

# DISCRIMINACIÓN DE LA TENSIÓN MUSCULAR MEDIANTE ENTRENAMIENTO EN BIOFEEDBACK- ELECTROMIOGRÁFICO<sup>1</sup>

Pablo Jodra

**PALABRAS CLAVE:** Biofeedback, EMG, tiro con arco.

**RESUMEN:** La intervención muscular, que condiciona el desarrollo de la técnica en las distintas modalidades de deportes de precisión (tiro con arco, tiro olímpico, golf, saltos, etc.), aparece reflejada en el proceso de autorregulación de los niveles de tensión experimentados en grupos musculares específicos. La utilización del BF-EMG resulta sumamente eficaz como mecanismo de ayuda para el aprendizaje del control sobre la tensión muscular; la información suministrada por el aparato de biofeedback respecto de la tensión producida en un músculo determinado, posibilita la respuesta del organismo para aumentar o reducir ese valor real hacia otro ideal o buscado. Siguiendo la explicación del modelo discriminativo (Alexander, 1975; Kotses y Glaus, 1982), la respuesta del músculo entrenado y la de los músculos adyacentes son independientes, no existiendo asociación alguna entre ellas.

En este trabajo se presentan los resultados del programa de intervención diseñado para la modalidad de tiro con arco; el deportista debe conseguir que los músculos de la mano relacionados con el dedo de disparo estén relajados, mientras que el resto de los músculos de la mano y del brazo están realizando la fuerza suficiente para mantener el arco abierto y rígido durante el tiempo que precisa para apuntar en la diana.

---

Correspondencia: Pablo Jodra. Naciones, 3-1º Izqda. 28006 Madrid. E-mail: paar@correo.cop.es

<sup>1</sup> Una versión preliminar de este artículo se presentó como comunicación oral al VII Congreso Nacional

Esta posibilidad de discriminación de las sensaciones asociadas a las respuestas musculares permite la generalización del proceso de control de la tensión a otros músculos o grupos musculares distintos al entrenado.

KEY WORDS: Biofeedback, EMG, archery.

ABSTRACT: Muscular intervention, which determines the technique's development in different precision sports (archery, pistol shooters, golf, waterfalls, etc.), appears reflected at the autorregulation process of the tension levels experimented in specific muscular groups. The use of BF-EMG results very efficient as a help mechanism to learn the control of muscular tension; the information provided by biofeedback appliance with regard to the tension produced in a definite muscle, it makes possible the organism response to increase or reduce from this real value to another ideal or searched. Following the explanation of the discriminatory model (Alexander, 1975; Kotses & Glaus, 1982), the response of the trained muscle and the adjacent muscles are independent, without any association between both of them.

In this study there are presented the results of the intervention programme especially designed to archery; the sportsman has to get that the hand's muscles related to shooting finger were relaxed, while the

rest of the hand muscles and the arm are making force enough to keep the archery open and firm during the time necessary to point at the bull's eye.

That possibility of discrimination from sensations associated to muscular responses allow the generalization of the control process of the tension to other muscles or muscle groups different from trained.

## Introducción

La utilización de la técnica del biofeedback electromiográfico (BF-EMG) supone un procedimiento eficaz en el aprendizaje sobre el control de la tensión muscular; entre los modelos que se han propuesto para explicar la función que desempeña la señal de feedback en este proceso, los estudios parecen apoyar el modelo discriminativo de Alexander (1975).

Según este modelo, el feedback permite al sujeto entrenado diferenciar entre la ocurrencia y la ausencia de la respuesta; es decir, la señal de feedback al ser contingente con la respuesta favorece la identificación, por parte del sujeto, de las sensaciones asociadas a la misma, hasta que se produce su autocontrol. El entrenamiento en BF-EMG

consistiría en el aprendizaje de una habilidad motora, según la cual la respuesta del músculo entrenado y la de los músculos adyacentes son independientes, no existiendo asociación alguna entre ellas (Kotses & Glaus, 1982). Por lo tanto, el biofeedback electromiográfico es un procedimiento sumamente discriminativo y específico de la zona muscular en que se centra el entrenamiento.

Cuando la actividad requiere distintos niveles de tensión en grupos musculares próximos, la intervención con biofeedback irá dirigida al aprendizaje diferenciado del grado de tensión necesario. En los ensayos de entrenamiento la atención que presta el sujeto debe permitir el trabajo selectivo de una zona concreta integrando las experiencias en un continuo de acción (Jodra, 1999).

No obstante, la asociación entre la información recibida y la actividad fisiológica, permite interiorizar las sensaciones y grabarlas, de tal manera que el proceso, realizado en sucesivos ensayos, aporta los esquemas necesarios para conseguir

el control voluntario de la respuesta fisiológica. Este aprendizaje puede emplearse para otras zonas del organismo e incluso para otras señales fisiológicas diferentes. Por lo tanto, no se trataría de un proceso de generalización, sino más bien de la aplicación efectiva de un mecanismo interno del sujeto.

En el ámbito de la actividad física y el deporte, el proceso de control de los niveles de tensión en zonas musculares concretas, supone una ayuda en la preparación y corrección de las técnicas y de los esfuerzos y movimientos que requieren las acciones deportivas. Las respuestas psicofisiológicas constituyen señales precisas y objetivas sobre como afronta el sujeto la actividad requerida. Muchas veces, un pequeño movimiento incontrolado o un nivel elevado de tensión en un grupo muscular específico, representan la posibilidad de cometer errores en acciones que parecen asimiladas por el deportista.

En este trabajo se presentan los resultados del programa de intervención que se realizó con un deportista de tiro con arco, basado en la aplicación de la técnica del biofeedback para la discriminación de la tensión muscular. Los datos corresponden a los valores directos recogidos en las sesiones de entrenamiento; no obstante hay que tener en cuenta que esta intervención formaba parte de un programa general de preparación mental del deportista donde se trabajaron otros contenidos que potenciaban el aprendizaje del autocontrol en el momento del disparo.

## Método

### Sujeto

La intervención se realizó con un deportista de 23 años, que practica tiro con arco en la modalidad de poleas. Está considerado entre los mejores de su especialidad en el ámbito nacional, y participa asiduamente en competiciones internacionales.

Tanto el deportista como el entrenador percibían que en el momento del disparo, el dedo pulgar efectuaba movimientos incontrolados de aproximación al disparador, notando el deportista tensión en esa zona. Esto ocasionaba errores de precisión, fallos en la ejecución técnica y falta de control ante situaciones de presión.

Cuando el deportista va a disparar la flecha, la zona de la mano que corresponde al dedo pulgar, que es el que origina el disparo, debería estar totalmente relajada; con ello se consigue que el gesto del disparo sea repentino para el sujeto y no lo busque con movimientos de acercamiento que pueden afectar a la salida de la flecha. En cambio, la zona de la mano que forman los dedos anular, índice y corazón, debe estar con gran tensión al tener que sujetar el agarre de la cuerda del arco.

El aprendizaje de la tensión diferencial en una zona próxima del organismo, permite al deportista separar la focalización de la atención cuando efectúa el disparo, pudiendo realizar el proceso desde la diana, pasando por el visor y llegando a la sensación interna óptima que será la que desencadene el acercamiento del dedo pulgar al disparador.

Jodra, P.

Discriminación de la tensión muscular mediante ...

**Procedimiento y Resultados**

El programa de trabajo se realizó en cuatro fases de aprendizaje progresivo y mantenimiento de los efectos:

*1ª Fase:*

*Aprendizaje de la relajación muscular progresiva.* Se utilizó el método de relajación muscular

progresiva de Jacobson, pero tanto en los ejercicios de tensión-relajación como en el número de repeticiones, la mano constituía gran parte del proceso de aprendizaje.

*2ª Fase:*

*Realización de ejercicios de acercamiento del dedo pulgar al disparador.* Utilizamos el disparador del arco como único soporte para el

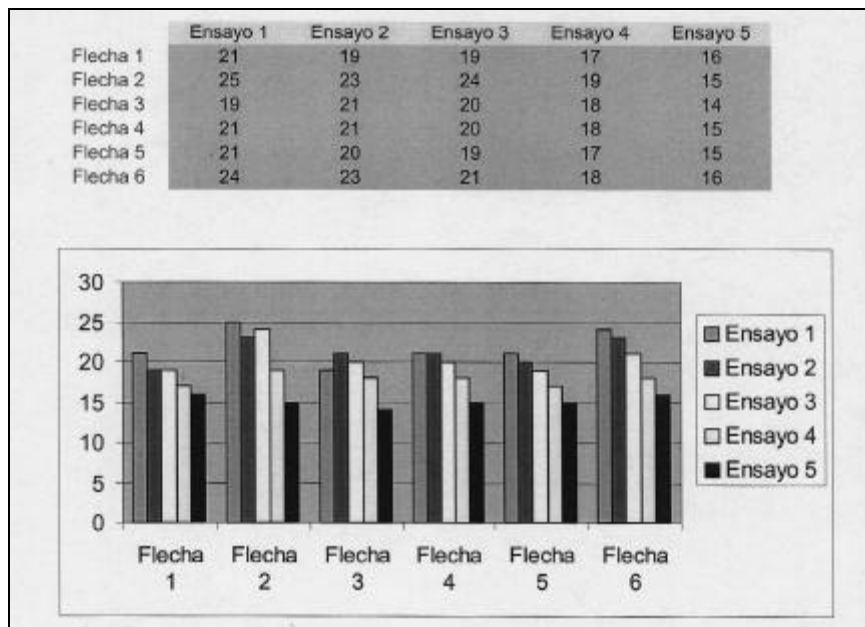


Tabla y Figura 1. Tensión del dedo pulgar en microvoltios, durante la sesión de

desarrollo de la práctica, y conectamos el BF-EMG en la parte de la mano que forma parte de la actividad del dedo pulgar donde queremos registrar el nivel de tensión que experimenta. Para ello colocamos los tres electrodos, dos activos sobre la Eminencia Tenar y el

tercero sobre el Músculo Palmar Corto.

Después de la explicación sobre la técnica del biofeedback, y pasado el período de adaptación al instrumental, el deportista debía realizar el mecanismo de disparo.

Realizamos una serie de seis

intentos para obtener la línea base sobre la cual poder trabajar. Se obtienen valores que oscilan entre los 340 microvoltios cuando efectúa el montaje de la flecha y los 20 microvoltios en el momento de disparar. Con estos valores, el comentario del deportista es que siente tensión en el dedo de disparo.

En los ensayos de la sesión de intervención, el deportista recibía un feedback auditivo, donde oía un tono cuando el nivel de tensión era 20 ó más microvoltios. Su tarea consistía en intentar bajar el tono a medida que iba relajando la zona del dedo pulgar (el resto de la mano seguía teniendo la tensión necesaria para mantener el arco abierto). Los resultados de la sesión se pueden ver en la Tabla y Figura 1.

Observamos como al final de la sesión, los niveles de tensión se estabilizan en 16 microvoltios.

El deportista debía practicar el ejercicio en los próximos días sin la presencia del feedback.

**3ª Fase:**

*Realización de ejercicios de disparo con el arco pero sin flechas.* La colocación de los electrodos se hizo como en la fase anterior.

En el primer ensayo, la tarea del deportista fue reducir el tono situado en un umbral de 16 microvoltios. Así, los resultados de los cinco ensayos los podemos ver en la Tabla y Figura 2.

Nos encontramos como al final de la sesión, el nivel de tensión quedaba por debajo de 10, y su apreciación subjetiva fue de muy poca tensión en el dedo de disparo.

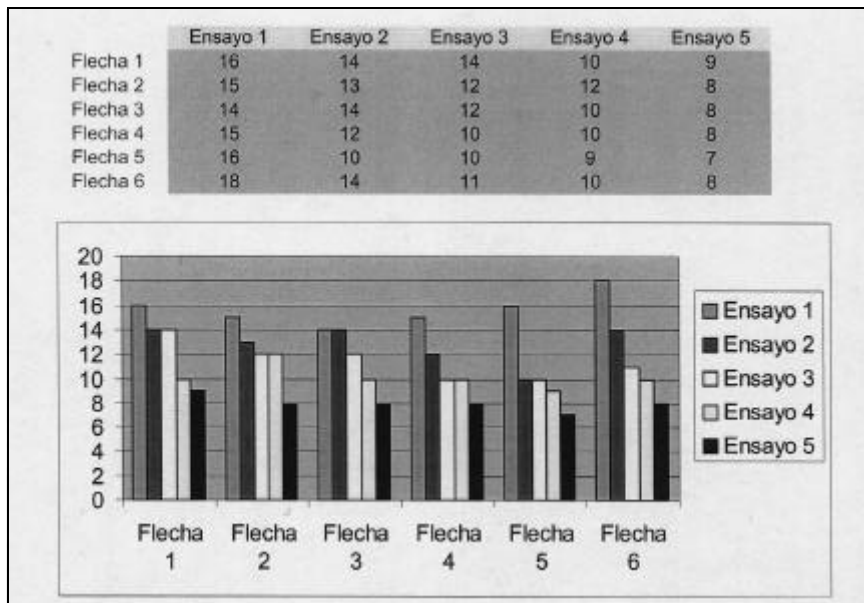


Tabla y Figura 2. Tensión del dedo pulgar en microvoltios, durante la sesión de

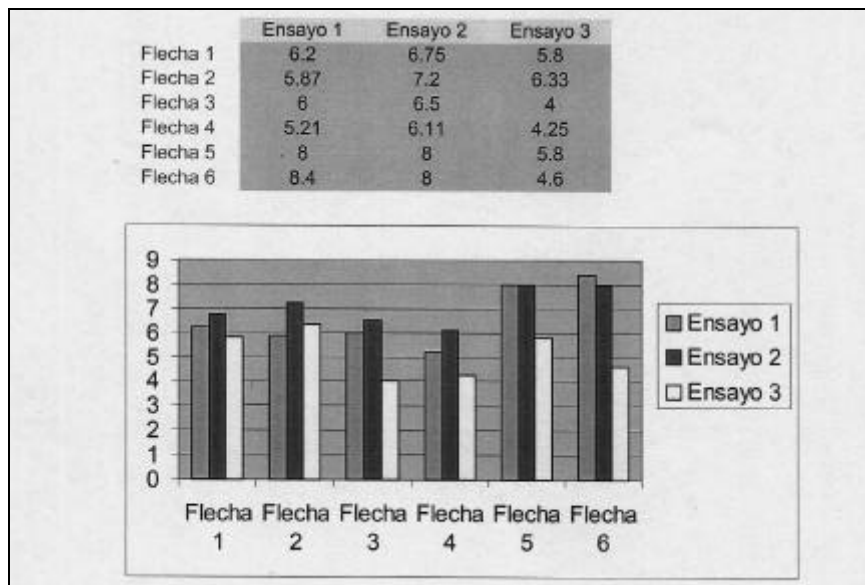


Tabla y Figura 3. Tensión del dedo pulgar en microvoltios, durante la sesión de

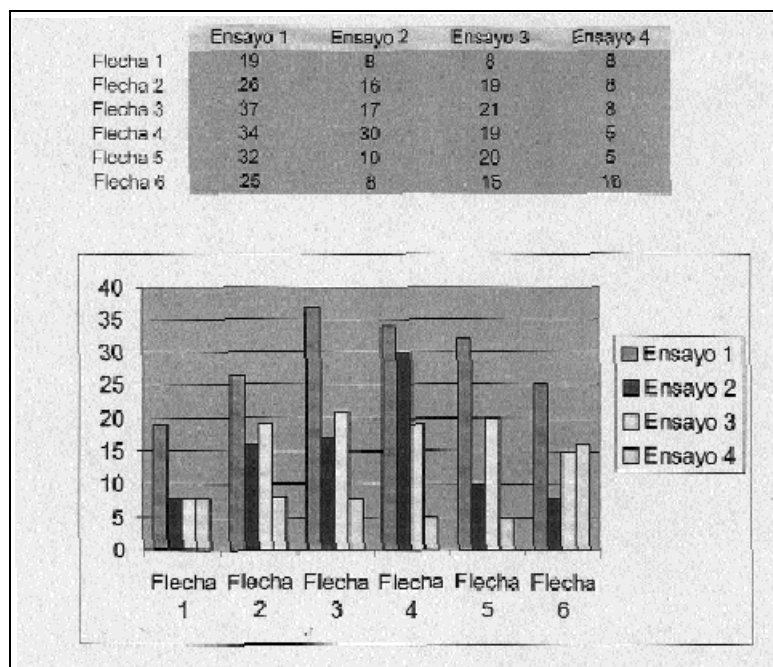


Tabla y Figura 4. Tensión del dedo pulgar en microvoltios, correspondientes a los 4

Jodra, P.

Discriminación de la tensión muscular mediante ...

Se recomendó continuar con la práctica sin instrumental de biofeedback.

A la semana siguiente se hizo un nuevo registro con la finalidad de comprobar si los valores obtenidos al

final de la sesión anterior estaban estabilizados (Tabla y Figura 3)

Comprobamos como seguía el proceso de aprendizaje donde el deportista era capaz de mantener e incluso reducir la tensión del dedo de

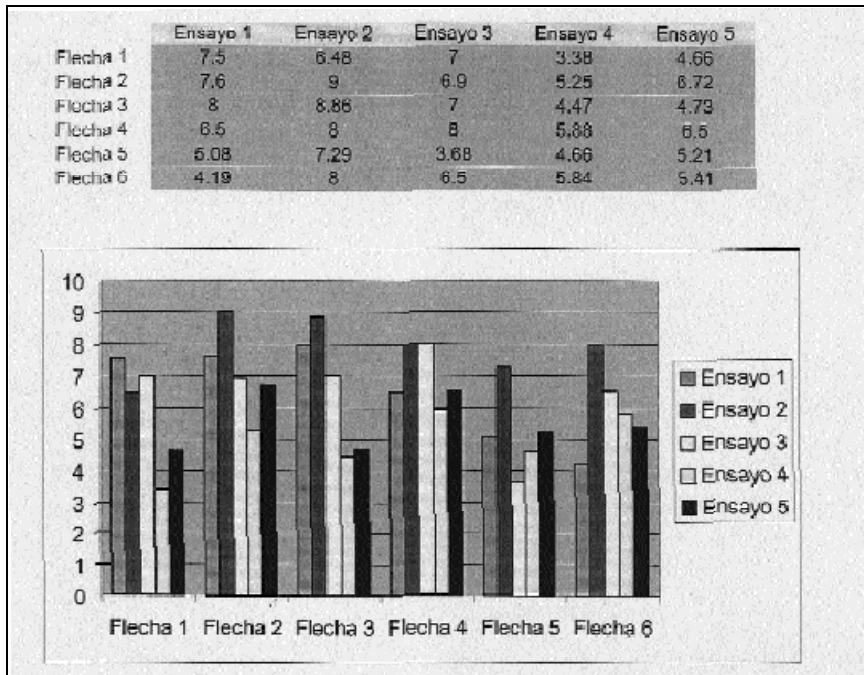


Tabla y Figura 5. Tensión del dedo pulgar en microvoltios, correspondientes a la

disparo.

**4ª Fase:**

*Realización de disparos con flechas.* Continúa el mismo proceso en la metodología del biofeedback. En la sesión de práctica, la secuencia de preparación e intervalos entre flechas, debe hacerse como en cualquier en-

trenamiento.

Cuando la acción se efectúa con la presencia de la flecha, aparece tensión adicional, atribuida a la significación como elemento de conexión entre la ejecución y el resultado de la puntuación obtenida.

En el primer ensayo, el deportista no recibe ningún tipo de feedback sobre los niveles de tensión; lo

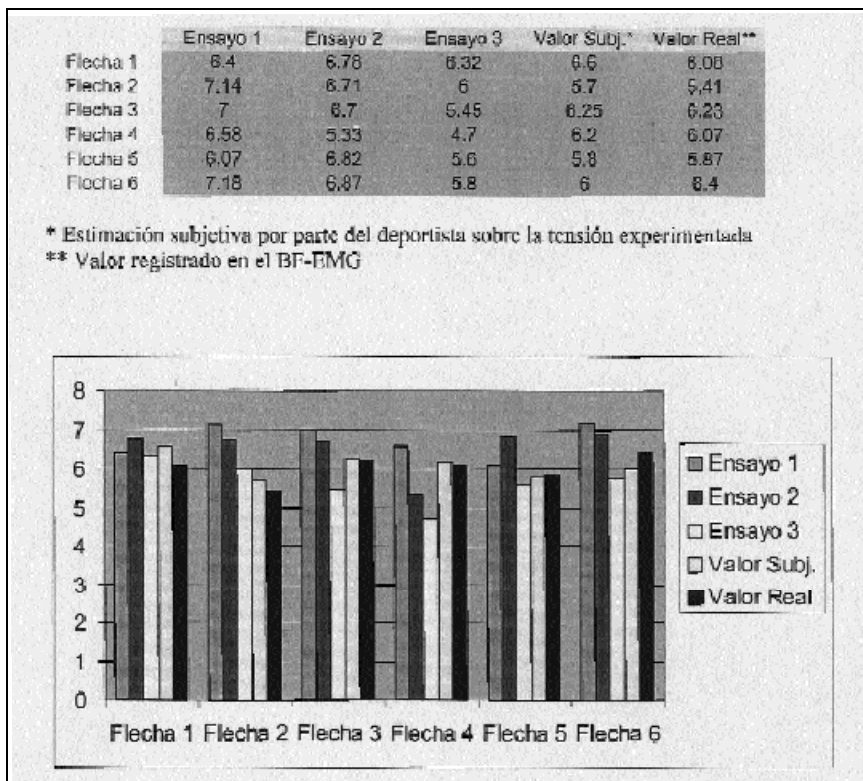
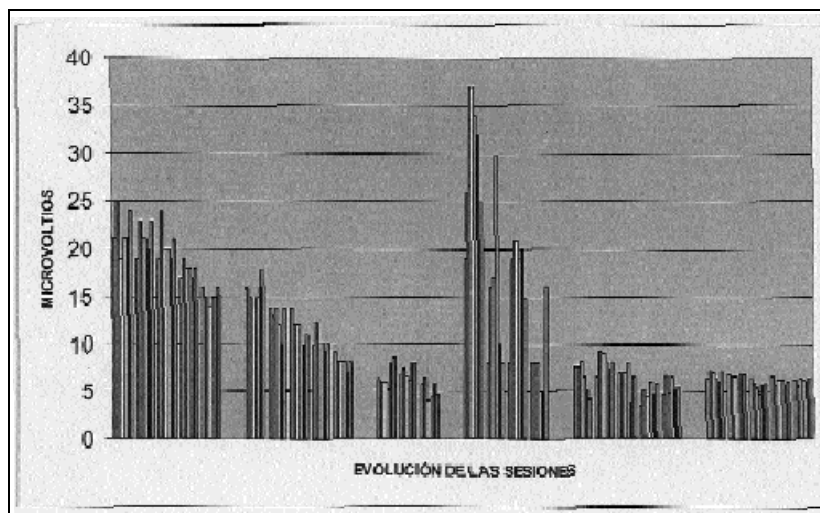


Tabla y Figura 6. Control subjetivo del deportista sobre la tensión real del dedo





recogemos como nueva línea base a partir de la cual elaboramos el programa de intervención. Los valores obtenidos oscilan entre 37 y 19 microvoltios.

En los ensayos siguientes, se establecen umbrales progresivos según el valor conseguido. La tarea del deportista consiste en reducir los niveles a la vez que debe realizar una ejecución técnica correcta. Los resultados de esta fase fueron observados en la Tabla y Figura 4.

Comprobamos como la reducción de los niveles de tensión se producía de forma progresiva hasta obtener valores similares a la fase anterior. Con estos valores, la sensación subjetiva del deportista fue de un buen estado de relajación.

Se hizo una sesión para comprobar la estabilidad del aprendizaje. Se llevó a cabo de forma similar a las anteriores, estableciendo el umbral en 9 microvoltios. Los resultados se pueden ver en la Tabla y Figura 5.

En los tres últimos ensayos, la tensión de la zona de la mano implicada en el disparo de la flecha, está en niveles inferiores a 8 microvoltios.

Queríamos comprobar el control del deportista sobre la tensión que experimentaba durante los disparos; para ello en la última sesión realizamos tres ensayos donde se suministraba feedback y un cuarto ensayo donde el deportista debía indicar el nivel de tensión subjetivo en el momento del disparo (en ninguna de las seis flechas

se le fue orientando sobre los niveles reales). Los resultados se pueden ver en la Tabla y Figura 6.

Cuando analizamos la evolución de las sesiones (Figura 7), observamos que se ha producido un buen aprendizaje en el control de la tensión por parte del deportista, lo que representa una disminución del nivel de tensión en el dedo de disparo hasta niveles óptimos. No obstante, la presencia de la flecha supuso un comienzo inseguro hasta que asoció las sensaciones experimentadas en los ensayos precedentes con las características del proceso de disparo. Se puede apreciar como el deportista vuelve a obtener niveles adecuados de tensión de una manera rápida, los cuales se estabilizan en las posteriores sesiones.

El proceso secuencial en el aprendizaje de la tarea supone la posibilidad de que el deportista interiorice las sensaciones asociadas a los gestos y esfuerzos requeridos; desde la fragmentación de la acción global, en un proceso de asimilación y reiterada comprobación mediante la información suministrada por el aparato de biofeedback, el deportista hace consciente el movimiento y las respuestas psicofisiológicas asociadas para modificar los valores siguiendo pautas previas de actuación.

## Discusión

En esta intervención hemos podido comprobar la eficacia de la técnica del biofeedback en el control de la respuesta de tensión ante una actividad deportiva. Los datos muestran el proceso de aprendizaje seguido por el deportista y su estabilización en el tiempo; obteniendo valores óptimos para la ejecución del disparo.

Estos datos corroboran la hipótesis del modelo discriminativo de Alexander en el sentido de conseguir independencia entre la respuesta del músculo entrenado y la de los otros por próximos que estén.

El entrenamiento en biofeedback supone un procedimiento de ayuda sumamente eficaz cuando se quiere conseguir el control voluntario de respuestas fisiológicas. A la vez que el sujeto recibe el feedback que le permite ajustar las técnicas ensayadas, existe la constatación cuantitativa del grado de avance logrado, importante para la estabilización de lo aprendido e incluso para la motivación del sujeto en la repetición de los ejercicios.

Resultaría adecuado comprobar el grado de generalización que tiene este proceso de aprendizaje, puesto que una vez interiorizado el método de control podría llevarse a otras zonas del cuerpo (mano de agarre, brazo, músculos del cuello, etc.).

## Referencias

- Alexander, A. B. (1975). An experimental test of assumptions relating to the use of electromyographic biofeedback as general relaxation training technique. *Psychophysiology*, 12, 656-662.
- Jodra, P. (1999). *La técnica del Biofeedback y su aplicación en las ciencias del deporte*. Madrid: Biblioteca Nueva.
- Kotses, H. y Glaus, K. D. (1982). Generalization of conditioned muscle tension. *Psychophysiology*, 19, 510-520.