

Efectos de una exposición aguda a estimulación neuromuscular mecánica en el tiempo de respuesta electiva a pie parado en tiradores de esgrima

Effects of acute exposure mechanical neuromuscular stimulation in elective response time stopped walking in fencers

Merino Bocos, J. R.¹, López Adán, E.², Jiménez Gutiérrez, A.³

¹ Universidad Europea Miguel de Cervantes, Valladolid

² Facultad de Ciencias de la Actividad Física INEF. Universidad Politécnica de Madrid, Madrid

³ Facultad de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte. Universidad Europea de Madrid. Institute of Sport, Exercise and Active Living (ISEAL), Victoria University, Melbourne, Australia

Merino Bocos, J. R., López Adán, E., Jiménez Gutiérrez, A. (2013). Efectos de una exposición aguda a estimulación neuromuscular mecánica en el tiempo de respuesta electiva a pie parado en tiradores de esgrima. *Kronos XII(2)*, 46-54.

Dirección de contacto: juanramonmerino@hotmail.com

Juan Ramón Merino Bocos

Fecha de recepción: 8 de Mayo de 2013

Fecha de aceptación: 8 de Noviembre de 2013

RESUMEN

La calidad de las acciones de los esgrimistas en competición dependerá fundamentalmente de dos de los sistemas involucrados en el proceso, la activación del sistema nervioso y la respuesta del sistema muscular. Uno de los sistemas utilizados en los últimos años para estimular el sistema neuromuscular, y que ha reportado resultados positivos en muchas investigaciones, ha sido la Estimulación Neuromuscular Mecánica (ENM) a través de plataforma de vibraciones vertical. En este trabajo hemos aplicado un protocolo de exposición aguda a las vibraciones en competidores de esgrima de nivel nacional (n=38, distribuidos por sexos, 12 mujeres y 26 hombres, y por categorías, 13 cadetes, 12 júnior y 13 absolutos), para analizar el efecto producido sobre el sistema neuromuscular en el tiempo de respuesta electivo a pie parado (TREPP). La estimulación sobre la plataforma de vibraciones se realizó a una frecuencia de 50 Hz, durante un periodo de 60 segundos y con una amplitud de 4 mm, y los valores se registraron antes del estímulo, inmediatamente después y tras 10 minutos de recuperación. Los resultados obtenidos mostraron efectos significativos provocados por el estímulo vibratorio con mejoras de un 10% en el TREPP en el total de tiradores, alcanzando el 14,2% en el grupo femenino.

Palabras clave: respuesta neuromuscular, ENM (vibraciones), tiempo de respuesta electiva, esgrima

ABSTRACT

The quality of the fencers' actions in competition will depend primarily on two of the systems involved in the process: the activation of the neural system and the response of the muscular system. Thus, one of the tools recently applied to stimulate the neuromuscular system, reporting positive results in several studies, has been the Mechanical Neuromuscular Stimulation (MNS, vertical vibration platforms). Therefore, we conducted a study with national level competition fencers ($n=38$, distributed by gender as 12 women and 26 men, and categories as 13 cadets, 12 juniors and 13 seniors), with a protocol of acute exposure to vibration (MNS). We measured the effects produced on the neuromuscular system by means of the analysis of changes experienced in the elective response and movement times, before and after receiving the vibratory stimulus. The protocol chosen was performed by each participant on three occasions: an initial one, another after going through a stimulation load on the vibration platform, and a final phase, after a 10 minute recovery time to assess the degree of dissipation of the vibratory effect. The stimulus chosen on the vibration platform was at a frequency of 50 Hz, for a period of 60 seconds and amplitude of 4 mm. Significant effects were found on the TREPP with 10% reduction on the whole sample and 14,2% in the female fencers.

Key words: neuromuscular response, Mechanical Neuromuscular Stimulation (vibrations), elective response time, fencing

INTRODUCCIÓN

En la Esgrima actual las acciones destinadas a tocar al adversario están afectadas directamente por dos conceptos esenciales del asalto: la distancia y el tiempo, pero no de forma exclusiva. En las acciones de esgrima influyen aspectos tan variados como la técnica del gesto, la velocidad, el control de la punta, la correcta elección del blanco atacado, el tanteo imperante en el marcador, la presión, la fatiga, la superficie de la pista, etc.

En la esgrima en general, y en la modalidad de espada en particular, podemos relacionar la respuesta neuromuscular con las acciones ofensivas y contraofensivas que responden en muchas ocasiones a estímulos provenientes del adversario. Estos estímulos en su mayoría son de carácter visual y desencadenan una acción caracterizada por iniciar el gesto con una extensión del brazo armado con la intención de dirigir la punta de la espada hacia el blanco. Por lo tanto, parece que la velocidad en el tocado estará influenciada por el tiempo de reacción, o también llamado pre-motor según Marzilli y Hutcherson (2002), y por el tiempo de extensión del brazo armado (uniéndolo en muchas ocasiones en las acciones ofensivas al movimiento de fondo), denominado tiempo motor.

Los factores condicionales del rendimiento en esgrima han sido analizados en diferentes trabajos

(Barth y Beck, 2006; Borysiuk y Waskiewicz, 2008; Harmenberg y Ceci, 1991; Iglesias, 1997; Leseur, 1989; López, 2008; Mouelhi Guizan et al., 2006; Noa, 2007; Roi y Bianchedi, 2008; Tsolakis y Tsiganos, 2008; Zatsiorski y Donskoi, 1988). En una extensa y detallada revisión al respecto, Roi y Bianchedi (2008) analiza la relación entre las necesidades y exigencias competitivas de la esgrima y confirma que el rendimiento de los tiradores está más influenciado por los factores neuro-fisiológicos que por cualquier otro.

Más recientemente García y Blasco en Naclerio (2010), manifiestan que en los deportes de combate todo suele ocurrir a gran velocidad, de tal manera que se puede ganar o perder un asalto en milésimas de segundo. Afirmando que la fuerza explosiva y la velocidad son objetivos básicos, así como la necesidad de conseguir una máxima activación neural.

En la mayor parte de los estudios acerca del tiempo de reacción, llevados a cabo con esgrimistas, los estímulos elicidores han sido mayoritariamente luces, es decir, un estímulo general y de carácter visual, debido a que la mayor parte de los estímulos que reciben los tiradores/as durante la competición provienen de esta fuente (Brunet, Keller y Moreaux, 1995; John et al., 2011; Leseur, 1989; Moreaux, Christov y Marini, 1987).

Por otra parte, muchos son los trabajos que reportan efectos positivos producidos por la ENM para el rendimiento deportivo, entre los que destacan, la mejora de la fuerza, la capacidad de salto, la flexibilidad, el equilibrio, el aumento de flujo sanguíneo, la temperatura intramuscular, las respuestas hormonales...

Todos ellos provocados por las aceleraciones y el alto número de contracciones causadas por el estímulo vibratorio Marín, Herrero, Zarzosa, Rhea y García-López (2010). Aunque, hasta el momento, no se han estudiado los efectos sobre el tiempo de reacción. Luo, Mc Namara y Muran (2005), en su revisión de estudios llevados a cabo con este instrumento, concluyeron que los atletas de élite pueden beneficiarse más de los efectos agudos de este estímulo que los sujetos sedentarios. Armstrong, Grinnell y Warren (2010), señala como periodo residual, en el que se concentran estos efectos, el comprendido entre 1 y 5 minutos después de aplicado el ENM.

Así, considerando que los factores determinantes del rendimiento en esgrima tienen una relación clara con los aspectos neuromusculares, y que la efectividad del estímulo vibratorio tiene su origen en una mayor actividad neuromuscular, en este trabajo hemos analizado si la ENM aplicada con las plataformas de vibraciones puede producir efectos beneficiosos en el tiempo de respuesta a pie parado (tocado desde parado), TREPP, en tiradores de esgrima de nivel nacional.

MÉTODO

Muestra

El estudio se desarrolló con una muestra de tiradores de competición de nivel nacional (n=38), con edad media de 22 años (DT 9,08). Distribuida de la siguiente manera:

| SEXO | n |
|--------------------------|----|
| masculino | 26 |
| femenino | 12 |
| NIVEL DEPORTIVO | |
| medallistas | 23 |
| no medallistas | 15 |
| CATEGORÍA | |
| Absoluta, más de 20 años | 13 |
| Júnior, 17 a 20 años | 12 |
| Cadetes, 14 a 16 años | 13 |
| AÑOS DE EXPERIENCIA | |
| de 3 a 5 años | 13 |
| de 6 a 10 años | 12 |
| mas de 10 años | 13 |

Instrumentos

Los instrumentos utilizados en estudio fueron los siguientes:

- **Diana Favero de registro de tocados (mod. EFT-1):** Se trata de un instrumento específico de entrena-miento de esgrima que registra la respuesta de los tiradores/as de esgrima ante estímulos visuales y que permite trabajar con distintos programas de entrenamiento.



Figura 1. Tirador realizando la prueba de tocado con fondo

La diana (dimensiones 63x46x5cm) consta de cinco blancos luminosos de 7 centímetros de diámetro repartidos en una superficie transparente preparada para recibir los impactos del arma (ver Figura 1).

Además, incorpora una pantalla que permite visualizar el programa que se está utilizando, el número de ensayo y el tiempo en segundos y centésimas de segundo, por lo cual, el tirador/a obtiene una información continua en tiempo real sobre cómo está realizando la prueba.

- **Plataforma de vibraciones vertical**, para administrar el estímulo neuromuscular mecánico, modelo Nemes (Bosco System Profesional LC). Los parámetros utilizados fueron: frecuencia de 50 Hz, una duración de 60 segundos y una amplitud de 4 mm.

Protocolo

El protocolo seguido por cada participante fue el siguiente:

Tras la toma de datos personales, se procedió a la firma del consentimiento informado y después, se llevó a cabo una fase previa de calentamiento de 15 minutos de forma estandarizada y personal según los hábitos individuales de activación antes de sus sesiones de entrenamiento.

A continuación, y de forma previa al inicio de la prueba, todos los sujetos siguieron un proceso de fa-

miliarización de diez ensayos para adaptarse al ejercicio y acomodar y marcar la distancia idónea para cada uno, en esta prueba.

Inmediatamente después se inició el test de tiempo de respuesta electiva sobre una diana Favero con un gesto propio de la esgrima, el tocado a pie parado con espada, solo con la acción del brazo armado. La prueba consistió en responder lo más rápidamente posible ante un estímulo general, o inespecífico (luz roja).

Los tiradores realizaron diez intentos de tocado, en un tiempo máximo para cada uno de 130 centésimas de segundo. Después de esta fase inicial se aplicó el estímulo vibratorio con la plataforma y los parámetros ya mencionados. Los tiradores se colocaron en posición vertical y en contracción isométrica con un ángulo de flexión en las rodillas de 110°. Tras un tiempo de recuperación de 60 segundos se repitió el test para poder comprobar el efecto del estímulo vibratorio, y después del mismo se pasó a un segundo período de recuperación de diez minutos, tras el cual se realizó por tercera vez el mismo test para valorar la disipación del efecto residual.

El tratamiento estadístico se llevó a cabo con el programa SPSS v19.0 para Windows. La normalidad de los datos fue contrastada y confirmada con la prueba Shapiro Wilk.

La comparación de las variables dependientes en función de variable independiente tiempo cruzada con las variables independientes sexo, categoría, nivel deportivo y años de experiencia, respectivamente, se realizó con un análisis de la varianza (ANOVA) para medidas repetidas con dos factores.

Se consideró el tiempo como factor intrasujeto y el resto de variables independientes como factor intersujeto. Cuando el estadístico F del ANOVA resultaba significativo, las comparaciones por pares se hicieron con la prueba de Bonferroni.

En cada ANOVA, se indica el tamaño del efecto, η^2 , al lado de la significación estadística. El nivel de significación utilizado fue de 0,05. En las figuras y tablas los datos se muestran como media y desviación típica.

RESULTADOS

a). Tiempo de respuesta electiva en el tocado a pie parado utilizando la media:

En la tabla 1 aparecen la media y desviación típica, teniendo en cuenta las medias de todos los datos recogidos de forma inicial, después de vibraciones y final, así como de los valores más rápidos.

Tabla 1. Estadísticos descriptivos de la variable tiempo de respuesta electiva a pie parado, (TREPP), expresado en milisegundos, tomando en cuenta los valores medios de los diferentes intentos de toda la muestra, y los valores más rápidos (n=38).

| | Media (ms) | Desv. típ. |
|----------------------------|------------|------------|
| Valores medios | | |
| TREPP Inicial | 587,4 | 107,4 |
| TREPP Vibraciones | 556,1 | 78,3 |
| TREPP Final | 538,4 | 84,6 |
| Valores más rápidos | | |
| TREPP Inicial | 382,4 | 55,8 |
| TREPP Vibraciones | 378,2 | 38,1 |
| TREPP Final | 385,0 | 40,0 |

b). Tiempo de respuesta electiva a pie parado en función del sexo:

En la tabla 2 podemos observar el tiempo de respuesta electiva con tocado a pie parado (TREPP) en función del sexo. Tras aplicar la prueba ANOVA de medidas repetidas con dos factores (*tiempo*sexo*), se observa un efecto *tiempo* ($\eta^2=0,112$; $P=0,014$). No se aprecia un efecto *tiempo*sexo* ($\eta^2=0,030$; $P=0,337$), ni un efecto *sexo* ($\eta^2=0,001$; $P=0,838$). El análisis post hoc de Bonferroni mostró únicamente diferencias significativas entre el TREPP inicial y el final, siendo éste menor (-10.0%, $P<0,01$). Por tanto, los resultados muestran como el TREPP fue tan sólo significativamente mejor una vez transcurridos los 10 minutos de recuperación tras la ENM.

Tabla 2. Tiempo de respuesta electiva con tocado a pie parado, expresado en milisegundos, en función del tiempo (inicial, tras vibraciones o tras 10 minutos de reposo, final) y del sexo (hombre y mujer). Se han comparado los valores medios de los diferentes intentos.

| | Sexo | Media (ms) | Desv. típ. |
|-------------------|--------|---------------|------------|
| TREPP Inicial | Hombre | 578,1 | 98,8 |
| | Mujer | 607,5 | 126,4 |
| | Total | 587,4 | 107,4 |
| TREPP Vibraciones | Hombre | 561,5 | 76,3 |
| | Mujer | 544,2 | 84,7 |
| | Total | 556,0 | 78,3 |
| TREPP Final | Hombre | 546,5 | 88,6 |
| | Mujer | 520,8 | 75,7 |
| | Total | 538,4* | 84,6 |

* diferencias significativas con respecto a TREPP inicial $P<0,05$

c). Tiempo de respuesta electiva a pie parado en función de la categoría (hombres):

En la tabla 3 podemos observar el tiempo de respuesta electiva en tocado a pie parado (TREPP) en función de la categoría. Tras aplicar la prueba ANOVA de medidas repetidas con dos factores (*tiempo*categoría*) no se observa un efecto *tiempo* ($\eta^2=0,055$; $P=0,270$), ni un efecto *tiempo*categoría* ($\eta^2=0,099$; $P=0,296$), ni un efecto *categoría* ($\eta^2=0,112$; $P=0,254$), por lo que no se muestran efectos significativos producidos por la ENM sobre esta variable.

Tabla 3. Tiempo de respuesta electiva con tocado a pie parado, expresado en milisegundos, en función del tiempo (inicial, tras vibraciones o tras 10 minutos de reposo, final) y de la categoría (absoluta, júnior y cadete) en el grupo de hombres. Se han comparado los valores medios de los diferentes intentos.

| | Categoría Edad | Media (ms) | Desv. típ. |
|-------------------|----------------|------------|------------|
| TREPP Inicial | Absoluto Mas | 591,2 | 101,2 |
| | Júnior Mas | 636,0 | 156,0 |
| | Cadete Mas | 547,7 | 61,1 |
| | Total | 578,1 | 98,8 |
| TREPP Vibraciones | Absoluto Mas | 541,2 | 64,5 |
| | Júnior Mas | 562,0 | 63,0 |
| | Cadete Mas | 573,8 | 89,2 |
| | Total | 561,5 | 76,3 |
| TREPP Final | Absoluto Mas | 542,5 | 88,8 |
| | Júnior Mas | 610,0 | 138,0 |
| | Cadete Mas | 524,6 | 56,5 |
| | Total | 546,5 | 88,6 |

d). Tiempo de respuesta electiva a pie parado en función de la categoría (mujeres):

En la tabla 4 podemos observar el tiempo de respuesta electiva con tocado a pie parado (TREPP) en función de la categoría. Tras aplicar la prueba ANOVA de medidas repetidas con dos factores (*tiempo*categoría*), debido al reducido número de sujetos, podemos decir que existe un efecto *tiempo* ($\eta^2=0,242$; $P=0,062$), no así un efecto *tiempo*categoría* ($\eta^2=0,102$; $P=0,343$), ni un efecto *categoría* ($\eta^2=0,042$; $P=0,522$). Respecto al efecto tiempo, el TREPP es menor al final que al inicio (-14.2%, $P<0,05$), por lo que se confirma un efecto residual que provoca una respuesta positiva de la ENM sobre el grupo de mujeres para esta variable.

Tabla 4. Tiempo de respuesta electiva en tocado a pie parado, expresado en milisegundos, en función del tiempo (inicial, tras vibraciones o tras 10 minutos de reposo, final) y de la categoría (Absoluta y Júnior) en el grupo de mujeres. Se han comparado los valores medios de los diferentes intentos.

| | Categoría Edad | Media (ms) | Desv. típ. |
|-------------------|----------------|------------|------------|
| TREPP Inicial | Absoluto Fem | 608,0 | 120,5 |
| | Júnior Fem | 607,1 | 140,1 |
| | Total | 607,5 | 126,4 |
| TREPP Vibraciones | Absoluto Fem | 492,0 | 64,6 |
| | Júnior Fem | 581,4 | 80,5 |
| | Total | 544,2 | 84,7 |
| TREPP Final | Absoluto Fem | 526,0 | 103,8 |
| | Júnior Fem | 517,1 | 57,4 |
| | Total | 520,8* | 75,7 |

*diferencias significativas con respecto a TREPP inicial $P<0,05$

e). Tiempo de respuesta electiva a pie parado en función del nivel deportivo:

En la tabla 5 podemos observar el tiempo de respuesta electiva a pie parado (TREPP) en función del nivel deportivo. Tras aplicar la prueba ANOVA de medidas repetidas con dos factores (*tiempo*nivel deportivo*), no se observa un efecto *tiempo* ($\eta^2=0,077$; $P=0,056$), ni un efecto *tiempo*nivel deportivo* ($\eta^2=0,005$; $P=0,829$), ni un efecto *nivel deportivo* ($\eta^2=0,035$; $P=0,260$). Por lo que debemos descartar un efecto significativo de la ENM sobre esta variable.

Tabla 5. Tiempo de respuesta electiva en tocado a pie parado, expresado en milisegundos, en función del tiempo (inicial, tras vibraciones o tras 10 minutos de reposo, final) y del nivel deportivo (medallista y no medallista). Se han comparado los valores medios de los diferentes intentos.

| | Nivel deportivo | Media (ms) | Desv. típ. |
|-------------------|-----------------|------------|------------|
| TREPP Inicial | Medalla | 582,6 | 115,3 |
| | No medalla | 594,7 | 97,5 |
| | Total | 587,4 | 107,4 |
| TREPP Vibraciones | Medalla | 547,0 | 71,8 |
| | No medalla | 570,0 | 88,2 |
| | Total | 556,0 | 78,3 |
| TREPP Final | Medalla | 524,3 | 76,3 |
| | No medalla | 560,0 | 94,5 |
| | Total | 538,4 | 84,6 |

f). Tiempo de respuesta electiva a pie parado en función de los años de experiencia:

Dado que no se encontraron diferencias significativas en ninguna variable dependiente en función del sexo, se han analizado a hombres y mujeres juntos. En la tabla 6 podemos observar el tiempo de respuesta electiva con tocado a pie parado (TREPP) en función de la *experiencia*. Tras aplicar la prueba ANOVA de medidas repetidas con dos factores (*tiempo*experiencia*), se observa un efecto *tiempo* ($\eta^2=0,092$; $P=0,034$), no así un efecto *tiempo*experiencia* ($\eta^2=0,051$; $P=0,446$), ni un efecto *experiencia* ($\eta^2=0,005$; $P=0,910$). Respecto al efecto tiempo, el TREPP es menor en el momento final respecto al momento inicial (-8.4%, $P<0,05$), por lo que se muestra un efecto significativo de la ENM para esta variable independientemente de la experiencia.

Tabla 6. Tiempo de respuesta electiva con tocado a pie parado, expresado en milisegundos, en función del tiempo (inicial, tras vibraciones o tras 10 minutos de reposo, final) y el nivel de experiencia (>10 años, 6-10 años, 3-5 años). Se han comparado los valores medios de los diferentes intentos.

| | Años de experiencia | Media (ms) | Desv. típ. |
|-------------------|---------------------|---------------|------------|
| TREPP Inicial | >10 años | 610,8 | 123,8 |
| | 6-10 años | 587,5 | 112,9 |
| | 3-5 años | 563,8 | 85,9 |
| | Total | 587,4 | 107,4 |
| TREPP Vibraciones | >10 años | 537,7 | 63,0 |
| | 6-10 años | 555,0 | 86,0 |
| | 3-5 años | 575,4 | 86,1 |
| | Total | 556,0 | 78,3 |
| TREPP Final | >10 años | 551,5 | 84,3 |
| | 6-10 años | 534,2 | 115,0 |
| | 3-5 años | 529,2 | 50,2 |
| | Total | 538,4* | 84,6 |

* diferencias significativas con respecto a TREPP inicial $P<0,05$

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

En nuestra investigación encontramos un valor medio de todos los registros de 587 ms y una media de 382 ms para los tocados más rápidos (tabla 1). Esta variable resulta difícil de contrastar con investigaciones anteriores, ya que las características y protocolos de las pruebas utilizadas presentan algunas diferencias. Dicho esto, podemos señalar que encontramos relación entre nuestros registros y los

reportados por autores anteriores, como es el caso de Nougier, Stein y Azemar (1990). En este trabajo se registraron valores medios de TRE en tiradores expertos de 396 ms, muy próximos a los 382 ms recogidos en nuestra investigación como valor medio de los registros más rápidos. Por otra parte, en ese mismo estudio, los novatos mostraron una media del tiempo de respuesta electiva de 527 ms, este dato se acerca a la media de todos los registros que aparecen en nuestro estudio.

Otros estudios similares reportaron registros sensiblemente diferentes a los recogidos por nosotros, es el caso de Brunet et al. (1995), en cuya investigación la media del tiempo de respuesta electiva fue de 600 ms, o el caso de Williams y Walmsley (2000), que obtuvieron una media de 457 ms en los tiempos de respuesta para el grupo de tiradores expertos.

Ahora bien, en este apartado podemos observar como el registro del grupo completo de nuestra muestra experimentó un descenso en los tres momentos de medición (tabla 1), de tal manera que los valores pasaron de una media de 587 ms, a 556 ms después del estímulo vibratorio, acabando con una medición final de 538 ms. Esta variación en los resultados alcanzados por los tiradores podría ser ocasionada por el efecto positivo del estímulo vibratorio sobre la respuesta del sistema neuromuscular de éstos, incluido un efecto residual que perdura más allá del tiempo de recuperación estipulado.

Estos resultados coinciden, como hemos visto en los antecedentes, con los reportados por Bazett-Jones, Finch y Dugan (2008), ya que éste encontró efectos residuales positivos atribuibles a la ENM una vez transcurridos 10 minutos desde la aplicación del estímulo. Además, el efecto positivo y generalizado sobre el sistema neuromuscular detectado en esta variable también confirma los resultados encontrados por Marín et al. (2010), los cuales, con una metodología similar confirmaron que, una estimulación recibida desde los pies a través de una plataforma vertical provoca efectos favorables en el rendimiento de las acciones de extensión de codo llevadas a cabo con el miembro superior en cuanto a fuerza y velocidad.

Por otra parte, estos datos concuerdan con los resultados mostrados por otros trabajos similares llevados a cabo con metodologías análogas a la nuestra en fase aguda, como los de Dabbs (2010), que encontró un efecto positivo sobre la respuesta de la musculatura superior, para el gesto de batear, después de una ENM de 30 segundos. Este hecho también fue confirmado por Cisco, Clark, Dolny y Crusat (2010).

Al analizar estos resultados en función del sexo, comprobamos que se produce un efecto tiempo estadísticamente significativo, lo cual refuerza la evidencia del efecto de la ENM sobre esta variable. Así, se observa un efecto tiempo (tabla 2), que tras el análisis post hoc de Bonferroni mostró diferencias significativas entre el TREPP inicial y el final, siendo éste menor (-10.0%, $P < 0,01$).

Por lo tanto, estos resultados muestran como el efecto residual de la ENM sobre la variable TREPP produjo un efecto significativamente mejor una vez transcurridos los 10 minutos de recuperación tras la ENM, al igual que otras investigaciones previas como las de Bazett-Jones et al. (2008), Marín et al. (2010) o Dabbs (2010). Por el contrario, no encontramos ninguna diferencia significativa entre hombres y mujeres en ninguno de los tres momentos de la prueba. Además, debido al reducido número de sujetos, también podemos considerar que nos encontramos con un efecto tiempo ($\eta^2 = 0,242$; $P = 0,062$) que muestra una mejora aún mayor, del 14,2% entre la toma inicial y la final, por lo cual se confirman los resultados de un efecto positivo de la ENM sobre la respuesta neuromuscular del grupo femenino, aunque debemos ser cautos a la hora de valorar estos efectos, ya que el reducido número de participantes en nuestra muestra en esta categoría parece aconsejarlo así.

En cuanto al nivel deportivo (tabla 5), se observa a su vez una tendencia descendente en los tiempos registrados tanto por el grupo de medallistas como por el grupo de no medallistas, pero en este caso tampoco se alcanzó la significación en el efecto producido. Este hecho, por el contrario, parece oponerse a alguna de las afirmaciones de investigadores que confirmaron efectos más positivos del estímulo vibratorio sobre los deportistas más entrenados, como Issurin y Tenenbaum (1999), Cardinale y Bosco (2003) y García-Artero, Ortega, Ruiz y Carreño (2006).

Aunque tenemos que ser cuidadosos al sacar conclusiones respecto a los efectos producidos por la ENM a este nivel, ya que debemos considerar que en este apartado estamos analizando su relación con el nivel deportivo, y que en los grupos de medallistas y no medallistas se encuentran agrupados ambos sexos, y las distintas categorías deportivas (cadete, junior y absoluta) participantes en el estudio.

Por último, y respecto al efecto en función de los años de experiencia, encontramos un efecto tiempo significativo del estímulo vibratorio ($\eta^2 = 0,092$; $P = 0,034$), con una disminución del 8,4% en el registro final respecto al inicial, lo que pone de manifiesto el efecto positivo de la ENM sobre la respuesta del sistema neuromuscular, aunque aparentemente esto sucede de forma independiente a la variable de los años de experiencia de los tiradores, por lo que podemos interpretar que la experiencia en la práctica de la esgrima no resulta determinante para la respuesta neuromuscular mostrada después de recibir un estímulo vibratorio.

Ahora bien, debido a las características de esta prueba, podemos concluir que estos resultados concuerdan con los hallazgos encontrados por investigaciones anteriores, como los de Marín et al. (2010), Dabbs (2010) y los reportados por Cisco et al. (2010) en los que el efecto positivo de la estimulación vibratoria aplicada a través de las piernas se puso en evidencia en acciones realizadas con los brazos.

Por otro lado, los efectos hallados en esta variable, años de experiencia, también confirma los resultados observados en variables anteriores en los que se puso de manifiesto que el efecto residual del estímulo vibratorio alcanzó los 10 minutos, ya que en este periodo se recogieron los mejores registros.

A la vista de los resultados obtenidos en este trabajo, podemos concluir que la ENM puede constituir una herramienta eficaz como complemento al entrenamiento deportivo de los tiradores/as de esgrima (mejoras de un 10% en el TREPP en el total de tiradores, alcanzando el 14,2% en el grupo de mujeres).

APORTACIONES DIDÁCTICAS

En función de nuestros resultados podemos concluir que la ENM puede constituir una herramienta eficaz como complemento al entrenamiento deportivo de los tiradores/as de esgrima.

En cuanto a su aplicación en competición, parece razonable pensar que esta herramienta pueda tener utilidad siendo empleada de forma previa al inicio de las pruebas, pero antes de llegar a este punto el tirador/a debería completar un ciclo de entrenamiento previo para comprobar su eficacia individual, así como el efecto residual específico.

REFERENCIAS

- Armstrong, W.J., Grinnell, D.C. & Warren, G.S. (2010). The acute effect of whole-body vibration on the vertical jump height. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(10), 2835-2839.
- Barth, B. & Beck, E. (Eds.). (2006). *The complete guide to fencing*. Meyer y Meyer Sport.
- Bazett-Jones, D.M., Finch, H.W. & Dugan, E.L. (2008). Comparing the Effects of Various Whole-Body Vibration Accelerations on Counter-Movement Jump Performance. *Journal of Sports Science and Medicine*, 1, 144-150.
- Borysiuk, Z. & Waskiewicz, Z. (2008). Information processes, stimulation and perceptual training in fencing. *Journal Human Kinetic*, 19, 63-82.
- Brunet, R., Keller, D. & Moreaux, A. (1995). Effet de l'effort sur le temps de réponse simple et de choix en situation d'escrime. *Science & Sport*, 10, 215-217.
- Cardinale, M. & Bosco, C. (2003). The use of vibration as an exercise intervention. *Exercise Sport Science. RENM*, 1, 3-7.
- Cisco, G.F., Clark, D., Dolny, D.G. & Crusat, N.J.K. (2010). Effects of muscular strength, exercise order, and acute whole-body vibration exposure on bat swing speed. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 12, 3234-3240.
- Dabbs, N.C. (2010). *The effect of Whole-Body Vibration warm-up on bat speed*. Tesis. California State University.
- García, J.M. & Blasco, C. En Naclerio. (2010). *Entrenamiento Deportivo: Fundamentos y aplicaciones en diferentes deportes*. Ed. Médica Panamericana. Capítulo, 22, 337-353.
- García-Artero, E., Ortega, F.B., Ruiz, J.R. & Carreño, F. (2006). *Fisiología del ejercicio*. Universidad de Granada. Selección, 15, 78-86.
- Harmenberg, J. & Ceci, R. (1991). *Fencing: Biomedical and Psychological Factors*.
- Iglesias, X. (1997). *Valoració funcional específica en l'esgrima*. Tesis. Universidad de Barcelona, Institut Nacional d'Educació Física de Catalunya.
- Issurin, V. & Tenenbaum, G. (1999). Acute and residual effects of vibratory stimulation on explosive strength in elite and amateur athletes. *Journal Sports Science*, 17, 177-182.
- John, S.Y., Chan, Alan, C.N., Wong, Yu Liu., Jie Yu & Jin H. Yan (2011). Fencing expertise and physical fitness enhance action inhibition. *Psychology of Sport and Exercise*, 5, 509-514.
- Leseur, H. (1989). Étude des réactions visuo-motrices chez des escrimeurs de haut niveau au cours d'une étape d'entraînement. *Science et Motricité*, 8, 47-52.
- López, E. (2008). *El tocado con fondo en la esgrima de alto nivel: estudio biomecánico del fondo en competición. El golpe recto clásico*. Tesis Universidad Politécnica de Madrid.
- Luo, J., McNamara, B. & Muran, K. (2005). The use of vibration training to enhance muscle strength and power. *Sport Medicine*, 35(1), 23-41.
- Marín, P.J., Herrero, A.J., Zarzosa, F., Rhea, M.R. & García-López, D. (2010). Vertical whole-body vibrations improve the total volume of a biceps curl set to failure. *European Journal of Sport Science*, 10(6), 385-390.

- Marzilli, T.S. & Hutcherson, A.B. (2002). Nicotine deprivation effects on the dissociated components of simple reaction time. *Perceptual and Motor Skills*, 94(3), 985-995.
- Moreaux, A., Christov, C. & Marini, J.F. (1987). Un outil d'évaluation et de suivi des qualités perceptivo-motrices de l'escrimeur. *Science et Motricite*, 1, 53-55.
- Mouelhi Guizan, S., Bouzaouach, I., Tenenbaum, G., Ben Kheder, A., Feki, Y. & Bouaziz, M. (2006). Simple and choice reaction times under varying levels of physical load in high skilled fencers. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 46(2), 344-351.
- Noa, CH. (2007). Criterios para la selección de talentos en deportes de combate. <http://www.efdeportes.com/Revista Digital>. Buenos Aires, 11(104).
- Nougier, V., Stein, J.F. & Azemar, G. (1990). Covert orienting of attention and motor preparation processes as a factor success in fencing. *Journal of Human Movement Studies*, 19, 251-272.
- Roi, G.S. & Bianchedi, D. (2008). The Science of Fencing. *Sports Medicine*, 38(6), 465-481.
- Tsolakis, C. & Tsiganos, G. (2008). The influence of training on neuromuscular factors in elite and non-elite fencers. *Serbian Journal of Sports Sciences*, 2(1-4), 59-65.
- Williams, L.R.T. & Walmsley, A. (2000). Response Timing and Muscular Coordination in Fencing: A comparison of Elite and Novice Fencers. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 3, 460-475.
- Zatsiorski, V. & Donskoi, D. (1988). *Biomecánica de los ejercicios físicos*. URSS: Raduga Moscu.