

Efectos de la estimulación monoaural y binaural sobre la respuesta evocada auditiva de latencia media

M.M. Báez-Martín, I. Cabrera-Abreu

THE EFFECTS OF MONOAUURAL AND BINAURAL STIMULATION ON MIDDLE LATENCY AUDITORY EVOKED RESPONSES

Summary. Introduction. Middle latency evoked potentials include a series of evoked responses which encompass/include myogenic potentials (which translate the existence of somomotor reflexes), and others which are clearly of neurogenic origin. The latter are the most useful from the clinical point of view. Objective. To evaluate the effects of monoaural (MA) and binaural (BA) stimulation on middle latency auditory evoked potentials. Patients and methods. We studied 15 healthy people, aged between 18 and 52 years, in whom Cz recording electrodes had been fitted to both short-circuited external ears with Fpz as earth. The stimuli used were alternate clicks of condensation and rarefaction of 90 dBHL, first BA and then MA. The auditory evoked response from the brain stem was also recorded. Results. We found more stability of most of the components evaluated during binaural stimulation. All subjects had Pa waves and 93% had Pb waves. Statistically significant differences were only found for the amplitude of Po and Pa (BA against RE) (Wilcoxon test, $p < 0.05$). Conclusion. The use of BA stimulation to obtain middle latency evoked potentials is more useful for study of the more rostral parts of the auditory path, since its components are more stable. [REV NEUROL 2000; 31: 17-20] [<http://www.revneurologia.com/3101/j010017.pdf>]

Key words. Auditory evoked potentials. Binaural stimulation. Middle latency response. Monoaural stimulation.

INTRODUCCIÓN

El término potenciales evocados auditivos de latencia media (PEALM) engloba una serie de respuestas eléctricas que aparecen entre los 10 y 70 ms después de la aplicación del estímulo sonoro; de ellas, unas son potenciales miogénicos que traducen la existencia de reflejos somomotores y otras tienen un origen claramente neurogénico [1]. Estas últimas resultan las de mayor utilidad desde el punto de vista clínico pues contribuyen a la determinación del umbral de audición para las bajas frecuencias y al diagnóstico de determinadas afecciones neurológicas tales como tumores de tallo encefálico, enfermedades cerebrovasculares, esclerosis múltiple, traumatismos craneoencefálicos y demencias [2,3]. Otro de los usos demostrados ha sido durante la monitorización de la profundidad de la anestesia [4] y como índice objetivo de la función de los implantes cocleares [5].

Las nomenclaturas utilizadas para describir los picos registrados en el potencial evocado auditivo de latencia media han sido diversas. Estas respuestas eléctricas están típicamente conformadas por una secuencia de ondas denominadas No, Po, Na, Pa, Nb y Pb (esta última también conocida como P1 o P50). Sobre su origen se han propuesto numerosos generadores subcorticales y corticales, que van desde los colículos inferiores hasta la corteza auditiva primaria del lóbulo temporal [6]. Por ejemplo, existen evidencias en humanos de que la onda Pa es afectada por lesiones del lóbulo temporal. Una lesión unilateral reduce la amplitud de Pa en el lado afectado y lesiones bilaterales

podrían desorganizar el PEALM. Sin embargo, también se ha comunicado que una pequeña onda Pa puede registrarse en el vértex de algunos pacientes con lesiones bilaterales del lóbulo temporal, lo cual propone la contribución de otras estructuras generadoras [7]. Éstas podrían ir desde las radiaciones tálamo-corticales hasta en el propio tálamo [8].

Utilizando análisis de fuentes de corrientes y registros intracraneales se han descrito generadores para la onda Pb a nivel del lóbulo temporal, con una localización más ampliamente distribuida, lateral y anterior al generador de Pa, posiblemente en la corteza auditiva de asociación [9]. Sin embargo, Buchwald et al [10, 11] han encontrado que, a diferencia de Pa, el componente Pb está deteriorado en pacientes con esquizofrenia, autismo y enfermedad de Alzheimer, resultado que interpretan como evidencia de un generador para Pb a nivel de la formación reticular.

La respuesta evocada auditiva de latencia media parece tener un desarrollo ontogénico relativamente largo y extenderse a lo largo de la primera década de la vida. Las características de cada componente cambian durante el desarrollo no sólo con respecto a la morfología de la onda, sino también con relación a la fiabilidad de la respuesta, dependiendo del estado de vigilia y de la frecuencia del estímulo. Estudios tanto en humanos como en animales indican que estos cambios complejos pueden ser el resultado de numerosos sistemas generadores que muestran diversos cursos temporales de desarrollo [7].

Resultados de la experimentación animal sugieren que las aferencias binaurales son procesadas inicialmente en el complejo olivar superior, donde las fibras aferentes de cada oído convergen por primera vez. Las células del lemnisco lateral y colículos inferiores son también sensibles a disparidades a la estimulación entre oídos [12].

En aras de instrumentar su empleo con fines diagnósticos en nuestro servicio y con la mayor racionalidad posible, nos propusimos comparar las respuestas obtenidas bajo diferentes condiciones de estimulación (monoaural frente a binaural).

Recibido: 15.01.00. Recibido en versión revisada: 28.02.00. Aceptado: 28.02.00.

Laboratorio de Neurofisiología Clínica. Centro Internacional de Restauración Neurológica, CIREN. Ciudad de la Habana, Cuba.

Correspondencia: Dra. Margarita Minou Báez Martín. Laboratorio de Neurofisiología Clínica. Centro Internacional de Restauración Neurológica, CIREN. Ave. 25, #15.805, e/158 y 160. Cubanacán, Playa. CP12100 Ciudad de la Habana, Cuba. Fax: (537) 332420, 336020, 336339. E-mail: cineuro@neuro.sld.cu minou@neubas.sld.cu

© 2000, REVISTA DE NEUROLOGÍA

Tabla I. Condiciones para el registro.

	PEALM	PEATC
Tiempo de análisis	100 ms	10 ms
N.º de promediaciones	500	2.000
Intensidad del estímulo	90 dBHL	105 dBHL
Frecuencia de estimulación	5 Hz	10 Hz
Sensibilidad	20 µV/div	5 µV/div
Filtros pasabanda	20-1.000 Hz	100-3.000 Hz

PEALM: potenciales evocados auditivos de latencia media; PEATC: potenciales evocados auditivos de tallo cerebral

Tabla II. Latencia absoluta de las ondas e intervalo Pa-Pb (ms). Estimulación binaural.

Latencia	N.º	Mínima	Máxima	Media	DE
No	14	11,6	16,8	13,81	1,49
Po	14	15,2	21,4	17,89	2,16
Na	15	18,4	25	21,41	2,06
Pa	15	26,2	34,4	30,15	2,09
Nb	15	37,2	47,8	42,78	2,83
Pb	14	49,9	59,8	53,99	3,26
Intervalo Pa-Pb	14	19,8	26	23,72	1,98

DE: desviación estándar.

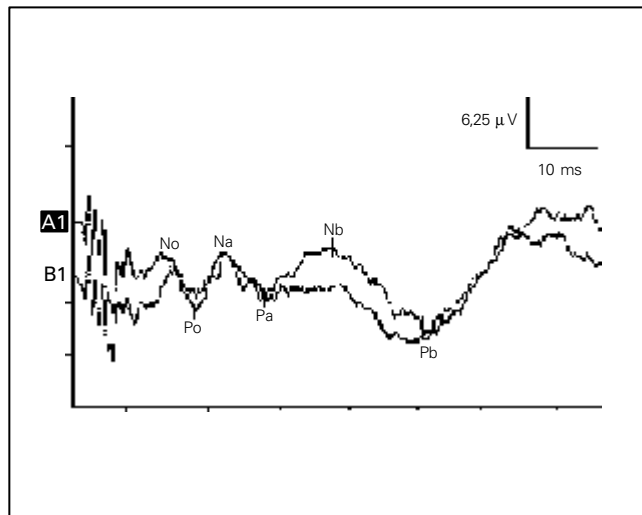
Tabla III. Latencia absoluta de las ondas e intervalo Pa-Pb (ms). Estimulación monoaural (OI/OD).

Latencia	N.º	Mínima	Máxima	Media	DE
No	8/8	12,2/11,6	15,4/16,4	14,16/14,5	1,35/1,64
Po	8/7	15/14,4	21,6/20,4	17,7/18	1,95/2,03
Na	9/7	17,2/20,6	25,3/24,8	22,4/22	2,29/1,44
Pa	11/10	28,8/28,8	33,8/33,8	31/30,9	1,48/1,40
Nb	8/6	38,4/38,4	48/47,8	42,7/43,3	3,43/3,15
Pb	6/4	50/49,8	62/57,6	55/54,45	4,35/3,61
Intervalo Pa-Pb	6/4	19,4/21	29,6/28	24,2/23,6	3,91/3,03

DE: desviación estándar.

PACIENTES Y MÉTODOS

Se estudiaron 15 sujetos sanos (sin antecedentes de afección neurológica), con edades comprendidas entre 18 y 52 años (ocho varones y siete mujeres), a los cuales se colocaron electrodos de registro en Cz, referidos a ambas orejas cortocircuitadas, y Fpz como tierra (según el Sistema Internacional 10-20 para colocación de electrodos). Los registros se obtuvieron con los sujetos acostados en estado vigíl y los ojos abiertos, mediante el empleo del sistema para medición de potenciales evocados Neuropack Four mini (Nihon Kohden). Los estímulos aplicados fueron clics alternos de condensación y rarefacción, primero con estimulación binaural (BA) y luego con estimulación monoaural (MA).

**Figura 1.** Registro del potencial evocado auditivo de latencia media durante la estimulación binaural.

Se registró además el potencial evocado auditivo de tallo cerebral (PEATC) con el objetivo de corroborar la integridad de la vía en el segmento anatómico que precede a los generadores de la respuesta de latencia media; se encontraron anomalías del intervalo I-III en un caso, que fue excluido de la muestra.

Las condiciones para el registro aparecen reflejadas en la tabla I. Como parámetros fundamentales que debían evaluarse se consideraron la latencia absoluta y amplitud entre picos de los componentes registrados, la presencia o ausencia de cada uno de ellos (detectabilidad) y la duración del intervalo Pa-Pb. Para el análisis estadístico se utilizó el test no paramétrico de Wilcoxon ($p < 0,05$).

RESULTADOS

En los registros con estimulación BA, logamos identificar a todos los componentes publicados en la literatura con adecuada replicabilidad (Fig. 1) y la estadística fundamental aparece resumida en las tablas II, III, IV y V.

Al compararlos con los registros obtenidos mediante estimulación MA, lo más llamativo en éstos resultó ser la inestabilidad de la mayor parte de las ondas, a diferencia de lo descrito por Sainz et al [1]. En el caso de las ondas Pa y Pb, sólo en el 65% de los sujetos experimentales se obtuvo la onda Pa al estimular el oído derecho y en el 73% para el oído izquierdo. De los 15 sujetos estudiados sólo cuatro (26%) tuvieron onda Pb claramente definida al estimular el oído derecho y seis (40%) al estimular el izquierdo. Dado que las diferencias interauriculares no resultaron estadísticamente significativas, reconsideramos el total de oídos estudiados para el análisis de detectabilidad. Como se aprecia en la figura 2, durante la estimulación MA la onda mejor detectada fue Pa con sólo un 70% de presentación, mientras que los componentes Na, Pa y Nb fueron bien definidos con la estimulación BA (100%) y los restantes aparecieron en más del 90% de los sujetos estudiados. Encontramos diferencias estadísticamente significativas sólo para la amplitud de Po y Pa (BA frente a OD) (test de Wilcoxon, $p < 0,05$). Resulta evidente que el empleo de la estimulación binaural produjo componentes morfológicamente mejor definidos, lo que permitió su detección con mayor certeza.

DISCUSIÓN

Se conoce que en modelos animales (curiel, gerbillo) la distribución en el cuero cabelludo de la respuesta de latencia media muestra una diferenciación topográfica de las contribuciones de numerosas fuentes que parecen subyacer en la generación de dicha respuesta: sobre la línea media y sobre el lóbulo tem-

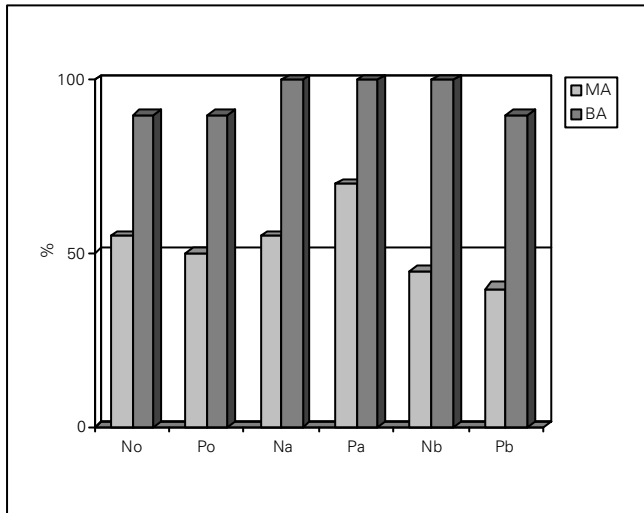


Figura 2. Porcentajes de detectabilidad de los componentes. MA: estimulación monoaural; BA: estimulación binaural.

poral, las cuales parecen ser diferentes en cuanto a su desarrollo y función. Esta diferenciación puede estar relacionada con el concepto de sistema primario y no primario dentro de la vía auditiva [13].

La vía primaria está caracterizada por neuronas que responden solamente a estímulos auditivos, muestran una buena sintonización de frecuencia, con una organización tonotópica y un alto grado de dependencia temporal de las características del estímulo. En tanto que en las vías no primarias las neuronas son sensibles a estímulos multimodales, muestran una amplia sintonización y son menos dependientes. Además, son más lábiles, lo cual, quizás, indica una mayor influencia de la formación reticular [13].

Mediante diversos estudios y ensayos farmacológicos ha podido inferirse que la respuesta temporal se asocia con la vía auditiva primaria, pero está significativamente modulada por las vías no primarias, mientras que la respuesta centromedial se relaciona principalmente con estas últimas [14].

Al registrar respuestas evocadas desde el tálamo, se encontró que la porción ventral del cuerpo geniculado medial se comporta como la respuesta evocada temporal: las respuestas BA son menores que la respuesta MA contralateral, en tanto que las respuestas evocadas desde la porción caudomedial de este núcleo talámico mostraron amplitud incrementada con la estimulación BA, lo mismo que la respuesta de latencia media obtenida en línea media [15]. Se sabe que el cuerpo geniculado medial ventral pertenece a las estructuras que conforman la vía auditiva primaria, mientras que el cuerpo geniculado medial caudomedial está involucrado con las vías no primarias, junto con la formación reticular [16,17].

Tanto en la respuesta de latencia media temporal como centromedial se ha demostrado la existencia de un fenómeno conocido como interacción binaural, ya que las amplitudes evocadas con estimulación bilateral son menores que lo predicho mediante la suma de las amplitudes derecha e izquierda. Pero la interacción binaural en línea media se define como 'aditiva' porque la amplitud de la respuesta evocada binauralmente es mayor que la amplitud monoaural, en tanto que en la respuesta de latencia media temporal se habla de interacción

Tabla IV. Amplitud de las ondas (µV). Estimulación binaural.

Amplitud	N.º	Mínima	Máxima	Media	DE
No	14	0,17	1,08	0,52	0,28
Po	14	0,21	1,97	0,69	0,48
Na	15	0,05	1,27	0,44	0,36
Pa	15	0,46	1,57	0,85	0,46
Nb	15	0,28	1,57	0,85	0,46
Pb	12	0,07	1,81	0,6	0,49

DE: desviación estándar.

Tabla V. Amplitud de las ondas (µV). Estimulación monoaural (OI/OD).

Amplitud	N.º	Mínima	Máxima	Media	DE
No	8/8	0,17/0,16	0,91/0,48	0,48/0,37	0,26/0,10
Po	7/8	0,16/0,11	1,45/1,49	0,60/0,45	0,51/0,44
Na	7/6	0,13/0,05	1,20/0,84	0,40/0,44	0,38/0,28
Pa	7/5	0,38/0,33	1,01/1,12	0,59/0,68	0,26/0,32
Nb	8/5	0,21/0,44	1,17/1,42	0,71/0,99	0,34/0,41
Pb	6/4	0,23/0,15	1,25/1,21	0,77/0,67	0,39/0,43

DE: desviación estándar.

binaural 'inhibitoria' dada la menor amplitud de la respuesta BA al compararla con la MA [18].

Los estudios en los modelos animales antes mencionados han demostrado esta interesante diferenciación entre las respuestas temporal y centromedial: disminución de amplitud en la respuesta temporal con estimulación a clics BA, que indican efectos sustanciales de este tipo de interacción; mientras que las respuestas de línea media se incrementan con estimulación BA al compararlas con la respuesta por estimulación MA [18,19]. Al parecer, la estimulación BA mejora la sincronía neuronal de las unidades del cuerpo geniculado medial caudomedial conduciendo a la característica interacción binaural aditiva de la respuesta de latencia media en línea media.

La mayoría de los estudios que investigan la respuesta de latencia media a nivel de vértex en humanos han demostrado mayor amplitud de Pa durante la estimulación binaural que en cada oído por separado [20-23], lo cual resulta de algún modo congruente con nuestros hallazgos.

Basándonos en estas evidencias experimentales y en otros datos referidos en el humano [8], asumimos que la respuesta de latencia media registrada en nuestros sujetos experimentales a nivel de Cz resulta equivalente a la respuesta centromedial y que, por lo tanto, está vinculada a las estructuras de las vías auditivas no primarias (donde es menor la interacción biauricular), razón por la cual su amplitud resulta mayor y su morfología mejor definida durante la estimulación BA.

El empleo de la estimulación biauricular para la obtención del potencial evocado auditivo de latencia media resultó de mayor utilidad para el estudio de las porciones más rostrales de la vía auditiva en los sujetos estudiados, dada la mejor detectabilidad de sus componentes.

BIBLIOGRAFÍA

- Sainz M, Sánchez M, Padilla JF. Potenciales de latencia media: descripción y patrones. En Barajas JJ, Mencheta EM, Sainz M, eds. Potenciales evocados auditivos. Madrid: Garsi; 1983. p. 187.
- Sainz M, Sánchez Garzón M. Aplicaciones clínicas de los potenciales evocados auditivos de latencia media. An Otorrinolaringol Ibero Am 1986; 1: 127.
- Green JB, Flagg L, Freed DM, Schwankhaus JD. The middle latency auditory evoked potential may be abnormal in dementia. Neurology 1992; 42: 1034-6.
- Schneider G, Sebel PS. Monitoring depth of anaesthesia. Eur J Anaesthesiol Suppl 1997; 15: 21-8.
- Gardi JN. Human brainstem and middle latency responses to electrical stimulation: a preliminary observation. In Schindler R, Merzenich M, eds. Cochlear implants. New York: Raven Press; 1985. p. 351-63.
- Herr DW, Boyes WK. Electrophysiological analysis of complex brain systems: sensory-evoked potentials and their generators. Neurotoxicology: approaches and methods. New York: Academic Press; 1995. p. 212.
- Kraus N, McGee T. Clinical applications of the middle latency response. J Am Acad Audiol 1990; 1: 130-3.
- McGee T, Kraus N. Auditory development reflected by middle latency response. Ear Hear 1996; 17: 419-29.
- Liégeois-Chauvel C, Musolino A, Badier JM, Marquis P, Chauvel P. Evoked potentials recorded from the auditory cortex in man: evaluation and topography of the middle latency components. Electroencephalogr Clin Neurophysiol 1994; 92: 204-14.
- Buchwald JS, Erwin RJ, Read S, van Lancker D, Cummings JL. Mid-latency auditory evoked responses: differential abnormality of P1 in Alzheimer's disease. Electroencephalogr Clin Neurophysiol 1989; 74: 378-84.
- Buchwald JS, Erwin RJ, van Lancker D, Guthrie D, Schwafel J, Tanguay P. Midlatency auditory evoked responses: P1 abnormalities in adult autistic subjects. Electroencephalogr Clin Neurophysiol 1992; 84: 164-71.
- Pratt H, Polyakov A, Aharonson V, Korczyn D, Tadmor R, Fullerton B, et al. Effects of localized pontine lesions on auditory brainstem evoked potentials and binaural processing in humans. Electroencephalogr Clin Neurophysiol 1998; 108: 511-20.
- Brugge J. An overview of central auditory processing. In Popper A, Fay R, eds. The mammalian auditory system: neurophysiology. New York: Springer-Verlag; 1992. p. 1-33.
- Kraus N, McGee T. The middle latency response generating system. In Karmos G, Molnár M, Csépe V, Czigler I, Desmedt J, eds. Perspectives of event-related potentials research (EEG Suppl 44). Amsterdam: Elsevier Science; 1995. p. 93-101.
- Littman T, Kraus N, McGee T, Nicol T. Binaural response patterns in subdivisions of the medial geniculate body. Brain Res 1994; 640: 286-95.
- Redies H, Sieben U, Creutzfeldt OD. Functional subdivisions in the auditory cortex of the Guinea pig. J Comp Neurol 1989; 282: 473-88.
- Clarey J, Barone P, Imig T. Physiology of thalamus and cortex. In Popper A, Fay R, eds. The mammalian auditory system: neurophysiology. New York: Springer-Verlag; 1992. p. 232-334.
- Littman T, Kraus N, McGee T, Nicol T. Binaural stimulation reveals functional differences between midline and temporal components of the MLR in the Guinea pig. Electroencephalogr Clin Neurophysiol 1992; 84: 362-72.
- Littman T. Effects of binaural stimulation on human middle latency response components. Audiology Today 1992; 4: 46.
- Woods DL, Clayworth CC. Click spatial position influence middle latency auditory evoked potentials (MAEPs) in humans. Electroencephalogr Clin Neurophysiol 1985; 60: 122-9.
- Erwin R, Buchwald JS. Midlatency auditory evoked responses: differential effects of sleep in the human. Electroencephalogr Clin Neurophysiol 1986; 65: 383-92.
- McPherson DL, Tures C, Starr A. Binaural interaction of the auditory brain-stem potentials and middle latency auditory evoked potentials in infants and adults. Electroencephalogr Clin Neurophysiol 1989; 74: 124-30.
- Cacace AT, Satya-Murti S, Wolpaw JR. Human middle latency auditory evoked potentials: vertex and temporal components. Electroencephalogr Clin Neurophysiol 1990; 77: 6-18.

EFFECTOS DE LA ESTIMULACIÓN MONOAURAL Y BINAURAL SOBRE LA RESPUESTA EVOCADA AUDITIVA DE LATENCIA MEDIA

Resumen. Introducción. *Los potenciales evocados auditivos de latencia media engloban una serie de respuestas evocadas que abarcan potenciales miogénicos (que traducen la existencia de reflejos sonomotores), y otras que tienen un origen claramente neurogénico. Estas últimas resultan las de mayor utilidad desde el punto de vista clínico.* Objetivo. *Evaluar los efectos de la estimulación monoaural (MA) y binaural (BA) sobre el potencial evocado auditivo de latencia media.* Pacientes y métodos. *Estudiamos 15 sujetos sanos, con edades comprendidas entre 18 y 52 años, a los cuales se colocaron electrodos de registro en Cz, referidos a ambas orejas cortocircuitadas y Fpz como tierra. Los estímulos aplicados fueron clics alternos de condensación y rarefacción de 90 dBHL, primero BA y luego MA. Se registró además la respuesta evocada auditiva de tallo cerebral.* Resultados. *Constatamos una mejor estabilidad de la mayor parte de los componentes evaluados durante la estimulación binauricular. El 100% de los sujetos presentaron onda Pa y el 93% onda Pb, y detectamos diferencias estadísticamente significativas sólo para la amplitud de Po y Pa (BA frente a OD) (test de Wilcoxon, $p < 0,05$).* Conclusión. *El empleo de la estimulación BA para la obtención del potencial evocado auditivo de latencia media resultó de mayor utilidad para el estudio de las porciones más rostrales de la vía auditiva, dada la mayor estabilidad de sus componentes.* [REV NEUROL 2000; 31: 17-20] [<http://www.revneurolog.com/3101/j010017.pdf>]

Palabras clave. Estimulación binaural. Estimulación monoaural. Potenciales evocados auditivos. Respuesta de latencia media.

EFEITOS DA ESTIMULAÇÃO MONOAURAL E BINAURAL SOBRE A RESPOSTA EVOCADA AUDITIVA DE MÉDIA LATÊNCIA

Resumo. Introdução. *Os potenciais evocados auditivos de média latência englobam uma série de respostas evocadas que incluem potenciais miogénicos, que traduzem a existência de reflexos sonomotores, e outras que têm uma origem claramente neurogénica. Estas últimas, são as de maior utilidade sob o ponto de vista clínico.* Objectivo. *Avaliar os efeitos da estimulação monoaural (MA) e binaural (BA) sobre o potencial evocado auditivo de média latência.* Doentes e métodos. *Estudámos 15 indivíduos saudáveis, com idades compreendidas entre os 18 e 52 anos, aos quais se aplicaram electrodos de registo em Cz, referidos a ambas as orelhas, em curto-circuito e Fpz ligado à terra. Os estímulos aplicados foram estalidos alternados de condensação e rarefação de 90 dBHL, primeiro fez-se a estimulação BA e depois MA. Registou-se a resposta evocada auditiva de corte cerebral.* Resultados. *Constatámos uma melhor estabilidade da maioria dos componentes avaliados durante a estimulação binauricular. 100% dos indivíduos apresentaram onda Pa e 93% onda Pb, foram detectadas diferenças estatisticamente significativas apenas para a amplitude de Po e Pa (BA versus OD) (teste de Wilcoxon, $p < 0,05$).* Conclusão. *A utilização de uma estimulação BA para a obtenção do potencial evocado auditivo de média latência foi de maior utilidade para o estudo das porções mais faciais da via auditiva, dada a maior estabilidade dos seus componentes.* [REV NEUROL 2000; 31: 17-20] [<http://www.revneurolog.com/3101/j010017.pdf>]

Palavras chave. Estimulação monoaural. Estimulação binaural. Potenciais evocados auditivos. Resposta de média latência.