

## NUESTRA EXPERIENCIA CON EL USO DEL RESPIRADOR Y VAPORIZADOR AUTOMÁTICO DE TAKAOKA

Dr. Simón Caballero Cornejo  
Arequipa - Perú

Iniciamos nuestra experiencia con el ventilador automático de TAKAOKA en Diciembre de 1965 y hemos preparado este informe preliminar, mediante datos obtenidos de los 100 casos clínicos en los que fué utilizado. El empleo de este ventilador nos permitió resolver en parte, el problema de falta de personal especializado en nuestro Servicio; poco a poco se ha conseguido perfeccionar su empleo, superándose las dificultades presentadas inicialmente, con la consiguiente mejoría en los resultados y por ende, posibilitándose su mas frecuente utilización.

**MATERIAL Y METODO.**— Como ya se mencionó, en este informe se han recopilado datos de 100 casos en que se empleó el ventilador de Takaoka. Este respirador tiene como características: a) utilizarse para proporcionar respiración controlada, sea por que los músculos responsables de la mecánica respiratoria estén paralizados mediante fármacos (relajantes) o por que el centro respiratorio haya dejado de funcionar; b) ser un aparato de circuito abierto, por lo tanto la espiración se efectúa totalmente hacia el aire ambiente; c) insufla Oxígeno al 100%, a presión y volúmen conocidos para producir una inspiración adecuada, efectuándose pasivamente la espiración, al final de la cual proporciona una leve presión negativa (3 a 5 centímetros de H<sub>2</sub>O).

Al hacer la descripción mecánica del ventilador y explicar su correcto manejo, nos proponemos demostrar: 1) que efectúa la respiración controlada con más exactitud que la respiración controlada manual; 2) que efectúa dicha respiración controlada en forma más exacta que otros respiradores; 3) que efectúa la ventilación pulmonar correcta

para cada caso, debiendo entenderse por "ventilación correcta" aquella que incorpora a la sangre la cantidad necesaria de O<sub>2</sub> y elimina la cantidad adecuada de CO<sub>2</sub>; 4) que no altera la mecánica circulatoria de la pequeña o gran circulación y 5) que no perturba en última instancia el acto quirúrgico.

**DESCRIPCION MECANICA DEL RESPIRADOR DE TAKAOKA.**— Las características a tener en cuenta son:

1º—El caudal de O<sub>2</sub> que entra al aparato es constante y se mide exactamente por la presión lateral que desarrolla en el tubo de admisión (3), mediante un manómetro de Mercurio (4) (Figuras N° 1 y 2).

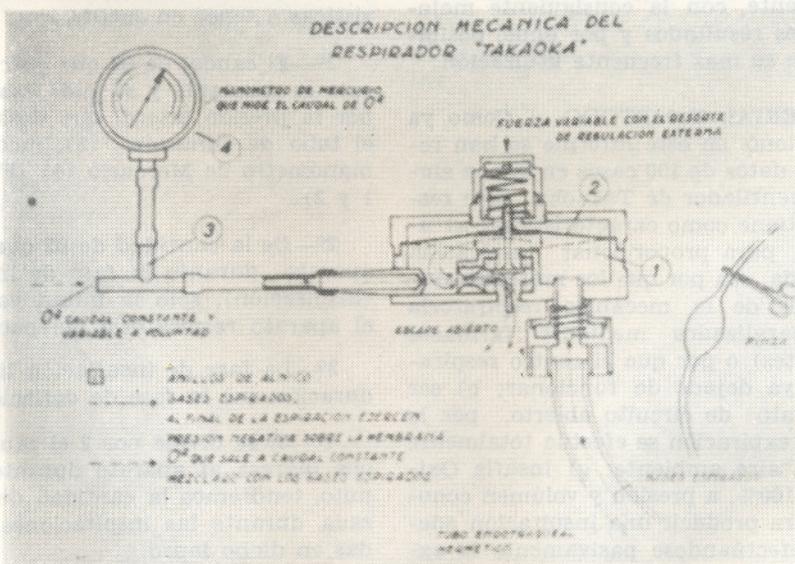
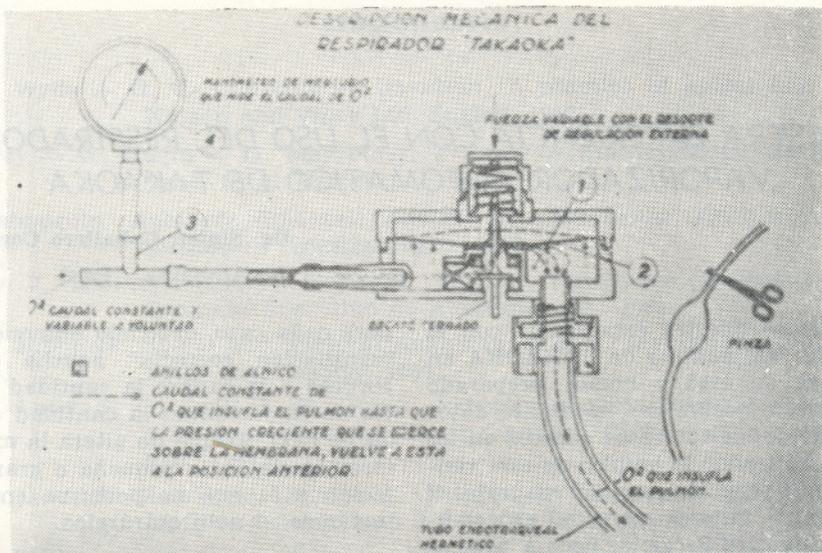
2º—De la cantidad de O<sub>2</sub> que entra al aparato durante la fase de insuflación (inspiración), sólo la mitad va a pasar al aparato respiratorio del paciente.

3º—La fase de insuflación tiene igual duración que la fase de deflación.

4º—Si se divide por 2 el caudal de O<sub>2</sub> que ingresa al aparato durante un minuto, tendremos la cantidad de O<sub>2</sub> utilizada durante las inspiraciones efectuadas en dicho lapso.

5º—Si se divide el caudal-minuto de O<sub>2</sub> inspirado entre la frecuencia, obtendremos el volumen corriente con absoluta certeza.

6º—Si el caudal de O<sub>2</sub> es constante, la frecuencia respiratoria dependerá en forma absoluta de la presión inspiratoria; por consiguiente la frecuencia la obtendremos por las variaciones de la presión positiva al distender mas o menos el resorte de la parte superior del aparato.



79—Para su empleo, debemos prede-terminar el caudal minuto de  $O_2$  que debe llegar al aparato, conociendo teóricamente:

- a) La ventilación pulmonar (Vent. P.)
- b) El espacio muerto (V. D.)
- c) La ventilación alveolar (Vent. A.)

Esto puede establecerse con bastante exactitud con el nomograma de Radford, que nos proporcionará el volúmen corriente teórico (V. C.)

Primera fórmula de trabajo:

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

Segunda fórmula de trabajo:

$$\text{Vent. P.} \times 2 = \text{flujo minuto de } O_2 \text{ para el Takaoka.}$$

Tercera fórmula de trabajo:

$$\text{Vent. P.} - (\text{V. D.} \times \text{F}) = \text{Vent. A.}$$

Cuarta fórmula de trabajo:

$$60 \text{ seg.} / \text{F} = \text{duración de un ciclo respiratorio.}$$

Quinta fórmula de trabajo:

$$\text{Duración de un ciclo resp.} / 2 = \text{duración de Insp. y Expirac.}$$

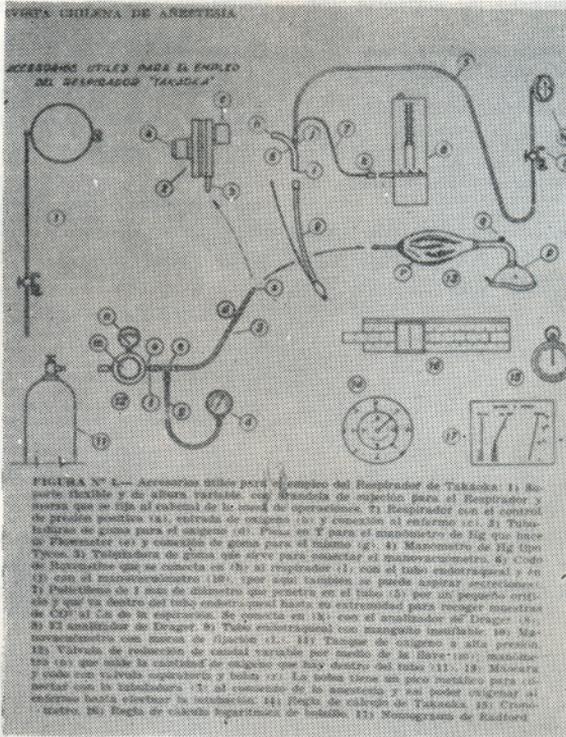
Sexta fórmula de trabajo:

$$\text{Flujo minuto de } 02 / 60 \text{ seg.} = \text{flujo seg. resp.}$$

Séptima fórmula de trabajo:

$$\text{Flujo-seg.} \times \text{durac. inspir.} = \text{V. C.}$$

Utilizando la regla de cálculo de Takaoka (fig. Nº 3) podremos obtener fácilmente los datos para todas las fórmulas de trabajo explicadas.



T A B L A Nº 2  
CALIBRACION DE CAUDALES PARA  
EL RESPIRADOR

Litros por minuto	Mm Hg. en el manómetro
5	30
6	50
7	70
8	90
9	115
10	140
11	170
12	200
13	230
14	260
15	300

Resumiendo:

1) — Datos necesarios:

- a) peso real del enfermo
- b) frecuencia respiratoria normal (teórica)
- c) volúmen corriente del enfermo (teórico)

2) — Utilizando el nomograma de Radford y con los datos del peso y la frecuencia respiratoria, obtener el volúmen corriente teórico normal para ese paciente.

3) — Empleando la primera fórmula, determinar la Ventilación pulmonar teórica (por Ej. 7 lit.). Se hace coincidir la flecha de la regla de cálculo con dicho número en la escala D. (Fig. 3)

4)—En estas condiciones, en la regla de cálculo, en la escala A, tendremos frente a la flecha, la presión en mm. Hg. que debe marcar el manómetro conectado a la salida lateral del tubo de admisión del Takaoka.

5)—En la escala B queda señalada la cantidad de O<sub>2</sub> que recibe el respirador (flujo-minuto), lo que también se puede establecer utilizando la segunda fórmula de trabajo ( $Vent. P. \times 2 = \text{flujo-minuto}$ ).

6)—En la escala C se lee el flujo-segundo para el respirador, lo que también resulta de aplicar la séptima fórmula de trabajo.

7)—Se comprueba que la llave de regulación de la presión intratraqueal (en la parte superior del aparato) esté al mínimo.

8)—Se conecta entonces el respirador con el tubo endotraqueal (con manguito) y contamos la frecuencia, que de seguro, estará elevada.

9)—Aumentamos progresivamente la presión positiva intratraqueal por medio de la llave mencionada, hasta obtener la frecuencia normal calculada y que está representada en la escala E (Fig. N° 3).

10)—Nuevamente en la escala D, frente a la frecuencia obtenida, leeremos la ventilación alveolar teórica por minuto.

11)—En la escala F, también frente a la frecuencia respiratoria establecida se leerá el tiempo real que dura la inspiración (o la expiración).

12)—Y en la escala G, coincidiendo con el dato anterior, leemos la ventilación del espacio muerto por minuto.

13)—Si multiplicamos el tiempo inspiratorio por el flujo-segundo (que como se ha dicho se lee en la escala C), obtendremos el volumen corriente real.

14)—Por medio de un codo de Rovenstine interpuesto entre el respirador y el tubo endotraqueal, adicionamos al sistema un manómetro graduado en cm. de H<sub>2</sub>O; podremos así leer la presión positiva-negativa que desarrolla el ventilador durante el ciclo respiratorio.

15)—Si dividimos el volumen corriente por la presión, obtendremos la complacencia pulmonar del paciente:

$$\text{Complac.} = \frac{V C.}{\text{Pres.}} = \frac{0.500}{14} = 0.035$$

Dicho en otra forma, con el ejemplo puesto por cada cm. de H<sub>2</sub>O de presión positiva, entran al pulmón 35 cc. de oxígeno.

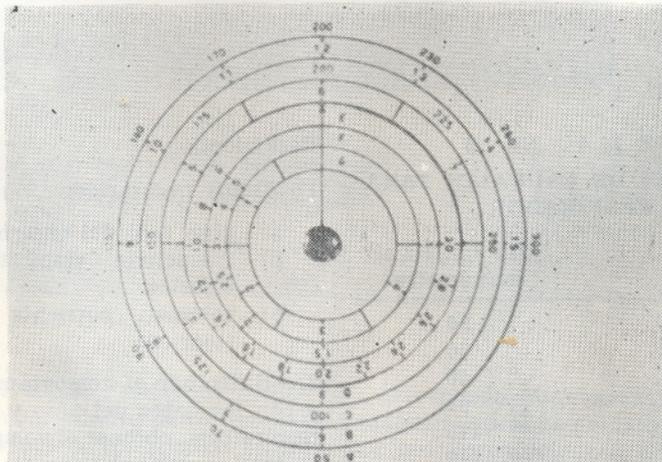


FIGURA N° 3.—Regla de cálculo de Takaoka. En el caso que se ilustra, el sujeto tiene una Ventilación Pulmonar de 6 litros (anillo concéntrico D), la presión necesaria para obtener 12 litros de oxígeno es de 200 mm de Hg (anillo A). Entran al respirador 12 litros de oxígeno por minuto (anillo B). Entran al respirador 200 cc por segundo (anillo C). Si obtenemos 12 de F, la 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 expiración). En G, frente a la frecuencia leemos el espacio muerto-minuto.

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

Volúmen corriente:	Correcto (teórico)
Ventilación alveolar:	Correcta (teórica)
Frecuencia:	Correcta (teórica)
Distensibilidad pulmonar:	Exacta para el volumen corriente calculado.

Complacencia pulmonar real del paciente.



Cabe preguntarse ahora: estos valores que hemos considerado correctos (calculados teóricamente) y que por medio del respirador administramos a los pacientes, ¿son los que éstos requieren?

El mejor índice de una ventilación alveolar adecuada, lo da la tensión arterial del CO<sub>2</sub>: si ella se mantiene dentro de los límites normales (entre 38 y 42 mm Hg.), podemos asegurar que la ventilación es correcta. Un analizador Draeger de CO<sub>2</sub> puede permitirnos efectuar el análisis de la tensión alveolar de CO<sub>2</sub>.

**CASUISTICA.**— La realización del presente trabajo se basa en la utilización del ventilador automático de Takaoka en 100 casos clínicos, en 80 de los cuales se empleó también el vaporizador de Takaoka.

**Sexo:**

Masculino	:	54 casos
Femenino	:	46 casos

Menos de 20 años	:	3 casos
de 20 a 29 años	:	28 casos
De 30 a 39 años	:	25 casos
De 40 a 49 años	:	28 casos
De 50 a 59 años	:	8 casos
Más de 60 años	:	8 casos

**Condiciones pre-operatorias:**

Sin riesgo quirúrgico:	4 casos
Con riesg. quirúrg. grado I	: 62 casos
Con riesg. quirúrg. grado II	: 29 casos
Con riesg. quirúrg. grado III	: 3 casos
Con riesg. quirúrg. grado IV	: 2 casos
Emergencias:	

**Medicación pre-anestésica:**

Se administró S. Atropina en todos los casos; Fenotiacina en 96; Secobarbital en 28; Triflupromazina en 7;

**Anestésicos usados:**

Tiobarbitúrico en todos los casos; Eter en 27; Halotano en 64; Metoxiflurane en 5; Halotano-Eter Tricloretileno en 2; Dihidrobzoperidol en 9; Fentanest en 16; y como relajantes musculares: Succinilcolina, Gallamina y d-Tubocurarina.

**Operaciones realizadas:**

Cirug. Urológica	:	25 casos
Cirug. General	:	31 casos
Cirug. Torácica	:	12 casos
Cirug. Neurológica	:	3 casos
Cirug. Ginecológica	:	16 casos
Cirug. Traumatológica	:	7 casos

**METODO**

El procedimiento seguido queda expuesto a continuación:

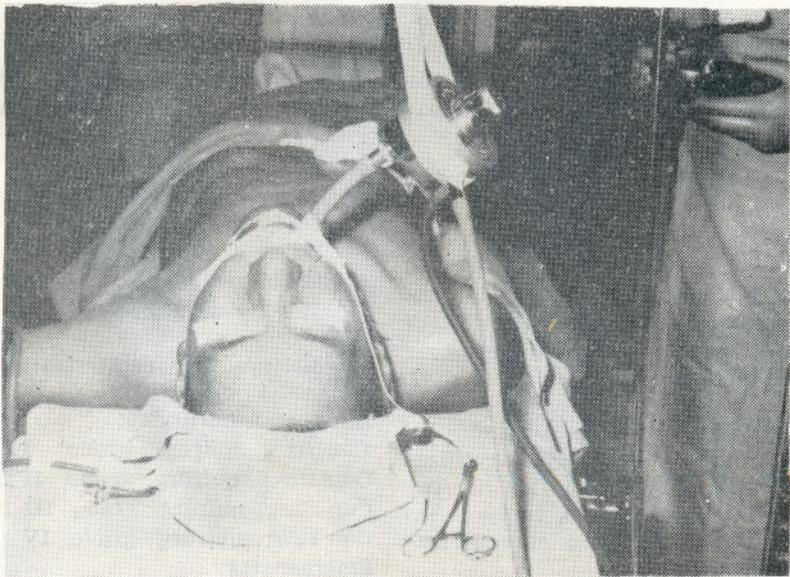
- 1.—Preparamos conveniente el material y equipos a utilizar. De una fuente de Oxígeno (máquina de anestesia o equipo de O<sub>2</sub> empotrado en la pared) conectamos un tubo de plástico que llega al vaporizador del a-

nestésico. En 80 casos hemos utilizado el vaporizador de Takaoka; también se ha empleado el Fluotec y el vaporizador Foregger "Vapor" satisfactoriamente.

Mediante otro tubo de plástico, conectamos el vaporizador con el ventilador automático, al cual le hemos adicionado un manómetro de Hg para medir el flujo de O<sub>2</sub> con que funcionará el aparato según los casos.

- 2.—Procedemos a dormir al paciente con un barbitúrico de acción corta a través de una llave de triple vía y a continuación administramos Succinilcolina, ventilando adecuadamente mediante un "To and Fro" aprovechando las conexiones preparadas o recurriendo, la mayoría de las veces, a una máquina de anestesia.

Realizada la intubación traqueal, conectamos el ventilador, cuidando siempre de mantener convenientemente relajado al paciente, condición necesaria para el buen funcionamiento de aquel; para lo cual recurrimos a la administración de Succinilcolina, a dosis fraccionadas o gota a gota (solución 2 o/oo), de Gallamina (una ampolla al inicio) o de d-Tubocurarina en las intervenciones de larga duración.

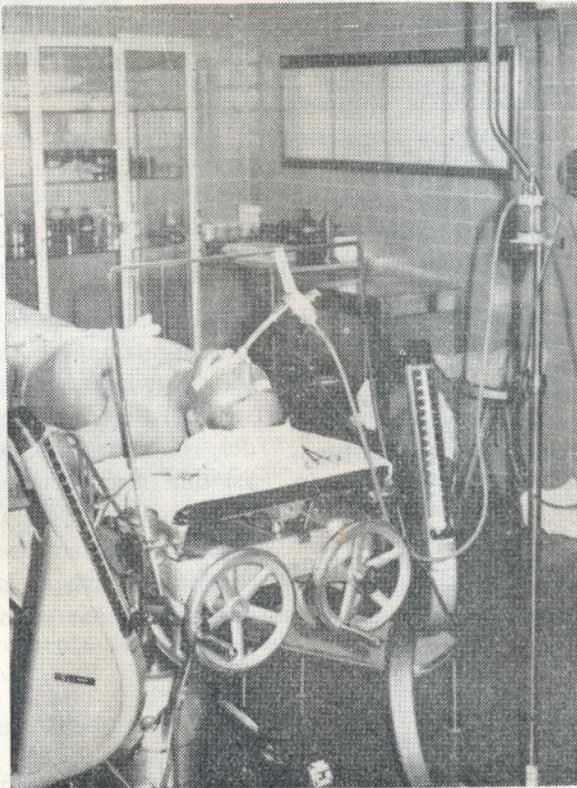


Inmediatamente después de conectado el ventilador, regulamos el flujo adecuado de O<sub>2</sub>, mediante el manómetro de Hg. de acuerdo a los valores correspondientes señalados en la regla de cálculo de Takaoka, hecho lo cual procedemos a establecer la frecuencia ventilatoria deseada, generalmente entre 12 y 14 por minuto, valiéndonos de la llave superior.

El mantenimiento lo hacemos generalmente con Halotano; también se ha utilizado Metoxiflurano, Eter,

mezcla azeotrópica y en contados casos Tricloretileno. En ocasiones, se debió recurrir a dosis complementarias de barbitúrico (Pentotal, sol. al 2.5% : 3 a 5 cc por vez) para lograr una narcosis rápida.

Cuando el paciente comienza a respirar, o sea cuando la relajación es deficiente ya, se pueden apreciar oscilaciones asincrónicas en el ritmo del ventilador, lo que obliga a reestablecer el estado de relajación para garantizar una ventilación adecuada. Si ello no se logra, fracasará el empleo del ventilador.



En los pacientes en los que se usó el tubo de Carlens, cuando hubo necesidad de bloquear el funcionamiento de un pulmón, se prefirió ventilar el restante con la máquina de anestesia, teniendo en cuenta nuestra poca experiencia aún en la utilización del ventilador de Takaoka,

Calculando la terminación de la anestesia y del acto quirúrgico, se suspende la administración de anestésicos y se procede a revertir el efecto curarizante (Gallamina, d-Tubocurarina) con Neostigmine (Prostigime) 2 amp., previa administración de S. Atropina 0.5 mg. por vía endovenosa. Cuando aparecen

los movimientos respiratorios del paciente, desconectamos el ventilador y continuamos la oxigenación con la máquina de anestesia, hasta que la ventilación espontánea sea suficiente, procediendo a realizar la extubación al reaparecer los reflejos de defensa. El paciente es llevado luego al Servicio de Recuperación Post-Anestésica, donde va a ser controlado y mantenida la administración de O<sub>2</sub>.

Se recomienda que al finalizar la anestesia, se efectúe la limpieza del ventilador y del vaporizador de Ta-

kaoka, haciéndoles circular una corriente de O<sub>2</sub> durante algunos minutos.

## RESULTADOS

Analizando la observación de estos cien casos, se puede concluir que la utilización del ventilador automático de Ta-kaoka, ha sido satisfactoria.

Se comprobó mediante dosajes seriales de la Reserva alcalina, que durante el curso de la anestesia los valores eran inferiores a los iniciales, como se puede apreciar en los siguientes resultados:

1.—	Antes de la anestesia	:	25.4	mEq/l.
	Durante la anestesia	:	20.5	mEq/l.
	Después de la anestesia	:	25.8	mEq/l.
2.—	Antes de la anestesia	:	26.7	mEq/l.
	Durante la anestesia	:	19.0	mEq/l.
	Después de la anestesia	:	23.6	mEq/l.
3.—	Antes de la anestesia	:	32.0	mEq/l.
	Durante la anestesia	:	25.0	mEq/l.
	Después de la anestesia	:	22.7	mEq/l.

En algunos pacientes del Servicio de Cirugía General, los cirujanos manifestaron haber observado manifestaciones de acidosis. En uno de ellos se constató que no había sido efectivamente descarazado y que lógicamente, había hipoventilado. Otro paciente gastrectomizado, presentó acidosis 92 horas después de la intervención, por lo que obviamente no la consideramos atribuible al uso del ventilador. La evolución del resto de pacientes cursó sin complicaciones.

Es conveniente recalcar que es condición fundamental, mantener al paciente adecuadamente relajado y que la presión del flujo de O<sub>2</sub> que llega al ventilador, sea constante, para que se obtenga así una frecuencia estable y necesaria. Se recomienda por lo tanto, que la vigilancia del paciente sea permanente y acuciosa, ya que el exceso de confianza puede ocasionar serios problemas.

