

¿ES NECESARIO MONITORIZAR LA RELAJACION MUSCULAR?

*LEO H. D.J. BOOIJ

*ROSARIO CASTAÑEDA-HERNÁNDEZ

RESUMEN

En este artículo se describen las ventajas de monitorizar la transmisión neuromuscular. Así se puede estimar la cantidad de receptores bloqueados cuando usamos los relajantes no despolarizantes, determinando una curva de despolarización de acuerdo a la dosis-respuesta del mismo. Encontramos que la estimulación de tren de cuatro es de especial valor para monitorizar la magnitud del bloqueo neuromuscular durante el transoperatorio, cuando los cuatro estímulos están abolidos se dice que hay bloqueo neuromuscular completo.

Concluimos que el anestesiólogo no debería confiar en una sola forma de valorar la relajación neuromuscular, debiendo utilizar todos los parámetros disponibles (tanto clínicos como cuantitativos y cualitativos) como sea posible, para determinar si el grado de bloqueo neuromuscular ha sido antagonizado completamente después de la cirugía. Por lo tanto es de primordial importancia monitorizar la transmisión neuromuscular para obtener una adecuada información del grado de bloqueo neuromuscular, tanto en el transanestésico como en el postoperatorio.

Palabras clave: Monitorización/relajación neuromuscular. Valoración: cuantitativa, cualitativa y clínica.

SUMMARY

This paper describes the advantages to monitoring neuromuscular function, the techniques estimate the fraction of receptors blocked by a nondepolarizing relaxant by determining a dose-response depolarization curve.

We have found the train-of-four stimulation especially valuable in monitoring magnitude of neuromuscular blockade intraoperatively. When all four twitches in the train were absent 100 percent, complete block was present. This type of monitoring can be utilized to detect both magnitude and type of neuromuscular blockade.

We have concluded that the anesthesiologist should not rely on one test, but should utilize as many tests as is practically possible to determine whether a neuromuscular blockade has been antagonized completely in the recovery room.

Of prime importance is using several tests and stressing the neuromuscular junction to detect possible subtle degrees of neuromuscular blockade.

Key words: Monitoring/ neuromuscular function. Tests: quantitatitio, qualitative, clinically.

A.- ¿POR QUE ES NECESARIA LA MONITORIZACION?

La incompleta recuperación de la transmisión neuromuscular ha sido un problema desde la introducción de los relajantes musculares en el campo de la anestesiología. Muchos pacientes experimentan parcial

relajación al final del procedimiento anestésico, y están postrados, a ésto se le llama: "recurarización", que ocurre en el postoperatorio temprano. Se tomará en cuenta que no sólo los efectos farmacológicos de los relajantes musculares mantienen inmóvil al paciente, sino también contribuyen los demás anestésicos administrados y la cirugía efectuada, así estamos concientes de los múltiples

*Profesor de Anestesiología.

**Médico Anestesiólogo. Hospital de Cardiología C.M.N.

Institute for Anaesthesiology. University of Nijmegen. The Netherlands.

Recibido: 2 de marzo de 1990. Aceptado: 28 de marzo de 1990.

Sobretiros: Prof. Dr. Leo H. Booij. Institute for Anesthesiology. University of Nijmegen. P.O. Box 901, 6500 HB Nijmegen, The Netherlands.

factores que contribuyen a dicha inmovilización. Dentro de los factores contribuyentes para que los relajantes musculares prolonguen su duración está: la variabilidad interindividual en la sensibilidad a los relajantes, el margen de seguridad en la transmisión neuromuscular, y el grado de bloqueo que persiste aún después de administrar drogas anticolinesterásicas. Debido a las enfermedades y a la continua administración de bloqueadores neuromusculares para el manejo quirúrgico de las mismas, será necesario tener un amplio conocimiento de los mismos.

1.- Variabilidad en la sensibilidad a los relajantes musculares y agentes que los revierten.

La variabilidad interindividual en sensibilidad a los relajantes musculares es grande, debido a diferencias físicas, por ejemplo, la masa muscular, y volumen de distribución. Así la variabilidad fue demostrada en un estudio en donde 0.1 mg/kg de peso de tubocurarina no causó depresión en la fuerza de contracción muscular en 6% de los pacientes a los cuales se les administró dicho relajante, en 7% de los pacientes causó bloqueo completo y en un 87% de los pacientes causó diferentes grados de bloqueo.¹ El efecto clínico de los agentes reversiones, dependerá del grado de bloqueo neuromuscular y el tiempo de administración de los anticolinesterásicos.² También el tiempo en el cual el efecto máximo de los anticolinesterásicos es alcanzado, dependerá del momento en que es administrado.³

Cuando la transmisión neuromuscular es monitorizada, el anestesiólogo puede conocer la cantidad de relajante muscular que necesita individualmente cada paciente, tanto para la inducción como para el mantenimiento transanestésico. Así se obtiene un suficiente bloqueo, calculando el tiempo para su degradación intravascular.

2.- Margen de seguridad en la transmisión neuromuscular.

La liberación de acetilcolina es mucho mayor a la necesaria para la contracción muscular normal. Por otra parte no todos los receptores de acetilcolina necesitan ser ocupados por la misma para que haya una contracción intensa normal.⁴

Por lo tanto después de la administración de un relajante muscular, una disminución en la contracción neuromuscular evocada, llega a ser aparente sólo cuando más del 70% de los receptores son ocupados por el relajante. El bloqueo total existe cuando el 90% de los receptores están ocupados.⁵ Cuando el bloqueo neuromuscular se ha recuperado completamente, aún un largo número de receptores sigue ocupado con relajante, y así el margen de seguridad disminuye. En algunas enfermedades o tras la administración de algunas drogas en particular, también el margen de seguridad disminuye y la cantidad de relajante muscular necesaria para

producir el bloqueo neuromuscular también disminuye. Sólo si usamos un monitoreo para la transmisión neuromuscular, tendremos un indicador para conocer el margen de seguridad de los relajantes musculares.

3.- Factores que prolongan el efecto de los relajantes musculares

Varias enfermedades prolongan la duración de acción de los relajantes. Entre estas enfermedades tenemos: la insuficiencia renal y hepática, las cuales cambian la conducta farmacocinética del relajante; también las enfermedades neuromusculares como miastenia gravis, síndrome miasténico, miotonía, distrofia muscular, denervación, cambian el margen de seguridad en la transmisión neuromuscular; los desequilibrios hidroelectrolíticos o desbalance ácido-base (acidosis), cambian la sensibilidad del paciente a los relajantes aumentando el efecto de éstos. Cuando el relajante despolarizante (succinilcolina) es administrado también la actividad plasmacolinesterasa es importante. Por otra parte el efecto de los relajantes musculares es más pronunciado durante la hipotermia y en pacientes bajo anestesia general inhalatoria, que en pacientes con anestesia general balanceada. En los pacientes a los que frecuentemente se les administran gran cantidad de medicamentos también es más pronunciado y prolongado el bloqueo neuromuscular.

Algunas drogas pueden interferir en la síntesis y liberación de acetilcolina presináptica y postsináptica inhibiendo la contracción muscular. Todos esos factores contribuyen a las respuestas tan variables de las personas a los relajantes musculares. Otro problema es la diferencia entre varios grupos de músculos (existiendo músculos rojos y blancos) y la diferente respuesta al mismo relajante, así como también la respuesta del mismo grupo de músculos a distintos relajantes. Como se mencionaba anteriormente, sólo con la monitorización puede adecuarse la respuesta del relajante en el paciente.

4.- Bloqueo neuromuscular residual en el postoperatorio.

Tradicionalmente el grado de bloqueo neuromuscular durante y después de la anestesia es evaluado solamente con criterios clínicos, como el tono muscular, la ocurrencia de movimientos musculares espontáneos, la sensación táctil del anestesiólogo en la bolsa respiratoria, la fuerza inspiratoria, y la habilidad del paciente de abrir y cerrar los ojos, o de mantener erguida la cabeza. En 1979 se publicó un estudio en donde se evaluaba la incidencia del bloqueo neuromuscular residual en la sala de recuperación después de la evaluación clínica.⁶ En 72 pacientes anestesiados por anestesiólogos experimentados inmediatamente después de su llegada al cuarto de recuperación, fue estimada la función neuromuscular usando un neuroestimulador y aplicando tren de cuatro, así como también efectuando evaluación clínica,

como la habilidad del paciente para toser, protuir la lengua, abrir los ojos y mantener levantada la cabeza durante 5 segundos. Aunque 67 pacientes recibieron neostigmina, en todos los pacientes la recuperación del bloqueo se consideró adecuado, así en 16 pacientes (22%) el radio observado para tren de cuatro fue menor de 0.60, y en 30 pacientes (42%) fue menor de 0.70. De esos pacientes 24% no pudo mantener levantada la cabeza durante los 5 segundos establecidos. Este estudio indica que el grado actual de bloqueo neuromuscular, la concentración de relajante en cada paciente y el tiempo necesario para la reversión del mismo, son materia de especulación. En 1984 un estudio similar fue efectuado, e indicó que aun 25% de los pacientes estudiados tenían tren de cuatro menor de 0.7, algunos de los cuales no mantuvieron erguida la cabeza.⁷ Sólo monitorizando la transmisión neuromuscular nos podremos proveer de adecuada información tanto en el trananestésico como en el postoperatorio.

5.- Neostigmina bloqueador neuromuscular.

Es bien conocido que los mismos anticolinesterásicos pueden inducir bloqueo neuromuscular.⁸ Esto ocurre especialmente después de dosis repetidas de anticolinesterásicos, cuando se administran sobredosis y cuando se administran dosis normales para revertir bloqueos superficiales.⁹

El bloqueo que ocurre con la neostigmina es muy parecido al de los bloqueadores neuromusculares de acción intermedia como el atracurium y vecuronio.¹⁰ Por esta razón los anticolinesterásicos sólo deberán ser administrados en dosis bajas cuando hay un bloqueo residual y después de haber evaluado el grado de bloqueo.

B. ¿POR QUE DEBEMOS MONITORIZAR LA TRANSMISION NEUROMUSCULAR?

De lo dicho anteriormente queda claro que el monitorizar la transmisión neuromuscular durante el procedimiento anestésico, donde utilizaremos relajantes musculares, es altamente recomendable. No cabe duda que confiarnos en la simple evaluación clínica para determinar el grado de bloqueo resulta inadecuado. Así el uso del estimulador de nervios periférico es obligatorio. De tal manera que un estimulador nervioso cumple con algunos prerequisites para que la relajación sea apropiada y adecuada.¹¹

1. Requisitos de un estimulador de nervios periféricos.

Durante la monitorización de la unión neuromuscular es importante considerar la frecuencia de estimulación. La frecuencia de estímulos que deberán usarse para monitoreo son:

a) Contracción única: la intensidad de la onda del impulso supramáximo se efectuará a una frecuencia de 0.1-0.2 Hz. y con una duración de 0.2 msec., resultando un estímulo de contracción único. Los relajantes musculares disminuyen la amplitud de las respuestas.

b) Estimulación de tren de cuatro (TOF): sucesión corta de estímulos supramáximos a una frecuencia relativamente baja, de 2 Hz., repitiéndose con una frecuencia no inferior de 10 a 12 segundos. La amplitud de la cuarta respuesta en relación con la primera nos proporciona una valoración adecuada del grado de bloqueo. Este grado de bloqueo se reduce proporcionalmente durante el bloqueo no-despolarizante. A grados profundos de bloqueo existe una relación proporcional entre el número de respuestas observadas (TOF-total). El cuarto estímulo desaparece en un 75% a una respuesta individualizada; el tercero a un 80%, y el segundo en un 90%.

d) Estimulación tetánica: un estímulo supramáximo de 1 a 2 segundos y a una frecuencia de 50 a 100 Hz, proporcionan una contracción muscular sostenida, si no han sido administrados relajantes.¹² Cuando se administra un relajante no despolarizante se podrá apreciar un agotamiento en la respuesta muscular, debido a una disminución en la liberación de acetilcolina. Después de una estimulación tetánica, como resultado en la movilización de acetilcolina, la respuesta a una estimulación única, se verá transitoriamente aumentada (a esto se le llama: potenciación post-tetánica).

Cuando existe bloqueo completo (no habiendo respuestas a los estímulos), es posible evaluar la extensión y el grado de bloqueo, después de haber efectuado estímulos tetánicos, ya que así obtendremos la facilitación post-tetánica (PTC). Una relación entre la facilitación post-tetánica, la respuesta a una contracción única, y estimulación de tren de cuatro fue probada en niños.¹⁴

Resultado del estudio efectuado en niños durante la recuperación de la relajación neuromuscular, indicando que la suma postetánica es un método de monitorización adecuado para detectar el grado de bloqueo neuromuscular. El tiempo de recuperación desde la inyección del relajante muscular y de la primera respuesta post-tetánica (PTC1), hasta la aparición de la primera respuesta del tren de cuatro fue de 5-10 minutos para el relajante de acción intermedia, y de 20 a 30 minutos para el relajante de acción prolongada (pancuronio, alcuronio y tubocurarina).

vecuronio	5.8 (0.3) min.
atracurio	7.8 (0.5) min.
pancuronio	19.8 (3.0) min.
alcuronio	29.3 (3.3) min.
tubocurarina	33.3 (3.3) min.

La suma postetánica en relación a la aparición de la primera respuesta al tren de cuatro en niños en el mismo estudio fue:

vecuronio	7.3 (0.8)
atracurio	7.2 (0.4)
pancuronio	7.2 (0.5)
alcuronio	6.3 (0.4)
tubocurarina	5.7 (0.4)

Estos últimos datos también cuentan para adultos. En los adultos el tiempo entre la primera respuesta post-tetánica y el primer estímulo único es de 8.3 min., para el vecuronio, 9.0 min. para el atracurio y 33.0 min. para el pancuronio.

El estimulador probaría un constante estímulo, para garantizar un estímulo supramáximo en cualquier circunstancia en donde la máxima salida sea menor de 60 mA en todas las frecuencias.¹⁵ En la mayoría de los pacientes la producción sería de 20-30 mA. El estímulo puede ser aplicado al paciente mediante electrodos de superficie sobre el nervio que se quiera estimular.¹⁶ Para evaluar el bloqueo neuromuscular es especialmente apropiado estimular el nervio mediano o nervio ulnar cerca de la muñeca de la mano. No todos estos nervios son accesibles para estimular, pero existe una buena correlación entre la respuesta de los músculos inervados por estos nervios y la capacidad del paciente de respirar espontáneamente.

Desde que el anestesiólogo, la mayoría de las veces tiene acceso fácil a estar cerca de la cabeza del paciente, muchos han logrado estimular y evaluar la respuesta de los músculos faciales. Esto ha probado que esos músculos tienen una recuperación temprana al igual que los músculos de la respiración o del aductor del pulgar, permitiendo una apreciación del bloqueo neuromuscular.¹⁷

El modelo de estimulación más apropiado para propósitos clínicos es el tren de cuatro (TOF). Con un cociente del tren de cuatro de 0.7 se considera que refleja una adecuada recuperación de la relajación neuromuscular. La respuesta también puede ser evaluada en forma visual o táctil, o cuantitativamente por electromiografía (EMG) o mecanomiografía (MMG).^{18, 19} En nuestra experiencia la evaluación táctil es más exacta que la evaluación visual. Sentimos que el tren de cuatro es un buen método para llevar el control de la profundidad del bloqueo durante la cirugía, evitando la sobredosis de relajante. No obstante es difícil estimar el cociente del tren de cuatro durante la recuperación, como ha sido probado en un estudio.²⁰ La estimación más exacta cuantitativa del grado de bloqueo neuromuscular, es el medido por la electromiografía y la mecanomiografía. Recientemente se ha desarrollado un nuevo modelo de estimulación denominado: Doble ráfaga de estimulación (Double Burst Stimulation) (DBS).²¹ Consiste en dos trenes de 3 estímulos a una frecuencia de 50 Hz, 750 ms independiente de los otros estímulos. Con este método la evaluación de bloqueo residual es más exacto.

2.- Signos clínicos para el monitoreo de la transmisión neuromuscular.

Los criterios de recuperación clínica adecuada para evaluar el bloqueo neuromuscular son usualmente las pruebas siguientes: mantener la presión con la mano,

mantener la cabeza levantada, mantener la mano levantada y mantener la protrusión de la lengua. También la capacidad inspiratoria y expiratoria son medidas.

C.- ¿CUANDO DEBEMOS MONITORIZAR LA FUNCION NEUROMUSCULAR?

Monitorizar la función neuromuscular ayuda a precisar e individualizar la dosis del relajante que emplearemos. Además no hay duda de que la monitorización incrementa la seguridad del procedimiento anestésico especialmente en pacientes con:

- Reducida función renal y hepática
- Paciente en malas condiciones generales
- Enfermedades pulmonares severas
- Enfermedades cardíacas severas
- Enfermedades neuromusculares
- Obesidad extrema
- Cirugías prolongadas
- Administración de succinilcolina en infusión
- Antagonismo del bloqueo neuromuscular.

Por lo anteriormente mencionado concluimos que la monitorización de la función neuromuscular debiera ser efectuado en todos los pacientes que ameritan relajación neuromuscular.

Después de administrar el relajante muscular, la respuesta del músculo aductor del pulgar a un solo estímulo disminuye en un 5-10% del valor control, este grado de relajación permite la laringoscopia y la intubación endotraqueal. La musculatura abdominal está adecuadamente relajada para la cirugía abdominal cuando la respuesta al estímulo es menor de 25% del control. El mantener elevada la cabeza es posible cuando la respuesta es mayor de 90% del valor control. Una adecuada relajación de la pared abdominal existe cuando el tren de cuatro es menor de 3 respuestas. Cuando en el tren de cuatro hay menos de una respuesta, existe buena relajación tanto para efectuar la laringoscopia como para la intubación endotraqueal.

El mantener elevada la cabeza se logra cuando el tren de cuatro es mayor de 0.4, cuando es mayor de 0.75 el paciente puede abrir los ojos, protruir la lengua y toser. Con un cociente de 0.8 o más de capacidad vital y la fuerza inspiratoria son normales. El revertir el bloqueo neuromuscular mediante la administración de anticolinesterásicos, no debería iniciarse, sino hasta que haya una reacción a un solo estímulo.

Así las condiciones óptimas para la cirugía existen cuando hay respuesta a un solo estímulo entre el 25 y 5% del control, o a un tren de cuatro de 3-1, así en estas condiciones la recuperación espontánea siempre está garantizada.

La estimulación de tren de cuatro es apropiada para monitorizar la profundidad del bloqueo neuromuscular y su recuperación.

Con la ayuda de un monitor de la transmisión neuromuscular podemos mantener un nivel particular de

relajación usando un circuito cerrado para la administración del mismo.²² La hipotermia alarga en forma pronunciada el bloqueo neuromuscular, así la temperatura de la mano deberá estar por arriba de los 32°C.²³

En conclusión se puede decir que el monitorear la transmisión neuromuscular brinda información a cerca de:

— La magnitud del bloqueo neuromuscular.

- El tipo de relajante administrado.
- La necesidad de una administración adicional.
- El grado de recuperación espontánea.
- La eficacia de los anticolinesterásicos.
- La interacción con otras drogas.
- El diagnóstico diferencial en la apnea.
- La instrucción en el uso de los relajantes.
- La localización de los nervios.

REFERENCIAS

1. KATZ R L. *Neuromuscular effects of d-tubocurarine, edrophonium and neostigmine in man*. Anesthesiology 1967; 28:327-336.
2. KATZ R L. *Clinical neuromuscular pharmacology of pancuronium*. Anesthesiology 1971; 34:550-556.
3. BASTA S J, SAVARESE J J, ALI H H, EMBREE P B, SCHWARTZ A F, RUDD G D, WASTILA W B. *Clinical pharmacology of doxacurium chloride*. Anesthesiology 1988; 69:478-486.
4. PATON W D, WAUD D R. *The margin of safety of neuromuscular transmission*. J Physiol (Lond.) 1967; 191:59.
5. GISSEN A J, KATZ R L. *Twitch, tetanus and post-tetanic potentiation as indices of nerve-muscle block in man*. Anesthesiology 1969; 30:481.
6. VIBY-MOGENSEN J, JORGENSEN B C, ORDING H. *Residual curarization in the recovery room*. Anesthesiology 1979; 50:539-54.
7. LENNMARKEN C, LOFSTROM J B. *Partial curarization in the postoperative period*. Acta Anaesthesiol Scand 1984; 28:260-262.
8. PAYNE J P, HUGHES R, AL AZAMI S. *Neuromuscular blockade by neostigmine in anaesthetized man*. Br J Anaesth 1980; 52:69-75.
9. GOLDBILL D R, WAINWRIGHT A P, SIUARI C S, FLYNN P J. *Neostigmine after spontaneous recovery from neuromuscular blockade. Effect on depth of blockade monitored with train-of-four and tetanic stimuli*. Anaesthesia 1989; 44:293-299.
10. ASILEY B A, KATZ R L, PAYNE J P. *Electrical and mechanical responses after neuromuscular blockade with vecuronium, and subsequent antagonism with neostigmine or edrophonium*. Br J Anaesth 1987; 59:983-988.
11. BOOIJ L H D J, WIEDEMANN K. *Überwachung der Neuromuskulären Funktion im Operationssaal*. Anästh Intensivther Notfallmed 1984; 19:107-111.
12. STANEC A, HEYDUK J, STANEC G, ORKIN L R. *Tetanic fade and post-tetanic tension in the absence of neuromuscular blocking agents in anesthetized man*. Anesth Analg 1978; 57:102-107.
13. VIBY-MOGENSEN J, HOWARDY-HANSEN P, CHRAEMMER-JORGENSEN B, ORDING H, ENGBAERK J, NIELSEN A. *Post-tetanic count (PTC). A new method of evaluating an intense non-depolarizing neuromuscular blockade*. Anesthesiology 1981; 55:459-462.
14. GWINNUTT C L, MEAKIN G. *Use of the post-tetanic count to monitor recovery from intense neuromuscular blockade in children*. Br J Anaesth 1988; 61:547-550.
15. KOPMAN A F, LAWSON D. *Milliamperage requirements for supra-maximal stimulation of the ulnar nerve with surface electrodes*. Anesthesiology 1984; 61:83-85.
16. KOPMAN A F. *A safe surface electrode for peripheral nerve stimulation*. Anesthesiology 1976; 44:343-344.
17. CAFFEY R R, WARREN M L, BECKER JR K E. *Neuromuscular blockade monitoring comparing the orbicularis oculi and adductor pollicis muscles*. Anesthesiology 1986; 65:95-97.
18. CRUL J F, BOOIJ L H D J, ROBERTSON E N. *Measuring the compound EMG in the use of muscle relaxants*. In: S. Agoston, WC. Bowman, RD. Miller, J. Viby-mogensen eds: Clinical Experiences with Norcuron. Excerpta Medica Current Clin. Pract Series 11. Amsterdam 1983, pp. 60-65.
19. VIBY-MOGENSEN J. *Clinical assessment of neuromuscular transmission*. Br J Anaesth 1982; 54:209-223.
20. VIBY-MOGENSEN J, JENSEN N H, ENGBAERK J, ORDING H, SKOVGAARD L T, CHRAEMMER-JORGENSEN B. *Tactile and visual evaluation of the response to train-of-four nerve stimulation*. Anesthesiology 1985; 63:440-443.
21. ENGBAERK J, OSTERGAARD D, VIBY-MOGENSEN J. *Double burst stimulation (DBS): a new pattern of nerve stimulation to identify residual neuromuscular block*. Br J Anaesth 1989; 62:274-278.
22. DE VRIES J W, ROS H H, BOOIJ L H D J. *Infusion of vecuronium controlled by a closed-loop system*. Br J Anaesth 1986; 58:100-1103.
23. THORNBERRY E A, MAZUMDAR B. *The effect of changes in arm temperature on neuromuscular monitoring in the presence of atracurium blockade*. Anaesthesia 1988; 43:447-449.