

Test de la función pulmonar

Doctor Homayoun Kazemi

Todos los médicos, cualquiera que sea su especialidad, están viendo más enfermos con varios tipos de enfermedades pulmonares crónicas. Los síntomas pulmonares pueden aparecer en primer plano o pueden ponerse de manifiesto durante otra enfermedad o después de una operación.

Los test de la función pulmonar representan un medio para investigar el tipo de alteración fisiológica presente, para cuantificar el grado de disfunción y para hacer estudios catamnésicos objetivos acerca de la historia natural de la enfermedad y de la eficacia de las medidas terapéuticas.

Los test de la función pulmonar varían desde la simple medida de la capacidad pulmonar hasta el uso de isótopos radiactivos gaseosos para la medida del flujo sanguíneo regional, la ventilación y el intercambio gaseoso. El médico general debe poder interpretar los resultados de los test de ventilación y de los análisis de los gases de la sangre arterial, y confiar en el fisiólogo pulmonar y el médico de pecho para la interpretación de los test más refinados de la función pulmonar.

En esta comunicación, los test de la función pulmonar serán revisados brevemente desde los puntos de vista fisiopatológico y técnico, y al lector interesado se le indican algunos textos excelentes asequibles hoy en día para una revisión más extensa y profunda.

Los test de la función pulmonar pueden dividirse en los siguientes cinco grupos principales: *a)* test de ventilación; *b)* determinaciones de la capacidad pulmonar total y sus subdivisiones; *c)* ventilación; *d)* determinaciones de intercambio gaseoso y de los gases de la sangre arterial, y *e)* evaluación de la mecánica pulmonar.

TEST DE VENTILACION

Estos test son relativamente fáciles de efectuar y proporcionan una información significativa como test selectivos o para la evaluación de enfermos con enfermedad pulmonar. Requieren la colaboración del enfermo y tienen que ser interpretados en este sentido.

La capacidad vital es el volumen de aire espirado después de una inspiración profunda; es una medida útil que ha sido utilizada clínicamente desde hace muchos años. La capacidad vital puede estar disminuida en los cardiacos descompensados, en la fibrosis pulmonar, en el enfisema y en el asma, así como en un gran número de otras enfermedades. Por tanto, es inespecífico en relación con las distintas entidades nosológicas, pero útil en la cuantificación del grado de alteración.

La capacidad vital por unidad de tiempo representa una fracción de la capacidad vital total. Generalmente se mide el volu-

men de una espiración forzada en el primer segundo (FEV_1). En los individuos normales puede ser del 70 por 100 al 85 por 100 de la capacidad vital; los valores disminuyen con la edad, de tal forma que un FEV_1 del 70 por 100 es normal en un anciano, pero anormal en un muchacho de quince años. La reducción del FEV_1 significa una obstrucción respiratoria, y es anormal invariablemente en personas con enfermedad pulmonar obstructiva (asma, bronquitis, enfisema) pero normal en aquéllos con enfermedad pulmonar restrictiva (por ejemplo fibrosis pulmonar). Para adultos, un FEV_1 de menos de un litro significa una alteración grave en la ventilación e indica que tales enfermos son un riesgo operatorio malo, especialmente para las grandes intervenciones abdominales y torácicas.

Cantidades de flujo respiratorio. Las cantidades de flujo aéreo inspiratorio y espiratorio pueden ser medidas en varios momentos del ciclo respiratorio; uno de los más fáciles es la cantidad más alta de flujo espiratorio. La reducción del flujo más alto indica la existencia de una enfermedad respiratoria obstructiva y tiene la misma significación que un FEV_1 reducido. Sin embargo, parece ser un test más sensible que el FEV_1 , esto es, detecta las enfermedades obstructivas más pronto.

Capacidad respiratoria máxima (MBC). Para determinar la MBC se pide al enfermo que respire tan profunda y tan rápidamente como pueda durante un período de tiempo dado, normalmente quince segundos, y entonces se recoge y se mide el volumen del aire espirado. El valor final es dado en litros por minuto. Es esencial que el enfermo entienda este test y coopere. Primeramente, y sobre todo, la MBC está reducida en las enfermedades respiratorias obstructivas, ya que el test depende de la rapidez del flujo del aire espiratorio. En las enfermedades pulmonares restrictivas, la MBC es con frecuencia normal, e incluso con una capacidad vital del 30 por 100 del valor pronosticado puede ser normal. La MBC puede estar reducida en las enfermedades neuromusculares, tales como la miastenia gravis, en las que la fatiga muscular es una consideración importante. Una MBC de menos de 40 litros/minuto en los adultos significa de nuevo una enfermedad ventilatoria obs-

tructiva grave, y tales enfermos son malos riesgos operatorios.

Menos la capacidad vital, que puede estar disminuida en las enfermedades restrictivas también, la presencia de enfermedades obstructivas puede ser detectada por la mayoría de los test de este grupo. Normalmente, si los test de ventilación dan resultados anormales, se da al enfermo un broncodilatador, como 0,5 centímetros cúbicos de hidrocloreuro de isoproterenol al 1: 100 por nebulización, y se repiten los test para detectar la presencia de un componente reversible en el fenómeno obstructivo. Existen cuadros de valores normales pronosticables para los test de ventilación y de capacidad pulmonar total y sus subdivisiones, y los valores se consideran anormales si difieren de los pronosticables en más del ± 20 por 100. Los valores pronosticables comúnmente usados se derivan de un gran estudio combinado del ejército y la administración de veteranos sobre las funciones pulmonares normales.

Determinación de la capacidad pulmonar total y sus subdivisiones

Al final de una espiración completa queda todavía una cierta cantidad de aire en los pulmones; ésta se conoce como volumen residual. El volumen residual más la capacidad vital constituye la capacidad pulmonar total. De distinta manera que la capacidad vital que puede ser determinada directamente, el volumen residual tiene que ser determinado indirectamente. Una técnica utilizada comúnmente es la de la dilución bifásica del helio en un sistema cerrado. La capacidad pulmonar total está disminuida en las enfermedades restrictivas, tales como la fibrosis intersticial, pero está normal o aumentada en las enfermedades pulmonares obstructivas.

La relación entre el volumen residual y la capacidad pulmonar total (relación RV/TLC) es de particular significación en la valoración de la función pulmonar, ya que es una indicación de la fracción de aire retenida después de una espiración completa: mientras más grande sea, más ineficaz es el pulmón. La relación RV/TLC au-

menta algo con la edad, pero cifras mayores del 30 por 100 son anormales. Un aumento de la relación RV/TLC es un hallazgo común en enfermos con trastornos pulmonares obstructivos.

Ventilación

La ventilación minuto (volumen de aire inhalado o espirado por minuto) refleja el trabajo requerido del fuelle torácico para proveer oxígeno a los tejidos y para eliminar el dióxido de carbono del lecho capilar-pulmonar. La ventilación aumenta cuando aumentan las exigencias metabólicas (ejercicio, fiebre, tirotoxicosis), o puede aumentar cuando existen hallazgos pulmonares patológicos primarios. La cantidad de ventilación en relación con la captación de oxígeno (equivalente ventilatorio) es un índice razonable de la eficacia de la bomba respiratoria, y su aumento sugiere anomalías en los pulmones. La fracción del volumen periódico (volumen de aire intercambiado con cada respiración), que no participa en el intercambio gaseoso porque va a regiones del aparato respiratorio donde no hay sangre pulmonar, es conocido como espacio muerto. La tráquea y los bronquios, así como los alveolos que no tienen flujo sanguíneo, constituyen el espacio muerto. La ventilación por minuto menos la ventilación del espacio muerto es la ventilación alveolar, que es la fracción de la ventilación que forma parte del intercambio gaseoso.

Una elevación de la relación del espacio muerto con el volumen periódico (relación VD/VT) significa un aumento de la ventilación desperdiciada y del trabajo respiratorio. Normalmente, la relación VD/VT es menos del 35 por 100 y está significativamente aumentada en las enfermedades pulmonares obstructivas, así como en las embolias pulmonares.

Determinación del intercambio gaseoso y de los gases de la sangre arterial

La adecuación del intercambio gaseoso de los pulmones se refleja en las presiones parciales de oxígeno (PO_2) y de dióxido de carbono (PCO_2) expresados en milímetros

de mercurio en la sangre arterial. La concentración de iones de hidrógeno (pH) es una función de la relación del contenido en bicarbonato del plasma con la concentración de ácido carbónico. El último se debe a la cantidad de dióxido de carbono físicamente disuelto en el plasma.

La evaluación de la función pulmonar está incompleta sin la determinación de los gases de la sangre arterial. La sangre arterial puede obtenerse de las arterias braquiales, radiales o femorales mediante una sencilla punción arterial con una aguja del número 20 y una jeringa cuyo espacio muerto ha sido llenado con heparina sódica. Para mediciones repetidas puede utilizarse una aguja arterial que se deja puesta, o un catéter. Serias complicaciones debidas a la punción arterial son extremadamente raras. Las presiones parciales de oxígeno y de dióxido de carbono, y el pH, son medidas directamente mediante electrodos apropiados. La concentración de bicarbonato del plasma puede ser calculada por la ecuación de Henderson-Hasselbach una vez que se conocen el pH y el PCO_2 , y existen varios nomogramas con este propósito.

Un hombre normal a nivel del mar tiene un PO_2 de 85 a 100 milímetros de Hg, un PCO_2 de 36 a 44 milímetros de Hg, un pH de 7,37 a 7,43 y un nivel de bicarbonato en el plasma de 25 mEq/litro. La reducción del PO_2 arterial es la anomalía más frecuente de los gases sanguíneos en los enfermos con enfermedad pulmonar, mientras que el PCO_2 puede ser normal o estar aumentado o disminuido. El nivel de PCO_2 arterial está regulado solamente por la ventilación alveolar. La elevación del PCO_2 significa hipoventilación alveolar, y la reducción del PCO_2 , hiperventilación alveolar. Por otra parte, existen cuatro causas de disminución del PO_2 arterial: a) hipoventilación arterial; b) falta de igualdad de la distribución ventilación/perfusión; c) aumento de mezcla venosa (comunicación derecha a izquierda), y d) dificultad de difusión a través de la membrana alveolo-capilar. Muchos fisiólogos dudan de la dificultad de difusión como causa de hipoxemia en la mayor parte de las enfermedades pulmonares, y la reducción de la capacidad difusora del monóxido de carbono del pulmón puede no indicar la presencia de una

barrera física al paso del oxígeno a través de la membrana alveolo-capilar. Las causas de hipoxemia, por tanto, requieren una evaluación cuidadosa, que puede hacerse midiendo las diferencias de tensión de oxígeno alveolar arterial cuando se respiran distintas concentraciones de oxígeno, así como midiendo la capacidad difusora del pulmón para el monóxido de carbono; sin embargo, una completa discusión de estas mediciones está más allá de los límites de esta revisión sucinta.

En algunos casos, los gases de la sangre arterial pueden hacerse anormales en los enfermos solamente durante el ejercicio, y en enfermos en los que se sospecha una enfermedad pulmonar, las mediciones deben hacerse tanto en ejercicio como en reposo.

La hipoxemia puede encontrarse en todas las formas de enfermedad pulmonar, mientras que la hipercapnia se asocia más frecuentemente con las enfermedades pulmonares obstructivas. El PCO_2 arterial puede ser normal o estar reducido en las enfermedades pulmonares restrictivas hasta un momento tardío del curso de la enfermedad.

Mecánica pulmonar

La resistencia de las vías aéreas (la presión requerida para mover un volumen de aire dado a través de las vías respiratorias por unidad de tiempo) está aumentada en pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva, y normal o ligeramente disminuida en los que padecen enfermedad pulmonar restrictiva. La acomodación del pulmón (la cantidad de aire introducida en el pulmón por una presión determinada) es un reflejo de la distensibilidad del pulmón. El pulmón se hace más rígido y su acomodación está, por tanto, disminuida en presencia de una enfermedad pulmonar restrictiva, tal como la fibrosis intersticial o el edema pulmonar. La acomodación estática está aumentada

en el enfisema obstructivo, esto es, los pulmones son más distensibles debido a la destrucción de tejido y pérdida de elasticidad. La resistencia de las vías aéreas y, en menor grado, la acomodación de los pulmones y del tórax se reflejan en los test ventilatorios, especialmente la capacidad vital medida y el MBC. La medición directa de estos parámetros sería valiosa en casos específicos, pero las técnicas de medición excluyen su utilización como rutina.

Queda claro, como consecuencia de esta breve revisión, que existen numerosas facetas en los test de la función pulmonar y que las anomalías específicas en los resultados de los test variarán según la enfermedad. Para valorar el tipo y el grado de disfunción se necesita más de un solo test, pero, desde luego, no todos los test de la función pulmonar. Para los propósitos de selección, uno puede estar razonablemente seguro de la ausencia de un trastorno significativo de la función pulmonar si los test de ventilación dan resultados normales, y las determinaciones de los gases de la sangre arterial son también normales en reposo y permanecen así durante el ejercicio.

BIBLIOGRAFIA

1. **Comroe, J. H. Jr., et al.:** *The Lung*. Chicago: Year Book Medical Publishers, Inc., 1962.
2. **Bates, D. V., and Christie, R. V.:** *Respiratory Function in Disease*, Philadelphia. W. B. Saunders Co. 1964.
3. **Cotes, J. E.:** *Lung Function*. Philadelphia: F. A. Davis Co., 1965.
4. **Knowles, J. H.:** *Respiratory Physiology and Its Clinical Application*. Cambridge, Mass. Harvard University Press, 1959.
5. **Kory, R. C., et al.:** The Veterans Administration Army Cooperative Study of Pulmonary Function: J. Clinical Spirometry in Normal Men. *Amer J. Med.* 40, 243, 258 (Feb.) 1961.
6. **Boren, H. G.; Kory, R. C., and Snyder, J. C.:** The Veterans Administration-Army Cooperative Study of Pulmonary Function: II. The Volum and its Subdivisions in Normal Men. *Amer J. Med.* 41: 96-114 (July) 1966.