Valoración neurofisiológica por medio de potenciales evocados auditivos de tallo cerebral (PEATC) y potenciales evocados visuales (PEV) en *Iguana iguana*, en condiciones de cautiverio en México

Salvador A. Solís-Chávez[1], Alfredo Durand-Rivera[2], Braulio Hernández-Godínez[3], Alejandra Ibáñez-Contreras[3], Azucena Herróz-Zamorano[1]
[1]Universidad Simón Bolívar
[2]Laboratorio de Neuroprotección - Instituto Nacional de Rehabilitación
[3]Camina A.C. Proyecto para curar la parálisis

Resumen

El objetivo de este trabajo fue estandarizar la técnica y observar la morfología de las ondas obtenidas a través de los potenciales evocados visuales (PEV) y potenciales evocados auditivos de tallo cerebral (PEATC) en Iguana iguana. Se observaron las ondas N1, P1, N2, P2 y N3 en los PEV y se observaron las ondas V en diferentes intensidades utilizadas en los PEATC. En estos últimos, la aparición de las ondas se alarga conforme disminuye la intensidad. Gracias a las ondas obtenidas en ambos estudios, se puede inferir que ambas vías se encuentran bien desarrolladas sin importar la edad del organismo.

Palabras clave: *Iguana iguana, potenciales evocados visuales, potenciales evocados auditivos de tallo cerebral, neurofisiología.*

Abstract

The objective of this work was to standardize the technique and to observe the morphology of the waves by means of visual evoked potentials (VEP) and brainstem auditory evoked potentials (BAEPs) in Iguana iguana. The waves N1, P1, N2, P2 y N3 were observed in VEP. The V waves were observed in a different intensity of BAEP and the waves appeared to grow larger when the intensity decreased. With both studies, we infer that both ways are well developed no matter the age of the organism.

Keywords: *Iguana iguana, visual evoked potentials, brainstem auditory evoked potentials, neurophysiology.*

Introducción

Numerosos estudios sobre la evolución en los sistemas de señalización animal, han revelado diferentes grados de especialización del sistema nervioso, tanto central como periférico, captando y reproduciendo señales que pueden ser representadas en varias modalidades visuales, auditivas, olfatorias y somato-sensitivas, que dan como resultado conductas de sobrevivencia, reproducción y alimentación, entre otras, diseñadas frecuentemente para transmitir información importante en un contexto socioecológico (Gil da Costa, Braun, López y de Hauser, 2004). Los receptores sensoriales (ojos, oídos, etc.) codifican la energía de los estímulos ambientales y la transforman en impulsos nerviosos que son transmitidos hasta el sistema nervioso central (SNC) a través de fibras aferentes (Kardong, 1999).

Los reptiles constituyen uno de los grupos de mayor interés debido a sus ancestrales relaciones evolutivas con las aves y los mamíferos, ya que reflejan el plan general del cerebro de los amniotas; sus patrones conductuales son regularmente complejos, sin embargo son esencialmente estereotipados (Bautista, Morales y Poblano, 1995).

A pesar de tener una estructura del cerebro y cerebelo más compleja que los anfibios o los peces, se trata de un órgano muy pequeño que no supera el 1% de la masa total (Mader, 2006). Aunque el encéfalo es pequeño, el cerebro ha aumentado de tamaño con relación al resto del encéfalo y algunos de ellos tienen la primer corteza verdadera (neopalio). Las conexiones del sistema nervioso central están mucho más evolucionadas que en los demás organismos anteriores en la línea filogenética y permiten dos sentidos más que no existen en los anfibios (Hickman, Roberts y Larson, 2002), además son el primer grupo de vertebrados que presenta doce pares de nervios craneales (Mader, 2006).

Estudios relacionados con las vías nerviosas-sensitivas en animales se han empleado con diferentes enfoques; en los más recientes se han utilizado a los potenciales evocados (PE) como una medida de la agudeza auditiva y visual en diferentes especies (Church y Shucard, 1986). Se han observado diferencias en el desarrollo y maduración de la audición y de la visión en su seguimiento desde etapas neonatales hasta juveniles (Angard, 2003). Por otro lado se ha detectado que en la medida en que los organismos se hacen viejos, hay una disminución progresiva de la audición al igual que de la visión (Church y Shucard, 1986). Sin embargo, es bien sabido que algunos reptiles presentan un crecimiento indefinido, lo que significa una constante renovación celular y por tanto, una regeneración facilitada de los tejidos (Zug, Vitt y Caldwell, 2001).

Los reptiles no presentan cuidados paternos y la mayoría de ellos no llegan a la edad reproductiva porque son potenciales presas desde su nacimiento. La depredación es la causa de mayor mortandad en las poblaciones silvestres, sin embargo a lo largo de la historia evolutiva de estos organismos se han desarrollado varios aspectos morfológicos, fisiológicos y ecológicos para reducirla. Para detectar a sus depredadores, los reptiles se basan en los órganos de los sentidos, los cuales están desarrollados unos más que otros dependiendo de los mecanismos de defensa o ataque que poseen. (Zug et.al., 2001).

Los potenciales evocados son una herramienta neurofisiológica que permite hacer estudios objetivos del funcionamiento de vías neurosensoriales específicas (auditivas, visuales y somato-sensoriales) desde el receptor sensorial hasta la corteza cerebral (Jewett, 1970; Starr, 1978).

Objetivo

El objetivo de este trabajo fue realizar potenciales evocados visuales (PEV) y potenciales evocados auditivos de tallo cerebral (PEATC) en *Iguana iguana* de 0 a 6 años en condiciones de cautiverio, para conocer la morfología de las ondas obtenidas de cada potencial.

Método

Se usaron seis ejemplares de la especie *Iguana iguana* de diferentes edades de 0 a 6 años, uno de cada año, los cuales únicamente fueron inmovilizados por medio de contención física. Para lograr el buen posicionamiento de los electrodos usados en los PEV y PEATC, se realizaron tomografías de encéfalo utilizando un equipo de tomografía tridimensional computarizada de marca SIEMMENS, modelo Somaton Sensation Simens 3D y para la realización de las pruebas neurofisiológicas se utilizó un equipo multifuncional para potenciales evocados Akonic Bio PC. La actividad eléctrica cerebral en los PEV y PEATC, fue recogida por medio de electrodos de aguja, colocados en las derivaciones del parietal (Cz^{+}), en el supraoccipital (Oz^{-}) y tierra en el exoccipital (Fpz).

La realización de los PEV se llevó a cabo mediante la estimulación de un ojo a la vez, con una luz estroboscópica a una distancia de 10 cm, con una duración de 1.5 ms. Los filtros pasabanda se colocaron entre 300 y 1.50 Hz y la impedancia de los electrodos fue >5 kohms. El tiempo de análisis de los PEV fue de 20 milisegundos, con 50 estímulos. La respuesta eléctrica se replicó por lo menos una vez para asegurar la reproductibilidad de los eventos.

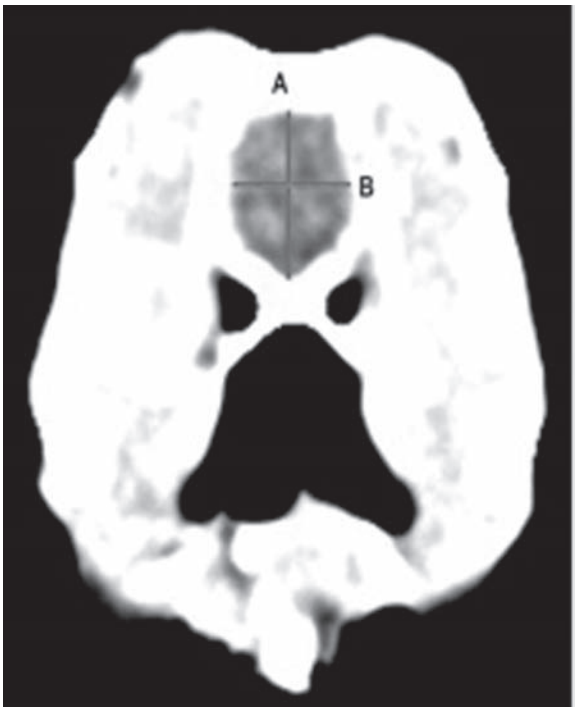
La realización de los PEATC se efectuó mediante la estimulación de los oídos con *clicks* o chasquidos de rarefacción (polaridad negativa) a 100, 70, 50 y 30 db con una duración de 1.5 ms. Estos *clicks* fueron producidos con unos audífonos telefónicos a una distancia de 10 cm. Los filtros pasabanda se colocaron entre 3000 y 100 Hz y la impedancia de los electrodos fue de >5 kohms. El tiempo de análisis de los PEATC fue de 10 milisegundos, promediando 210 estímulos. Se observaron las ondas V. La respuesta eléctrica se replicó por lo menos una vez para asegurar la reproductibilidad de los eventos.

Resultados

Mediante las tomografías se logró determinar el posicionamiento de los electrodos colocados en las derivaciones del parietal (Cz^+), en el supraoccipital (Oz^-) y tierra en el exoccipital (Fpz). Se obtuvieron imágenes computarizadas de un ejemplar de cada grupo de edad, pudiendo observar las estructuras específicas del cráneo (ver figura 1), pudiendo realizar las mediciones necesarias de encéfalo (ver figura. 2).

Figura 1. Ubicación de electrodos colocados en las derivaciones del parietal (Cz^+), en el supraoccipital (Oz^-) y tierra en el exoccipital (Fpz).

Figura 2. Encéfalo en iguana de seis años de edad, **A)** 13.0mm. **B)** 9.7mm.



Al respecto de los potenciales, en la realización de los PEV de ambos ojos se obtuvieron las ondas N1, P1, N2, P2, y en algunos casos se encontró legible hasta la onda N3 (ver figura 3). En los PEATC de ambos oídos, se observó la V onda en las diferentes intensidades utilizadas (100, 70, 50 y 30 db), encontrando un retraso en la aparición de la onda observada conforme disminuyó la intensidad (ver figura 4).

Figura 3. Se muestra la estandarización de un PEV en *Iguana iguana. Se observan las ondas N1, P1, N2, P2 y N3, en los dos trazos superiores (ojo derecho) y en el caso de los trazos inferiores (ojo izquierdo).*

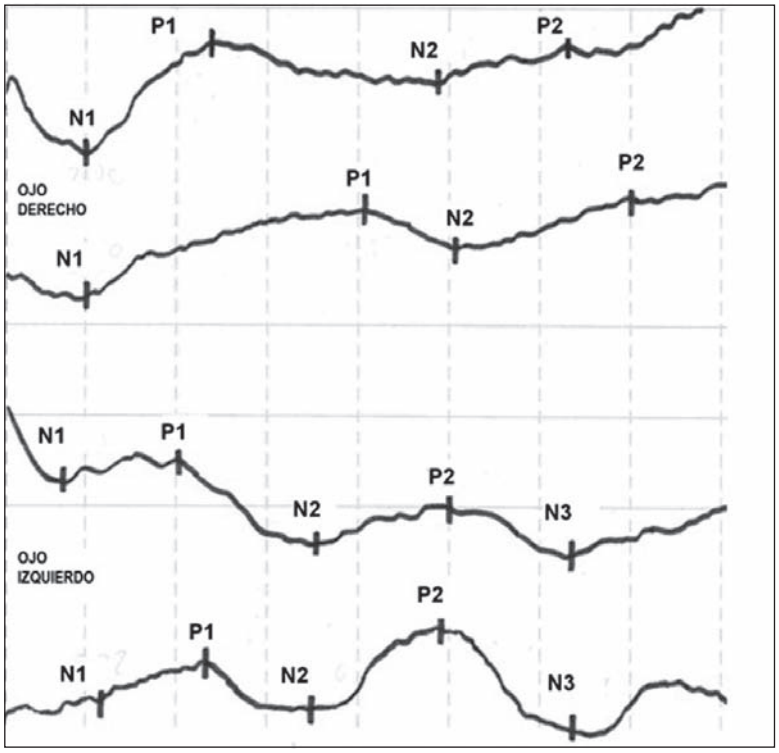
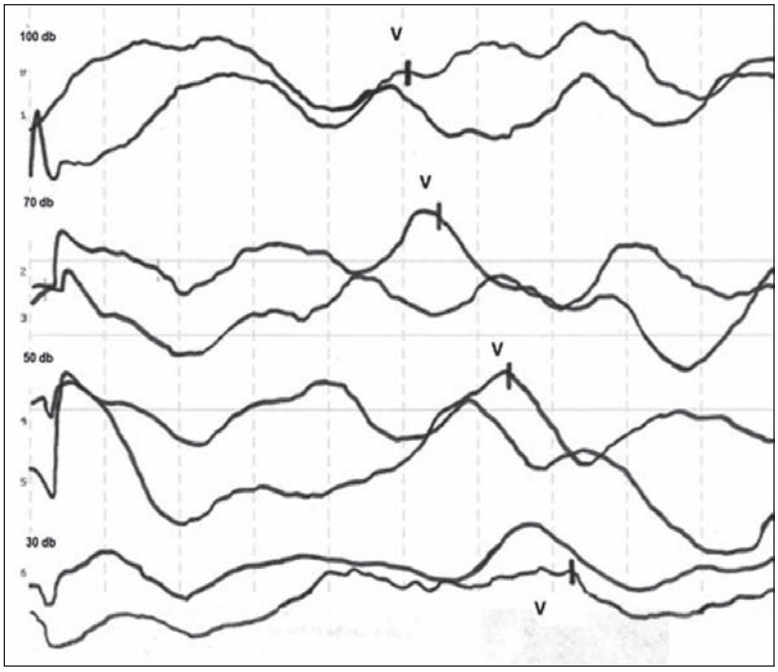


Figura 4. Se muestra la estandarización de un PEATC en *Iguana iguana*. Se observa la V onda en diferentes intensidades utilizadas, 100, 70, 50 y 30 db.



Discusión

Pudimos observar ondas muy similares entre los PEV de ojo izquierdo y de ojo derecho. Se observaron las ondas N1, P1, N2, P2 y N3, las cuales se han encontrado también en mamíferos pero con una morfología distinta, principalmente N1 que corresponde al cuerpo geniculado lateral; P1 que corresponde a la corteza primaria visual y N2 correspondiente a las áreas visuales de asociación (temporal y frontal). Gracias a esto podemos apreciar que la vía visual de los reptiles es bastante desarrollada.

Respecto a los PEATC, observamos que a menores intensidades sonoras, el receptor provoca un retraso en la aparición de la onda, mientras que con sonidos con una intensidad mayor, la cóclea (receptor) envía de manera más rápida el estímulo, produciendo respuestas inmediatas y necesarias en su medio ambiente. Se encontraron las ondas V que corresponden al colículo inferior o tubérculo cudrigémino posterior en mamíferos y éste es una estación de enlace importante de las vías auditivas centrales, lo que significa que la vía auditiva también está bastante desarrollada.

Ambas vías, junto con la vía somato-sensitiva, se reciben en el mismo núcleo receptor que es el ventrículo dorsal anterior; en los mamíferos está asociado a los reflejos estereotipados, por lo tanto, sabemos que estos animales reciben los estímulos y de inmediato responden de manera estereotipada, lo que les permite la sobrevivencia en su medio natural.

Tanto en PEV como en PEATC se observaron valores similares en todas las iguanas, esto sugiere que no existe un desarrollo a lo largo de su vida que provoque diferencias en dichos valores; la vía es madura una vez nacido el organismo, en contraste con las afirmaciones de Angard (2003), quien menciona que existe un desarrollo en todos los organismos. Por otra parte, en los ejemplares adultos tampoco se encontró un deterioro de la vía, lo que puede estar basado en la constante regeneración neuronal a la que están expuestos los reptiles (Zug et.al., 2001). Estas características probablemente se deban a que estos animales son presa fácil de sus depredadores y una vez ocurrido el nacimiento deben estar listos para huir, tampoco requieren de un tiempo de maduración como es el caso de la mayoría de los mamíferos que presentan un cuidado materno y sus ejemplares adultos están expuestos a una constante neurogénesis.

Conclusión

Las ondas observadas en los PEV fueron de la onda N1, P1, N2, P2 y N3; de éstas, las tres primeras corresponden a importantes estructuras de la vía.

Por otra parte, en los PEATC se observa una clara tendencia de aumento en las latencias conforme disminuye la intensidad y la observación de la onda V, que es un núcleo receptor importante para la vía.

Los organismos de la especie *Iguana iguana* presentan vías visuales y auditivas maduras desde que nacen, aunado a que presentan respuestas rápidas y son bastante sensibles a los estímulos visuales y auditivos, lo que las hace más eficaces y les proporciona herramientas necesarias para huir de sus depredadores desde temprana edad.

Referencias

Angard L. (2003). An electrophysiological study on development of choclear functions in the rabbit. *Acta Otolaryngol.* Suppl. 1-64.

Bautista R.M., Morales J.J. y Poblano A. (1995). *The hearing organ of Lizard -Sceloporus torquatus. An anatomical and physiological study. An. ORL*. Mex. 40, 117-121.

Church M.W., y Shucard D.W. (1986). Age-related hearing loss in BDF mice as evidenced by brainstem auditory evoked potential. *Audiology* 25, 363-372.

Gil da Costa, Braun A., López M., de Hauser M. (2004). *Toward and evolutionary perspective on conceptual representation: Species –specific calls activate visual and affective processing system in the macaque. PNAS* 101 50, 17516-17521.

Hickman, C., Roberts, L. y Larson, A. (2002). *Principios de zoología integral*. Madrid: McGraw Hill-Interamericana, 565.

Jewett, D.L. (1970). V*olumen conducted potentials in response to auditory stimuly as detected by averaging in cat. Electroencephalography and clinical neurophysiology.* 28, 609-618.

Kardong K. V. (1999). *Vertebrados. Anatomía comparada, Función, Evolución*. España: McGraw Hill- Interamericana. 624-663.

Mader Douglas R. (2006). *Reptile medicine and surgery*. Canada: Saunders. Segunda Edición. 65-66.

Starr, A. (1978). *Sensory evoked potentials in clinical disorders of the nervous system. Ann Rev. Neurosci*. 41:595-608.

Zug G.R., Vitt L.J. y Caldwell J.P. (2001). *Herpetology, An Introductory Biology of Amphibians and Reptiles*. Unites States of America: Academic Press. 60-65.