



Grado en Psicología

Trabajo de Fin de Grado

Curso 2015/2016

Convocatoria Febrero

Modalidad: Trabajos de carácter profesional, relacionados con los diferentes ámbitos del ejercicio profesional para los que cualifica el título.

Título: Efectos del neurofeedback en el rendimiento de un niño en baile deportivo.

Autor: Manuel Victoria Miralles

Tutor: José Antonio Piqueras Rodríguez

Cotutor: Esteban De Vicente Álvarez-Manzaneda

Elche a 8 de febrero de 2016

Índice

Resumen	3
1. Introducción	5
2. Método	10
2.1. Participantes.....	10
2.2. Diseño	10
2.3. Materiales.....	11
3. Procedimiento.....	16
3.1. Análisis de datos	18
3.2. Descripción del tratamiento	18
4. Resultados.....	21
5. Discusión y conclusiones.....	28
6. Referencias	31
Anexo A.....	36

Resumen

El deporte de alta competición es muy exigente, siendo las diferencias entre los participantes cada vez menores. La aplicación de los avances científicos al rendimiento deportivo es realmente determinante. El entrenamiento en neurofeedback ha mostrado efectos especialmente relevantes en el rendimiento atlético. Este trabajo trata de estudiar la efectividad del entrenamiento con neurofeedback de ritmo sensoriomotor (SMR) y alpha/theta, y con biofeedback de variabilidad del ritmo cardíaco (HRV) en el rendimiento de un niño de 10 años que practica baile deportivo y de competición, un deporte reconocido por el Comité Olímpico Internacional. Los cambios fueron evaluados mediante cuestionarios psicológicos, un estudio de vídeo-electroencefalografía (vídeo-EEG) y un electroencefalograma cuantitativo (qEEG). Los resultados mostraron cambios significativos en la actividad cerebral en la potencia absoluta y la potencia relativa respecto de la puntuación Z. Sin embargo, estos cambios no se dieron en las puntuaciones de los cuestionarios psicológicos realizados tras el tratamiento. El participante del estudio consiguió ser ganador del campeonato de España juvenil de baile deportivo en la modalidad de baile latino e informó de una percepción de mejoría en la atención y la memoria. Los resultados de este trabajo destacan el papel que puede jugar el entrenamiento en neurofeedback en el rendimiento en el deporte de alta competición.

Palabras clave: neurofeedback, qEEG, rendimiento deportivo, SMR, alpha/theta, HRV.

Abstract

The high-level sport is very demanding, being very small the differences among participants. The application of scientific advances to athletic performance is really decisive. Neurofeedback training has shown especially interesting effects in athletic performance. This work aims to examine the effectiveness of neurofeedback (SMR and alpha/theta) and HRV biofeedback training in the performance of a 10 years old boy who practices DanceSport, a modality recognized by the International Olympic Committee. The changes were evaluated with psychological measures, a video-electroencephalography (video-EEG) and a quantitative electroencephalogram (qEEG). The results show significant changes in brain activity in the absolute power and relative power in respect of the Z-score. However, these changes were not significant on the scores of psychological measures after the treatment. The participant achieved to be the junior winner of the Spanish championship of Latin DanceSport and reported a perceived improvement in attention and memory. The results of this study highlight the role that neurofeedback training can play on performance in high-level sports.

Key words: neurofeedback, qEEG, peak performance, SMR, alpha/theta, HRV.

1. Introducción

El baile como modalidad deportiva está reconocido oficialmente como deporte Olímpico Internacional (International Olympic Committee, 1997).

Se trata de un deporte con unas características muy bien definidas y específicas. En primer lugar, es una disciplina que se practica por parejas compuestas por ambos sexos y en la que los deportistas compiten de forma simultánea y en la misma pista con otras parejas. Por otro lado, la música en esta disciplina es un elemento con una importancia equiparable al patinaje artístico o la gimnasia rítmica. Existen dos modalidades de competición: baile Standard y baile Latino. El participante del estudio pertenece a esta última modalidad.

El ritmo de competición de los deportistas cada vez es más alto, sus exigencias son mayores y las diferencias en la alta competición se están mostrando cada vez menores. Todo esto hace que las mejoras y avances que puedan afectar al rendimiento de los deportistas sean indispensables y realmente determinantes.

En los últimos años muchos son los estudios dedicados a este campo con el objetivo de maximizar el rendimiento deportivo a través de la inclusión de innovadores avances tanto en el apartado físico como en el psicológico.

El presente estudio pretende mostrar la efectividad que poseen dos innovadoras técnicas de intervención psicológica, el biofeedback y el neurofeedback, sobre el rendimiento deportivo de un niño.

Biofeedback es un proceso por el cual se le permite a un individuo aprender a cambiar su actividad fisiológica con el objetivo de mejorar su salud y su rendimiento. Instrumentos precisos miden la actividad fisiológica como las ondas cerebrales, la función cardíaca, la respiración, la actividad muscular o la temperatura. Estos instrumentos proporcionan de manera rápida y precisa una retroalimentación de la información o “feedback” al usuario. La presentación de esta información – a menudo acompañada con cambios en el pensamiento, las emociones y el comportamiento -

fomenta los cambios fisiológicos deseados. Con el entrenamiento y el tiempo de dedicación, es posible sostener estos cambios sin el uso continuo de instrumentos de biofeedback (AAPB, BCIA y ISNR, 2008). Por su parte el neurofeedback es un tipo de biofeedback, que se centra en la regularización del electroencefalograma (EEG).

El entrenamiento en neurofeedback generalmente consiste en la colocación de electrodos en el cuero cabelludo, con esto se consigue que el equipo de EEG aporte en tiempo real auditiva y visualmente estímulos que retroalimentan al sujeto (de manera positiva para reforzar patrones normalizados de actividad cerebral, y de manera negativa para evitarlos) sobre su actividad cerebral. No se introduce ningún tipo de actividad eléctrica en el cerebro, tan solo se refleja la actividad cerebral del paciente en el monitor. Al carecer de control consciente sobre nuestros ritmos cerebrales no es posible influenciar intencionadamente cambios sobre ellos; pero no obstante cuando podemos ver una representación de la actividad cerebral en un monitor unos pocos milisegundos después de que esta se haya dado, tenemos la habilidad de influenciar cambios sobre ella mediante condicionamiento operante. Tras unos pocos intentos el cerebro es capaz de saber que existe una correlación entre el tipo de retroalimentación recibida y el patrón EEG que la ha provocado. Alcanzado este punto, somos literalmente capaces de recondicionar y reentrenar nuestro cerebro. El cerebro comienza progresivamente un cambio de su actividad evitando la retroalimentación negativa y buscando la positiva. Al principio los cambios son muy pequeños, pero gradualmente estos se hacen mayores y más duraderos con un entrenamiento guiado en neurofeedback y con la práctica (Hammond, 2007).

Este entrenamiento lleva a la normalización parcial o total del EEG. A medida que el EEG comienza a normalizarse, los posibles síntomas neuropsiquiátricos disminuyen tanto en su severidad como en su frecuencia. Uno de los protocolos más comunes en el entrenamiento en neurofeedback es el SMR (Sensory Motor Rhythms) (Serman y Egnor, 2006).

La mejora de la actividad cerebral puede ser entrenada en prácticamente cualquier persona y los cambios producidos son duraderos. La posición de los electrodos puede ser determinada mediante un electroencefalograma cuantitativo (qEEG o también llamado mapeo cerebral), o en su defecto atendiendo a las áreas del cerebro asociadas a las distintas funciones que se quieran entrenar (Joseph, 1996; Tranel, 2002).

Las aplicaciones clínicas del neurofeedback han sido extensamente investigadas. Durante aproximadamente 35 años se ha estado usando el biofeedback para modificar los patrones en los EEG. Inicialmente los estudios se centraban en aliviar la ansiedad (Hammond, 2005) y en el tratamiento de la epilepsia (Sternman, 2000). Desde entonces numerosos estudios han sido conducidos hacia el uso del neurofeedback en el tratamiento del TDAH (Monastra, 2005), así como en el tratamiento de muchas otras condiciones clínicas, las cuales tienen una base neurológica, tales como son: las lesiones cerebrales, la depresión, la apoplejía y los problemas de aprendizaje. También se ha encontrado que el neurofeedback alpha/theta, cuando se combina con otros tratamientos, reduce la probabilidad de recaídas en personas que han experimentado alcoholismo (Peniston y Kulkosky, 1990).

Recientemente se ha llevado a cabo una revisión acerca de la eficacia del neurofeedback en el tratamiento de los patrones anómalos de EEG, los patrones característicos del trastorno del espectro autista (TEA), y los déficits en atención y funciones ejecutivas, la ansiedad o los problemas de conducta asociados al TEA. Así, se comprobó que el neurofeedback puede considerarse un tratamiento “con apoyo experimental modesto” o “probablemente eficaz” con “apoyo controvertido”, aunque quedó evidente la necesidad de estudios metodológicamente rigurosos para determinar con mayor certeza su eficacia terapéutica (García-Berjillos, Aliño, Gadea, Espert y Salvador, 2015).

Menos atención se le ha prestado a los efectos que el entrenamiento en neurofeedback tiene en personas sanas para tratar de que alcancen un rendimiento óptimo. Pero recientemente han aumentado los estudios que están centrándose en los patrones cerebrales asociados a mejorar este aspecto. Estos estudios nos aportan información muy importante que nos puede servir de guía para el uso del entrenamiento en neurofeedback con el objetivo de conseguir un rendimiento óptimo.

Un buen ejemplo sería el estudio realizado por Haufler, Spalding, Santa Maria y Hatfield con tiradores profesionales en el año 2000. Haufler et al. encontraron que cuando los tiradores profesionales están apuntando, en comparación con tiradores amateur, muestran una menor activación (aumento de alpha y disminución de beta y gamma) en todas las áreas de su cerebro. En otro estudio con arqueros se utilizó el entrenamiento en neurofeedback (Landers, Han, Salazar, Petruzzello, Kubitz y Gannon, 1994; Salazar, Landers, Petruzzello y Han 1990). En este estudio los investigadores dividieron a los arqueros en dos grupos y encontraron que el grupo que entrenó un aumento de alpha en T3 (área temporal izquierda) mejoró significativamente su rendimiento en el momento de apuntar en comparación con los arqueros que fueron entrenados en un incremento de alpha en T4 (área temporal derecha). Este último grupo no solo no mejoró su rendimiento sino que lo empeoró.

En el ámbito artístico, Egnér y Gruzeliér (2003) utilizaron sonidos relajantes en estudiantes del "Royal College of Music" de Londres. Estos sonidos trataban de representar los niveles de sus ondas cerebrales alpha y theta con el objetivo de conseguir una sincronización de la actividad cerebral con el nivel de los sonidos emitidos. Mientras, con otro grupo de estudiantes, se utilizó el SMR y neurofeedback alpha/theta como intervención psicológica con el mismo objetivo de mejorar su rendimiento. Tras el entrenamiento, y una vez evaluados, se encontró que los participantes que fueron entrenados con neurofeedback alpha/theta mejoraron su habilidad musical en hasta dos escalas (por ejemplo avanzaron desde un segundo

nivel musical flojo, hasta un nivel uno). La habilidad artística fue la más afectada. Cabría esperar, a la vista de las teorías del arousal en el deporte (Fazey y Hardy, 1988; Yerkes y Dodson, 1908), que el avance estuviera mediado por la reducción de la ansiedad cognitiva anterior a la actuación, y que los cambios en el EEG fueron consistentes con la disminución de la ansiedad (Egner y Gruzelier, 2004), pero no hubieron diferencias encontradas, en el nivel de la ansiedad pre-actuación, medida con el cuestionario de Spielberger Inventario de Ansiedad Estado-Rasgo (STAI, Spielberger, Gorsuch y Lushene, 1982). Tanto fue el interés generado por los resultados que obtuvieron Egner y Gruzelier, que cabe preguntarse qué otras habilidades artísticas cabría la posibilidad de mejorar.

En 2005 Raymond, Sajid, Parkinson y Gruzelier utilizaron el entrenamiento en neurofeedback alpha/theta y biofeedback HRV (variabilidad del ritmo cardíaco) con la intención de mejorar el rendimiento de bailarines deportivos. Los resultados mostraron como ambos entrenamientos mejoraron la ejecución general de los bailarines y se vieron diferencias entre los dos entrenamientos. Por un lado el entrenamiento en neurofeedback alpha/theta mejoró su sincronización, mientras que el entrenamiento en biofeedback HRV mejoró su técnica. El biofeedback HRV es otra forma de biofeedback que tiene especial interés para estudios sobre alto rendimiento.

El neurofeedback nos da la oportunidad de conseguir mejoras intelectuales y mejoras en el rendimiento deportivo sin tener que recurrir a la utilización de fármacos. Hay numerosas áreas en las cuales el neurofeedback tiene un efecto especialmente interesante en el deporte, incluyendo la mejora de la concentración y de la atención, la reducción de la ansiedad, la mejora del control de las emociones (por ejemplo la rabia), para sobreponerse a los efectos de contusiones cerebrales, e incluso para mejorar el equilibrio físico. Cabe tener siempre presente que diferentes deportes requieren diferentes funciones del cerebro (Stefano Samorri, 2004).

El presente estudio pretende mostrar el efecto positivo en el rendimiento deportivo que el entrenamiento en neurofeedback alpha/theta, neurofeedback SMR y biofeedback HRV tienen sobre 1 niño que practica baile deportivo. Se espera hallar que el participante de nuestro estudio experimentará los siguientes efectos del tratamiento: 1. mejorará su puntuación en las pruebas psicológicas; 2. una normalización parcial de la actividad cerebral; 3. mejorará su rendimiento deportivo y 4. El nivel de satisfacción del niño con la intervención será alto.

2. Método

2.1. Participantes

El estudio fue llevado a cabo con un único bailarín. J., niño de 10 años y 3 meses el cual compite en la disciplina de baile deportivo y también practica tenis y golf. Se estaba medicando con Ibuprofeno 3 veces al día durante dos días antes del primer registro qEEG y Vídeo-Electroencefalográfico (Vídeo-EEG).

El Vídeo-EEG consiste en el registro continuo del comportamiento del paciente y de la actividad del EEG de manera simultánea (Nordli D. R., 2006).

No presenta historial de enfermedades mentales o físicas y nunca se había sometido previamente a entrenamiento en biofeedback ni en neurofeedback. Todos los participantes y sus padres, fueron debidamente informados y dieron su consentimiento.

2.2. Diseño

El presente estudio sigue un diseño de caso único con medidas pretest y post-test. La variable independiente se entrenó a través del biofeedback HRV, así como de neurofeedback SMR y alpha/theta. Se han considerado los resultados de los cuestionarios STAI/STAIC, CPDR, respuestas a la entrevista no estructurada y

cambios en la actividad cerebral (mediante video-EEG y qEEG: Potencia absoluta y potencia relativa en Z-score con una definición de banda ancha con Resolución espectral de 0.39, una frecuencia inicial de 0.78 y una frecuencia final de 19.14, con un montaje habitual según el sistema 10-20 y en paciente con ojos cerrados. La definición de banda ancha tuvo los siguientes límites de frecuencia en las diferentes bandas: Delta (1.56-3.52), Theta (3.91-7.42), Alpha (7.81-12.50) y Beta (12.89-19.14)) y el resultado en futuras competiciones como variables dependientes.

2.3. Materiales.

Medidas psicológicas

Con el objetivo de medir el rasgo estable de ansiedad de los deportistas y el nivel de ansiedad que tienen en un momento dado se utilizaron dos escalas:

- *Cuestionario de Ansiedad Estado-Rasgo* (STAI; Spielberger et al., 1982). Con los participantes mayores de 15 años se utilizó este cuestionario que comprende dos escalas separadas de autoevaluación para evaluar el nivel actual de ansiedad y la predisposición del individuo a responder al estrés. Va dirigida a adolescentes y adultos. Consta de 40 ítems: 20 pertenecientes a la subescala Estado, formada por frases que describen cómo se siente la persona en ese momento, y otros 20 de la escala Rasgo, que identifican cómo se siente la persona habitualmente. La escala de respuesta es de tipo Likert, puntuando desde 0 (nada) hasta 3 (mucho). En muestras de la población española se han encontrado niveles de consistencia interna que oscilan, tanto para la puntuación total como para cada una de las subescalas, entre .84 y .93. (Guillén-Riquelme y Buela-Casal, 2011; Spielberger, Gorsuch y Lushene, 2008)

- *Escala de Ansiedad Estado-Rasgo para niños* (STAIC; Spielberger, 1973). Con los participantes menores de 15 años se utilizó esta prueba, cuya estructura es

semejante al STAI y evalúa las dos escalas de ansiedad dichas anteriormente. Su psicometría no es demasiado óptima.

- *Cuestionario de Características Psicológicas asociadas al Rendimiento Deportivo* (CPRD; Gimeno, Buceta y Pérez-Llantada, 2001). Según González-Fernández (2010) este es uno de los cuestionarios más utilizados en el ámbito de la Psicología del Deporte en España, ya que va dirigido a la medición de variables psicológicas más estrechamente relacionadas con el deporte. Consta de una estructura de 55 ítems repartidos en 5 subescalas: Control de Estrés, Influencia de la Evaluación del Rendimiento, Motivación, Habilidad Mental y la Cohesión de Equipo. Este cuestionario usa una escala LÍkert de 5 alternativas de respuesta que va de Totalmente de Acuerdo a Totalmente en Desacuerdo, más la opción adicional para los casos en los que “no entiende el ítem” (López, Jaenes y Cárdenas, 2013). El cuestionario muestra una consistencia interna de conjunto total de ítems de .85 (Gimeno et al., 2001).

- *Entrevista no estructurada*: Con el objetivo de cuantificar el nivel de satisfacción del niño con la intervención, se realizó una breve entrevista no estructurada en la cual se le preguntó al niño si había notado algún cambio en la facilidad que posee a la hora de concentrarse en el estudio o en los entrenamientos, y si ha notado que le resulta más sencillo recordar cosas que antes le parecían difíciles.

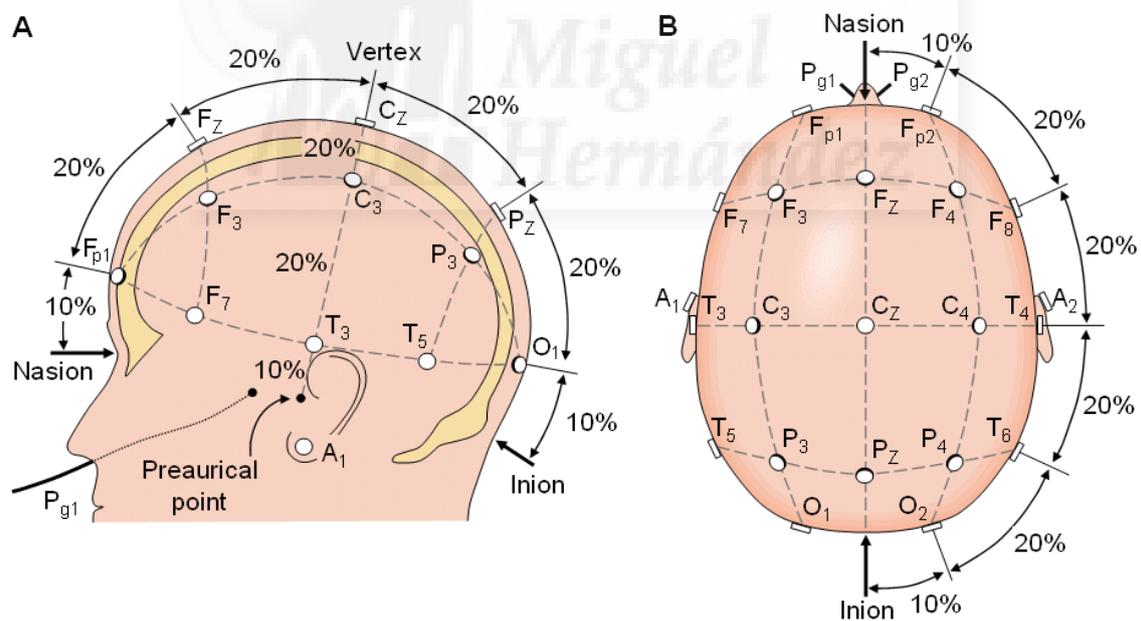
Medidas psicofisiológicas

- *Electroencefalógrafo digital MEDICID 5 de NEURONIC SA, de 32 canales*. El MEDICID 5 – Neuronic es un electroencefalógrafo digital de 32 canales, 24 de ellos monopares con posibilidades de programación y 8 bipolares con la posibilidad de conexión monopolar para conformar 32 canales con referencia común (Alconedo, 2006). Este dispositivo recibió en 2015 el certificado de buenas prácticas por parte del centro de neurociencias de Cuba en el apartado de equipos y dispositivos médicos (Certificados de buenas prácticas. Equipos y dispositivos médicos, 2015). Este

dispositivo también ha sido utilizado en otros estudios como el de Valdivia, Aguilar y Francisco (2007) y el de Valdivia y Marrero (2012). Véase la Figura 1.

Con este dispositivo se realiza un EEG, el cual consiste en recoger mediante electrodos, de superficie, la actividad eléctrica de la corteza cerebral. La señal que se obtiene es tan pequeña que se hace necesario utilizar varios sistemas de amplificación. Los amplificadores utilizados son diferenciales, es decir, reciben el impulso eléctrico de 2 puntos y magnifican la diferencia de potencial entre ellos. La colocación de electrodos sobre el cuero cabelludo está sujeta a un sistema internacional o sistema 10-20 (véase la Figura 1), denominado así porque los electrodos están espaciados entre el 10% y el 20% de la distancia total entre puntos reconocibles del cráneo (Talamillo, 2011).

Figura 1. Colocación de electrodos sobre el cuero cabelludo sujeta sistema internacional 10-20.



El análisis cuantitativo del EEG (qEEG) consiste en convertir la actividad eléctrica cerebral en una gráfica en el dominio del tiempo (EEG) a una, en el dominio de la frecuencia. Esto se logra mediante el procesamiento de las señales con la Transformada Rápida de Fourier (FFT). La aplicación de la FFT en este tipo de

análisis se basa en los siguientes principios: 1.- El EEG es el resultado de la suma de un conjunto de ondulaciones más o menos sinusoidales con amplitudes y frecuencias diferentes. 2.- El EEG no varía sustancialmente en sus características en intervalos de tiempo cortos, es decir, se supone estacionario en ese entorno.

El qEEG es el análisis cuantitativo de las características de la actividad eléctrica cerebral. Los métodos empleados en él se basan en el análisis espectral del EEG, utilizando la FFT y como resultado ofrecen una serie de parámetros numéricos que se almacenan en diferentes modelos para ser estudiados visualmente.

Los modelos calculados en el análisis cuantitativo son los siguientes:

- Espectro cruzado o modelo espectral de banda estrecha.

Este modelo permite localizar las frecuencias donde hay una actividad eléctrica anormal y su distribución espacial.

- Modelo espectral de banda ancha.

Este modelo aproxima el espectro cruzado como una constante sobre ciertas bandas de frecuencia, es decir como una función de paso de aproximación del espectro. Incluye las medidas de Poderes absolutos (Absolute Power), Poderes relativos (Relative Power) y Frecuencias medias (Mean Frequency).

- Medidas espectrales cruzadas de banda Ancha

Incluye las medidas de Coherencia, Fase y Correlación

Una buena parte de la variabilidad del EEG se debe a la amplitud de sus señales, que están muy influenciadas por factores extracerebrales como pueden ser el tamaño y la geometría de la cabeza, del tejido celular subcutáneo, de la piel, etc... Si esta influencia extracerebral pudiera ser sustraída, tanto de la norma, como de un paciente en particular, los datos serían comparables con los de la norma con precisión. A partir del modelo de banda estrecha se puede calcular un factor de escala que se deriva de los poderes absolutos de todas las derivaciones. Tal factor de escala es denominado Poder Geométrico en el sistema qEEG, puede ser sustraído de todas las

derivaciones que conforman ese modelo. Según resultados experimentales, tal factor de escala puede explicar hasta un 40% de la variabilidad existente entre los datos normativos correspondientes, tanto al modelo de banda estrecha en su totalidad, como a la medida Poder Absoluto del modelo de banda ancha. Es solo en estos casos en que la sustracción de este factor tiene sentido.

Dentro de las medidas neurométricas más utilizadas destacan:

La potencia absoluta que es una medida de intensidad de energía ($\mu V^2 / Hz$) registrada y calculada en una banda de frecuencia durante un intervalo de tiempo discreto (Chen y Black, 2005).

La potencia relativa por su parte, es un valor de energía relativa de una banda específica dividido entre el valor absoluto del espectro completo. No tiene unidad de medida. (Flores, Ramírez y Ramos, 2005).

Figura 2. *Dispositivo de monitorización de neurofeedback*



- El NeXus-10 MKII (Figura 2) es un dispositivo para aplicaciones de monitorización, biofeedback y neurofeedback, así como para la investigación fisiológica. Dispone 4 canales de entrada individuales, 2 entradas de doble canal, 1 entrada multicanal digital

y 1 entrada para oximetría (Peuscher, 2011). Este dispositivo ha sido utilizado en algunos estudios como el realizado por Sherlin, Gevirtz, Wyckoff y Muench en 2009; o el de Ros, Munneke, Parkinson y Gruzelier en 2014.

3. Procedimiento

La muestra inicial estuvo compuesta por 6 bailarines de la disciplina de baile deportivo con edades comprendidas entre los 10 y los 17. Sin embargo, durante el estudio 4 de los bailarines lo abandonaron y otro de los participantes tuvo que ser apartado al ser diagnosticado de TDAH y fue sometido a un tratamiento específico utilizando su estudio Video-EEG y qEEG de base.

En primer lugar se contactó con los padres de los participantes en el estudio al ser estos menores de edad y se les solicitó su colaboración para participar en el presente estudio. Todos los padres presentaron su consentimiento informado para participar en el estudio. Una vez hecho esto se informó a los participantes de la naturaleza del estudio y se les pidió que continuaran entrenando como de costumbre.

Para cuantificar y ser capaces de medir objetivamente los efectos del entrenamiento al cual serían sometidos los bailarines, antes de comenzar con el estudio, y después del mismo, todos los bailarines fueron evaluados mediante cuestionarios psicológicos y mediante un Video-EEG y un qEEG. Con la evaluación previa al estudio, se obtuvo una línea base inicial, y se descartaron posibles problemas neurológicos; y con la evaluación final se cuantificaron los cambios.

En la faceta psicológica se pretendía obtener los valores de ansiedad de cada uno de los bailarines, y para ellos se utilizó el STAI y el STAI-C, atendiendo a la edad de los bailarines. También se deseaban medir otros parámetros más estrechamente relacionados con la faceta puramente deportiva, y para esta labor se utilizó el cuestionario de Características Psicológicas en Rendimiento Deportivo (CPDR).

En cuanto a la señal electroencefalográfica fue obtenida en el laboratorio de Video-EEG de Clínica Alevia en vigilia y condiciones habituales de registro con una ganancia de los amplificadores de 1000, frecuencia de muestreo de 200 Hz y filtros con un ancho de banda de 0,5–30 Hz. Se utilizaron 19 electrodos de superficie colocados según el sistema internacional 10–20 con una impedancia inferior a 5 KOhm. Como referencia, se utilizaron electrodos referidos a ambos lóbulos de las orejas. Durante el registro EEG de forma sincronizada se realizó un video para poder correlacionar en tiempo real la actividad electroencefalográfica y los eventos. Los registros fueron realizados por una técnico especialista en Video-EEG y EEG cuantificado y evaluados fuera del registro en montajes monopolares y bipolares por un médico especialista en Neurofisiología Clínica.

Figura 3. *Equipo de Video-Electroencefalografía (Video-EEG)*



El análisis visual del EEG descartó la presencia de patología neurológica (a lo largo del trazado no se observaron hallazgos focales, ni asimetrías interhemisféricas, ni grafoelementos epileptiformes ni otras anomalías EEG. Tampoco aparecieron

dichas anomalías tras las activaciones mediante hiperventilación o estimulación luminosa intermitente).

Para finalizar, se observó cuál fue el rendimiento deportivo del participante en el campeonato juvenil de España que se celebró después de finalizar el estudio. De manera complementaria se preguntó la opinión subjetiva del bailarín tras las 4 semanas de entrenamiento, mediante una entrevista no estructurada, para conocer el efecto que según él, había tenido el entrenamiento en su rendimiento tanto deportivo como diario.

3.1. Análisis de datos

Los valores del qEEG expuestos en este estudio se han efectuado mediante el valor Z-score o puntuación Z. Esta puntuación establece la distancia entre el paciente y el valor promedio de la población normal para la edad del paciente (Aguilar, Rodríguez, Marrero, García y Morgade, 2012).

Las puntuaciones z son normalizadas y por tanto facilitan las comparaciones permitiendo hacer una prueba de hipótesis y determinar si los datos del paciente pertenecen al universo de la población normal.

3.2. Descripción del tratamiento

Neurofeedback Alpha/Theta

El participante J. fue sometido a 7 sesiones de neurofeedback alpha/theta (Figura 4) durante las 4 semanas que duró el estudio. Cada sesión tuvo una duración exacta de 20 minutos.

A los participantes se les dijo que el objetivo de este entrenamiento era el de intentar controlar el tráfico mental de tal modo que llegaran a ser capaces de "liberar su mente de pensamientos" fundamental minutos antes de la salida a la pista de baile para mejorar su rendimiento. Sentados en un sillón cómodo se les presentaba un

monitor donde observaban una cascada de agua y podían escuchar dos sonidos de agua diferentes (uno se debía a las ondas alpha y el otro al cociente alpha/theta) advirtiéndoles de que debían de intentar no oír ningún tipo de sonido y simplemente tenían que dejarse llevar. Se les indicaba a los participantes a estar atentos al feedback con el fin de obtener la estrategia mental más adecuada para obtener ese estado. Durante cada ensayo les resultaba más fácil llegar a ese estado de silencio. Si el ensayo era bueno se recompensaba con más silencio. Si el paciente se quedaba dormido una alarma saltaba para despertarle.

Figura 4. Sesión de neurofeedback Alpha/Theta



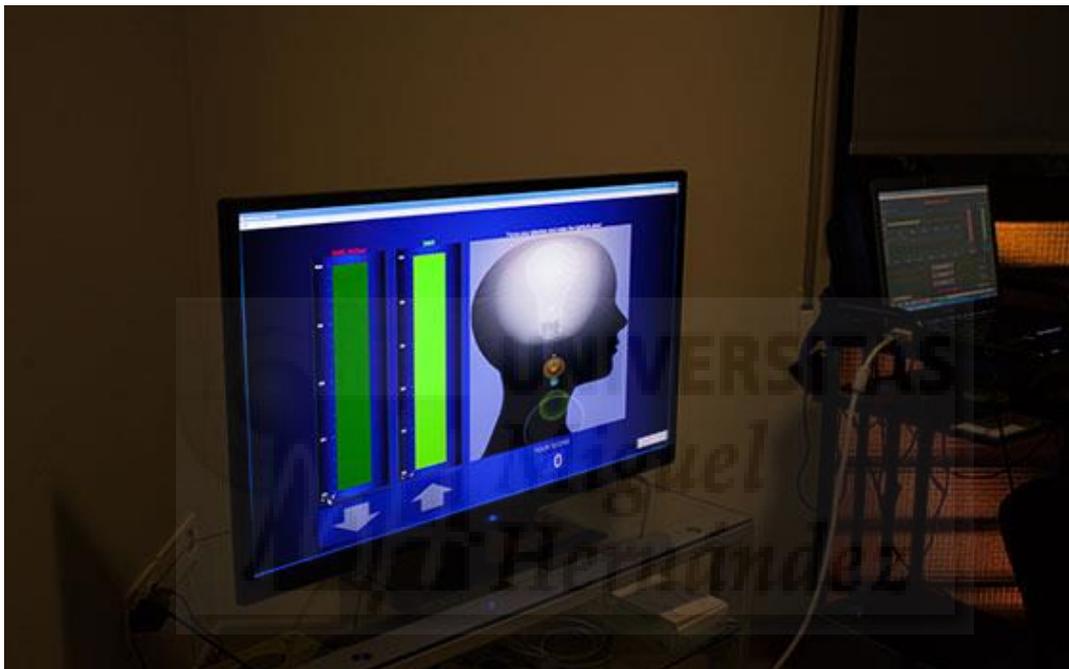
Neurofeedback SMR

El participante J. fue sometido a 7 sesiones de neurofeedback SMR (Figura 5) durante las 4 semanas que duró el estudio. Cada sesión tuvo una duración exacta de 20 minutos.

A los participantes se les dijo que el objetivo de este entrenamiento era entre otros mejorar su atención y velocidad de reacción en la pista de baile de cara la competición. Sentados en un sillón cómodo se les presentaba en una televisión de gran pantalla una gran bombilla y una puntuación (Score) advirtiéndoles de que podían

obtener más puntuación y encender la misma usando el cerebro. Se les indico a los participantes a estar atentos al feedback con el fin de obtener la estrategia mental más adecuada para obtener más puntos. Durante cada ensayo la bombilla se encendía más veces y más tiempo mejorando sus puntuaciones. Si el ensayo era bueno se recompensaba con más puntuación. Si el paciente hacía artefactos musculares que podían confundir con la señal electroencefalográfica no se puntuaba.

Figura 5. Sesión de Neurofeedback SMR



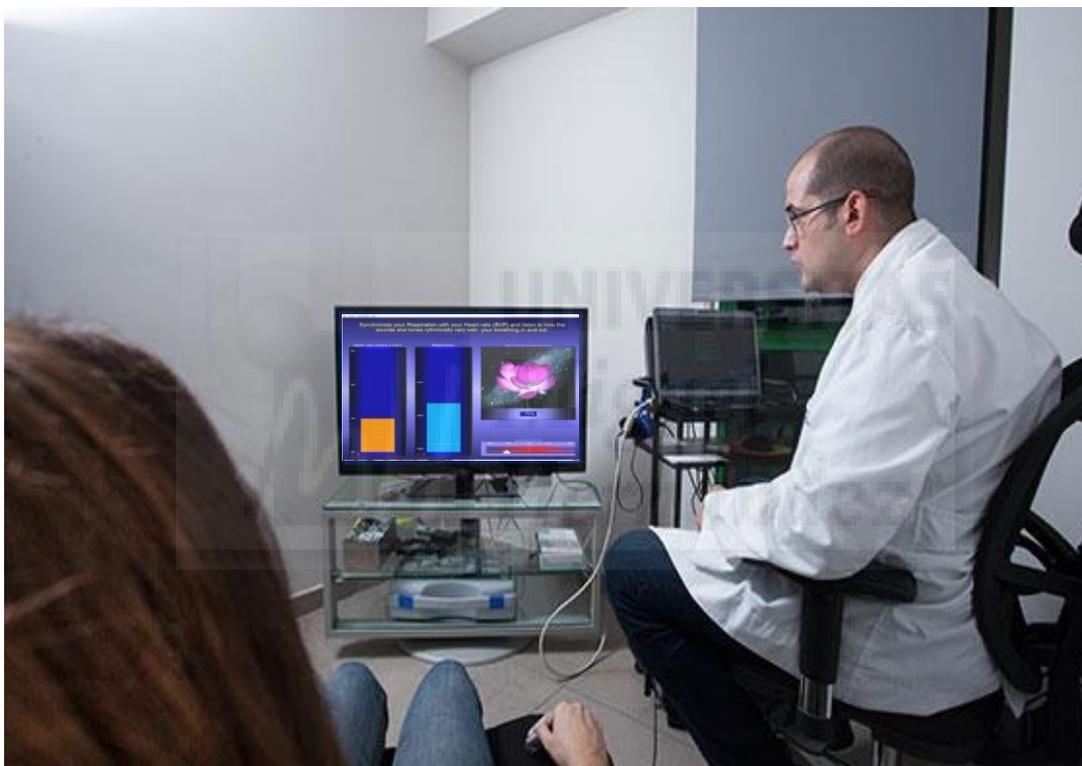
Biofeedback HRV

El participante J. fue sometido a 7 sesiones de biofeedback HRV (Figura 6) durante las 4 semanas que duró el estudio. Cada sesión tuvo una duración exacta de 20 minutos.

A los participantes se les dijo que el objetivo de este entrenamiento era el de intentar respirar de una forma lenta y controlada con el abdomen, durante la inspiración el abdomen se distendía aguantaban el aire notando la tensión del mismo y en el período de espiración el abdomen se metía hacia dentro. Sentados en un sillón cómodo se les presentaba un monitor donde observaban su línea de respiración a través de una banda piezo-eléctrica abdominal y su variabilidad cardíaca (HRV)

cuanto mejor controlaban la respiración abdominal más aumentaba la HRV, advirtiéndoles de que debían de intentar respirar de una forma cómoda que les permitiera poder mejorar su variabilidad cardíaca y encontrar un estado de bien estar. Se les indicaba a los participantes a estar atentos al feedback con el fin de obtener la estrategia más adecuada para obtener ese estado. Durante cada ensayo les resultaba más fácil llegar a ese estado. Si el ensayo era bueno se recompensaba con más HRV.

Figura 6. Sesión de biofeedback HRV



4. Resultados

Variables psicológicas

En primer lugar el análisis de los cuestionarios nos muestra que no ha habido cambios significativamente relevantes en el cuestionario STAIC (Tabla 1); mientras que los resultados del CPDR (Tabla 2) resultan sustancialmente más interesantes, ya

que tal y como se puede ver ha experimentado una mejoría significativa en los factores “Influencia de la evaluación del rendimiento” y “Habilidad mental”.

Tabla 1

Valores de las escalas del Inventario de Ansiedad Rasgo Estado para Niños (STAI-C) expresados en percentiles (PC)

Variable	Pre-test (PC)	Post-test (PC)
Ansiedad Estado	25	23
Ansiedad Rasgo	21	19

Tabla 2

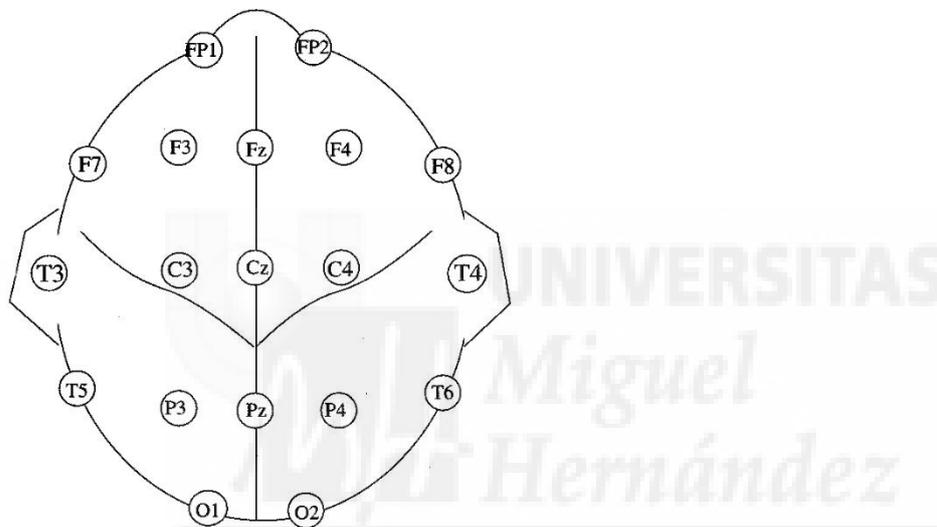
Valores del Cuestionario de Características Psicológicas asociadas al Rendimiento Deportivo expresados en percentiles (PC)

Variable	Pre-test (PC)	Post-test (PC)
Control del estrés	86	95
Influencia de la evaluación del rendimiento	15	65
Motivación	96	96
Habilidad mental	60	99
Cohesión de equipo	45	45

Activación cerebral

En lo referente al qEEG, se ha podido observar como existe normalización de la actividad eléctrica cerebral en ciertos electrodos. Estos cambios son visibles en la tabla expuesta en el Anexo A, y se corresponden de manera cualitativa con las imágenes de los qEEG. Para una mejor comprensión de las imágenes de los mapeos cerebrales; en la siguiente figura (Figura 6) se esquematiza la colocación de los electrodos.

Figura 6. Esquema de colocación de electrodos.



También cabe resaltar que en las imágenes del qEEG, la normalización se produce cuando las zonas del cerebro se blanquean, es decir las puntuaciones tienden a 0.

A continuación se expone una comparativa de los mapeos cerebrales realizados antes y después del estudio tanto en potencia absoluta como en potencia relativa en la Z-score.

Figura 7. Imágenes del mapeo cerebral en potencia absoluta en la Z-score antes del entrenamiento.

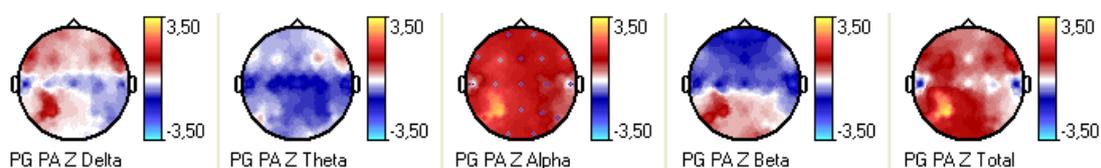
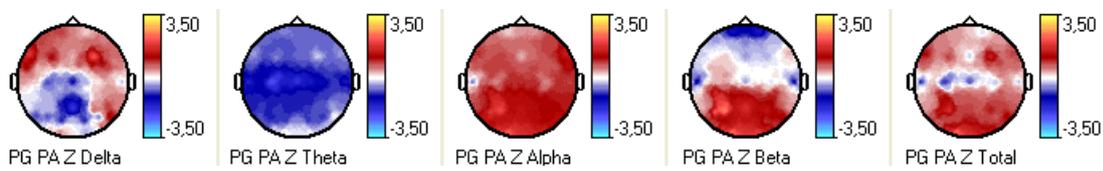


Figura 8. Imágenes del mapeo cerebral en potencia absoluta en la Z-score tras el entrenamiento.



En las figuras 7 y 8 se puede observar cómo ha existido normalización en muchas zonas, este hecho se produce de manera especial en la onda beta y por ello se muestra con mayor detalle a continuación (Figura 9 y 10). También es posible apreciar desregularizaciones en otras zonas.

Figura 9. Imágenes de las ondas beta del mapeo cerebral en potencia absoluta en la Z-score antes del entrenamiento.

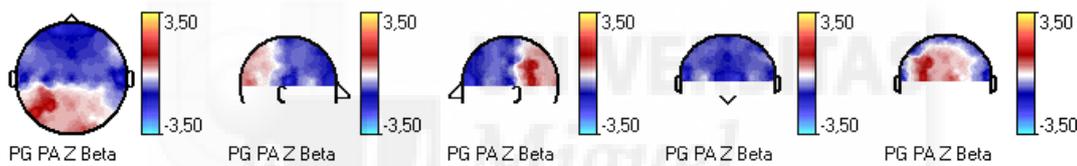


Figura 10. Imágenes de las ondas beta del mapeo cerebral en potencia absoluta en la Z-score tras del entrenamiento.

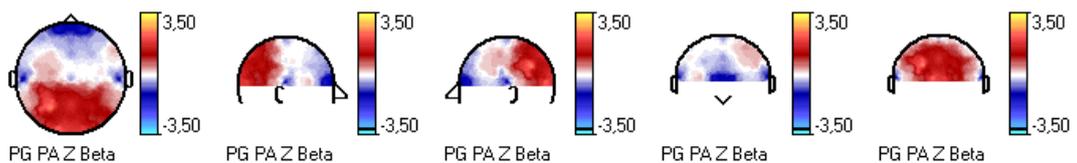


Figura 11. Imágenes del mapeo cerebral en potencia relativa en la Z-score antes del estudio.

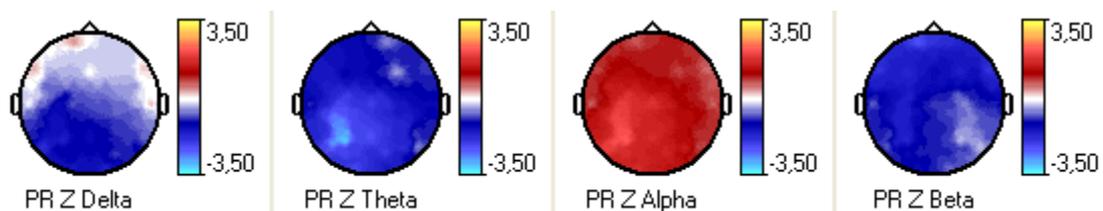
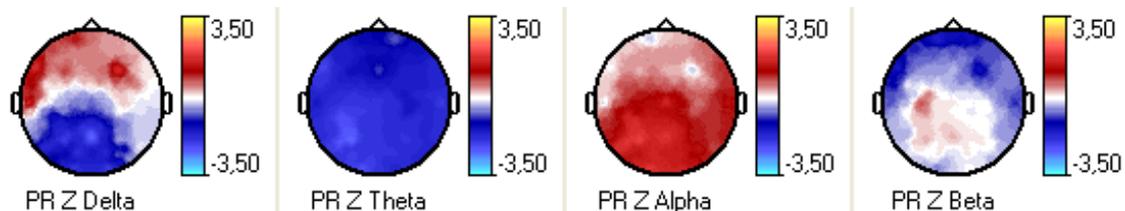


Figura 12. Imágenes del mapeo cerebral en potencia relativa en la Z-score tras el estudio.



Al igual que lo ocurrido con las potencias absolutas, en las potencias relativas (Figura 11 y 12) se observa cómo existe normalización en algunas zonas y cómo este hecho se da más acentuado en la onda beta; por ello se muestra con mayor detalle a continuación (Figura 13 y 14). En las potencias absolutas observamos como seguimos teniendo casos de desregularizaciones en algunas zonas.

Figura 13. Imágenes de las ondas beta del mapeo cerebral en potencia relativa en la Z-score antes del entrenamiento.

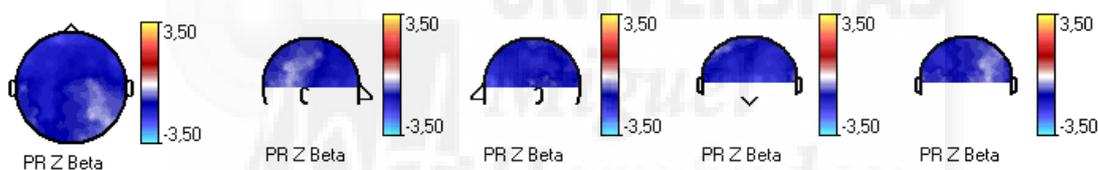
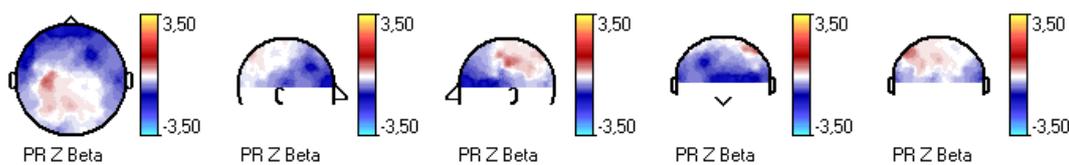


Figura 14. Imágenes de las ondas beta del mapeo cerebral en potencia relativa en la Z-score tras el entrenamiento.



De las anteriores figuras (7-14) podemos localizar el lugar en el cual se han producido las normalizaciones y desregularizaciones.

A continuación se expondrá una relación de los electrodos en los que se han producido normalizaciones (Tabla 3) y desregularizaciones (Tabla 4), junto con sus correspondientes áreas de Brodmann, para poder conocer cuáles han sido los posibles efectos psicológicos de estos cambios.

Resulta interesante averiguar las funciones que se corresponden con cada área de Brodmann, para poder así conocer cuál ha sido el posible efecto que ha tenido el entrenamiento en el participante del estudio.

Tabla 3

Relación de los electrodos en los que se han producido normalizaciones, y sus correspondientes áreas de Brodmann

Electrodo	Área de Brodmann
FP1	10
FP2	10
F3	8 y 9
FZ	8 y 9
F8	47
C3	4 y 3
CZ	4, 3 y 12
T4	21
T5	37

Tabla 4

Relación de los electrodos en los que se han producido desregularizaciones, y sus correspondientes áreas de Brodmann

Electrodo	Área de Brodmann
F7	47
F4	8,9
F8	45
T3	21
Pz	7
T6	37
T4	21
O1	18

De esta manera se puede apreciar la existencia de una mejoría en ciertas funciones relacionadas con el rendimiento deportivo, como lo son: la memoria de trabajo, la memoria espacial, juicios de valor, procesamiento de emociones y auto-reflexiones en la toma de decisiones, cálculo y procesos numéricos, integración de la atención, planificación del movimiento de los ojos, memoria a corto plazo, procesamiento de estímulos emocionales, planificación, movimientos voluntarios, funciones somatosensoriales básicas, procesamiento del lenguaje y de la audición, integración multi-modal, de la ordenación elevada de objetos y del reconocimiento facial, e integración de la información visual y motora (coordinación visio-motora).

Por otro lado se ha experimentado un empeoramiento en las siguientes funciones que podrían tener un efecto sobre el rendimiento deportivo: integración de la información visual y motora (coordinación visio-motora), integración multi-modal, de la ordenación elevada de objetos y del reconocimiento facial, procesamiento de la información visual, planificación del movimiento de los ojos, memoria de trabajo, memoria espacial, memoria a corto plazo, juicios de valor, procesamiento de estímulos emocionales, procesamiento de emociones y auto-reflexiones en la toma de decisiones, cálculo y procesos numéricos.

Rendimiento deportivo

En cuanto al resultado en el campeonato de España juvenil de baile deportivo, J. se proclamó campeón de España juvenil en la modalidad de baile latino.

Nivel de satisfacción del niño con la intervención

Por otro lado la opinión subjetiva del participante acerca de efecto que ha tenido el entrenamiento sobre su rendimiento deportivo y en su vida diaria, es que ha mejorado su nivel de atención, y que tras el entrenamiento le resulta más sencillo concentrarse y consigue hacerlo durante más tiempo. También ha indicado que recuerda con mayor facilidad algunas cosas que antes le costaban un poco, como las tareas que le mandan en clase para hacer en casa.

5. Discusión y conclusiones

El presente estudio pretendía mostrar el efecto positivo del entrenamiento en neurofeedback alpha/theta, neurofeedback SMR y biofeedback HRV en el rendimiento deportivo de un niño que práctica baile deportivo. En general, los resultados mostraron dicho efecto positivo del entrenamiento en el rendimiento deportivo. Sin embargo, cabe destacar que los resultados hallados no fueron totalmente consistentes en relación con las cuatro hipótesis planteadas y deben ser matizados a continuación.

En primer lugar, las puntuaciones en el cuestionario STAI-C no han mostrado diferencias significativas tras el entrenamiento, aunque cabe mencionar que el participante partía de unos niveles de ansiedad bajos. Este hecho resulta contradictorio al observar cómo sí que se ha producido una variación de la actividad cerebral que no se corresponde directamente con cambios en la puntuación de ansiedad. Esto podría deberse a que los cambios en la actividad cerebral son previos a los cambios psicológicos y conductuales, explicación se correspondería con lo expuesto por Eegner y Gruzelier en 2004. En cuanto a los resultados del CPDR, estos desvelan una mejoría significativa en los factores “Influencia de la evaluación del rendimiento” y “Habilidad mental”, dos variables que han podido suponer una gran influencia en el rendimiento de J.

En segundo lugar, en lo referente a los resultados del qEEG, se hallaron cambios significativos en la actividad cerebral en la potencia absoluta y la potencia relativa respecto de la puntuación Z. Así, observamos resultados mucho más contundentes que con los cuestionarios, siendo algunos de éstos especialmente interesantes. Un ejemplo es que se ha producido una normalización de la actividad cerebral, mejorado áreas relacionadas con funciones motrices, de memoria a corto plazo, memoria de trabajo o control de emociones entre otras. No obstante, los resultados del qEEG también arrojan resultados opuestos. Así, se encuentra que

durante las 4 semanas de entrenamiento no solo se produjo una normalización de la actividad cerebral, sino que en algunas áreas se ha aumentado la desviación. Aunque éstos cambios son menores, existen desviaciones de la normalización de la actividad cerebral que han podido afectar otras áreas del cerebro, algunas de ellas con una función similar a las mejoradas en otras zonas, con la importante excepción de que no se ha visto afectada el área motriz. Este hecho puede venir explicado por las características de los entrenamientos utilizados, aunque bien es cierto que se han producido un mayor número de normalizaciones que de desviaciones y que a primera vista las funciones normalizadas guardan una mayor relación directa con el rendimiento deportivo. Este hecho seguiría la línea de lo expuesto por Collura, Guan, Tarrant, Bailey y Starr (2010), quiénes apuntan a la existencia de la posibilidad de que a pesar de que se entrene una determinada actividad cerebral, se produzca simultáneamente una sobrecompensación y en primera estancia se observen resultados contradictorios.

En este estudio se ha podido observar cómo se ha producido un alto porcentaje de abandonos, justificados todos ellos porque los participantes se encontraban en épocas de exámenes y priorizaron sus obligaciones académicas frente al entrenamiento. Algo totalmente comprensible. Pero bien es cierto que encontrar participantes no fue tarea nada fácil, y es que todavía existe mucho desconocimiento e incredulidad sobre estas novedosas técnicas.

En tercer lugar, existe el dato objetivo de que el participante resultó ganador del campeonato de España juvenil de baile deportivo en la modalidad de baile latino (De Vicente, 2015). No obstante, este dato es aislado y al carecer de una línea base en el rendimiento deportivo no se puede cuantificar la existencia o no de una mejora debida al entrenamiento.

Por último, J. reconoció que su nivel de concentración había mejorado de manera significativa. Pero una vez más este dato carece de solidez para apoyar

nuestras conclusiones. Es por ello que debemos centrarnos en los datos de las pruebas objetivas.

Este estudio tiene tres grandes limitaciones. La primera de ellas es el tiempo y el número de sesiones, tan solo se dispusieron de 4 semanas y normalmente se requieren unas 20 sesiones de neurofeedback para observar cambios significativos; pero todo el procedimiento es costoso y hay que agradecer a la Clínica Alevia y todo su equipo por el servicio prestado y su ayuda desinteresada. En segundo lugar se ha carecido de una evaluación de la línea base del rendimiento del participante; habría resultado interesante haber dispuesto de evaluadores objetivos (por ejemplo, jueces de baile deportivo o entrenadores) del rendimiento del deportista antes y después del entrenamiento, y haber dispuesto de pruebas psicológicas más amplias. En último lugar la utilización de un estudio de caso limita la capacidad de generalización de los resultados. No obstante, la muestra inicial de 6 bailarines era mayor, pero diferentes cuestiones recondujeron el trabajo hacia este diseño. Además, como se acaba de mencionar son técnicas muy costosas y aún existen ciertos prejuicios que provocan un todavía alto desconocimiento en este tipo de entrenamientos.

Por último, a partir de lo señalado anteriormente, parece acertado señalar que el entrenamiento en neurofeedback alpha/theta, neurofeedback SMR y biofeedback HRV tienen aplicaciones muy prometedoras más allá de poblaciones clínicas y que es posible su utilización para mejorar el rendimiento deportivo y personal. Pero lo que sí que resulta oportuno recalcar es la necesidad de aplicar el neurofeedback con el conocimiento apropiado y ayudándonos de un qEEG previo; de esta forma se evitará provocar un efecto perjudicial sobre el paciente y se podrá actuar sobre su actividad cerebral de manera más precisa. Dicho de otro modo, no todos los deportes ni todas las personas requieren la misma intervención ni el mismo entrenamiento en neurofeedback, ya que este puede tener efectos adversos en caso de que se haga un uso inadecuado (Landers et al., 1994). Lo que sí parece cierto es que el

neurofeedback está demostrando ser un innovador tratamiento que atesora un gran potencial para mejorar la concentración y la atención, disminuir la ansiedad, e incluso ayudar en el proceso de rehabilitación tras una lesión cerebral. Se espera y se desea que más y más estudios de calidad sean realizados en esta área y que se consiga una regularización profesional de la formación y uso del neurofeedback.

6. Referencias

Aguilar, L., Rodríguez, R. F., Marrero P., García R. y Morgade R. M. (2012). Análisis espectral del electroencefalograma en pacientes con epilepsia rolándica. *Revista Habanera de Ciencias Médicas*, 11 (1), 45-50.

Alconedo, L. (2006). *Medicid 5 electroencefalografo digital*. Neuronic Mexicana. Disponible en: <http://www.neuronicmexicana.com.mx/medicid.htm>

Association for Applied Psychophysiology and Biofeedback (AAPB) (2008). *Standards for Performing Biofeedback*. Disponible en: <http://www.aapb.org/i4a/pages/index.cfm?pageid=3678#II>

Centro para el control estatal de medicamentos, equipos y dispositivos médicos de Cuba (CECMED) (2015). *Certificados de buenas prácticas. Equipos y dispositivos médicos*. Ed. [pdf] Disponible en: http://www.cecmec.com.cu/sites/default/files/adjuntos/inspecciones/equipos_m/certificados_de_buenas_practicas_2015.pdf

Chen, W., y Black, J. (2005). Quantitative analysis of the sleep electroencephalogram. En C. Guilleminault (Ed.), *Handbook of Clinical Neurophysiology: Clinical Neurophysiology of Sleep Disorders* (pp. 103- 147) . Amsterdam: Elsevier.

Collura, T., Guan, J., Tarrant, J., Bailey, J. y Starr, F. (2010). EEG Biofeedback Case Studies Using Live Z-Score Training and a Normative Database. *Journal of Neurotherapy: Investigations in Neuromodulation, Neurofeedback and Applied Neuroscience*, 14 (1), 22-46.

International Olympic Committee (1997). IDSF and DanceSport now fully Recognised by IOC. Disponible en:
<http://web.archive.org/web/20090221130234/http://idsf.net/press97/idsfp172.htm>

De Vicente, E. (2015). *Clinica Alevia entrena a los nuevos campeones de España juveniles de baile deportivo modalidad latinos*. Disponible en:
<http://www.clinicaalevia.com/nuevos-campeones-de-espana-de-baile-deportivo-cat-juvenil-entrenados-por-clinica-alevia/>

Egner, T. y Gruzelier, J. H. (2003). Ecological validity of neurofeedback: Modulation of slow-wave EEG enhances musical performance. *Neuroreport*, 14 (9), 1221–1224.

Egner, T. y Gruzelier, J. H. (2004). The temporal dynamics of electroencephalographic responses to alpha/theta neurofeedback training in healthy subjects. *Journal of Neurotherapy*, 8 (1), 43–58.

Fazey, J., y Hardy, L. (1988). *The inverted-U hypothesis: a catastrophe for sport psychology*. British Association of Sports Sciences Monograph 1. Leeds: The National Coaching Foundation.

Flores, L. J., Ramírez, J. y Ramos, J. (2005). Utilidad del análisis cuantitativo del electroencefalograma en el estudio de las demencias. *Revista de neurología*, 41 (1) 22-26.

García-Berjillos, E., Aliño, M., Gadea, M., Espert, R. y Salvador, A. (2015). Eficacia del neurofeedback para el tratamiento de los trastornos del espectro autista: una revisión sistemática. *Revista de Psicopatología y Psicología Clínica*, 20, (2), 151-163.

Gimeno, F., Buceta, J. M. y Pérez-Llantada, M. C. (2001). El cuestionario “Características Psicológicas relacionadas con el Rendimiento deportivo” (CPRD): Características psicométricas. *Análise Psicológica*, 1 (19), 93-113.

González-Fernández, M. D. (2010). Evaluación psicológica en el deporte: aspectos metodológicos y prácticos. *Papeles del Psicólogo*, 31 (3) 250-258.

- Guillén-Riquelme, A. y Buela-Casal, G. (2011). Actualización psicométrica y funcionamiento diferencial del ítem en el State Trait Anxiety Inventory (STAI). *Psicothema*, 23, 510-515.
- Hammond, D. C. (2005). Neurofeedback with anxiety and affective disorders. *Child & Adolescent Psychiatric Clinics of North America*, 14 (1), 105-123.
- Hammond, C. (2007). Neurofeedback for the Enhancement of Athletic Performance and Physical Balance. *The Journal of the American Board of Sport Psychology*, 1.
- Haufler, A. J., Spalding, T. W., Santa Maria, D. L., y Hatfield, B. D. (2000). Neurocognitive activity during a self-paced visuospatial task: Comparative EEG profiles in marksmen and novice shooters. *Biological Psychology*, 53, 131-160.
- Joseph, R. (1996). *Neuropsychiatry, Neuropsychology, and Clinical Neuroscience* (Cuarta edición). St. Louis: Mosby.
- Landers, D. M., Han, M., Salazar, W., Petruzzello, S. J., Kubitz, K. A., y Gannon, T. L. (1994). Effect of learning on electroencephalographic and electrocardiographic patterns in novice archers. *International Journal of Sports Psychology*, 22, 56-71.
- López, I. S., Jaenes, J. C. y Cárdenas, D. (2013). Adaptación para futbolistas (CPRD-F) del cuestionario "características psicológicas relacionadas con el rendimiento deportivo". *Cuadernos de Psicología del Deporte*, 13 (2), 21-30.
- Monastra, V. J. (2005). Electroencephalographic biofeedback (neurotherapy) as a treatment for attention deficit hyperactivity disorder: Rationale and empirical foundation. *Child & Adolescent Psychiatric Clinics of North America*, 14 (1), 55-82.
- Nordli, D. R. (2006). Usefulness of Video-EEG Monitoring. *Epilepsia*, 47 (1): 26-30.
- Peniston, E. G. y Kulkosky, P. J. (1990). Alcoholic personality and alpha-theta brainwave training. *Medical Psychotherapy*, 3, 37-55.

- Raymond, J., Sajid I., Parkinson, L. y Gruzelier, J. (2005). Biofeedback and Dance Performance: A Preliminary Investigation. *Applied Psychophysiology and Biofeedback*, 30 (1).
- Ros, T., Munneke, M. A., Parkinson, L. A. y Gruzelier, J. H. (2014). Neurofeedback facilitation of implicit motor learning. *Biological Psychology*, 95, 54-58.
- Salazar, W., Landers, D. M., Petruzzello, S. J. y Han, M. (1990). Hemispheric asymmetry, cardiac response, and performance in elite archers. *Research Quarterly in Exercise & Sport*, 61 (4), 351-359.
- Sherlin, L., Gevirtz, R., Wyckoff, S. y Muench, F. (2009). Effects of respiratory sinus arrhythmia biofeedback versus passive biofeedback control. *International Journal of Stress Management*, 16 (3), 233-248.
- Spielberger, C. D. (1973). *Inventario de Ansiedad Estado-Rasgo para niños, STAIC*. Palo Alto: Consulting Psychologists Press.
- Spielberger, C. D., Gorsuch, R. R. y Lushene, R. E. (1982). *STAI. Cuestionario de Ansiedad Estado/Rasgo*. Madrid: Técnicos Especialistas Asociados (TEA).
- Spielberger, C. D., Gorsuch, R. L. y Lushene, R. E. (2008). *STAI. Cuestionario de ansiedad estado-rasgo (7ª ed. rev.)*. Madrid: TEA.
- Sterman, M. B. (2000). Basic concepts and clinical findings in the treatment of seizure disorders with EEG operant conditioning. *Clinical Electroencephalography*, 31 (1), 45-55.
- Sterman, M.B. y Egner, T. (2006). Foundation and practice of neurofeedback for the treatment of epilepsy. *Applied Psychophysiology and Biofeedback*, 31 (1), 21-35.
- Talamillo, T. (2011). Manual básico para enfermeros en electroencefalografía. *Enfermería Docente*, 94, 29-33.
- Tamorri, S. (2004). *Neurociencias y deporte: Psicología deportiva, procesos mentales del atleta*. Barcelona: Paidotribo.

Tranel, D. (2002). Functional neuroanatomy. En S. C. Yudofsky y R. E. Hales (Eds). *Textbook of Neuropsychiatry & Clinical Neurosciences*, 4a edición (pp. 71-112). Washington D.C.: American Psychiatric Publishing.

Valdivia, I., Aguilar, L. y Francisco, A. (2007). Relación entre electroencefalograma y neuroimagen en niños con epilepsia focal de difícil control. *Revista Cubana de Pediatría*, 81 (3).

Valdivia, I. y Marrero, P. (2012). Caracterización etiológica del síndrome de Lennox-Gastaut sintomático. *Revista Cubana de Pediatría*, 84 (1), 22-32.

Yerkes, R. M. y Dodson, J. D. (1908). The relation of strength of stimulus to the rapidity of habit formation. *Journal of Comparative Neurology and Psychology*, 18, 459-482.



Anexo A

Tabla 5

Valores de la potencia absoluta del qEEG expresados en Z-score de los distintos electrodos, en las distintas ondas, antes y después del estudio

		Pre-test, Potencia Absoluta	Post-test, Potencia Absoluta
FP1	Delta	0,701	1,006
	Theta	-0,351	-0,472
	Alpha	1,400	0,359
	Beta	-1,735	-1,163
Fp2	Delta	0,242	0,374
	Theta	0,024	-0,532
	Alpha	1,704	0,588
	Beta	-1,347	-1,338
F7	Delta	1,298	1,946
	Theta	0,194	-0,319
	Alpha	1,879	1,056
	Beta	-0,344	-0,055
F3	Delta	0,835	1,297
	Theta	0,220	-0,404
	Alpha	2,263	1,015
	Beta	-0,648	0,286
Fz	Delta	0,169	0,435
	Theta	-0,502	-0,537
	Alpha	1,216	0,466
	Beta	-1,032	-0,342
F4	Delta	0,776	2,307
	Theta	0,551	-0,142
	Alpha	1,696	0,816
	Beta	-0,760	-0,266

Tabla 5
(Continuación)

		Pre-test, Potencia Absoluta	Post-test Potencia Absoluta
F8	Delta	1,579	0,793
	Theta	0,980	-0,324
	Alpha	2,018	1,627
	Beta	-0,002	0,409
T3	Delta	-1,052	0,507
	Theta	-1,515	-1,493
	Alpha	-0,262	-0,586
	Beta	-1,447	-1,184
C3	Delta	-0,299	-0,634
	Theta	-1,095	-2,009
	Alpha	1,974	0,644
	Beta	-0,969	0,462
Cz	Delta	-0,601	0,933
	Theta	-1,454	-1,774
	Alpha	1,543	1,059
	Beta	-0,944	-0,287
C4	Delta	-0,534	0,229
	Theta	-1,099	-1,114
	Alpha	0,983	0,620
	Beta	-0,630	0,042
T4	Delta	-0,842	-0,172
	Theta	-1,657	-1,351
	Alpha	-0,293	0,925
	Beta	-1,951	-1,057
T5	Delta	0,644	-0,595
	Theta	0,404	-0,643
	Alpha	2,503	1,532
	Beta	1,694	0,866

Tabla 5
(Continuación)

		Pre-test, Potencia Absoluta	Post-test Potencia Absoluta
P3	Delta	1,884	-0,201
	Theta	-0,063	-0,778
	Alpha	3,264	2,140
	Beta	1,721	2,694
Pz	Delta	0,300	-1,739
	Theta	-0,785	-0,876
	Alpha	1,772	1,494
	Beta	0,658	1,780
P4	Delta	-0,281	0,759
	Theta	-0,901	-0,633
	Alpha	1,124	1,337
	Beta	0,461	1,515
T6	Delta	-0,590	1,400
	Theta	0,030	0,084
	Alpha	0,773	1,413
	Beta	0,228	1,277
O1	Delta	0,142	0,692
	Theta	-0,554	0,239
	Alpha	1,684	2,323
	Beta	0,461	2,449
O2	Delta	0,041	-0,240
	Theta	0,127	0,087
	Alpha	1,514	1,702
	Beta	0,980	1,994

Tabla 6

Valores de la potencia relativa del qEEG expresados en Z-score de los distintos electrodos, en las distintas ondas, antes y después del estudio

		Pre-test Potencia Relativa	Post-test Potencia Relativa
FP1	Delta	0,486	1,205
	Theta	-1,023	-1,063
	Alpha	0,847	-0,107
	Beta	-1,996	-1,441
Fp2	Delta	-0,138	0,581
	Theta	-0,457	-0,687
	Alpha	1,172	0,435
	Beta	-1,576	-1,224
F7	Delta	0,454	1,777
	Theta	-1,275	-1,909
	Alpha	1,020	0,069
	Beta	-1,703	-1,329
F3	Delta	-0,207	0,946
	Theta	-0,949	-1,205
	Alpha	1,396	0,429
	Beta	-1,554	-0,361
Fz	Delta	0,086	0,667
	Theta	-0,921	-0,797
	Alpha	1,160	0,474
	Beta	-1,124	-0,247
F4	Delta	-0,097	1,799
	Theta	-0,350	-1,395
	Alpha	0,945	-0,152
	Beta	-1,445	-1,223
F8	Delta	0,313	-0,171
	Theta	-0,714	-1,463
	Alpha	0,765	1,094
	Beta	-1,670	0,386

Tabla 6
(Continuación)

		Pre-test Potencia Relativa	Post-test Potencia Relativa
T3	Delta	0,142	1,813
	Theta	-0,735	-1,262
	Alpha	0,807	0,099
	Beta	-0,529	-0,640
C3	Delta	-1,075	-0,195
	Theta	-1,966	-1,752
	Alpha	2,084	1,243
	Beta	-1,391	0,826
Cz	Delta	-0,659	-0,540
	Theta	-1,866	-1,761
	Alpha	1,904	1,684
	Beta	-0,720	0,241
C4	Delta	-0,485	0,289
	Theta	-1,245	-1,239
	Alpha	1,339	0,806
	Beta	-0,456	0,129
T4	Delta	0,458	-0,030
	Theta	-1,046	-1,831
	Alpha	0,786	1,486
	Beta	-0,844	-0,896
T5	Delta	-1,574	-1,557
	Theta	-1,928	-1,833
	Alpha	2,010	1,873
	Beta	-0,652	-0,097
P3	Delta	-1,366	-1,837
	Theta	-2,880	-2,287
	Alpha	2,400	2,087
	Beta	-1,556	0,473

Tabla 6
(Continuación)

		Pre-test Potencia Relativa	Post-test Potencia Relativa
Pz	Delta	1,096	2,288
	Theta	-2,019	-1,679
	Alpha	1,790	1,923
	Beta	-0,848	0,420
P4	Delta	-0,814	-0,376
	Theta	-1,522	-1,671
	Alpha	1,373	1,184
	Beta	-0,165	0,177
T6	Delta	-1,003	-0,046
	Theta	-0,442	-1,463
	Alpha	0,996	0,989
	Beta	-0,204	-0,265
O1	Delta	-1,299	-1,692
	Theta	-1,936	-2,045
	Alpha	1,797	1,901
	Beta	-1,111	-0,404
O2	Delta	-1,348	-1,819
	Theta	-1,282	-1,534
	Alpha	1,509	1,680
	Beta	-0,525	0,154