

## Relaciones entre los potenciales evocados cognitivos auditivos y el Test de Matrices Progresivas de Raven

Miguel De Bortoli<sup>1</sup>, Patricia Barrios y Rosana Azpiroz (*Universidad  
Nacional de San Luis, Argentina*)

(Recibido 20 junio 2001 / Received 20 June 2001)

(Aceptado 12 noviembre 2001 / Accepted 12 November 2001)

**RESUMEN.** En una muestra de 30 sujetos (12 varones y 18 mujeres) se registraron los potenciales evocados endógenos (PEE) (cognitivos) auditivos y se aplicó el Test de Matrices Progresivas de Raven (TMPR), escala general. Se encontró una correlación entre TMPR y la latencia de P3, la amplitud de P3 y la latencia de N2. Además, se halló una correlación entre el tiempo (T) empleado en la ejecución del TMPR y la latencia de P3 y la amplitud de P3. También se encontró una correlación entre P/T y la latencia de P3, la latencia de P2 y la amplitud de P2. No existe correlación entre P y P/T. Los resultados sugieren una fuerte relación entre los PEE y el TMPR. El cociente P/T indicaría *eficiencia* (igual puntuación en menos tiempo, mayor *eficiencia*) que es un parámetro que complementaría el diagnóstico del TMPR.

**PALABRAS CLAVE.** Potenciales evocados. Cognitivo. P300. Matrices de Raven.

**ABSTRACT.** In 30 healthy subjects (12 males and 18 females) the auditory evoked endogenous related potentials (EERP) were recorded and the Raven General Progressive Matrices Test (RGPM) was administered. A correlation was found between the RGPM score (S) with the P3 latency, with the P3 amplitude, and with the N2 latency (-0,025). Furthermore, a correlation emerged between the occupied time (T) in the execution of RGPM with the P3 latency and with the P3 amplitude. A correlation was also found

<sup>1</sup> Correspondencia: Area Psicobiológica. Facultad de Ciencias Humanas. Universidad Nacional de San Luis. Ej. de los Andes 950. 5700 San Luis (Argentina). E-mail: [midebort@unsl.edu.ar](mailto:midebort@unsl.edu.ar)

between S/T with the P3 latency, with the P2 latency, and with the P2 amplitude. There was not any correlation found between S and S/T. The results suggest that the P2 and P3 amplitudes and latencies have a strong relationship with the RGPM, and P/T would indicate efficiency (equal score in less time, greater efficiency). Efficiency (S/T) is a parameter that would complement the diagnosis of the RGPM.

**KEY WORDS.** Evoked potential. Cognitive. P300. Raven.

**RESUMO.** Numa amostra de 30 sujeitos (12 homens e 18 mulheres) registaram-se os potenciais evocados endógenos (PEE) (cognitivos) auditivos e aplicou-se o Teste de Matrices Progressivas de Raven (TMPR), escala geral. Encontrou-se uma correlação entre o TMPR e a latência de P3, a amplitude de P3 e a latência de N2. Além disso, verificou-se uma correlação entre o tempo (T) empregue na execução do TMPR e a latência de P3 e a amplitude de P3. Também se encontrou uma correlação entre P/T e a latência de P3, a latência de P2 e a amplitude de P2. Não existe correlação entre P e P/T. Os resultados sugerem uma forte relação entre os PEE e o TMPR. O quociente P/T indicaria a eficiência (igual pontuação em menos tempo, maior eficiência) que é um parâmetro que complementaria o diagnóstico do TMPR.

**PALAVRAS CHAVE.** Potencial evocado. Cognitivo. P300. Raven.

### Introducción

En los potenciales evocados endógenos (PEE) o cognitivos la P300 es una onda positiva con pico alrededor de los 300 milisegundos que aparece cuando el sujeto en estado de atención discrimina un estímulo relevante de otro. Se utiliza el paradigma *oddball* que implica una tarea de reconocimiento de un estímulo denominado *target* o «raro» que aparece de forma aleatoria entre el otro tipo de estímulo más frecuente denominado “estándar” (Bogacz, 1985; Goodin, 1990; Pritchard, 1981). La onda o componente P300 (o P3) es la más característica de los componentes bioeléctricos relacionados con los procesos de nivel superior que corresponden a la discriminación y reconocimiento de un estímulo (Polich, 1986). La amplitud de la P300 indica la cantidad de recursos atencionales utilizados en los procesos de memoria inmediatos y refleja el trabajo cerebral originado en tareas que son requeridas en el mantenimiento de la memoria de trabajo (Donchin, Karis, Bashore, Coles y Gratton, 1986). Además, la amplitud es proporcional a la cantidad de atención empleada en una determinada tarea y está asociada con el rendimiento en memoria superior (Fabiani, Karis y Donchin, 1990; Johnson, 1995). En resumen, la amplitud de la P300 es una manifestación de la actividad del sistema nervioso central que refleja la atención hacia la información de estímulos que entran cuando la representación de la memoria es puesta al día. Por otro lado, se ha comprobado que la amplitud crece con el volumen cerebral y con una mayor comunicación interhemisférica, por lo que decrece con el deterioro del cuerpo calloso (Pfefferbaum, Lim, Desmond y Sullivan, 1996; Polich y Hoffman, 1998). La latencia de la P300 es una medida de la velocidad de clasificación cerebral de estímulos gene-

ralmente no relacionada al proceso de selección de respuesta, independiente del tiempo de reacción conductual por que refleja el tiempo de procesamiento antes de la respuesta (Pfefferbaum, Christensen, Ford y Kopell, 1986; Verleger, 1997). La latencia de la P300 representa una medida de la rapidez del procesamiento cognitivo, del tiempo que tarda el sujeto en percibir y evaluar un estímulo para la actualización o puesta al día de la memoria, y de la capacidad de procesamiento neuroeléctrico; además, refleja el tiempo requerido para asignar recursos y realizar la puesta al día de la memoria en una tarea dada. Se ha encontrado una fuerte correlación entre la latencia del P300 y el rendimiento (capacidad, desempeño) mental, por lo que la P300 puede indicar los cambios mentales ocasionados por el envejecimiento normal y enfermedades cognitivas (Polich, 1990, 1998).

Numerosas investigaciones han estudiado los cambios de la P300 con respecto a parámetros fisiológicos y patológicos. En general, con la edad y el deterioro mental la latencia de la P300 aumenta y disminuye su amplitud (Polich, 1991, 1992). La onda negativa N2 y las subcomponentes de la P3 (P3a y P3b), cuando aparecen, son también características de los potenciales evocados cognitivos y sus variaciones tienen relaciones semejantes a las de la P300. Por otro lado, la onda negativa N1 y la positiva P2 pueden aparecer en los potenciales exógenos y endógenos, pudiendo variar ligeramente sus características entre ellos. Las ondas N1 y P2 que aparecen con estímulos *target* (potenciales evocados endógenos) tienen también variaciones semejantes a las de la P300. Se propone que el uso de la latencia de P300 y el enfoque total de la cronometría mental son de significativa utilidad clínica en la separación de diferentes subetapas del proceso del procesamiento de la información. El uso de estos datos es importante en el diagnóstico diferencial y el pronóstico, así como en el establecimiento de la terapéutica en diferentes trastornos cognitivos (Polich, 1999; Verleger, 1997).

El test de Matrices Progresivas de Raven (TMPR) es un instrumento destinado a la evaluación de la capacidad intelectual con independencia de los conocimientos adquiridos. El psicólogo inglés J. C. Raven introdujo en Inglaterra en 1938 este test no verbal (tanto por la índole del material como por la respuesta que demanda del examinado), que utiliza un procedimiento completamente diferente de los anteriores en la evaluación de la inteligencia. Se trata de un test donde la observación y el juicio son los factores dominantes. Es un instrumento destinado a evaluar la capacidad intelectual para comparar formas y razonar por analogía, con independencia de los conocimientos adquiridos.

Robinson, Haier, Braden y Krengel (1984) correlacionaron los resultados del Test de Matrices Progresivas de Raven (avanzado) y la amplitud de las ondas N1 y P2 de potenciales evocados visuales. Por otro lado, se demostró que la onda P2 está relacionada con la inteligencia medida con el Test de Alice Heim (Zhang, Caryl y Deary, 1989). Además, Morris y Alcon (1995) encontraron que el complejo formado por las ondas N1-P2 correlaciona con la inteligencia medida por el test de Matrices Progresivas de Raven estándar.

El objetivo de este trabajo fue investigar las relaciones que existen entre parámetros neurofisiológicos como las amplitudes y las latencias de las ondas componentes del

potencial evocado cognitivo auditivo (P2, N2, P3) y la capacidad intelectual general del individuo expresada en los resultados del Test de Matrices Progresivas de Raven.

### **Método**

#### *Muestra*

La muestra estaba formada por 30 estudiantes (12 varones y 18 mujeres) con una edad comprendida entre 19 y 33 años, con buen estado de salud, libres de enfermedad de repercusión general y de endocrinopatías, sin problemas neurológicos y sin antecedentes convulsivos. Además, todos estaban libres de medicación, fueron informados del estudio y concurren voluntariamente. Las mujeres tenían ciclos menstruales normales y no tomaban anovulatorios desde al menos tres meses antes.

#### *Procedimiento*

Se registraron potenciales evocados auditivos endógenos en la ubicación Cz con referencia a los mastoides (Federación Internacional de Electroencefalografía). Los estímulos auditivos utilizados fueron dos tonos diferentes (1000 Hz el estímulo estándar y 2000 Hz el estímulo *target*), binaurales, con una intensidad entre 50 y 60 dB, con una duración de la subida/bajada de 10 milisegundos y una meseta de 50 milisegundos. La probabilidad del estímulo *target* fue de 0,20 y el intervalo interestímulo fue de 2 segundos. Los potenciales fueron registrados durante 1000 milisegundos, digitalizados *on line* por software, rechazados automáticamente todos los que excedieron 50  $\mu$ V, y promediados. Se usaron filtros de baja y alta frecuencia de 0,5 y 30 Hz respectivamente. Los sujetos estaban sentados, relajados y con los brazos apoyados en el sillón; mantuvieron los ojos cerrados durante el registro y fueron instruidos a levantar el dedo índice cuando detectaran un tono *target*. Sólo se aceptaron registros con una coincidencia entre señal del sujeto y *target* de al menos 95%. Cada registro tuvo 20 potenciales promediados de estímulos *target* libres de artefactos y se hizo por duplicado. Se determinaron las latencias y las amplitudes de las ondas P2, N2 y P3 de los promedios correspondientes a los estímulos *target*. A continuación se aplicó el Test de Matrices Progresivas de Raven- Escala General, series A, B, C, D y E. La aplicación del test finalizaba al completarse las cinco series, que en su totalidad conforman 60 figuras, en complejidad y orden creciente. A medida que el examinado iba produciendo sus respuestas, el examinador anotó en el Protocolo Especial de Prueba el registro de las soluciones propuestas a cada problema. Se registró el tiempo ocupado en la realización del TMPR, se determinó puntuación y la relación puntuación / tiempo ocupado. Los resultados del Test de Matrices Progresivas de Raven se obtuvieron en los siguientes pasos: evaluación del acierto o error en la solución propuesta por el sujeto para cada problema, obtención de la puntuación computando el número de soluciones acertadas (puntuación bruta), verificación de la consistencia de la puntuación comprobando si la composición de la misma se ajusta a la esperada, conversión de la puntuación obtenida por el sujeto en puntuación típica, convertir la puntuación media en percentil y convertir el percentil en rango.

### Resultados

Se analizaron estadísticamente los parámetros determinados utilizando el test de correlación de Pearson. Se estudiaron las correlaciones entre los puntajes del Raven, los tiempos ocupados del Tmpr y P/T con todos los parámetros de los potenciales evocados cognitivos.

Las características intelectuales de la muestra a partir de las puntuaciones obtenidas en el Test de Matrices Progresivas de Raven fueron las siguientes: deficiente (6,66%, 2 sujetos), inferior al término medio (20%, 6 sujetos), término medio (43,33%, 13 sujetos), superior al término medio (23,33%, 7 sujetos) y superior (6,66%, 2 sujetos). Como puede observarse en la Tabla 1, el promedio del puntaje del Tmpr de los 30 sujetos estudiados fue 50,06 con una desviación estándar de 5,50, lo cual ubica a la muestra ligeramente por encima del percentil 75, con baja variación entre individuos. La Tabla 2 muestra los parámetros de los potenciales evocados cognitivos.

**TABLA 1.** Valores obtenidos en el Test de Matrices Progresivas de Raven (Escala General).

	<i>Puntajes Test Raven (P)</i>	<i>Tiempo (T) minutos</i>	<i>Relación PIT (eficiencia)</i>	<i>Relación TIP</i>
Medias	50,06	34,26	1,62	0,68
Desviación estándar	5,50	11,13	0,54	0,23

**TABLA 2.** Latencias y amplitudes de los potenciales evocados cognitivos (medias y desviaciones estándar).

Ondas	P2	N2	P3 (00)
Latencia (milisegundos)	173,0 (18,35)	229,86 (24,09)	326,55 (25,55)
<b>Amplitud</b> ( $\mu V$ )	9,52 (5,42)	-3,43 (3,11)	14,25 (5,73)

Tal como se incluye en la Tabla 3, se encontraron correlaciones estadísticamente significativas entre la puntuación TMPR y la latencia de la P3 ( $r=-0,375$ ;  $p=0,041$ ), la amplitud de la P3 ( $r=0,362$ ;  $p=0,049$ ) y la latencia de la N2 ( $r=-0,408$ ;  $p=0,025$ ). Por otro lado, se hallaron correlaciones entre el tiempo empleado en la ejecución del test de Raven y la latencia de la P3 ( $r=0,396$ ;  $p=0,030$ ) y la amplitud de la P3 ( $r=-0,373$ ;  $p=0,042$ ). Además, se encontró una correlación estadísticamente significativa entre la relación P/T (puntuación del test de Raven/ tiempo empleado en el test) y la latencia de la P3 ( $r=-0,401$ ;  $p=0,028$ ), con la latencia de la P2 ( $r=-0,395$ ;  $p=0,030$ ) y la amplitud de la P2 ( $r=0,421$ ;  $p=0,020$ ). Se considera que la relación P/T indica la eficiencia durante el test, pues el sujeto que obtiene una puntuación determinada en el test de Raven en menor tiempo tiene un P/T mayor que el que obtuvo la misma puntuación en mayor tiempo. Cuando se analizó la correlación entre la puntuación del test de Raven y la relación puntuación del test / tiempo empleado en el test (eficiencia), no se encontró correlación entre ellos ( $r=0,272$ ,  $p=0,145$ ).

**TABLA 3.** Correlaciones entre potenciales evocados cognitivos y el test de Raven.

	Latencia P3	Amplitud P3	Latencia P2	Amplitud P2	Latencia N2	Puntaje Raven
Puntuación Raven	$r = -0,375$ $p = 0,041^*$	$r = 0,362$ $p = 0,049^*$	$r = -0,290$ $p = 0,120$	$r = 0,129$ $p = 0,496$	$r = -0,408$ $p = 0,025^*$	
Tiempo empleado	$r = 0,396$ $p = 0,030^*$	$r = -0,373$ $p = -0,042^*$	$r = 0,143$ $p = 0,450$	$r = -0,209$ $p = 0,267$	$r = 0,231$ $p = 0,219$	$r = 0,195$ $p = 0,301$
Puntuación Raven/Tiempo empleado	$r = -0,401$ $p = 0,028^*$	$r = 0,241$ $p = 0,199$	$r = -0,395$ $p = 0,030^*$	$r = 0,421$ $p = 0,020^*$	$r = -0,329$ $p = 0,075$	$r = 0,272$ $p = 0,145$

### Discusión

La puntuación del Test de Matrices Progresivas de Raven (escala general), independientemente del tiempo ocupado en realizarlo, evalúa la capacidad intelectual general del individuo, lo que tendría una relación directa con la velocidad con que un sujeto procesa la información y con su capacidad de atención. Los resultados expuestos sugieren precisamente esta relación. La correlación inversa encontrada entre la puntuación del test de Raven y la latencia de la onda P300 significa que la velocidad con la que los sujetos reconocieron el estímulo *target* se correlaciona con su capacidad intelectual, es decir, a mayor puntuación en el test, mayor velocidad de procesamiento mental. Por otro lado, la amplitud de la onda P300 expresa según la mayoría de los autores la cantidad de atención involucrada en el trabajo intelectual que se está realizando, es decir, la capacidad de atención de un sujeto. Los resultados enumerados expresan una correlación directa entre la puntuación del test de Raven y la amplitud de

la P300, lo que sugiere precisamente que los sujetos con mayor capacidad intelectual tendrían mayor capacidad de atención. Cuando se analiza el tiempo en el que el sujeto realiza el test completo se está evaluando la velocidad con la que se ejecuta una tarea intelectual. Tal como la lógica lo indica, los resultados confirman que el tiempo ocupado en la realización del test de Raven se correlaciona con la velocidad de procesamiento de la información expresada en la latencia de la onda P300. Además, la amplitud de la onda P300, es decir la capacidad de atención de los sujetos, se correlacionó en forma inversa con el tiempo demorado en la realización del test, lo que sugiere que los individuos que tienen mayor velocidad en ejecutar una tarea intelectual, tienen mayor capacidad de atención. La relación puntuación del test / tiempo empleado en el Test de Matrices Progresivas de Raven expresaría el concepto de eficiencia en la ejecución de una tarea intelectual, pues el sujeto que logra igual puntuación en menos tiempo es más eficiente en la tarea realizada. Creemos que éste constituye un parámetro importante en la evaluación del test de Matrices Progresivas de Raven, pues al tener en cuenta la puntuación lograda conjuntamente con el tiempo empleado en el test, se diferencian dos sujetos que tengan la misma puntuación pero utilizan diferentes tiempos en realizar la tarea. El hecho de no haber encontrado correlación estadística entre la puntuación del test de Raven y la relación puntuación/tiempo empleado en el test significa que la eficiencia en el TMPR es un parámetro diferente a la puntuación del test, por lo que se sugiere sea incorporada cuando se utiliza el test de Matrices Progresivas de Raven. En este caso la eficiencia en la realización del test de Matrices Progresivas de Raven tuvo una relación inversa con la latencia de la onda P300 y de la P2, lo que sugiere que un individuo es más eficiente cuando su velocidad de procesamiento cerebral es mayor. Aquí la relación encontrada es más fuerte y la latencia de la onda P2 también está correlacionada con la relación puntuación/tiempo ocupado en el test. Es importante destacar que la onda P2 es menos modificada que la P300 por variables endógenas al sujeto como las capacidades individuales utilizadas en una tarea. En cuanto a la amplitud de las ondas, solamente se encontró una correlación directa entre la eficiencia en el test de Raven y la amplitud de la P2. Esta amplitud también expresaría cantidad de atención involucrada en la tarea, por lo que este resultado sugiere que a mayor atención, mayor eficiencia.

### Referencias

- Bogacz, J. (1985). *Los potenciales evocados en el hombre*. Buenos Aires: Editorial El Ateneo.
- Donchin, E., Karis, D., Bashore, T. R., Coles, M.G.H. y Gratton, G. (1986). Cognitive psychophysiology and human information processing. En E. Donchin y S.W. Porges (eds.), *Psychophysiology: Systems, Processes, and Applications* (pp. 244-267). Nueva York: The Guilford Press.
- Fabiani, M., Karis, D. y Donchin, E. (1990). Effects of mnemonic strategy manipulation in a Von Restorff paradigm. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 75, 384-394.
- Goodin D.S. (1990). Clinical utility of long latency "cognitive" event-related potentials (P3). *Journal of Clinical Neurophysiology*, 76, 2-5.

- Johnson, R. (1995). Event-related potential insights into the neurobiology of memory systems. En *Handbook of Neuropsychology* (vol. 10). Amsterdam: Elsevier.
- Morris G. y Alcon M. (1995). Raven's Progressive matrices and inspection time: P200 slope correlates. *Personality and Individual Differences*, 18, 81-87.
- Pfefferbaum A., Christensen C., Ford J. y Kopell B. (1986). Aparent response incompatibility effects on P300 latency depend on the task. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 64, 424-437.
- Pfefferbaum, A., Lim, K.O., Desmond, J.E., y Sullivan, E. (1996). Thinning of the corpus callosum in the older alcoholic men: A magnetic resonance imaging study. *Alcoholism Clinical and Experimental Research*, 20, 752-757.
- Polich, J. (1986). P300 development from auditory stimuli. *Psychophysiology*, 23, 590-597.
- Polich, J. (1990). P300, probability and inter-stimulus interval. *Psychophysiology*, 27, 396-403.
- Polich, J. (1991). P300 in the evaluation of aging and dementia. En *Event Related Brain Research* (pp. 304-323). Amsterdam: Elsevier Science Publishers.
- Polich, J. (1992). On the clinical application of P300. *Biological Psychiatry*, 31, 647-649.
- Polich, J. (1998). P300: clinical utility and control of variability. *Journal of Clinical Neurophysiology*, 15, 14-33.
- Polich, J. (1999). P300 in clinical applications. En E. Niedemeyer y F. Lopes Da Silva (eds.), *Electroencephalography: Basic principles, clinical applications and related fields* (4ª ed.) (pp. 1073-1091). Baltimore: Urban & Schwarzenberg.
- Polich, J. y Hoffman, L.D. (1998). Alzheimer's disease and P300: Evaluation of modality and task difficulty. En Y. Koga, K. Nagata y K. Hirata (eds.), *Brain Topography Today* (pp. 527-536). Amsterdam: Elsevier.
- Pritchard, W. S. (1981). Psychophysiology of P300. *Psychological Bulletin*, 100, 43-66.
- Robinson, D., Haier R., Braden W. y Krengel M. (1984). Psychometric intelligence and visual evoked potentials: A replication. *Personality and Individual Differences*, 5, 487-489.
- Verleger, R. (1997). On the utility of P3 latency as an index of mental chronometry. *Psychophysiology*, 34, 131-156.
- Zhang Y., Caryl P. y Deary I. (1989). Evoked potentials inspection time and intelligence. *Personality and Individual Differences*, 10, 1079-1094.