

POTENCIALES RELACIONADOS A EVENTOS COGNITIVOS EN PSICOLOGÍA DEL DEPORTE

Doris Hernández Barros
Instituto de Medicina Deportiva de Cuba

RESUMEN: Los Potenciales Relacionados a Eventos (PRE) han sido ampliamente utilizados en el estudio del funcionamiento del cerebro humano normal y han permitido conocer las desviaciones de muchos procesos cognitivos en pacientes con daños neurológicos y psiquiátricos. Sin embargo, se ha encontrado un número reducido de trabajos publicados sobre el uso de estas técnicas psicofisiológicas objetivas en el estudio de la actividad deportiva. En este artículo se realiza una revisión de los principales potenciales relacionados a eventos descritos en la literatura científica y su aplicación en el campo de la psicología del deporte. El objetivo fundamental de este trabajo es contribuir a la mayor divulgación de estas técnicas y dotar al psicólogo deportivo de herramientas objetivas para el estudio de los procesos cognitivos normales y sus desviaciones en el deportista de alto rendimiento.

PALABRAS CLAVE: Potenciales relacionados a eventos, neuropsicología, P300, psicología del deporte.

ABSTRACT: Event-related potentials have been widely used to assess how the human brain normally processes information. Furthermore, these techniques have allowed us to know about how this processing may go awry in neurological or psychiatric disorders. However, a limited number of papers about the usefulness of these objective psychophysiological techniques have been published. In this paper, there is a revision of main event-related potentials described in scientific literature and its application in sport psychology. The main goal of this study was to contribute to the spreading of these techniques and to provide new objective tools to the study

of normal and deviated cognitive processes in high performance athletes.

KEYWORDS: Event related potentials, neuropsychology, P300, sport psychology.

RESUMO: Os Potenciais Relacionados aos Eventos (PRE) tem sido amplamente usado no estudo do funcionamento do cérebro humano normal e tem permitido conhecer as desvios de muitos processos cognitivos nos doentes com danos neurológicos e psiquiátricos. Não obstante se tem encontrado uma quantidade reducida de trabalhos publicados sob o uso de essas técnicas psicofisiológicas objetivas no estudo da atividade esportiva. Neste artigo é apresentada uma revisão dos principais potenciais relacionados aos eventos descritos na literatura científica e a sua aplicação no campo da psicologia do esporte. O objetivo fundamental deste trabalho é a contribuição à divulgação de essas técnicas e fornecer ao psicólogo esportivo ferramentas objetivas para o estudo dos processos cognitivos normais e as suas desvios no esportista de elevado rendimento.

PALABRAS-CHAVE: Potenciais relacionados a eventos, neuropsicología, P300, psicología do esporte.

INTRODUCCIÓN

La psicología del deporte es una rama aplicada relativamente nueva de la ciencia psicológica, que ha evolucionado a partir de los nuevos conocimientos y técnicas de la psicología general y experimental, entre otras. Esto ha posibilitado que se convirtiera en un nuevo campo profesional dentro de la ciencia psicológica y parte indiscutible de las Ciencias del Deporte. Así, se han importado técnicas desde la Neuropsicología para abordar el estudio de los procesos cognitivos que pueden estar relacionados con la actividad deportiva (Barr, 2001; Blooms, Horton, McCrory y Johnston, 2004; Collie et al., 2004). En las últimas dos décadas, se han utilizado ampliamente en la elaboración de juicios clínicos en el ámbito deportivo tests neuropsicológicos convencionales de "lápiz y papel" (Barr, 2001; Echemendía, Putukian, Mackin, Julian y Shoss, 2001),

o más recientemente, baterías de tests cognitivos computarizados (Collie et al., 2004).

Sin embargo, otros métodos utilizados en la Neuropsicología se encuentran aún poco estudiados por esta rama de la psicología. Uno de estos métodos, los potenciales relacionados a eventos (PRE), empleados para la evaluación de las funciones cognitivas de manera objetiva, serán abordados en este artículo. Este trabajo pretende revisar las características fundamentales de los PRE, exponer los principales conocimientos que se han obtenido con el uso de estas técnicas neuropsicológicas en el campo de la psicología deportiva y dotar al psicólogo del deporte de nuevas herramientas objetivas para el estudio, diagnóstico e intervención de alteraciones en el curso de la actividad deportiva.

Descripción de los PRE

Los potenciales relacionados a eventos (PRE) también llamados potenciales evocados, son cambios de voltaje que se registran en el cuero cabelludo como respuesta a estímulos sensoriales, motores o cognitivos. Son el resultado de actividad sincrónica de una población neuronal encargada del procesamiento de la información específica necesaria para cumplimentar dicha tarea (Picton y Hillyard, 1988). Los PRE son generados por cambios de polaridad de la membrana celular en el sistema nervioso. Este potencial de membrana de las neuronas se altera durante la actividad sináptica y durante los potenciales de acción que acompañan a los procesos cognitivos. Este flujo de corriente a través de las membranas neuronales y gliales genera potenciales de campo en el líquido extracelular que pueden ser detectadas a una distancia en forma de PRE (Picton y Hillyard, 1988).

Los PRE producidos por señales sensoriales consisten en una serie de componentes o picos de voltaje positivos o negativos. Los componentes que aparecen con latencias menores de 60-80 milisegundos (ms.) son determinados primariamente por las características físicas del estímulo y relativamente insensibles a diferencias en el estado psicológico del sujeto. Estos son conocidos como exógenos y han sido más utilizados en la práctica médica que en la psicológica. En cambio, los componentes más tardíos, son altamente sensibles a cambios en el estado del sujeto, el significado del estímulo y/o las demandas del procesa-

miento de información de la tarea. Estos últimos son clasificados como endógenos (Coutin, 1993) y han demostrado su utilidad en el estudio de las bases fisiológicas de la percepción y la cognición (Kutas y Dale, 1997).

Las principales características de los componentes de los PRE son: la polaridad, la latencia (medida por el tiempo transcurrido entre la presentación del estímulo y la aparición de la respuesta), la distribución en el cráneo, la localización de las fuentes generadoras del PRE y la función del componente. La forma más común de nombrarlos es en función de su latencia y polaridad. Por ejemplo, el componente positivo que aparece aproximadamente a los 300 milisegundos (ms) después de la presentación del estímulo en la media de la población se nombra P300. No obstante, algunos componentes son nombrados según su origen y función como el PEATC (Potencial Evocado Auditivo de Tallo Cerebral), la negatividad de procesamiento (conocida por sus siglas en inglés: MMN) y la onda de expectancia (también conocida por sus siglas en inglés: CNV).

Los PRE se obtienen fijando electrodos con pasta conductora en el cuero cabelludo del sujeto. La información proveniente de estos electrodos es registrada por un "hardware" especializado, que al conectarlos a un ordenador permite la adquisición y análisis de los PRE usando un "software" específicamente diseñado para este fin. La estimulación psicológica se realiza en otro ordenador, dotado de un software especializado que

funciona como estimulador psicofisiológico. La conexión entre ambos ordenadores garantiza la precisión y cronometraje de las respuestas registradas.

Uso de los PRE en psicología

La neuropsicología del procesamiento cognitivo puede ser estudiada con mayor grado de objetividad y resolución temporal mediante el registro de potenciales relacionados a eventos que con el uso de técnicas neuropsicológicas conductuales (Picton y Hillyard, 1988). Los PRE al ser registrados durante la ejecución de determinada tarea, conservan la validez ecológica de las mediciones conductuales. Además, permite determinar el tiempo de activación de cada generador y conocer si está involucrado en diferentes manipulaciones experimentales. Hasta el momento, el estudio de los PRE es el único capaz de proporcionar información sobre ciertos aspectos del procesamiento de la información cerebral que se producen en cuestión de milisegundos (Picton, Bentin, et al., 2000). De esta forma, los PRE han sido usados para hacer inferencias acerca de procesos psicológicos, y en algunos casos, sobre la actividad cerebral. A continuación se relacionan algunas de estas inferencias descritas en la literatura científica (Rugg y Coles, 1995):

Inferencia 1: Está basada en la evaluación de los componentes obtenidos en diferentes condiciones experimentales. Si asumimos que los PRE son un signo de actividad cerebral que refleja algún proceso psicológico; entonces podemos inferir que la actividad cerebral

y el procesamiento psicológico asociado son diferentes en condiciones diversas.

Inferencia 2: Se refiere al tiempo en el cual las condiciones difieren. El componente al mostrar tiempos diferentes (usualmente probada esta diferencia estadísticamente) manifiesta la existencia de un procesamiento diferencial para los eventos. O sea, la presencia de procesos diferentes en el tiempo.

Inferencia 3: Se conoce que el evento fisiológico (PRE) depende para su aparición de la ocurrencia de determinados procesos psicológicos. Al encontrar entonces diferencias en la latencia de las condiciones, es posible inferir acerca de la sincronización de estos procesos.

Inferencia 4: Los cambios en la magnitud de un componente se corresponden directamente con los cambios del procesamiento psicológico necesario en la tarea (secuencia de respuestas electrofisiológicas que siguen a la estimulación).

Como consecuencia de esto, se ha asumido frecuentemente que como un PRE está correlacionado con un proceso cognitivo particular, este puede ser usado, entonces, como un índice fisiológico de dicho proceso. Sustentados en este razonamiento, se acepta que el cronometraje del proceso puede ser inferido a partir de la latencia del PRE correspondiente. Igualmente, el grado de activación del proceso puede ser inferido a partir de la amplitud del PRE.

A continuación serán revisados algunos componentes motores y cognitivos que han sido usados en la investigación, directamente relacionada con el estudio psicológico de la actividad deportiva o

que, en su defecto, podrían aportar importantes conocimientos en el creciente desarrollo de esta ciencia.

PRE relacionados con el movimiento

Se ha estudiado dentro de la psicología cognitiva los aspectos relacionados con la preparación, ejecución y evaluación de las respuestas motoras. Se han descrito varios PRE relacionados con estos procesos. En este acápite serán mencionados los más estudiados.

Potencial de Preparación para la Acción

El PRE relacionado con la CNV no se registra solamente en períodos de preparación de tareas motoras. Se han identificado además otros tres tipos básicos de situaciones en las que se desarrolla este com-

ponente, como son la anticipación a una señal que debe ser detectada o discriminada, la anticipación a un estímulo informativo o de refuerzo, y en la preparación para tomar una decisión cognitiva (Picton y Hillyard, 1988).

Cerca de 100 ms. antes del movimiento, la onda N1 da paso a una pequeña positividad (P1) llamada positividad premovimiento, seguida de una onda negativa (N2) o potencial motor que representa la actividad de neuronas del tracto corticoespinal en la corteza rolándica. Finalmente, luego que tiene lugar el movimiento se registran una serie de componentes positivos (P2) llamados potencial de reaferencia y que representan la retroalimentación propioceptiva de los músculos y articulaciones (Picton y Hillyard, 1988).

Figura 1. Potencial relacionado con el movimiento, producido por movimientos voluntarios del brazo. Las 4 ondas corresponden con los componentes conforman este potencial (N1, P1, N2, P2).

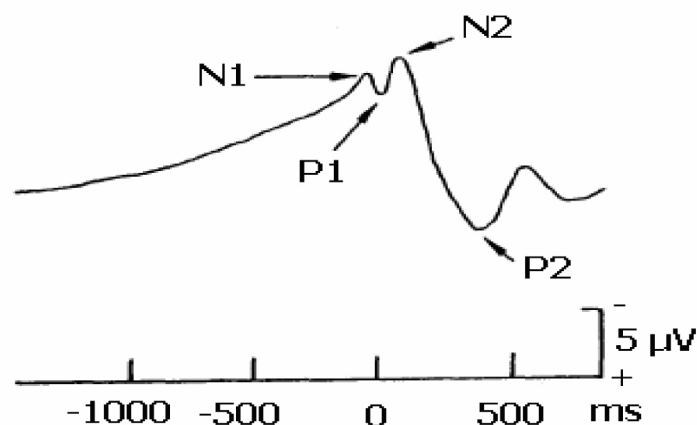
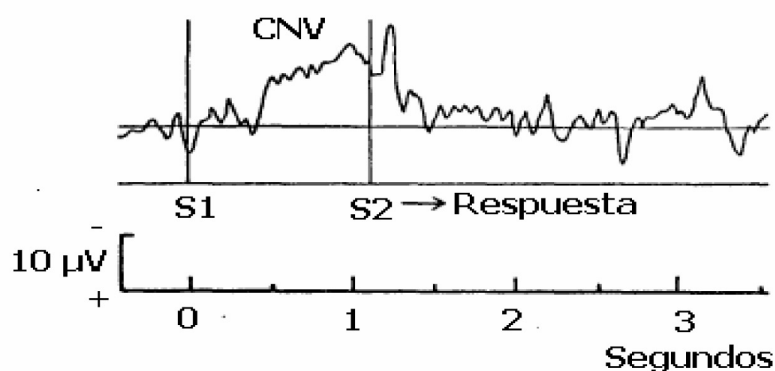


Figura 2. Potencial lento de polaridad negativa llamado onda de variación contingencia negativa (CNV, siglas en inglés). Se registra durante el intervalo entre dos estímulos (S1 y S2) antes de que se produzca una respuesta motora.



Estudios relacionados con el componente RP dieron lugar al descubrimiento de la negatividad relacionada con el error (ERN, siglas en inglés). Este PRE ha sido registrado en tareas de tiempo de reacción complejo ante respuestas incorrectas (Gehring, Goss, Coles, Meyer y Donchin, 1993; Falkenstein, Hohnsbein, Hoormann y Blanke, 1990). Por tanto, se piensa que este componente refleja la existencia de un sistema cerebral involucrado en la detección de errores y su compensación.

Onda de Expectancia

Otro componente, muy estudiado, relacionado con la preparación y anticipación al movimiento es la Onda de Expectancia (CNV por sus siglas en inglés) (Walter, Cooper, Aldridge, McCallum y Winter, 1964). Este es el componente más prominente que ocu-

re durante el intervalo entre una señal de aviso (S1) y una señal para provocar una reacción motora (S2) en una tarea de tiempo de reacción (figura 2). La CNV aparece como un cambio de 15 a 20 microvoltios (μV) en la línea de base del electroencefalograma (EEG) mantenido hasta que se ejecuta la respuesta (Rugg y Coles, 1995).

La CNV no se registra solamente en períodos de preparación de tareas motoras. Se han identificado además otros tres tipos básicos de situaciones en las que se desarrolla este componente, como son la anticipación a una señal que debe ser detectada o discriminada, la anticipación a un estímulo informativo o de refuerzo, y en la preparación para tomar una decisión cognitiva (Picton y Hillyard, 1988). Por tanto, los registros de este componente se obtienen desde diferentes regiones cerebrales. La CNV

que precede una reacción motora es mayor sobre la corteza motora, mientras la relacionada con procesos perceptuales está distribuida más hacia delante o atrás según los requerimientos de la tarea. Otras características del componente CNV es que su amplitud es mayor cuando hay mayor incentivo para la acción, cuando se requiere más atención o esfuerzo de procesamiento o cuando el estímulo anticipatorio se hace más significativo o informativo.

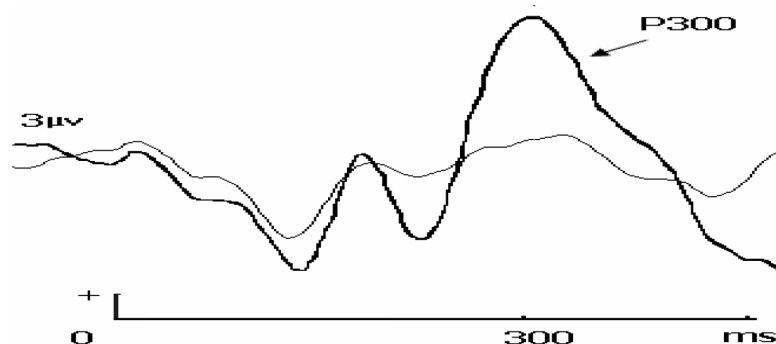
PRE COGNITIVOS

Dentro de los intentos por describir la secuencia ordenada de estados de procesamiento que conforman la cognición humana han sido ampliamente utilizados los PRE. Se ha asumido que un determinado componente de los PRE correlaciona con un proceso cognitivo particular, y por tanto, este es usado como un índice fisiológico de este proceso. De los PRE relacionados directamente con procesos cognitivos, se exponen en este acápite los más estudiados y utilizados.

Componente atencional P300

Los PRE han sido particularmente útiles en el estudio de los procesos atencionales en el cerebro. La ventaja de usar esta técnica es que permite evaluar cuán efectiva es la selección atencional y examinar la naturaleza del procesamiento tanto del estímulo atendido como del ignorado (Hillyard, 1993). El PRE que más se relaciona con los procesos atencionales es la denominada P300 (Sutton, Braren, Zubin y John, 1965) (figura 3). Este componente representa un proceso cerebral común que no posee una modalidad específica, por tanto, puede ser registrada ante estímulos visuales, auditivos o somatosensoriales (Kutas y Hillyard, 1985). La P300 está relacionada con la evaluación cognitiva de la significación del estímulo, proceso que puede ser producido por un evento disociante que captura la atención o por un estímulo informativo que es activamente atendido (Rugg y Coles, 1995).

Figura 3. Potencial atencional P300 registrado como respuesta a un estímulo infrecuente (trazo grueso). El trazo fino corresponde a la respuesta al estímulo frecuente.



La forma clásica de obtención de la P300 es el llamado paradigma "Oddball" que involucra la presentación al azar de un estímulo improbable (blanco u oddball) dentro de una secuencia de estímulos más frecuentes. Cuando el evento oddball es detectado activamente por el sujeto aparece típicamente una onda P300 así como los componentes asociados. La expectativa del sujeto es el determinante más potente de la amplitud de la P300, más importante incluso que el tipo de respuesta (Kutas y Dale, 1997). Este componente tiene una distribución centroparietal en respuesta a blancos de las modalidades visuales y auditivas (Swick, Rutas y Neville, 1994) aunque la P300 visual típicamente tiene una latencia un poco mayor. La amplitud de la P300 se relaciona con la probabilidad del estímulo, la repetición secuencial y la discriminabilidad del blanco en tareas visuales y auditivas (Rugg y Coles, 1995). En conclusión, la P300 parece indicar la operación de sistemas cerebrales adaptativos que nos permiten anticiparnos a la ocurrencia de eventos ambientales significativos y reaccionar ante discrepancias inesperadas.

Negatividad de disparidad auditiva

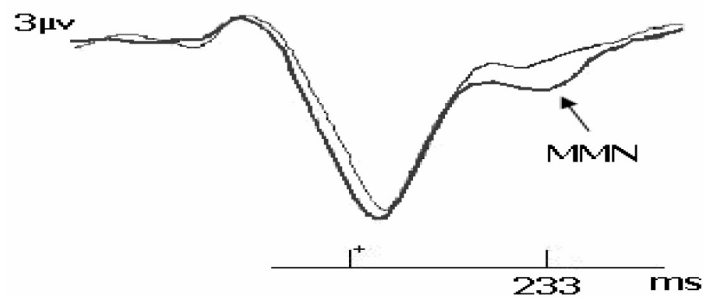
Otro PRE de naturaleza atencional muy estudiado es la llamada Negatividad asociada a desequilibrios o disparidades con respecto a patrones repetitivos estándar (figura 4), comúnmente conocida por su nombre en inglés "Mismatch Negativity" (MMN) (Näätänen, Gaillard y Mantysalo, 1978). Este componente es de particular interés porque refleja la

habilidad del cerebro para discriminar pequeñas diferencias en los estímulos. La MMN es un componente negativo de los PRE producido por cualquier cambio discriminable (desviado) en algún aspecto repetitivo de la estimulación auditiva (estándar). No se ha encontrado hasta el momento este componente en las modalidades visual o somatosensorial. La MMN presenta su pico máximo entre los 100 y los 250 milisegundos desde el comienzo del cambio (Näätänen, 1992). Puede ser producida en ausencia de atención, por lo que puede obtenerse en condiciones en las que los sujetos no pueden ejecutar tarea alguna como el sueño o incluso el coma (Picton, Alain, et al., 2000).

El modelo teórico subyacente a la MMN postula que la repetición de un estímulo, o de un patrón, favorece la creación de una representación neural con la que se compara cada uno de los estímulos que van apareciendo, de tal manera que si coincide en todas sus características pasa a reforzarla, pero si viola dicha representación, se activa el sistema responsable de la MMN (Picton, Alain, et al., 2000). Se ha propuesto que este potencial refleja directamente el funcionamiento de un sistema de memoria acústica preatencional (Rugg y Coles, 1995).

Los generadores de la MMN están localizados en la corteza supratemporal auditiva aunque también se ha demostrado la existencia de generadores en las áreas frontales, concretamente en la corteza prefrontal dorsolateral (Kutas y Dale, 1997). La MMN posee grandes

Figura 4. Potencial de disparidad auditiva (MMN). El trazo grueso corresponde a la respuesta al estímulo desviado y el trazo fino a la respuesta al estímulo estándar. El área señalada representa el componente MMN.



ventajas que condicionan su amplia aplicabilidad en contextos básicos y clínicos. Es una técnica fácil de utilizar, sus generadores y significación funcional son bien conocidos, es independiente de la atención, y es actualmente la única medida objetiva válida de la precisión del procesamiento auditivo central (Picton, Alain, et al., 2000).

PRE EN PSICOLOGÍA DEL DEPORTE

En el estudio de la actividad deportiva se han utilizado tradicionalmente pruebas neuropsicológicas para evaluar diferentes procesos de funcionamiento del cerebro (Barr, 2001; Collie et al., 2004). Gran parte de ellos son tests conductuales entre los que se encuentran el Test de Dígito - Símbolo (Echemendía et al., 2001; Barr, 2001), el Test de Stroop (Echemendía et al., 2001), entre otros. Sin embargo, en la literatura se

reportan pocos estudios que utilizan la electrofisiología de la cognición para estudiar procesos psicológicos implicados en la actividad deportiva. Estos en su mayoría utilizan el componente P300 en sus evaluaciones.

Existen algunos trabajos que utilizando EEG y P300 demuestran la existencia de anomalías cerebrales subclínicas en atletas lesionados (Dupuis, Johnston, Lavoie, Lepore y Lassonde, 2000; Lavoie, Dupuis, Johnston, Leclerc y Lassonde, 2004). Estos estudios demostraron que las lesiones de los atletas estudiados provocan cambios en la corteza cerebral que pueden ser medidos objetivamente con estos marcadores electrofisiológicos y que dada la buena resolución temporal de estas técnicas es posible monitorear la recuperación de estas funciones psicológicas. Ambos estudios encuentran una relación directamente proporcional entre la severidad del trau-

ma y la afectación en amplitud del componente P300. Por otra parte, existen estudios que utilizando también el componente P300 analizan la influencia de diferentes factores psicológicos (estilos atencionales y tiempo de reacción) de los atletas en los progresos que alcanzan durante el entrenamiento (Fontani, Maffei, Cameli y Polidori, 1999). Estos autores encontraron que a mayor amplitud de la P300 más cortos y estables eran los tiempos de reacción. Otros estudios electrofisiológicos investigaron el efecto del ejercicio agudo sobre los PRE, específicamente en el componente P300. Polich y Lardon (1997) encontraron que sujetos jóvenes con un historial de ejercicio físico intensivo demostraban incrementos en la amplitud de la P300, concluyendo que el ejercicio físico puede afectar los PRE promoviendo el flujo sanguíneo cerebral.

También se ha encontrado algunos artículos que utilizan PRE para estudiar las bases neurales reguladoras de la actividad deportiva de alto rendimiento. Hatfield, Haufler, Hung y Spalding (2004) estudiaron en atletas expertos y novatos la activación neural como consecuencia de la actividad deportiva utilizando para esto EEG y P300. Los autores encontraron que la actividad está reducida en regiones de la corteza cerebral en los atletas expertos cuando eran comparados con los novatos. Esto demuestra que la ejecución de la actividad deportiva está regulada por áreas específicas de la corteza cerebral y por tanto en los atletas expertos se necesita menos interferencia cognitiva y menos

demanda atencional para la ejecución. Se considera que estos cambios se deben a los efectos de la práctica deportiva sistemática sobre la propiedad adaptativa del sistema nervioso de modificar su propia organización estructural y funcional (plasticidad neural). Otro artículo que apoya los resultados antes descritos es el reportado por Kerick, Douglass y Hatfield (2004) quienes afirman que la reducción de la actividad cortical es posible debido a la integración sensoriomotora y a la necesidad de menos esfuerzo cognitivo debido a la automatización de la actividad.

Como se ha podido apreciar, los estudios encontrados son todavía muy pocos y no existe mucha variabilidad en cuanto a los componentes utilizados siendo el más favorecido el componente P300. Esto puede deberse a que este PRE es uno de los más estudiados y del que mejor se conocen su significación funcional y sus bases neurales generadoras. Por estas razones, es considerado como una valiosa herramienta para la evaluación de las funciones cognitivas al reflejar la actividad neural que subyace a los aspectos básicos de la cognición, principalmente aquellos involucrados en la atención y la memoria. A pesar de la importancia de este componente, existen otros PRE que igualmente podrían aportar mucho al estudio de los aspectos psicológicos y neurocognitivos relacionados con la actividad deportiva descritos en este trabajo. Por ejemplo, podrían medirse variables indispensables en la evaluación psicológica deportiva como el proceso de toma de decisiones a tra-

vés del índice de preparación para la acción, la inseguridad motriz con la negatividad relacionada con el error o la anticipación de movimientos con el uso de la onda de expectancia, entre otros.

CONCLUSIONES

Los PRE revisados en este trabajo podrían ser utilizados para caracterizar objetivamente los aspectos psicológicos subyacentes a la práctica deportiva de alto rendimiento. Esto enriquecería la metodología a tener en cuenta en el entrenamiento deportivo y mejoraría la atención psicológica especializada a estos atletas. Además, con el uso de estas técnicas sería posible estudiar de manera detallada las lesiones cerebrales que pueden producirse como resultado de la práctica deportiva, contribuyendo a la predicción sobre la futura ejecución del atleta lesionado. Por último, también sería posible evaluar de manera objetiva la efectividad de determinadas técnicas de entrenamiento físico o psicológico.

Los PRE tienen mucho que aportar al desarrollo de la psicología del deporte, pues pueden ser utilizados en la profundización de los conocimientos existentes acerca de la secuencia de procesos implicados en el planeamiento y ejecución motora, así como en el conocimiento de sus bases neurales generadoras. Estos métodos proporcionan, además, una información mucho más confiable y objetiva que la obtenida a partir de técnicas conductuales.

BIBLIOGRAFÍA

- Barr, W. (2001). Methodologic Issues in Neuropsychological Testing. *Journal of Athletic Training*, 36 (3), 297-302.
- Blooms, G., Horton, A., McCrory, P. y Johnston, K. (2004). Sport psychology and concussion: new impacts to explore. *British Journal of Sports Medicine*, 38, 519-521.
- Bocker, K. B., Brunia, C.H. y Cluitmans, P.J. (1994). A spatio-temporal dipole model of the readiness potential in humans. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 91, 275-85.
- Coles, M.G. (1989). Modern mind-brain reading: psychophysiology, physiology and cognition. *Psychophysiology*, 26, 251-269.
- Collie, A., Maruff, P., Makdissi, M., McStephen, M., Darby, D.G. y McCrory, P. (2004). Statistical procedures for determining the extent of cognitive change following concussion. *British Journal of Sports Medicine*, 38, 3, 273-278.
- Coutin, P. (1993). *Potenciales Evocados. Fundamentos y Aplicaciones Clínicas*. Mérida, Venezuela: Universidad de los Andes.
- Dupuis, F., Johnston, K. M., Lavoie, M., Lepore, F. y Lassonde, M. (2000). Concussions in athletes produce brain dysfunction as revealed by event-related potentials. *Neuroreport*, 11, 4087-4092.
- Echemendia, R., Putukian, M., Mackin, S., Julian, L. y Shoss, N. (2001). Neuropsychological Test Performance Prior To and Following

- Sports-Related Mild Traumatic Brain Injury. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 11, 23-31.
- Falkenstein, M., Hohnsbein, J., Hoormann, J. y Blanke, L. (1990). Effects of errors in choice reaction tasks on the ERP under focused and divided attention. En C. H. M. Brunia, A. W. K. Gaillard y A. Kok (Eds.), *Psychophysiological Brain Research* (pp. 192-195). Tilburg, Holanda: Tilburg University Press.
- Fontani, G., Maffei, D., Cameli, S. y Polidori, F. (1999). Reactivity and event-related potentials during attentional tests in athletes. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 80, 308-317.
- Gehring, W., Goss, J., Coles, M.G., Meyer, D.E. y Donchin, E. (1993). A neural system for error detection and compensation. *Psychological Science*, 4, 385-90.
- Hatfield, B., Haufler, A., Hung, T. y Spalding, T. (2004). Electroencephalographic Studies of Skilled psychomotor Performance. *Journal of Clinical Neurophysiology*, 21, 144-156.
- Hillyard, S.A. (1993). Electrical and magnetic brain recordings: contributions to cognitive neuroscience. *Current Opinions in Neurobiology*, 3, 217-24.
- Kerick, S., Douglass, I. y Hatfield, B. (2004). Cerebral Cortical Adaptations Associated with Visuomotor Practice. *Medicine & Sciences in Sports & Exercise*, 36, 1, 118-129.
- Kornhuber, H.Y. y Deecker, L. (1965). Hirnpotentialänderungen bei Willkurbewegungen und passiven Bewegungen des Menschen: Bereitschaftspotential und reafferente Potentiale. *Pfunders Archiv*, 284, 1-17.
- Kutas, M. y Hillyard, S. (1985). Event-related potentials and psychopathology. En J.O. Cavenar Jr. (Ed.), *Psychiatry* (pp. 1-17). Philadelphia, PA: Lippincott-Harper & Row.
- Kutas, M. y Dale, A. (1997). Electrical and magnetic readings of mental functions. En M.D. Rugg (Ed.), *Cognitive Neuroscience* (pp. 197-242). Hove East Sussex, UK: Psychology Press.
- Lavoie, M., Dupuis, F., Johnston, K., Leclerc, S. y Lassonde, M. (2004). Visual P300 Effects Beyond Symptoms in Concussed College Athletes. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 26, 1, 55-73.
- Naatanen, R., Gaillard, A. y Mantysalo, S. (1978). Early selective attention effect on evoked potential reinterpreted. *Acta Psychologica*, 42, 313-29.
- Naatanen, R. (1992). *Attention and Brain Function*. London: Lawrence Erlbaum Associates Ltd.
- Picton, T., Bentin, S., Berg, P., Donchin, E., Hillyard, S., Johnson, R., Miller, G., Ritter, W., Runchkin, D., Rugg, M. y Taylor, M. (2000a). Guidelines for using human event-related potentials to study cognition: Recording standards and publication criteria. *Psychophysiology*, 37, 127-152.

- Picton, T., Alain, C., Otten, L., Ritter, W. y Achim, A. (2000b). Mismatch Negativity: Different water in the same river. *Audiology and Neurootology*, 5, 3-4, 111-139.
- Picton, T. y Hillyard, S. (1988). Endogenous event-related potentials. En T. W. Picton (Ed.), *Human event-related potentials* (pp. 361-426). New York: Elsevier.
- Polich, J. y Lardon, M. T. (1997). P300 and long-term physical exercise. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 103, 493-498.
- Rugg, M. y Coles, M. (1995). *Electrophysiology of Mind*. London: Oxford University Press.
- Sutton, S., Braren, M., Zubin, J. y John, E. (1965). Evoked Potential Correlates of stimulus uncertainty. *Science*, 150, 1187-1188.
- Swick, D., Kutas, M. y Neville, H. (1994). Localizing the neural generators of event-related brain potentials. En A. Kertesz (Ed.), *Localization and neuroimaging in neuropsychology* (pp. 73-122). San Diego, CA: Academic Press.
- Vaughan, H., Costa, L. y Ritter, W. (1968). Topography of the Human motor potential. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 25, 1-10.
- Walter, W., Cooper, R., Aldridge, V., McCallum, W. y Winter, A. (1964). Contingent negative variation: an electrical sign of sensorimotor association and expectancy in the human brain. *Nature*, 230, 380-4.

