

Potenciales Evocados Somatosensitivos obtenidos por estimulación del nervio Tibial (registros espinal y craneano) en caninos

PELLEGRINO, F.C.¹, SICA, R.E.P.²

RESUMEN

Se investigaron los PESS espinal y craneano y su génesis por estimulación del nervio tibial en 22 perros sanos cuya edad promedio fue de 7 años. La velocidad de conducción (VC) del nervio surgió del cociente entre la distancia desde el estímulo al registro espinal y la latencia del pico negativo de la onda registrada. Se obtuvo el tiempo de conducción central (TCC) midiendo la diferencia entre las latencias de los potenciales craneano y espinal. Se emplearon electrodos de aguja entre L7-S1 y L5-L6, y en la piel del cráneo. El potencial espinal en L7-S1 muestra 3 potenciales sucesivos, el primero trifásico con la primera deflexión positiva (P1-N1-P2), seguido de un gran potencial negativo/positivo (N2-P3) finalizando con uno pequeño negativo/positivo (N3-P4). La latencia media al pico negativo N2 fue 6.21+/-1.44ms. La media para la VC fue 59.03+/-8.56m/s. En L5-L6 el potencial es positivo/negativo/positivo. El potencial craneano tuvo forma de "w". La latencia media al pico negativo fue de 20.46+/-3.15ms. El TCC medio fue 12.06+/-2.28ms. Los potenciales sucesivos en L7-S1 probablemente surjan de la actividad a nivel del ganglio espinal, la raíz dorsal y el cuerno medular, mientras que en L5-L6 sea debido a la sumación espacial de la actividad de distintas estructuras ubicadas en el sitio de registro. La actividad a nivel craneano podría deberse a la acción de las conexiones tálamo-corticales y de la corteza somatosensitiva.

Palabras claves: (velocidad de conducción nerviosa), (nervio tibial), (potenciales evocados somatosensitivos), (perros)

¹Médico Veterinario; Doctor de la UBA, área Medicina Veterinaria.

Profesor Adjunto - Departamento Fisiología y Ciencias Básicas - Facultad Ciencias Veterinarias (UBA). Chorroarín 280. 1427 Buenos Aires.

²Médico; Doctor de la UBA, área Medicina Humana.

Profesor Titular de Neurología. Cátedra de Neurología. Facultad de Medicina (UBA). Jefe de la División Neurología. Hospital Ramos Mejía. Bs. As., Urquiza 609, 1221 Buenos Aires.

Recibido: febrero 2005 - Aceptado: septiembre 2005 - Versión on line: octubre 2005

Somatosensory Evoked Potentials Obtained by Stimulating the Tibial Nerve (Spinal Cord and Cranial Recordings) in Dogs

SUMMARY

We investigated SSEPs in 22 normal dogs of both sexes (12 females), aged between 3 and 14 years (mean: 7 +/- 4 years old) by recording the electrical signal at the spinal cord (L7-S1 and L5-L6) and at the scalp (frontoparietal region) in response to tibial nerve stimulation.

Conduction velocity (CV) of tibial nerve and its roots was calculated, measuring the distance between the stimulating cathode and the recording electrode, and dividing it into the latency of the of the spinal cord arrival corresponding negative peak. Central conduction time (CCT) was estimated subtracting the latencies of the spinal potential from the cranial potential.

We employed needle electrodes sited between L7-S1 and L5-L6, and in the scalp.

At the lumbosacral spinal level (L7-S1) 3 successive potentials were obtained: the first is a triphasic wave; its first deflection being positive (P1-N1-P2) followed by a larger biphasic potential negative-positive (N2-P3) and ending down with another small biphasic wave negative- positive (N3-P4). The mean latency to the main negative peak (N2) was 6.21 ms +/-1.44 ms. The mean value for CV of tibial nerve was 59.03 +/-8.56 m/s. At the L5-L6 spinal level a triphasic wave was obtained, its first deflection being positive followed by a larger negative potential, ending with another small positive deflection. Cranial SSEPs had a "w" shape, their mean latency to the negative peak was 20.46 +/-3.15 ms. The mean value for CCT was 12.06 +/-2.28 ms.

In regards to the sources of the L7-S1 potential, they may be attributed to the activity of the neurons located at the ganglia of the dorsal roots, the spinal roots, and the dorsal horn of the spinal cord, while L5-L6 potential may be due to the spatial summation activity of the different structures in the recording site. The cranial response is brought about by the activation of the thalamo-cortical circuits and the neurons of the parietal cortex situated at the receiving area.

Key words: (nerve conduction velocity), (tibial nerve), (somatosensory evoked potentials), (dogs).

INTRODUCCIÓN

Los Potenciales Evocados Somatosensitivos (PESS) se emplean en la exploración de la capacidad de la médula espinal para conducir la información proveniente de la periferia hacia el encéfalo, luego de la estimulación repetida de un nervio periférico. De igual manera resultan útiles para conocer el estado funcional del segmento periférico de la vía somatosensitiva, constituida por las fibras nerviosas aferentes que integran el nervio mixto que se activa y sus raíces espinales

^{4,5,10,13,16,17}. Sus respuestas, promediadas, pueden ser registradas en puntos determinados sobre el trayecto de los nervios estimulados, sus plexos y raíces de origen, a lo largo de la médula espinal y a nivel cortical.

El potencial que se registra a nivel de los 2 espacios intervertebrales más caudales de la región lumbar del canino (L6-L7, L7-S1), luego de estimular el nervio tibial, se denomina componente de raíz lumbosacra. Ha sido descrito como un potencial de acción compuesto, usualmente trifásico, formado por

3 deflexiones sucesivas positiva-negativa-positiva. Se origina en las raíces nerviosas que forman la cauda equina^{4,10,16,22}.

En la intumescencia lumbosacra se registra el componente interneuronal^{4,5,10,16,22}. Su amplitud es mayor que la del potencial de raíz. Pueden reconocerse en él 3 deflexiones; las más precoces son muy pequeñas y polifásicas, se encuentran parcialmente superpuestas a un gran potencial negativo en punta, considerado como el potencial de campo originado en neuronas de relevo de la intumescencia; finalmente, se observa un potencial positivo, más romo y de gran duración. El origen de cada uno de estos potenciales continúa siendo fuente de discusión en la literatura^{16,17,22}.

Los componentes de raíz lumbosacra e interneuronal brindan información sobre la integridad del nervio estimulado y sus raíces espinales. Una posibilidad más de la técnica es su capacidad para la obtención de la medida de la velocidad de conducción de las fibras que integran el nervio periférico; para ello basta dividir la distancia entre el cátodo de estimulación y el electrodo de registro por la latencia al pico negativo de mayor amplitud de la onda obtenida^{4,10,16,17}.

La deflexión que se registra a nivel del cráneo se denomina potencial craneano; indica el arribo cortical de la señal evocada por el estímulo. El generador para este potencial no ha sido investigado en perros, pero probablemente se encuentren involucrados en su producción los circuitos talamocorticales y la corteza somatosensitiva^{2,4,8,13,16,17}.

En el trabajo presente se llevó a cabo el registro espinal (a nivel L7-S1 y L5-L6) y el registro craneano (entre los puntos P y F¹², en la región fronto-parietal) de los PESS, luego de la estimulación del nervio tibial, en 22 perros normales. Se calculó la velocidad de conducción (VC) de las fibras del nervio tibial, incluyendo

sus raíces. La diferencia entre las latencias de los potenciales craneano y espinal permitió el cálculo del Tiempo de Conducción Central (TCC).

MATERIALES Y MÉTODOS

Población

Se trabajó con 22 perros sanos (12 machos, 10 hembras), libres de signos que sugiriesen el compromiso del sistema nervioso central y periférico, pertenecientes al departamento de caniles de la Facultad de Ciencias Veterinarias de la Universidad de Buenos Aires. El promedio de edad fue de 7 +/- 4 años, con un mínimo de 1 y un máximo de 15. El peso promedio fue de 15.28 +/- 5.12 kg, con un mínimo de 9.6 y un máximo de 26.6.

En la restricción de los animales se empleó xylazina (Rompún® Bayer, Argentina), en dosis de 2 mg/kg por vía intramuscular (IM)¹⁰⁻¹². Pasados 10 a 15 minutos de la administración de la xylazina, los perros se anestesiaron con diazepam (Diazepam® Lamar, Argentina) y ketamina (Ketamina® Holliday, Argentina), por vía intravenosa (IV), en dosis de 0.5 mg/kg y 12 mg/kg, respectivamente, dadas en forma simultánea.

Estimulación

Se aplicaron estímulos eléctricos sobre el nervio tibial, consistentes en pulsos cuadrados de 0.1 ms de duración, a frecuencia de 2 Hz, generados por un estimulador eléctrico (Akonic S.A., Buenos Aires, Argentina), a intensidad de aproximadamente 2.17 mA +/- 10%. Se utilizaron como electrodos de estimulación agujas de acero inoxidable de 15 mm de longitud (agujas subdérmicas Akonic S.A., Buenos Aires, Argentina) colocadas en tándem a lo largo del nervio y separadas entre sí por 1 cm, con el ánodo distal para evitar el bloqueo anódico de la información ascendente^{4,10,11,15,16}. Se estudiaron

las eventuales modificaciones que pudiera sufrir el potencial de raíz variando la intensidad y frecuencia de estimulación.

Puntos de estimulación: Las agujas se insertaron en forma subcutánea (SC) sobre la cara lateral de la pierna, en el espacio ubicado entre el tendón calcáneo común y la tibia, inmediatamente por encima de la tuberosidad calcánea y por debajo de la vena safena lateral ^{10,11,20}.

Registro

Puntos de registro: Los potenciales espinales del miembro pelviano fueron registrados situando el electrodo activo cerca de la línea media, en vecindad del canal vertebral, a nivel de la lámina o del ligamento interarcual, a la altura de los espacios intervertebrales L7-S1 y L5-L6. El espacio lumbosacro (L7-S1) se localiza justo por detrás de una línea imaginaria trazada uniendo el borde caudal de las alas del ilion. En el plano de esta línea se palpa fácilmente el proceso espinoso correspondiente a L7. La aguja se introduce en forma perpendicular al plano medio, tomando como referencia el borde caudal del proceso espinoso de L7, hasta hacer contacto con el plano osteoarticular, representado por la lámina de la vértebra o el ligamento interarcual. El electrodo de referencia se inserta lateralmente, en los músculos epiaxiales, a una distancia de por lo menos 4 cm, al mismo nivel que el electrodo de registro. Se colocó un electrodo de tierra de aguja en el tejido subcutáneo por encima de la tuberosidad calcánea del miembro estimulado, en posición proximal al cátodo de estimulación ^{10,11,15,16}.

Los potenciales craneanos del miembro pelviano fueron registrados insertando el electrodo activo, en forma SC, sobre una línea imaginaria, en el plano transversal, que une el ángulo temporal de los ojos, sobre la línea media, situada entre los puntos P y F ^{1,4,6,8,12,15,16-18}. La elección de los puntos de registro se hizo en

función de la de la representación sensitiva cortical de cada región corporal, tomando como base el "animalículo" ^{3,9}, en el que los miembros pelvianos se ubican en la región medial del giro post-central, "a caballo" de la cisura interhemisférica, con parte de su representación en la cara interna del hemisferio ^{3,7,10,13}.

Método de registro: A nivel espinal se utilizaron, como electrodos de registro, agujas de electromiografía monopolares de 35 mm de longitud revestidas y aisladas con teflón, quedando descubiertos 3 mm en su punta (Akonic S.A., Buenos Aires, Argentina). A nivel craneano se emplearon agujas de acero inoxidable de 15 mm sin aislamiento (agujas subdérmicas Akonic S.A., Buenos Aires, Argentina). Los electrodos se conectaron a amplificadores y a un sistema de promediación de la señal (Akonic BIO-PC Potenciales Evocados versión 9.11 -1998-, Buenos Aires, Argentina). Las características técnicas de los preamplificadores utilizados son las siguientes: impedancia de entrada > 20 Mohm; modo común de rechazo (MCR) 110 dB a 50/60 Hz; nivel de ruido 0.7 uV; filtro de ruido 50-60 Hz; filtro de alta frecuencia 10.000-5.000-3.000-2.000-800-300-100-30 Hz; filtro de baja frecuencia 0.15-0.5-1.5-5-10-30-100-300 Hz; sensibilidad 3-6-12-25-50-100-200-400-800-1600-3200-6400 uV.

El equipo estuvo constituido por un cabezal de 2 canales, con interfase analógico-digital, en tanto que la señal fue recogida en la pantalla de una computadora. Todos los datos se obtuvieron empleando una amplificación que varió entre los 3 y los 12 μ V/división. Para el registro espinal de los PESS se utilizaron filtros de alta y baja frecuencia de 10 y 3000 Hz respectivamente, y se usó una velocidad de barrido de 30 ms para toda la pantalla (3 ms/división). Para el registro craneano se emplearon filtros de alta y baja frecuencia de 300 y 3000 Hz respectivamente, y se usó una velocidad de

barrido de 50 ms para toda la pantalla (5 ms/división). En todos los casos se promedió el total de 500 estímulos^{9,11,15-17}.

Se calculó la velocidad de conducción (VC) del nervio tibial y sus raíces de origen, obteniendo el cociente entre la distancia que va desde el cátodo de estimulación al electrodo de registro, y la latencia del pico negativo de la onda correspondiente al arribo medular del

estímulo (componente interneuronal) utilizando la fórmula $VC = \text{distancia} / \text{latencia}$. Para lograr el más adecuado acercamiento a la longitud real del nervio tibial y sus raíces, la distancia se obtuvo midiéndola entre el cátodo de estimulación y el electrodo de registro espinal, siguiendo las curvaturas anatómicas de la región. También se obtuvo el tiempo de conducción central (TCC) a partir de la diferencia

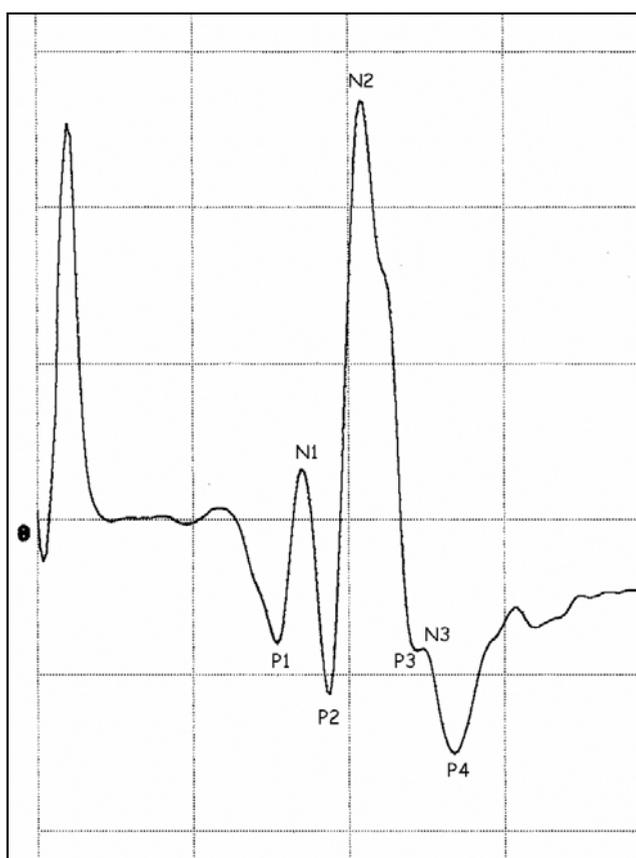


Fig. 1: Componente de raíz lumbosacra de los PESS (registro espinal L7-S1) obtenido por estimulación del nervio tibial. Sensibilidad: 1.5 uV/div.; velocidad de barrido: 3 ms/div. Pueden observarse los 3 potenciales sucesivos que se inician con una onda trifásica cuya primera deflexión es positiva (P1, N1 y P2), seguida por un potencial bifásico, negativo-positivo, de mayor amplitud (N2, P3), finalizando con una pequeña onda, también bifásica, negativa-positiva (N3, P4). Los generadores neurales de esos 3 potenciales son el ganglio espinal, la raíz dorsal y el cuerno dorsal medular, respectivamente.

entre las latencias de los potenciales espinal (componente interneuronal) (LE) y craneano (LC) a partir de la fórmula $TCC=LC-LE$.

RESULTADOS

En las Figuras 1 a 5 se muestran los potenciales obtenidos a partir del registro espinal de los PESS por estimulación del nervio tibial.

La deflexión registrada posee 2 componentes básicos, el de raíz lumbosacra y el interneuronal. El componente de raíz lumbosacra presenta 3 potenciales sucesivos que se inician con una onda trifásica cuya

primera deflexión es positiva (P1, N1 y P2), seguida por un potencial bifásico, negativo-positivo (N2, P3), de mayor amplitud, finalizando con una pequeña onda, también bifásica, negativa-positiva (N3, P4) (Figura 1). Los valores de latencia observados para cada onda se presentan en la tabla 1.

Los 2 primeros potenciales (P1/N1/P2 y N2/P3), que en ocasiones pueden mostrarse superpuestos, se originan por el paso de la señal a través del cuerpo de la primera neurona sensitiva, situada en el ganglio espinal, y de su axón, que forma parte de la raíz dorsal, y que se dirige al cuerno dorsal de la sustancia gris

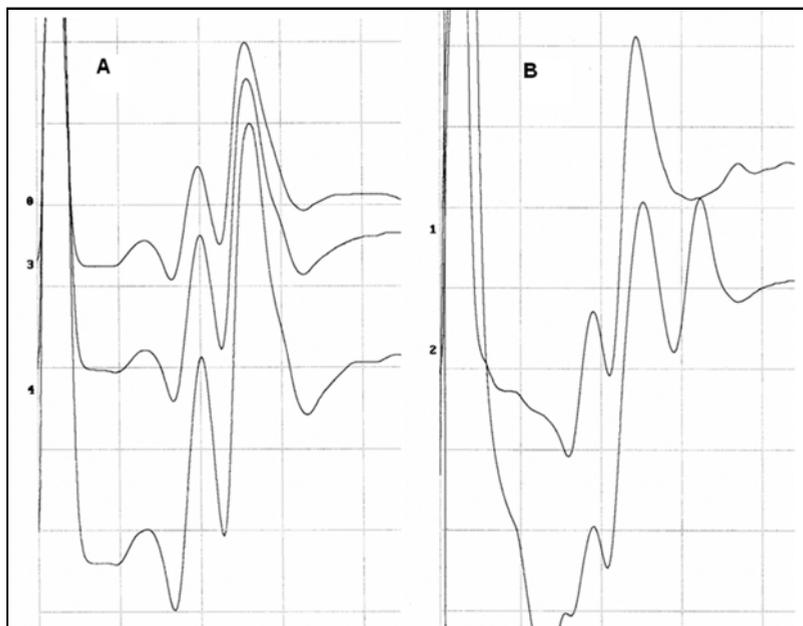


Fig. 2: Cambios morfológicos del componente de raíz lumbosacra al aumentar la frecuencia (A) y la intensidad de estimulación (B). Sensibilidad: 1.5 uV/div.; velocidad de barrido: 2 ms/div.

A- El registro de arriba se obtuvo con la frecuencia e intensidad de estimulación normal (2 Hz y 2.17 mA +/- 10 %, respectivamente). Los registros del medio y de abajo corresponden a una frecuencia de estimulación de 10 Hz y 20 Hz respectivamente. Nótese el aumento de amplitud de las ondas P1/N1/P2 y N2/P3 y la atenuación/desaparición de la onda N3/P4

B- Los registros de arriba y abajo corresponden a una intensidad de estimulación de 35 y 75 mA +/- 10 %, respectivamente. Nótese el aumento de amplitud y la disminución de la latencia en las 3 ondas

medular. La presencia de estos 2 potenciales no se ve alterada por los cambios de frecuencia ni de intensidad del estímulo (Figura 2), hecho que refuerza la concepción de que constituyen potenciales de conducción o de paso, sin que exista en ellos contribución sináptica alguna. Sus características morfológicas cambian al aumentar la intensidad del estímulo, produciendo el aumento de su amplitud y disminuyendo su latencia (Figura 2-B). Aumentando la frecuencia de estimulación, también se incrementa la amplitud de esas ondas (Figura 2-A).

El tercero (N3/P4) es un potencial de campo cercano, originado en las sinapsis establecidas por las fibras aferentes y las neuronas de relevo de la intumescencia lumbosacra^{4,10,16,22}. Su morfología se afecta por los cambios de frecuencia e intensidad del estímulo, de forma que a mayor frecuencia de estimulación desaparece la deflexión (Figura 2-A), en tanto que a mayor intensidad de estímulo aumenta su amplitud, diferenciándose claramente su morfología (Figura 2-B).

La onda bifásica N3-P4 representa el componente interneuronal del PESS, registrado sobre las raíces que forman la cauda equina, a nivel lumbosacro. Traduce, posiblemente, la actividad de las neuronas del cuerno dorsal de

la médula que han sido excitadas por la llegada del estímulo.

Los valores de VC sensitiva del nervio tibial se muestran en la Tabla 2.

Luego de los potenciales descriptos arriba, en registros más craneales (a partir de L5-L6) se obtiene también el componente interneuronal^{4,10,16,22}, pero con una amplitud mucho mayor que la observada en el complejo N3-P4 (Figura 3). Consiste en una gran deflexión formada por un pico negativo en punta, seguida por otra positiva más roma y de gran duración. En algunos animales se observan deflexiones pequeñas y polifásicas que preceden o se superponen al pico negativo. La latencia de este gran pico negativo coincide aproximadamente con la latencia del pico negativo del tercer potencial (N3) del componente de raíz lumbosacra (Figura 4).

En la Figura 5 se muestran los potenciales obtenidos en el registro craneano de los PESS. Presenta la forma de una “W”, con un primer potencial con deflexión positiva, que en los humanos es la respuesta más consistente y de mayor reproducibilidad¹³. A esta onda le siguen un potencial negativo de gran amplitud y, luego, otro positivo más pequeño y romo, finalizando con una última y más pequeña onda negativa.

Tabla 1: Valores de latencias obtenidos a partir del registro espinal de los PESS, discriminados para todos sus componentes (potencial de ganglio, potencial de raíz y componente interneuronal) por estimulación del nervio tibial.

	Latencia del registro espinal (onda P1) (ms)	Latencia del registro espinal (onda N1) (ms)	Latencia del registro espinal (onda P2) (ms)	Latencia del registro espinal (onda N2) (ms)	Latencia del registro espinal (onda P3) (ms)	Latencia del registro espinal (onda N3) (ms)	Latencia del registro espinal (onda P4) (ms)
Media	4,26	4,76	5,19	6,21	7,68	8,16	8,71
DS	1,35	1,34	1,44	1,7	1,89	2	1,93
IC	3,7 a 4,82	4,2 a 5,32	4,59 a 5,79	5,5 a 6,92	6,89 a 8,47	7,32 a 9	7,91 a 9,51

DS: Desvío standard; IC: Intervalo de Confianza

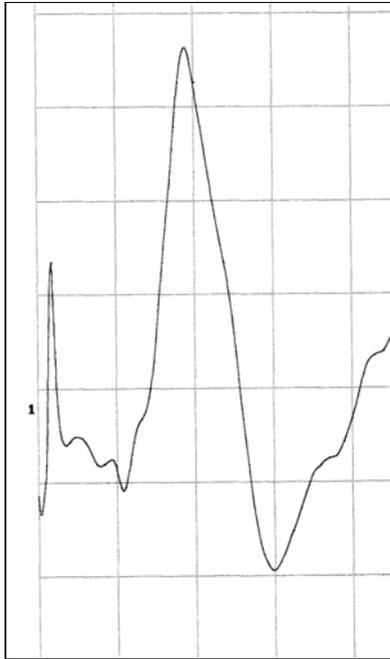


Figura 3: Componente interneuronal de los PESS (registro espinal L5-L6) obtenido por estimulación del nervio tibial. Sensibilidad: 1.5 uV/div.; velocidad de barrido: 3 ms/div. Consiste en una gran deflexión formada por un pico negativo en punta, seguida por otra positiva más roma y de gran duración. En algunos animales se observan deflexiones pequeñas y polifásicas que preceden o se superponen al pico negativo.

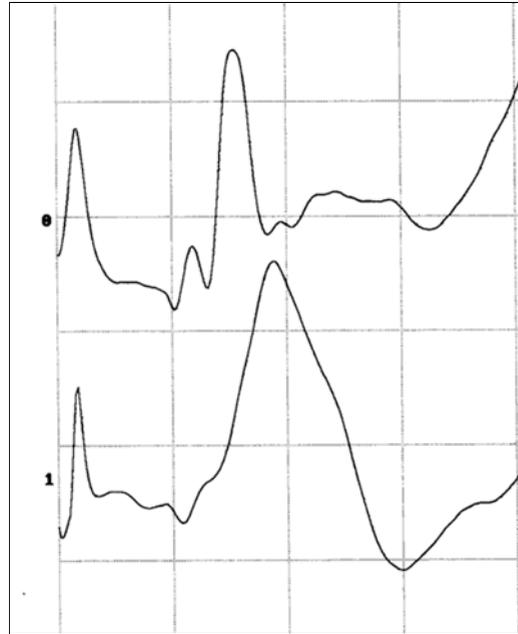


Figura 4: Componente de raíz lumbosacra (L7-S1) (arriba) y componente interneuronal (L5-L6) (abajo) de los PESS obtenidos por estimulación del nervio tibial. Sensibilidad: 3 uV/div.; velocidad de barrido: 3 ms/div. Obsérvese la coincidencia de la latencia del pico negativo del tercer potencial (N3) del componente de raíz lumbosacra con el gran pico negativo del componente interneuronal.

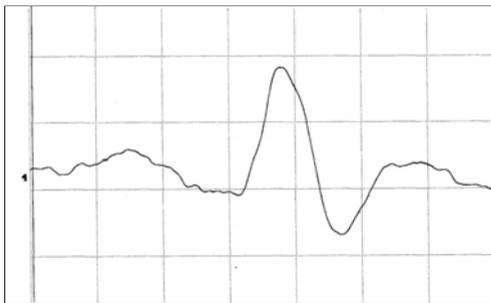


Figura 5: potencial obtenido en el registro craneano de los PESS por estimulación del nervio tibial. Sensibilidad: 0.75 uV/div.; velocidad de barrido: 5 ms/div. Obsérvese el formato similar a la letra "W", con un primer potencial con deflexión positiva, que probablemente representa la despolarización talamocortical; a esta onda le siguen un potencial negativo de gran amplitud y, luego, otro positivo más pequeño y romo, finalizando con una última y más pequeña onda negativa.

Los valores de latencia al pico negativo, el de mayor amplitud, se presentan en la tabla 3. Como se ha comentado anteriormente, el generador para este potencial no ha sido investigado en perros, pero probablemente se encuentren involucrados en su génesis los circuitos talamocorticales y la corteza somatosensitiva^{2,4,8,13,16,17}, tal como sucede en el hombre. De ellos, la primera deflexión positiva posiblemente sea debida a la activación de los circuitos talamocorticales. En los perros, la latencia de los potenciales craneanos está influenciada por el tamaño corporal¹⁴ y es proporcional a la longitud cefalo-caudal del animal.

A partir de los registros espinal y craneano de los PESS de los miembros pelvianos es posible determinar el Tiempo de Conducción Central (TCC), obtenido en base a la diferencia entre las latencias de los potenciales craneanos y el componente interneuronal del potencial

espinal (Tabla 3). Este valor estima el tiempo que demora el impulso eléctrico desde que establece su primera conexión medular hasta que alcanza la corteza somatosensitiva. También este valor es proporcional a la longitud cefalo-caudal del animal¹⁴.

DISCUSIÓN

El componente de raíz lumbosacra es un potencial de acción compuesto, usualmente trifásico, formado por 3 deflexiones sucesivas, positiva-negativa-positiva, similar al que se obtiene colocando el electrodo de registro cerca de un tronco nervioso periférico. Se origina en las raíces nerviosas que forman la cauda equina. Se puede detectar en los 2 espacios intervertebrales más caudales (L6-L7, L7-S1). En registros más craneales se fusiona con el componente interneuronal^{4,10,11,16,22}.

Tabla 2: Velocidad de conducción del nervio tibial y sus raíces obtenida a partir del registro espinal (onda N2) de PESS

	Longitud del nervio y sus raíces (mm)	Latencia del registro espinal (onda N2) (ms)	VC (m/s)
Media	340	6,21	59,03
DS	64,06	1,7	8,56
IC	313,23 a 366,77	5,5 a 6,92	55,45 a 62,61

DS: Desvío standard; IC: Intervalo de Confianza

Tabla 3: Valores de latencia al pico negativo obtenidos a partir del registro craneano de los PESS por estimulación del nervio tibial. Tiempos de conducción central obtenidos a partir de la diferencia de latencias entre los registros craneano y espinal.

	Latencia del registro craneano del nervio tibial (ms)	TCC del nervio tibial (ms)
Media	20,46	12,06
DS	3,15	2,28
IC	19,14 a 21,78	11,11 a 13,01

DS: Desvío standard; IC: Intervalo de Confianza

Otros autores han descrito, también, el componente de raíz de los PESS^{4,10,16,22}; en sus registros pueden reconocerse, al igual que en los nuestros, 3 deflexiones sucesivas^{16,17}, semejantes en sus características a las detalladas aquí. El consenso general es que sus generadores son las raíces de la cauda equina, de modo que el potencial de raíz sería equivalente al que se registra sobre cualquier tronco nervioso periférico¹⁶. Sin embargo, esas interpretaciones no han tenido en cuenta las estructuras anatómicas propias de las raíces dorsales que incluyen al ganglio espinal, hecho que las diferencia de los troncos nerviosos periféricos.

Nosotros creemos que la composición del potencial de raíz lumbosacra es más compleja que la hasta hoy aceptada en la literatura^{4,10,16}. Teniendo en cuenta la anatomía de la cauda equina, es posible suponer que los generadores neurales de los 2 primeros potenciales son los cuerpos de las neuronas situadas en el ganglio espinal para el primero y la conducción aferente del impulso por los axones que de ellas emergen para el segundo; en tanto que el generador neural del tercer potencial correspondería al arribo medular del estímulo y a las sinapsis que las fibras aferentes hacen con las neuronas de relevo de la intumescencia. Este último componente sería el equivalente al pico negativo de mayor amplitud del componente interneuronal. El hecho que las latencias de ambos potenciales de campo coincidan sustenta esta hipótesis.

Los cambios en las características morfológicas de los 2 primeros potenciales producidos al aumentar la intensidad del estímulo se deberían a razones anatómicas; con el incremento de la intensidad es mayor el campo eléctrico generado y mayor el número de fibras estimuladas y, por lo tanto, de neuronas del ganglio de la raíz espinal que resultan activadas.

Esto último explicaría también la disminución de la latencia ya que la mayor intensidad del estímulo reclutaría fibras de mayor diámetro y, por ello, de más alta velocidad de conducción. Los cambios observados al aumentar la frecuencia de estimulación se deberían a la suma temporal por integración de señales, de forma que con mayor cantidad de estímulos por unidad de tiempo se recluta mayor cantidad de fibras del nervio periférico, aumentando la amplitud de la señal registrada.

El cambio de la conducta del tercer potencial, que reduce su amplitud debido al aumento de frecuencia del estímulo, probablemente obedezca a la incapacidad de parte de las neuronas post sinápticas para recuperar su excitabilidad^{16,17,21}. En cuanto a los cambios observados en este tercer potencial al aumentar la intensidad del estímulo, ellos podrían ser adjudicables al reclutamiento de mayor cantidad de neuronas post sinápticas que resulta del mayor número de axones activados.

Nuestro registro del componente interneuronal a nivel lumbar, coincide, en general, con la descripción realizada por otros autores^{4,10,16,22}. Debido a la anatomía de los sitios en los que se registra el potencial interneuronal, que se halla en situación más craneal respecto a las raíces de arribo a la médula, los potenciales originados en el ganglio espinal y la raíz dorsal quedan incorporados en él y no pueden individualizarse, aunque en algunos animales se insinúan en la base de la rampa ascendente del pico negativo.

El pico negativo en punta de mayor amplitud del componente interneuronal coincide con el pico negativo del tercer potencial del componente de raíz lumbosacra. Pensamos, al igual que otros autores^{16,17,22}, que el generador neural de ambos potenciales está constituido por la actividad sináptica que tiene lugar cuando los impulsos vehiculizados por las raíces

ingresan a la médula y hacen su primer contacto con las neuronas ubicadas en el área de recepción del cuerno dorsal. Pero además, muy posiblemente también contribuyan a él corrientes originadas por la conducción del estímulo a lo largo de los fascículos grácil y cuneiforme.

El registro del componente interneuronal en cada espacio intervertebral de la región lumbar (T13 a L6) permite la exploración segmentaria de la capacidad de conducción somatosensitiva medular^{9,19}.

Las características del registro craneano obtenido a partir de la estimulación del nervio tibial coincide con las publicadas por otros autores^{1,4,6,8,16-18}. A partir de las diferencias de latencias entre los registros craneanos y espinales pudo determinarse el TCC.

El potencial craneano revela la llegada cortical del estímulo generado a través de las vías ascendentes y los núcleos involucrados. El TCC indica el tiempo que utiliza el estímulo en recorrer la distancia existente entre el sitio de entrada a la sustancia gris de la médula espinal y su llegada a la corteza somatosensitiva. Para su cálculo debe considerarse la diferencia entre las latencias de los potenciales craneano y espinal. En el caso del registro espinal del miembro pelviano, para calcular el TCC utilizamos indistintamente el componente interneuronal o su equivalente del componente de raíz lumbosacra (el tercer potencial negativo -N3-), ya que este último representa el arribo del estímulo a las neuronas medulares de la intumescencia lumbosacra.

A partir del estudio del TCC, los PESS pueden ser utilizados en la investigación de patologías neurológicas centrales, además de neuropatías periféricas, radiculopatías y otras enfermedades, complementando su información con la que brindan otras técnicas electrofisiológicas.

CONCLUSIONES

Los PESS del miembro pelviano constituyen un método de exploración neurofisiológica, sencillo y escasamente invasivo, que permite la exploración del estado funcional de la vía somestésica, desde el nervio periférico y hasta la corteza cerebral.

La determinación de la VC del nervio tibial, a partir de los PESS, aporta datos objetivos acerca de la integridad del nervio en un trayecto anatómico inaccesible para otras técnicas electrodiagnósticas. El TCC brinda información acerca de la funcionalidad de las estructuras nerviosas situadas entre las raíces del nervio y la corteza cerebral.

Este tipo de estudios complementa los hallazgos de la electromiografía, la velocidad de conducción nerviosa motora y la electroencefalografía, y contribuye a la diferenciación objetiva de alteraciones que comprometen a la corteza cerebral, a los segmentos medulares correspondientes a la intumescencia medular lumbosacra, a las raíces espinales y a las fibras del nervio tibial.

AGRADECIMIENTOS

Al Méd. Vet. Carlos Blanco.

Al Méd. Vet. Claudio Pacheco y a las señoritas Georgina Brandi y Daniela Paula Schenck, del Departamento de Caniles de la Facultad de Ciencias Veterinarias (UBA).

A los Médicos Veterinarios Pablo Otero, Lisa Tarragona y Patricio Kirkby, de la Cátedra de Farmacología de la Facultad de Ciencias Veterinarias (UBA).

Sin su colaboración este trabajo no hubiera podido realizarse.

BIBLIOGRAFIA

1. BRIGHT, R.M.; BREAZILE, J.E.; BOJRAB, M.J. 1977. Prognostic application of cortical evoked responses in dogs with spinal cord injury. *J Vet Surg* 6:55-9
2. DELAMÓNICA, E.A. Potenciales evocados somatosensitivos. En DELAMÓNICA, E.A. "Electroencefalografía". 2da. edición. El Ateneo, Buenos Aires, Argentina, 1987, pág. 581-598
3. DYCE, K.M.; SACK, W.O.; WENSING, C.J.G.; MOLENAAR, G.J. (ed) El sistema nervioso. En DYCE, K.M.; SACK, W.O.; WENSING, C.J.G. (ed) "Anatomía Veterinaria". 2da. edición, McGraw-Hill Interamericana, México, 1999, pág. 281-287
4. HOLLIDAY, T.A.; WELDON, N.E.; EALAND, B.J. 1979. Percutaneous recording of evoked spinal cord potentials of dogs. *Am J Vet Res* 40:326-333
5. HOLLIDAY, T.A. 1992. Electrodiagnostic examination: Somatosensory Evoked Potentials and Electromyography. *Vet Clin North Am* 22:833-57
6. KORNEGAY, J.N.; MARSHALL, A.E.; PURINTON, P.T.; et al. 1981. Somatosensory-evoked potentials in clinically normal dogs. *Am J Vet Res* 42:70-3
7. MILLER, M.E.; CHRISTENSEN, G.C.; EVANS, H.E. (ed) En MILLER, M.E.; CHRISTENSEN, G.C.; EVANS, H.E. *Anatomy of the dog*. WB Saunders, Philadelphia, 1964, pág. 614-618.
8. OLIVER, J.E.; PURINTON, P.T.; BROWN, J. 1990. Somatosensory evoked potentials from stimulation of thoracic limb nerves of the dog. *Prog Vet Neurol* 1: 433-443
9. PELLEGRINO, F. 2002. Registro Espinal de Potenciales Evocados Somatosensitivos (PESS). *Selecciones Veterinarias* 10(4):316-323
10. PELLEGRINO, F. Organización funcional del sistema nervioso. En PELLEGRINO, F.; SURANITI, A.; GARIBALDI, L. (ed) "El Libro de Neurología para la práctica clínica". Intermédica. Buenos Aires, Argentina, 2003, pág. 1-32
11. PELLEGRINO, F.; VIDAL FIGUEREDO, R.; SICA, R.E.P. 2003. Evaluación de la velocidad de conducción del nervio tibial y sus raíces a partir del registro espinal de potenciales evocados somatosensitivos. *Selecciones Veterinarias* 11(3):206-210
12. PELLEGRINO, F.; SICA, R.E.P. 2004. Canine electroencephalographic recording technique: findings in normal and epileptic dogs. *Clinical Neurophysiology* 115(2):477-487
13. PINTO, L.C. Os potenciais evocados somatossensoriais. En PINTO, LC. (ed) "Eletroneuromiografia clínica", Atheneu. Sao Paulo, Brasil. 1996, pág. 265-288
14. PONCELET, L.; MICHAUX, C.H.; BALLIGAND, M. 1993. Influence of body size on tibial nerve somatosensory evoked potentials in dogs. *Am J Vet Res* 54:178-182
15. PONCELET, L.; MICHAUX, C.H.; BALLIGAND, M. 1993. Somatosensory potentials in dogs suffering naturally acquired thoracolumbar spinal cord disease. *Am J Vet Res* 54:1935-40
16. PONCELET L. 2000. Electrophysiological assesment of spinal cord function through somatosensory evoked potential in dogs. *Veterinary Neurology and Neurosurgery*, <http://www.neurovet.org>. Consultado en marzo, 2004.
17. PONCELET, L. Estudio de potenciales evocados en clínica neurológica de pequeños animales. En PELLEGRINO, F.; SURANITI, A.; GARIBALDI, L. (ed) "El Libro de Neurología para la práctica clínica". Intermédica. Buenos Aires, Argentina, 2003, pág. 557-570
18. PURINTON, P.T.; OLIVER, J.E.; KORNEGAY, J.N.; et al. 1983. Cortical averaged potentials produced by pudendal nerve stimulation in dogs. *Am J Vet Res* 44:446-8
19. SHORES, A.; REDDING, R.W.; KNECHT, C.D. 1987. Spinal-evoked potentials in dogs with acute compressive thoracolumbar spinal cord disease. *Am J Vet Res* 48:1525-1530
20. WALKER, T.L.; REDDING, L.W.; BRAUN,

- K.G. 1979. Motor nerve conduction velocity and latency in the dog. *Am J Vet Res* 40:1433-1439
21. WHEELER, D.W.; KULLMAN, P.H.M.; HORN, J.P. Estimating use-dependent synaptic gain in autonomic ganglia by computational simulation and dynamic-clamp analysis. 2004. In press. *J Neurophysiol* (June 22, 2004) 10.1152/Jn.00470.2004
22. YATES, B.J.; THOMPSON, F.J.; MICKLE, J.P. 1982. Origin and properties of spinal cord field potentials. *Neurosurg* 11:439-450