



El registro de los potenciales de acción nerviosos sensitivos

Distancia interelectrodos en niños sanos

Jaime Arango-Aguilar,^a María Inés Fraire-Martínez,^a
Ana Carolina Sepúlveda-Vildósola^b

The record of sensitive nerve action potentials. Interelectrode distance in healthy children

Background: Studies in adults show that with a 3 or 4 cm distance between active and reference electrodes, maximum amplitude and latency values of sensitive nerve action potentials are obtained. The purpose of this study was to identify, in healthy children, the interelectrode distances at which the amplitude and peak latency do not differ significantly from those obtained with the interelectrode distance at which the maximum values are obtained.

Methods: Four reference electrodes were placed at 1, 2, 3 and 4 cm distance from the active electrode. The electrode signal was recorded simultaneously with a physical jumper between the four channels. A sample of 66 median nerves was analyzed in children aged 5 to 9 years. Amplitude and latency maximum values were obtained with an interelectrode distance of 4 cm. Values obtained with 4 cm were compared against those obtained with 1, 2 and 3 cm interelectrode distances.

Results: Amplitude values did not show significant difference with 3 and 4 cm interelectrode distances ($p = 0.216$). With regard to latency, the values did not indicate significant difference with the 4 and 3 cm interelectrode distances ($p = 0.266$).

Conclusions: The amplitude increase resulting from interelectrode distance augmentation is not influenced by the peripheral nerve growth process in children. The optimal distance for the record of the nerve potential actions was similar to that seen in adults.

Keywords Palabras clave

Electrodes Electrodo

Action potentials Potenciales de acción

Amplitude Amplitud

Los potenciales de acción nerviosos sensitivos (PANS) son un registro de la actividad eléctrica de un nervio que se obtiene al administrar un estímulo eléctrico sobre el trayecto de un nervio sensitivo. Diversos estudios en adultos han mostrado que con 3 a 5 cm de distancia entre los electrodos se obtienen los valores máximos para la amplitud y la latencia.

En 25 sujetos sanos, Varghese y Rogoff¹ estudiaron PANS ortodrómicos y antidrómicos con 1 y 5 cm de distancia entre los electrodos de registro y referencia. Encontraron que a 5 cm se obtenía el valor máximo para la latencia pico y que la amplitud no se incrementaba después de 3 cm, por lo que recomendaron una distancia ≥ 3 cm entre los electrodos. Dumitru y Walsh² demostraron que 4 cm entre los electrodos es la distancia óptima para el registro de los PANS y los potenciales de acción musculares compuestos (PAMC), ya que se registra la amplitud máxima. Wee y Ashley,³ al evaluar el efecto de la distancia entre los electrodos en el registro de PANS en 15 adultos sanos, encontraron que con ≥ 4 cm de distancia entre los electrodos se alcanzan los valores máximos para latencia y amplitud sin que se observe incremento adicional. Hasegawa *et al.*⁴ estudiaron los PANS en 12 nervios medianos sanos con las técnicas ortodrómica y antidrómica, con 1 a 5 cm de distancia entre los electrodos. Encontraron que la amplitud máxima se obtiene con > 3 cm, por lo que concluyeron que es la distancia mínima que debe utilizarse para obtener la mayor amplitud y la mejor definición de los picos.

Van Evanoff y Buschbacher⁵ demostraron que con el electrodo de barra de 3 y 4 cm, respectivamente, la variabilidad de los PANS y PAMC es insignificante en cuanto a la latencia y que la amplitud es discretamente mayor con 4 cm de distancia entre los electrodos, aunque dicha diferencia es clínicamente insignificante. Plastaras *et al.*⁶ analizaron las diferencias en la medición del potencial sensitivo de acción en el nervio sural en 22 adultos sanos al colocar los electrodos a una distancia de 3 y 4 cm; encontraron que las diferencias en la latencia pico y la amplitud no fueron significativas. Los estudios citados coinciden en que el incremento en la distancia entre los electrodos se correlaciona con el aumento en la latencia y la amplitud.

^aDepartamento de Neurofisiología Clínica

^bDirección de Educación e Investigación en Salud

Hospital de Pediatría, Centro Médico Nacional Siglo XXI, Instituto Mexicano del Seguro Social, Distrito Federal, México

Comunicación con: Jaime Arango-Aguilar

Teléfono: (55) 4371 9288

Correo electrónico: dr.jarango@gmail.com

Recibido: 03/09/2013

Aceptado: 07/04/2014

Introducción: estudios en adultos muestran que con 3 o 4 cm de distancia entre los electrodos activo y de referencia se obtienen los valores máximos de amplitud y latencia de los potenciales de acción nerviosos sensitivos. El objetivo de este estudio fue identificar en niños sanos, las distancia entre los electrodos con la cual los valores de amplitud y latencia pico no difieren significativamente de los obtenidos con la distancia entre los electrodos a la cual se obtienen los valores máximos.

Métodos: se colocaron cuatro electrodos de referencia a 1, 2, 3 y 4 cm del electrodo activo. La señal del electrodo activo se registró simultáneamente con un puente físico entre los cuatro canales. Se analizó una muestra de 66 nervios medianos en niños de cinco a

nueve años. Los valores máximos de amplitud y latencia se obtuvieron con 4 cm entre los electrodos. Se compararon los valores obtenidos con 4 cm entre los electrodos y con 1, 2 y 3 cm.

Resultados: los valores de la amplitud no mostraron diferencia significativa con las distancias de 4 y 3 cm ($p = 0.216$). En la latencia, los valores tampoco indicaron diferencia significativa con las distancias entre los electrodos de 4 y 3 cm ($p = 0.266$).

Conclusiones: el aumento en la amplitud producido por el incremento de la distancia entre los electrodos no está influido por el proceso de crecimiento del nervio periférico en el niño. La distancia óptima para el registro de los potenciales de acción nerviosos sensitivos en los niños fue similar a la de los adultos.

Resumen

Si bien se considera que a la edad de cinco años ha finalizado el proceso de mielinización del sistema nervioso periférico, los valores de la velocidad de la conducción nerviosa, latencia y amplitud son diferentes en niños y adultos. Estas diferencias se atribuyen a las diferencias de la talla, así como al proceso de crecimiento de las fibras nerviosas, las cuales alcanzan su diámetro, densidad y distancia internodal máximos después de los 10 años de edad. Dado que el diámetro de las fibras y la distancia internodal son menores, se esperaría que los valores de la latencia sean mayores en los niños y que los de la amplitud sean menores en comparación con los identificados en los adultos.^{7,8} A pesar de ello, para colocar los electrodos en los niños se utilizan las mismas distancias que para los adultos.^{9,10}

El propósito de este estudio fue determinar en niños sanos de cinco a nueve años de edad, la distancia óptima entre los electrodos para el registro de PANS, es decir, con la cual los valores de la amplitud y la latencia pico no difieren significativamente de los obtenidos con la distancia entre los electrodos a la cual se obtienen los valores máximos.

Métodos

Se llevó a cabo un estudio cuasiexperimental transversal prolectivo analítico, no aleatorizado, con muestreo consecutivo. El trabajo de investigación fue aprobado por el Comité Local de Investigación del Hospital de Pediatría del Centro Médico Nacional Siglo XXI, Instituto Mexicano del Seguro Social.

Se incluyeron niños sanos de cinco a nueve años de edad, de uno y otro sexo, con exploración neurológica normal, neurodesarrollo normal y sin antecedentes de enfermedad o lesión en el sistema nervioso central ni en el periférico. Se excluyeron los niños con antecedente familiar de neuropatías hereditarias, enfermedades neuromusculares y enfermedades neurodegenerativas.

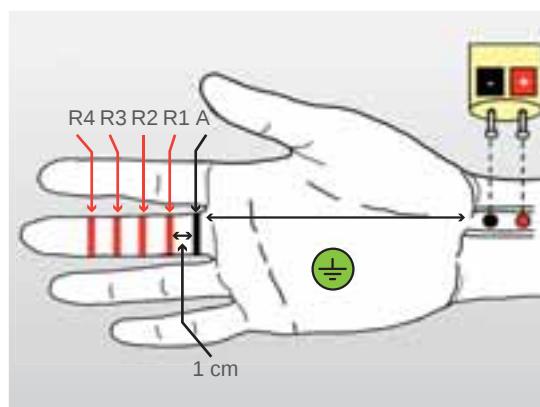


Figura 1 Técnica antidrómica modificada para el registro simultáneo de los potenciales de acción nerviosos sensitivos en cuatro canales

Se eliminaron del estudio los pacientes que presentaron resultados compatibles con neuropatía (un caso) y los que no fueron llevados a la medición (tres casos).

Para el registro se utilizó un equipo Nicolet Viking Quest®. Se colocaron electrodos de anillo en el dedo medio de ambas manos, el activo en la base y los de referencia a 1, 2, 3 y 4 cm del activo, conectados a los canales 1, 2, 3 y 4, respectivamente (figura 1). Se colocaron puentes físicos en los conectores del electrodo activo entre los canales 1, 2, 3 y 4, lo cual permitió ingresar simultáneamente el valor del electrodo activo en los cuatro canales para compararlo con los obtenidos con cada uno de los electrodos de

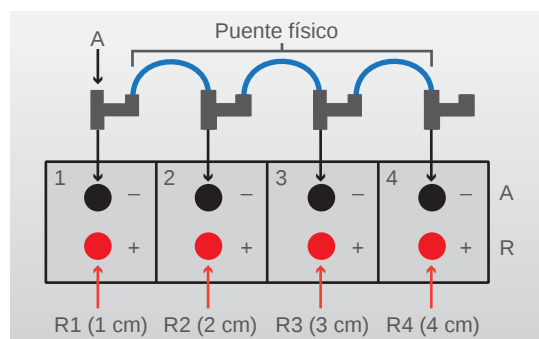


Figura 2 Montaje sobre el amplificador para el registro simultáneo de potenciales de acción nerviosos sensitivos en cuatro canales

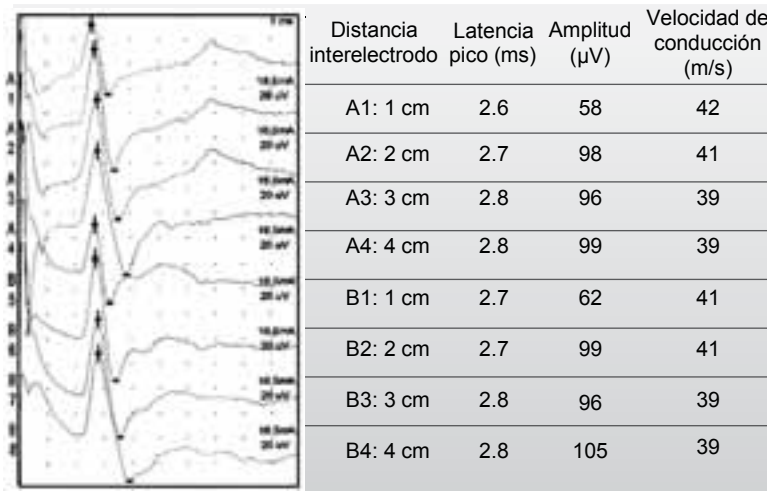


Figura 3 Conjunto de potenciales obtenidos. Los canales 1 a 4 representan las mediciones en el nervio mediano izquierdo y del 5 al 8, en el derecho

referencia (figura 2). La plantilla con la se obtuvieron los potenciales se muestra en la figura 3.

El sitio de estimulación se ubicó a 11 cm del electrodo activo sobre el trayecto del nervio mediano, se utilizaron filtros bajos de 2 Hz y altos de 3000 Hz, con velocidad de barrido de 1 ms/división y sensibilidad de 20 µV/división; el estímulo administrado fue antidrómico, con ancho de pulso de 100 ms e intensidad superior a 10 mA, la cual se aumentó progresivamente hasta obtener los PANS con la mayor amplitud posible.

Se denominó *distancia entre los electrodos* a la distancia en centímetros entre el electrodo activo y el electrodo de referencia. Se definió como *distancia máxima* entre los electrodos a aquella con la cual se obtuvieron los valores máximos de la amplitud y de la latencia pico. La *distancia óptima entre los electrodos* se definió como aquella con la cual los valores de amplitud y latencia no variaban de manera significativa al compararlos con los obtenidos con la distancia máxima entre los electrodos.

Con Anova se compararon las medias de la amplitud entre los cuatro grupos; con la prueba T3 de Dun-

net se ponderó la diferencia de medias de la distancia entre los electrodos observada con 4 cm al compararla con 1, 2 y 3 cm.

Para el análisis de la latencia pico entre los cuatro grupos se utilizó la prueba de Kruskal-Wallis. Para determinar la diferencia de la mediana con 4 cm de distancia entre los electrodos al compararla con la mediana obtenida con 1, 2 y 3 cm de distancia entre los electrodos se aplicó la prueba de Wilcoxon. Las pruebas fueron seleccionadas de acuerdo con el tipo de distribución, para lo cual se empleó la prueba de Smirnov-Kolmogorov.

Resultados

Se integró una muestra de 66 nervios medianos procedentes de 33 pacientes, de los cuales 15 eran mujeres (45.5 %) y 18 eran hombres (54.5 %); la edad fue de $7.15 \text{ años} \pm 1.35$ (cuadro I). Los valores máximos de amplitud y latencia pico se obtuvieron con 4 cm de distancia entre los electrodos.

Con Anova se encontró una diferencia significativa entre las medias de la amplitud en los cuatro grupos de distancia entre los electrodos ($p < 0.0000$). La prueba T3 de Dunnet mostró diferencia estadísticamente significativa entre las medias obtenidas con 1 y 2 cm de distancia entre los electrodos y la obtenida con 4 cm ($p < 0.000$ y 0.029 , respectivamente). No hubo diferencia significativa de las medias entre 3 y 4 cm ($p = 0.216$).

La prueba de Kruskal-Wallis mostró una diferencia significativa de las medianas de la latencia pico entre los cuatro grupos según la distancia entre los electrodos ($p = 0.000$). La prueba de Wilcoxon mostró una diferencia significativa entre las medianas de 1 y 2 cm de distancia entre los electrodos comparadas con la obtenida con 4 cm ($p = 0.000$ y 0.013 , respectivamente). No se identificó diferencia significativa entre 3 y 4 cm ($p = 0.266$). Los resultados se describen en el cuadro II.

Cuadro I Datos demográficos de niños en quienes se determinaron potenciales de acción nerviosos sensitivos

Edad en años	Mujeres		Hombres		Total	
	n	%	n	%	n	%
5	3	9.1	3	9.1	6	18.2
6	1	3.0	2	6.1	3	9.1
7	4	12.1	6	18.2	10	30.3
8	3	9.1	5	15.2	8	24.2
9	4	12.1	2	6.1	6	18.2
Total	15	45	18	55	33	100

Discusión

La obtención simultánea de los potenciales para cada distancia entre los electrodos eliminó la variabilidad que se observa en los PANS cuando se aplican estímulos repetidos, ya que la morfología de estos tiende a ser inestable. El tamaño de la muestra no permitió realizar un análisis estratificado para determinar diferencias entre hombres y mujeres, ni entre los diferentes grupos de edad.

No existió diferencia estadísticamente significativa entre los valores obtenidos en la latencia pico con 3

Cuadro II Análisis de distancia entre los electrodos por cada variable en niños en quienes se determinaron potenciales de acción nerviosos sensitivos*

	Distancia entre los electrodos (cm)				Estadístico	Pos hoc
	1	2	3	4		
Amplitud [†] (mV)	40.9 ± 14.9	73.7 ± 21.9	76.8 ± 22.2	85.2 ± 24.2	56.295 (0.000)	4 = 3 (0.216), 4 > 2 (0.029), 4 > 1 (0.000)
Latencia pico (ms) [‡]	2.7	2.7	2.8	2.8	16.775 (0.001)	4 = 3 (0.266), 4 > 2 (0.013), 4 > 1 (0.000)

*66 nervios medianos, [†]Media ± 1 DE/F de Anova y prueba T3 de Dunett, [‡]Mediana/Kruskal-Wallis y prueba de Wilcoxon

y 4 cm ($p > 0.266$), sin embargo la diferencia en las medianas al comparar 2 y 3 cm con 4 cm de distancia fue de solo 0.1 ms. Los resultados son similares a los informados por otros autores que mencionan que las diferencias de latencia atribuibles a la distancia entre los electrodos no tienen impacto clínico significativo.³⁻⁶ Dada que las variaciones fueron muy pequeñas, la distancia óptima debe basarse en las diferencias observadas en la amplitud. Podemos considerar que la latencia pico es una variable en la que la distancia entre los electrodos no tiene efecto significativo.

Como ya ha sido descrito, el incremento en amplitud estuvo directamente relacionado con el incremento en la distancia entre los electrodos. Por su parte, Dumitru y Walsh² y Hasegawa *et al.*⁴ coinciden en que el registro óptimo de la amplitud requiere una distancia entre los electrodos de 4 cm; otros autores señalan que la distancia óptima es de 3 cm.^{1,4-6} Nuestros resultados son similares a los descritos en la literatura y sugieren que en los niños, 3 y 4 cm constituyen las distancias óptimas entre los electrodos, ya que las medias obtenidas no difieren significativamente una de la otra. Aun cuando los valores registrados con 2 y 3 cm fueron similares, los

valores con 2 cm fueron significativamente diferentes al compararlos con los obtenidos con 4 cm. Quedó claro que es inapropiada una distancia de 1 cm, ya que los valores de amplitud pueden ser hasta 50 % menores que los observados con la distancia óptima entre los electrodos. En el área clínica esto se traduciría en resultados falsos positivos para daño axonal.

Nuestros hallazgos sugieren que el aumento en la amplitud producido por el incremento de la distancia entre los electrodos no está influido por el proceso de crecimiento del nervio periférico en el niño; al parecer, los campos eléctricos generados en niños y adultos tienen propiedades similares. Por ello, concluimos que la distancia óptima entre los electrodos para el registro de PANS en niños sanos de cinco a nueve años de edad es de 3 y 4 cm, similar a la indicada en adultos.

Declaración de conflicto de interés: los autores han completado y enviado la forma traducida al español de la declaración de conflictos potenciales de interés del Comité Internacional de Editores de Revistas Médicas, y no fue reportado alguno en relación con este artículo.

Referencias

- Varghese G, Rogoff JB. Influence of inter-electrode distance on antidromic sensory potentials. *Electromyogr Clin Neurophysiol.* 1983;23(4):297-301.
- Dumitru D, Walsh NE. Practical instrumentation and common sources of error. *Am J Phys Med Rehabil.* 1988;67(2):55-65.
- Wee AS, Ashley RA. Effect of interelectrode recording distance on morphology of the antidromic sensory action potentials at the finger. *Electromyogr Clin Neurophysiol.* 1990;30(2):93-6.
- Hasegawa O, Iino M, Matsumoto S, Yoshii T, Shimamura M. Effects of interelectrode separation in sensory nerve conduction studies. *No To Shinkei.* 1999;51(8):699-702.
- Van Evanoff Jr, MD, Ralph M. Buschbacher: Optimal interelectrode distance in sensory and mixed compound nerve action potentials: 3-versus 4-centimeter bar electrodes. *Arch Phys Med Rehabil.* 2004;85(3):405-8.
- Plastaras CT, Marciniak CM, Sipple DP, D'Amore KG, Garvan C, Zaman SM. Effect of interelectrode distance on sural nerve action potential parameters. *Am J Phys Med Rehabil.* 2008;87(3):183-8.
- Toghi H, Tsukagoshi H, Toyokura Y. Quantitative changes in sural nerve with age in normal sural nerve. *Acta Neurol (Berl).* 1977;38:213-20.
- García-García A, Calleja-Fernández J. Neurofisiología del desarrollo y la maduración del sistema nervioso. *Rev Neurol.* 2004;38(1):79-83.
- Dumitru D, Amato A, Machiel Z. *Electrodiagnostic medicine.* Philadelphia: Hanley and Belfus; 2002. p. 182-3.
- Eduardo E, Burke D. The optimal recording electrode configuration for compound sensory action potentials. *J Neurol Neurosurg Psychiatry.* 1988;51:684-7.