

SECCION DE TERAPIA INTENSIVA

MESA DIRECTIVA DE LA
A.M.M.C.T.I., A.C.:

DR. FERNANDO RODRÍGUEZ DE LA FUENTE

Presidente Honorario

DR. ALBERTO VILLAZÓN SAHAGÚN

Presidente

DR. JOSÉ LUIS BRAVO LLAMOSIA

Vicepresidente

DR. ALFREDO SIERRA UNZUETA

Secretario

DR. MANUEL LÓPEZ PORTILLO

Tesorero

DR. CARLOS GAOS SCHMIDT

Secretario de Actas

COMITE EDITORIAL

DR. HUGO A. CAMPOS F.

DR. BONFIGLIO R. MUÑOZ B.

DR. HÉCTOR M. PONCE DE LEÓN

DR. EDUARDO J. ORTÍZ R.

La diferencia alveolo-arterial de oxígeno como parte de las pruebas de la función respiratoria. Resultados en la Ciudad de México

DR. BONFIGLIO R. MUÑOZ-BOJALIL *

DR. ERNESTO OLIVAS DÍAZ **

Q.F.B. BENITA GARNICA VILLALPANDO ***

DRA. MIRYAM ECHAURY GONZÁLEZ **

DR. GUILLERMO S. DÍAZ MEJÍA ****

EN la actualidad se ha convertido en una necesidad medir la presión de oxígeno alveolar (PAO₂), en las salas de cuidados intensivos respiratorios¹, en las salas de cuidados intensivos postquirúrgicos², o para utilizar el oxigenador de membrana en la insuficiencia respiratoria aguda^{3,4,5}, y constituye un dato más para conocer el estado de la función respiratoria por medio de los estudios rutinarios, al obtener la PAO₂ junto con la PaO₂ (presión parcial de oxígeno en sangre arterial), y medir así la diferencia alveolo-arterial de oxígeno o D(A-a)O₂^{6,7}.

De 10 años a la fecha, se han simplificado los métodos para obtener las presiones de los gases en el aire y en la sangre arterial⁸, por lo cual no es de extrañarse que para obtener la PAO₂ puedan utilizarse métodos polarográficos⁹, microvolumétri-

cos¹⁰, o se pueda desarrollar la ecuación del aire alveolar^{6,7,11}; estos métodos han sido comparados en estudios previos^{9,12}, llegándose a la conclusión de que cualquiera de los mencionados da resultados confiables.

La mayoría de los estudios se han efectuado a nivel del mar y existen pocos datos acerca de lo que ocurre con la PAO₂ al nivel de la Ciudad de México. Lo estudiado ha sido con bruscos cambios de presión barométrica¹¹, o bien se ha inferido lo que debe acontecer a 2,240 metros de altitud¹³.

Pretendemos conocer el comportamiento de la PAO₂ en la Ciudad de México; utilizando la ecuación de los gases alveolares, que es un método sencillo, práctico y que requiere poco tiempo para obtener los resultados.

* Jefe del Servicio de Fisiología Pulmonar. Hospital de Enfermedades del Tórax. C.M.N., I.M.S.S.

** Médico Residente del Hospital de Enfermedades del Tórax. C.M.N., I.M.S.S.

*** Del Servicio de Fisiología Pulmonar. Hospital de Enfermedades del Tórax. C.M.N., I.M.S.S.

**** Jefe de Enseñanza e Investigación. Hospital de Enfermedades del Tórax. C.M.N., I.M.S.S.

MATERIAL Y MÉTODO

Se estudiaron 87 sujetos, 66 del sexo masculino y 21 del femenino, con edades que variaron entre ocho y 80 años. Los sujetos en estudio fueron enviados al Servicio de Fisiología Pulmonar del Hospital de Enfermedades del Tórax, Centro Médico Nacional, I.M.S.S., para realizar pruebas de función respiratoria por diversos motivos, y el total de sujetos se subdividió en cinco grupos, según el diagnóstico clínico principal, quedando como sigue:

- Grupo 1 Sanos pleuropulmonares: Integrado por 16 sujetos.
- Grupo 2 Obstructivos: Integrado por 26 pacientes.
- Grupo 3 Neumoconióticos: Integrado por 23 pacientes.
- Grupo 4 Cardiopatas: Integrado por 10 pacientes.
- Grupo 5 Neoplasias: Integrado por 12 pacientes.

Con base en técnicas descritas con anterioridad¹⁴, se tabularon los datos de edad, peso y estatura, así como:

A) *Espirometría*: para medir la capacidad vital espiratoria (CV), la capacidad vital del primer segundo (CVc), y la velocidad del flujo espiratorio medio (VFEM); se utilizó el respirómetro de 13.5 litros (Collins, M.R.), sin válvulas para tener la menor resistencia. Las cifras obtenidas se compararon con teóricas normales para la Ciudad de México¹⁵, aceptando los valores de Cherniack y cols.¹⁶, como normales para la velocidad del flujo espiratorio

B) *Ventilación pulmonar y gases, así como pH en sangre arterial*: Se obtuvo

ron de manera simultánea en tres condiciones de estudio sucesivas en el total de los casos y en cuatro condiciones en el 45 por ciento del total.

Las condiciones estudiadas fueron: 1. *Reposo* (respirando aire ambiente), 2. *Ejercicio* (respirando aire ambiente), 3. *Reposo* (respirando oxígeno al 10 por ciento), y 4. *Ejercicio* (respirando oxígeno al 100 por ciento). Los sujetos estuvieron en posición acostada y el ejercicio fue libre durante cinco minutos. Se puncionó y canalizó la arteria humeral izquierda con aguja de Cournand y se aguardaron 10 minutos antes de tomar la primera muestra. La toma de sangre arterial se efectuó en condiciones anaeróbicas y se analizó en un tiempo no mayor de cinco minutos después de obtenida, en un potenciómetro de la Instrumentation Laboratories (I.L., M.R.). Los datos de la ventilación pulmonar fueron obtenidos en gasómetro Tissot de 120 litros (M.R.), y se colectó aire espirado en una bolsa de neopreno de cinco litros, 30 a 60 segundos antes del registro de la condición. En el aire espirado se midieron las presiones parciales de oxígeno (PEO₂) y de bióxido de carbono (PCO₂) con ayuda del I.L. 113.

Para obtener la PAO₂ respirando aire ambiente, se empleó la ecuación del aire alveolar⁶, corregida para la Ciudad de México:

$$PAO_2 = PIO_2 - PaCO_2 (FIO_2 + \frac{1 - FIO_2}{PECO_2})$$

$$PIO_2 - PEO_2$$

En donde: PAO₂ = presión de oxígeno alveolar.

PIO₂ = presión de oxígeno inspirado, obtenido de la siguiente manera:

$PIO_2 = FIO_2 \times (PB - PH_{20})$, siendo la $FIO_2 = 0.2093$; la $PB = 584$ mm. Hg. y la $PH_{20} =$ la presión de vapor de agua, que a $37^\circ C$ es de 47 mm. Hg., quedando como sigue:

$$PAO_2 = 112.39 - PaCO_2 (0.2093 + \frac{0.7907}{PECO_2})$$

$$112.39 - PEO_2$$

Cuando el sujeto inhala oxígeno al 100 por ciento, la ecuación queda de la siguiente manera:

$$PAO_2 = 0.97 (PIO_2 - PaCO_2)$$

Como la fracción inspirada de oxígeno (FIO_2) es de 1 ya que se respira oxígeno casi al 100 por ciento, la ecuación se replantearía de la siguiente manera:

$$PAO_2 = 0.97 (584 - 47) - PaCO_2$$

$$(0.97 \times 537) - PaCO_2$$

$$520.89 - PaCO_2$$

El factor 0.97 se debe a la dificultad de obtener 100 por ciento de los tanques de oxígeno y a la producción de nitrógeno por parte de las células del aparato respiratorio⁷.

Al contar con las presiones de oxígeno en alvéolo y en sangre arterial, se obtuvo la diferencia alveolo-arterial de oxígeno mediante una resta:

$$D(A-a) O_2 = PAO_2 - PaO_2$$

Ya obtenidos los resultados, se procesaron en una computadora IBM-1130 para promedios y desviaciones estándar, así como para aplicar la prueba de "t" de diferencias y buscar la significación estadística.

RESULTADOS

En los cuadros I a V se presentan los resultados promedio y las desviaciones estándar de los grupos estudiados, tanto

de espirometría como de ventilación pulmonar, de gases y pH en sangre arterial, de PAO_2 y la diferencia alveolo-arterial de oxígeno.

En el cuadro VI se muestran las "t" de diferencias con la probabilidad, aceptando como mínimo la igual o menor a 0.05 como diferencia significativa entre los grupos estudiados.

En la gráfica 1 se muestran los perfiles de los promedios de la diferencia alveolo-arterial de oxígeno en los cinco grupos y en las cuatro condiciones sucesivas de estudio.

DISCUSIÓN

Desde el punto de vista del desarrollo de la fórmula, la PAO_2 en la Ciudad de México debería ser del orden de los 75 mm. Hg. al respirar aire ambiente, siempre y cuando los sujetos tuvieran en sangre arterial¹⁴ los valores "normales" siguientes:

$$PaO_2 = 68 \text{ mm. Hg.}$$

$$PaCO_2 = 31 \text{ mm. Hg.}$$

$$FEO_2 = 15.88 \text{ por ciento.}$$

$$FECO_2 = 4 \text{ por ciento.}$$

En el grupo de sujetos sanos, la PAO_2 fue mayor pero debe tomarse en cuenta que también es mayor la PaO_2 y es menor la $PaCO_2$, con lo cual quedaría explicada la diferencia entre lo esperado y lo encontrado.

Cuando los sujetos inhalan oxígeno al 100 por ciento, se esperaría que la PAO_2 fuera del orden de los 488 mm. Hg. al desarrollar la fórmula, que es un valor muy semejante a lo encontrado (492 mm. Hg.).

Lo que llama poderosamente la atención es la diferencia alveolo-arterial de oxígeno

GRUPO I (SANOS) *

Edad (Años)	Peso (Kg.)	Estatura (cm.)	Capacidad Vital (ml.)	Capacidad Vital (% perado)	Velocidad Flujo es- piratorio medio (L./seg.)	Velocidad Flujo espiratorio me- dio (% de lo es- perado)	Reposo		Ejercicio		Ejercicio	
							(Aire Ambiente)	(Aire Ambiente)	(Oxígeno al 100%)	(Oxígeno al 100%)	Capacidad Vital Primer segundo (% de la total)	Capacidad Vital Primer segundo (% de la total)
24	66	158	4344	112	5.11	109	Promedio	d. e.	Promedio	d. e.	3742	87
Presión de Oxígeno Alveolar (mm.Hg.)	85.8	7.2	86.0	6.9	492.2	5.17	493.0	4.0				
Presión de Oxígeno San- gre Arterial (mm.Hg.) ..	73.5	6.3	76.0	5.6	382.0	29.0	361.4	36.3				
Diferencia Alveolo Arterial de Oxígeno (mm.Hg.)	12.3	6.8	10.0	5.9	110.2	27.0	131.5	33.6				
Presión de CO ₂ Arterial (mm.Hg.)	27.3	3.8	26.2	3.0	26.2	4.3	26.1	4.0				
pH	7.451	0.039	7.436	0.040	7.426	0.054	7.392	0.026				
Volumen minuto (L./m ²)	6.2	1.3	18.6	6.9	5.9	1.4	15.2	4.2				
Frecuencia respiratoria (minuto)	18	2	28	8	18	3	30	6				
Relación EM/AC en% ..	34.8	6.2	27.0	4.0	35.0	8.6	30.2	7.7				

* Casos estudiados: 16.

CUADRO I

GRUPO II (OBSTRUCTIVOS) *

Edad (Años)	Peso (Kg.)	Estatura (cm.)	Capacidad Vital (ml.)	Capacidad Vital (% perado)	Velocidad Flujo es- piratorio medio (L./seg.)	Velocidad Flujo es- piratorio me- dio (% de lo es- perado)	Capacidad Vital		Capacidad Vital	
							Primer segundo (ml.)	Primer segundo (ml.)	Primer segundo (% de la total)	Primer segundo (% de la total)
60	61	157	2759	74	1.47	32	2217	2217	67	67
			Reposo (Aire Ambiente)		Ejercicio (Aire Ambiente)		Reposo (Oxígeno al 100%)		Ejercicio (Oxígeno al 100%)	
			Promedio	d. e.	Promedio	d. e.	Promedio	d. e.	Promedio	d. e.
Presión de Oxígeno Alveolar (mm.Hg.)	.....		79.6	11.0	75.3	12.0	484.2	7.0	482.8	5.2
Presión de Oxígeno San- gre Arterial (mm.Hg.)	...		58.8	9.1	57.2	9.9	311.0	78.5	319.5	50.3
Diferencia Alveolo Arterial de Oxígeno (mm.Hg.)	.....		20.7	8.1	18.0	8.6	160.8	54.5	163.6	46.1
Presión de CO ₂ Arterial (mm.Hg.)	.....		34.0	7.4	34.8	7.9	34.6	6.9	34.5	6.3
pH	.....		7.428	0.054	7.409	0.045	7.401	0.052	7.382	0.053
Volumen minuto (L./m ²)			7.2	3.0	12.3	4.1	6.7	3.2	11.4	3.2
Frecuencia respiratoria (minuto)	.....		20	5	27	5	19	5	24	6
Relación EM/AC en %	.....		42.3	8.6	39.6	10.0	43.2	8.8	40.1	8.4

* Casos estudiados: 26.

CUADRO II

GRUPO III (NEUMOCONIOTICOS) *

Edad (Años)	Peso (Kg.)	Estatura (cm.)	Capacidad Vital (ml.)	Capacidad Vital (%)		Velocidad Flujo es- piratorio medio (L./seg.)	Velocidad Flujo espiratorio me- dio (% de lo es- pirado)	Capacidad Vital Primer segundo (ml.)		Capacidad Vital Primer segundo (% de la total)	
				de lo es- pirado	perado			2974	2974	76	76
45	65	162	3818	94	2.74	55					
			Reposo (Aire Ambiente)		Ejercicio (Aire Ambiente)		Reposo (Oxígeno al 100%)		Ejercicio (Oxígeno al 100%)		
			Promedio	d. e.	Promedio	d. e.	Promedio	d. e.	Promedio	d. e.	d. e.
Presión de Oxígeno											
Alveolar (mm.Hg.)	.....		81.4	6.4	81.8	6.5	489.0	4.5	492.4		4.7
Presión de Oxígeno San- gre Arterial (mm.Hg.)											
...	...		65.3	6.4	67.0	6.7	367.1	33.3	376.2		38.8
Diferencia Alveolo Arterial de Oxígeno (mm.Hg.)											
.....	.....		16.1	6.4	14.8	5.9	121.9	31.8	116.1		39.3
Presión de CO ₂											
Arterial (mm.Hg.)	.....		30.5	4.1	29.8	4.3	30.0	4.4	26.7		4.8
pH	.....		7.422	0.031	7.408	0.032	7.416	0.034	7.408		0.041
Volumen minuto (L./m ²)			6.6	1.5	15.0	3.7	6.8	1.9	16.5		3.2
Frecuencia respiratoria (minuto)	.....		20	4	28	7	21	5	27		3
Relación EM/AC en %	...		39.4	8.3	32.5	9.0	38.2	9.5	27.7		2.7

* Casos Estudiados: 23.

CUADRO III

GRUPO IV (CARDIOPATIAS) *

Edad (Años)	Peso (Kg.)	Estatura (cm.)	Capacidad Vital (ml.)	Capacidad Vital (% perado)	Velocidad		Velocidad Flujo espiratorio me- dio (% de lo es- perado)	Capacidad Vital		Capacidad Vital Primer segundo (% de la total)
					Flujo es- piratorio medio (L./seg.)	Flujo es- piratorio medio (L./seg.)		Primer segundo (ml.)	Primer segundo (ml.)	
54	62	163	2925	75	2.34	2.34	50	2289	2289	78
			Reposo		Ejercicio		Reposo		Ejercicio	
			(Aire Ambiente)		(Aire Ambiente)		(Oxígeno al 100%)		(Oxígeno al 100%)	
			Promedio		Promedio		Promedio		Promedio	
			d. e.		d. e.		d. e.		d. e.	
Presión de Oxígeno Alveolar (mm.Hg.)			83.3	8.2	85.6	7.9	490.2	7.0	490.6	8.7
Presión de Oxígeno Sangre Arterial (mm.Hg.) ..			63.6	8.1	65.8	8.9	338.0	19.7	340.0	23.7
Diferencia Alveolo Arterial de Oxígeno (mm.Hg.)			19.6	8.0	19.8	5.1	151.4	18.3	150.6	19.4
Presión de CO ₂ Arterial (mm.Hg.)			27.6	6.0	26.2	6.9	28.8	7.0	28.5	8.6
pH			7.462	0.034	7.457	0.041	7.442	0.041	7.437	0.030
Volumen minuto (L./m ²)			6.5	1.3	13.8	4.3	7.0	3.4	13.0	4.6
Frecuencia respiratoria (minuto)			20	5	29	13	21	7	30	10
Relación EM/AC en %..			42.5	12.0	34.6	8.8	40.6	7.8	30.2	10.4

* Casos estudiados: 10.

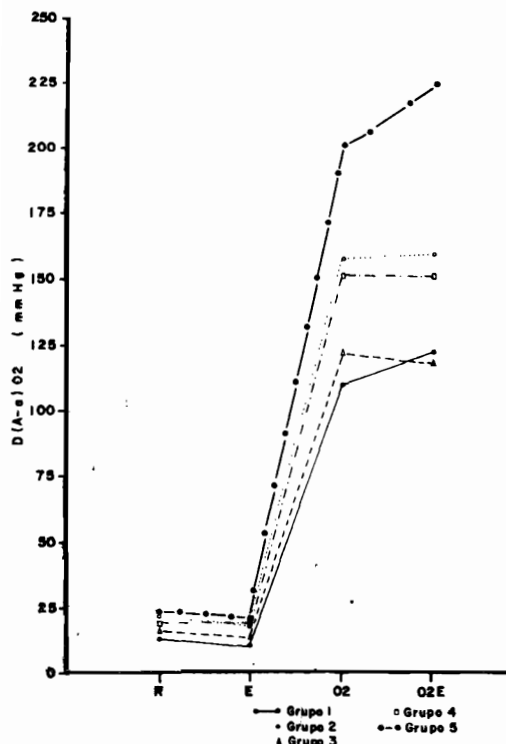
CUADRO IV

GRUPO V (NEOPLASIAS) *

Edad (Años)	Peso (Kg.)	Estatura (cm.)	Capacidad Vital (ml.)	Capacidad Vital (% de lo es- perado)	Velocidad Flujo es- piratorio medio (L./seg.)	Velocidad Flujo espiratorio me- dio (% de lo es- perado)	Capacidad Vital		Capacidad Vital	
							Primer segundo (ml.)	Primer segundo (% de la total)	Primer segundo (ml.)	Primer segundo (% de la total)
56	59	160	3150	88	2.12	58	2424	78		
			Reposo (Aire Ambiente)		Ejercicio (Aire Ambiente)		Reposo (Oxígeno al 100%)		Ejercicio (Oxígeno al 100%)	
			Promedio	d. e.	Promedio	d. e.	Promedio	d. e.	Promedio	d. e.
Presión de Oxígeno										
Alveolar (mm.Hg.)	.....		83.9	4.5	86.0	6.1	490.8	3.3	491.8	7.0
Presión de Oxígeno Sangre Arterial (mm.Hg.)										
.....			62.9	9.2	65.3	12.5	282.6	99.4	267.8	104.9
Diferencia Alveolo Arterial de Oxígeno (mm.Hg.)										
.....			21.4	7.5	20.7	9.2	200.6	109.1	224.0	100.3
Presión de CO ₂ Arterial (mm.Hg.)										
.....			28.1	3.1	26.1	4.8	28.3	3.4	27.2	7.9
pH	.....		7.442	0.025	7.441	0.043	7.414	6.026	7.438	0.073
Volumen minuto (L./m ²)	.....		6.3	1.3	16.2	8.4	5.6	1.6	12.1	6.1
Frecuencia respiratoria (minuto)	.....		24	8	32	11	21	8	36	14
Relación EM/AC en %	.....		38.0	10.4	33.6	4.6	40.0	7.9	37.5	8.4

* Casos estudiados: 12.

Cuadro V



GRÁFICA 1

al respirar oxígeno al 100 por ciento. Al nivel del mar se han reportado cifras más bajas en los promedios de los grupos estudiados ^{6,10}, aunque muchos de los valores individuales son muy semejantes a los obtenidos por nosotros, del orden de los 100 mm. Hg. o más ^{7,11,13}.

Consideramos que el estudiar tres o cuatro condiciones sucesivas nos dio la oportunidad de conocer con precisión el método, pues de tener error en una de las situaciones, se tiende a minimizar con el análisis de lo que ocurre en la siguiente; esto es, los cambios observados en la PaO_2 y en la $D(A-a)O_2$ en las cuatro condiciones estudiadas, nos muestra que el método empleado para medir la PAO_2 es adecuado, ya que la $D(A-a)O_2$ se minimiza en los sanos al realizar ejercicio respirando aire ambiente y existe un importante aumento en la $D(A-a)O_2$ al incrementarse los cortos circuitos venoarteriales anatómicos, como resultó evidente en el grupo de "neoplasias", sobre todo cuando en este

RESULTADO DE LA PRUEBA DE "t" — DE DIFERENCIAS —

CONDICION DE ESTUDIO	PRESION DE OXIGENO ALVEOLAR (mm. Hg.)				PRESION DE OXIGENO SANGRE ARTERIAL (mm. Hg.)				DIFERENCIA ALVEOLO-ARTERIAL DE OXIGENO (mm. Hg.)			
	ivs 2	ivs 3	ivs 4	ivs 5	ivs 2	ivs 3	ivs 4	ivs 5	ivs 2	ivs 3	ivs 4	ivs 5
REPOSO (aire ambiente) "p"	1.99 n.s.	1.975 n.s.	0.794 n.s.	0.773 n.s.	5.616 <0.001	3.937 <0.001	3.468 <0.005	3.602 <0.005	3.474 <0.005	1.787 n.s.	2.493 <0.05	3.359 <0.005
EJERCICIO (aire ambiente) "p"	3.22 <0.005	1.897 n.s.	0.131 n.s.	0.013 n.s.	6.855 <0.001	4.337 <0.001	3.569 <0.005	3.031 <0.01	3.27 <0.005	2.482 <0.025	4.284 <0.001	3.716 <0.001
REPOSO (oxígeno al 100%) "p"	3.90 <0.001	1.984 n.s.	0.797 n.s.	0.807 n.s.	3.351 <0.005	1.405 n.s.	4.171 <0.001	3.69 <0.005	3.43 <0.005	1.168 n.s.	4.205 <0.001	3.107 <0.005
EJERCICIO (oxígeno al 100%) "p"	0.793 n.s.	0.227 n.s.	0.661 n.s.	0.330 n.s.	1.917 n.s.	0.635 n.s.	1.426 n.s.	2.223 <0.005	1.56 n.s.	0.690 n.s.	1.425 n.s.	2.305 <0.05

CUADRO VI

grupo se dio a inhalar oxígeno al 100 por ciento.

Otro de los factores que se deben tomar en cuenta para valorar la $D(A-a)O_2$, es la relación EM/AC, que plantea una guía para conocer la distribución del aire inspirado y que se puede traducir como irregularidades en la relación ventilación-perfusión¹⁷, ya que hemos observado una disminución de ocho o más unidades en la mencionada relación espacio muerto-aire corriente y que coincide con un aumento en la PaO_2 , como se puede observar en el grupo I y que es menos evidente en los grupos III y IV, lo que tratamos de explicar como una mejoría en la llegada y salida de aire al espacio alveolar, y esto significa disminución del "espacio muerto funcional"¹⁸, pero además, estos hechos nos ayudarían a encontrar con más claridad la presencia de cortos circuitos de derecha a izquierda, puesto que si disminuye la relación EM/AC pero no mejora la PaO_2 como acontece en el grupo II durante el ejercicio con aire ambiente, debemos aceptar la presencia del paso de sangre directamente de la aurícula derecha a la izquierda sin tomar parte en la hematosis, lo cual está presente en los sujetos sanos de manera mínima puesto que al respirar oxígeno al 100 por ciento, en el grupo I la $D(A-a)O_2$ aumenta, pero es mucho más evidente en el grupo V al inhalar oxígeno al 100 por ciento; en el grupo V también se presentan irregularidades en la relación ventilación-perfusión y esto plantea la existencia de los dos tipos de cortos circuitos venoarteriales, puesto que el aumento en la relación EM/AC traduce los cortos circuitos "funcionales" y el aumento en la $D(A-a)O_2$ al inhalar oxígeno al 100 por

ciento establece la presencia de los cortos circuitos venoarteriales anatómicos.

Desde el punto de vista de la espirometría, se puede observar que en los sujetos sanos o grupo I, la cantidad de aire que es capaz de contener el pulmón está dentro de lo normal, puesto que la capacidad vital está en 112 por ciento de lo esperado, y la permeabilidad de las vías aéreas centrales es normal, medida por la capacidad vital del primer segundo que está en 87 por ciento de la total, así como las vías aéreas periféricas son permeables y no hay obstrucción, puesto que la velocidad del flujo espiratorio medio está en 100 por ciento de lo esperado¹⁶. En el grupo II "obstructivos", se puede apreciar que hay "restricción del volumen pulmonar funcional", puesto que la capacidad vital está por debajo del 90 por ciento de lo esperado¹⁵, así como hay obstrucción de vías aéreas centrales, puesto que la capacidad vital cronometrada está muy por abajo del 90 por ciento de lo esperado¹⁵. En el grupo III de neumoconióticos, lo que predomina es la obstrucción periférica, puesto que la velocidad del flujo espiratorio medio, es la más disminuida y la obstrucción central es ligera, mientras que la capacidad vital se encuentra dentro de lo normal¹⁵. En el grupo IV también hay obstrucción periférica importante y ligera central, acompañándose de restricción moderada de la cantidad del aire que puede contener el pulmón, ya que la capacidad vital está disminuida. En el grupo V o de neoplasias, predomina la obstrucción periférica, por tanto, podemos asentar que en los grupos de enfermos estudiados predominó la obstrucción de vías aéreas periféricas, con componente obstructivo central míni-

mo a moderado y que se acompañó de restricción del volumen pulmonar en tres de los cuatro grupos de enfermos. La repercusión de estas alteraciones en la hematosiis fue de grado variable.

Así resalta la importancia de conocer el estado de la hematosiis a través de una serie de datos y no es posible conocerla contando con uno sólo de los mencionados en este trabajo, aunque debemos aceptar que la base la constituye la medición de la PAO_2 , adquiere mayor trascendencia la $D(A-a)O_2$, como se muestra en la gráfica 1, en la que se comparan las diferencias alveolo-arteriales de oxígeno en las cuatro condiciones de estudio y se puede observar que, conforme se acentúan los cortos circuitos venoarteriales anatómicos, la $D(A-a)O_2$ es mayor, y que de existir un trastorno de la difusión, como parece haberlo de manera incipiente en el grupo de neumonióticos, la $D(A-a)O_2$ tendería a minimizarse.

Respecto a lo que ocurrirá en el grupo de "obstructivos" o grupo II, podemos decir que los sujetos no estuvieron hipoventilando y lo que predominó en los pacientes fueron las irregularidades en la relación ventilación-perfusión, o sea que hubieron áreas bien ventiladas y mal perfundidas y otras mal ventiladas y bien perfundidas, pero que se van a comportar como si existiera un trastorno de la difusión por disminución del área o, lo que puede resultar muy semejante, por cortos circuitos venoarteriales funcionales, ya que al disminuir la relación EM/AC y mejorar la ventilación alveolar, tiende a mejorar la presión de oxígeno en sangre arterial, y tiende a disminuir la presión de diferencia entre el alveolo y la sangre arterial.

CONCLUSIONES

1. La presión de oxígeno alveolar (PAO_2), se puede obtener de manera sencilla aplicando la fórmula de los gases alveolares.
2. La PAO_2 por sí misma es de poca utilidad, para conocer el estado de la hematosiis, ya que lo importante está a nivel de la diferencia alveolo-arterial de oxígeno $D(A-a)O_2$.
3. De preferencia, se deberá analizar el comportamiento de la $D(A-a)O_2$ en cuatro condiciones sucesivas, como las mencionadas en el presente trabajo.
4. Con ayuda de la $D(A-a)O_2$, se puede aclarar la participación de los cortos circuitos venoarteriales anatómicos en la producción de la insuficiencia respiratoria, así como la existencia de trastorno de la difusión por disminución del área o por engrosamiento de la membrana. Las irregularidades en la relación ventilación-perfusión constituyen otro factor para aumentar la $D(A-a)O_2$.
5. El contar con otros datos de la función respiratoria, ayuda considerablemente a conocer con más precisión el estado de la hematosiis.

RESUMEN

Se presentan los resultados de las pruebas funcionales respiratorias efectuadas en 87 sujetos, que se subdividieron en cinco grupos, según el diagnóstico clínico principal. En todos ellos se midió la PAO_2 con la fórmula de los gases ideales alveolares y se analizó el comportamiento de la

D(A-a)O₂ en cuatro condiciones sucesivas: reposo y ejercicio respirando aire ambiente y respirando oxígeno al 100 por ciento. Las principales diferencias se localizaron a nivel de la PaO₂ y de la D(A-a)O₂. La diferencia alveolo-arterial de oxígeno se incrementó con la presencia de cortos circuitos venoarteriales; se minimizó al mejorar la distribución del aire inspirado, pues se regulariza la relación ventilación-perfusión; cuando los sujetos

inhalan oxígeno al 100 por ciento y la diferencia alveolo-arterial de oxígeno es mínima, debe pensarse en trastorno de la difusión por engrosamiento de la membrana. En los sujetos sanos respirando aire ambiente se encontró una D(A-a)O₂ promedio de 12.3 mm. Hg. con variación de 6.8 mm. Hg.; la PAO₂ en 85.8 mm. Hg. con variación de 7.2 mm. Hg. y la PaO₂ en 73.5 mm. Hg. con variación de 6.3 mm. Hg.

BIBLIOGRAFIA

1. Bryan-Brown, C.: Respiratory intensive care: A review with possible indications for membrane oxygenator support. Mount Sinai J. Med. 40: 181. 1973.
2. Hill, J. D.: Extracorporeal oxygenation for acute respiratory insufficiency: Clinical experience. Mount Sinai J. Med. 40: 189. 1973.
3. Joseph, W. L.; Giordano, J. M. y Geelhoed, G. W.: Clinical use of the membrane lung oxygenator for acute respiratory insufficiency. Mount Sinai J. Med. 40: 222. 1973.
4. Rassat, J. R. y Mikaeloff, P.: L'oxygénateur a membrane. Ann. Chir. Thorac. Cardiovasc. 9: 387. 1970.
5. Gille, J. P.: L'assistance respiratoire par circulation extracorporelle avec poumon artificiel a membrane. Bull. Physiopath. Resp. 10: 373. 1974.
6. Ayres, S. M.; Criscitiello, A. y Grabousky, E.: Components of alveolar-arterial O₂ differences in normal man. J. Appl. Physiol. 19: 43. 1964.
7. Mellengaard, K.: The alveolar-arterial oxygen difference: Its size and components in normal man. Acta Physiol. Scand. 67: 10. 1966.
8. Siggaard-Andersen, O.; Jorgensen, K. y Astrup, P.: A micro method for the determination of pH, carbon dioxide tension, base excess and standard bicarbonate in capillary blood. J. Clin. Lab. Invest. 12: 172. 1960.
9. Jones, N. L.; Moran-Campbell, E. J.; Edwards, R. T. H. y Wilkoff, W. G.: Alveolar-to-blood PCO₂ difference during rebreathing in exercise. J. Appl. Physiol. 27: 356. 1969.
10. Asmussen, A. y Nielsen, M.: Physiological dead space and alveolar gas pressure at rest and during muscular exercise. Acta Physiol. Scand. 38: 1. 1956.
11. Terman, J. W. y Newton, J. L.: Changes in alveolar and arterial gas tensions as related to altitude and age. J. Appl. Physiol. 19: 21. 1964.
12. Ferguson, R. J.; Faulkner, J. A.; Julius, S. y Conway, J.: Comparison of cardiac output determined by CO₂ rebreathing and dye dilution methods. J. Appl. Physiol. 25: 450. 1968.
13. Luft, U. C.: Physiological alterations of altitude in aviation. En Clinical Cardiopulmonary Physiology. Págs. 631-649. E. Grune, Stratton. N.Y., U.S.A. 1969.
14. Muñoz-Bojalil, B.: Estudios de ventilación pulmonar, de gases y pH en sangre arterial en la Ciudad de México. Neumol. Cir. Tórax, México, 33: 133. 1972.
15. Muñoz-Bojalil, B.; Díaz, M. G. y Garnica, V. B.: Límites de variación y de confianza de algunos estudios de función pulmonar. Neumol. Cir. Tórax, México, 33: 331. 1974.
16. Cherniack, R. M. y Raber, M. B.: Prediction equations for computerized ventilatory studies by flow-volume method. Amer. Rev. Resp. Dis. 106: 38. 1972.
17. Muñoz-Bojalil, B.; Ortiz, R. E. y Díaz, M. G.: Clasificación de la insuficiencia respiratoria. Neumol. Cir. Tórax, México, 34: 339. 1973.
18. Comroe, J. H.: The Lung. Year Book Med. Pub., Chicago, U.S.A. 1966.