	60.5
84	151	1.74	0.95	2.29	1.22	71.2	60.0
84	154	1.86	1.07	2.49	1.42	70.7	59.5
84	157	1.98	1.19	2.69	1.63	70.2	59.1
84	160	2.10	1.31	2.90	1.83	69.7	58.6
84	163	2.22	1.43	3.10	2.03	69.2	58.1
84	166	2.33	1.54	3.30	2.23	68.7	57.6
84	169	2.45	1.66	3.50	2.44	68.3	57.1
84	172	2.57	1.78	3.71	2.64	67.8	56.6
84	175	2.69	1.90	3.91	2.84	67.3	56.1
84	178	2.81	2.02	4.11	3.04	66.8	55.7
84	181	2.93	2.14	4.32	3.25	66.3	55.2
84	184	3.04	2.25	4.52	3.45	65.8	54.7

VALORES DE REFERENCIA PLATINO PARA MUJERES

Edad	Talla	FEV1	FEV1LLN	FVC	FVC LLN	FEV1/FVC	FEV1/FVC LLM
40	135	2.10	1.46	2.49	1.70	83.8	72.4
40	138	2.19	1.54	2.62	1.83	83.3	71.9
40	141	2.27	1.63	2.75	1.96	82.8	71.4
40	144	2.36	1.71	2.87	2.08	82.2	70.9
40	147	2.44	1.80	3.00	2.21	81.7	70.4
40	150	2.52	1.88	3.13	2.34	81.2	69.8
40	153	2.61	1.97	3.26	2.47	80.7	69.3
40	156	2.69	2.05	3.38	2.59	80.2	68.8
40	159	2.78	2.14	3.51	2.72	79.7	68.3
40	162	2.86	2.22	3.64	2.85	79.2	67.8
40	165	2.95	2.31	3.76	2.97	78.7	67.3
40	168	3.03	2.39	3.89	3.10	78.2	66.8
40	171	3.12	2.48	4.02	3.23	77.7	66.3
40	174	3.20	2.56	4.14	3.35	77.1	65.8
44	135	2.01	1.37	2.40	1.61	83.0	71.6
44	138	2.10	1.45	2.53	1.74	82.5	71.1
44	141	2.18	1.54	2.66	1.87	82.0	70.6
44	144	2.26	1.62	2.78	2.00	81.5	70.1
44	147	2.35	1.71	2.91	2.12	81.0	69.6
44	150	2.43	1.79	3.04	2.25	80.5	69.1
44	153	2.52	1.88	3.17	2.38	80.0	68.6
44	156	2.60	1.96	3.29	2.50	79.5	68.1
44	159	2.69	2.05	3.42	2.63	78.9	67.6
44	162	2.77	2.13	3.55	2.76	78.4	67.0
44	165	2.86	2.22	3.67	2.88	77.9	66.5
44	168	2.94	2.30	3.80	3.01	77.4	66.0
44	171	3.03	2.39	3.93	3.14	76.9	65.5
44	174	3.11	2.47	4.06	3.27	76.4	65.0
48	135	1.92	1.28	2.31	1.53	82.3	70.9
48	138	2.01	1.36	2.44	1.65	81.8	70.4
48	141	2.09	1.45	2.57	1.78	81.2	69.9
48	144	2.17	1.53	2.70	1.91	80.7	69.4
48	147	2.26	1.62	2.82	2.03	80.2	68.8
48	150	2.34	1.70	2.95	2.16	79.7	68.3
48	153	2.43	1.79	3.08	2.29	79.2	67.8
48	156	2.51	1.87	3.20	2.41	78.7	67.3
48	159	2.60	1.96	3.33	2.54	78.2	66.8
48	162	2.68	2.04	3.46	2.67	77.7	66.3
48	165	2.77	2.13	3.58	2.80	77.2	65.8
48	168	2.85	2.21	3.71	2.92	76.7	65.3
48	171	2.94	2.29	3.84	3.05	76.1	64.8
48	174	3.02	2.38	3.97	3.18	75.6	64.2
52	135	1.83	1.19	2.23	1.44	81.5	70.1
52	138	1.91	1.27	2.35	1.56	81.0	69.6
52	141	2.00	1.36	2.48	1.69	80.5	69.1
52	144	2.08	1.44	2.61	1.82	80.0	68.6
52	147	2.17	1.53	2.73	1.94	79.5	68.1
52	150	2.25	1.61	2.86	2.07	79.0	67.6
52	153	2.34	1.70	2.99	2.20	78.4	67.1
52	156	2.42	1.78	3.11	2.32	77.9	66.6
52	159	2.51	1.87	3.24	2.45	77.4	66.0
52	162	2.59	1.95	3.37	2.58	76.9	65.5
52	165	2.68	2.04	3.50	2.71	76.4	65.0
52	168	2.76	2.12	3.62	2.83	75.9	64.5

Edad	Talla	FEV1	FEV1LLN	FVC	FVC LLN	FEV1/FVC	FEV1/FVC LLM
52	171	2.85	2.20	3.75	2.96	75.4	64.0
52	174	2.93	2.29	3.88	3.09	74.9	63.5
56	135	1.74	1.10	2.14	1.35	80.8	69.4
56	138	1.82	1.18	2.26	1.47	80.2	68.9
56	141	1.91	1.27	2.39	1.60	79.7	68.3
56	144	1.99	1.35	2.52	1.73	79.2	67.8
56	147	2.08	1.44	2.64	1.85	78.7	67.3
56	150	2.16	1.52	2.77	1.98	78.2	66.8
56	153	2.25	1.61	2.90	2.11	77.7	66.3
56	156	2.33	1.69	3.03	2.24	77.2	65.8
56	159	2.42	1.78	3.15	2.36	76.7	65.3
56	162	2.50	1.86	3.28	2.49	76.2	64.8
56	165	2.59	1.94	3.41	2.62	75.7	64.3
56	168	2.67	2.03	3.53	2.74	75.1	63.8
56	171	2.76	2.11	3.66	2.87	74.6	63.2
56	174	2.84	2.20	3.79	3.00	74.1	62.7
60	135	1.65	1.01	2.05	1.26	80.0	68.6
60	138	1.73	1.09	2.17	1.38	79.5	68.1
60	141	1.82	1.18	2.30	1.51	79.0	67.6
60	144	1.90	1.26	2.43	1.64	78.5	67.1
60	147	1.99	1.35	2.55	1.77	78.0	66.6
60	150	2.07	1.43	2.68	1.89	77.4	66.1
60	153	2.16	1.52	2.81	2.02	76.9	65.6
60	156	2.24	1.60	2.94	2.15	76.4	65.0
60	159	2.33	1.69	3.06	2.27	75.9	64.5
60	162	2.41	1.77	3.19	2.40	75.4	64.0
60	165	2.50	1.85	3.32	2.53	74.9	63.5
60	168	2.58	1.94	3.44	2.65	74.4	63.0
60	171	2.67	2.02	3.57	2.78	73.9	62.5
60	174	2.75	2.11	3.70	2.91	73.4	62.0
64	135	1.56	0.92	1.96	1.17	79.2	67.9
64	138	1.64	1.00	2.08	1.30	78.7	67.3
64	141	1.73	1.09	2.21	1.42	78.2	66.8
64	144	1.81	1.17	2.34	1.55	77.7	66.3
64	147	1.90	1.26	2.47	1.68	77.2	65.8
64	150	1.98	1.34	2.59	1.80	76.7	65.3
64	153	2.07	1.43	2.72	1.93	76.2	64.8
64	156	2.15	1.51	2.85	2.06	75.7	64.3
64	159	2.24	1.59	2.97	2.18	75.2	63.8
64	162	2.32	1.68	3.10	2.31	74.6	63.3
64	165	2.41	1.76	3.23	2.44	74.1	62.8
64	168	2.49	1.85	3.35	2.57	73.6	62.2
64	171	2.58	1.93	3.48	2.69	73.1	61.7
64	174	2.66	2.02	3.61	2.82	72.6	61.2
68	135	1.47	0.83	1.87	1.08	78.5	67.1
68	138	1.55	0.91	2.00	1.21	78.0	66.6
68	141	1.64	1.00	2.12	1.33	77.5	66.1
68	144	1.72	1.08	2.25	1.46	77.0	65.6
68	147	1.81	1.17	2.38	1.59	76.4	65.1
68	150	1.89	1.25	2.50	1.71	75.9	64.5
68	153	1.98	1.34	2.63	1.84	75.4	64.0
68	156	2.06	1.42	2.76	1.97	74.9	63.5
68	159	2.15	1.50	2.88	2.09	74.4	63.0
68	162	2.23	1.59	3.01	2.22	73.9	62.5
68	165	2.32	1.67	3.14	2.35	73.4	62.0
68	168	2.40	1.76	3.27	2.48	72.9	61.5

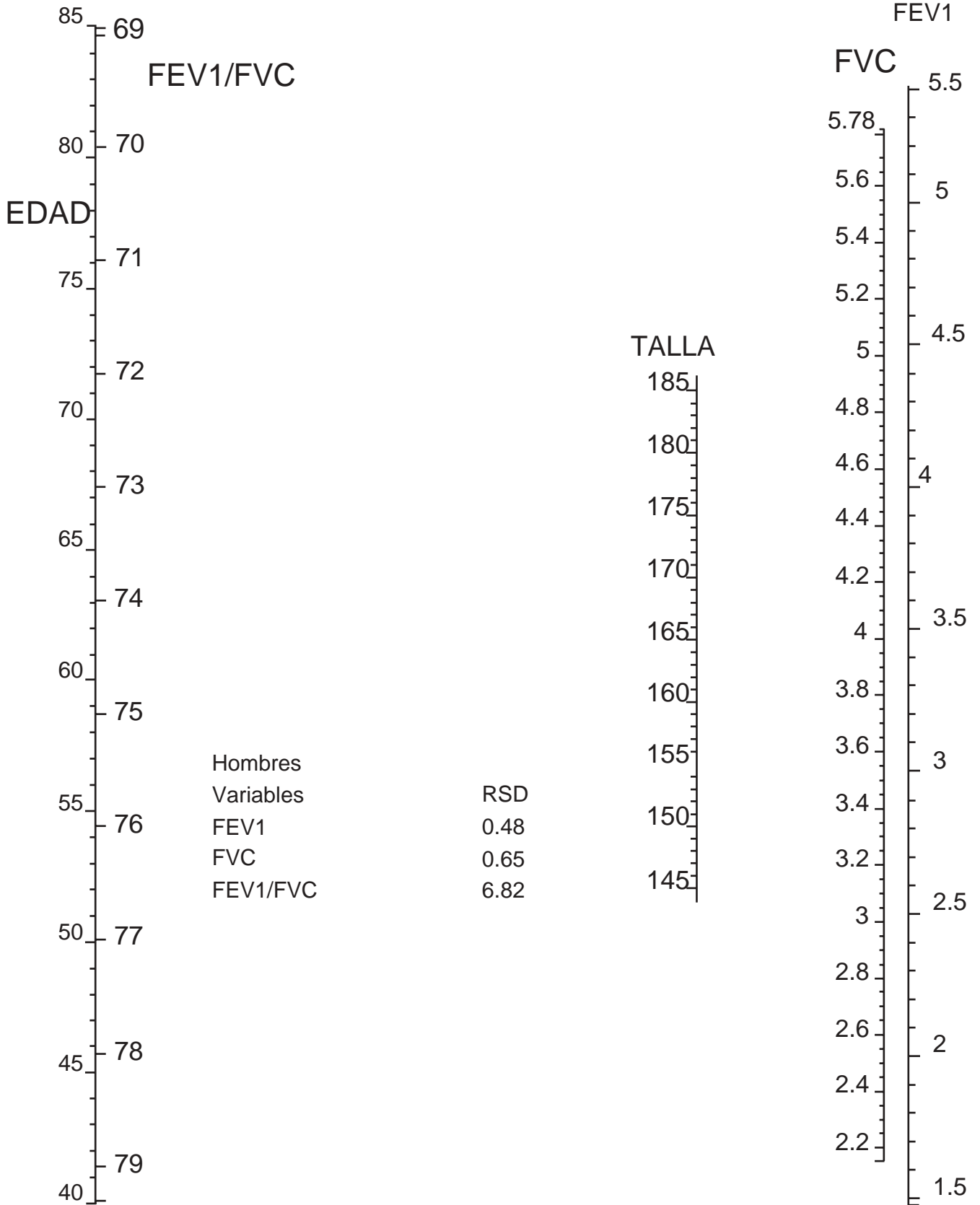
Edad	Talla	FEV1	FEV1LLN	FVC	FVC LLN	FEV1/FVC	FEV1/FVC LLM
68	171	2.48	1.84	3.39	2.60	72.4	61.0
68	174	2.57	1.93	3.52	2.73	71.9	60.5
72	135	1.38	0.74	1.78	0.99	77.7	66.3
72	138	1.46	0.82	1.91	1.12	77.2	65.8
72	141	1.55	0.91	2.03	1.24	76.7	65.3
72	144	1.63	0.99	2.16	1.37	76.2	64.8
72	147	1.72	1.08	2.29	1.50	75.7	64.3
72	150	1.80	1.16	2.41	1.62	75.2	63.8
72	153	1.89	1.24	2.54	1.75	74.7	63.3
72	156	1.97	1.33	2.67	1.88	74.2	62.8
72	159	2.06	1.41	2.80	2.01	73.6	62.3
72	162	2.14	1.50	2.92	2.13	73.1	61.8
72	165	2.23	1.58	3.05	2.26	72.6	61.2
72	168	2.31	1.67	3.18	2.39	72.1	60.7
72	171	2.39	1.75	3.30	2.51	71.6	60.2
72	174	2.48	1.84	3.43	2.64	71.1	59.7
76	135	1.29	0.65	1.69	0.90	77.0	65.6
76	138	1.37	0.73	1.82	1.03	76.5	65.1
76	141	1.46	0.82	1.94	1.15	76.0	64.6
76	144	1.54	0.90	2.07	1.28	75.4	64.1
76	147	1.63	0.99	2.20	1.41	74.9	63.5
76	150	1.71	1.07	2.32	1.54	74.4	63.0
76	153	1.80	1.15	2.45	1.66	73.9	62.5
76	156	1.88	1.24	2.58	1.79	73.4	62.0
76	159	1.97	1.32	2.71	1.92	72.9	61.5
76	162	2.05	1.41	2.83	2.04	72.4	61.0
76	165	2.13	1.49	2.96	2.17	71.9	60.5
76	168	2.22	1.58	3.09	2.30	71.4	60.0
76	171	2.30	1.66	3.21	2.42	70.8	59.5
76	174	2.39	1.75	3.34	2.55	70.3	59.0
80	135	1.20	0.56	1.60	0.81	76.2	64.8
80	138	1.28	0.64	1.73	0.94	75.7	64.3
80	141	1.37	0.73	1.85	1.07	75.2	63.8
80	144	1.45	0.81	1.98	1.19	74.7	63.3
80	147	1.54	0.89	2.11	1.32	74.2	62.8
80	150	1.62	0.98	2.24	1.45	73.7	62.3
80	153	1.71	1.06	2.36	1.57	73.2	61.8
80	156	1.79	1.15	2.49	1.70	72.6	61.3
80	159	1.88	1.23	2.62	1.83	72.1	60.7
80	162	1.96	1.32	2.74	1.95	71.6	60.2
80	165	2.04	1.40	2.87	2.08	71.1	59.7
80	168	2.13	1.49	3.00	2.21	70.6	59.2
80	171	2.21	1.57	3.12	2.34	70.1	58.7
80	174	2.30	1.66	3.25	2.46	69.6	58.2
84	135	1.11	0.47	1.51	0.72	75.5	64.1
84	138	1.19	0.55	1.64	0.85	74.9	63.6
84	141	1.28	0.64	1.77	0.98	74.4	63.1
84	144	1.36	0.72	1.89	1.10	73.9	62.5
84	147	1.45	0.80	2.02	1.23	73.4	62.0
84	150	1.53	0.89	2.15	1.36	72.9	61.5
84	153	1.62	0.97	2.27	1.48	72.4	61.0
84	156	1.70	1.06	2.40	1.61	71.9	60.5
84	159	1.78	1.14	2.53	1.74	71.4	60.0
84	162	1.87	1.23	2.65	1.86	70.9	59.5
84	165	1.95	1.31	2.78	1.99	70.4	59.0
84	168	2.04	1.40	2.91	2.12	69.8	58.5
84	171	2.12	1.48	3.04	2.25	69.3	58.0
84	174	2.21	1.57	3.16	2.37	68.8	57.4

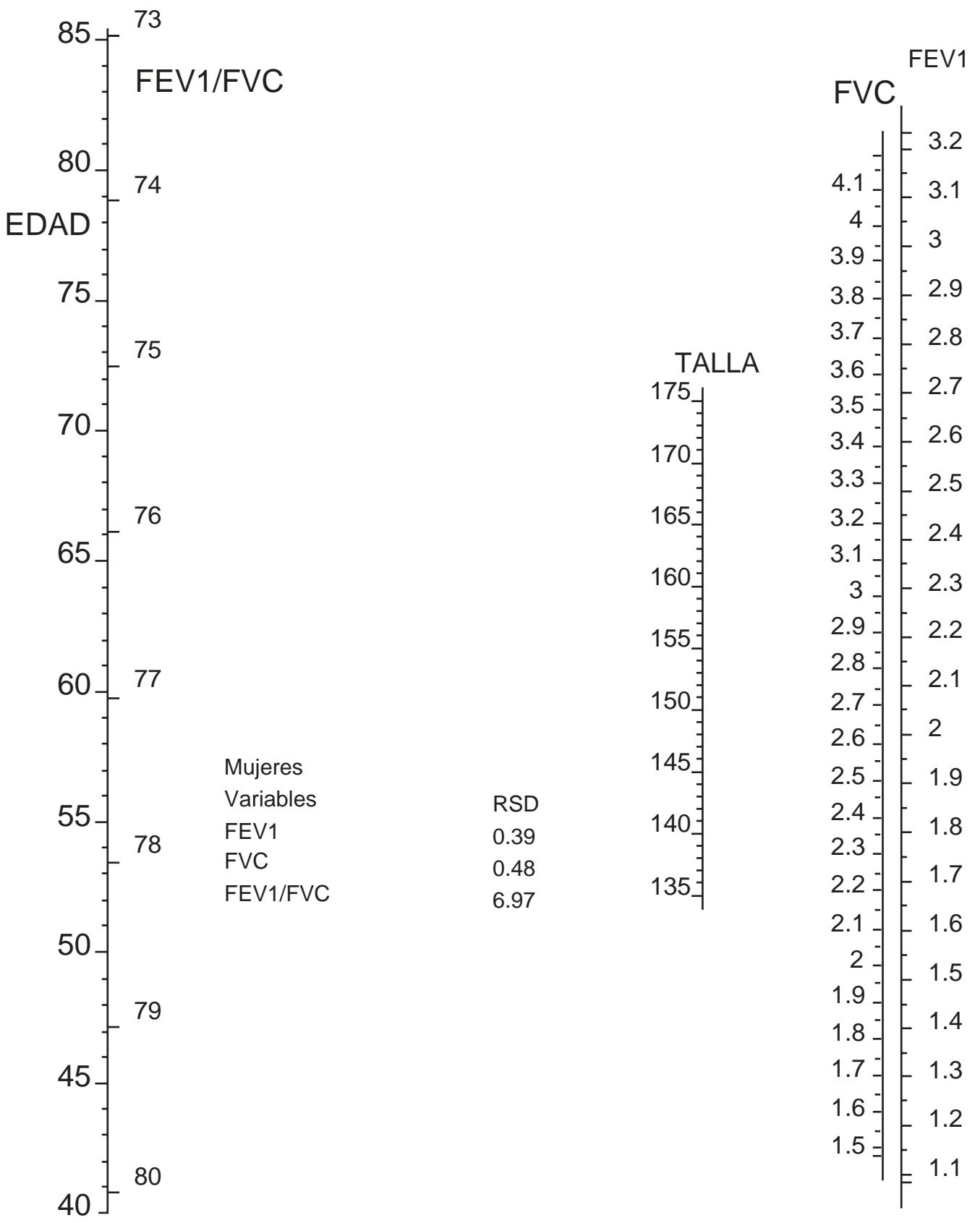
Los valores de referencia se obtuvieron de 1500 sujetos estudiados en PLATINO en 5 ciudades de Latinoamérica: México, Caracas, Montevideo, Santiago y Sao Paulo. Los sujetos no tenían síntomas respiratorios ni diagnósticos de enfermedades respiratorias, además tenían un índice de masa corporal menor a 30 y habían fumado <400 cigarrillos en toda la vida.

Los límites inferiores de la normalidad están calculados aproximando la percentila 5 por 1.645 veces el error estandar de los residuales.

NOMOGRAMAS

En las siguientes 2 páginas se tienen los nomogramas para calcular FEV1, FVC y FEV1/FVC con los mismos datos de las tablas, salvo que el FEV1/FVC se estimó exclusivamente con la talla. De suerte que los valores no son equivalente a los de las tablas ya que varían con la talla.





REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS:

1. Blonshine, S. Pediatric Pulmonary Function Testing. *Respiratory Care Clinics of North America. Pediatric Asthma*. 2000: 27-40.
2. Pérez Padilla R, Regalado Pineda J, Rojas M, et al. Spirometric Function in Children of Mexico City compared to Mexican-American Children. *Pediatric Pulmonology* 2003; 35:177-183.
3. Kanengiser S, Dozor A. Forced expiratory maneouvre in children aged 3-5 years. *Pediatric Pulmonology* 1994; 18: 144-149.
4. Eigen H., Bieler H, Grant D, et al. Spirometric Pulmonary Function in Healthy Preschool Children. *Am J Respir Crit Care Med* 2001; 163: 619-623.
5. Enright P, Linn W, Avol E, et al. Quality of Spirometry Test Performance in Children and Adolescents. *Chest* 2000; 118 (3) 665- 671.
6. Arets HG, Brackel C K. Forced expiratory maneuvers in children: do they meet ATS and ERS criteria for spirometry?. *European Respiratory Journal* 2000;18: 655-660
7. Zapletal A, Chalupová J. Forced Expiratory Parameters in Healthy Preschool Children (3-6 Years of Age). *Pediatric Pulmonology* 2003; 35: 200-207.
8. Stock J. Spirometry in Pre- School Children. *ATS Postgraduate Course*. Seattle 2003. Stock J. Spirometry in Pre- School Children. *ATS Postgraduate Course*. Seattle 2003.
9. Crapo R. Spirometry: Quality Control and Reproducibility Criteria. *Am. Rev. Respir. Dis* 1991; 143: 1212-1213.
10. Kamps AWA, Vermeer K, Roorda RJ, Brand PLP. Effect of bacterial filters on spirometry measurements. *Arch Dis Child* 2000; 85: 346-347.
11. Hepper NGG, Black LF, Fowler WS. Relation of lung volume to height and arm span in normal subjects and in patients with spinal deformity. *Chest* 37: 314-320.
12. Bukler JMH. Sitting height. In Buckler JMH, editor. *A reference manual of growth and development*. Oxford: Blackwell; 1979. p 25-30
13. Quanjer Ph H., Tammeling GJ, Cottes JE et al. Lung Volumes and forced ventilatory flows. Report Working Party. *Standardization of Lung Function Test*. *Eur Respir J* 1993; 6: suppl 16, 5s – 40s Hep Relationship of lu and ar
14. Quanjer Ph. H., Borsboom G.J.J.M. et al. Spirometric Reference Values for White European Children and Adolescent: Polgar Revised. *Pediatric Pulmonology* 1995; 19: 132-145.
15. American Thoracic Society: *Standardization of Spirometry: 1994 update*. *Am J Respir Care Med* 152: 1107-1136, 1995.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS:

1. Bellia V, Pistelli R, Catalano F, et al. Quality control o Spirometry in the Elderly. The S.A.R.A. Study. *Am J Respir. Crit. Care Med* 2000; 161: 1094-1100.
2. Enright PL, Kronmal R.A., Higgins M, Shenker M, Hoponik E.F. Spirometry Reference Values for Women and Men 65 to 85 years of Age. *Cardiovascular Health Study*. *Am Rev Respir Dis* 1993; 147: 125-133.
3. American Thoracic Society: *Standardization of Spirometry: 1994 update*. *Am J Respir Care Med* 152: 1107-1136, 1995.
4. Quanjer Ph H., Tammeling GJ, Cottes JE et al. Lung Volumes and forced ventilatory flows. Report Working Party. *Standardization of Lung Function Test*. *Eur Respir J* 1993; 6: suppl 16, 5s – 40s.
5. Parker J., Dillard T.A., Phillis Y. Arm Span –Height Relationships in Patients Referred for Spirometry. *Am J Respir Crit Med* 1996;154: 533-536.
6. Linderholm, H and U. Lindgren. 1978. Predictors of spirometry values in patients with scoliosis. *Acta)Orthop.Scand* 49:469-474.
7. Hibbert, M.E., A Lanigan.1988. Relation of arm span to height and prediction of lung function. *Thorax* 43: 657-659.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS:

1. Bellia V, Pistelli R, Catalano F, et al. Quality control o Spirometry in the Elderly. The S.A.R.A. Study. Am J Respir. Crit. Care Med 2000; 161: 1094-1100.
2. Enright PL, Kronmal R.A., Higgins M, Shenker M, Hoopnik E.F. Spirometry Reference Values for Women and Men 65 to 85 years of Age. Cardiovascular Health Study. Am Rev Respir Dis 1993; 147: 125-133.
3. American Thoracic Society: Standardization of Spirometry: 1994 update. Am J Respir Care Med 152: 1107-1136, 1995.
4. Quanjer Ph H., Tammeling GJ, Cottes JE et al. Lung Volumes and forced ventilatory flows. Report Working Party. Standardization of Lung Function Test. Eur Respir J 1993; 6: suppl 16, 5s – 40s.
5. Parker J., Dillard T.A., Phillips Y. Arm Span –Height Relationships in Patients Referred for Spirometry. Am J Repir Crit Med 1996;154: 533-536.
6. Linderholm, H and U. Lindgren. 1978. Predictors of spirometry values in patients with scoliosis. Acta)Orthop.Scand 49:469-474.
7. Hibbert, M.E., A Lanigan.1988. Relation of arm span to height and prediction of lung function. Thorax 43: 657-659.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS:

1. Bach, JR, MD. Noninvasive Mechanical Ventilation. Ed.2002. Medical Publisher. Chapter 8. pp 166-168.
2. De Vito, EL. Laboratorio Pulmonar. Curso a distancia. AAMR
3. Vincken WG, Cosio MG. Flow volumn loop changes reflecting respiratory muscle weakness in clinic neuromuscular disorders. Am J Med 1987, 83: 673.
4. Vincken WG, Elleker MG, Cosio MG. Detection of upper airway muscle weakness involvement in neuromuscular disorders using the flow volume curve. Chest 1986, 90: 52.
5. Rochester D. Esau S. Clinics in Chest Medicine. Assessment of ventilatory function in patients with neuromuscular disease.1994; 15: 751-763.

Referencias Generales

American Thoracic Society. Lung function testing: selection of reference values and interpretative strategies. Am Rev Respir Dis 144:1202-18, 1991.

American Thoracic Society. Pulmonary Function Laboratory management and procedure manual. American Thoracic Society, New York, 1998.

American Thoracic Society. Pulmonary function laboratory personnel qualifications. A R Resp Dis 1986; 134:6623-624

American Thoracic Society. Quality assurance in pulmonary function laboratories. A R Resp Dis 1986; 134:625-627.

American Thoracic Society. Standardization of Spirometry. 1994 update. Am J Respir Crit Care Med 152:1107-36, 1995.

American Thoracic Society: Standardization of Spirometry—1987 Update. American Review of Respiratory Disease 1987;136:1285-1298.

Arets HG, Brackel HJ, van der Ent CK. Forced expiratory manoeuvres in children: do they meet ATS and ERS criteria for spirometry? Eur Respir J 2001; 18:655–660

Banks DE, Wang ML, McCabe L, Billie M, Hankinson JL. Improvement in lung function measurements using a flow spirometer that emphasizes computer assessment of test quality. Journal of Occupational and Environmental Medicine 1996;38: 279-283.

Becklake MR. Concepts of normality applied to the measurement of lung function. Am J Med 1986;80:1158-1164.

Brown RA, Blonshine SB. Spirometry quality: the essentials. Old towne, ME, Health educator publications. 1996.

Coates AL, Desmond KJ, Demizio D, Allen PD. Sources of variation in FEV1. American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine 1994;149:439-443.

- Crapo RO, Lockey J, Aldrich V, Jensen RL, and Elliott CG. Normal spirometric values in healthy American Indians. *Journal of Occupational Medicine* 1988; 30(7):556-560.
- Dejsomritrutai W, Nana A, Maranetra KN, Chuaychoo B, Maneechotesuwan K, Wongsurakiat P, Chierakul N, Charoenratanakul S, Tscheikuna J, Juengprasert W, Suthamsmai T, Naruman C. Reference spirometric values for healthy lifetime nonsmokers in Thailand. *Journal of the Medical Association of Thailand* 2000; 83(5):457-466.
- Enright PL, Arnold A, Manolio TA, and Kuller LH. Spirometry reference values for healthy elderly blacks. The Cardiovascular Health Study Research Group. *Chest* 1996; 110(6):1416-1424.
- Enright PL, Connett JE, Kanner RE, Johnson LR, Lee WW. Spirometry in the Lung Health Study: II. Determinants of short-term intra-individual variability. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine* 1995;151:406-411.
- Enright PL, Johnson LJ, Connett JE, Voelker H, and Buist AS. Spirometry in the Lung Health Study: Methods and quality control. *American Review of Respiratory Diseases* 1991;143:1215-1223.
- Enright PL, Linn WS, Avol EL, et al. Quality of spirometry test performance in children and adolescents: experience in a large field study. *Chest* 2000; 118:665-671
- Enright PL. Surveillance for lung disease. Quality assurance using computers and a team approach. *Occup Med* 1992;7:209-225.
- Gilliland FD, Linn W, Rappaport E, Avol E, Gong H, Peters J. Effect of spirometer temperature on FEV₁ in a longitudinal epidemiological study. *Occup Environ Med* 1999; 56:718-720
- Hankinson JL and Gardner RM. Standard waveforms for spirometer testing. *American Review of Respiratory Disease* 1982;126:362-364.
- Hankinson JL and Viola JO. Dynamic BTPS Correction Factors for Spirometric Data. *Journal of Applied Physiology* 1983;55:1354-1360.
- Hankinson JL and, Wagner GR. Medical screening using periodic spirometry for detection of chronic lung disease. In: *Occupational Medicine: State of the Art Reviews*. Philadelphia, Pa: Hanley & Belfus. 1993.
- Hankinson JL, Band KM. Acceptability and reproducibility criteria of the American Thoracic Society as observed in a sample of the general population. *Am Rev Respir Dis* 1991; 143:516-21.
- Hankinson JL, Castellán RM, Kinsley BS and Keimig DG. Effect of Spirometer Temperature on Measurement of FEV1 Shift Changes. *Journal of Occupational Medicine* 1986;28: 1222-1225.
- Hankinson JL, Kinsley KB, and Wagner GR. Comparison of spirometric reference values for caucasian and African-American nonexposed blue-collar workers. *Journal of Occupational and Environmental Medicine* 1996;38:137-143.
- Hankinson JL, Odenrantz JR, Fedan KB. Spirometric reference values from a sample of the general US population. *Am J Respir Crit Care Med* 1999; 159:179-187
- Hankinson JL. Instrumentation for spirometry. In Eisen EA., Editor. *Occupational Medicine: State of the Art Reviews* 1993;8:397-407.
- Hankinson JL. Pulmonary function testing in the screening of workers: guidelines for instrumentation, performance, and interpretation. *Journal of Occupational Medicine* 1986; 28, No. 10
- Harik-Khan RI, Fleg JL, Muller DC, and Wise RA. The effect of anthropometric and socioeconomic factors on the racial difference in lung function. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine* 2001; 164(9):1647-1654.
- Hnizdo E, Churchyard G, Barnes D, et al. Assessment of reliability of lung function screening programs or longitudinal studies. *Am J Respir Crit Care Med* 1999; 160:2006-2011
- Kanner Rand Morris AH.,(ed) in *Clinical Pulmonary Function Testing*, 2nd Edition.Salt Lake City, Utah. Intermountain Thoracic Society. 1975.
- Knudson RJ, Lebowitz MD, Holberg CJ, Burrows B. Changes in the normal maximal expiratory flow-volume curve with growth and aging. *Am Rev Respir Dis* 1983;127:725-734.
- Knudson RJ, Slatin RC, Lebowitz MD, and Burrows B. The maximal expiratory flow volume curve normal standards variability and effects of age. *American Review of Respiratory Disease* 1976;113:587-600.
- Korotzer B, Ong S, and Hansen JE. Ethnic differences in pulmonary function in healthy nonsmoking Asian-American and European-Americans. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine* 2000; 161(4 Pt 1):1101-1108.

Kuenzli N, Ackermann-Liebrich U, Keller R, Perruchoud AP, Schindler C. Variability of FVC and FEV1 due to technician, team, device and subject in an eight centre study: three quality control studies in SAPALDIA. Swiss Study on Air Pollution and Lung Disease in Adults. *European Respiratory Journal* 1995;8:371-376.

Linn WS, Solomon JC, Gong H, Avol EL, Navidi WC, Peters JM. Standardization of multiple spirometers at widely separated times and places. *Am J Respir Crit Care Med* 1996; 153:1309-1313.

Marion MS, Leonardson GR, Rhoades ER, Welty TK, and Enright PL. Spirometry reference values for American Indian adults: results from the Strong Heart Study. *Chest* 2001; 120(2):489-495.

McKay RT, Lockey JE. Pulmonary function testing guidelines for medical surveillance and epidemiological studies. *Occupational Medicine: State of the Art Reviews* 1991;6:43- 57.

Neale AV, Demers RY. Significance of the inability to reproduce pulmonary function test results. *Journal of Occupational Medicine* 1994;36:660-666.

Nelson SB, Gardner RM, Crapo RO, et al. Performance evaluation of contemporary spirometers. *Chest* 1990; 97:288-297

NIOSH Manual of Spirometry in Occupational Medicine. Edited by E. Horvath. U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service, Centers for Disease Control, National Institute for Occupational Safety and Health. 1981.

NIOSH SPIROMETRY TRAINING GUIDE, Centers for Disease Control and Prevention, National Institute for Occupational Safety and Health, Division of Respiratory Disease Studies. Surveillance Branch, Morgantown Virginia 2605, 2003.

Pan WH, Chen JY, Haug SL, Liou TL, Lee TK, Want LY, Chen CH, Lin SL, and Lo, CH. Reference spirometric values in healthy Chinese never-smokers in tow townships of Taiwan. *Chinese Journal of Physiology* 1997; 40(3):165-74.

Pennock BE, Rogers RM, and McCaffree DR. Changes in measured spirometry indices—What is significant? *Chest* 1981;80:97.

Pérez-Padilla JR, Regalado-Pineda J, Laura Mendoza, Rosalba Rojas, Victor Torres, Victor Borja-Aburto, Gustavo Olaiz- Spirometric variability in a longitudinal study of school age children. *Chest* 2003; 123:1090-1095.

Pérez-Padilla JR, Regalado-Pineda J, Vázquez-García JC. Reproducibilidad de espirometrías en trabajadores mexicanos y valores de referencia internacionales. *Salud Publica Mex* 2001;43:113-121.

Perez-Padilla R, Regalado-Pineda J, Rojas M, Catalan M, Mendoza L, Rojas R, Chapela R, Villalba J, Torres V, Borja-Aburto V, Olaiz G. Spirometric function in children of Mexico City compared to Mexican-American children. *Pediatr Pulmonol.* 2003 Mar;35(3):177-83.

Quanjer PH, ed. Standardized lung function testing. *Bull Eur Physiopathol Resp* 1983;19:suplemento 5:1-95.

Quanjer PH, Tammeling GJ, Cotes JE, et al. 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 Suppl* 1993; 16:5-40

Ruppel G. *Manual of Pulmonary Function Testing.* Chapter Nine: Pulmonary Function Testing Equipment. St. Louis: C.V. Mosby. 1986.

Sharp DS, Enright PL, Chiu D, Burchfiel CM, Rodriguez BL, and Curb JD. Reference values for pulmonary function tests of Japanese-American men aged 71 to 90 years. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine* 1996; 153(2):805-811.

Szklo M, Nieto FJ. Quality assurance and control. In: *Epidemiology: beyond the basics.* Gaithersburg, MD: Aspen Publishers, 2000; 343-404

Townsend MC. Spirometric forced expiratory volume measured in the standing versus sitting posture. *American Review of Respiratory Disease* 1983;55:1354-1360.

Townsend MC. The effects of leaks in spirometers on measurements of pulmonary function: implications for epidemiologic studies. *Journal of Occupational Medicine* 1984;26:835-841.

U.S. Department of Labor. Cotton Dust Standard. CFR Ch. XVII, 1910.1043, 7-1-1988. 11. Nelson SB, Gardner RM, Crapo RO, and Jensen RL. Performance evaluation of contemporary spirometers. *Chest* 1990; 97:288-297.

Vollmer WM, Johnson LR, McCamant LE, Buist S. Methodologic issues in the analysis of lung function data. *J Chron Dis* 1987; 40:1013-23.