

Módulo de Enfermedades Respiratorias

Escuela de Medicina

Universidad de Chile



Estimados Alumnos

Ponemos a su disposición los apuntes de las clases del Módulo de Enfermedades Respiratorias, impartido para los alumnos de tercer año de la Escuela de Medicina de la Universidad de Chile.

Cada apunte tiene la autoría de una persona, pero han sido revisados, y corregidos por un equipo de académicos y posteriormente publicados por el grupo editor. Es por ello que estos apuntes interpretan la opinión de los docentes que imparten el módulo en todas las sedes de Escuela de Medicina de la Universidad de Chile.

Médicos Participantes

Dra. Patricia Ancic
Dr. Sergio Bozzo
Dra. Rosa María Feijoo
Dra. Laura Mendoza
Dra. Maite Oyonarte
Dr. Fernando Rivas
Dr. Rodrigo Gil

Editores

Dr. Sergio Bozzo
Dra. Rosa María Feijoo
Dr. Rodrigo Gil

FUNCIÓN PULMONAR

Los exámenes de función pulmonar tienen un campo de acción muy amplio, ya sea en la medicina clínica, en medicina ocupacional o en la epidemiología.

Ellos permiten evaluar el grado y tipo de alteración del aparato respiratorio y se agrupan en aquellos que exploran la función ventilatoria, o bien miden el intercambio gaseoso. Existen otros exámenes de función pulmonar que evalúan la respuesta del aparato respiratorio a diferentes estímulos. (Ver tabla 1).

Tabla 1. Exámenes de función pulmonar
Función ventilatoria
Espirometría
Curva flujo-volumen
Pruebas de provocación bronquial: metacolina, ejercicio
Función de músculos respiratorios: Presión inspiratoria/espírotoria máximas, Presión transdiafragmática, Presión de oclusión ($P_{0,1}$)
Respuesta ventilatoria al CO_2
Intercambio gaseoso pulmonar
Gasometría arterial
Capacidad de difusión de CO ($DLCO$)
Otros
Pruebas de esfuerzo: Caminata de 6 minutos, Examen cardiopulmonar
Polisomnografía

Para que las pruebas de función pulmonar presten utilidad deben ser realizadas bajo estricto control de calidad, según normas establecidas internacionalmente. De esta manera los valores obtenidos son confiables y pueden ser comparados con los resultados en otros laboratorios.

En este capítulo revisaremos las pruebas más usadas en la práctica clínica.

Pruebas que miden la función ventilatoria:

1. ESPIROMETRÍA

Es la prueba básica de la función pulmonar, debido a su simplicidad, aceptación por el paciente y bajo costo. Es la prueba más útil y más ampliamente usada en todos los laboratorios del mundo.

Principales indicaciones:

1. Detección de una alteración funcional (patrón obstructivo o restrictivo).
2. Seguimiento del curso de una enfermedad. Por ejemplo una enfermedad pulmonar difusa.
3. Monitoreo de la respuesta al tratamiento. Por ejemplo respuesta al uso de broncodilatadores o corticoides.
4. Evaluación preoperatoria. Permite identificar a aquellos pacientes que tienen mayor riesgo de complicaciones en el postoperatorio.
5. Determinación de incapacidad laboral. La espirometría es una exigencia de carácter legal en la determinación del deterioro funcional, cuando se solicita una invalidez laboral.
6. Estudios epidemiológicos (contaminación, tabaquismo, otros).

Los índices más importantes de la espirometría son: la capacidad vital forzada (CVF), el volumen espiratorio forzado del primer segundo (VEF_1), la relación VEF_1/CVF (mal llamada Tiffeneau, porque fue descrita para la CVF lenta y no forzada, pero su nombre sigue siendo ampliamente usado), y el índice flujo espiratorio medio máximo (FEMM), también llamado flujo espiratorio forzado entre el 25 y 75% de la capacidad vital (FEF_{25-75}).

Los valores medidos se expresan en relación a sus valores de referencia. El límite inferior de normalidad se define con criterios estadísticos, como aquel porcentaje del valor promedio normal sobre el cual se distribuye el 95% de los individuos (percentil 95, P_{95}).

Los valores obtenidos con la maniobra espirométrica se expresan según nomogramas de valores predeterminados para distintas poblaciones. Existen numerosas tablas de valores para poblaciones blanca, asiática, negra, hispánica. En Chile seguimos usando las tablas americanas de Knudson RJ, mientras se obtienen valores de referencia nacionales.

Los valores teóricos de cada paciente dependen principalmente del género, talla y edad, en una proporción de 30, 20 y 8% respectivamente, lo que significa que en su conjunto, estos factores son responsables aproximadamente del 60% de la variabilidad entre diferentes individuos. La raza influye en 10% según estudios. El porcentaje restante está dado por otros factores como el hábito tabáquico, lugar de residencia, contaminación, ocupación y nivel socio-económico.

Criterio de gravedad de la alteración de la espirometría.

Se ha convenido internacionalmente en los siguientes criterios:

1. Leve: desde el límite inferior de lo normal al 65% del valor predeterminado.
2. Moderado: desde el 64 al 50% del valor predeterminado.
3. Severo: menor del 50% del valor predeterminado.

La espirometría permite detectar la presencia de una alteración de la capacidad ventilatoria y clasificarla como de tipo obstructivo o restrictivo. (Tabla 2).

Tabla 2: Patrones de alteración funcional		
	Obstructivo	Restrictivo
CVF	Normal o dism	Disminuido
VEF ₁	Disminuido	Disminuido
VEF₁/CVF	Disminuido	Normal
Broncodilatador	Con / sin respuesta	Sin respuesta

El asma bronquial tiene patrón obstructivo, que se explica por reducción del lumen bronquial, lo que determina que la espiración es más prolongada y el flujo espiratorio está disminuido.

En la alteración restrictiva, en cambio, hay reducción del volumen pulmonar y el flujo está conservado. Ejemplo de esto son las enfermedades pulmonares difusas o las alteraciones de la caja torácica (cifoescoliosis, paquipleuritis). En algunos pacientes puede ser necesario confirmar la restricción con la medición del volumen pulmonar, en cuyo caso la capacidad pulmonar total (CPT) estará disminuida.

La espirometría define también la respuesta a la inhalación de un broncodilatador. Se define como “modificable con el broncodilatador” al aumento del VEF₁ y/o de la CVF igual o mayor a 15%, con respecto al valor basal. Es necesario recordar que se requiere además de un aumento mínimo de 200 ml, en términos absolutos. Por ejemplo:

VEF₁ basal 1.090 ml y VEF₁ post broncodilatador 1.330 ml = aumento de 22 % y 240 ml, por lo tanto la respuesta es modificable.

VEF₁ basal 810 ml y VEF₁ post broncodilatador 940 ml = aumento de 16 % y 130 ml. En este caso, la variación en términos absolutos es menor a 200 ml y por lo tanto, la respuesta al broncodilatador se considera no modificable.

Evaluación preoperatorio:

Tiene tres objetivos fundamentales:

1. Identificar a pacientes con alto riesgo de complicaciones postoperatorias.
2. Predecir si la función pulmonar es compatible con una resección pulmonar.
3. Contraindicar la cirugía si el riesgo de mortalidad es alto.

Los candidatos a una evaluación preoperatorio son:

1. Pacientes que se someterán a una cirugía torácica o de abdomen alto
2. Obesos, fumadores mayores de 40 años
3. Portadores de una enfermedad respiratoria crónica.

2. FLUJOMETRÍA

El flujo espiratorio máximo (PEF) es una medida de la capacidad respiratoria, sin embargo es muy dependiente del esfuerzo. Es un método muy simple y barato. Se usa con frecuencia en la sala del hospital, en los consultorios externos y de manera creciente en el hogar de los pacientes. Sus valores dependen del género, la edad y la talla.

Indicaciones de la flujometría:

1. Niños pequeños, que no pueden realizar la espirometría..
2. Seguimiento individual del paciente asmático.
3. Evaluación del asma ocupacional.

La maniobra para obtener el PEF consiste en una inspiración máxima, seguida de una espiración forzada y máxima, pero más corta que la maniobra del VEF₁, pues no requiere llegar a volumen residual. Se debe medir 3 valores de PEF y registrar el mejor de ellos.

El paciente asmático puede realizar una autoevaluación de su enfermedad de una manera sencilla, al registrar dos o tres valores de PEF, matinal y vespertino. Normalmente existe un ritmo circadiano de flujos durante el día, cuya variación entre el valor máximo y mínimo del PEF no debe ser superior a 8%. Si esta variación es de 20% o más, significa que su cuadro asmático no está bien controlado.

3. PRUEBAS DE PROVOCACIÓN BRONQUIAL:

Las pruebas de provocación bronquial permiten detectar la presencia y magnitud de hiperreactividad bronquial (HRB). Ésta se define como una respuesta exagerada de broncoconstricción, provocada por la inhalación de un agente farmacológico o un estímulo físico. Estas pruebas se indican principalmente en caso de duda diagnóstica en pacientes con síntomas respiratorios sugerentes de asma, y además para evaluar la gravedad del cuadro y la respuesta a un tratamiento

Es importante tener en cuenta que la HRB no es un fenómeno exclusivo del asma, ya que puede estar presente en otras patologías como las enfermedades que cursan con LCFA, rinitis alérgica, tuberculosis pulmonar, y algunas enfermedades inmunológicas.

Los estímulos más usados en la provocación bronquial son inespecíficos, como los farmacológicos o el ejercicio. El fármaco broncoconstrictor recomendado es la metacolina. Los estímulos específicos, como antígenos o agentes laborales, tienen una gran complejidad técnica y su utilidad clínica es limitada.

El examen se expresa según la concentración del fármaco que causa una caída de 20% en el VEF₁ (PC₂₀).

Las pruebas de provocación bronquial se contraindican en pacientes cuyo VEF₁ basal es inferior al 70% de su valor predeterminado, o si presentan una disminución del VEF₁ mayor a 10% con la inhalación del diluyente.

4. EVALUACIÓN DE LA MUSCULATURA RESPIRATORIA:

Diversas patologías afectan la función muscular, ya sea por compromiso neuromuscular o por aumento de la carga que deben vencer durante la respiración, con la consiguiente disminución de fuerza y tolerancia a la fatiga.

La fuerza de los músculos respiratorios se evalúa de manera simplificada a través de la medición de las presiones inspiratoria y espiratoria máximas (PI_{máx} y PE_{máx}).

Sus valores dependen de factores como la edad, género, estado nutricional, fuerza de los músculos esqueléticos, volumen pulmonar y la geometría tóraco-abdominal.

Pruebas que miden el intercambio pulmonar de gases:

1. GASES EN SANGRE ARTERIAL:

La prueba esencial para evaluar el intercambio gaseoso pulmonar es la gasometría arterial. Sus principales indicaciones se observan en la tabla 3.

Tabla 3: Indicaciones de gases arteriales en reposo
Diagnóstico de hipoxemia
Diagnóstico de insuficiencia respiratoria
Control de oxigenoterapia
Evaluación del estado ácido-básico

Otras indicaciones se refieren al diagnóstico diferencial de las causas de hipoxemia, reconocimiento de alteraciones en el control de la respiración y predicción de la tolerancia a la altura en el viajero.

Las variables más usadas en clínica para evaluar el intercambio gaseoso son la PaO₂, PaCO₂ y la gradiente alvéolo arterial de O₂ (AaPO₂). Las dos primeras se miden directamente en sangre arterial, mientras que la gradiente se calcula a partir de la ecuación de los gases alveolares.

Fórmula de los gases alveolares

$$AaPO_2 = PAO_2 - PaO_2$$

$$PAO_2 = (PB - PH_2O) \times FiO_2 - PaCO_2 / R$$

Los factores determinantes de la $AaPO_2$ son la edad y la presión inspirada de O_2 . La presión inspirada de O_2 depende de la presión barométrica (PB) y de la fracción inspirada de O_2 (FiO_2). La PB a nivel del mar es 760 mmHg y en Santiago es 715 mmHg. La PH_2O es la presión parcial de vapor de agua es 47 mmHg a 37°C y R es el coeficiente de intercambio gaseoso, es decir, la producción de CO_2 / consumo de O_2 (VCO_2 / VO_2), que en condiciones normales es 0.8.

Ejemplo: paciente de 60 años, que vive en Santiago, tiene una PaO_2 de 60 mmHg, y una $PaCO_2$ de 30 mmHg. ¿Cuál es su gradiente alveolo arterial de oxígeno?

$$PAO_2 = (PB - PH_2O) \times FiO_2 - PaCO_2 / R$$

$$PAO_2 = (715-47) \times 0,21 - 30 / 0,8$$

$$PAO_2 = 102,8$$

Si la gradiente es $PAO_2 - PaO_2$

Entonces la gradiente de este paciente es de $102,8 - 60 = 42,8$

La AaO_2 normal varía con la edad, y su valor teórico se calcula según la ecuación:

$$AaO_2 = \text{edad} \times 0,2 + 2,5$$

En este caso, la AaO_2 para el paciente debiera ser 14,5 y es 42,8

Ejemplo: Valores teóricos de PaO_2 y AaO_2 en Santiago:

Edad (años)	PaO_2 (mmHg)	AaO_2 (mmHg)
22	83.7	6.9
50	74.5	12.5
78	65.3	18.1

El valor normal de la PaO_2 varía con la edad, según la fórmula (modificada por Cruz E.):

$$PaO_2 \text{ (mmHg)} = 91 - \text{edad} \times 0,33 \text{ (para Santiago).}$$

$$PaO_2 \text{ (mmHg)} = 100 - \text{edad} \times 0,33 \text{ (para ciudades a nivel del mar).}$$

Para ciudades en altura, se debe corregir según la presión barométrica.

(Para mayor información sobre el cálculo de éstas y otras variables, como también sus valores normales en adultos, recién nacidos y niños, consultar ref. 6).

En pacientes con enfermedad pulmonar difusa puede ser útil la determinación de los gases arteriales en reposo y ejercicio, donde se puede observar una disminución de la PaO₂, con el consiguiente aumento de la gradiente alvéolo-arterial de O₂

2. CAPACIDAD DE DIFUSIÓN:

La capacidad de difusión de monóxido de carbono, CO, o DL_{CO}, se basa en la propiedad que tiene el CO de unirse férreamente a la hemoglobina (Hb), por lo tanto, es un buen índice del intercambio gaseoso.

La capacidad de difusión tiene dos importantes componentes: la difusión a través de la membrana alvéolo-capilar y la unión del CO con la Hb. El diseño de la membrana es óptimo para que la Hb se una al O₂ en muy corto tiempo (0.25 seg) en su paso por el alvéolo; por una parte, tiene un área de superficie extensa, 70 m², y por otra, su grosor es de 1/2 um.

Las alteraciones de la DL_{CO} se clasifican fisiopatológicamente de la siguiente manera:

a) DL_{CO} disminuida:

- En patologías que cursan con disminución del área de la membrana alvéolo-capilar, como el enfisema, las enfermedades intersticiales y las vasculares.
- En patologías cuyo grosor de la membrana está aumentado, como ocurre en las enfermedades intersticiales. En éstas, la disminución de la capacidad de difusión puede ser un indicador precoz de compromiso del intersticio.

b) DL_{CO} aumentada:

- En aquellas patologías que evolucionan con aumento del volumen capilar pulmonar, como la insuficiencia cardíaca congestiva.
- En una hemorragia pulmonar reciente, pues la hemoglobina activa en el alvéolo aumenta la captación pulmonar de CO.

El método más usado en clínica es el de la inspiración única de CO o single breath, cuyo valor normal es 20 a 30 ml/min/mmHg.

Referencias:

1. Ancic P. (ed). Enfermedades Respiratorias. Utilidad del Laboratorio. (2ª ed), Camugraf Ediciones Científicas, 1990. Pág. web Escuela de Medicina, www.med.uchile.cl
2. Cruz E., Moreno R. (eds) Aparato Respiratorio. Fisiología Clínica. (4ª ed). Mediterráneo, 1999.
3. Ancic P, Moreno R. Recomendaciones para las pruebas de provocación bronquial farmacológica. Documentos. Rev Chil Enf Respir 1991;7:132-141.

4. Ancic P, Rioseco P, Méndez E. Hiperreactividad bronquial inespecífica en tuberculosis pulmonar inactiva. Rev Méd Chile 1985; 113:287-290.
5. Ancic P, Grisanti M, Majlis A. Hiperreactividad bronquial inespecífica en artritis reumatoídea y lupus eritematoso sistémico. Rev Méd Chile 1988;116:415-419.
6. Ancic P, Sánchez I, Díaz O. Estandarización de los gases arteriales en reposo. Documentos. Rev Chil Enf Respir 1996;12:156-183.
7. Ancic P. y cols. Gases arteriales en reposo: Estandarización y recomendaciones generales. Mesa Redonda. Rev Chil Enf Respir 1996;12:184-190.