

Hospital Militar Central "Dr. Luis Díaz Soto"

## Implementación de la electromiografía cuantitativa para el estudio de las enfermedades neuromusculares

MSc. Roger Álvarez Fiallo,<sup>1</sup> Dr. Carlos Santos Anzorandía<sup>2</sup> y Dra. Esther Medina Herrera<sup>2</sup>

### Resumen

Se implementaron métodos de análisis de la electromiografía cuantitativa, en particular los métodos de procesamiento manual de Buchthal, de descomposición de la señal electromiográfica, *turns*-amplitudes y el análisis espectral para obtener los valores normativos de 2 músculos de referencia, el bíceps braquial y el tibial anterior, con el objetivo de utilizarlos posteriormente en la práctica asistencial en el estudio de las enfermedades neuromusculares. Se realizó un estudio transversal de 50 sujetos controles, 20 del sexo femenino, 30 del sexo masculino, con una edad promedio de 38,52 años entre 25 y 55 años. Se tomaron un total de 12 000 muestras. Se concluyó que el método de análisis de descomposición de la señal electromiográfica empleado es más factible de aplicar en la práctica asistencial que el manual de Buchthal por su eficacia y rapidez, y se obtuvieron los valores normativos de los músculos bíceps braquial y tibial anterior para los estudios de electromiografía cuantitativa

*Palabras clave:* Electromiografía, electromiografía cuantitativa, valores normativos, bíceps braquial, tibial anterior.

La electromiografía se aplica en el estudio de las enfermedades del aparato neuromuscular, desde hace casi 60 años. Su objetivo fundamental es estudiar el estado anatomofuncional del aparato neuromuscular.<sup>1</sup>

La electromiografía cuantitativa ha tenido un desarrollo impetuoso. Forman parte de ella un grupo de métodos que abordan el estudio de la señal electromiográfica con diversos tipos de análisis matemáticos y estadísticos, y los resultados de estos son objetivos y replicables en diferentes laboratorios de neurofisiología.<sup>1-3</sup> El pionero de estas investigaciones fue el profesor *Fritz Buchthal*, quien desarrolló el método manual de procesamiento de los potenciales de unidad motora en la década de los 50. La ventaja fundamental del método manual de Buchthal es que permite la apreciación cuantitativa de los potenciales de unidad motora.<sup>4</sup>

Otros métodos de análisis de potenciales de unidad motora, mucho más desarrollados han surgido en los últimos 10 años. Los llamados métodos de descomposición procesan las señales electromiográficas con algoritmos matemáticos para identificar, clasificar y editar los potenciales de unidad motora de manera

automatizada. Son métodos de análisis rápido y eficaz.<sup>1, 2, 4</sup>

Otras modalidades de análisis automático se ocupan de examinar el patrón de contracción voluntaria. Uno de los más utilizados es el llamado análisis de *turns*/amplitudes. El método es útil y muy sensible para discriminar entre patrones generados en enfermedades miógenas y neurógenas. No obstante, hasta el presente, no se han estandarizado sus protocolos de trabajo y por lo tanto no se ha generalizado su utilización en los laboratorios de neurofisiología en el mundo. El método de análisis espectral, también perteneciente a la electromiografía cuantitativa, se basa en la distribución de frecuencias del patrón electromiográfico.<sup>5, 6</sup>

Cada uno de estos métodos tienen sus aplicaciones específicas, aportes y limitaciones; no obstante, en la práctica asistencial el método de elección por la mayoría de los especialistas, sigue siendo la electromiografía convencional.<sup>1,2</sup> El diagnóstico electromiográfico con métodos convencionales es un proceso complejo, con un carácter sumamente subjetivo. Los métodos cuantitativos brindan la posibilidad de realizar un electrodiagnóstico más objetivo, con resultados replicables en diferentes laboratorios de electrofisiología. Por lo tanto, el objetivo de esta investigación es la implementación de métodos electromiográficos cuantitativos y la comparación de los resultados de la aplicación de estos en el estudio de un grupo de sujetos normales.

## Métodos

Se realizó un estudio transversal de 50 sujetos controles. Se tomaron un total de 12 000 muestras. Se estudiaron 50 sujetos sanos, 20 del sexo femenino, 30 del sexo masculino, con una edad promedio de 38,52 años entre 25 y 55 años. A todos los sujetos se les realizó una evaluación clínica por un especialista en Neurología. Fueron excluidos los sujetos mayores de 60 años de edad, con trastornos de la coagulación y portadores de enfermedades transmisibles por la sangre. Se incluyeron sujetos sanos, sin síntomas, ni signos de ninguna afección neurológica, ni de otras enfermedades que provocan afecciones neurológicas de forma secundaria. A todos los sujetos se les aplicó una batería de estudios electromiográficos cuantitativos. Las variables electromiográficas y el diseño metodológico están definidos en los trabajos de *Buchthal*,<sup>7</sup> *Sandbrik*,<sup>8</sup> *Stalberg*,<sup>9</sup> *Fuglsang-Frederiksen*<sup>5, 6</sup> y *Daule*.<sup>10</sup> Los métodos de electromiografía cuantitativa aplicados fueron el de procesamiento manual de Buchthal, descomposición de la señal electromiográfica, *turns*/amplitudes, el análisis espectral y el cálculo del Jitter y la densidad de fibras para la electromiografía de fibra aislada.

A todos los sujetos se les midió la fuerza de contracción muscular con el dinamómetro por la metodología de *Fuglsang-Frederiksen*;<sup>5, 6</sup> los estudios se realizaron al 30-50 % de la fuerza muscular máxima para los métodos de estudio de potenciales de unidad motora y al 30 % para los métodos de análisis del patrón de contracción voluntaria. Se estudió la actividad eléctrica de los músculos bíceps braquial y tibial anterior. Se calcularon los valores normativos para los métodos de descomposición de la señal, *turns*-amplitudes y análisis espectral por métodos estadísticos.

Todas las investigaciones de este trabajo se rigieron por los principios establecidos en los códigos de

Nuremberg y Helsinki, sobre las bases del principalismo anglosajón, la justicia, autonomía, beneficencia y no-maleficencia. Los sujetos participaron bajo el principio de consentimiento informado.

Los estudios se realizaron en un equipo NEUROPACK, de la firma japonesa NIHON KODEM. Los estudios se llevaron a cabo con agujas concéntricas de calibre mediano, de la firma NIHON KODEM. Se midió la fuerza muscular con un dinamómetro Takeikiki KogyoCo.LTD de fabricación japonesa.

Se utilizó el paquete estadístico SPSS versión 10. Se aplicó a los grupos de variable de sujetos normales obtenidos por los métodos cuantitativos las pruebas de normalidad de Kolmogorov-Smirnov y Shapiro-Wilk y un análisis de correlación entre variables. Se calculó la estadística descriptiva e inferencial para cada grupo. Para comparar los métodos de cuantificación de potenciales de unidad motora se aplicó la prueba de la t de Student para muestras independientes.

## Resultados

Se analizó la distribución de las variables de los sujetos normales obtenida por los métodos cuantitativos. Aunque el tamaño de la muestra es suficientemente grande para justificar que la media de la variable tiende a una distribución normal, se utilizaron las pruebas de distribución probabilística de Kolmogorov-Smirnov y Shapiro-Wilk y se analizaron los histogramas de cada una de las variables. Como resultado se obtuvo que las variables del estudio tienen una distribución normal para  $p < 0,05$ .

Se realizó un análisis de matrices de correlación entre las variables electromiográficas y la edad de los sujetos normales, y se obtuvo una correlación positiva de 0,41 con una  $p < 0,02$  entre el área del potencial de unidad motora y la edad de los sujetos controles.

En las tablas 1 y 2 se presentan los valores de la media y desviación estándar para los músculos bíceps braquial y tibial anterior en sujetos normales, calculados por los métodos cuantitativos.

TABLA 1. *Valores de la media y desviación estándar para las variables de los métodos de descomposición de la señal, turn-amplitud y análisis espectral del músculo bíceps braquial*

Variables	Valores de la media	Desviación estándar
Duración del PUM (ms)	10,83	1,37
Amplitud del PUM ( $\mu\text{g}$ )	587,38	124,30
Número de fases	3,99	0,79
Número de <i>turns</i>	4,12	0,794
Índice de reclutamiento	3,75	1,11
Total de <i>turns</i>	406,62	51,24
Amplitud media de los <i>turns</i>	447,46	70,67
Relación <i>turns</i> /amplitud	0,92	0,15

Poder espectral (db $\mu$ )	8,53	4,04
Poder espectral a 140 Hz (db)	27,79	4,40
Poder espectral a 1 400 Hz (db)	9,85	3,63

TABLA 2. Valores de la media y desviación estándar para las variables de los métodos cuantitativos del músculo tibial anterior

Variables	Valores de la media	Desviación estándar
Duración del PUM (ms)	11,31	1,40
Amplitud del PUM ( $\mu$ g)	726,68	159,38
Número de fases	4,14	0,91
Número de <i>turns</i>	4,41	0,77
Índice de reclutamiento	3,91	0,87
Total de <i>turns</i>	496	98
Amplitud media de los <i>turns</i> (db $\mu$ )	591	117
Relación <i>turns</i> /amplitud	0,863	0,19
Poder espectral (db $\mu$ )	8,54	3,01
Poder espectral a 140 Hz (db)	29,31	4,5
Poder espectral a 1 400 Hz (db)	11,20	3,78

Para comparar los valores obtenidos por los métodos de descomposición de la señal y el de Buchthal, se utilizó una prueba de la t de Student para muestras independientes, se obtuvo una  $t = -3,01$ , para  $p > 0,05$ , o sea, no existe diferencia estadística significativa entre las variables electromiográficas obtenidas por estos métodos. Aunque existe una diferencia significativa para el tiempo de realización de los estudios,  $t = 5,76$  y una  $p < 0,0001$ , que fue mayor para el método de Buchthal.

## Discusión

En la literatura mundial los trabajos sobre correlación de variables con la edad y el sexo de los sujetos son escasos e imprecisos, pero se concluye que la correlación de los valores con la edad es significativa después de la sexta década,<sup>2, 11, 12</sup> lo que se corresponde con lo obtenido en esta investigación.

La comparación entre los métodos de descomposición de la señal y el de Buchthal se realizó con los valores obtenidos en el músculo bíceps braquial en sujetos sanos, por la facilidad de exploración y medición de la fuerza de contracción de este músculo. Los valores de referencia según *Stalberg* difieren de los obtenidos por *Buchthal*.<sup>9</sup> *Stalberg* plantea que la duración y la amplitud de los potenciales de

unidad motora son diferentes a los procesados de forma manual por la metodología de Buchthal. Aunque realmente se trata de diferencia en términos de valores absolutos, sin control estadístico de la muestra. En esta investigación no se obtuvo diferencia significativa entre los valores de las variables obtenidas por ambos métodos.

Resulta difícil comparar los resultados de otros parámetros de los potenciales de unidad motora con los de diferentes laboratorios ya que no existen protocolos estándar de investigación. Por ejemplo, es conocida la dependencia de la amplitud de los potenciales de unidad motora del nivel de fuerza de contracción muscular; en la mayoría de los reportes de investigación se hace alusión a que se utilizan niveles ligeros y moderados de esta, sin utilizar equipos de medición.

Los parámetros de duración obtenidos en sujetos normales son similares a los informados en los trabajos de *Murphy*<sup>13</sup> y *Stashuk*,<sup>14-17</sup> quienes con un método de descomposición de la señal electromiográfica obtuvieron una duración de  $10,8 \pm 1,5$  ms en el bíceps braquial. Son compatibles con los obtenidos por el método manual de medición de los potenciales de unidad motora por *Buchthal*,<sup>7</sup> que reportó 10,6 ms; además, similar a *Stalberg* y otros que obtuvieron  $10,21 \pm 3,24$  ms, con el método de multi-MUAP.<sup>9</sup> Difieren en alguna medida de *Finsterer* y *Fuglasang-Frederiksen* que reportaron  $14,2 \pm 1,8$  ms.<sup>18</sup>

El índice de reclutamiento obtenido es similar al de *Murphy* que informó un índice de reclutamiento de 2,6 1,8 para sujetos normales.<sup>13</sup>

El tiempo de realización de los estudios de potenciales de unidad motora reportado en este trabajo está entre los valores descritos por *Stalberg*<sup>9</sup> y es inferior a lo informado por *Stashuk* y *Doherty*.<sup>14-17</sup>

El método de descomposición de la señal empleado permite extraer y cuantificar los potenciales de unidad motora de forma automatizada, analizar potenciales de unidad motora de amplitudes muy bajas. Los resultados son reproducibles en laboratorios con condiciones técnicas apropiadas. Aunque es necesario supervisar el trabajo del programa del equipo para evitar clasificaciones incorrectas, como plantea *Bromberg*.<sup>19</sup> Este método demostró ser rápido, eficaz y objetivo como plantea *De Blas*<sup>20</sup> y puede ayudar a estandarizar los resultados de los estudios electromiográficos entre diferentes laboratorios.

En conclusión, el método de análisis de descomposición de la señal electromiográfica empleado es más factible de aplicar en la práctica asistencial que el manual de Buchthal, por su eficacia y rapidez. Se obtuvieron los valores normativos de los músculos bíceps braquial y tibial anterior para los estudios de electromiografía cuantitativa.

## Summary

In this research, the methods of analysis of quantitative electromyography, in particular the methods of Buchthal's manual processing, the decomposition of the electromyographic signal, the turns-amplitude analysis and the spectral analysis to obtain the normative values of two reference muscles, the brachial

biceps and the anterior tibial, were implemented in order to use them later in medical practice to study neuromuscular diseases. A cross-sectional study of 50 controls aged 25-55, 20 females and 30 males, with an average age of 38.52 years old, was conducted. 12 000 samples were taken in all. It was concluded that the method analysis of decomposition of the electromyographic signal used is more feasible to be used in medical practice than Buchthal's manual method due to its efficiency and celerity. The normative values of the brachial biceps and anterior tibial muscles were obtained for the studies of quantitative electromyography

*Key words:* Electromyography; quantitative electromyography, normative values, brachial biceps, anterior tibial.

## Referencias Bibliográficas

1. Álvarez R, Medina E. La neurofisiología en el estudio de las enfermedades neuromusculares; desarrollo y limitaciones. Rev Cubana Med Milit 2004; 33(3). Disponible en <http://www.sld.cu>
2. Barkhaus PE, Nandedkar SD. EMG evaluation of the motor unit. The electrophysiologic Biopsy; 2003. Disponible en: <http://www.eMedicine.com>. [Visitado 15 de septiembre de 2003].
3. Ming Chan K. Needle EMG. Abnormalities in neurogenic and muscle diseases. 2003. Disponible en: <http://www.harcourt-international.com/e-books/pdf/763.pdf>. [Visitado el 15 de Septiembre de 2003].
4. Fernández JM, Saborido JG, Álvarez FJ. Análisis automático del patrón interferencial. Principios y aplicaciones. Rev Neurol 1999;31:620-2.
5. Fuglsang-Frederiksen A, Ronager J. EMG power spectrum, turns-amplitude analysis and motor unit potential duration in neuromuscular disorders. J Neurol Sci 1990; 97:81-91.
6. Fuglsang-Frederiksen A. The utility of interference pattern analysis. Muscle Nerve 2000;23 (1):18-36.
7. Buchthal F, Guild C, Rosenfalck P. Action potential parameter in normal muscle and their dependence on physical variables. Acta Physiol Scand 1954;32:200.
8. Sandbrik F, Culcea E. Motor unit recruitment in EMG; 2002). Disponible en: <http://www.eMedicine.com>. [Visitado 20 de septiembre de 2003].
9. Stalberg E, Falck B, Sonoo M, Stalberg S, Astrom M. Multi-MUAP EMG analysis- a two year experience in daily clinical work. Electroencephalogr Clin Neurophysiol 1995;97:145-54.
10. Daube JR. ed. The art of needle electromyography. [Monografía en CD-Rom]. Rochester: American Academy of Neurology; 2000.
11. Wilbourn AJ. Diabetic Neuropathies. En: Brown Wf, Bolton CF. Clinical Electromyography. 2 ed. Washington DC: Butterworth-Heinemann; 1993. p.475-515.
12. López R, Eliopra R, Tugnoli V. Quantitative Analysis of motor unit potentials parameters (Multi-Muap) in normal older subjects. Clin Neurophysiol 2000;11(13):2300-2.
13. Murphy AK, Effective information display and interface design for decomposition-base quantitative electromyography; 2002. Disponible en: <http://www.netmouse.com/me/portfolio/AKGM-Thesis.pdf>. [visitado 15 de septiembre de 2003].
14. Stashuk DW. Decomposition and quantitative analysis of clinical electromyographic signals.

Med Eng Phys 1999;21(6-7):389-404.

15. Stashuk D. EMG signal decomposition: how can it be accomplished and used? J Electromyogr Kinesiol 2001;11(3):151-72.
16. Doherty TJ, Stashuk DW. Decomposition-based quantitative electromyography: methods and preliminary normative data. Clin Neurophysiol 2000;11:2366-86.
17. Doherty TJ, Stashuk DW. Decomposition-based quantitative electromyography: methods and initial normative data in five muscles. Muscle Nerve 2003;28(2):204-11.
18. Finsterer J, Fuglsang-Frederiksen A. Concentric needle EMG versus Macro EMG. Relation in healthy subjects. Clin Neurophysiol 2000;111:1211-5.
19. Bromberg MB, Smith AG, Baurle J. A comparison of two commercial quantitative electromyographic algorithms with manual analysis. Muscle Nerve 1999;22(9):1244-8.
20. DeBlas G, Fernández J, Ortega B. Métodos automáticos de cuantificación de potenciales de unidad motora. Rev Neurol 1999;28:616-9.

Recibido: 27 de septiembre de 2004. Aprobado: 29 de octubre de 2004.

MSc. *Roger Álvarez Fiallo*. Hospital Militar Central "Dr. Luis Díaz Soto". Avenida Monumental, Habana del Este, CP 11 700, Ciudad de La Habana, Cuba.

<sup>1</sup> **Master en Ciencias Biológicas.**

<sup>2</sup> **Doctor en Ciencias Médicas.**