

# ACTUALIZACIÓN EN ESPIROMETRÍA Y CURVA FLUJO / VOLUMEN EN ESCOLARES Y ADOLESCENTES

## SCHOOL AND ADOLESCENT SPIROMETRY AND FLOW / VOLUME CURVE UPDATE

Comisión Función Pulmonar Sociedad Chilena de Neumología Pediátrica:

**Dra Solange Caussade<sup>1,2</sup>, Dra Mónica Saavedra<sup>3,4</sup>, Dra Hortensia Barrientos<sup>5</sup> (Coordinadora), Dra Marcela Linares<sup>6</sup>, Dra Viviana Aguirre<sup>7,8</sup>, Klgo Homero Puppo<sup>9</sup>, Dra Daysi Lewinson<sup>10</sup>, Dr Carlos Ubilla<sup>3,10</sup>, Klgo Rodolfo Meyer<sup>11</sup>, Klgo Gustavo Moscoso<sup>5</sup>, Dra Cecilia Alvarez<sup>12</sup>, Dra Dolores Pavón<sup>13</sup>, Klga Pamela Maturana<sup>2</sup>, Dra Nadinne Clerc<sup>2</sup>.**

1. Departamento Cardiología y Enfermedades Respiratorias Pediátricas. Pontificia Universidad Católica de Chile
2. Hospital Dr. Sótero del Río
3. Departamento Pediatría. Campus Norte. Universidad de Chile
4. Clínica Las Condes
5. Servicio Pediatría. Hospital San Borja Arriarán
6. Clínica Indisa
7. Departamento Pediatría. Universidad de Santiago de Chile
8. Hospital El Pino
9. Departamento Kinesiología. Facultad de Medicina. Universidad de Chile
10. Clínica Santa María
11. Servicio Pediatría Hospital Padre Hurtado
11. Departamento Pediatría. Campus Norte. Universidad de Chile
12. Clínica Alemana
13. Hospital Dr Exequiel González Cortés

### ABSTRACT

Spirometry is the most commonly used test to evaluate lung function in children and adults. To obtain good quality results, several requirements must be fulfilled: professional capacity of the technician, the quality of the equipment, the patient's collaboration, the use of appropriate reference standards. The purpose of spirometry is to define types of ventilatory alterations of the central and peripheral airways, to evaluate the response to bronchodilators and to guide the presence of restrictive diseases.

The new consensus of national and international experts are described, which have been perfecting several aspects of this test.

**Keywords: spirometry, consensus, respiratory system, children.**

### RESUMEN

La espirometría es el examen más comúnmente utilizado para evaluar la función pulmonar en niños y adultos. Para obtener resultados de buena calidad deben cumplirse varios requisitos, desde la capacidad profesional del técnico, calidad de los equipos, colaboración del paciente y utilización de patrones de referencia adecuados. La espirometría tiene como utilidad definir alteraciones ventilatorias obstructivas de vía aérea central y periférica, evaluar respuesta a broncodilatador y orientar al diagnóstico de enfermedades restrictivas.

Se describen los nuevos consensos de expertos nacionales e internacionales, los cuales han ido perfeccionando varios aspectos de este examen.

**Palabras clave: espirometría, consenso, sistema respiratorio, niños.**

## INTRODUCCIÓN

El estudio de la función pulmonar es fundamental para la evaluación y seguimiento de pacientes con enfermedades que afecten al aparato respiratorio en forma crónica o recurrente. Desde el último consenso publicado para realizar pruebas de función pulmonar en el niño en Chile, ha habido numerosas publicaciones nacionales e internacionales que muestran importantes cambios para su realización e interpretación (1). La prueba más accesible es la espirometría, la cual evalúa las propiedades mecánicas de la respiración, midiendo los volúmenes y flujos espiratorios forzados (2,3). Para esto el paciente debe realizar una exhalación forzada desde capacidad pulmonar total (CPT) hasta volumen residual (VR), punto en el cual ya no se registra flujo de aire. Como requiere de la colaboración del paciente, se realiza habitualmente desde los 5 a 6 años, sin embargo es posible a edades menores, considerando criterios diferentes para su realización e interpretación, siendo esto motivo de otro capítulo (4).

En esta revisión se presentan los aspectos necesarios para realizar e interpretar este examen en forma adecuada en escolares y adolescentes, para evitar la interpretación incorrecta y toma de decisiones que podrían afectar negativamente al paciente

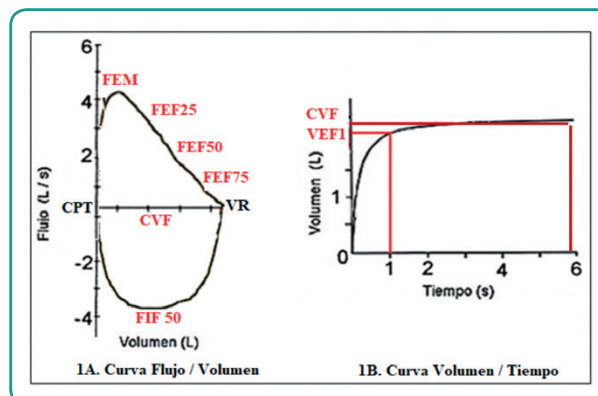
## CURVAS Y MEDICIONES ESPIROMÉTRICAS

Mientras el paciente realiza la maniobra forzada se observa el registro gráfico y numérico de los volúmenes y flujos, obteniendo 2 curvas espirométricas: la que relaciona el volumen exhalado en función del tiempo espiratorio (curva volumen / tiempo) y la que relaciona los flujos en relación al volumen pulmonar (curva flujo / volumen) (3,5). Es fundamental contar con ellas al interpretar los resultados, ya que nos indican la calidad del esfuerzo y nos orientan al tipo de alteración ventilatoria (6).

Los 3 parámetros más importantes que mide la espirometría son la Capacidad Vital Forzada (CVF), Volumen espiratorio forzado al primer segundo (VEF1), y la relación entre ambos (VEF1/CVF) (7). Normalmente, en el primer segundo se elimina la mayor parte del aire movilizable (cerca del 80% de la CVF). Los flujos espiratorios forzados útiles son el medido a 50% de la CVF (FEF50) y entre el 25 y 75% de la CVF (FEF25-75) (5). El flujo espiratorio máximo (FEM) es el mayor flujo alcanzado a volumen pulmonar alto, y su utilidad radica en determinar la calidad del esfuerzo inicial.

En la Figura 1 se muestran las curvas y variables espirométricas mencionadas. El volumen residual y la capacidad pulmonar total no son medibles con la espirometría.

Figura 1. Curvas y variables espirométricas



CPT: Capacidad Pulmonar Total. CVF: Capacidad Vital Forzada.

VR: Volumen Residual. VEF<sub>1</sub>: Volumen Espirado al primer segundo.

FEM: Flujo Espiratorio Máximo. FEF 25, 50, 75: Flujos Espiratorios Forzados al 25, 50 y 75% de la CVF respectivamente. FIF50: Flujo Inspiratorio Forzado al 50% de la CVF

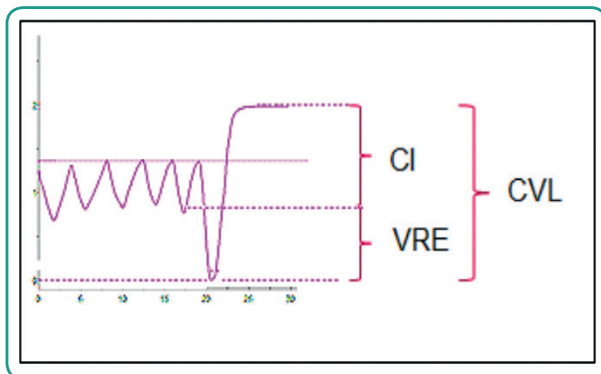
## FISIOLÓGÍA

Con excepción de la tos, la espiración forzada no suele ocurrir cuando se está respirando normalmente. Al realizar el esfuerzo espiratorio forzado se produce la compresión dinámica de la vía aérea, la que ocurre en el momento en que se igualan las presiones transpulmonar e intraluminal (punto de igual presión: PIP). En un paciente con obstrucción bronquial periférica este PIP se alcanza en áreas más cercanas al alvéolo, determinando una disminución precoz del flujo espiratorio, lo que se manifiesta en cambios en la forma de la curva Flujo/Volumen, tornándose más cóncava (8,9).

En la curva flujo-volumen los flujos entre el 100% y 75% de la CV son dependientes del esfuerzo realizado y reflejan la resistencia de la vía aérea central intratorácica (tráquea distal, bronquios principales). La parte más distal de la curva es independiente del esfuerzo y refleja la resistencia de la vía aérea más periférica (5).

La capacidad vital lenta (CVL o CV) es el volumen máximo que puede ser espirado lentamente después de una inspiración máxima (Figura 2) (3). En una persona sana, sin obstrucción bronquial, el valor de la capacidad vital realizada en forma lenta, a la velocidad que espontáneamente elige el paciente, no difiere de la realizada en forma forzada. En pacientes con obstrucción bronquial esta última produce colapso de la vía aérea con aumento del volumen residual y por lo tanto el valor de la CVF será menor que la CVL. Se menciona esta medición por su utilidad en pacientes con enfermedad obstructiva severa que no logran realizar el esfuerzo para capacidad vital forzada, para precisar el volumen de aire que el paciente es capaz de movilizar.

Figura 1. Capacidad Vital Lenta (CVL)



CI: Capacidad Inspiratoria. VRE: Volumen de Reserva Espiratorio.

### INDICACIONES

Las indicaciones para realizar una espirometría estarán dirigidas al estudio de las patologías que afectan al sistema respiratorio, las que se pueden manifestar con patrones obstructivos, restrictivos o ambos. Como no permite medir VR, ni por lo tanto CPT, en caso de alteración restrictiva u obstructiva con CVF disminuida, se debe realizar estudio de volúmenes pulmonares estáticos, mediante dilución de gases o pletismografía para evaluar el componente restrictivo.

Las indicaciones para realizar una espirometría en pediatría se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Indicaciones

INDICACIONES
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estudio de pacientes con síntomas y signos respiratorios persistentes o recurrentes</li> <li>• Estudio de pacientes con patologías que afecten en forma secundaria el sistema respiratorio</li> <li>• Evaluación de la respuesta broncodilatadora</li> <li>• Evaluación de la hiperreactividad bronquial en pruebas de provocación</li> <li>• Estudio de enfermedades que afectan vía aérea central</li> <li>• Control de la evolución y establecer pronóstico de enfermedades respiratorias crónicas o recurrentes</li> <li>• Evaluación de la respuesta a intervenciones terapéuticas y/o programas de rehabilitación</li> <li>• Evaluación del riesgo de procedimientos quirúrgicos</li> <li>• Evaluación de los efectos de la contaminación en el sistema respiratorio</li> <li>• Investigación</li> </ul>

### CONSIDERACIONES GENERALES. ESPACIO FÍSICO, EQUIPO Y OPERADOR.

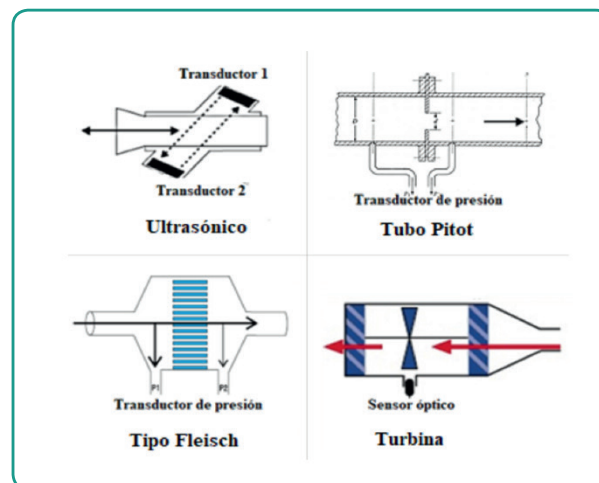
El lugar donde se realiza la espirometría debe cumplir con los requisitos exigidos por la Sociedad Americana de Tórax (ATS) y Sociedad Europea de Enfermedades Respiratorias (ERS). La superficie mínima de la sala debe ser 2 x 3 metros, la temperatura ambiental mínima 17° y máxima 40° C (10,11). La habitación debe mantener un ambiente tranquilo. Debe contar con pesa, estadiómetro y estación ambiental (termómetro de temperatura ambiental, barómetro e higrómetro).

### Equipo

Los espirómetros actuales son computarizados y miden flujos, calculando los volúmenes. Pueden ser fijos o portátiles, con sistema abierto o cerrado. El equipo debe contar con una pantalla para visualizar las maniobras realizadas al momento del examen, mostrar las curvas flujo/volumen y volumen/tiempo en tiempo real, condición indispensable para la evaluación de la calidad del examen. Para obtener las mediciones los equipos usan neumatocógrafos o sensores de flujo, siendo actualmente los más utilizados (Figura 3):

- **Ultrasónico:** mide el tiempo de tránsito de pulsos de ultrasonido, determinando la velocidad de flujo y el volumen. Son muy precisos.
- **Sensor de flujo o tubo Pitot:** mide el flujo al medir la velocidad a través de un punto dentro del tubo, y está conectado a un transductor de presión diferencial.
- **Tipo Fleisch o Lilly:** miden la diferencia de presión del flujo laminar previo y posterior a pasar por una resistencia conocida. El software calcula volúmenes en base a este principio
- **Turbina:** esta gira con el paso del aire espirado. La velocidad de giro es registrada mediante sensor óptico, proporcionando los valores de volúmenes y flujos. Debido al principio de medición, existe controversia acerca de la exactitud de los registros. (12,13).

Figura 3. Sensores de flujo más utilizados



### CONTROL DE CALIDAD DE LOS EQUIPOS. REQUERIMIENTOS MÍNIMOS

Los espirómetros deben cumplir con requisitos mínimos, los que están establecidos y publicados en Chile y en el extranjero (2,7,11,14,15). Se describen los más importantes en la Tabla 2.

**Tabla 2.** Requerimientos mínimos de los espirómetros

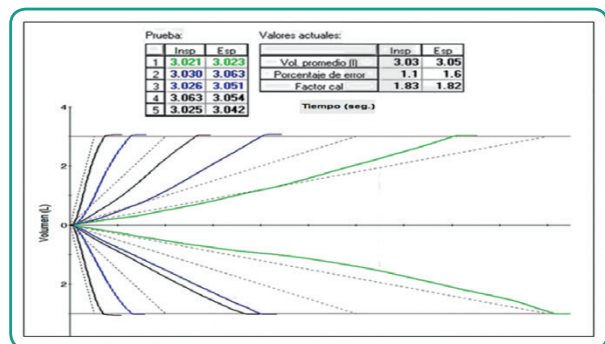
- Registro de tiempo espiratorio mínimo de 15 segundos.
- Capacidad de medición de volúmenes de 0.5 a 8 litros en condiciones BTPS, (temperatura corporal, presión barométrica, saturación de vapor de H2O), con una precisión de  $\pm 3\%$  o 0.050 L (la que resulte superior).
- Capacidad de medir flujos entre 0 y 14 l/s con una sensibilidad de 200 ml/s.
- La resistencia total para un flujo de 14 l/s, debe ser inferior a 1.5 cmH2O/l/s; esta resistencia no debe superarse con ninguna válvula, boquilla o filtro insertado entre el sujeto y el espirómetro.
- Volumen mínimo detectable 30 ml

### CALIBRACIÓN

Los espirómetros de flujo requieren de calibración diaria con una jeringa de 3 litros, debiendo obtenerse una exactitud de 15 ml o 0,5%. Se debe evaluar la linealidad, inyectando los 3 litros de volumen, con 3-5 flujos distintos (entre 2 y 12 litros/segundo) y el volumen medido para cada uno de los flujos utilizados no debe variar más de 3% ( $\pm 90$  ml).

El espirómetro debe ser calibrado por lo menos una vez al día cuando la temperatura sea estable, pero si ocurren variaciones diarias bruscas iguales o mayores a 3°C en menos de 30 min, debe calibrarse nuevamente (9,10) (Figura 4).

**Figura 4.** Comprobación de linealidad durante la calibración del equipo. Se inyectan 3l de volumen con jeringa a flujos altos (negro), medianos (azul) y bajos (verde)



### Controles biológicos

Consiste en realizar el examen a personas sanas, no fumadoras, de distinto sexo, talla y edad, generalmente personal del laboratorio. Deben ser al menos a 3 sujetos, realizando las mediciones una vez al mes. Se debe calcular promedio, desviación estándar (DS) y coeficiente de variación ( $CV = DS/promedio \times 100$ ) para VEF1 y CVF. Si los resultados se encuentran fuera del promedio  $\pm 2DS$ ,  $\pm 5\%$  o 100 ml se requiere evaluación del equipo, de la calibración y de la técnica (6,14).

### Personal

El examen será realizado por un profesional de la salud capacitado y certificado en la técnica y que esté habilitado para trabajar con niños.

El laboratorio debe contar con al menos un médico especialista en enfermedades respiratorias pediátricas a cargo de supervisar el cumplimiento de normas de calidad del laboratorio, de interpretar los resultados y emitir el informe.

### Normas de higiene y control de infecciones (7)

El operador debe lavarse las manos antes y después de atender a cada paciente, usar boquilla individual. Idealmente utilizar filtro desechable para cada examen. Debe usarse filtro en pacientes con fibrosis quística, tuberculosis, inmunosuprimidos y portadores de enfermedades infectocontagiosas conocidas. Además, en estos casos se aconseja realizar el examen en instancias distintas que al resto de los pacientes.

### CONSIDERACIONES DEL PACIENTE

#### Contraindicaciones (16)

Hay contraindicaciones absolutas y relativas para realizar una espirometría en niños, las que se muestran en la Tabla 3.

**Tabla 3.** Contraindicaciones para realizar una espirometría en edad pediátrica

#### Relativas:

- Lesiones bucales
- Náuseas por uso de boquilla
- Dolor torácico sin causa precisada
- Cirugía torácica, abdominal, ocular y otorrinolaringológica reciente

#### Absolutas:

- Neumotórax reciente o activo
- Infección activa
- Hemoptisis reciente o activa
- Falta de colaboración y / o comprensión

## SUSPENSIÓN DE MEDICAMENTOS

Antes de realizar la espirometría se debe suspender el tratamiento broncodilatador, excepto que su médico indique lo contrario, según la siguiente pauta (7):

- $\beta_2$  adrenérgicos y anticolinérgicos de acción corta, por 4 a 8 horas
- $\beta_2$  adrenérgicos de acción prolongada, por 12 horas
- $\beta_2$  adrenérgicos de acción ultra larga, por 24 horas
- Anticolinérgicos de acción prolongada, por 48 horas
- No es necesario suspender los corticoides inhalados, antileucotrienos ni antihistamínicos previo al examen

## PREPARACIÓN DEL PACIENTE

Se debe realizar una breve historia clínica destinada a precisar el diagnóstico, tratamiento utilizado, motivo del examen, medicamentos en uso y detectar presencia de enfermedades infecciosas. Se pesa y mide estatura. En sujetos con marcada deformidad torácica o en aquellos que no puedan ponerse de pie, se mide envergadura (distancia medida desde la punta de los dedos medios de ambas manos, mientras el paciente mantiene las extremidades superiores extendidas al máximo en forma horizontal, medida por la cara anterior del tórax).

El niño no debe acudir al examen en ayunas ni haber realizado ejercicio vigoroso al menos 30 minutos antes.

El operador debe explicar al niño, en forma simple, la técnica para realizar el examen y luego demostrar la maniobra de espiración forzada.

## CONSIDERACIONES

- El examen se realiza de preferencia de pie, aunque puede ser sentado
- De preferencia debe usarse pinza nasal, aunque no es obligatorio (17).
- Se pueden emplear programas de incentivo, lo que se debe evaluar individualmente ya que su efectividad es variable (18).
- En escolares y adolescentes se recomienda un mínimo de 3 y un máximo de 8 maniobras.

## MEDICIONES

Ejecución de Maniobra de Capacidad Vital Forzada

- El paciente se conecta a la boquilla del espirómetro y se ocluye la nariz con pinza nasal (puede no utilizarse).
- Luego respira a volumen corriente por 2 a 5 ciclos (espirómetro con circuito cerrado).
- Se le solicita una inhalación rápida hasta llenar completamente de aire los pulmones (capacidad pulmonar total).
- Sin pausa al final de la inspiración debe luego espirar con toda la fuerza y velocidad posible hasta sacar todo el aire, sin detenerse, por al menos 3 segundos en niños de 6 a 10 años, y más de 3 segundos en niños mayores de 10 años (7). Si este tiempo espiratorio no se logra se exige una meseta de al menos 1 segundo en la curva volumen / tiempo. Hay que asegurarse de

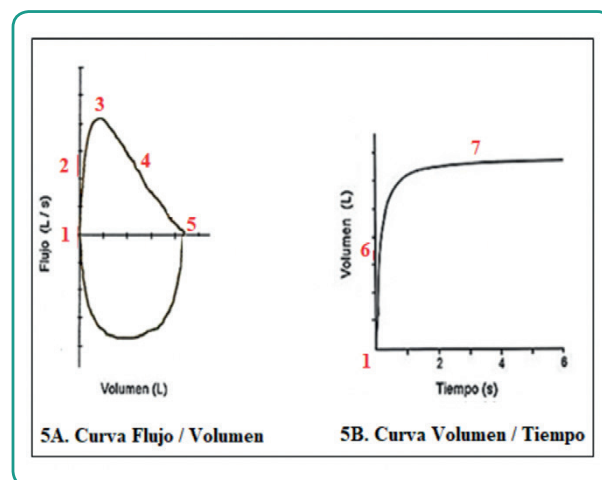
que el paciente realizó su máximo esfuerzo

- Si se requiere curva flujo/volumen inspiratoria, al finalizar la espiración el paciente debe realizar nuevamente una inspiración forzada, hasta capacidad pulmonar total.
- En algunos pacientes es de utilidad recurrir a incentivos para lograr esfuerzos aceptables.

## CRITERIOS DE ACEPTABILIDAD Y REPETIBILIDAD(2,19,20)

Se deben obtener al menos 3 maniobras aceptables y de estas se eligen 2 repetibles. En la Figura 5 se describen los criterios de aceptabilidad y las zonas de las curvas donde deben observarse y en la Figura 6 se muestran ejemplos de espirometrías que no cumplen con algunos de estos criterios.

**Figura 5.** Zonas de las curvas Flujo/Volumen y Volumen/Tiempo donde se analizan los criterios de aceptabilidad



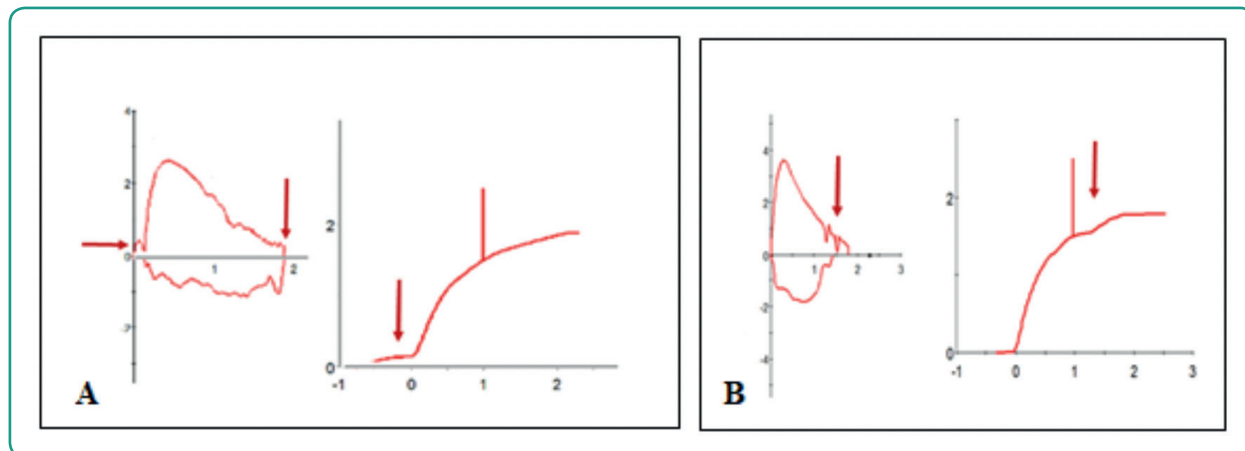
### 5A. Curva Flujo / Volumen:

1. Volumen de extrapolación retrógrada (VER) menor a 150 ml o 5% de la CVF.
2. Ascenso rápido.
3. Flujo Espiratorio Máximo (FEM) definido.
4. Descenso suave sin artefactos debidos a cierre de glotis, tos, esfuerzo espiratorio variable o evidencias de fuga de aire alrededor de la boquilla.
5. Final en volumen residual, llegando al eje x.

### 5B. Curva Volumen / Tiempo:

1. Volumen de extrapolación retrógrada (VER) menor a 150 ml o 5% de la CVF.
6. Ascenso parejo.
7. Tiempo espiratorio según lo descrito en el texto, o meseta.

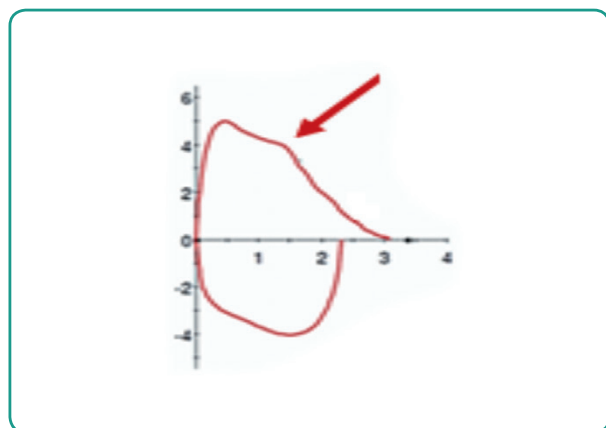
**Figura 6.** Curvas no aceptables.



**A.:** Volumen de extrapolación retrógrada aumentado y cese brusco de la espiración. **B.:** Tos durante la espiración.

La presencia de la “joroba o rodilla del adolescente” no es infrecuente, debe considerarse como un fenómeno aceptable. Se debería a un “enlentecimiento” transitorio del flujo espiratorio debido a una “disminución” transitoria del esfuerzo realizado por el paciente (21) (Figura 7)

**Figura 7.** Curva flujo / volumen con “joroba”



Para considerar las maniobras repetibles debe haber una diferencia menor a 150 ml y/o 5% entre las 2 mejores CVF y entre los 2 mejores VEF1. En la Tabla 4 se muestran los grados de calidad para espirometrías en escolares y adolescentes, los cuales se basan en estos criterios (20). Se asume el cumplimiento de los criterios de aceptabilidad previo a evaluar los criterios de repetibilidad.

**Tabla 4.** Criterios de repetibilidad para definir grado de calidad de espirometrías realizadas en escolares y adolescentes (7, 20)

Grado calidad	Criterio
A	≥ 3 Test aceptables con repetibilidad ≤ 150 ML
B	≥ 2 Test aceptables con repetibilidad ≤ 150 mL
C	≥ 2 Test aceptables con repetibilidad ≤ 200 mL
D	≥ 2 Test aceptables con repetibilidad ≤ 250 mL
E	1 test aceptable
F	Ningún test aceptable

### RESPUESTA A BRONCODILATADOR

Para evaluar la respuesta a broncodilatador se utiliza salbutamol en aerosol presurizado de dosis medida con aerocámara valvulada, realizando 4 inhalaciones de 100 µg cada una, separadas por 30 segundos. Quince minutos después se repiten las maniobras descritas para CVF (22).

En situaciones especiales se puede evaluar la respuesta a bromuro de ipratropio aplicando 4 inhalaciones de 20 mcg y evaluar la respuesta en 30 minutos (7).

## INFORME ESPIROMÉTRICO

### Generalidades

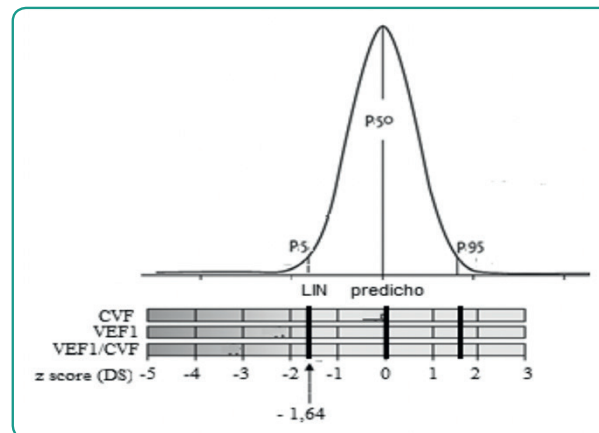
- El informe espirométrico debe incluir los datos del paciente (nombre, fecha de nacimiento, edad, peso, talla), fecha y lugar de realización del examen, especificar el equipo utilizado, tipo y dosis de broncodilatador y valores de referencia utilizados.
- Dejar constancia de la posición en la que se realizó la espirometría (de pie o sentado) y si se utilizó o no pinza nasal.
- Se debe informar los valores absolutos de la mejor curva (la que tenga la suma más alta de CVF y VEF<sub>1</sub> pre-broncodilatador).
- Debe detallarse en el informe los siguientes valores: CVF, VEF<sub>1</sub>, VEF<sub>1</sub>/CVF y FEF<sub>25-75</sub>. El informe debe considerar los rangos de normalidad basándose en Percentil 5 o z score. Se recomienda no utilizar el porcentaje del teórico para su interpretación.
- Consignar el tiempo espiratorio.
- El volumen extrapolado (VER) en valor absoluto y/o porcentaje de la CVF puede consignarse (18,22).
- También se debe incluir los valores obtenidos después de la inhalación de broncodilatador y su cambio, expresado como porcentaje, respecto del valor basal.
- Los trazados flujo-volumen y volumen-tiempo deben ser incluidos en el informe, imprimiendo la mejor curva. Es fundamental una visualización detallada de ambas curvas previo a emitir el informe

### Valores de referencia

Los valores obtenidos en las variables espirométricas dependen de factores como edad, peso, género y etnia, siendo el más determinante la talla (25,26). Existe consenso en nuestro país que ya no debe usarse valores teóricos de Knudson et al ya que subestiman los resultados (27,28). Los patrones teóricos de Gutiérrez 1997 aún están vigentes, sin embargo la recomendación actual de la Sociedad Chilena de Neumología Pediátrica es usar los valores teóricos de la Global Lung Initiative (GLI) publicados el año 2012 (20, 29, 30). Estas ecuaciones se basan en 97.759 mediciones realizadas en hombres y mujeres sanos, de 3 a 95 años de edad, obtenidas en más de 70 países que corresponden a 4 grupos étnicos (30). Tiene la ventaja de ser una ecuación aplicable a lo largo de la vida del paciente, por lo tanto no se producen los "saltos" al cambiar de fórmula predictiva cuando cambia la edad del paciente.

Para interpretar los resultados se introduce el z score, método estadístico que describe qué tan lejos del promedio teórico normal se ubica el valor que obtuvo el paciente. El z score es un puntaje de desviación estándar, por eso en algunos espirometros y textos los expresan como unidades equivalentes (20). El resultado de la variable espirométrica estará alterado si se ubica bajo el límite inferior de normalidad (P5), lo que corresponde a estar bajo -1,64 z score. (Figura 8) (4,20, 30, 31).

Figura 8. Distribución de normalidad y sus límites.



**Valor predicho (o teórico):** es un valor absoluto y corresponde al promedio del valor de referencia. Se ubica en Percentil 50 o z score 0 o 0 Desviaciones Estándar (DE).

**z score:** muestra a cuantas unidades de DE se ubica el valor medido en el paciente con respecto al valor teórico promedio.

**LIN:** valor absoluto que representa al límite inferior de normalidad (P5), se corresponde con el z score (DS) de -1,64.

En caso que el espirometro no cuente con estas fórmulas multiétnicas puede accederse a la aplicación de escritorio de Global Lung Initiative para su interpretación (<http://www.ers-education.org/guidelines/global-lung-function-initiative.aspx>). La Figura 9 es un ejemplo de análisis utilizando esta planilla de cálculo.

Figura 9. Ejemplo de cálculos para la interpretación según GLI.

Name:	male	Date:	20 sep. 2018
Sex:	156 cm	Pat ID:	
Height:		Birth date:	
Age:	12,00 years		

	Measured		pred	LLN	Z-score		%Predicted		Percentile	
	pre	post			pre	post	pre	post	pre	post
FEV1/FVC	0,66	0,68	0,85	0,75	-2,76	0,45			0,3	67,0
FEV1 (L)	2,10	2,90	2,70	2,18	-1,91	0,66	77,9	107,6	3,0	75,0
FVC(L)	3,20	3,30	3,16	2,58	0,05	0,33	100,6	103,8	52,0	63,0
FEF25-75% (L/s)	1,50	2,50	3,04	2,02	-1,87	-0,83			3,0	20,0

Quanjer GLI-2012 Caucasian

FEV1/FVC	Pre	Post
FEV1	Pre	Post
FVC	Pre	Post
FEF25-75%	Pre	Post

Paciente hombre, 12 años, talla 156 cm. En la parte superior de la figura se muestran los valores basales de la relación VEF<sub>1</sub>/CVF, valores de VEF<sub>1</sub> y FEF25-75 por debajo del LIN (expresados como valores absolutos), los que equivalen a -2,76, -1,91, -1,87 DE o z score del promedio teórico respectivamente. Luego de recibir broncodilatador todas las variables se normalizan (se ubican sobre -1,64 DE o z score). En la parte inferior de la figura se grafican estos hallazgos (las flechas indican el z score pre y post broncodilatador para cada variable).

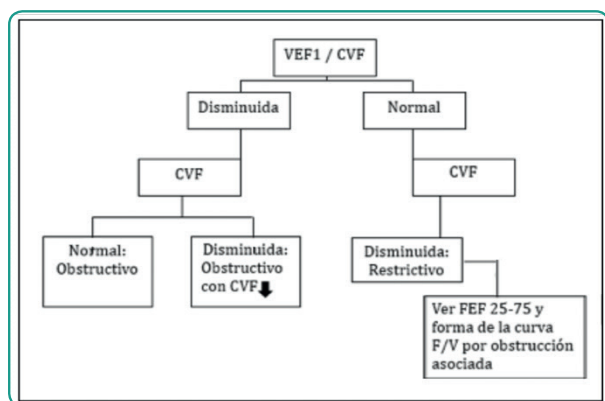
### Interpretación

Antes de definir si existen alteraciones espirométricas y emitir el informe, se debe asegurar el cumplimiento de los criterios de aceptabilidad y repetibilidad (2, 5, 14, 15).

Se considera normal una espirometría cuyos parámetros se encuentran sobre -1,64 desviación estándar (o z score) de su promedio teórico. Este valor corresponde al Percentil 5 (5, 10, 19, 20, 21).

Para interpretar el tipo de alteración ventilatoria en la espirometría se debe seguir un algoritmo. En primer lugar hay que observar la relación  $VEF_1/CVF$ , si está bajo el LIN se tratará de una alteración obstructiva. Si está por encima se trata de una espirometría normal o restrictiva si además la CVF se ubica por debajo del LIN (Figura 10). Para interpretar la variable  $VEF_1/CVF$  se debe considerar la relación en valor absoluto y no como porcentaje del predicho, la que se sugiere eliminar del informe (20).

Figura 10. Algoritmo para interpretación de espirometría.



#### Las alteraciones pueden ser:

**1. Limitación ventilatoria restrictiva:** Se caracteriza por presentar la relación  $VEF_1/CVF$  normal o aumentada con CVF disminuida, el  $VEF_1$  puede estar proporcionalmente disminuido. Si aparece disminución del  $FEF_{25-75}$  se recomienda solo dejar constancia. Si es una alteración restrictiva pura no debiera observarse un cambio significativo con el broncodilatador.

**2. Limitación ventilatoria obstructiva:** Se caracteriza por una relación  $VEF_1/CVF$  disminuida, con o sin  $VEF_1$  disminuido.

**3. Limitación ventilatoria obstructiva con CVF disminuida:** Se caracteriza por disminución de la relación  $VEF_1 / CVF$ , disminución del  $VEF_1$ , y además de la CVF, que puede o no modificarse después del uso de broncodilatador. Este patrón se puede observar en una obstrucción bronquial moderada a severa, o cuando simultáneamente existe una alteración obstructiva y restrictiva. Para diferenciar estas dos situaciones se deben estudiar los volúmenes pulmonares totales, con pletismografía o dilución de gases.

### Disminución de flujos espiratorios forzados ( $FEF_{25-75}$ ):

este índice se deriva de la curva volumen / tiempo, depende del volumen pulmonar (CVF en la espirometría, la que a su vez depende del tiempo espiratorio), y tiene estrecha relación con la presión de retracción elástica pulmonar, la cual está disminuida en niños con enfermedad pulmonar obstructiva moderada a severa (32). Es un parámetro muy variable, cuyos valores de referencia están realizados en individuos sanos, a volúmenes pulmonares más altos que la del paciente obstructivo, por lo que su interpretación no es confiable.

En estudios realizados en adultos y niños se ha demostrado que la interpretación del  $FEF_{25-75}$  no agrega valor al informe espirométrico y puede generar informes falsos, por lo que ya no se recomienda informar como alteración ventilatoria obstructiva mínima cuando se encuentra solo el  $FEF_{25-75}$  bajo el LIN (33).

En pediatría se observa con frecuencia una espirometría normal con  $FEF_{25-75}$  bajo LIN. Si esto va asociado a una curva flujo / volumen de forma cóncava, que luego de administrar broncodilatador cambia a recta o convexa y muestra una respuesta significativa (más del 30% siempre que sea medida a isovolumen, es decir una CVF pre y post broncodilatador sin cambio mayor de 5%), es muy probable que sea la manifestación de una alteración ventilatoria obstructiva. Se sugiere dejar constancia del hallazgo en el informe y dejar su interpretación para el médico que solicita el estudio.

### Evaluación de la severidad de las alteraciones espirométricas

Tradicionalmente se usó el porcentaje con respecto al predictivo para clasificar la severidad del compromiso ventilatorio. Pero estos rangos de porcentajes se han determinado arbitrariamente según la edad, sin considerar la distribución normal de las variables. Se sugiere actualmente usar el valor de z score para evitar los sesgos por edad, género y talla.

Para la categorización de la severidad de las alteraciones obstructivas se usa el valor del  $VEF_1$ . Cuando la CVF está disminuida solo se informa como limitación restrictiva, sin categorización, ya que para conocer su severidad se debe medir volúmenes pulmonares totales (7, 20). En la Tabla 6 se muestra la clasificación de severidad según porcentaje, y la actual según rango de z score (22, 34).

Tabla 5. Clasificación de severidad de la obstrucción según Z-score y porcentaje del predicho de  $VEF_1$ .

Grado de compromiso	Grado	ATS/ERS 2005	z score
Leve	1	> 70% predicho	≥ - 2
Moderado	2	60 - 69 %	≤ -2 a - 2,5
Moderadamente grave	3	50 - 59 %	< -2,5 a -3
Grave	4	35 - 49 %	< -3 a -4
Muy grave	5	< 35 %	< -4

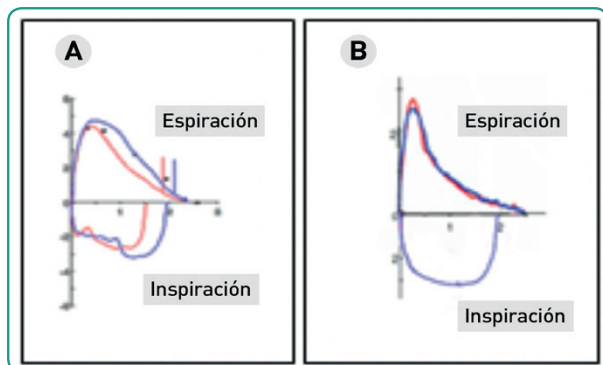


### Informe respuesta a broncodilatador

Se considera respuesta broncodilatadora significativa al aumento del 12% para  $VEF_1$  y/o 30% para  $FEF_{25-75}$  (para este último la medición post broncodilatador debe ser a isovolumen, es decir una CVF que no muestre más de 5% de diferencia con respecto a su medición basal) (22).

En el caso de una espirometría basal con limitación obstructiva, si luego de recibir broncodilatador los valores tienen cambio significativo y se normalizan, se recomienda utilizar el término "reversible". Si se observa un cambio significativo y la espirometría no se normaliza se sugiere concluir como "parcialmente reversible". Si los valores basales son normales y se observa un aumento significativo de la CVF,  $VEF_1$  o  $FEF_{25-75}$  después del broncodilatador, se debe consignar esta respuesta. Frecuentemente cuando hay un patrón obstructivo de vía aérea periférica, se observa la fase espiratoria de la curva flujo-volumen de forma cóncava, la que pasa a ser recta o convexa luego del broncodilatador cuando hay respuesta (Figura 11).

Figura 11. Forma de la curva Flujo/Volumen basal y luego del broncodilatador.



A: la fase espiratoria de la curva prebroncodilatador es cóncava (roja). Luego del broncodilatador desaparece la concavidad (azul).

B: ambas curvas espiratorias pre y post broncodilatador (roja y azul respectivamente) cóncavas. En este ejemplo no se observó respuesta al broncodilatador.

### ANÁLISIS DE LA FORMA DE LA CURVA FLUJO-VOLUMEN (2)

Corresponde a la representación gráfica de los flujos forzados espiratorios e inspiratorios en relación al volumen pulmonar. Está formada por una fase espiratoria, de forma triangular, y una inspiratoria de forma semicircular. Como ya fue descrito anteriormente, una curva flujo-volumen normal (Figura 1) tiene un rápido incremento del flujo espiratorio hasta llegar al flujo máximo (FEM) y luego declina gradualmente hasta llegar a "0". Sólo la primera parte de la curva espiratoria depende

del esfuerzo, pero la porción inspiratoria es totalmente esfuerzo dependiente.

El análisis de la curva flujo/volumen es de gran utilidad para el diagnóstico de la obstrucción de vía aérea central intra o extratorácica, para la identificación de alteraciones de vía aérea pequeña y como ya se describió, para evaluar la calidad de la maniobra. Ciertas patologías tienen curvas características. Su interpretación se basa fundamentalmente en el análisis de su forma. Los valores absolutos de los flujos presentan gran variabilidad, por lo que ya no se recomienda utilizar la relación  $FEF_{50}/FIF_{50}$  para diferenciar una obstrucción variable intra de extratorácica.

Al analizar la forma de la curva es posible distinguir algunos patrones patológicos característicos (Figura 12):

#### Obstrucción variable de la vía aérea central extratorácica.

Se caracteriza por una disminución de los flujos inspiratorios, observándose un aplastamiento de la fase inspiratoria de la curva. Esto se debe a la dificultad que opone este segmento de la vía aérea a la entrada de aire hacia los pulmones sin oponerse a la espiración normal. Esta curva puede verse en pacientes con paresia de cuerdas vocales, malacia de tráquea extratorácica, estenosis subglótica leve.

#### Obstrucción variable de la vía aérea central intratorácica.

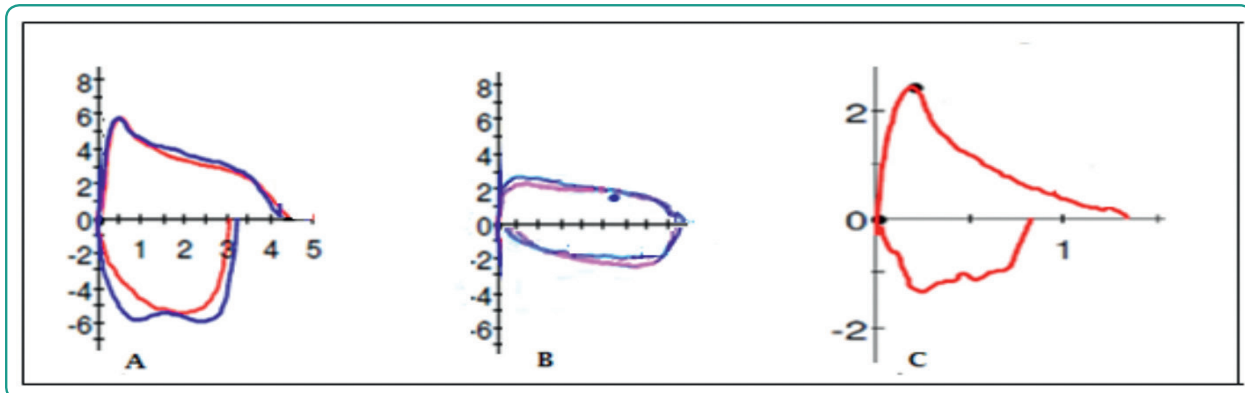
Se caracteriza por una disminución de los flujos espiratorios, tanto dependientes como independientes de esfuerzo, con lo que la curva espiratoria se observa "decapitada". La fase inspiratoria de la curva es normal. Se puede observar en pacientes con traqueo y/o broncomalacia de bronquios fuente. Debido a la debilidad cartilaginosa de sus paredes, o a alteración de la pars membranosa en la espiración se produce un colapso el cual determina disminución del flujo espiratorio

#### Obstrucción fija de la vía aérea central.

Se caracteriza por reducción en los flujos inspiratorios y espiratorios, en igual proporción, con lo que la curva adquiere una forma rectangular. Ejemplos: compresión extrínseca de tráquea, estenosis subglótica moderada a severa.

#### Obstrucción bronquial periférica difusa.

Se caracteriza por una disminución de los flujos espiratorios independientes del esfuerzo, observándose una forma cóncava en la parte descendente de la curva espiratoria. La fase inspiratoria es normal. Cuando la obstrucción es severa también se pueden comprometer los flujos dependientes del esfuerzo, observándose una curva espiratoria pequeña y cóncava.

**Figura 12.** Ejemplos de alteraciones de curva Flujo/Volumen.

- A. Obstrucción variable de vía aérea intratorácica en un paciente con traqueobroncomalacia  
 B. Obstrucción fija de vía aérea central causada por tumor de tiroides  
 C. Alteración obstructiva de vía aérea distal en asmático

## COMENTARIO FINAL

La espirometría es un examen relativamente simple de realizar y los equipos son fáciles de conseguir. Sin embargo el técnico debe conocer la fisiología y fisiopatología, la técnica, ser capaz de identificar los errores del paciente y del equipo, y ser empático con los pacientes pediátricos. La obtención de una espirometría de buena calidad es fundamental para no tomar medidas terapéuticas equivocadas.

*Nota: las espirometrías pertenecen al autor SC*

*Los autores no presentan conflictos de interés*

## REFERENCIAS

1. Linares M, Sánchez I, Corrales R, Díaz A, Escobar AM. Pruebas de función pulmonar en el niño. Rev. Chil. Pediatr. 2000;71(3):228-242.
2. Benítez-Pérez RE, Torre-Bouscoulet L, Villca-Alá N, Del-Río-Hidalgo RF, Pérez-Padilla R, Vázquez-García JC y cols. Espirometría: recomendaciones y procedimiento. Neumol Cir Torax 2016;2:173-190
3. Escribano Montaner A, N. Díez Monge N. La espirometría forzada. En La Función Pulmonar en el Niño. Principios y aplicaciones. Editores E. González Pérez-Yarza, A. Aldasoro Ruiz, J. Korta Murua, J. Mintegui Aranburu, O. Sardón Prado, 2007, Madrid. P 53-62
4. Beydon N, Davis S, Lombardi E, Allen J, Arets HGM, Aurora P et al. An Official American Thoracic Society/European Respiratory Society Statement: Pulmonary Function Testing in Preschool Children. Am Respir Crit Care Med 2007;175:1304-1345.
5. Anastassios C. Koumbourlis. Interpretation of Pulmonary Function Tests in Clinical Practice. In S.D. Davis et al. (eds.), Diagnostic Tests in Pediatric Pulmonology, chapter 7, pages 109-180
6. Gardner R, Clausen L, Crapo R, Repler G, Hankinson J, Johnson R et al. Quality assurance in Pulmonary Function Laboratories. Am Respir Dis 1986;134(3):625-7.
7. Gutiérrez M (coordinadora), Beroiza T, Borzone G, Caviedes I, Céspedes J, Gutiérrez M y cols. Espirometría: Manual de procedimientos. SER Chile. Rev Chil Enferm Respir 2018; 34: 171-188
8. Zach MS. The physiology of forced expiration. Paediatr Respir Rev 2000;1:36-39.
9. Caussade S, Meyer R. Fisiología de la curva flujo/volumen espirométrica. Neumol Pediatr 2014; 9 (1): 31-33
10. Miller MR, Hankinson J, Brusasco V, Burgos F, Casaburi R, Coates A et al. Series "ATS/ERS task force: standardisation of lung function testing". Standardisation of spirometry. Eur Respir J 2005; 26:319-338.
11. American Thoracic Society. Medical Section of the American Lung Association. Standardization of Spirometry 1994 Update. Am J Respir Crit Care Med 1995;152: 1107-1136.
12. Paul KP, Schultz T. Technical Note Evaluation of a pocket-sized turbine spirometer for clinical use with children. Respir Med 1997;91:369-372.
13. Schermer T, Verweij F, Cretier R, Pellegrino A, Crockett A, Poels P. Accuracy and Precision of Desktop Spirometers in General Practices. Respir 2012;83:344-352.
14. American Thoracic Society. Lung function testing: selection of reference values and interpretative strategies. Am. Rev. Respir. Dis.1991;144:1202-1218.
15. American Thoracic Society. Medical Section of the American Lung Association. Standardization of Spirometry 1987 Update. Am Rev Respir Dis 1987; 136:1285-1298.
16. García-Ríoa F, Calle M, Burgos F, Casand P, del Campo F, Galdiz J y cols. Normativa SEPAR. Espirometría. Arch

- Bronconeumol 2013; 49(9):388–401.
17. Chavasse R, Johnson P, Francis J, Balfour-Lynn I, Rosenthal M, Bush A. To clip or not to clip. *Eur Respir J* 2003; 21: 876–878.
  18. Gracchi V, Boel M, van der Laag J, van der Ent CK. Spirometry in young children: should computer-animation programs be used during testing? *Eur Respir J* 2003; 21: 872–875.
  19. Arets HGM, Brackel HJL, 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.
  20. Culver BH, Graham BL, Coates AL, Wanger J, Berry CE, Clarke PK et al. Recommendations for a Standardized Pulmonary Function Report. An Official American Thoracic Society Technical Statement. *Am J Respir Crit Care Med* 2017;196(11):1463–1472.
  21. Shin HH, Sears MR, Hancox RJ. Prevalence and correlates of a 'knee' pattern on the maximal expiratory flow-volume loop in young adults. *Respirology* 2014;19, 1052–1058.
  22. Pellegrino R, Viegi G, Brusasco V, Crapo RO, Burgos F, Casaburi R et al. Series "ATS/ERS Task Force: Standardization of lung function testing" Interpretative strategies for lung function tests. *Eur Respir J* 2005; 26: 948–968.
  23. Tomalak W, Radlinski J, Latawiec W. The quality of spirometric measurements in children younger than 10 years of age in the light of recommendations. *Pol. Pneumonol. Allergol.* 2008; 76: 421–425.
  24. Muller-Brandes C, Kramer U, Gappa M, Seitner-Sorge G, Huls A, von Berg A et al. LUNOKID: can numerical American Thoracic Society/European Respiratory Society quality criteria replace visual inspection of spirometry? *Eur Respir J* 2014; 43: 1347–1356.
  25. Lum S, Bountziouka V, Sonnappa S, Wade A, Cole TJ, Harding S et al. Lung function in children in relation to ethnicity, physique and socio-economic factors. *Eur Respir J*. 2015; 46(6): 1662–1671.
  26. Quanjer PH, Stanojevic S, Stocks J, Hall GL, Prasad KVV, Cole TJ et al. Changes in the FEV1/FVC ratio during childhood and adolescence: an intercontinental study. *Eur Respir J* 2010; 36: 1391–1399.
  27. Knudson RJ, Lebowitz M, 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.
  28. Alvarez C, Brockmann P, Bertrand P, Caussade S, Campos E, Sánchez I. Aplicación clínica de los valores de referencia de espirometría realizados en niños chilenos. *Rev Méd Chile* 2004; 132: 1205-1210.
  29. Gutiérrez M, Rioseco F, Rojas A, Casanova D. Ecuaciones de referencia espirométrica en población chilena. *Rev Chil Enf Respir* 1997; 13: 165-77.
  30. Quanjer PH, Stanojevic S, Cole TJ, Baur X, Hall GL, Culver BH et al. ERS Task Force. Multi-ethnic reference values for spirometry for the 3–95-yr age range: the global lung function 2012 equations. *Eur Respir J* 2012; 40: 1324–1343.
  31. Ben Salah N, Bejar D, Snène H, Ouahchi Y, Mehiri N, Louzir B. Le z-score: nouvel outil dans l'interprétation des données spirométriques. *La Tunisie Médicale* 2017;95(8):767-771.
  32. Lukic K, Coates A,. Does the FEF25-75 or the FEF75 have any value in assessing lung disease in children with cystic fibrosis or asthma? *Pediatr Pulmonol* 2015;50:863-8.
  33. Quanjer P, Weiner D , Pretto J, Brazzale D, Boros P. Measurement of FEF25–75% and FEF75% does not contribute to clinical decision making. *Respir J* 2014; 43: 1051–1058
  34. Quanjer P, Pretto J, Brazzale D, Boros P. Grading the severity of airways obstruction: new wine in new bottles. *Eur Respir J* 2014; 43: 505–512.