

Ventilación controlada y el respirador de Takaoka*

Por el Dr. Juan Pablo Lacour (**)

Dr. en Medicina. Licenciado en Física

Propósito

DESEAMOS ante todo hacer una breve reseña fisiológica sobre ventilación pulmonar, antes de adentrarnos en los problemas que surgen como consecuencia de las técnicas anestésicas con respiración controlada, (R.C.) y describir luego con detalles las características mecánicas del respirador de Takaoka, las respuestas que presenta el organismo ante el uso de dicho aparato, y la forma correcta de utilizarlo.

Comencemos por definir términos:

Para ello seguiremos las indicaciones de J. R. Pappenheimer, (1) como un intento de divulgar esta nomenclatura ya en uso desde 1950 y que hoy día es aceptada por la mayoría de los investigadores que se dedican a estos estudios (1) (2) (3). Hacemos aquí la salvedad, que al adoptar esta nomenclatura al castellano nos ha parecido lógico no utilizar directamente las siglas empleadas por los autores de habla inglesa, sino que hemos hecho la traducción de los términos al castellano y usaremos las siglas que concuerden con dicha traducción. No está demás decir, que la alteración es pe-

queña y en general sólo se trata de invertir el orden de las letras; ello facilita enormemente la lectura y comprensión de un trabajo, pues no es fácil leer el texto en castellano y saltar de este idioma al inglés para escribir fórmulas. Para que el lector aprecie las diferencias, escribiremos entre paréntesis las letras que corresponden al idioma inglés.

Respiración controlada R. C. (C.R.):

Es aquélla que se utiliza cuando los músculos o nervios responsables de la mecánica respiratoria están paralizados, (caso más frecuente); o cuando el centro respiratorio responsable de la actividad de dichos elementos no funciona, (caso menos frecuente); como ocurre en la depresión del centro respiratorio C.R. (R.C.) por drogas, y en la anulación o perturbación patológica del mismo (poliomielitis bulbar o trastornos circulatorios del C.R.).

La respiración controlada puede ser adecuada o no. La denominaremos: R.C. ad. R.C. inad.

Respiración asistida R.A. (A.R.):

Es aquélla que se utiliza cuando persiste en parte, la acción de los músculos respira-

* El presente trabajo fue publicado en el No. 1, tomo XXI, 1963, de la Revista Argentina de Anestesiología. Agradecemos a la Sociedad Argentina de Anestesiología su cordial anuencia para su presente republicación.

** Tte. Cornl. Médico Jefe del Servicio de Anestesia del Hospital Militar de Campo de Mayo. Profesor de Física para el Curso de Graduados que se postulan para el título de Anestesiólogo.

torios, o cuando el C.R. no está totalmente deprimido y aún comanda la acción de los músculos respiratorios. La R.A. puede ser adecuada o no y la denominaremos R.A. ad. o R.A. inad.

Respiración espontánea R. E.:

Es la que realiza el sujeto sin ayuda exterior y desde ya dejamos sentado que al igual que la precedente, puede ser adecuada o no, denominándola entonces R.E. ad., y R.E. inad.; luego veremos cuál es el criterio que debemos seguir para efectuar esta clasificación de adecuada o inadecuada.

Frecuencia respiratoria F. (F.):

Es el número de respiraciones completas que se efectúan en la unidad de tiempo (1 minuto) en los adultos la f. es de 12 ó 14 para los hombres y de 14 a 16 para las mujeres, estando el sujeto en condiciones basales.

Volumen corriente V.C. (T.V., tidal volume):

Es la medida (en centímetros cúbicos) del aire que entra o sale del aparato respiratorio en cada inspiración o espiración normal. Varía con la edad, el peso, el estado del metabolismo y las condiciones de reposo o actividad en que se efectúa la medida.

En condiciones basales y con un metabolismo normal, se puede calcular con cierta aproximación el V.C. que corresponde a los diferentes individuos, con el nomograma de Radford, ver figura 1.

Espacio muerto fisiológico {

- Espacio muerto anatómico:* que llena los tubos respiratorios que no contienen endotelio alveolar; tales como fosas nasales, boca, faringe, tráquea, bronquios y bronquiolos.
- Espacio muerto de los alvéolos no irrigados:* por consiguiente, el gas que los llena, no efectúa intercambio con la sangre.
- Espacio muerto de los alvéolos hiperventilados:* por consiguiente, parte del gas que a ellos llega, no se utiliza para oxigenar la sangre que circula por dichos alvéolos, ya que una vez saturada de O₂, no se la puede hipersaturar con la P.a. O₂ (*) que allí existe.

NOMOGRAMA DE RADFORD

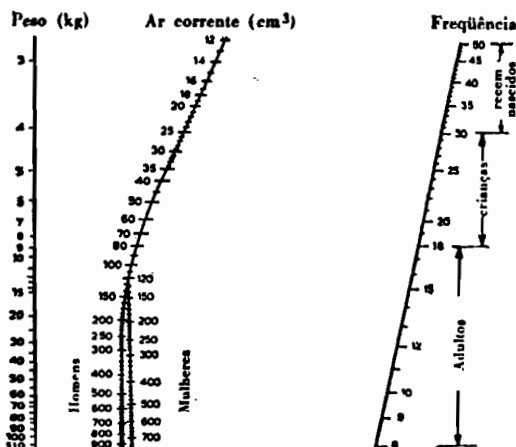


FIGURA 1

Ventilación pulmonar V.p. (V.T. total ventilation):

V. indica volumen, y con un punto arriba, indica que se usa la derivada de tiempo, es decir, volumen por minuto.

Se obtiene multiplicando la f. por el V.C. y representa la cantidad total de gases que salen o entran al aparato respiratorio en la unidad de tiempo, el minuto.

$$f. \times V.C. = V.p.$$

Espacio muerto V.m. (V.d.):

Como el espacio muerto es un volumen, se lo caracteriza por una V. "Es la cantidad de gas que, llenando el árbol respiratorio, no se pone en contacto con la sangre circulante de los capilares alveolares, y, por consiguiente, no se utiliza en el intercambio gaseoso".

Se compone de:

(*) P.a. O₂ = presión alveolar de O₂.

** V = \dot{V} = Volumen por minuto.

El V.m. se calcula con la fórmula de Bohr.

Para efectuar este cálculo es necesario conocer:

1º) Composición porcentual de alguno de los gases en el *aire alveolar*, e.g.: % de CO₂ del *aire alveolar*.

2º) Composición porcentual del mismo gas en el total del aire espirado, % de CO₂ en el *aire espirado*.

3º) Composición porcentual del mismo gas en el aire inspirado, % de CO₂ en el *aire inspirado*.

4º) Conocer exactamente el V.C.

$$\text{Fórmula: } V.m. = \frac{\% \text{ CO}_2 \text{ alveolar} - \% \text{ CO}_2 \text{ espirado}}{\% \text{ CO}_2 \text{ alveolar} - \% \text{ CO}_2 \text{ inspirado}} \times V.C.$$

Ejemplo:

5,2% = Concentración alveolar del CO₂

3,4% = Concentración del CO₂ en el aire espirado

0,035% = Concentración del CO₂ en el aire inspirado

520 cc. = V.C.

$$\text{Fórmula: } \frac{5,2 - 3,4}{5,2 - 0} \times 520 = 180 \text{ cm}^3 \text{ de V.m.}$$

Volumen corriente V.C. (T.V., tidal volume):

Es la medida (en centímetros cúbicos) del aire que entra o sale del aparato respiratorio en cada inspiración o espiración normal. Varía con la edad, el peso, el estado del metabolismo y las condiciones de reposo o actividad en que se efectúa la medida.

En condiciones basales y con un metabolismo normal, se puede calcular con cierta

aproximación el V.C. que corresponde a los diferentes individuos, con el nomograma de Radford, ver figura 1.

VOLUMENES PULMONARES

Uno de ellos ya lo conocemos, es el que hemos denominado *volumen corriente* V.C. (V.T. o T.V.).

Volumen inspiratorio de reserva V.I.R. (I.R.V. inspiratory reserve volume):

Antes se lo denominaba "aire complementario", es la cantidad de aire que entra al aparato respiratorio entre una inspiración normal y una inspiración máxima.

Volumen residual V.R. (R.V. o R.d.V.):

Es la cantidad de gas que queda en los pulmones luego de una espiración máxima. No se lo puede medir directamente y se utilizan métodos indirectos. Al tratar de la capacidad residual funcional, veremos cuál es el método que se emplea para determinar el V.R.

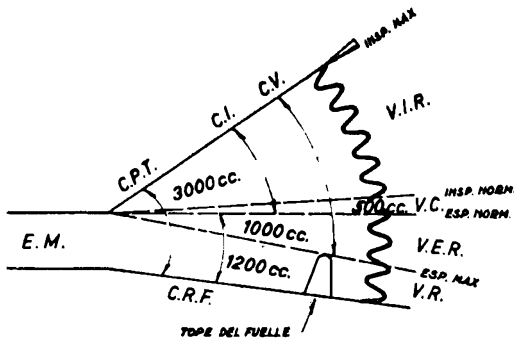
Volumen espiratorio de reserva V.E.R. (E.R.V. expiratory reserve volume):

Es la cantidad de gas que se puede expulsar del aparato respiratorio con una espiración máxima luego de haber efectuado una espiración normal.

CAPACIDADES PULMONARES

Capacidad Vital C.V. (V.C. vital capacity):

Es la cantidad de gas que se expulsa de los pulmones entre una inspiración máxima y una espiración máxima. Se la puede medir con un espirómetro o con un ventilómetro.



ESQUEMA DE LOS VOLUMENES Y CAPACIDADES PULMONARES

FIGURA 2

Capacidad inspiratoria C.I. (I.C.):

Es el volumen máximo de gas que se puede inspirar desde una espiración normal a una inspiración máxima.

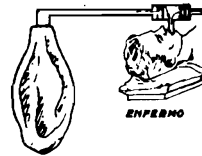
Capacidad residual funcional C.R.F. (F.R.C. Functional residual capacity):

Es la cantidad total de gases que llena los pulmones luego de una espiración normal, se la calcula por métodos indirectos, abiertos o cerrados, utilizando un gas como el nitrógeno en el primer caso, o el helio en el segundo caso, gases estos poco difusibles a través de la pared alveolar.

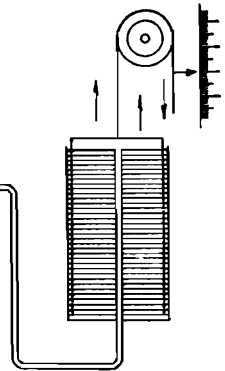
Determinación en circuito abierto:

Elementos necesarios:

- 1º) Espirómetro de gran capacidad (Tissot).
- 2º) Bolsa de Douglas llena de O₂.
- 3º) Válvula unidireccional que permite inspirar el O₂ de la bolsa de Douglas y espirar en el espirómetro.
- 4º) Analizador de N₂.



BOLSA DE DOUGLAS CAP 100 L. LLENA DE O₂



ESPIROMETRO DE GRAN CAPACIDAD LAVADO CON O₂

DETERMINACION DE LA CAPACIDAD RESIDUAL, FUNCIONAL Y DEL ESPACIO MUERTO.

FIGURA 3

El enfermo respira durante dos (2) minutos vaciando la bolsa de Douglas y llenando el espirómetro, con una mezcla de gases que contiene N₂ (el que llenaba los alvéolos y los tubos aéreos, a una concentración conocida de 80% en números redondos).

Datos necesarios para el cálculo:

- a) Cantidad total de gases, que pasó al espirómetro al final de la prueba; por ejemplo 12 litros.
- b) Concentración de N₂ en el espirómetro; por ejemplo 14,7%.

Razonamiento:

Si por cada 100 cm³ de gas contenido en el espirómetro hay 14,7 cm³ de N₂ en 12 litros habrá:

$$\frac{14,7 \text{ cm}^3}{X} = \frac{100 \text{ cm}^3}{12.000 \text{ cm}^3}$$

$$\frac{14,7 \times 12.000}{100} = 1,764 \text{ cm}^3 \text{ de N}_2$$

Estos 1,764 cm³ de N₂ estaban en el pul-

món y constituían el 80% de la cantidad total de gases, por consiguiente esa cantidad total será

$$\frac{1.764 \text{ cm}^3 \text{ N}_2}{X} = \frac{80\%}{100\%}$$

$$\frac{1.764 \times 100}{80} = 2.200 \text{ cm}^3$$

Estos 2.200 cm³ llenaban el pulmón *al fin de una espiración normal* (si se ha tomado la precaución de comenzar la prueba en este punto) y constituyen la denominada Capacidad residual funcional C.R.F. (F.R.C.) Si a este volumen le restamos la cantidad de gases que es posible expulsar entre una espiración normal y una espiración máxima (o sea el V.E.R.) obtendremos el V.R. (volumen residual).

Capacidad pulmonar total C.P.T. (T.L.C. total lung capacity):

Es la cantidad total de gases que llena el pulmón al efectuar una inspiración máxima y se obtiene sumando a la C.V. el V.R. por lo tanto:

$$C.P.T. = C.V. + V.S.$$

Como hemos explicado arriba, el V.R. se obtiene por método indirecto.

Ventilación Alveolar V.a. (V.a.):

Es el volumen de gas que se pone en contacto con la superficie alveolar funcional en la unidad de tiempo (minuto).

$$\frac{V. \text{ CO}_2 \times 100 \times f}{\% \text{ CO}_2 \text{ en el aire alveolar}} = \frac{16,9 \times 100 \times 12}{5,5} = 3.700 \text{ cm}^3 \text{ de V.a.}$$

Depende de tres factores:

- 1º) V.C. volumen corriente
- 2º) V.m. espacio muerto
- 3º) f. frecuencia respiratoria.

DETERMINACIÓN:

Primer método

$$V.a. = (V.C. - V.m.) \times f.$$

Ejemplo:

V.C.=470 cm³ V.M.=135 cm³; f=14.
 Por lo tanto: (470-135)×14=4.700 cm³
 V.a. = 4.700 cm³

Segundo método:

Consiste en determinar la efectividad de la respiración para efectuar el lavado de CO₂.

Datos necesarios:

- 1º) V.C.
- 2º) % de CO₂ en el aire espirado.
- 3º) % de CO₂ en el aire alveolar.
- 4º) V. de CO₂ (en cm³) que hay en el aire de una espiración. Se obtiene multiplicando el % de CO₂ del aire espirado por el V.C.

$$\frac{\text{Cm}^3 \text{ CO}_2 \text{ de una espiración} \times 100 \times f}{\% \text{ CO}_2 \text{ alveolar}} = V.a.$$

Ejemplo:

V.C.=450 cc.
 % CO₂ en el aire espirado=3,75%
 % CO₂ en el aire alveolar=5,5%
 % CO₂ en el aire espirado=450×3,75=16,9 cc.
 f.=12.

$$\frac{16,9 \times 100 \times 12}{5,5} = 3.700 \text{ cm}^3 \text{ de V.a.}$$

Mecánica respiratoria

Cuando la pleura visceral o pulmonar contacta con la pleura parietal o torácica, el tórax relajado adquiere una posición de

equilibrio; dicha posición corresponde al final de una espiración normal, y está determinada por la acción de dos fuerzas antagónicas, por un lado el pulmón, que tiende a retraerse, comportándose como un elástico y por el otro lado el tórax, que tiende a expandirse comportándose también como un elástico perfecto.

Si se hace penetrar aire en el espacio pleural, la caja torácica y el pulmón obedecen a las fuerzas antes mencionadas, el tórax se expande y el pulmón se retrae.

El tórax se expande hasta adquirir un volumen aproximado del 75% al 80% de la C.P.T.

Los pulmones se retraen hasta adquirir un volumen aproximado de 3/5 del V.R. Cuando los pulmones y tórax están en contacto, ambas fuerzas actúan simultáneamente y el conjunto se comporta, como hemos dicho, al igual que un elástico y obedece, por consiguiente, a la ley de Hooke; la que, explicada en palabras sencillas, dice: *“un resorte se estira o comprime en proporción aritmética con la fuerza que sobre él se aplique, esta razón permanece constante hasta sobrepasar el límite de la elasticidad, momento en el cual el resorte se deforma o rompe”*.

Al comparar el tórax con un resorte debemos hacer la siguiente salvedad; en un resorte aplicamos una fuerza; en el pulmón hacemos una presión intrabronquial y obtenemos un volumen o capacidad, proporcional a la presión intrapulmonar que ejercemos.

Por lo tanto, con el tórax relajado la capacidad estará en razón directa con la presión que demos al gas que se insufla (Spalding 1955).

En otras palabras: La *“complacencia pulmonar”* (Complacencia = $\frac{V}{P}$) es la relación

que se obtiene al dividir el volumen obtenido por la presión efectuada.

$$\text{Complacencia} = \frac{V}{P}$$

Gráficamente, esto se puede expresar así:

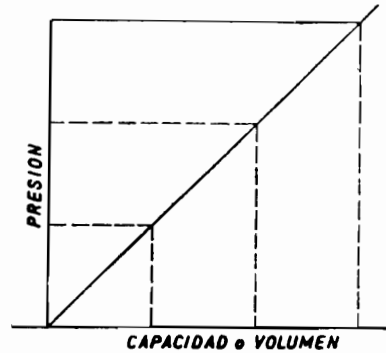


FIGURA 4

La *“complacencia pulmonar”* representa numéricamente (en cm^3) la cantidad de gas que penetra en el pulmón por cada unidad de presión (cm de H_2O) que ejercemos.

La complacencia varía con la edad, con la constitución del sujeto, con el estado normal o patológico del parénquima pulmonar y de las paredes torácicas, con la permeabilidad de las vías aéreas; con el caudal sanguíneo pulmonar y en cirugía: con la puesta de separadores, compresas, presiones extrínsecas al abdomen o tórax, con la abertura de la cavidad pleural, posición del enfermo, etc., etc.

Habiendo tantos factores variables, pareciera a primera vista, que será muy difícil determinar en un sujeto la normalidad o anomalía de su complacencia pulmonar.

Además, tropezamos con un aparente contrasentido: *en los niños, la complacencia pulmonar es menor que en los adultos*, por ejemplo: para insuflar 0,500 litros en un adulto, debemos ejercer una presión

de 15 cms. de agua; por lo tanto, su complacencia será $0,500 \div 15 = 0,033$; es decir, que por cada centímetro de agua de presión, entrarán 33 cm^3 de gas a su pulmón. En cambio, en un recién nacido, para insuflar 0,025 litros, debemos ejercer una presión de 10 cms. de agua por lo tanto, su complacencia será de $0,025 \div 10 = 0,0025$, es decir que por cada centímetro de agua de presión, entrarán $2,5 \text{ cm}^3$ de gas a su pulmón.

En realidad, lo que interesa, es conocer la presión necesaria para obtener el volumen corriente teórico de cada individuo. En el ejemplo anterior, para obtener el V.C. del adulto, eran necesarios 15 cms. de H^2O de presión. Atendiendo a esto, podríamos introducir otro concepto que llamaremos *Distensibilidad del pulmón para el volumen corriente*, en el caso de este niño, la distensibilidad es mayor que en el adulto y para expresarlo en números, diremos que: "la Distensibilidad pulmonar para el volumen corriente es la cifra resultante de dividir 10 por la presión necesaria para obtener el V.C. normal teórico para determinada edad y peso; con el sujeto acostado y con su musculatura totalmente relajada".

Aclaremos este concepto con algunos ejemplos:

CASO 1º

Niño recién nacido, peso 3,150 Kg., F. teórica = 50. V.C. teórico = 17 cm^3 de aire. Presión necesaria para obtener el V.C. teórico, 10 cm. H^2O .

Por lo tanto $10 \div 10 = 1$ La Distensibilidad pulmonar para el V.C. (D.P.V.C.) es de 1, en este caso.

CASO 2º

Niño de 8 meses, peso 8,450 Kg., F = 27,

V.C. teórico, 60 cm^3 . Presión necesaria para obtener el V.C. = 12 cm. H^2O .

Por lo tanto, $10 \div 12 = 0,83$ la DP.V.C. = 0,83.

CASO 3º

Mujer de 35 años, peso 55 Kg., F. = 14; V.C. teórico 350 cm^3 . Se necesitan 12 cm. de H^2O para obtener el V.C.

Por lo tanto, $10 \div 12 = 0,83$ D.P.V.C.

CASO 4º

Hombre de 40 años, peso 95 Kg., F. = 14; V.C. teórico, 580 cm^3 ; se necesitan 22 cm. H^2O para obtener el V.C.

Por lo tanto, $10 \div 22 = 0,45$ D.P.V.C.

Así tendremos en general, que para los niños, corresponderán índices de "Distensibilidad" similares al de los adultos, y que estos índices son menores, cuanto más grueso es el individuo. Ello tiene un sentido más lógico que lo que resulta de determinar la complacencia. Es más adecuado pensar que la distensibilidad de un niño es igual que la de un adulto.

Las determinaciones de la D.P.V.C. las hacemos leyendo en un manómetro conectado con el circuito respiratorio la presión necesaria para efectuar la ventilación adecuada siempre que la velocidad de insuflación no sobrepase los 15 litros por minuto. El cálculo se puede hacer con la ayuda de una "regla de Cálculo" tomando las lecturas en el renglón de las inversas logarítmicas.

Este implemento es útil para efectuar las

P R E S I O N		P R E S I O N	
(cm. de H ² O)		(cm. de H ² O)	
17	0.59D.	18	0.55
16	0.62	29	0.34
15	0.66	28	0.35
14	0.71	27	0.37
13	0.77	26	0.38
12	0.83	25	0.40
11	0.99	24	0.41
10	1	23	0.43
5	2	19	0.53
6	1.66	20	0.50
7	1.43	21	0.47
8	1.26	22	0.45
9	1.11		

operaciones sencillas de cualquier estudio fisiológico.

Para los que no deseen utilizar una regla de cálculo, damos a continuación, los valores de la D.P.V.C. que corresponden a las diferentes presiones, necesarias para obtener el V.C. normal en relación a su peso, frecuencia respiratoria, edad, sexo, altura, condiciones metabólicas, etc.

Para determinar este V.C. "ideal" se recurre como hemos dicho a los conocidos nomogramas de Radford o el de Emgstrom (este último calcula VA).

Hombres entre 35 y 55 Normolíneos

Veamos ahora de encontrar utilidad práctica a este concepto de la D.P.V.C. Ante todo, debemos averiguar cuál es la D.P.V.C. normal en las diferentes edades, hasta la pubertad, y de allí en adelante, cuál es el índice que corresponde a las mujeres, según su hábito constitucional y cuál a los hombres, según su hábito constitucional.

Estas determinaciones se pueden efectuar muy bien con el respirador de Takaoka, como luego demostraremos, y los valores que a continuación se dan, no son los definitivos, pues será necesario experimentar con un número muy elevado de sujetos:

	Dis.	Pul.	Vol.	Cte.
Niños entre 5 y 9 Kk.	5	9	peso	0,63
" " 9 y 15 "	9	15	" "	0,83
" " 15 y 20 "	15	20	" "	1,00
<i>Púberes de 40 a 50 Kg.</i>	Niños		0,77—1	
	Niñas		0,91—1,11	
Mujeres jóvenes	Longilíneas		1,25	
	Normolíneas		1,00	
	Brevilíneas		0,65	
Hombres jóvenes	Longilíneos		1,43	
	Normolíneos		0,93	
	Brevilíneos		0,55	
Mujeres entre 35 y 50	Longilíneas		1	
	Normolíneas		0,91	
	Brevilíneas		0,50	

Hombres entre 35 y 55	}	Longilíneos	1,11
		Normolíneos	0,87
		Brevilíneos	0,45

En los viejos, la distensibilidad pulmonar para el volumen corriente es menor, pero no tenemos hasta el momento, datos como para dar cifras correctas.

Hemos visto en una mujer de 100 kilos de peso y de 76 años una D.P.V.C. de 0,40, es decir, que se necesitan 25 cm de H₂O de presión para efectuar el V.C. adecuado.

Cualquier valor de la D.P.V.C. que se aparte apreciablemente de las cifras normales, cuyo ajuste definitivo se hará en el futuro, indica una alteración de la elasticidad del pulmón o de la pared torácica.

En el curso de una intervención quirúrgica, es lógico que el índice de la D.P.V.C. varíe, si factores extrínsecos, tales como separadores, presiones, cambio de posición, etc., alteran la mecánica pulmonar. Si se abre el tórax, la D.P.V.C. es mayor, puesto que la fuerza elástica de la retracción pulmonar no está contrarrestada por la fuerza elástica expansiva de la caja torácica, y sólo

gas o sea, el roce de las moléculas gaseosas contra las paredes de los tubos. “Esta resistencia está expresada por la diferencia de presión que existe entre uno y otro extremo del tubo cuando circula por el mismo, la unidad de volumen (1 Lt.) por segundo”. Si el volumen que circula por segundo es mayor a un litro, la resistencia será mayor, pues habrá mayor diferencia de presión entre uno y otro extremo del tubo. Si circula menos de un litro por segundo, la diferencia de presión será menor y, por consiguiente, la resistencia será menor también.

Con vías respiratorias normales, la diferencia de presión entre boca y alvéolos, es de 1 cm. de agua, cuando la velocidad inspiratoria máxima es de 30 litros por minuto (0,5 Lt. por segundo), por consiguiente, la resistencia de las vías aéreas normales es de 2 cm. de H₂O por litro por segundo. Esto se deduce matemáticamente en la siguiente forma:

Resistencia = Diferencia de presiones por litro que circula en un segundo de tiempo.

$$\text{Resistencia} = \frac{\text{diferencia de presión encontrada}}{\text{Litros que circulan por segundo}} \quad (1)$$

$$\text{Resistencia} = \frac{1 \text{ cm. de H}_2\text{O}}{0,5 \text{ litro}} = 2 \text{ cm. de H}_2\text{O/L/seg.}$$

tenemos que vencer la resistencia elástica del pulmón.

Debemos hacer ahora otras consideraciones con respecto a la mecánica respiratoria:

Cuando los gases circulan por el interior de tubos, como los que forman las vías aéreas, se produce una resistencia a esa circulación, que está dada por la viscosidad del

Si conocemos la “resistencia” y sabemos los litros de gas que circulan, podemos averiguar cuál será la diferencia de presiones que hallaremos.

Fórmula: Resistencia × litros de gas que circulan en 1 Seg. = Dif. Presión (2).

Resistencia 2 cm. $H_2O \times 0,5$ L de gas en 1 seg. = 1 cm. de H_2O de presión.

La "resistencia" es directamente proporcional a las diferencias de presiones halladas, e inversamente proporcional al caudal de gas. (Expresión 1) La "diferencia de presiones" es mayor cuanto mayor es la "resistencia" y cuanto mayor sea el "caudal de gas" (Expresión 2).

Por lo dicho es fácil deducir que al efectuar R.C., si insuflamos el gas a gran velocidad, la diferencia de presiones, entre boca y alvéolos, será grande.

En la respiración tranquila, la velocidad máxima de los gases que penetran en las vías aéreas es de 30 lts./minuto, o sean 0,5 lt./seg. Ya hemos visto que con esta velocidad de insuflación la diferencia de presión entre boca y alvéolo, *en un sujeto normal*, será de 1 cm. H_2O .

Si las vías aéreas se estrechan (asma), la diferencia de presión puede aumentar hasta 15 veces; es decir, que entre la boca y alvéolo, habrá una diferencia de presión de 15 cm. H_2O si la velocidad de insuflación

es de 30 lts./minuto. Si la velocidad de insuflación es de sólo 15 lts./minuto, la diferencia de presión será de sólo 7 cm. de agua en este caso extremo. Por lo dicho, *sostenemos que no es conveniente efectuar R. C. con velocidades de insuflación superiores a los 15 lts./minuto*. Si utilizamos un respirador, cuya velocidad de insuflación es de 80 a 100 litros/minuto, la diferencia de presión entre boca y alvéolo será tan grande, que la lectura de un manómetro conectado a la vía aérea, no será en absoluto un índice de la presión que existe en los alvéolos y por consiguiente, no será un índice del volumen de gas insuflado.

Si usamos un respirador como el Takao-ka, cuya velocidad de insuflación máxima es de 15 lts./min., y esta velocidad es constante, podemos obtener los siguientes gráficos:

En el último de los esquemas que anteceden, vemos que la diferencia de presión entre boca y alvéolo es de sólo 0,5 cm. de agua en un sujeto normal; por consiguiente, la presión bucal es prácticamente un índice de la presión alveolar.

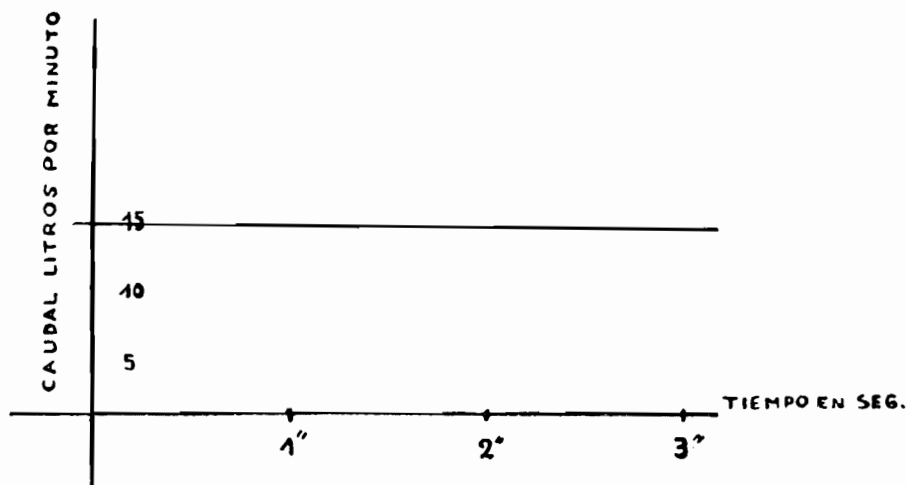


FIGURA 5

Caudal de insuflación constante de 15 l./min. (.250 l./seg.).

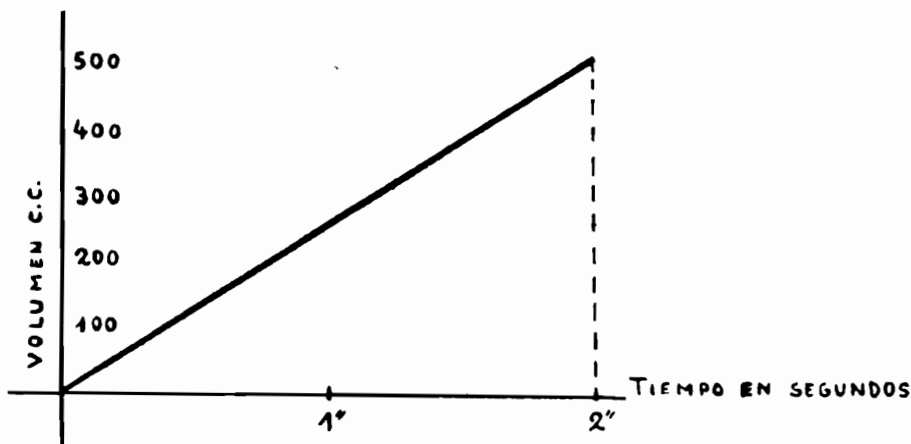


FIGURA 6

Volumen en el pulmón al cabo de 2" = 500 cc.

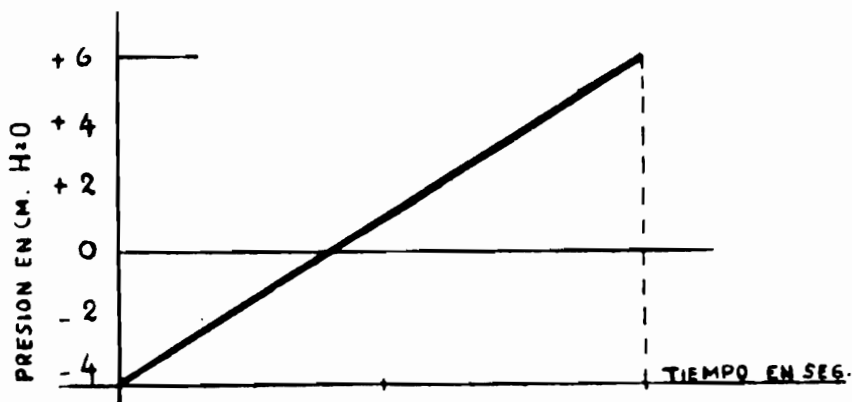


FIGURA 7

Presión en los alvéolos al cabo de 2" = + 6 cm. H₂O (comp. = 0,050)
(10 cm. H₂O de diferencia de presión).

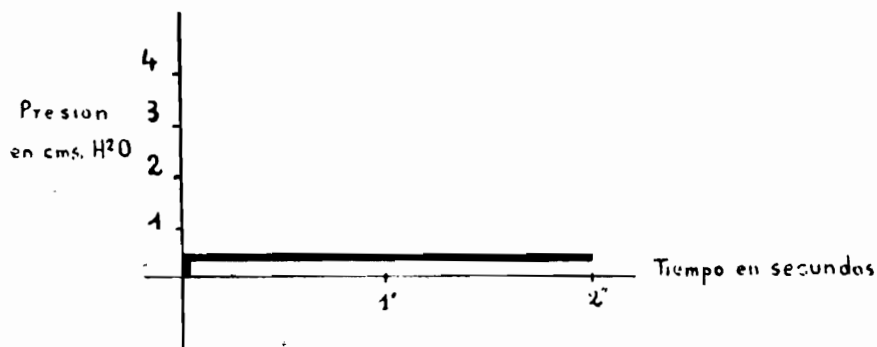


FIGURA 8

Diferencia de presión entre boca y alvéolos, constante, puesto que el caudal es constante) llega a 0,5 cm. de H₂O.

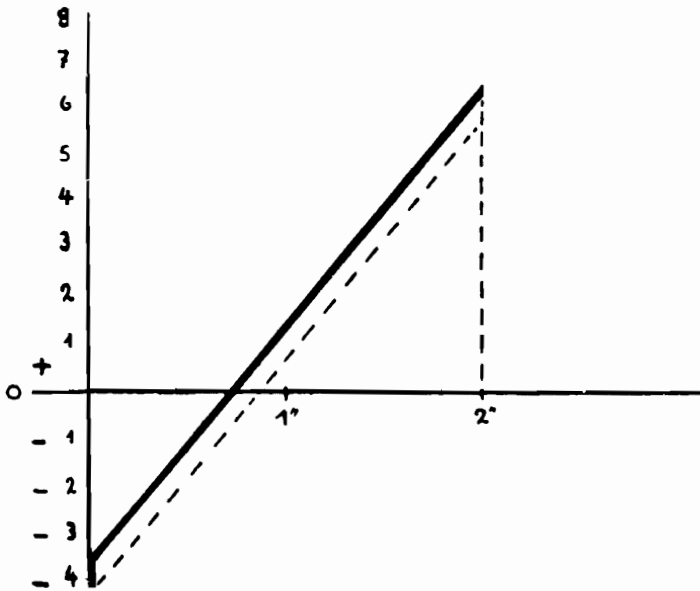


FIGURA 9

Presión en la boca; llega a + 6,5 al fin de la insuflación. Entre - 4 y + 6,5 hay 10,5 cm. de H₂O de diferencia, de los cuales, 10 cm. de presión llegan al alvéolo.

Si examinamos este último gráfico más detenidamente, vemos que al comienzo de la insuflación, el manómetro da un brusco saltito de 0,5 cm. de agua. *Este aumento brusco de la presión al iniciar la insuflación,*

es índice de la resistencia de la vía aérea y marca la diferencia de presión que existirá a lo largo de toda la insuflación entre la boca y el alvéolo; por consiguiente si el salto inicial es mayor, ello será índice de un

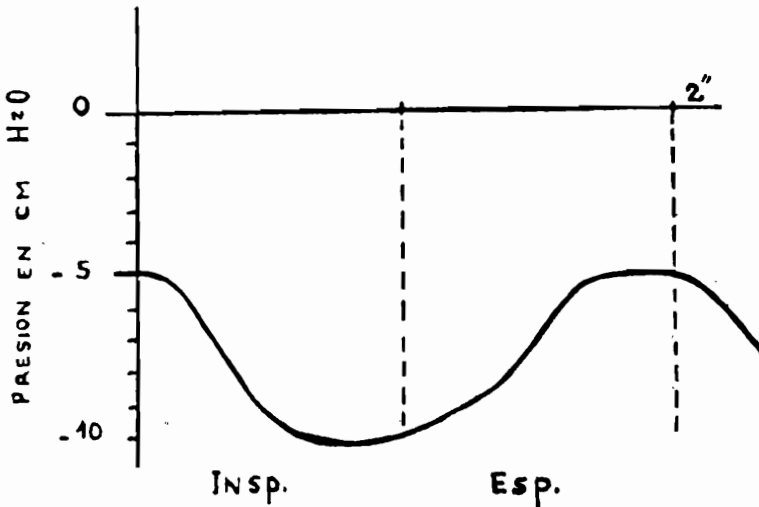


FIGURA 10

La presión intrapleural de - 5 cm. H₂O, cae a - 10 cm. H₂O al fin de la inspiración.

aumento en la resistencia de las vías aéreas. "La presión útil de insuflación es la que sigue al salto inicial".

Veamos ahora qué ocurre con la presión intrapleural, en ese mismo sujeto, respirando normalmente:

Si aplicamos el respirador con presión negativa de -4 inicial en el alvéolo, caerá en la pleura, desde -5 a -7 ; suponiendo que la complacencia del pulmón sea de $0,100$ y la de pulmón y tórax juntos de $0,050$. En este caso, tenemos a nuestro favor, la retracción pulmonar y en nuestra contra, la elasticidad torácica.

Desde -4 en alvéolo, aumentamos la presión allí a $+6$, es decir, que hemos aumentado la presión en el alvéolo en 10 cm. de H_2O y se traducirán por sólo 5 cm. de H_2O de aumento en la pleura; dado que debemos vencer sólo la elasticidad pulmonar. Al final de la insuflación, aún habrá -2 de agua en pleura.

Los aumentos y disminuciones de presión que hacemos en el alvéolo, se traducen por la mitad de aumento y disminución de presión en la pleura, hasta que llegamos a un punto en que deja de actuar la elasticidad torácica expansiva.

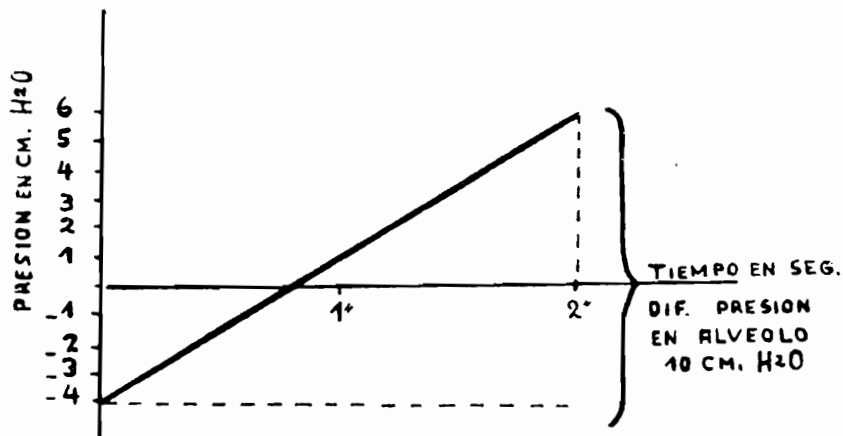


FIGURA 11

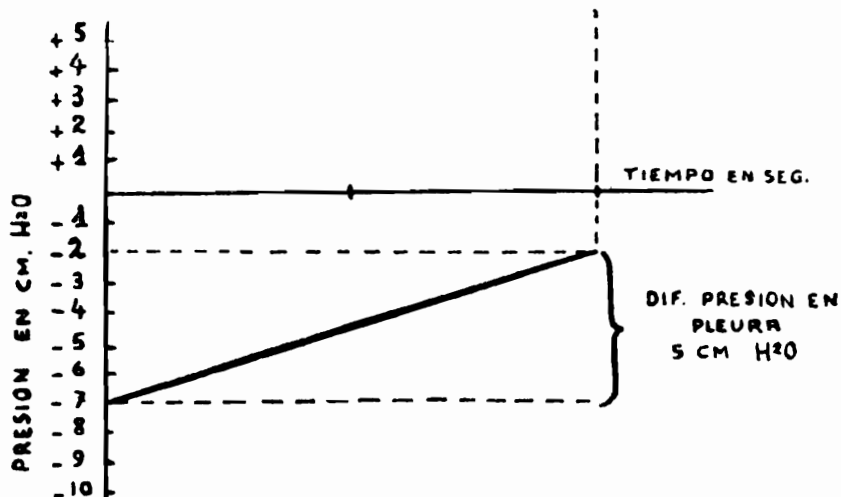


FIGURA 12

Al insuflar, tenemos el pulmón en contra, y el tórax a favor, y viceversa al permitir que disminuya la presión en los alvéolos.

Por lo anteriormente expuesto, vemos que en un sujeto normal, con el tórax cerrado, la presión en pleura no llega a ser positiva con la insuflación de 500 cc. de gas y con una diferencia de presiones que oscila entre $-4,0$ y $+6,00$ a nivel del alvéolo.

A continuación, damos un ejemplo concreto de tomas de presión intrapleural en un enfermo sometido a R.C.:

Inducción con Pentothal, enfermo respirando espontáneamente.

Punción pleural y toma de presión con manómetro aneroide de Bourdon, -6 cm. de H_2O al fin de la inspiración.

Curarización con succinil-colina, enfermo en apnea, -4 cm. de agua en pleura. Hay un ascenso evidente de -6 a -4 (2 cm. H_2O), debido probablemente a relajación total y pérdida de tono de los músculos inspiratorios.

Se conecta el respirador; para insuflar 500 cc. de gas es necesario hacer oscilar la presión entre -4 y $+8$, por consiguiente, hay una diferencia de presión en el alvéolo de 12 cm. de H_2O ; la complacencia es de

$$\frac{0,500}{12} = 0,042.$$

En otras palabras, entran 42 cc. de gas por cada cm. de H_2O de presión. Presiones pleurales que oscilan entre -6 y 0 , o quizá, entre -5 y 0 .

Características del aparato:

a) El respirador que describiremos, debe utilizarse para efectuar respiración controlada (R.C.), es decir, que los músculos responsables de la mecánica respiratoria deben estar paralizados (por la acción de relajantes musculares) o tam-

bién puede utilizarse en aquellos casos en que el centro respiratorio ha dejado de funcionar.

- b) Es un aparato de circuito abierto. Por este motivo, el aparato no se presta para incorporar agentes anestésicos por vía inhalatoria, a no ser que se utilice el trilene o flutane; con éste último anestésico no tenemos experiencia, pero teóricamente el consumo no es muy grande como para hacer prohibitivo su empleo.
- c) Es un aparato que insufla O_2 al 100%, a presión y volumen conocidos para obtener la inspiración, y efectúa progresivamente la espiración, haciendo al final de la misma, una presión negativa de -4 cm de agua.
- d) Por las características anotadas en b), este aparato se presta de preferencia, para realizar R.C. en anestésias en donde se utiliza la vía endovenosa. Esto no es un inconveniente serio, pues se percibe hoy día, que los anestésistas tienen cada vez mayor tendencia a utilizar dicha vía, usando drogas de acción farma-

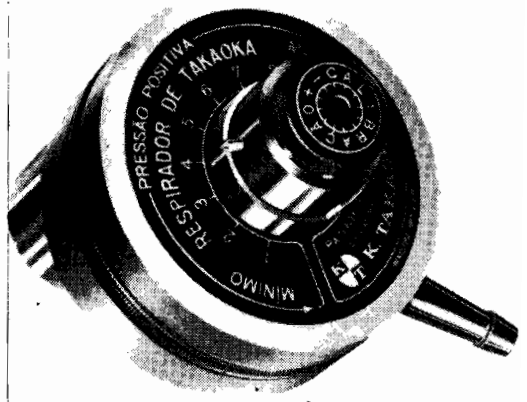


FIGURA 13

Respirador de Takaoka (Modelo 1968).

cológica muy selectiva y de fugacidad cada vez mayor. Hágase la reflexión que todo anestésico por inhalación, en última instancia va a parar al torrente sanguíneo y por él es acarreado a los diferentes órganos de la economía.

e) Al hacer la descripción mecánica del aparato e indicar su manejo correcto, nos proponemos demostrar al mismo tiempo que:

- 1º) Efectúa la R.C. con más exactitud que la R.C. manual.
- 2º) Al efectuar la R.C., mide el V.C. en forma exacta.
- 3º) Efectúa la V.P. y la V.A. correcta para cada caso. En relación con lo antedicho debemos aquí definir qué entendemos por ventilación correc-

ta: "Ventilación correcta es aquella que en primer lugar incorpora a la sangre la cantidad necesaria de O_2 y elimina del torrente circulatorio la cantidad adecuada de CO_2 ; la que no altera la mecánica circulatoria de la pequeña o gran circulación y la que no perturba en última instancia el acto quirúrgico".

- 4º) Es un aparato sumamente portátil.
- 5º) Su manejo no es complicado si se comprenden los principios mecánicos y fisiológicos, atendiendo a los cuales ha sido concebido.
- 6º) Consume como máximo, 15 litros de O_2 por minuto.
- 7º) Permite al anestesta un mayor control del paciente, pues lo libera,

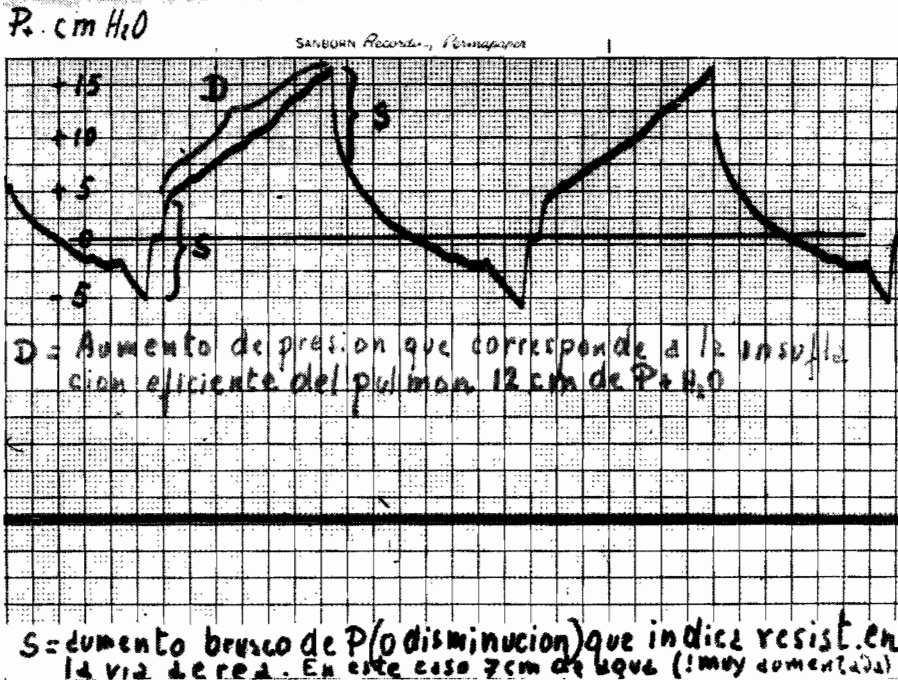


FIGURA 14

Curva de Presión Intratorácica (Manómetro Electrónico) que efectúa el Respirador de Takaoka.

con ventajas, de la monótona y fatigosa tarea de ventilar manualmente su enfermo.

De acuerdo a W.W. Mapleson este respirador debe clasificarse así:

- a) Respirador de circuito abierto.
- b) Es un generador de caudal constante.
- c) Cicla por presión al final de ambas fases respiratorias.

HIPOVENTILACION

Signos clínicos

- a) Polipnea o disnea (si el enfermo respira).
- b) Si la concentración de O_2 es elevada hay rubefacción.
- c) Al principio bradicardia, luego taquicardia e hipertensión.
- d) Sudoración, piel húmeda.
- e) Dilatación pupilar.
- f) Campo quirúrgico sangrante.
- g) Edema y congestión de cerebro.
- h) Ligera cianosis, si la concentración de O_2 no es elevada en la mezcla inhalada (aire).

Controles de Laboratorio

- a) Acidosis; disminuye el Ph.
- b) Aumento de la Pa CO_2 .
- c) Orinas no alcalinas.

HIPERVENTILACION

Signos clínicos

- a) Apnea (si no se lo hace respirar).
- b) Palidez.
- c) Disminución de la P.A. y acercamiento entre la Máx. y la Mín.
- d) Se necesita menos cantidad de anestésico. (4)
- e) Náuseas y vómitos post-operatorios. (5)

- f) En algunos casos temblores o convulsiones por tetania (alteraciones del calcio iónico).
- g) Cefalea post-operatoria. (6)

Control de Laboratorio

- a) Alcaemia, se mide con un peachímetro, (medida de pH).
- b) Disminución de la Pa. CO_2 .
- c) Aumento de la resistencia periférica.
- d) Orinas alcalinas.
- e) Disminución de la circulación cerebral. (4)
- f) Alteraciones plasmáticas; aumento de los cloruros y del Ac. Láctico.
- g) Disminución de sodio, potasio y fosfatos. (7)

De lo que antecede sacamos las siguientes conclusiones:

- 1º) Es posible asegurar que los signos clínicos anteriormente descritos son tardíos y poco fieles para demostrar con certeza y precocidad la mala ventilación pulmonar; así también lo afirma una autoridad como Dripps (8).
- 2º) Es posible asegurar que no se recurre en la práctica a los signos de laboratorio por lo complejo de las técnicas, y, sobre todo, por la demora en obtener los resultados. Es posible asegurar que durante la anestesia, la oximetría es en general, de poco valor, pues por lo corriente el enfermo respira una elevada concentración de O_2 y así, aún con ventilación insuficiente y acúmulo de anhídrido carbónico, la saturación de O_2 de la sangre es normal.
- 4º) Es posible asegurar que los signos clínicos que detectan el acúmulo de CO_2 son tardíos y aparecen cuando el desequilibrio es grande.
- 5º) Se puede afirmar que es preferible hacer una *moderada* hiperventilación que

una hipoventilación; por las consecuencias que importa para la evolución posterior del paciente.

- 6º) Efectuando una V.P. determinada y conociéndola, es posible obtener la V. A. deseada. ...
- 7º) Una de las posibilidades, hasta el presente, para calcular el V.C., es utilizar un respirador con *caudal de alimentación constante* y medir con un cronómetro la f. deduciendo de ella el V.C., al conocer el tiempo que dura la inspiración. Así las cosas, *basta multiplicar el caudal de O₂/seg. por el tiempo inspiratorio, para obtener el V.C.* En este principio se basa el cálculo del V. C. en el aparato de Takaoka.

Si el enfermo está hiperventilado, progresivamente lo llevaremos a la alcalosis, con todas las consecuencias que ello implica.

Si el enfermo está hipoventilado, provocaríamos, por el contrario, una acidosis respiratoria.

Analizando este esquema de Singer y Hasting, podemos hacernos una imagen muy clara de las alteraciones metabólicas, que son consecuencia de la hiper o hipoventilación. Fig. N° 14.

La Pa CO₂ oscila entre 35 y 45 mm de mercurio, cuando está dentro de los límites normales y se lee en la rama horizontal del esquema de Singer.

La base Buffer oscila entre 46 y 52 miliequivalentes y esta base Buffer está dada

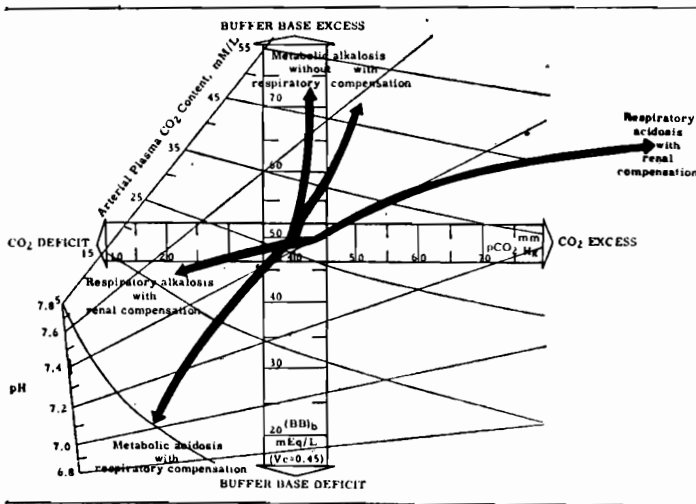


FIGURA 15

por los aniones de CO₂ del suero sanguíneo (reserva alcalina) por los aniones de las proteínas séricas y por los aniones libres de la molécula de la hemoglobina sanguínea. Todas estas sustancias Buffer se emplean para contrarrestar las sustancias ácidas de origen exógeno o endógeno, y tienden a mantener el pH dentro de los valores normales, que oscila entre 7.30 y 7.40, de ma-

nera que el punto que representa la Pa CO₂ y, a la vez, la cantidad de miliequivalentes correspondientes a la base Buffer de un sujeto normal está inscripto dentro del cuadrado central que delimitan las ramas horizontal y vertical del nomograma de Singer.

Cuando hiperventilamos un enfermo, el punto se corre hacia la izquierda de la rama horizontal, porque descende la Pa CO₂.

y, por consiguiente, el pH se corre hacia el lado alcalino (alcalosis respiratoria). Si esta situación se prolonga, se eliminarán bases por la orina para que al descender la base Buffer el pH retorne a las cifras normales; tendremos entonces una alcalosis respiratoria compensada; por ejemplo: Pa CO₂ 30 mm de Hg, B.B. 42 m/eq.

Terminada la anestesia, la Pa CO₂ aumenta a los valores normales, por cuanto el enfermo tiene tendencia natural a hipoventilar en el postoperatorio inmediato; ello trae por consecuencia una acidosis fija con pH inferior a lo normal, dado que no se reponen de inmediato las bases que se han perdido por eliminación renal.

Ocurre un cuadro totalmente contrario, cuando el enfermo es hipoventilado. Primero aparece una acidosis respiratoria con pH inferior a lo normal, y luego, si hay compensación, retornará el pH a los valores normales.

De manera que por lo dicho anteriormente, deseamos dejar establecido, que *el me-*

dio más seguro de no producir alteraciones en el pH sanguíneo es mantener la Pa CO₂ dentro de los límites normales durante todo el tiempo que dura la intervención quirúrgica.

Para ello practicamos análisis periódicos del CO₂ alveolar con tomas de gas efectuadas al final de una espiración forzada.

Estos valores así obtenidos, utilizando un analizador de CO₂, concuerdan muy ajustadamente con la tensión parcial del CO₂ arterial.

Hemos practicado el registro permanente del CO₂ espiratorio, utilizando un analizador de CO₂ de rayos infrarrojos. Las cifras de CO₂ que se registran en el inscriptor "Esterline Angus" de este analizador, concuerdan en un todo con las cifras de tensión de CO₂ arterial y con las cifras que arrojan los análisis practicados con el aparato de Dräger. Ello nos autoriza a emplear este analizador como guía para efectuar una correcta ventilación, en los enfermos cuyo aparato respiratorio es normal.

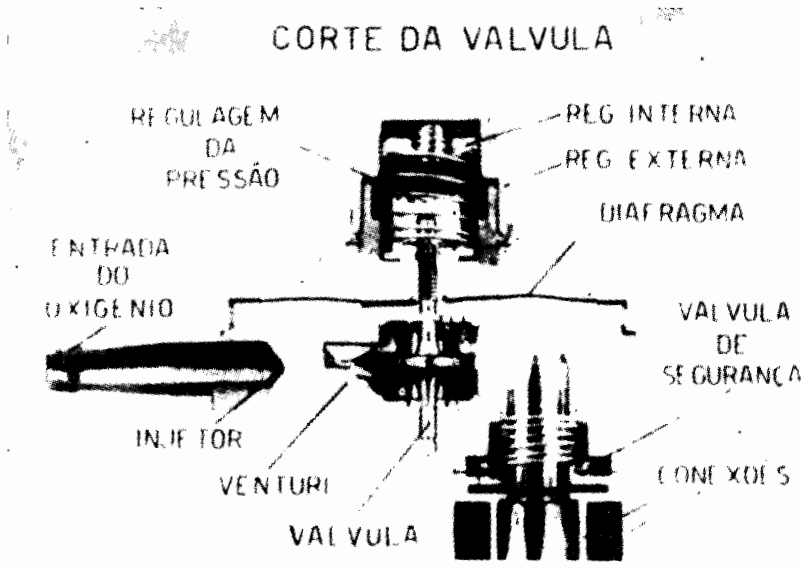


FIGURA 16

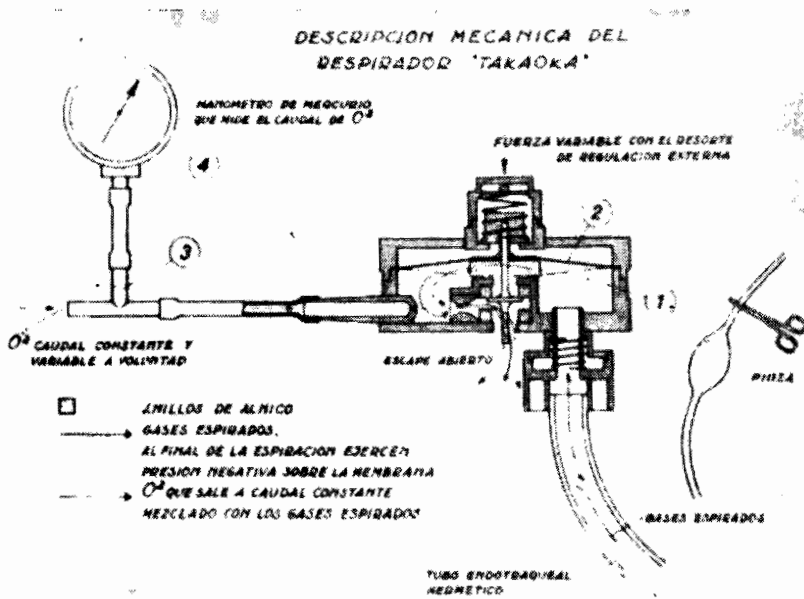


FIGURA 16 Bis

En esta posición el paciente espira. El venturi arrastra los gases espirados que escapan al exterior. Llegando al fin de la espiración, se produce una ligera presión negativa dentro de la cámara (1), lo que hace que la membrana (2) sea aspirada y tienda a ocupar la posición señalada por la línea de puntos, entonces el aparato presentará la posición de la siguiente figura.

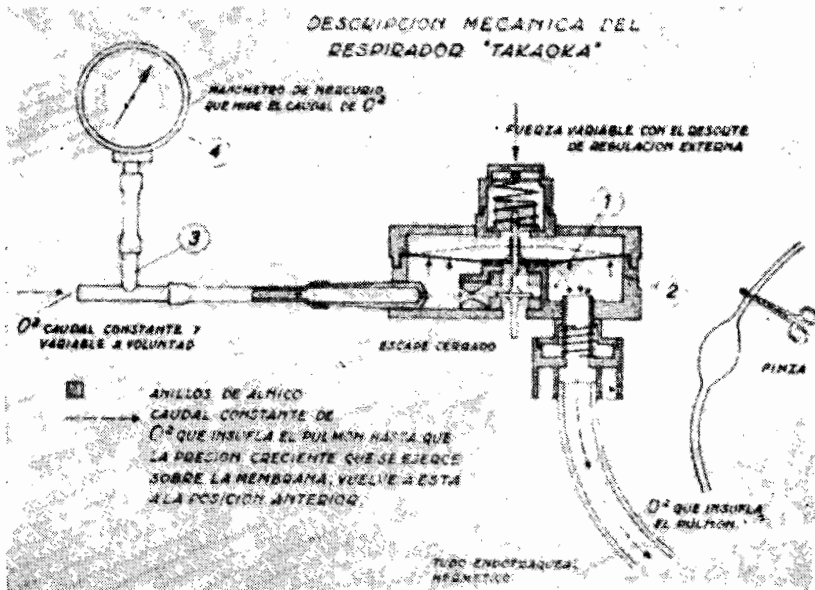


FIGURA 17

En esta posición, el paciente inspira. El venturi no trabaja, el oxígeno va distendiéndose paulatinamente el pulmón del enfermo hasta que la presión que se crea dentro de la cámara (1) empuja a la membrana (2) y la lleva a ocupar la posición de la línea de puntos, reiniciando así el ciclo espiratorio.

DESCRIPCION MECANICA DEL RESPIRADOR DE TAKAOKA

Características a tener en cuenta

- 1º) El caudal de O_2 que entra al aparato es constante y se mide exactamente por la presión lateral que desarrolla en el tubo (3), por medio de un manómetro. Figs. 16, 16 Bis y 17.
- 2º) Toda la cantidad de O_2 que entra al aparato durante la faz de insuflación (inspiratoria) Fig. 17, va a parar al aparato respiratorio del paciente.
- 3º) La faz de insuflación tiene igual duración que la faz de deflación 1/1.
- 4º) Si se divide por 2 el caudal de O_2 que entra al aparato durante un minuto, tendremos la cantidad de O_2 utilizada durante las inspiraciones de ese minuto.
- 5º) Si se divide el caudal minuto de O_2 inspirado por la f , obtendremos el V.C. inspiratorio.
- 6º) Si el caudal de O_2 es constante, la

frecuencia respiratoria (f) dependerá en forma absoluta de la presión inspiratoria, pues se tardará más tiempo para llegar a una presión mayor. Por consiguiente, la f . la obtendremos *exclusivamente* por las variaciones de la presión positiva, al tensar más o menos el resorte de la parte superior del aparato.

- 7º) Debemos predeterminedir el caudal minuto de O_2 para el aparato, conociendo teóricamente:
 - a) la ventilación pulmonar (V.P.),
 - b) el espacio muerto minuto (V.M.),
 - c) la ventilación alveolar (V.A.).

Esto puede hacerse con relativa aproximación con el nomograma de Radford, que nos proporcionará el V.C. teórico (ver fig. 1).

$$V.C. \times f. \text{ normal} = V.P. \quad (1^{\text{a}} \text{ fórmula de trabajo})$$

$$V.P. \times 2 = \text{caudal minuto de } O_2 \text{ para el Takaoka.} \quad (2^{\text{a}} \text{ fórmula de trabajo})$$

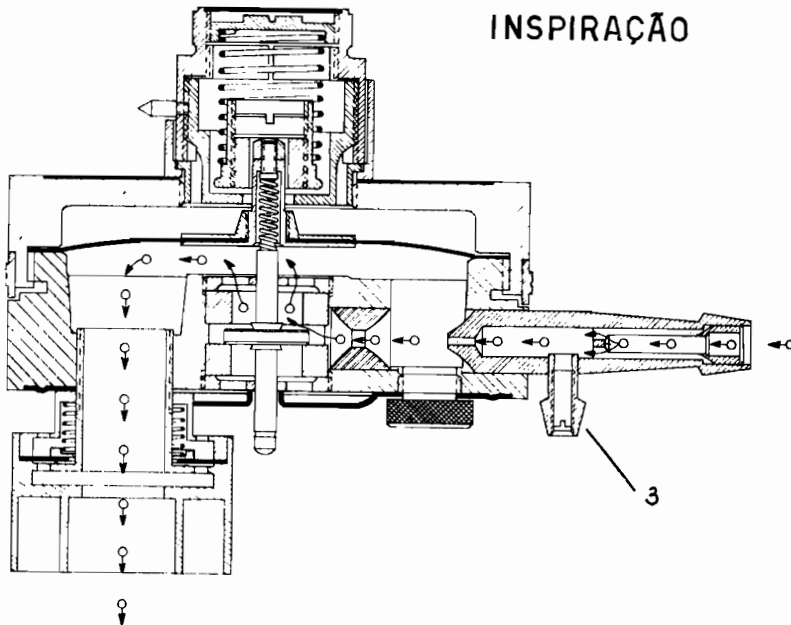


FIGURA 17 Bis

TABLA N^o 2

Calibración de caudales para el respirador

Litros por minuto	Presión en mm. de Hg. en el manómetro 4 de las figuras 15 a 16 conectado al tubo lateral 3 de la figura 17 Bis.
	5
6	50
7	70
8	90
9	115
10	140
11	170
12	200
13	230
14	260
15	300

Utilizando la regla de cálculo de Takaoka podremos sacar fácilmente los datos de todas las fórmulas de trabajo explicadas.

Resumiendo:

8^o) Como hemos dicho en 7^o), obtenido el caudal/minuto para el respirador, se obtiene la V.P. deduciendo ésta de la primera fórmula de trabajo.

9^o) *Caudal respirador* = V.P. (3^a fórmula

$$\frac{2}{\text{de trabajo}} \cdot \text{V.P.} - (\text{V.M.*} \times \text{f.}) = \text{V.A.} \quad (4^{\text{a}} \text{ fórmula de trabajo})$$

10^o) 60'' = duración de un ciclo respiratorio completo (5^a fórmula de + trabajo.

11^o) *Duración de un ciclo resp. compl.* =

$$\frac{2}{\text{Duración insp. (6}^{\text{a}} \text{ fórm. de trabajo).}}$$

12^o) *Caudal/minuto de O₂ para el respirador*

$$\frac{60''}{= \text{Caudal por Seg. para el respirador (7}^{\text{a}} \text{ fórmula de trabajo).}}$$

13^o) Caudal/segundo \times duración insp. = V. C. (8^a fórmula de trabajo).

1^o) Datos necesarios: a) peso real del enfermo. b) f. normal (teórica). c) V.C. del enfermo (teórico).

2^o) Utilizar el nomograma de Radford y con los datos del peso y la f. obtener el V.C. teórico normal para ese enfermo.

3^o) Utilizar la fórmula para obtener la V. P. teórica (1^a fórmula.):

$$\text{V.C.} \times \text{F.} = \text{V.P.}$$

hacer coincidir la flecha de la regla con este número en la escala D (ver fig. 18). Así ya tenemos la regla de cálculo en posición.

4^o) En la escala A, tenemos frente a la flecha la presión a que hay que llevar el manómetro de mercurio (4), (Fig. 16 Bis o 17), estando conectado el respirador al tubo de O₂. Esta presión positiva (P+) se logra aumentando progresivamente el caudal de O₂ que fluye del tanque, regulando la válvula de reducción de presión *que se debe utilizar*.

5^o) En la escala B, leemos el V. de O₂ que recibe el respirador, lo que también resulta de utilizar la segunda fórmula de trabajo $\text{V.P.} \times 2 = \text{caudal/minuto}$ para el respirador.

6^o) En la escala C, leemos caudal/segundo para el respirador, lo que resulta también de utilizar la 7^a fórmula de trabajo $\text{caudal/minuto} = \text{caudal/seg.}$

60''

7^o) Comprobemos ahora que la llave de limitación de la presión positiva intra-traqueal (que se encuentra en la parte superior del respirador) está al mínimo.

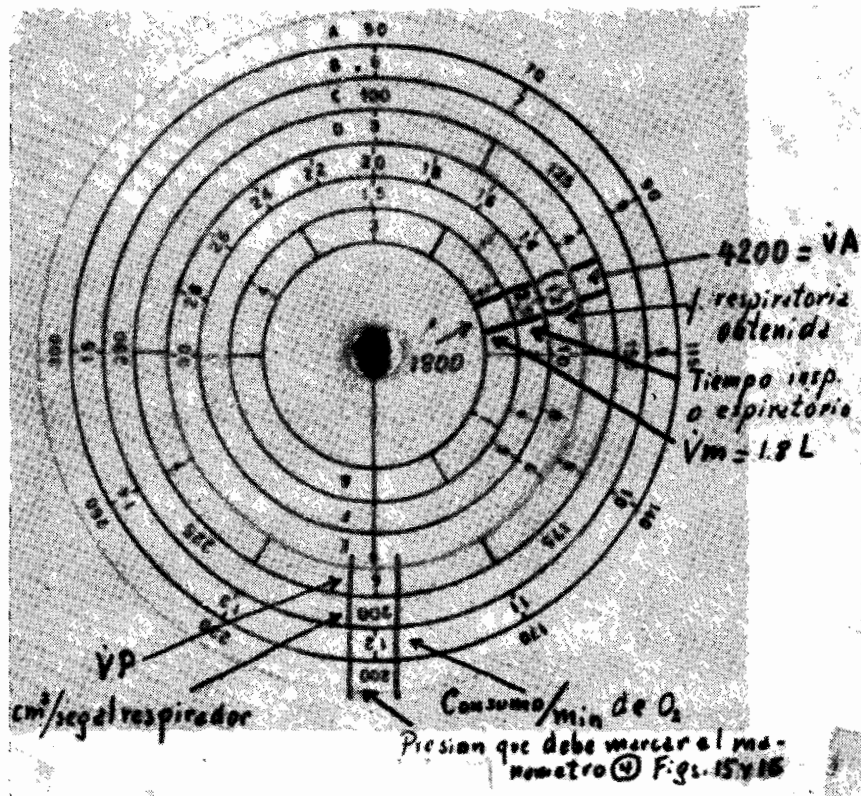


FIGURA 18

Regla de cálculo de Takaoka. —En este caso, el sujeto tiene una V.P. de 6 litros (anillo concéntrico D) la presión necesaria para obtener 12 litros de O₂ es de 200 mm de Hg (anillo A). Entran al respirador 12 litros de oxígeno por minuto (anillo B). Entran al respirador 200 cm³ por segundo (anillo C). Si obtenemos 12 de la f leemos en el anillo E. En el anillo F, frente a la frecuencia 12, leemos 2,5 seg. que es el tiempo que dura la inspiración (o la espiración). En el anillo G., frente a la frecuencia empleada, leemos el V.m. minuto.

- 8º) Conectamos ahora el respirador con el tubo endotraqueal (con manguito) del enfermo y contamos la f. Esta f. será, casi siempre, elevada, entonces...
- 9º) Aumentamos progresivamente la P+ intratraqueal por medio de la llave de regulación de P+, hasta obtener la f. normal teórica calculada, la que leemos luego en la franja E., por ejemplo: 12 (Fig. 18).
- 10º) Nuevamente sobre la franja D, frente a la f. obtenida (12) leemos la V.A. teórica para un adulto cuyo V.m. se calcula teóricamente en 150 cm³.
(En el ejemplo de la fig. 16 Bis. da: 4,200 de V.A.)
- 11º) En la franja F., frente a la f. teórica elegida, leeremos el tiempo real que dura la inspiración, en el ejemplo 2,5").
- 12º) En la franja G., debajo del tiempo que dura la inspiración leemos el V. M./minuto (en el ejemplo litros 1,8).
- 13º) Multipliquemos el tiempo inspiratorio por el caudal/segundo (que se lee como hemos dicho en la franja C., fren-

te a la flecha roja) para el respirador, obtendremos el V.C. *real*. En el Ejemplo $2.5 \times 200 = 500 \text{ cm}^3 \text{ V.C.}$

14º) Por medio de un codo de Rovenstine interpuesto entre el respirador y el tubo endotraqueal, podemos agregar al sistema, un manovacúmetro graduado en cm. de H₂O, es posible entonces leer en él la presión positiva que desarrolla el respirador para obtener el V.C.

15º) La inversa logarítmica de esta presión, que suponemos en el ejemplo dando 14 cm. de H₂O, dará la distensibilidad pulmonar para el volumen corriente D.P.V.C. que se obtiene así: 10

— = 0.71 = D.P.V.C.; para ello uti-

lizamos la tabla Nº 1 o una regla de cálculo de bolsillo.

16º) Si dividimos el V.C. por la presión, obtendremos la *complacencia pulmonar* del enfermo.

$$\text{V.C.} \quad 0.500$$

$$\text{Complacencia} = \frac{\text{V.C.}}{P + 14} = \frac{0.500}{14} = 0.036$$

dicho en otra forma para cada centímetro de H₂O de presión entran al pulmón 36 cm³ de oxígeno.

De manera que con el respirador de Takaoka, hemos obtenido:

- 1º) V.C. Correcto (Teórico)
- 2º) V.P. " "
- 3º) f. " "
- 4º) V.A. Exacta para la V.P. y f. teóricas calculadas.
- 5º) D.P.V.C. *Exacto* para el V.C. calculado.

6º) Complacencia pulmonar *real* del sujeto.

Cabe preguntarnos ahora, la V.P., V.A. y V.C. que hemos considerado correctos, (habiéndolos calculado teóricamente) y que por medio del respirador administramos al enfermo, ¿son las que éste requiere o no? *El mejor índice de una V.A. adecuada lo da la P.a. CO₂.*

Si la Pa. CO₂ se mantiene dentro de los límites normales entre 35 y 45 mm. Hg podemos asegurar que la V.A. es correcta.

En la R.C. con el respirador de Takaoka se puede obtener aire alveolar forzando una espiración y, por medio de un analizador Dräger de CO₂, efectuar el análisis de la Pa. CO₂.

Hemos efectuado 60 determinaciones en 20 enfermos de diferentes edades y pesos y sometidos a diversas intervenciones quirúrgicas, los resultados son los siguientes:

<i>Enfermo:</i>	<i>Operación:</i>	P. CO ₂ alveolar en mm. de Hg. tomado luego de comenzar la R. C. c/el resp.
1) Niño, 5 kg. Hidrocéfalo.	Colocar válvula de Holter.	10' = 38; 25' = 40; 35' = 38.
2) Mujer, 49 kg., longilínea.	Secc. rama sensitiva del trigémino.	15' = 40; 22' = 36; se disminuye la presión + de 11 a nueve cms. 38' = 41.
3) Hombre, 70 kg., hipertenso normolíneo.	Aneurisma de comunicante cerebral anterior.	13' = 46; 22' = 48; se aumenta el caudal de oxígeno, 30' = 42; 40' = 41.

4)	Niño, 6,5 kg.	Craneoostenosis.	13' = 40; 20' = 40.
5)	Niño, 8 meses, 8 kilogramos.	Craneoostenosis.	18' = 42; 25' = 42.
6)	Hombre, 64 kg., normolíneo.	Tumor lóbulo frontal.	22' = 40; 40' = 40; 72' = 42.
7)	Mujer, 56 kg., longilínea enflaquecida.	Gran aneurisma cerebral anterior (1ª operación ligar carótida).	12' = 38; 29' = 39.
8)	Niña, 27 kg., 8 años.	Plástica de cráneo.	15' = 41; 27' = 41.
9)	Mujer, 55 kg., 38 años, brevilínea.	Histerectomía sub-total por mioma.	10' = 42, trendelemburg y aumento P ⁺ para que no varíe la F.R. 23' = 44; se aumenta el caudal de O ² ; 32' = 41.
10)	Mujer, 55 kg., 49 años, brevilínea.	Colecistectomía.	18' = 40; 26' = 40.
11)	Mujer, 65 kg., 40 años, brevilínea.	Prolapso y luego ligamentopexia por vía abdominal.	12' = 42; 27' = 39. 28' = 38; 45' = 36.
12)	Mujer, 53 kg., 32 años, longilínea.	Colecistectomía.	20' = 30 se baja la P ⁺ para aumentar la F.R. 40' = 35, se baja el caudal respirador, 65' = 40.
13)	Mujer, 48 kg., 25 años, normotipo.	Sección del nervio obturador.	16' = 35 se baja la P ⁺ ; 36' = 38.
14)	Hombre, 50 años, normotipo.	Gastrectomía (úlcera).	20' = 33 se baja la P ⁺ ; 32' = 36; 60' = 38.
15)	Hombre, 62 años, normolíneo.	Hemicolectomía derecha.	13' = 40; 30' = 40; 1 h. 30' = 41.
16)	Hombre, 68 años, longilíneo.	Hernia inguinal bilateral.	18' = 36; 20' = 36; 32' = 34.
17)	Mujer, 47 años, brevilínea.	Eventración postoperatoria.	7' = 42; 15' = 44 se aumenta la P ⁺ ; 28' = 38.

18) Mujer, 46 años, normolínea.	Operación de Wertheim. Histerect. más anexect. y cadena de ganglios.	12' = 40; 25' = 44 se aumenta la P ⁺ y el flujo, 35' = 39; 65' = 40.
19) Hombre, 72 kg., 39 años, normolíneo.	Nefrectomía.	7' = 35 se baja la P ⁺ , 15' = 38, 28' = 42 se aumenta la P ⁺ , 50' = 40.
20) Niña, 50 kg., 16 años, normolínea.	Simpaticectomía lumbar izquierda para tratar trastornos tróficos por parálisis.	15' = 39; 25' = 39; 42' = 40.

El color de estos enfermos ha sido normal con facies ligeramente pálida. Vemos así que calculando la V.P. teórica, obtenemos Pa. CO₂ normal, salvo pequeños ajustes que hemos debido efectuar. Por consiguiente podemos afirmar que el respirador Takaoka efectúa una V.A. correcta para cada caso, elimina la cantidad necesaria de CO₂ e incorpora O₂. No hemos creído necesario determinar por oximetría la saturación de O₂, puesto que estos enfermos respiran O₂ al 100% y saturan por consiguiente su sangre con dicho gas.

Con esto probamos el primer aserto del

parágrafo e) 3º, que hemos hecho, el hacer la descripción del respirador.

* * *

El Dr. K. Takaoka, nos ha cedido unos gráficos con los registros electromanométricos de la presión intraventricular derecha, tomada con sonda intracardiaca, vamos a analizar uno de ellos:

El enfermo se encuentra con su tórax cerrado, en el registro eléctrico se perciben el fonocardiograma y las variaciones de presión del ventrículo derecho, en el costa-

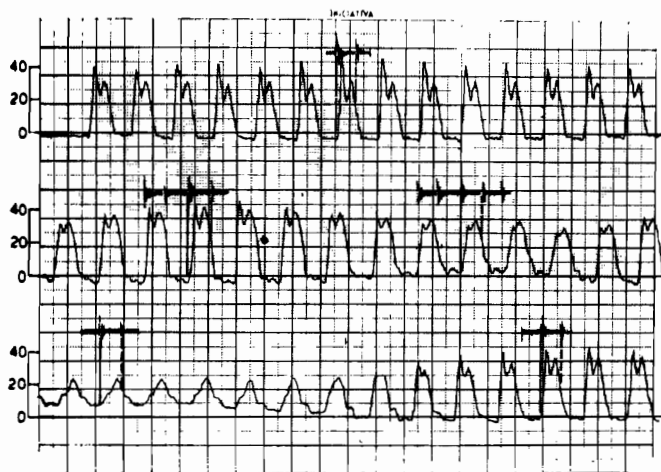


FIGURA 19

do izquierdo del gráfico se pueden leer las cifras de las presiones, permitiendo así conocer a cuánto llegan dentro del ventrículo, según la altura de la curva.

Estas curvas de presión intraventricular tienen una forma de "M" en circunstancias normales, la escotadura central, no tiene

explicación fisiológica cierta, pero se ve que cuando hay dificultad para efectuar la circulación intrapulmonar, como en los casos de estrechez mitral, dicha escotadura desaparece y la curva de presión es roma, adquiriendo esta forma:

Si en condiciones normales de funciona-

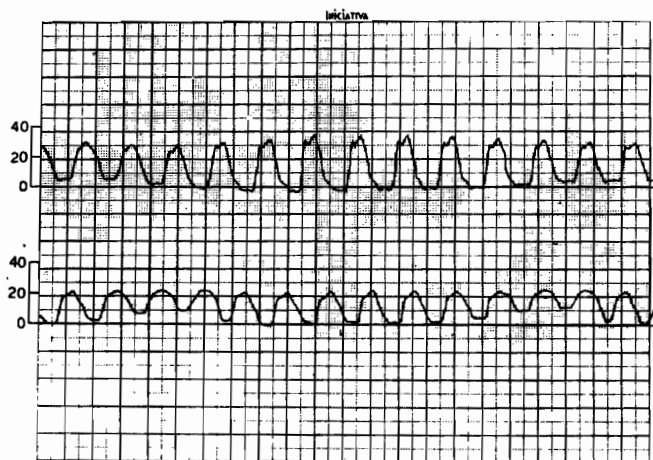


FIGURA 20

miento, el respirador provocara dificultad en la pequeña circulación, veríamos desaparecer la escotadura central y aplanarse la onda, si además se impidiese el relleno venoso y por consiguiente se dificultara el aporte sanguíneo al V.D., veríamos caer la presión dentro de este ventrículo.

Esto no ocurre, a no ser que elevemos la presión de trabajo del respirador hasta unos 35 cm. de H₂O = 25 mm. de Hg., cifra a la que jamás se llega en condiciones de trabajo normales.

Esto puede observarse al principio de la tercera tira de los gráficos y en la quinta tira, en donde además de utilizar presión elevada se ha aumentado la frecuencia de 12/min. a 20/min. impidiendo así el lleno ventricular derecho y efectuando un impedimento (P⁺ elevada) a la pequeña circulación.

Vemos aquí que la presión I.V. cae de

40 mm. Hg. a 20 mm. Hg. y que desaparece la escotadura central de la curva.

Los fisiólogos han referido durante años, que la presión positiva intrapulmonar disminuye el volumen minuto del corazón o caudal minuto.

Si se mantienen constantes la resistencia periférica y la viscosidad de la sangre, el trabajo cardíaco, y por ende el volumen/minuto, está en relación con el siguiente índice, como lo han demostrado Erlanger y Hoocker:

$$V/\text{min.} = (P.Mx. - P.M.n.) \times F. \text{ cardíaca.}$$

Debemos por consiguiente conceder: "que si no hay variaciones groseras de la P. Mx. o Mn. ni de la F.c., al efectuar la R.C. con el respirador de Takaoka, no habrá variaciones en V/minuto, cosa que así ocurre y que es fácil comprobar y lo documentan las fichas de las anestias que hemos realizado.

Si al colocar el respirador la F.c.* no varía y si como vemos, en condiciones normales de trabajo del respirador (tiras 1 y 2 de la figura 19), no disminuye la presión intraventricular derecha, el volumen minuto cardíaco tampoco sufrirá alteración.

Una presión positiva de 15 cm. de H₂O en vez de disminuir la P⁺ intraventricular derecha, la aumenta ligeramente, como se puede comprobar, si observamos las cúspides de presión en la tira 1 y 2 y las unimos por una línea, la altura máxima de la onda corresponde a la fase de insuflación del respirador, cosa que está en contradicción con lo que se ha estudiado en fisiología.

Tenemos una teoría aceptable que explica esto:

Aceptamos que una P⁺ elevada y sostenida (35 cm. de H₂O) dentro del pulmón, produce un impedimento en la pequeña circulación y del lleno del ventrículo derecho por compresión del sector venoso, rémora de sangre y compresión de la aurícula derecha.

Por el contrario, pensamos que una suave presión positiva "alternante", actúa de la siguiente forma:

- a) exprime la sangre del lecho capilar pulmonar dentro del ventrículo izquierdo, puesto que hacia el derecho no puede ir por la presencia de las válvulas sigmoideas pulmonares;
- b) al aportar mayor cantidad de sangre al V.I., éste aumenta su trabajo (Ley de Starling);
- c) una P⁺ suave (15 cm. H₂O) no dificulta el aporte de sangre al V.D.; (*)
- d) el V.D. acompaña al V.I. en su aumento de trabajo. Por ello se observa en los gráficos de la presión intraventricular derecha, la que en la fase de insuflación, la P⁺ aumenta en el V.D.

Lo dicho estaría corroborado por la siguiente reflexión:

Cuando un hombre efectúa un esfuerzo muscular intenso, inconscientemente, cierra la glotis y por lo tanto elabora una P⁺ intrapulmonar. Sería extraño que la naturaleza, que es sabia, haga esto, si las P⁺ intrapulmonares suaves dificultaren el aporte de sangre al corazón, en un momento en que este aporte es necesario. Pensamos que aquí, como en el caso de la R.C. con P⁺ bajas, también se favorece el aporte de sangre al V.I. y que el corazón, en un todo, aumenta su rendimiento.

Las líneas verticales de los gráficos (continua y punteada), indican el comienzo del sístole y diástole cardíaco respectivamente y la relación del mismo con la curva de presión I.V.

Con lo dicho, demostramos que la R.C. con el respirador de Takaoka, no dificulta la circulación intrapulmonar como afirmáramos al describir mecánicamente el aparato, (párrafo e) 3^a

El uso del respirador provee de una respiración tranquila, y al estar paralizados los músculos respiratorios la relajación muscular, en consecuencia, es óptima; ello confirma el último aserto hecho en e) 3^a

* * *

La R.C. ¿perturba o no la circulación periférica?

En este caso llamamos perturbación de la circulación periférica, al aumento o disminución de la resistencia periférica.

El aumento o la disminución de la resistencia periférica es posible comprobarlo de dos maneras:

- a) por plestimografía, observando el aumento o disminución del volumen de un miembro;
- b) por variaciones en la temperatura cutánea de una extremidad.

* F.c.—Frecuencia cardíaca.

Hemos recurrido a este último método por ser de más fácil aplicación en nuestro medio.

La temperatura periférica depende:

- 1º) Temperatura ambiente.
- 2º) Temperatura central.
- 3º) P. Arterial.
- 4º) Frecuencia del pulso.
- 5º) Variación del estado de contracción o dilatación de los vasos; que a su vez, depende de control nervioso,

drogas y sustancias circulantes, etc.

Si las variantes 1, 2, 3 y 4 permanecen constantes, la temperatura periférica dependerá de la variante 5ª y, por lo tanto, será resultante directa del tono vascular arterio-lar.

Hemos efectuado determinaciones en 5 enfermos, casos 6, 7, 11 y 12, pues en ellos han permanecido más o menos constantes las cuatro primeras variables.

El resultado es el que sigue:

2) Caso 6 normotipo	1) Hombre 64 kg. Tumor Frontal	Temperatura central 37°; temp. mano 34.5° (antes de la op.). Después de 45' de op., temp. central 36.6°, temp. mano 33.6°.
2) Caso 7 Mujer 56 kg.	Aneurisma de la cerebral anterior.	Antes de la op.: T.C. 36,6°. T. mano 36,6°. Después de 45' de op. T.C. 35,6°. T. mano 31°.
3) Caso 11 Mujer 65 kg. 40 años brevilínea	Prolapso y luego ligamentopexia	Antes de la op.: T.C. 37°, 37,2°. T. mano 35°. Después de 40' de op. T. Central 36,9. T. mano 35, 35,2°.
4) Caso 12 Mujer 52 kg. 32 años longilínea	Colecistectomía	Antes de la op.: T.C. 37,3°. T. M. 34°4. Después de 30' op. T. C. 37,4° T.M. 33°.
5) Caso 14 Hombre 50 años normotipo	Gastrectomía	Antes de la op.: T.C. 36,9°. T. M. 33,5°. Después de 45' op. 37°. T.M. 33°.

Como se observa en estos pocos caso en que se ha tomado la temperatura esofágica antes de la operación y la periférica de una misma mano; en donde la temperatura ambiente ha sido constante y no ha habido gran variación de la P.A. y F.C., se ha presentado una caída ligera de la temperatura periférica en todos los casos, menos en el

caso 3, la temperatura central ha caído en todos los casos menos en los dos últimos (casos 4 y 5).

Este breve análisis, parecería indicar que hay un ligero aumento de la resistencia vascular periférica al efectuar la R.C., cosa que también indicaría, la ligera palidez de la facies de estos enfermos.

¿Puede ser más exacta la R.C. manual que la R.C. mecánica?

Contestamos a esta hipótesis por el método del absurdo:

Si establecemos una conversación con algún colega que defiende como superior la R.C. manual, ella puede ser de este tenor:

Pregunta: ¿Qué prefiere Ud. la R.C. manual o la R.C. mecánica?

Respuesta: Yo prefiero la R.C. manual.

Pregunta: ¿Por qué?

Respuesta: Porque lo dice fulano, mengano, etc., porque tengo la mano acostumbrada y sensible y con ella "siento" al enfermo y ejerzo la presión adecuada.

Pregunta: ¿Qué ejerce Ud. sobre la bolsa respiratoria, una fuerza o una presión?

Respuesta: Bueno... una presión con la mano, que es también una fuerza.

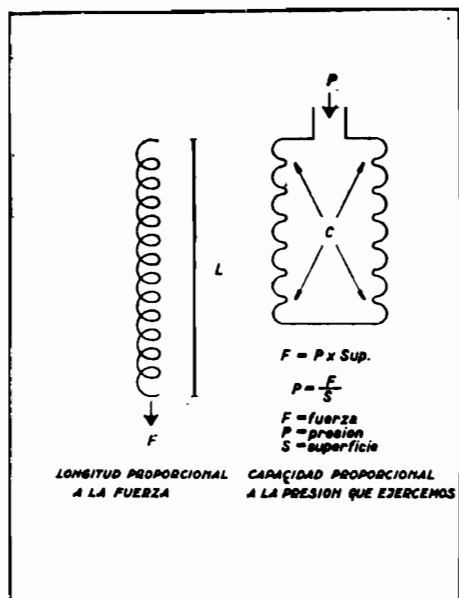


FIGURA 21

Afirmamos: Ud. ejerce una fuerza sobre una superficie que es la que ejerce con sus dedos sobre la superficie de la bolsa y gene-

ra dentro de ella una presión; por lo tanto, $F \div S = P$. (Fig. 21). Si Ud. varía la fuerza o la superficie de la bolsa, la presión endotraqueal que genera será distinta. Con igual fuerza generará presiones mayores cuando menor sea el tamaño de la bolsa, de manera que con bolsas distintas Ud. pierde la noción de la presión endotraqueal que efectúa.

Contestación: Puede ser, pero tenemos muchos años de experiencia en la R.C. manual y los enfermos andan bien.

Eso es verdad, pero tenemos un millón de años de experiencia trasladándonos con los pies y a pesar de ello preferimos hoy día al auto o el avión para trasladarnos, naturalmente que se requiere para lo último otro conocimiento técnico.

Preguntamos: ¿Cómo calcula Ud. la frecuencia cuando hace la R.C. manual?

Respuesta: La calculo a ojo, de acuerdo con mis movimientos respiratorios.

Pregunta: ¿Cómo sabe la presión endotraqueal que administra el enfermo?

Respuesta: No lo sé, pero observo la excursión y siento el aire que entra.

Consideraciones: Si no es posible determinar con justeza la presión que se ejerce ni la f. ni el V.C. ES ABSURDO pensar que podemos acertar por palpito o experiencia la V.A. adecuada. En cambio con un respirador automático es posible determinar todos estos factores y, por consiguiente estaremos mucho más cerca de un V.A. correcta.

- 1) Soporte flexible y de altura variable, con arandela de sujeción para el respirador y morsa que se fija al cabezal de la mesa de operaciones.
- 2) Respirador con el control de P+ (a) entrada de O₂ (b) y conexión al enfermo (c).
- 3) Tubuladuras de goma para el O₂ (d). Pieza en T para el manómetro de mer-

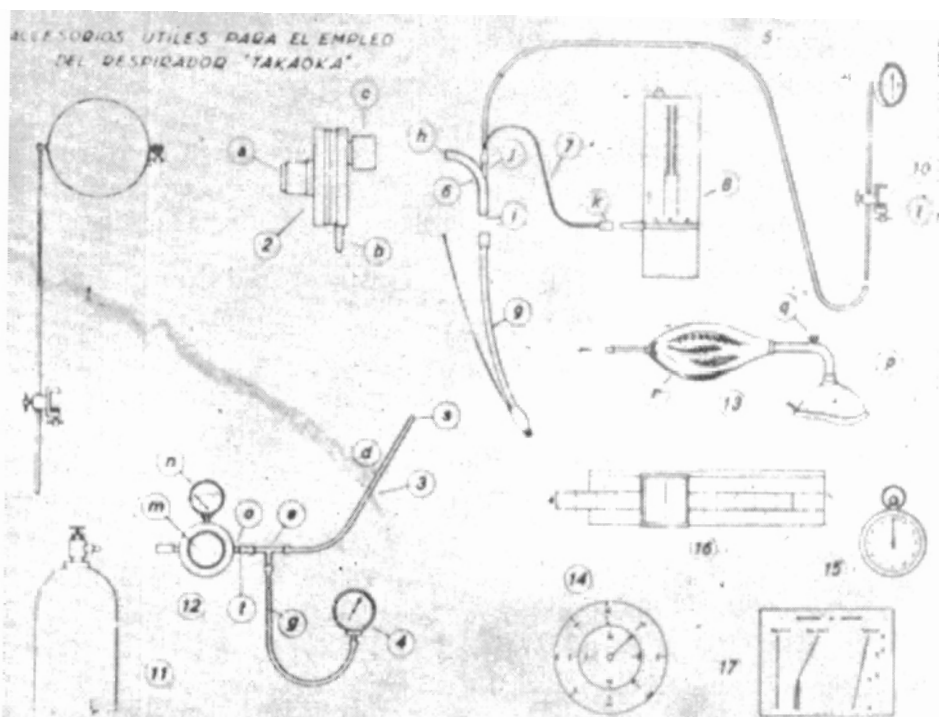


FIGURA 22

- curio que hace de flow-meter (e) y conexión de goma para el mismo (g).*
- 4) Manómetro de mercurio tipo Tycos.
 - 5) Tubuladura de goma que sirve para conectar al manovacuómetro.
 - 6) Codo de Rovenstine que se conecta en (h) al respirador, en (i) con el tubo endotraqueal y en (j) con el manovacuómetro (10), por aquí se puede también aspirar secreciones.
 - 7) Polietileno de 1 mm. de diámetro que penetra en el tubo (5) por un pequeño orificio y va dentro del tubo endotraqueal hasta su extremidad para recoger muestras de CO_2 al fin de la espiración.
Se conecta en (k) con el analizador de Dräger. (8)
 - 8) El analizador de Dräger.
 - 9) Tubo endotraqueal con manguito insuflable.
 - 10) Manovacuómetro con morsa de fijación. (1)
 - 11) Tanque de O_2 a alta presión.
 - 12) Válvula de reducción de caudal variable por medio de la llave (m). (n) es un manómetro que mide la cantidad de O_2 que hay dentro del tubo (11).
 - 13) Máscara y codo con válvula espiratoria y bolsa (r). La bolsa tiene un pico metálico para conectar con la tubuladura (3) al comienzo de la anestesia y así poder oxigenar al enfermo hasta efectuar la intubación.
 - 14) Regla de cálculo de Takaoka.
 - 15) Cronómetro.
 - 16) Regla de cálculo logarítmica de bolsillo.
 - 17) Nomograma de Radford.

* En los modelos actuales no es necesario este tubo en T pues dicha presión se toma en la salida lateral 3 de la Fig. 17 Bis.

UN PROCEDIMIENTO ANESTÉSICO UTILIZABLE CON ESTE RESPIRADOR

En general nosotros procedemos así:

- 1º) Fijamos el respirador en la cabecera de la mesa de operaciones por medio de la morsa y le conectamos el codo de Rovenstine (6) al que se ha agregado el manovacuómetro (10) por medio de la tubuladura (5) y que ya lleva colocado el tubo de polietileno (7).
- 2º y 3º) Fijados en un lugar cómodo el manovacuómetro (10), conectamos el tubo de oxígeno (11) con la válvula de reducción (12) y a ésta con el extremo (t) de la tubuladura (3); al tubo de goma (g) le agregamos el manómetro de mercurio (4) y a este lo fijamos por medio de una tela adhesiva a la válvula de reducción (12).
- 4º) Conectamos el extremo (8) del tubo (3) con el pico metálico de la bolsa (13).
- 5º) Preparamos los elementos de intubar: laringoscopio de Macintosh; tubo endotraqueal con manguito, al que lubricamos con jalea de xilocaína y disponemos de un atomizador con algunos centímetros cúbicos de Pantocaína.
- 6º) Dormimos al enfermo con un barbitúrico de acción rápida como el PENTOTAL, al que mezclamos dosis variables de DÉCAMETONIO, en general para un adulto 0,5 grs. de PENTOTAL más 6 mg. de DECONTRAX.
- 7º) Luego de la inducción endovenosa, abrimos el paso de O₂ con la llave (m) de la válvula de reducción (12) y efectuamos la ventilación del enfermo con la bolsa, codo y máscara (13).
- 8º) PANTOCAINIZAMOS laringe, senos piriformes, faringe y tráquea con el atomizador, bajo el control visual con el laringoscopio, no usando más de 2 cc. de PANTOCAINA.
- 9º) Ventilamos dos minutos más, para que actúe la Pantocaína.
- 10º) Intubamos, y de inmediato conectamos el respirador, por intermedio del codo de Rovenstine (6), introduciendo ya dentro del tubo endotraqueal el tubito de polietileno (7) y conectamos la entrada de O₂ (b) del respirador al extremo (S) del tubo de goma (3) que en ese momento hemos quitado la bolsa (13), luego insuflamos el manguito del tubo endotraqueal.
- 11º) Ya funciona el respirador con el control de la presión al mínimo.
- 12º) Por medio de la llave (m) damos el caudal adecuado para el respirador que ha sido calculado de antemano con la regla de cálculo y el nomograma (14) (16) y (17).
- 13º) Ajustamos ahora el control de P+ del respirador (a) hasta obtener la f. deseada, los tiempos los medimos con el cronómetro (15).
- 14º) Leemos en el manovacuómetro (10) la presión que ha sido necesaria para obtener el V.C. y hallamos la inversa de esta presión lo que nos da D.P.V. C. de ese enfermo, puesto que está su tórax relajado y en decúbito horizontal supino, y anotamos en la ficha ese dato.
- 15º) Quitamos las jeringas que sirvieron para inducción y conectamos un goteo endovenoso que en general tiene la mezcla standard de O. Vanzón.

Mezcla O. Yanzón	{	500 cc. de suero glucosado isotónico (Dextrosa en agua 5%) + 300 mg. de succinilcolina
		200 mg. de Petidina, Demerol o Dolantina (Meperidina)
		50 mg. de Pacatal (Mepazine)
		5 g. de Procaína*

Iniciamos el goteo muy lento con la misma, hasta que vemos en el manovacuómetro signos de que el enfermo comienza a respirar, cosa que se manifiesta por oscilaciones asincrónicas con el ritmo del respirador. Entonces aceleramos el goteo hasta que ellas desaparecen y tratamos de mantener, todo el tiempo que dura la intervención, al paciente en el límite que hay entre la apnea y la respiración espontánea.

16º) Confrontamos el cálculo de V.C. como se ha explicado anteriormente:
 Tiempo inspiratorio en segundos \times caudal/segundo del respirador = V.C.

17º) Hacemos el cálculo de la *complacencia pulmonar* dividiendo el V.C. por la presión positiva máxima que marca el manovacuómetro (compl. = $\frac{V}{P}$) anotando luego en la ficha este dato.

18º) Estamos con las manos libres para hacer tomas de P.A. al enfermo, tomas de temperatura, controles electrocardiográficos y de todo orden, lo que nos permite seguir más de cerca la evolución del acto anestésico y quirúrgico.

* Actualmente ponemos 9 gr de novocaína, lo que da 18 mg de droga por cm.³ y hacemos una gota por minuto y por kilo de peso del enfermo. La dosis media y segura de Procaína para los adultos es de 1 mg/Kg peso/minuto para los niños es de 1.5 mg/Kg peso/min. (1 gota = 1 mg de Procaína si en el goteo 18 gotas = 1 cm.³.)

Con lo dicho en 18 demostramos lo aseverado en e), 7º), al hacer la descripción del respirador de Takaoka, *el que permite al anestesista un mayor control del enfermo* pues lo libera de la monótona y fatigosa tarea de ventilar a mano. Se nos podrá contradecir diciendo que permite que el anestesista abandone la sala de operaciones. *Si ello ocurre es un defecto inherente a ese hombre, que se comporta como un irresponsable y ello no es culpa o consecuencia de ningún aparato.*

Quien obre de esa manera, tampoco ventilará bien a su enfermo en ausencia del respirador mecánico.

* * *

Luego de todo lo que antecede, es necesario demostrar que es un aparato portátil: Si al respirador de Takaoka le agregamos todos los instrumentos descritos en la figura 20, llegaremos a un peso total de 4 kg.; cabe dentro de una caja pequeña. Este peso se distribuye así:

Morsa y soporte	500 grs.
Respirador	400 grs.
Tubuladuras y conexión	200 grs.
Manómetro de Hg.	180 grs.
Analizador de Dräger de CO ₂	580 grs.
Manovacuómetro	370 grs.
Válvula de reducción	930 grs.
Máscara, codo y bolsa	400 grs.
Elementos de Cálculo	40 grs.

Total: 3600 grs.

DATOS UTILES A TENER EN CUENTA CUANDO SE UTILIZA EL RESPIRADOR DE TAKAOKA

- 1º) Acostumbrarse al ruido que marca la faz espiratoria.
- 2º) Controlar que el aparato cicle, si no lo hace y se detiene en una fase, es porque hay pérdidas en las conexiones o en el manguito del tubo endotraqueal.
- 3º) Controlar que el tiempo de inspiración sea igual al tiempo de espiración.
- 4º) Si la espiración se acorta, hay obstrucción parcial de la vía aérea o intenso espasmo bronquial.
- 5º) Si cicla muy rápido, es porque hay obstrucción total de la vía aérea (más de 100 latidos por minuto).
- 6º) Si la espiración se alarga (caso excepcional) es porque hay obstrucción en el escape del aparato.
- 7º) Si se aumenta la frecuencia, es porque disminuye la complacencia pulmonar, lo que hace necesario que aumentemos la presión con el control de P+ (a) (fig. 20).
- 8º) Si disminuye la frecuencia, es porque aumenta la complacencia pulmonar y debemos disminuir la P+ con el control (a) (fig. 20).
- 9º) Lo dicho en 6o. y 7o. es verdad, si el caudal del aparato permanece constante; si por cualquier circunstancia disminuye el caudal (agotamiento de O₂) y la complacencia pulmonar permanece constante, disminuye la frecuencia respiratoria y hay hipoventilación. Ocurre a la inversa de lo antedicho si aumentamos el caudal por encima de lo calculado.
- 10º) A caudal constante para el respirador, con menor F. habrá mayor V.A. e igual V.P.
- 11º) A caudal constante para el respirador con mayor F. habrá menor V.A. e igual V.P.
- 12º) Si el caudal permanece constante y aumentamos la P+ la V.P. permanece constante, pero *disminuye la F.* y aumenta la V.A., si disminuye la P+ la V.P. permanece constante y disminuye la V.A. aumentando la F.
- 13º) Si nos detenemos a estudiar la regla de cálculo de Takaoka, veremos que para variar la V.A. en proporción aritmética es necesario aumentar la P+ en proporción geométrica. En otras palabras, cuando trabajamos con presiones bajas, una pequeña variación de la P+ traerá como consecuencia un buen aumento de la V.A., mientras que cuando trabajamos con P+ elevadas (20 cms. de H₂O) será necesario una gran variación de la P+ para obtener un pequeño aumento de la V.A. por lo tanto aquí conviene aumentar el caudal de O₂/min del aparato para aumentar la V.A.
- 14º) Es conveniente observar los movimientos rítmicos del manovacuómetro; cualquier alteración de los mismos es un índice de que el enfermo interfiere con su respiración en el ciclado del aparato y ello indica que hay que acelerar el goteo endovenoso, para aumentar la profundidad anestésica.
- 15º) Si utilizamos el manómetro de mercurio, que mide el caudal para el aparato, junto a la válvula de reducción, estaremos más cómodos que si utilizamos este manómetro junto al respirador (*). Ello será posible si demostramos que en ambas posiciones la lec-

(*) El último modelo del respirador lleva adherido al pico de entrada de oxígeno al aparato un tubo lateral para tomar la presión de oxígeno. La pérdida de O₂ que produce este tubo se puede despreciar pues es de unos 200 cm³/min. con 200 mm. de Hg de presión.

tura es igual: es decir que debemos demostrar que la resistencia que ofrece el tubo de goma (3) al paso de O_2 no influye mayormente en la lectura de presión que hacemos en el manómetro (4).

Para demostrar lo que antecede, se procede de la siguiente forma:

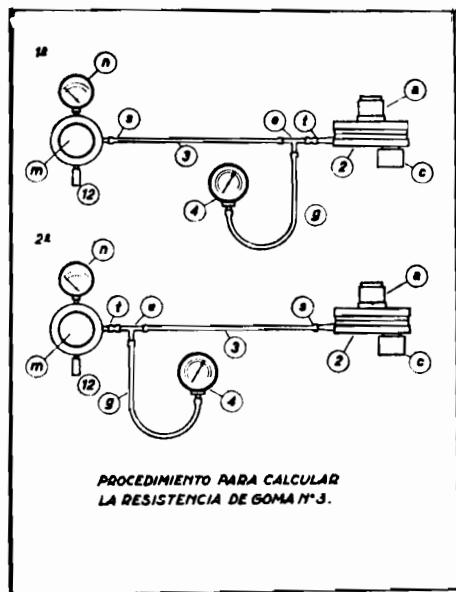


FIGURA 23

Se conecta primero la extremidad (t) del tubo (3) (Fig. 23) con el respirador (2) y la extremidad (s) con la válvula de reducción (12), el manómetro (4) con el tubo de goma (g).

Se ajusta el caudal adecuado por medio de la llave (m) de la válvula de reducción y se hace la lectura de este caudal con el manómetro (4). Por ejemplo: 140 mm. de HG equivalen a 10 lts. de caudal en el aparato. (Fig. 23).

Sin modificar la salida de O_2 , se desconecta el tubo (3) de sus dos extre-

midades, las que luego se invierten como lo indica la Fig. 16 Bis.

Vemos que en el manómetro (4) la lectura no ha sufrido variación apreciable.

Esto indica que la resistencia que suma el tubo (3) es prácticamente despreciable.

Nosotros utilizamos el manómetro (4) junto a la válvula de reducción como se indicó en la fig. 23, (parte inferior), así nos queda libre la otra extremidad del tubo (3) que conectamos indistintamente al respirador o a la bolsa (13) del conjunto máscara, codo y bolsa, elementos éstos que se emplean para ventilar al enfermo al comienzo de la anestesia, antes de haber intubado.

En el último modelo el manómetro de mercurio va junto al aparato y se puede desconectar sin pérdida apreciable de O_2 .

16º) El respirador posee una válvula de seguridad para presión $P+$ en la salida (c) que conecta el aparato con el tubo endotraqueal o con el codo de Rovenstine.

Dicha válvula se abre alrededor de los 50 cm. de H_2O de presión $P+$ o sea a 40 mm. de Hg de presión $P+$, cualquiera sea el caudal que pase por el interior del aparato. Ello impide que bajo cualquier circunstancia pueda lesionarse el pulmón, ya que este órgano puede soportar sin lesión, presiones hasta de 80 cms. de H_2O de $P+$.

17º) Si el enfermo respira, el aparato lo sigue, aunque mal, ya que la velocidad del aire durante la inspiración espontánea es variable, y en la mitad del tiempo inspiratorio es muy superior a la velocidad de oxígeno que el respirador le brinda. Por esto hemos

dicho que este aparato sólo se presta para respiración controlada. Con todo, estando el enfermo dormido puede llegar en ciertos momentos a efectuar una verdadera respiración asistida. Si el enfermo inspira, crea dentro del aparato una presión neg. que hace que la membrana y válvula adopten la posición de insuflación o inspiración. Si el enfermo en cualquier momento del ciclo inspiratorio expira, crea una presión positiva elevada, que hace que la membrana y válvula de escape adopten la posición de deflación o de espiración; por eso hemos afirmado que el aparato puede seguir al enfermo bajo ciertas condiciones favorables, sobre todo si con la llave (a) del respirador (Fig. 20) hacemos que las f. del aparato y enfermo sean similares.

18º) La duración de la fase inspiratoria es igual a la duración de la fase espiratoria, cualquiera sea el caudal que se utiliza y cualquiera sea la frecuencia respiratoria.

Tampoco varía esta relación con pulmones de diferente tamaño, ello facilita los cálculos de la V.P. y del V.C.

19º) Así como la duración de la fase inspiratoria mide el volumen de aire inspirado (V.C. insp.), la duración de la fase espiratoria mide el volumen espirado (V.C. esp.) que en circunstancias normales es igual al aire inspirado; por lo tanto:

Tiempo inspiración = Tiempo espiratorio
 Volumen inspirado = Volumen espirado
 significa

Si hay pérdidas al nivel del parénquima pulmonar, como puede ocurrir en intervenciones sobre este órgano, tendremos:

T. insp. > T. espiratorio
 V. insp. > V. espiratorio

La relación entre el tiempo inspiratorio y el tiempo espiratorio, nos dará la medida del vaciamiento a nivel del pulmón. Este hecho permite hacer el cálculo de la ventilación pulmonar aún bajo estas circunstancias, pues permite calcular la magnitud de la pérdida.

(1) T. Insp.
 ————— = magnitud de la pérdida.

T. Espir.

Volumen de O₂ inspirado — volumen gases expirados = magnitud de la pérdida.

Por lo tanto, cuando hay pérdida, el volumen de gases espirados representa el volumen de O₂ que se utilizó en la inspiración y no se perdió.

20º) La caída gradual de la presión durante la faz espiratoria, no permite las variaciones bruscas de P+ con el consiguiente movimiento del mediastino, lo que facilita las intervenciones con el tórax abierto.

21º) En la cara inferior del aparato y en el centro de la misma, hay un pequeño vástago de bronce que se mueve al unísono con la membrana sensible del aparato, adoptando dos posiciones extremas, cuya distancia es de dos mm. Una de ellas; la llamaremos "salido" y corresponde a la faz de insuflación o inspiración; la otra la llamaremos "entrado" y corresponde a la faz de deflación o espiración.

Si con los dedos se lo retiene en una y otra de estas posiciones, provocaremos una inspiración mayor en el primer caso y una espiración mayor en el segundo caso, aumentando fuera de lo normal las presiones positivas o negativas.

La primera de las circunstancias se utiliza para provocar en un determi-

nado momento una mayor distensión del pulmón.

La segunda maniobra se utiliza para provocar una espiración forzada, lo que es muy útil para tomar con el catéter de polietileno, muestras de aire alveolar y efectuar su análisis por medio del analizador de CO₂ Dräger, o el analizador modelo Lecour.

COMO REANIMAR UN RECIÉN NACIDO CON EL RESPIRADOR DE TAKAOKA

- 1º) Colocar un caudal mínimo para el aparato. (3 litros por minuto). Esto se hace tapando con el dedo la salida (c) del respirador (fig. 23 y abriendo progresivamente la llave (m) de la válvula de reducción hasta que el aparato cicle (la llave de control de P+ (a) debe estar al mínimo).
- 2º) Se intuba el niño con un tubo de Cole y se le conecta el respirador.
- 3º) Hecho lo dicho anteriormente, se conecta el respirador y se cuentan los latidos totales que efectúa el aparato y graduando la presión positiva con (a), se obtienen 100 latidos totales por

minuto. Obtenido esto estamos en la siguiente situación:

Número de latidos = 100 (Insp. y Resp.)
por lo tanto F. = 50 en el minuto

Caudal para el aparato: 3,000 cc. por minuto cuando habiendo obtenido la salida con el dedo y aumentando el flujo de O₂ progresivamente comienza a circular.

1.500

V.C. = $\frac{1500}{50}$ = 30 cc.

50

- 4º) El pulmón se irá distendiendo gradualmente, será necesario de tanto en tanto mantener la inspiración con el vástago central del respirador, para aumentar la P+ como lo hemos indicado en 21º).

No hay peligro de romper el pulmón del niño, pues no será posible sobrepasar los 50 cm. de H₂O de P+ dado que como dijimos en el 16º), el respirador posee una válvula de seguridad. Por estudios efectuados en los recién nacidos, se sabe que el pulmón puede soportar presiones de hasta 80 cms. de H₂O y, según el estado del pulmón, es necesario en algunos casos, llegar a los 50 cms. de H₂O de P+ para vencer la atelectasia presente en estos niños.

REFERENCIAS

- 1o.—PAPPENHEIMER, V. R. 1950.—*Standardization of definition and symbols in respiratory physiology*. Fed. Proc. 9:602-605, 1950.
- 2o.—COMROE, J. H. JR., FORESTE, R. E., DUBOIR A. B. BRICOE, W. A. y CARLSEN S. (1955).—*The lung: Clinical Physiol and pulmonary function test*. Chicago: The year book Publishers.
- 3o.—E. J. MORAN CAMPBELL.—*Terminology and symbols used in respir*. Physiology. Brit. J. Anaesth. (1957). 29,534.
- 4o.—J. CLUTTON-BROCK.—*The cerebral effects of overventilation*. Brit. J. Anaesth. (1957). 20, 111.
- 5o.—M. E. FORTALEZA.—*Síndrome de hiperventilación*. Medicina (1957). 27, 132.
- 6o.—WIGGERS, C. J.—*Physiology in health and disease*. Fifth ed. P. A., (1949). Leo and Febiger, 473.
- 7o.—ROBERTS, K. E., POFFELL Y. W., RANDALL H. T. VANNAMEE F.—*Respiratory Alkalosis*. Ann. N. Y. Acad. Scie. (1957), 66, 965.
- 8o.—DRIPPS, R. D., ECKENHOFF Y. E. VANDAM L. D.—*Introduction to anesthesia*, (1957). W. B. Sanders Co.