

Función respiratoria en la cardiopatía isquémica. Aspectos volumétricos, mecánicos y ventilatorios.

RUBEN BOJORGES-BUENO*
JOSE LUIS SALGADO-ESCOBAR,
MARIA ELENA SALAS-LOPEZ,
ALBERTO RANGEL-ABUNDIZ y
ALFREDO BERLY GAMA-MEDRANO

En 130 pacientes con cardiopatía isquémica, fueron efectuadas pruebas funcionales respiratorias. Ninguno de ellos presentaba datos clínicos de patología pulmonar. A todos les fueron realizadas mediciones volumétricas, mecánicas y ventilatorias en reposo. En 110, (84.6 por ciento) la capacidad vital se encontró disminuida y en 13 de ellos la cifra obtenida fue menos de 50 por ciento del valor de predicción. No hubo correlación entre el proceso restrictivo y la presión telediastólica del ventrículo izquierdo o el índice cardiaco en 15 casos que ya habían sido cateterizados. El volumen residual estuvo aumentado en 62 pacientes (47.7 por ciento). El volumen de flujo espiratorio forzado al 0.5 y 1.0 segundo, ($VEF_{0.5}$ Y $VEF_{1.0}$), fueron normales en el 100 por cien de los casos, sin embargo, el flujo espiratorio forzado al 50 por ciento de la capacidad vital (FEF_{50}), determinado por pletismografía corporal, se encontró disminuido en 50 pacientes (38.5 por ciento) indicando obstrucción de vías periféricas, por lo que se sustituyó el $VEF_{1.0}$ por el FEF_{50} en el esquema de Miller para discriminar con mayor seguridad los procesos obstructivos. La resistencia de vías aéreas se encontró aumentada en 73 pacientes (56.1 por ciento), pero no mostró correlación con el FEF_{50} . El patrón respiratorio predominante fue la hiperventilación. Las correlaciones entre $PACO_2/R$ y $PACO_2$ ($P = 0.001$) y $PACO_2/4$ con PAO_2 ($p = 0.001$) utilizando la ecuación del aire alveolar, no mostraron diferencia significativa en los resultados cuando se utiliza el cociente respiratorio (R) para tratar de corregir los cálculos. Los resultados fueron comparados con mediciones realizadas en 45 personas sanas, encontrándose mayor proporción de alteración en los pacientes isquémicos, por lo que se concluye que la valoración funcional respiratoria deberá ser hecha en los pacientes con cardiopatía isquémica, sobre todo, en aquellos que han sido seleccionados para tratamiento quirúrgico, por ser candidatos potenciales a desarrollar insuficiencia respiratoria.

Trabajo de ingreso del doctor Rubén Bojorges, presentado en sesión ordinaria de la Academia Nacional de Medicina, el 16 de julio de 1986.

*Académico numerario.

Todos los autores. Hospital de Especialidades. Centro Médico "La Raza". Instituto Mexicano del Seguro Social.

El paciente con cardiopatía isquémica, es un enfermo entre cuyos factores de riesgo se consideran invariablemente la edad, tabaquismo, sedentarismo y obesidad, factores que también son aceptados como deletéreos para la función respiratoria.

Debido a la integración anatómica y funcional que existe entre corazón y pulmón, tanto en condiciones

fisiológicas como en la enfermedad, debe tenerse presente la influencia recíproca que existe entre ambos, y efectuar siempre la valoración integral de los mismos, sobre todo en pacientes portadores de cardiopatía isquémica, que son candidatos potenciales a cirugía de revascularización o eventualmente, a ser cometidos a cualquier otro tipo de intervención quirúrgica.

Han sido descritas las alteraciones funcionales respiratorias que suceden en la fase del infarto del miocardio,¹ pero hasta el momento actual no existe un concepto claro referente a los cambios respiratorios que se presentan en la cardiopatía isquémica crónica estable. Es propósito de este trabajo estudiar las variaciones volumétricas en este tipo de enfermos, sin que fuera posible por ahora efectuar estudios más detallados, ya que estos pacientes estaban sometidos a un protocolo de estudio muy amplio, y fue concenso general no mortificarlos con maniobras cruentas o invasivas adicionales, tales como la punción arterial y la cateterización esofágica.

Material y métodos

Fueron estudiados 130 pacientes ambulatorios, en quienes el diagnóstico de cardiopatía isquémica fue establecido en base a criterios clínicos, electrocardiográficos, enzimáticos y gamagráficos. Del número total de pacientes, 102 (78.4 por ciento) fueron del sexo masculino y 28 (21.6 por ciento) del sexo femenino. Se hizo una clasificación de edades por década como puede verse en el cuadro 1. La edad promedio para todo el grupo fue de 55.0 ± 10.2 años. El 76.2 por ciento del total de pacientes eran fumadores en grado variable, y el 33.8 por ciento mostraba sobrepeso en relación a su sexo, edad y estatura.

Los pacientes fueron citados a la Sección de Fisiología Respiratoria con la indicación de un desayuno ligero consistente en leche o café, una porción de pan tostado, gelatina y jugo de fruta, sin haber ingerido bebidas alcohólicas por lo menos 24 horas antes del estudio.

Fueron pesados y medidos con un mínimo de ropa en una báscula clínica sin resortes Doctor's Scale MR, registrándose el peso en kilogramos y la estatura en centímetros. Con estos datos, la superficie corporal fue obtenida en metros cuadrados de acuerdo a la fórmula y tabla de Dubois.²

Se utilizó una unidad para pruebas respiratorias marca Jaeger, que consta de un pletismógrafo corporal con cabina adiabática, Módulo Body Tests para análisis de flujos y volúmenes y Módulo Alveo-Diffusion Tests para analizar la composición del aire espirado y alveolar, para lo cual cuenta con dos canales adicionales para cuantificar el oxígeno y bióxido de carbono en volúmenes por ciento.

Las gráficas representativas de las variables obtenidas se consiguieron por inscripción directa con un

Cuadro 1

Distribución por edad y sexo			
Edad en años	Masculino (No. casos)	Femenino (No. casos)	Total (No. casos)
40	7	2	9
41 - 50	26	6	32
51 - 60	43	10	53
61 - 70	17	7	24
70	9	3	12
Total	(78.41%)	(21.6%)	(100.00%)

Registrador XY Hewlet Packard MR acoplado al pletismógrafo.

Las determinaciones volumétricas y mecánicas fueron hechas en condiciones de reposo, respirando aire ambiente, con el sujeto sentado en el interior de la cabina y conectado a un neumatógrafo por medio de una boquilla de caucho y la nariz ocluida con un obturador nasal. Las determinaciones ventilatorias fueron hechas con el paciente en decúbito dorsal a través de respiración bucal y en condiciones basales.

Como primera fase, fue realizada una espirometría tradicional. A continuación obtención de curvas de flujo-volumen, medición de resistencias y de capacidad funcional residual. Posteriormente se efectuó la medición ventilatoria. Las variables medidas o calculadas fueron:

I. Volúmenes y capacidades pulmonares

1. Capacidad vital (CV).
2. Volumen espiratorio de reserva (VER).
3. Capacidad funcional residual (CFR).
4. Volumen residual (VR).
5. Capacidad pulmonar total (CPT).
6. Volumen residual/capacidad pulmonar total (VR/CPT).

Los volúmenes y capacidades pulmonares fueron expresados en litros, y la relación VR/CPT como expresión porcentual. La CV y el VER fueron medidos directamente en la espirometría, (fig. 1) y la CFR de acuerdo con la pendiente de la curva obtenida por pletismografía corporal. Los valores de CV cifras de predicción de la fórmula de Baldwin³ y expresados como porcentaje de las cifras teóricas normales. El VR se obtuvo restando a la CFR el VER; y la CPT se calculó sumando el VR más CV.

II. Mecánica respiratoria

1. Volumen de flujo espirado al 0.5 segundo ($VEF_{0.5}$).
2. Volumen de flujo espirado al 1.0 segundo ($VEF_{1.0}$).
3. Flujo espiratorio forzado al 25 % de la capacidad vital (FEF_{25}).
4. Flujo espiratorio forzado al 50 % de la capacidad vital (FEF_{50}).
5. Resistencia específica de vías aéreas (Rva).

Los volúmenes de flujo espirado al 0.5 y al 1.0 segundo se expresan como porcentaje de la CV y fueron medidos en el espirograma; (fig. 1) el criterio de normalidad fue de 60 por ciento y 75 por ciento respectivamente.³ El FEF_{25} se expresan en litros por segundo (l/s) y fueron medidos en la curva flujo volumen. (fig. 2). La calibración del aparato fue hecha de tal modo que 1.0 cm. de la deflexión equivale a 1 litro de aire. Los valores de referencia para FEF_{25} y FEF_{50} se obtuvieron multiplicando al CV teórica por 1.82 y 1.21 respectivamente.⁴

La Rva se expresa en centímetros de agua por litros y por segundo ($cm H_2 / ls$), siendo los valores normales en nuestro medio de 1.6 ± 1.4 ; el cálculo fue hecho directamente de la pendiente de la curva obtenida en un ciclo respiratorio completo.

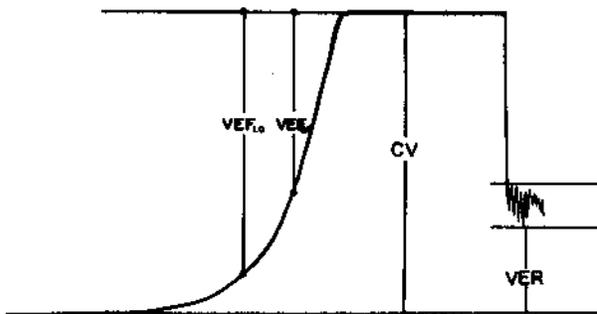


Fig. 1. Espiograma convencional para medir la capacidad vital (CV); volumen espiratorio de reserva (VER); volumen espiratorio forzado al 0.5 segundo ($VEF_{0.5}$); y volumen espiratorio forzado en 1.0 segundo ($VEF_{1.0}$).

III. Ventilación pulmonar

1. Frecuencia respiratoria (Fr) ciclos/minuto.
2. Aire corriente (AC) litros.
3. Volumen minuto BTPS (V_E BTPS) litros.
4. Espacio muerto/aire corriente (EM/AC) por ciento.

5. Ventilación alveolar/minuto/metro cuadrado de superficie corporal (V_{am}) l/min/m².
6. Presión parcial de oxígeno alveolar (PAO_2) mmHg.
7. Presión parcial de bióxido de carbono alveolar ($PACO_2$) mmHg.
8. Consumo de oxígeno (VO_2) ml/min.
9. Eliminación de bióxido de carbono (VCO_2) ml/min.
10. Cociente respiratorio (R) unidades adimensionales.



Fig. 2. Curva de flujo volumen obtenida con Registrador X-Y. En las abscisas son medidos los volúmenes v.g. capacidad vital (CV) y en las ordenadas las velocidades de flujo espiratorio forzado (FEF) al 25% y 50% de la capacidad vital.

Las tres primeras variables (Fr, AC V_E BTPS) se obtuvieron en un canal analizador de volumen del Módulo Body Test y fueron calculadas en la gráfica correspondiente. En la hipotenusa de este triángulo cada escala representa una espiración; el cateto opuesto es el volumen de aire recolectado en 30 segundos y en el que cada milímetro lineal corresponde a 150 ml. de aire corregidos con BTPS; el cateto adyacente representa tiempo equivalente a 30 segundos. El aire espirado fue recolectado durante 10 minutos con objeto de obtener un promedio confiable para el volumen-minuto. Simultáneamente se analizaba la composición de aire espirado para el cálculo del EM de acuerdo a la ecuación de Bohr:

$$EM\% = \frac{PACO_2 - FECO_2 \times 100}{FACO_2}$$

Donde: EM por ciento: representa el aire contenido en vías respiratorias que no participa en el intercambio gaseoso.

$FACO_2$: Fracción alveolar de bióxido de carbono.
 $FECO_2$: Fracción espirada de bióxido de carbono.

La relación EM/AC se obtuvo dividiendo el EM expresado en ml. entre el AC, considerándose como valores normales 25-40 por ciento. La ventilación alveolar/min/m² fue obtenida restando al V_E BTPS el EM y dividiendo el resultado entre la superficie corporal en m₂ tomando como valor de referencia un índice de 3.0. La PAO₂ expresada en mmHg. fue obtenida a partir de la ecuación del aire alveolar:

$$PAO_2 = PIO_2 - PACO_2 FIO_2 + \frac{1 - FIO_2}{R}$$

Donde:

PIO₂ Presión parcial de oxígeno inspirado. (presión barométrica x 0.2093).

FIO₂ Concentración fraccional de oxígeno inspirado respirando aire ambiente (0.2093).

R: Cociente respiratorio = $\frac{VCO_2}{VO_2}$

La presión parcial de bióxido de carbono (PACO₂) se obtuvo con la siguiente ecuación:

$$PACO_2 = (PB - 47.1) FACO_2$$

donde:

PB : Presión barométrica

47.1 : Presión que ejerce el vapor de agua a la temperatura de 37°C.

El consumo de Oxígeno fue calculado con la fórmula siguiente:

$$VO_2 = (FIO_2 - FEO_2) V_E \text{ STPD}$$

Donde:

FIO₂ Concentración fraccional de oxígeno inspirado en vol. por ciento.

FEO₂ Concentración fraccional de oxígeno espirado en vol. por ciento.

V_E STPD: Ventilación por minuto en condiciones standar de presión y temperatura.

El cociente Respiratorio (R) se calcula como la relación de:

$$R = \frac{VCO_2 \text{ ml/min}}{VO_2 \text{ ml/min.}}$$

es expresado en unidades adimensionales cuyo valor varía de 0.7-0.9 en condiciones de reposo, y expresa en el numerador la efectividad de la ventilación alveolar y en el denominador la intensidad del metabolismo.

Se investigó la correlación entre PACO₂/R y la PACO₂ calculada de la manera tradicional, así como la relación entre PAO₂ utilizando la ecuación del aire alveolar y PACO₂/R.

Se buscó correlación entre los valores de CV con el índice cardiaco y la presión telediastólica del ventrículo izquierdo en 15 pacientes a quienes se había realizado coronariografía dentro de su plan de estudios.

El grupo de pacientes en estudio fue comparado con un grupo control conformado por 45 personas sin cardiopatía isquémica, integrado por médicos, estudiantes y personal del hospital siendo considerados como clínicamente normales desde el punto de vista cardiopulmonar. A todos les fue efectuado medición de volúmenes y capacidades pulmonares, así como determinaciones de mecánica respiratoria bajo las mismas condiciones y con el mismo equipo señalado en párrafos anteriores, pero no fue posible realizarles estudios de ventilación pulmonar.

Fueron 45 personas, de las cuales 37 fueron del sexo masculino (82.2 por ciento) y 8 del sexo femenino (17.8 por ciento), con edad promedio de 31 ± 10.6 años.

Resultados

I. volúmenes y capacidades pulmonares

La CV fue normal en 20 casos, (15.4 por ciento), en el resto, 110 casos (84.6 por ciento), se encontró disminuida en grado variable. Tal disminución fue considerada ligera en 52 pacientes (70-89 por ciento de las cifras de predicción). En 45 pacientes la disminución de la CV fue moderada (69 por ciento de las cifras de predicción) y en 13 casos la disminución de la CV fue severa (menor del 50 por ciento de las cifras esperadas).

No se encontró ninguna correlación entre el grado de restricción y el índice cardiaco y/o la presión telediastólica del ventrículo izquierdo en los 15 casos cateterizados.

El VR fue normal en 68 casos (52.3 por ciento) y se encontró aumentado en 62 casos, (47.7 por ciento). La relación VR/CPT fue normal en 30 casos (30.0 por ciento) y aumentada en 91 casos. (70.0 por ciento). (Cuadro 2).

II. Mecánica respiratoria

El VEF_{0.5} y el VEF_{1.0} se encontraron normales en el 100 por ciento de los casos. El FEF₂₅ fue normal en 74 casos (56.9 por ciento) y disminuido en grado variable en 56 casos. (43.1 por ciento) El FEF₅₀ fue encontrado normal en 80 casos (61.5 por ciento) y disminuido en grado variable en 50 pacientes. (38.5 por ciento). La Rva no mostró alteración en 73 casos (56.1 por ciento) y se encontró aumentada en 57 casos (43.9 por ciento). (Cuadro 3).

Cuadro 2

Alteraciones ventilatorias 130 casos			
Variable	Valor normal (Porcentaje de casos)	Valor aumentado (Porcentaje de casos)	Valor disminuido (Porcentaje de casos)
Estudiada			Lig. mod. sev.
CV	15.4	--	40.0 34.6 10.0
VR	52.3	47.7	--
VR/CPT	30.0	70.0	--

CV = capacidad vital, VR = volumen residual, VR/CPT = volumen residual capacidad pulmonar total.

Los casos fueron encuadrados en el esquema de Miller (Fig. 3) con objeto de discriminar los procesos obstructivos de los restrictivos y de los mixtos; y posteriormente en el esquema de Miller modificado (Fig. 4), para lo cual se sustituyó el $VEF_{1.0}$ de las abscisas por el FEF_{50} con lo que se logró discriminar con mayor exactitud los procesos mixtos de los restrictivos. Se estableció comparación entre los resultados obtenidos al aplicar el esquema tradicional de Miller y los obtenidos por medio del esquema modificado, las diferencias expresadas en porcentajes se muestran en el cuadro 4, donde vemos que de 110 procesos restrictivos en el esquema de Miller se redujeron a 67 con la modificación propuesta, apareciendo además 2 con procesos obstructivos puros que estaban considerados como normales, y en 43 casos se estableció el diagnóstico de patrón mixto (obstructivo-restrictivo en grado variable).

III. Ventilación pulmonar

En el cuadro 5 pueden ser analizadas las variables obtenidas para la ventilación pulmonar en valores promedio y desviación standar correspondientes. Se observa hiperventilación mixta, tanto por aumento de la frecuencia respiratoria como del AC, por lo que el índice ventilatorio por m^2 se encuentra también elevado. la relación EM/AC osciló en valores normales.

La PAO_2 , en general, se encontró ligeramente elevada. La $PACO_2$ fue normal. El VO_2 y el VCO_2 en cifras mostrando una gran variabilidad a uno y otro lado del valor promedio; e igualmente, el cociente respiratorio se encontró elevado como índice de hiperventilación.

Cuadro 3

Alteraciones mecánicas 130 casos			
Variable estudiada	Valor normal (Porcentaje de casos)	Valor aumentado (Porcentaje de casos)	Valor disminuido (Porcentaje de casos)
			Lig. Mod. Sev.
$VEF_{0.5}$	100.0	--	--
$VEF_{1.0}$	100.0	--	--
FEF_{25}	56.9	--	23.8 15.4 3.8
FEF_{50}	61.5	--	22.3 11.5 4.6
Rva	56.1	43.9	--

$VEF_{0.5}$ volumen espiratorio forzado en 0.5 segundos; $VEF_{1.0}$ = volumen espiratorio forzado en 1.0 segundos; FEF_{25} = Flujo espiratorio forzado al 25% de la capacidad vital; FEF_{50} = flujo espiratorio forzado al 50% de la capacidad vital; Rva = resistencia específica de vías aéreas.

La relación $PACO_2/R$ y $PACO_2$ calculada de la manera tradicional nos dio una pendiente de $r = +0.65$ y $p = 0.001$ (Fig. 5); en tanto que la correlación entre PAO_2 y $PACO_2/R$ nos dio una pendiente de $r = -0.84$ y $p = 0.001$. (Fig. 6).

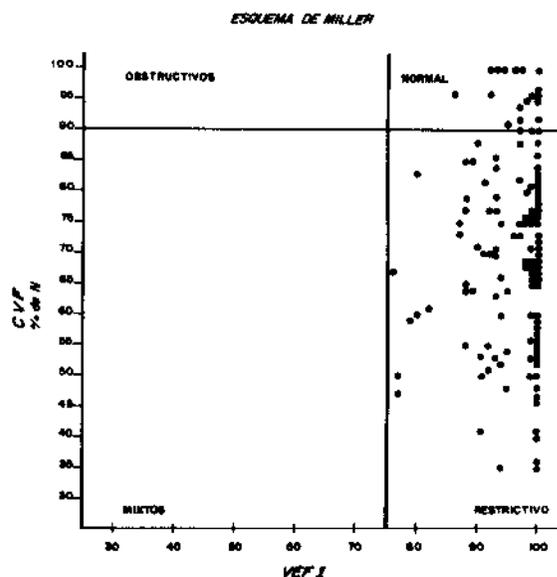


Fig. 3 Esquema de Miller, en el que se relaciona al Capacidad Vital Forzada (CVF) como por ciento de los valores de predicción, con el Volumen Espiratorio Forzado en 1.0 segundo ($VEF_{1.0}$). Obsérvese franco predominio de los procesos restrictivos.

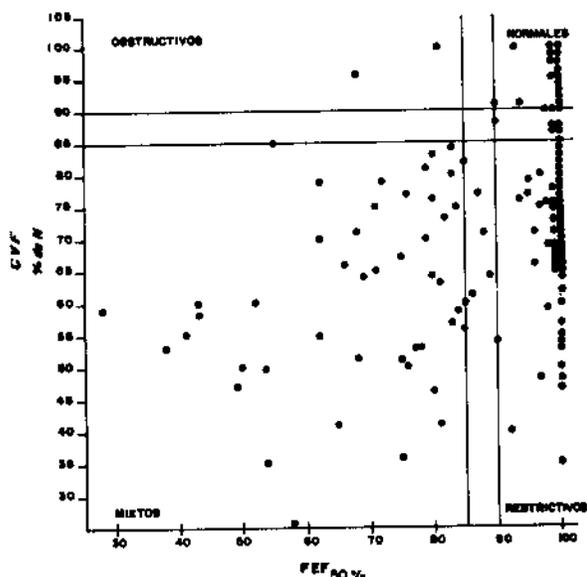


Fig. 4. Esquema de Miller Modificado, en el que se sustituye el volumen espiratorio forzado en 1.0 segundo (VEF_{1.0}) por el flujo espiratorio forzado al 50% de la capacidad vital (FEF₅₀). La efectividad del FEF₅₀ para detectar procesos obstructivos de vías aéreas distales de pequeño calibre se pone en evidencia con esta gráfica.

Cuadro 4

Alteraciones mecánicas y volumétricas 130 casos		
Patrón ventilatorio	Miller (porcentaje de casos)	Miller modificado (porcentaje de casos)
Normal	15.4	13.8
Restrictivo	84.6	51.5
Obstructivo	--	1.5
Mixto	--	33.2
Total	100.0	100.0

Se establece comparación entre los resultados al usar el esquema de Miller tradicional y el esquema de Miller modificado.

Cuadro 5

Variables ventilatorias en reposo 130 casos		
Variable estudiada	Valores promedio	Unidades de medida
fr	17.8 + 4.2	cpm
AC	0.9 + 0.5	l
V _E BTPS	16.3 + 7.4	l
V _A m ²	6.3 + 3.0	l/min/m ²
EM/AC	32.4 + 6.7	%
PAO ₂	80.7 + 6.3	mmHg
PACO ₂	29.4 + 4.8	mmHg
VO ₂	432.6 + 200.0	ml/min
VCO ₂	374.6 + 167.9	ml/min
R	0.0 + 0.2	U.A

Fr = frecuencia respiratoria; AC = aire corriente; V_E BTPS = volumen minuto espirado; EM/AC = relación entre espacio muerto y aire corriente; V_A m² = ventilación alveolar por minuto y por metro cuadrado de superficie corporal; PAO₂ = presión parcial de oxígeno alveolar; PACO₂ = presión parcial de bióxido de carbono alveolar; VO₂ = consumo de oxígeno; VCO₂ = eliminación de bióxido de carbono; R = cociente respiratorio; cpm = ciclos por minuto = litros; min = minutos; m² = metro cuadrado de superficie corporal; mmHg = milímetro de mercurio; ml = mililitros; UA = unidades adimensionales.

En el grupo control fueron encontrados los siguientes resultados: La CV fue normal en 18 casos (40.0 por ciento) y disminuida en grado variable en 27 casos. (60.0 por ciento). El VR se encontró aumentado en 19 personas, (42.2 por ciento), estando normal en 26 casos. (57.8 por ciento). La relación VR/CPT promedio fue de 26.68 = 12.03, siendo normales en 34 casos (75.8 por ciento) y aumentado en grado variable en 11 (23.2 por ciento). (Cuadro 6).

El FEF₂₅ fue normal en 27 casos, (60.0 por ciento) estando disminuido en (18.40 por ciento). Así mismo, el FEF₅₀ fue normal en 26 casos (57.8 por ciento) y disminuido en 19 (42.2 por ciento). El VEF_{0.5} y el VEF_{1.0} fueron normales en el 100 por ciento de los casos. La Rva promedio fue de 2.0 ± 1.58, siendo normal en 36 casos (80.0 por ciento) y aumentada en 9. (20.0 por ciento).

Se encuadraron los casos de acuerdo con el esquema de Miller modificado, (Fig. 7) encontrándose 5 casos con proceso obstructivo, (11.1 por ciento) 16 restrictivos, (35.5 por ciento) 6 con patrón ventilatorio mixto, (13.3 por ciento) y 18 normales (40.0 por ciento). (Cuadro 9).

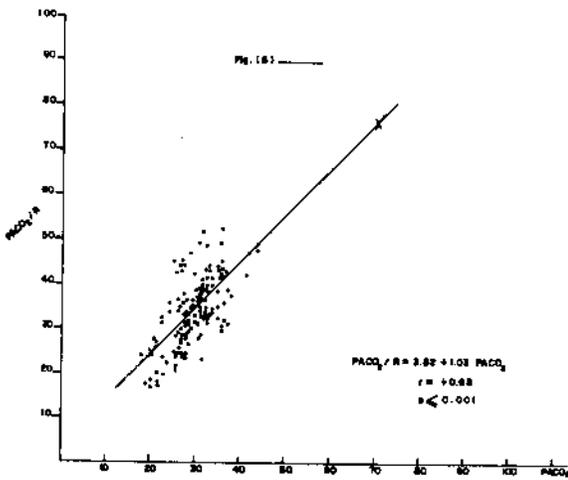


Fig. 5. correlación entre presión alveolar de dióxido de carbono 2(PACO₂) calculada utilizando cociente respiratorio (R) y PACO₂ calculada de manera tradicional.

Volúmenes y capacidades en el grupo control -45 casos-			
Variable	Valor normal	Valor aumentado	Valor disminuido
estudiada	(porcentaje de casos)	(porcentaje de casos)	(porcentaje de casos) Lig. mod. sev.
CV	40.0	--	53.3 6.7 --
VR	57.8	42.2	--
VR/CPT	75.8	24.2	--

CV = capacidades vital; VR = volumen residual; VR/CPT = relación entre volumen residual y capacidad pulmonar total.

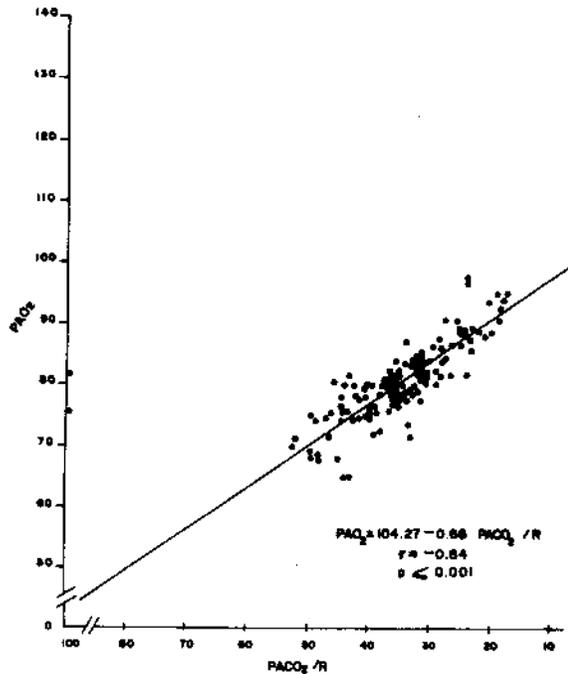


Fig. 6

Fig. 6. Correlación entre presión parcial de oxígeno alveolar (PAO₂) utilizando la ecuación de aire alveolar, y presión parcial de bióxido de carbono alveolar utilizando cociente respiratorio de 0.9 (PACO₂/R)

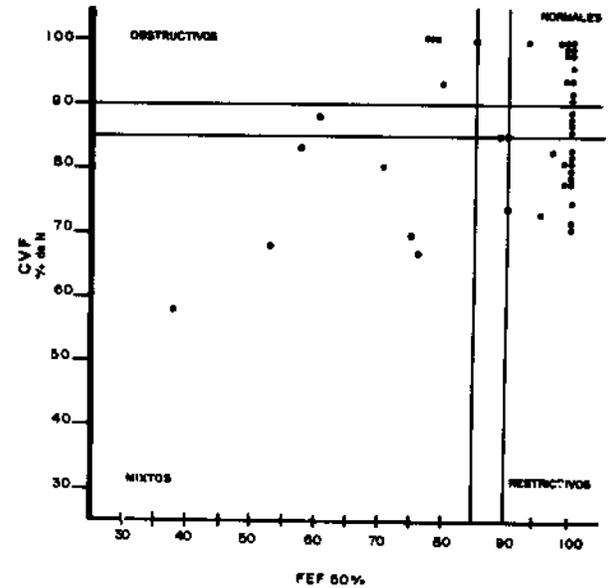


Fig. 7. Esquema de Miller Modificado que muestra los hallazgos de 45 personas sin cardiopatía isquémica y sin patología cardiopulmonar desde el punto de vista clínico.

Discusión

Los pacientes con cardiopatía isquémica, por regla general son sometidos a numerosos estudios de laboratorio y gabinete con objeto de valorar la repercusión funcional de su cardiopatía y para detallar aspectos morfológicos que puedan servir de base para seleccionar el tipo de tratamiento, v.g. revascularización coronaria; sin embargo, es frecuente que pase

inadvertido el estudio de la función respiratoria, ya sea por limitación de recursos o por desconocimiento de las alteraciones ventilatorias que pueden tener este tipo de pacientes. Este aspecto adquiere importancia si consideramos que por lo general se trata de personas mayores de 45 años de edad, con cambios en la distensibilidad tóraco-pulmonar,³ con hábito de tabaquismo en un alto porcentaje (76.2 por ciento en nuestros casos) y con grados variables de sobrepeso (33.8 por ciento en esta serie). Tanto la edad, el tabaquismo y la obesidad, son considerados factores de riesgo que pueden conducir a la insuficiencia respiratoria y sobre todo, cuando los pacientes son sometidos al efecto que la anestesia y cirugía de tórax. Es un hecho bien conocido que las intervenciones quirúrgicas en tórax limitan la excreción tóracopulmonar en el trans y postoperatorio inmediato y que los anestésicos suelen tener un efecto depresor sobre los centros respiratorios. En base a estas premisas fue que decidimos conocer los cambios volumétricos, mecánicos y ventilatorios en este tipo de enfermos.

Fue hallazgo casi constante la presencia del proceso restrictivo manifestado por disminución de la CV en el 84.6 por ciento de los casos, en el 84.6 por ciento de los casos, en 13 de ellos (10 por ciento) la CV fue menor del 50.0 por ciento de las cifras teóricas esperadas. Este proceso restrictivo también los encontramos, pero en menor grado, en el grupo control, y en ningún caso fue severo.

Es bien conocido el hecho de que la CV aumenta con el ejercicio físico y puede ser por tanto considerada como un índice de la capacidad aeróbica al esfuerzo, por lo que es posible que tal restricción esté relacionada con el sedentarismo, tanto en el grupo de personas consideradas como sanas como en los pacientes con cardiopatía isquémica. También debe de influir la disminución de la elasticidad y de la *compliance* pulmonar que aparece con la edad. Por otro lado, las mediciones fueron hechas con el sujeto sentado en el interior de la cabina pletismográfica, posición que reduce el valor de la CV alrededor del 10 por ciento.

Durante mucho tiempo la CV fue manejada como un índice de congestión pulmonar⁵ debido a que la CV disminuye en la insuficiencia cardiaca; sin embargo, no podemos atribuir en estos casos que la disminución de la CV sea debido a plétora pulmonar ya que no existían elementos clínicos, radiológicos ni hemodinámicos que hiciera sospechar falla de bomba.

Fue hallazgo también muy frecuente el aumento de VR (52.3 por ciento), contra 42.2 por ciento en los sujetos control. Este atrapamiento aéreo está relacionado con una CFR elevada, sin embargo, dado que la CFR actúa como un amortiguador para evitar oscilaciones bruscas en la presión parcial de los gases alveolares,⁶ no suele ser un cambio de repercusiones serias desde el punto de vista fisiológico, excepto que

el aumento sea de tal magnitud que el aire inspirado sea diluido y dé lugar a hipoxia e hipercapnea alveolar.

La relación CR/CPT, que en condiciones normales no excede del 35 por ciento, se alterará cuando el VR es muy alto o la CPT esté disminuida por restricción, este índice lo encontramos normal en el 75.8 por ciento de los sujetos control y tan sólo en el 30.0 por ciento de los pacientes, lo que significa que en el 70.0 por ciento restante estuvo alterada fundamentalmente por el proceso restrictivo encontrado.

Desde el punto de vista de la mecánica respiratoria, la medición del VEF_{0.5} y el VEF_{1.0} durante mucho tiempo se consideraron como índices de la permeabilidad de las vías aéreas, y efectivamente se altera en presencia de procesos obstructivos, pero por lo general se encuentra disminuido cuando ya hay manifestaciones clínicas, tales como espasmo bronquial. Tanto en los sujetos control como en los pacientes, ambos índices fueron siempre normales, de ahí que se plantee la necesidad de contar con parámetros o variables que permitan detectar procesos obstructivos en fase subclínica. Tal necesidad en la actualidad puede ser subsanada con el empleo de la pletismografía corporal a través de la medición del FEF₂₅ y FEF₅₀.

La disminución de la velocidad del flujo espiratorio forzado cuando el sujeto exhala el primer 25 por ciento de su CV es indicativo de obstrucción de vías aéreas superiores,⁷ aunque también se relaciona con disminución de la fuerza muscular de la caja torácica y del diafragma, y también cuando el sujeto no puede o no desea prestar su colaboración para el estudio.

El FEF₅₀ es un índice muy fiel para valorar procesos obstructivos de vía aérea distal hasta de 2 mm. de diámetro ya que cuando el sujeto está exhalando el 50 por ciento de su CV, la velocidad del flujo aéreo ya no depende de su voluntad sino del rebote elástico del parénquima pulmonar.

El FEF₂₅ lo encontramos normal en el 60.0 por ciento de los sujetos control y en el 56.9 por ciento de los pacientes coronarios, cifras sensiblemente semejantes y que por lo general estuvieron relacionadas con una fuerza muscular deficiente de la jaula torácica, ya que no había elementos clínicos e índices ventilatorios que mostraran obstrucción de vías centrales.

En cuanto al FEF₅₀ lo encontramos disminuido en el 42.2 por ciento del grupo control y en el 38.5 por ciento del grupo de pacientes, cifras también semejantes, que nos hablan de procesos obstructivos en vías distales que aún no tienen manifestaciones clínicas.

Por lo general, estos procesos obstructivos suelen estar relacionados con alteraciones bronquíticas dependientes del efecto irritativo del tabaco y de la contaminación atmosférica.⁸

La Rva es un índice de turbulencia aérea en el interior de las vías respiratorias,⁹ y la encontramos

aumentada en el 20.0 por ciento de los sujetos control y en el 43.9 por ciento de los pacientes. Es evidente que un aumento en la resistencia constituye un impedimento para la ventilación, ya que el flujo aéreo laminar se lleva a cabo por gradientes de presión. La resistencia representa el grado de dificultad que encuentra el aire corriente para desplazarse a lo largo de las vías aéreas y depende del gradiente de presión entre dos puntos, de la longitud y calibre del tubo, de la fricción interna del gas en movimiento y de la fricción entre la pared tranqueobronquial y los gases respiratorios. Este grado de dificultad es mínimo cuando el flujo es laminar y aumenta cuando el flujo se hace turbulento dando lugar a cambios en la resistencia al flujo aéreo.⁹

No encontramos correlación entre el aumento de resistencias y el grado de obstrucción, por lo que pensamos que tal aumento en la resistencia sea debido a flujo aéreo turbulento por hiperventilación, si bien es cierto que es mayor el número de casos con resistencias altas en el grupo de pacientes que el grupo control, por lo que la apreciación es más bien de tipo cualitativo que cuantitativo.

Tradicionalmente ha sido empleado el esquema de Miller¹⁰ para discriminar los procesos obstructivos de los restrictivos y de los mixtos, sin embargo, dado que uno de los elementos de tal esquema, el VEF_{10} , es un índice poco seguro de obstrucción, decidimos modificarlo sustituyéndolo por una variable más sensible, en este caso el FEF_{30} , y podemos observar comparativamente en las figuras 3 y 4 que tal modificación nos permite separar con seguridad a los pacientes con patrón ventilatorio obstructivo.

El hecho de haber encontrado un porcentaje importante de obstrucción de vías aéreas distales, tanto en los pacientes coronarios como en el grupo control, nos permite inferir que ambos grupos pueden ser candidatos potenciales para la aparición de insuficiencia respiratoria en situaciones críticas, tales como la anestesia y cirugía.

El análisis de las variables ventilatorias en condiciones de reposo mostró hiperventilación mixta, tanto por aumento de la frecuencia respiratoria como del AC, lo que dio lugar a un V_f BTPS elevado y a un índice ventilatorio por m^2 también alto en presencia de un EM dentro de límites normales. Esta hiperventilación es debida a factores emocionales y a respuestas ventilatorias por estimulación de los quimiorreceptores frente a la hipoxia ambiental que existe a 2240 m. sobre el nivel del mar.¹¹

Estos hallazgos correlacionan con los datos encontrados por otros autores sobre estudios ventilatorios hechos en la ciudad de México y así mismo con nuestra experiencia publicada¹² respecto a la medi-

ción del gradiente alveolar arterial en condiciones de reposo.

La PAO₂ se encuentra moderadamente elevada por el mismo proceso hiperventilatorio, pero no fue posible conocer la presión parcial de oxígeno en sangre arterial debido a que los pacientes no les fue practicada punción por decisión previa de no mortificarlos con procedimientos cruentos agregados, de tal modo que la magnitud del gradiente alveolar arterial únicamente podemos inferirla en relación a los valores normales ya conocidos de los gases respiratorios en sangre arterial, pero de hecho queda planteada la duda sobre las condiciones del intercambio gaseoso en este grupo de enfermos.

No sucede lo mismo respecto a la PACO₂, ya que está bien demostrada la ausencia de gradiente entre PACO₂ y PAO₂ y las cifras encontradas para PACO₂ coinciden con los valores normales conocidos para la sangre arterial. Tanto PAO₂ como PACO₂ son índices que permiten conocer la efectividad de la ventilación alveolar y los resultados concuerdan con lo señalado por investigadores nacionales,¹³ es decir, que no hay gran diferencia cuando se utiliza el cociente respiratorio para corregir los cálculos de presión parcial de gases alveolares, aún en presencia de moderada hiperventilación.

El VO₂ se encontró elevado porque es una variable dependiente de la ventilación y no puede ser atribuido a un aumento del metabolismo orgánico producido por hipertiroidismo, fiebre o drogas. Consecuentemente al VO₂ alto, la VCO₂ también se encontró elevada, lo que constituye a su vez un índice de efectividad en la ventilación alveolar, por último, el cociente respiratorio (R), próximo a la unidad, conforma el estado hiperventilatorio y la presencia de un proceso metabólico rígido fundamentalmente por carbohidratos.

Se concluye de este estudio, que es aconsejable la valoración respiratoria en el paciente con cardiopatía isquémica, sobre todo en aquellos en quienes se ha decidido tratamiento quirúrgico como solución más viable a su problema isquémico. Tal propuesta está basada en el hecho de haber encontrado un porcentaje importante de pacientes con alteraciones volumétricas, mecánicas y ventilatorias, y que esta proporción es mayor que la encontrada en la población general sin cardiopatía isquémica; si bien es cierto que la comparación fue hecha con un grupo de menor edad.

Así mismo, proponemos una modificación al esquema de Miller, consistente en sustituir el VEF_{10} por el FEF_{30} en el eje de las abscisas, ya que el FEF_{30} es incuestionablemente un índice más fiel para diagnosticar los procesos obstructivos en fase subclínica.

REFERENCIAS

1. MC FADDEN, R. E. y INGRAM, R. H.: *Relationship between diseases of the heart and lungs*. En: Braunwald, E. Heart Disease. Filadelfia, Toronto. W. B. Saunders. 1980. Pág. 1899.
2. BALFOUR, S. N.; BELL, V. P. y CHRISTENSEN, S. E.: *Cardiopulmonary laboratory basic methods and calculations*. Springfield. Charles C. Thomas Publisher. 1967. 170.
3. COMROE, J. H. Jr.; FORSTER, R. E.; DOBOIS, A. B.; BRISCOE, W. A. y CARLSEN, E.: *The lung: Clinical physiology and pulmonary function tests*. Year Book Medical Publishers 2a. Edición. Chicago. 1962. Pág. 16 y 386.
4. CHERNIACK, R. M. y RABER, M. B.: *Normal standards for ventilatory function using an automated wedge spirometer*. Am. Rev. Resp. Dis. 1972; 106:38.
5. ACEVES, S. y LIMON, L. R.: *Capacidad Vital. Utilidad clínica de su determinación rutinaria en enfermos cardiovasculares*. Multa Paucis Médica. 1946; 3:1.
6. WEST, J. B.: *Respiratory Physiology*. Baltimore. The Williams & Wilkins. 1974. Pág. 15.
7. ROTMAN, H.; LISS, H. y WEG, J.: *Diagnosis of upper airway obstruction by pulmonary function testing*. Chest. 1975; 68:796.
8. Mc FADDERN, R. E.; KIKER, R.; HOLMES, B. A. y de GROOT, W. J.: *Small airway function*. Am. J. Med. 1974; 57:171.
9. RUIZ de ANDRES, S. y ESTADA GIRANTA, J. A.: *Importancia Clínica práctica de la pletismografía corporal*. Hospital General (España) 1969; 9:1.
10. MILLER, W. F. y JOHNSON, R. L.: *Convenient method of evaluation pulmonary ventilatory function with a single breath test*. Anesthesiology. 1956; 17:454.
11. RANGEL, A. A.; CARSOLO, P. R.; TORRES, G. C.; SALGADO, E. J.; URRUTIA, Z.: *Normal respiratory response to physical exercise at moderate altitude*. Rev. Invest. Clín. (Méx). 1976; 28:137.
12. SALGADO, E. J.; TAPIA, R. A.; CASTAÑEDA, D. G.; CORSOLO, P. R. y RANGEL, A. A.: *Magnitud y componentes del gradiente alveolar arterial de oxígeno en sujetos adultos normales a la altura de la ciudad de México*. Rev. Invest. Clín. (Méx). 1976; 28:329.
13. MARTINEZ, G.; FERNANDEZ, B. P. y LUPI, H. E.: *El gradiente alveolar arterial de oxígeno en pacientes con patología cardiopulmonar. Su estudio en el reposo con respiración de aire ambiente*. Arch. Inst. Cardiol. (Méx). 1979; 49:1055.

COMENTARIO OFICIAL

ABDO BISTENI*

Por encargo de la Directiva de esta Honorable Academia me ha tocado el privilegio de dar la bienvenida al doctor Rubén Bojorges al ingresar como miembro numerario, y comentar su trabajo de ingreso.

En su presentación el doctor Bojorges hace un estudio meticuloso de las alteraciones de la función respiratoria en la cardiopatía isquémica. Toda correlación ya implica *per se* un avance multidisciplinario, pero cuando se trata de la cardiopatía isquémica la relevancia es mayor por ser el padecimiento de mayor prevalencia en todas las latitudes.

El autor encuentra la más simple de las conclusiones y es que la capacidad vital disminuye notablemente, más del 50 por ciento en la mayoría de los pacientes; sin embargo, no existe correlación entre el proceso restrictivo pulmonar y la presión telediastólica del ventrículo izquierdo. Lo anterior fue ilustrado ampliamente, Bojorges encuentra también que los factores de riesgo para la cardiopatía isquémica son,

por igual, deletéreos para la función respiratoria y no hay motivos para suponer que sea un hallazgo casual de esta investigación. Este tema amerita una consideración especial que será la parte final de mi comentario.

El material y los resultados no demuestran la presencia de falla de bomba, que en caso de existir, explicaría fácilmente las alteraciones de la función respiratoria, para asegurar la correlación; pero no es así, con toda honestidad el autor hace énfasis en que no hay argumentos fehacientes para sugerir la falla de bomba.

En las conclusiones, como corolario de los resultados, se asienta que hay obstrucción de vías distales que comprometen la función respiratoria, tanto en personas normales (controles del grupo), como en los pacientes con coronariopatía, por lo tanto, esta anomalía en las vías respiratorias no es consecuencia de la cardiopatía, sino que coexisten ambas patologías.

*Académico titular.

Proseguir con comentarios como los anteriores sería repetir lo que el trabajo lleva en forma explícita, ordenado y bellamente ilustrado.

Cuando damos una bienvenida a esta Corporación nos referimos también a la calidad humana del que ingresa. Me es muy grato hacer notar que conozco desde hace muchos años al doctor Bojorges, como hombre íntegro, como médico capaz, como profesionista intachable y con actitud siempre positiva para lo que se encomienda. Baste señalar que ha llevado toda su experiencia médica, académica y docente para abrir nuevos caminos en la provincia, en Morelia.

Quiero concluir con una consideración que me parece experiencia importante: al leer el trabajo del doctor Bojorges se encuentra que no hay correlación entre muchos parámetros; el autor lo señala con honestidad y me hizo recordar que ya hace muchos años, en mis comienzos en la cardiología, en una brillante y movida sesión oí discutir a un clínico sagaz y a un electrocardiólogo pionero. El clínico decía "el dolor que aparece durante la crisis de angina de pecho, produce el desnivel negativo del segmento

RS-T en el electrocardiograma;" el electrocardiólogo disientía con vehemencia y su respuesta era en igual forma contundente y drástica: "la sucesión de hechos es al revés, o lo que es lo mismo, el desnivel negativo en RS-T en el electrocardiograma determina el dolor anginoso."

Sabemos ahora que ambas tesis son erróneas, pero explicable su existencia para aquella época; sabemos ahora y aceptamos que ambos fenómenos: el subjetivo, el dolor, y el objetivo, el desnivel negativo de RS-T, son manifestaciones hermanas, concordantes y coexistentes, consecuencia de una causa previa, la isquémica miocárdica.

Vislumbro que el doctor Bojorges encuentra problemas similares y nos enseña que quizá la alteración de la función respiratoria y los efectos de la isquemia miocárdica son consecuencia de factores comunes que alteran varias esferas de la economía humana.

Bienvenido, doctor Rubén Bojorges, a esta Academia y que su entusiasmo y capacidad colaboren para mantener la categoría de nuestra Corporación.