

CONTROL POR MONITOR DEL EFECTO DE LOS RELAJANTES MUSCULARES DURANTE LA ANESTESIA. DISEÑO DE UN APARATO ELECTRONICO

DR. JAVIER RAMÍREZ ACOSTA

RESUMEN

En este trabajo se comunica el diseño de un aparato electrónico para vigilar la acción de los relajantes musculares. Se puede usar en cualquier hospital y tiene las variables necesarias para poder establecer con precisión el tipo de bloqueo neuromuscular que aparece en el enfermo a quien se administran relajantes.

Se describen las características del aparato, su funcionamiento, su fuente de energía y los mecanismos de seguridad de que dispone.

Hasta ahora se ha usado en más de 2,000 pacientes sin que haya habido complicaciones ni que interfiera con las señales eléctricas cardíacas; tampoco se ha observado que produzca alteraciones del ritmo cardíaco ni que modifique su funcionamiento al usar otro equipo electrónico como los electrocoaguladores.

Se anotan las indicaciones principales, así como las reacciones que se obtienen con la administración de diferentes relajantes musculares.

Se enfatiza su poco costo en relación con el de otros aparatos que existen en el mercado y se ennumeran las ventajas de su uso.

SUMMARY

In this article we communicate the design of a electronic apparatus to look out for the action of the muscular relaxants. It can be used in hospital and it has the necessary variates to establish with precision kind of neuromuscular blockadens that show up in the patient to whom relaxant, are administrated.

The characteristics of the apparatus are described, how it work, energy source and the safety mechanisms that it has.

It has been used in more than 2000 patients with out any complications with no interference over the electric cardiac signals or alterations or the cardiac rhythm, it also has no problem when at the same time a nothin electronic equipment is used such as the electrocuagulations.

The principal indications and the reactions that one obtained with the administration of different muscular relaxantes, are mentioned at the time the price of the apparatus with others of the some kind is mentioned.

INTRODUCCIÓN

DESDE que se generalizó el uso de los relajantes musculares en anestesiología, ha sido difícil precisar la intensidad de su acción mediante datos clínicos, por lo que fue necesari-

rio aplicar otros métodos que permitan conocer con la mayor exactitud posible la magnitud del efecto relajante para: 1. Administrar durante el transoperatorio las dosis de mantenimiento suficientes y en el momento adecuado. 2. Al finalizar la cirugía se eviten las complicaciones res-

*Jefe del Departamento de Medicina Crítica del Instituto Nacional de la Nutrición, México, D.F.

piratorias causadas por la persistencia del efecto de los relajantes musculares. 3. Diferenciar la apnea por relajantes musculares de la apnea de origen central al terminar la cirugía.

Por otra parte, es difícil durante el transoperatorio, conocer con precisión la magnitud del efecto de estas drogas y más aún lo es las situaciones clínicas anormales que pueden aparecer durante la cirugía, como las alteraciones del equilibrio ácido base;^{1, 2} del balance electrolítico;³ de la temperatura corporal;⁴ por el uso concomitante de otras drogas como los anestésicos generales^{5, 6} y algunos antibióticos,⁷ situaciones que modifican el efecto de los relajantes musculares.

Por tanto, los métodos clínicos de evaluación del efecto de estos agentes al finalizar la anestesia como la prueba de "elevar la cabeza", la medición de la fuerza inspiratoria y de los flujos respiratorios, no son del todo adecuados para conocer con precisión el efecto de los relajantes, por lo que es necesario usar otros medios.^{8, 9, 10} El más útil ha sido el de la estimulación eléctrica de los nervios y la observación de la contracción muscular.^{11, 12}

Desde hace muchos años se dispone en otros países de equipos electrónicos que se usan sistemáticamente en los servicios de anestesiología. Su utilidad está aceptada porque en ellos se puede calcular más racionalmente la cantidad necesaria de los relajantes musculares; se puede evaluar su efecto minuto y al final de la cirugía conocer con precisión si existe efecto remanente o no para indicar la administración de antagonistas de los relajantes musculares o de ventilación mecánica postoperatoria.¹⁰ Así mismo, con este tipo de equipo, se puede saber si existe algún bloqueo neuromuscular anormal que los relajantes musculares hayan causado y que requiera tratamiento específico.^{13, 14} En nuestro país no ha existido hasta ahora la posibilidad de disponer de estos aparatos de manera generalizada, por los inconvenientes que tienen todos los equipos de importación: gran costo, dificultad para adquirirlos y dificultad para conseguir mantenimiento y reparación. El objeto de este trabajo es comunicar el diseño de un aparato electrónico, que sirve para vigilar la acción de los relajantes musculares de una manera fácil, confiable, sencilla y económica; que se puede usar en cualquier hospital y que tiene las variables necesarias para poder establecer con precisión el tipo de bloqueo neuromuscular que aparece en el enfermo que recibe relajantes.

El aparato se construyó conforme con los conocimientos más actualizados acerca de relajantes, musculares y de las técnicas de estimulación aceptadas.^{15 a 18}

Su costo permite que la mayoría de los anestesiólogos en México lo puedan adquirir con lo que se demuestra, además, que es posible fabricar equipos electrónicos en México competitivos en todos los aspectos y se estimula a los ingenieros e industriales, para que contribuyan a terminar con la dependencia tecnológica del extranjero.

DISEÑO DEL MONITOR

El monitor de bloqueos nerviosos, se diseñó para que diera pulsos transitorios de intensidad uniforme, de menos de un milisegundo de duración. Se hizo que el aparato tuviera la posibilidad de dar estímulos en distintas frecuencias. Un pulso aislado, pulsos de cuatro estímulos por segundo y estímulos tetánicos de 100 pulsos por segundo^{15, 17, 18, 19} (figura 1). Especificaciones que se lograron al construir el aparato, ya que los pulsos que proporciona son de intensidad uniforme según la intensidad de estimulación que se seleccione. La fuente de energía es una batería ordinaria de 9 volts, hasta ahora se han diseñado dos prototipos que difieren básicamente en que el segundo tiene un regulador de salida de corriente que va de cero a un microamperio que se obtiene operando un interruptor A (figura 5) y otra posibilidad de cero a 250 miliamperios que se obtienen al accionar el interruptor B (figura 5).

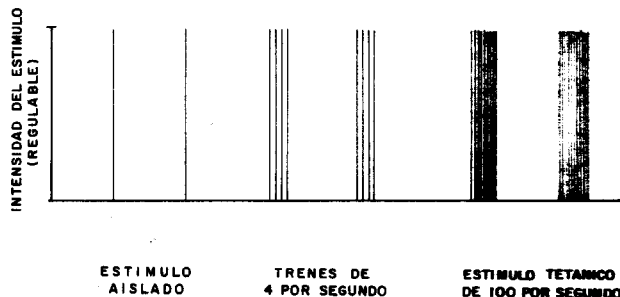


Figura 1. Estímulos que proporciona el monitor de bloqueo neuromuscular.

En las figuras 2 y 3 se describen los circuitos básicos de los dos prototipos.

En la figura 4 y 5 se puede observar la carátula de los aparatos terminados.

En la descripción de los circuitos, se puede observar los distintos componentes y sus características, así como los mecanismos de seguridad de que disponen.

PRUEBAS CLÍNICAS

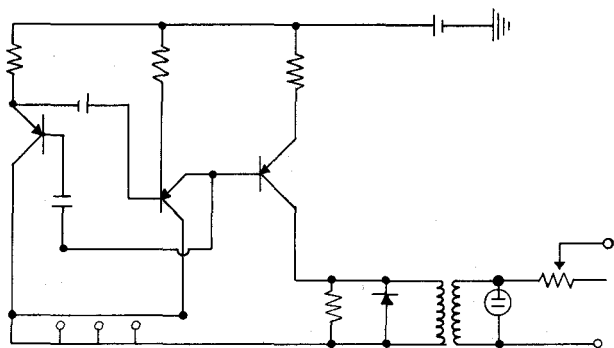


Figura 2. Circuitos electrónicos. Opción 1.

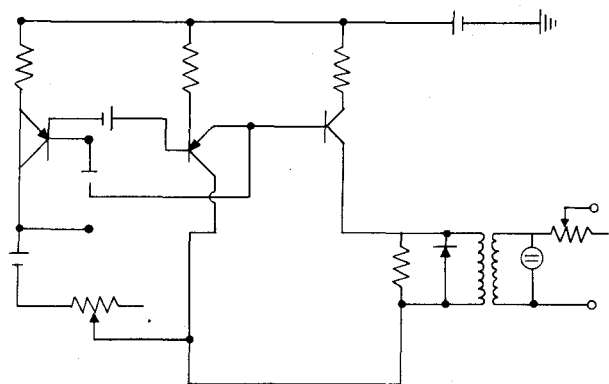


Figura 3. Circuitos electrónicos. Opción 2.



Figura 4. Carátula de el primer prototipo.



Figura 5. Carátula del segundo prototipo.

El primer prototipo fue construido en junio de 1977, el segundo en enero de 1978, desde entonces se han usado para el trabajo cotidiano. Hasta la fecha se han usado en más de 2000 pacientes sin haberse observado ninguna complicación como consecuencia de su uso. No se ha observado que infiera con las señales eléctricas cardiacas cuando se usa un monitor para vigilar la actividad eléctrica del corazón, tampoco se ha observado que produzca alteraciones del ritmo cardiaco ni que se modifique su funcionamiento al usar otro equipo electrónico como los electrocoaguladores. Hasta ahora no se han usado en pacientes con marcapasos cardiacos. Para la estimulación de los trayectos nerviosos se han aplicado exclusivamente los electrodos de placa en el trayecto de los nervios radial o cubital (figura 6), con ellos se puede lograr la estimulación adecuada siempre y cuando se coloquen en la proximidad del trayecto de los nervios. También se pueden usar los electrodos de aguja con lo que se consigue mayor precisión en el estímulo, sin embargo, la posibilidad del daño nervioso es teóricamente mayor. Con las posibilidades de estimulación que tienen los aparatos, se han podido vigilar el efecto de las drogas relajantes musculares disponibles en el País y se han diagnosticado los distintos tipos de bloqueo neuromuscular.

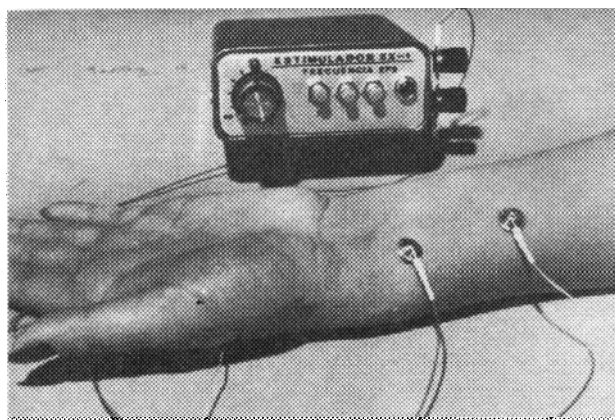


Figura 6. Colocación de los electrodos de placa en el trayecto del nervio radial.

En las figuras 7 y 8 se esquematizan las reacciones que se obtienen con estos aparatos con la administración de distintos tipos de relajantes musculares.

Con los electrodos de placa nunca se ha observado lesión en la piel ni en los nervios.

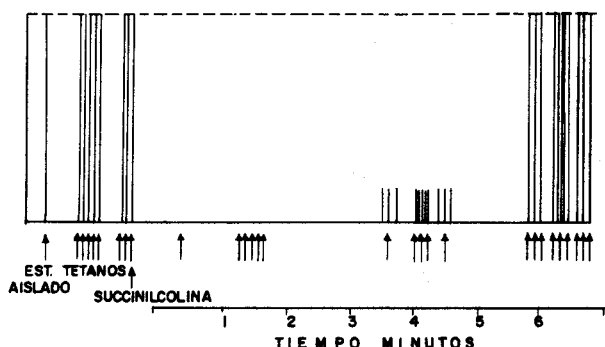


Figura 7. Reacción normal a un relajante despolarizante.

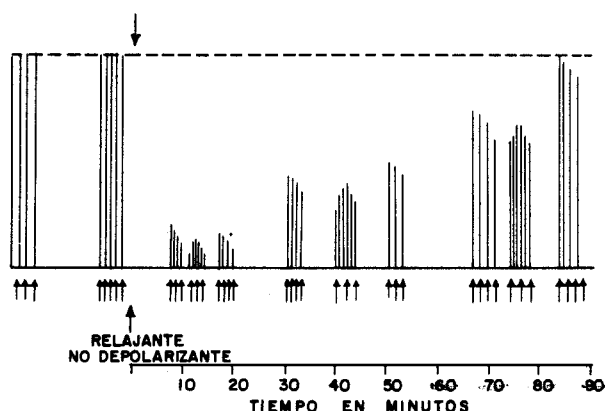


Figura 8. Reacción normal a un relajante no despolarizante.

COSTO

El costo básico de los materiales que se usan es muy poco, aproximadamente \$1,000.00. El costo de elaboración de los circuitos impresos y del material necesario para el acabado, aumenta el costo aproximadamente \$1,000.00 más. Por supuesto, no están incluidos los costos de mano de obra ni los de comercialización. El costo al público del instrumento será aproximadamente de \$3,000.00 que es la mitad del costo del equipo importado más barato.

COMENTARIOS

La necesidad de fabricar en el País el equipo que usamos es imperiosa si queremos eliminar la dependencia tecnológica y científica que tenemos y si pensamos aportar originalidades algún día al conocimiento científico universal.

Un ejemplo de lo anterior son los estimuladores nerviosos. Se han usado en el resto del

mundo desde hace muchos años, sin embargo, en el país nadie había de fabricarlos, la dependencia tecnológica que se tiene aún en equipos tan simples como el que se presenta es manifiesta.

Estamos supeditados a la imaginación y a la creación de ellos en el extranjero.

Se ha dicho que en el País no se fabrica este tipo de equipo principalmente por falta de mercado, sin embargo, si consideramos que existen más de 1000 médicos anestesiólogos en México y que estos equipos se pueden usar también para otros fines como estimulación nerviosa en paciente con problemas neurológicos para diagnóstico o rehabilitación, o para estudios fisiológicos a nivel de enseñanza de pregrado y postgrado; el mercado potencial aumenta considerablemente. Se logró construir un equipo económico, al alcance de cualquier anestesiólogo; el equipo es seguro como lo demuestra el hecho de no haber observado hasta ahora ninguna complicación por su uso. Es durable y su mantenimiento es mínimo, ya que en dos años de uso normal no se ha tenido descomposturas. La vida media de la batería, con uso diario normal es de aproximadamente dos meses y los electrodos tampoco se han alterado en dos años.

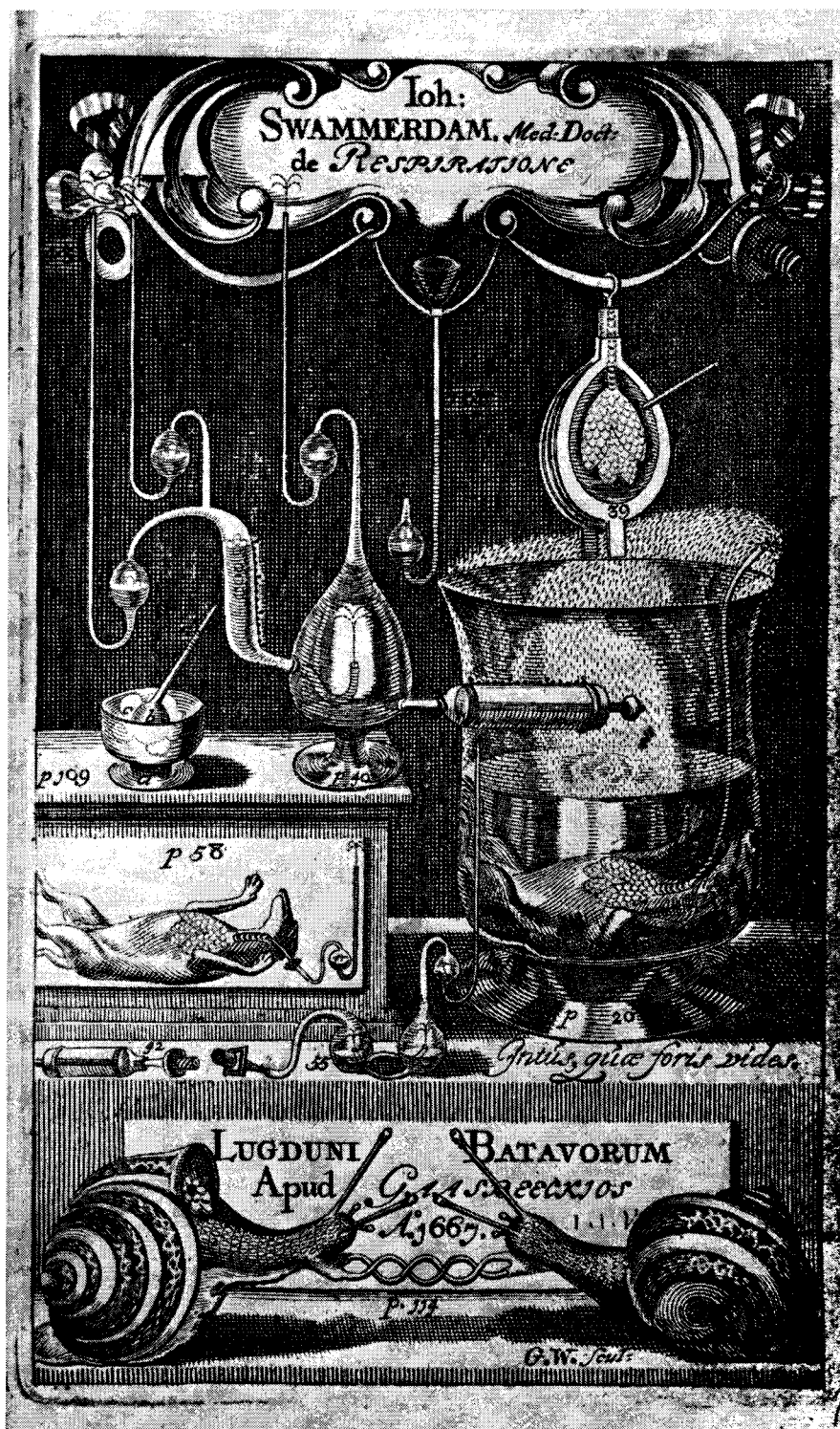
Las frecuencias de estimulación se seleccionaron conforme con los estudios de Waud^{15, 16, 17} quien demostró que los pulsos de cuatro estímulos por segundo son un indicador mejor del bloqueo que un estímulo aislado y que se requiere tener del 25 al 30 por ciento de los receptores libres para obtener una reacción normal. Así mismo, se ha demostrado que el estímulo tetánico de 100 por segundo es más sensible que el estímulo único y aun que los pulsos de cuatro estímulos por segundo, ya que se requiere tener más del 50 por ciento de los receptores libres para una reacción normal.^{16, 17}

Con los electrodos de placa se evita la posible lesión que causan los electrodos de aguja. Con el aparato que tiene la posibilidad de modificar la intensidad del estímulo se evitan los electrodos de aguja que pueden causar lesión nerviosa, vascular o infecciones.

Conforme con la experiencia obtenida hasta ahora, es necesario pasar a la siguiente etapa es decir, agregar un inscriptor que permita observar y medir la reacción muscular. Ya se está trabajando en el diseño de un sistema de registro que está muy avanzado y que probablemente se podrá tener completo dentro de los próximos tres o cuatro meses.

REFERENCIAS

1. HUGHES, R.: *The influence of changes in acid base balance on neuromuscular blockade in cats*. Br. J. Anesth. 42:658, 1970.
2. MILLER, R.D.; VAN NYHUIS, L.O.; EGER, E. I. II.: *The effect of acid balance on neostigmine antagonism of D-tubocurarine induced neuromuscular blockade*. Anesthesiology. 42:377, 1975.
3. FELDMAN, S.A.: *Effect of changes in electrolytes hydration and pH upon the reaction to muscle relaxants*. Br. J. Anaesth. 35:546, 1963.
4. BIGLAND, B.; GOETZEE, B.; MECLAGAN, J.: *The effect of lowered muscle temperature on the action of neuromuscular blocking drugs*. J. Physiol. 141:425, 1958.
5. TELIVUO, L.; KATZ, R.L.: *The effects of modern local analgetics on respiration during partial neuromuscular block*. Anesthesia. 25:30, 1970.
6. JOHNSTON, R.R.; MILLER, R.D.; WAY, W.L.: *The interaction of ketamine with neuromuscular blocking drugs*. Anesthe. Analg. 53:496, 1974.
7. PITTINGER, C.B.; ADAMSON, R.: *Antibiotic blockade of neuromuscular function*. Ann. Rev. Pharmacol. 21:169, 1972.
8. PATON, W.D.M.; WAUD, D. R.: *The margin of safety of neuromuscular transmission*. J. Physiol. 191:59, 1967.
9. FOLDES, F.F.: *Factors which alter the effects of muscle relaxants*. Anesthesiology. 20:464, 1959.
10. JOHANSEN, S.H.; JORGENSEN, M.; MOLBECH, S.: *Effect of tubocurarine on respiratory and nonrespiratory muscle power in man*. J. Appl. Physiol. 19:990, 1964.
11. MILLER, R.D.: *Antagonism of neuromuscular blockade*. Anesthesiology. 44:318, 1976.
12. WATTS, L.F.; LEVIN, N.; DELLON, J.B.: *Assessment of recovery from curare*. JAMA. 213:1896, 1970.
13. WAUD, D.R.: *The nature of depolarization block*. Anesthesiology. 29:1014, 1968.
14. WAUD, D.R.; PHIL, D.; WAUD, B.E.: *Depolarization block and Phase II Block at the neuromuscular junction*. Anesthesiology. 43:10, 1975.
15. WAUND, B.E.; WAUD, D.R.: *The relation between the response to "Train of four" stimulation and receptor occlusion during competitive neuromuscular block*. Anesthesiology. 37:413, 1972.
16. WAUD, B.E.; WAUD, D.R.: *The relation between tetanic fade and receptor occlusion in the presence of competitive neuromuscular block*. Anesthesiology. 35:456, 1971.
17. GISSEN, A.J.; KATZ, R.L.: *Twitch, tetanus and posttetanic potentiation as indices of nerve-muscle block in man*. Anesthesiology. 30:481, 1969.
18. ALI, H.H.; UTTING, J.E.; GRAY, C.: *Stimulus frequency in the detection of neuromuscular block in humans*. Br. J. Anesth. 42:473, 1970.
19. ALI, H.H.; WILSON, R.S.; SAVARESE, J.J.: *The effect of tubocurarine on indirectly elicited train of four muscle response and respiratory measurements in humans*. Br. J. Anesth. 47:570, 1975.



Swammerdam, Jan (1637-1680). *Tractatus physico-anatomico-medicus de respiratione usuque pulmonum*. Leiden. Gaasbeeck. 1667. 121 Págs. ilus.

La tesis de Swammerdam referente a la respiración ofrece una explicación mecánica cartesiana del movimiento de los pulmones y de la función de la respiración. Aunque algunas de las ideas de Swammerdam fueron refutadas por John Mayow (1643-1679), Swammerdam descubrió que los pulmones de los niños recién nacidos flotan en el agua si la respiración tuvo lugar, ésta fue una aportación muy importante en el campo de la medicina legal.