

UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ DE ELCHE



UNIVERSITAS
Miguel Hernández



TRABAJO FIN DE MÁSTER

**CONTROL DE LA CARGA DE ENTRENAMIENTO DE FUERZA BASADO
EN EL ANÁLISIS DE LA VARIABILIDAD MOTORA.**

MÁSTER UNIVERSITARIO EN RENDIMIENTO DEPORTIVO Y SALUD.

Apellidos y Nombre del Alumno/a: **Iván Sepúlveda Piera**

Director/a TFM: **Francisco Javier Hernández y Rafael Sabido Solana**

Índice de Contenidos

1. RESUMEN	3
2. INTRODUCCIÓN	4
2.1. ¿Qué son los entrenamientos de fuerza?.....	4
2.2. ¿Cómo se han programado tradicionalmente los entrenamientos de fuerza? ¿Y en la actualidad?.....	5
2.3. ¿Qué es la fatiga?.....	6
2.4. ¿Qué es la variabilidad motora?.....	6
2.5. ¿Cómo afecta la fatiga producida por los entrenamientos de fuerza a la variabilidad motora?.....	7
2.6. Objetivos.....	8
2.7. Hipótesis.....	8
3. MATERIALES Y MÉTODO	8
3.1. Participantes.....	8
3.2. Instrumentos y variables.....	9
3.2.1. Instrumentos.....	9
3.2.2. Variables.....	9
3.3. Procedimiento.....	10
3.4. Diseño.....	11
3.5. Análisis de datos.....	11
4. RESULTADOS	12
4.1. Análisis descriptivo.....	12
4.2. Diferencia de medias antes y después del entrenamiento.....	13
4.3. Prueba T para muestra independientes.....	13
5. DISCUSIÓN	13
6. CONCLUSIONES	15
7. REFERENCIAS	16
8. ANEXOS	18
8.1. Tabla 2. Media, Desviación Estándar y Prueba T para muestras relacionadas. Sentadilla unilateral.....	18
8.2. Tabla 3. Media, Desviación Estándar y Prueba T para muestras relacionadas. Zancada isométrica.....	19

8.3.	Tabla 4. Prueba T para muestras independientes. Sentadilla unilateral.	20
8.4.	Tabla 5. Prueba T para muestras independientes. Zancada isométrica.	21



1. RESUMEN

El objetivo de este estudio es describir el efecto de la fatiga inducido por los entrenamientos de fuerza en la variabilidad del control motor. Se trata de una investigación cuantitativa de tipo correlacional, donde se ha sometido a 10 participantes a la realización del test de sentadilla unilateral sobre cajón sin peso y el test de zancada isométrica sobre BOSU mientras se obtenía la medición del control motor con la aplicación móvil *Accelerometer*. Antes y después del desarrollo de una sesión de entrenamiento de fuerza (de media o alta intensidad).

El análisis estadístico se realizó mediante el software IBM SPSS Statistics. Los resultados pusieron de manifiesto la ausencia de diferencias significativas en el control motor asociadas al momento de medición. Tampoco se encontraron diferencias significativas en el control motor asociadas a la intensidad del entrenamiento realizado.

En conclusión, en este estudio no se ha encontrado un efecto significativo de la fatiga inducida por el entrenamiento de fuerza en el control motor; ni tampoco variaciones del control motor en base a la intensidad del entrenamiento.

Palabras clave: entrenamiento de fuerza, fatiga, variabilidad motora, control motor, acelerómetro.

2. INTRODUCCIÓN

2.1. ¿Qué son los entrenamientos de fuerza?

El entrenamiento de fuerza es una metodología de trabajo donde las personas se exponen a realizar una serie de actividades musculares que generan cambios en el Sistema Nervioso Central (SNC) produciendo adaptaciones neuronales y estructurales en el organismo (Balsalobre y Jiménez, 2014).

Definir y programar un entrenamiento de fuerza supone tener en consideración los diferentes elementos que en él intervienen: fuerza, intensidad, potencia, velocidad y volumen (González e Izquierdo, 2006).

La *fuerza* se puede definir desde dos perspectivas; en primer lugar, de forma mecánica entendiéndola como la capacidad de la musculatura para deformar un cuerpo o para modificar la aceleración de este (iniciando o manteniendo el movimiento, aumentando o reduciendo la velocidad y/o cambiando la dirección). En segundo lugar, desde el punto de vista fisiológico, conceptualizada como la tensión generada por el músculo. Mientras que el componente mecánico refiere a algo externo, el componente fisiológico es interno y puede tener o no relación con un objeto externo (Gonzales, 2016).

Dentro del concepto “fuerza” se distinguen diversos tipos (Balsalobrey y Jiménez, 2014):

- Fuerza máxima: cantidad máxima de fuerza que un sujeto puede aplicar ante una determinada carga en una acción deportiva concreta.
- Fuerza explosiva: cantidad de fuerza alcanza en un tiempo mínimo.
- Fuerza aplicada: interacción entre la fuerza externa que supone la carga a movilizar y la fuerza interna que generan los músculos esqueléticos.

La *velocidad*, matemáticamente, se define como la relación existente entre el espacio que recorre un objeto y el tiempo que se invierte en ello, que se refleja en la fórmula:

$$v = \frac{s}{t}$$

En términos deportivos, hace referencia a la capacidad física que permite llevar a cabo acciones motrices en el menor tiempo posible.

La *potencia*, matemáticamente, se entiende como el producto de la fuerza y la velocidad, lo cual se plasma en la fórmula:

$$P = F \cdot v$$

A nivel deportivo, la potencia es el resultado de multiplicar la fuerza aplicada por la velocidad de ejecución en un determinado ejercicio y ante una determinada carga (Balsalobre y Jiménez, 2014).

La relación existente entre la potencia y la velocidad evidencian que la mejora del rendimiento deportivo implica mejorar la potencia ante una misma carga, por consiguiente, supone incrementar la velocidad de ejecución.

La *intensidad* se entiende como la cantidad de energía gastada por minuto para realizar una tarea determinada, por tanto, se debería medir en kJ/min (Mujika, 2006). La intensidad de los entrenamientos de fuerza se representa por el grado de esfuerzo que supone un ejercicio, tradicionalmente se ha representado como I Repetición Máxima (RM) o porcentajes de la misma, actualmente, se habla de Carácter de Esfuerzo (CE) concepto que relaciona las repeticiones realizadas con las realizables (González & Ribas, 2002; González, et al., 2017).

2.2. ¿Cómo se han programado tradicionalmente los entrenamientos de fuerza? ¿Y en la actualidad?

Tradicionalmente, se pensaba que aumentar la intensidad o el volumen de los entrenamientos de fuerza mejoraría el rendimiento de los deportistas. Por tanto, los entrenamientos consistían en realizar el máximo número de repeticiones de los ejercicios hasta que se producía el fallo, lo que incrementaba considerablemente el riesgo de lesión (Balsalobre y Jiménez, 2014).

En la actualidad parece más claro que los entrenamientos deportivos se deben programar atendiendo a las características particulares de cada persona, buscando el incremento óptimo del rendimiento deportivo, y no tanto la realización de entrenamientos hasta alcanzar el fallo, ya que esto aumenta el riesgo de lesiones y la fatiga (González e Izquierdo, 2006).

González e Izquierdo (2006) sintetizaron que un 65% del volumen máximo alcanzable conlleva un aumento del rendimiento superior que al 90% del volumen máximo alcanzable, puesto que a partir de cierto volumen la eficacia del entrenamiento descende. En esta misma línea, Costill et al., (2001) duplicaron el volumen de entrenamiento de un grupo de nadadores durante seis semanas sin que alcanzasen un mayor rendimiento. Ostrowski et al., (1997) observaron resultados similares o superiores de rendimiento cuando se programó el entrenamiento con 6 y 12 series, en comparación a los entrenamientos hasta el fallo.

Balsalobre y Jiménez (2014) puntualizan que los entrenamientos con cargas de un 75% que corresponde a 10 repeticiones máximas durante 4 series, son adecuados para trabajar la hipertrofia muscular, pero no para aumentar el rendimiento físico, ya que con un menor número de repeticiones se alcanzan los mismos resultados, pero sin llegar a la fatiga.

2.3. ¿Qué es la fatiga?

Gandevia (2001) define la fatiga como una reducción inducida por el ejercicio de la capacidad de generar fuerza máxima de un músculo y puede atribuirse a un cambio en las propiedades musculares, impulso voluntario (fatiga central) o propiedades de control de la unidad motora

Los mecanismos responsables de la fatiga muscular son (Falla y Farina, 2007):

- Características de la tarea realizada.
- Tipo de contracción.
- Retroalimentación.
- Carga desplazada o soportada.

La fatiga se puede ver agravada con la realización de ejercicio muscular en caso de presentar problemas en la estabilidad postural (capacidad de mantener y controlar el centro de gravedad de un cuerpo, o mantener el equilibrio dentro de los límites de estabilidad- Heebner et al., 2015), ya que debido al aumento de las necesidades energéticas aumentan los movimientos de líquidos y contracciones musculares cardíacas y respiratorias (Bove et al., 2009).

Tal y como se comentaba al principio del trabajo, los entrenamientos de fuerza provocan alteraciones del SNC, en consecuencia, entre los efectos de la fatiga se encuentran los neuromusculares a nivel central y periférico junto a la consiguiente reducción del rendimiento del individuo (Cortés, et al., 2014).

2.4. ¿Qué es la variabilidad motora?

Bernstein (1967) concluyó que ningún movimiento se repite con la misma trayectoria, independientemente de la práctica, experiencia o habilidad del sujeto. A esta dispersión espacio-temporal en los movimientos articulares, coordinación y actividades musculares entre repeticiones sucesivas de una misma tarea se le denominó variabilidad motora.

Sandlund et al., (2017) señalan el conjunto de factores que afectan a la variabilidad motora:

- Nivel de habilidad del individuo.
- Edad: las personas mayores presentan menos variabilidad motora que los jóvenes.
- Género: las mujeres tienen menos variabilidad motora que los hombres.
- Dolor: en caso de que sea agudo experimental la variabilidad motora aumenta mientras que si es un dolor crónico la variabilidad motora disminuye, debido a la necesidad de evitar las posturas y los movimientos que producen el mismo (Madeleine, 2008).
- Composición corporal.
- Diferencias individuales en funciones cognitivas básicas y superiores.

La variabilidad motora, a lo largo de la historia, se ha visto como un rendimiento indeseable de inconsistencias o errores, reflejo de un funcionamiento sensoriomotor inmaduro o insuficiente (Sandlund et al., 2017). Sin embargo, la variabilidad motora resulta esencial para mantener el rendimiento en condiciones ambientales cambiantes, adaptarse al crecimiento del sistema musculoesquelético y explorar las limitaciones de la tarea o el entorno, de modo que las soluciones motoras estables se desarrollen (Sandlund et al., 2017). Además, la variabilidad motora puede desempeñar un papel fundamental en la aparición tardía de fatiga (Falla y Farina, 2007; van Dieen et al., 1993) y dolor (Madeleine y Madsen, 2009), la recuperación más rápida de lesiones (Moseley y Hodges, 2006).

2.5. ¿Cómo afecta la fatiga producida por los entrenamientos de fuerza a la variabilidad motora?

Entre los efectos de la fatiga se encuentra la alteración de la variabilidad motora (Cortes, et al., 2014). Actualmente, la investigación se está centrando en describir los factores que alteran la variabilidad motora y el patrón de cambios que se producen a nivel neuromuscular.

Cortes et al., (2014) concluyeron que la fatiga inducida por el ejercicio disminuía la amplitud media y la desviación estándar de las fuerzas reactivas contra el suelo y los momentos cinemáticos de la rodilla a lo largo del tiempo.

Falla y Farina (2007), por su parte, observaron que las variaciones de fuerza mejoraban la amplitud de la distribución espacial de las señales electromiográficas del trapecio superior a lo largo del tiempo, lo cual estaba asociado con menos fatiga con respecto a la contracción constante del grupo muscular.

Bizird et al., (2009) tras observar que el control postural y la variabilidad motora variaban en función del músculo estudiado, apuntaron que el organismo de forma adaptativa busca alternativas para la realización de los movimientos cuando los músculos principales están fatigados, siempre y cuando existan dichas alternativas, de ahí que la fatiga de la musculatura de los tobillos muestre menos signos de fatiga que la musculatura de las rodillas. Asimismo, plantearon la posibilidad de que la fatiga de la musculatura proximal podría afectar más al control postural que la fatiga de la musculatura distal.

2.6. Objetivos

El objetivo principal de este trabajo es describir los efectos del estrés inducido por los entrenamientos de fuerza en la variabilidad del control motor. Así como, analizar el efecto de la fatiga en la variabilidad del control motor.

2.7. Hipótesis

En este estudio se pondrá a prueba la siguiente hipótesis: el entrenamiento de fuerza de diferentes intensidades produce alteraciones en la variabilidad del control motor de los participantes debido a la fatiga ocasionada por el entrenamiento. En concreto, se estima que los entrenamientos de intensidad media presentarán una variabilidad motora menor, frente a los entrenamientos de alta intensidad.

3. MATERIALES Y MÉTODO

3.1. Participantes

El estudio se compuso por 12 participantes, de los cuales sólo 10 (3 mujeres y 7 hombres) fueron incluidos en el análisis estadístico final, debido al abandono voluntario de los otros dos participantes.

Tabla 1.

Características de los participantes.

	Media	Desv. Estándar
Altura (cm)	172,30	8,66
Peso (kg)	68,40	12,43
Edad (años)	26,20	3,12
Tiempo ent. fuerza (años)	3,80	1,40

Elaboración propia.

Los 10 participantes poseen entre 1 y 5 años de experiencia en la práctica del entrenamiento de fuerza, y realizan entrenamientos con una frecuencia de 3 a 4 veces por semana.

3.2. Instrumentos y variables

3.2.1. Instrumentos

Accelerometer. Aplicación móvil para iOS que permite medir la aceleración en los tres ejes (X=balanceo; Y=cabeceo; Z=posición del dispositivo móvil, siendo 0,0 cuando el iPhone está en el borde). El dispositivo móvil con la app integrada se coloca con un cinturón en el centro de masas del participante, localizado ligeramente por encima de la cadera, en la parte posterior del cuerpo. El dispositivo informa de los valores de aceleración para cada eje como valores de fuerza G, por lo tanto, un valor de 1.0 representa una carga próxima a una unidad de gravedad terrestre.

Esta aplicación es el acelerómetro utilizado para recoger los datos de los tests de sentadilla unilateral y zancada isométrica presentados a continuación. Una vez encendido el acelerómetro es necesario esperar 5 segundos para iniciar el movimiento, tras finalizar las cinco repeticiones el participante se detendrá otros 5 segundos para marcar el momento de finalización de la serie. El acelerómetro realizará un registro independiente para cada uno de los test.

Test de sentadilla unilateral sobre cajón sin peso. El participante se coloca en el lateral del cajón con una pierna colocada sobre el cajón y la otra sobre el suelo. Realizará cinco repeticiones con cada pierna de apoyo, con 1 minuto de descanso entre cambio de pierna (1x5)/1´.

El test de sentadilla unilateral se seleccionó por la ausencia de interferencia entre los ejercicios de entrenamiento y este ejercicio test, así como, por su aplicabilidad en distintos entornos.

Test de zancada isométrica sobre BOSU. El participante deberá realizar una zancada isométrica sobre el BOSU, la pierna delantera se apoyará en la superficie inestable mientras que la trasera quedará en la superficie estable, y aguantar dicha posición durante 30 segundos.

3.2.2. Variables

Intensidad del entrenamiento: intensidad del entrenamiento de fuerza que realizará el participante durante 3 semanas. Variable categórica: 1. Intensidad media. 2. Intensidad alta.

Control motor pre-entrenamiento: medida del control motor proporcionada por el acelerómetro antes de poner en marcha el entrenamiento de fuerza. Se trata de una variable cuantitativa compuesta por las medidas de cada uno de los ejes (X, Y, Z).

Control motor post-entrenamiento: medida del control motor proporcionada por el acelerómetro después de poner en marcha el entrenamiento de fuerza. Se trata de una variable cuantitativa compuesta por las medidas de cada uno de los ejes (X, Y, Z).

Variabilidad motora: diferencia de la medida del control motor antes del entrenamiento de fuerza y después del entrenamiento de fuerza.

3.3. Procedimiento

El estudio tuvo una duración de 3 semanas. La primera semana se dedicó a la selección y el reclutamiento de los participantes, quienes fueron informados del procedimiento y la finalidad del estudio mediante una hoja de consentimiento informado que devolvieron cumplimentada y firmada al investigador, aceptando su participación de forma voluntaria.

La segunda y tercera semana se dedicaron a la realización de los entrenamientos y las mediciones. Todos los sujetos fueron sometidos al mismo proceso, el cual se llevaba a cabo por completo el mismo día. En un primer momento, se estableció la línea base de movilidad motora mediante el acelerómetro durante la realización del test de sentadilla unilateral y de zancada isométrica.

En una segunda fase, se realizó la asignación aleatoria de los participantes a la condición de estudio (entrenamiento de fuerza de intensidad media o entrenamiento de fuerza de intensidad alta). Los sujetos eligieron al azar un número del 1-10 de forma que los 5 primeros números (1-5) correspondía a una intensidad alta del 85 % RM mientras que la numeración del 6-10 correspondía a una intensidad media del 65 % RM.

Posteriormente, se sometió a los participantes a la sesión de entrenamiento de fuerza compuesta por 3 bloques: movilidad, activación y entrenamiento de fuerza. Dentro de cada bloque se realizaron las siguientes pautas y ejercicios.

- Bloque de movilidad. Se compone de 4 ejercicios de 8-12 repeticiones por ejercicio con 30 segundos de descanso entre ellos.
 - o Dorsi-flexión de tobillo

- Rotación interna y externa de cadera
 - 90-90
 - CAT-CAMEL.
- Bloque de activación. Se compone de 4 ejercicios de 8-12 repeticiones cada uno con 30 segundos de descanso entre ellos.
- Puente de glúteo
 - Bird-dog,
 - Dead-bug
 - Sentadilla globet.
- Bloque de entrenamiento de fuerza.
- Intensidad media (65%RM). Tres series de 14 repeticiones pudiendo hacer 16 con 2 minutos de descanso entre series y un minuto y medio entre ejercicios [3x14(16)/2'].
 - Squat to box,
 - Hip – Trust
 - Slider Leg curl.
 - Intensidad alta (85%RM). Tres series de 5 repeticiones pudiendo hacer 6 con 2 minutos de descanso entre series y un minuto y medio entre ejercicios. [3x5(6)/2'].
 - Squat to box,
 - Hip – Trust
 - Slider Leg curl.

Finalizado el entrenamiento se realizó la medición de la movilidad motora mediante el acelerómetro durante la aplicación del test de sentadilla unilateral y de zancada isométrica, con la intención de conocer la variabilidad en el control motor asociada a la fatiga provocada por el entrenamiento de fuerza.

3.4. Diseño

Este estudio sigue un diseño cuantitativo de tipo correlacional, con el que se pretende comprobar la siguiente hipótesis: el entrenamiento de fuerza de diferentes intensidades produce alteraciones en la variabilidad del control motor de los participantes debido a la fatiga ocasionada por el entrenamiento.

3.5. Análisis de datos

El análisis de los datos recogidos con la aplicación *Accelerometer* se realizó con el software estadístico *IBM SPSS Statistics 22*. En primer lugar, se realizó el análisis descriptivo de las variables incorporadas; se calcularon para las variables cualitativas sus

frecuencias absolutas y relativas, mientras que, para las variables cuantitativas se calcularon la *media y desviación estándar*.

Posteriormente, se realizó el análisis bivariado mediante la *prueba T para muestras relacionadas* que permite conocer si existen diferencias en el control motor antes y después de realizar el entrenamiento de fuerza. Se considera que existen diferencias significativas si $p < 0,005$, en caso de existir diferencias significativas estas se entenderán como una consecuencia de la fatiga producida por el entrenamiento de fuerza.

De forma adicional, se estudiará el efecto de la intensidad de entrenamiento en el control motor, es decir, en cuál de las dos condiciones se observa mayor variabilidad motora, para ello, se utilizará el procedimiento estadístico *prueba T para muestras independientes*. Se considera que existen diferencias significativas si $p < 0,005$.

4. RESULTADOS

4.1. Análisis descriptivo

De los 10 participantes del estudio, 4 (40%) realizaron el entrenamiento de fuerza de intensidad media, mientras que 6 (60%) realizaron el entrenamiento de fuerza de alta intensidad.

La media y la desviación estándar se calcularon para tarea, pierna y eje por separado. Analizando la sentadilla unilateral (tabla 2) y centrando el foco de atención en la pierna derecha se observa como las medias oscilan entre el valor 0,0463 (DE= 0,08822) correspondiente a la medición del eje Z de la condición de preentrenamiento, y el valor 0,2910 (DE=0,26482) asociado a la medición X de la condición de postentrenamiento. Al hacer referencia a la pierna izquierda, las medias oscilan entre el valor 0,0184 (DE=0,02985) del eje Y en la condición postentrenamiento y el valor 0,1687 (DE=0,27083) correspondiente a la condición X de postentrenamiento.

En cuanto a la zancada isométrica (tabla 3) y la pierna derecha se observa como las medias oscilan entre el valor -0,0109 (DE= 0,07590) correspondiente a la medición del eje Y de la condición de postentrenamiento, y el valor 0,0261 (DE=0,07788) asociado a la medición X de la condición de preentrenamiento. Al hacer referencia a la pierna izquierda, las medias oscilan entre el valor 0,0184 (DE=0,02985) del eje Y en la condición postentrenamiento y el valor 0,1687 (DE=0,27083) correspondiente a la condición X de postentrenamiento.

4.2. Diferencia de medias antes y después del entrenamiento

La prueba T para muestras relacionadas es el procedimiento estadístico que permite estudiar la diferencia de medias entre las mediciones realizadas antes del entrenamiento y después del mismo.

Los resultados obtenidos muestran la ausencia de diferencias significativas entre momentos de medición (antes y después del entrenamiento de fuerza), puesto que todos los valores críticos son superiores a 0,005. Estos resultados se han obtenido tanto en la tarea de sentadilla unilateral (tabla 2) como en la tarea de zancada isométrica (tabla 3), se mantiene, por tanto, la hipótesis de igualdad de medias.

4.3. Prueba T para muestra independientes

La prueba T para muestras independientes resulta el procedimiento estadístico apropiado para estudiar si la intensidad del entrenamiento de fuerza es un factor que influye en la variabilidad motora.

Al estudiar las diferencias debidas a la intensidad del entrenamiento realizado no se observaron diferencias significativas en la tarea de sentadilla unilateral (tabla 4), debido que los valores críticos de todas las comparaciones realizadas fueron superiores a 0,005. Del mismo modo, tampoco se hallaron diferencias significativas en la tarea de sentadilla isométrica (tabla 5). Se mantiene, por lo tanto, la hipótesis de igualdad de medias ante intensidades de entrenamiento diferentes.

5. DISCUSIÓN

El objetivo principal de este estudio ha sido describir el efecto de la fatiga inducido por los entrenamientos de fuerza en la variabilidad del control motor; para ello se ha diseñado una investigación cuantitativa de tipo correlacional con un total de 10 participantes, a quienes se sometió a la medición del control motor mediante la aplicación *Accelerometer* mientras realizaban el test de sentadilla unilateral sobre cajón y el test de zancada isométrica sobre BOSU, antes y después de realizar una sesión de entrenamiento de fuerza, cuya intensidad fue elegida al azar.

Del análisis estadístico realizados se extraen las siguientes conclusiones. El 40% de los participantes realizaron el entrenamiento de intensidad media, mientras que el 60% llevaron a cabo el entrenamiento de intensidad alta. En cuanto a la estabilidad de los datos se ha observado como en la zancada isométrica los valores mínimos y máximos corresponden al mismo eje en cada pierna antes y después de realizar el entrenamiento,

sin embargo, en la sentadilla unilateral no se conserva el patrón. Dicho aspecto puede ser reflejo de una mayor estabilidad durante la realización de la zancada isométrica.

Un segundo aspecto a tener en cuenta es la ausencia de diferencias significativas entre momentos temporales. Los resultados del estudio muestran la estabilidad de las puntuaciones antes y después de realizar el entrenamiento de fuerza lo cual implica que el control motor de los participantes fue similar, es decir, que la fatiga generada por el entrenamiento no tuvo efecto sobre el mismo. Estos resultados es probable que se deban a que los participantes son personas que en su vida cotidiana realizan ejercicio físico, en concreto, entrenamientos de fuerza, por lo tanto, es muy probable que una sesión no sea suficiente para generar una variación estadísticamente significativa del control motor, tal y como estiman Sandlund et al., (2017) al incluir el nivel de habilidad y la composición corporal entre los factores que afectan a la variabilidad motora.

A pesar de ello, este hallazgo es contrario a lo encontrado en otras investigaciones previas, donde se ponía de manifiesto que la fatiga se podía ver agravada por la realización de ejercicio muscular y el incremento en la demanda de oxígeno y ATP (Bove et al., 2009; Heebner et al., 2015); reduciendo el rendimiento del individuo y el control postural del mismo (Cortés et al., 2014).

El tercer aspecto que ponen de manifiesto los resultados del estudio es que la intensidad del entrenamiento no es un factor que modifica el control motor. La ausencia de diferencias entre las condiciones de estudio puede deberse a dos razones; en primera instancia, la diferencia de intensidad podría no ser suficiente entre ambas condiciones, en segundo lugar, una única sesión de entrenamiento con estas intensidades podría no ser suficiente para producir un cambio en el control motor de los participantes.

Este hecho está en contra de lo esperado, puesto que se planteó la posibilidad de que distintos grados de intensidad modificasen el patrón de control motor de los participantes, ya que González e Izquierdo (2006) definen la intensidad como uno de los parámetros que definen los entrenamientos de fuerza, por tanto, se esperaba que el nivel de fatiga variase de una condición a otra.

6. CONCLUSIONES

En conclusión, en este estudio no se ha encontrado un efecto significativo de la fatiga inducida por el entrenamiento de fuerza en el control motor; ni tampoco variaciones del control motor en base a la intensidad del entrenamiento.

La investigación realizada presenta algunas limitaciones a nivel metodológico. Por un lado, el número de participantes incluidos en el estudio es limitado, lo cual condiciona la validez de los resultados y las conclusiones plasmadas. Por otro lado, el entrenamiento de fuerza consistía en una única sesión, así que es probable que esta no sea suficiente para generar un nivel de fatiga tan elevado como para modificar el control motor de los participantes ante los ejercicios realizados.

El estudio se desarrolló en aras de ampliar el conocimiento que se poseía hasta el momento del efecto que tiene la fatiga en la variabilidad motora, en esta línea, se ha puesto de manifiesto que una única sesión de entrenamiento en personas que realizan actividad física en su vida diaria no provoca una fatiga tan elevada como para modificar su capacidad de control motor y postural.

A nivel práctico, el estudio contribuye al desarrollo de entrenamientos más ajustados a las características de los deportistas para favorecer el rendimiento de los mismos.

7. REFERENCIAS

- Balsalobre, C., & Jiménez, P. (2014). *Entrenamiento de Fuerza: Nuevas Perspectivas Metodológicas*. Carlos Balsalobre-Fernández.
- Bernstein, N. A. (1967a). Biodynamics of locomotion. In N. A. Bernstein (Ed.), *The coordination and regulation of movements* (pp. 60-113).
- Bove, M., Fenoglio, C., Tacchino, A., Pelosin, E., & Schieppati, M. (2009). Interaction between vision and neck proprioception in the control of stance. *Neuroscience*, *164*(4), 1601-1608.
- Cortes, N., Onate, J., & Morrison, S. (2014). Differential effects of tagieu on movement variability. *Gait & Posture*, *39* (3), 888-893. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2013.11.020>
- Costill, D. L., Thomas, R., Robergs, R. A., Pascoe, D., Lambert, C., Barr, S., & Fink, W. J. (1991). Adaptations to swimming training: influence of training volume. *Medicine and science in sports and exercise*, *23*(3), 371–377.
- Falla, D., & Farina, D. (2007). Neural and muscular factors associated with motor impairment in neck pain. *Current rheumatology reports*, *9*(6), 497–502. <https://doi.org/10.1007/s11926-007-0080-4>
- Gandevia S. C. (2001). Spinal and supraspinal factors in human muscle fatigue. *Physiological reviews*, *81*(4), 1725–1789. <https://doi.org/10.1152/physrev.2001.81.4.1725>
- González, J., & Ribas, J. (2002). *Bases de la programación del entrenamiento de fuerza*. INDE.
- Gonzales, J. (2016). *Fundamentos del Entrenamiento de la Fuerza para el Entrenador de Campo-Parte 1: Conceptos Clave*.
- González, J., Sánchez, L., Pareja, F., & Rodríguez, D. (2017). *La velocidad de ejecución como referencia para la programación, control y evaluación del entrenamiento de fuerza*. Ergotech.
- González, J., & Izquierdo, M. (12 de mayo de 2006). *La carga de entrenamiento y el rendimiento en fuerza y potencia muscular* [Sesión de congreso]. Encuentro sobre Alto Rendimiento Deportivo. Málaga, España.
- Heebner, N. R., Akins, J. S., Lephart, S. M., & Sell, T. C. (2015). Reliability and validity of an accelerometry based measure of static and dynamic postural stability in

- healthy and active individuals. *Gait & posture*, *41*(2), 535–539.
<https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2014.12.009>
- Madeleine, P., & Madsen, T. M. (2009). Changes in the amount and structure of motor variability during a deboning process are associated with work experience and neck-shoulder discomfort. *Applied ergonomics*, *40*(5), 887–894.
<https://doi.org/10.1016/j.apergo.2008.12.006>
- Madeleine, P., Mathiassen, S., & Arendt, L. (2008). Changes in the degree of motor variability associated with experimental and chronic neck–shoulder pain during a standardised repetitive arm movement. *Experimental brain research*, *185*(4), 689–698.
- Moseley, G. L., & Hodges, P. W. (2006). Reduced variability of postural strategy prevents normalization of motor changes induced by back pain: a risk factor for chronic trouble?. *Behavioral neuroscience*, *120*(2), 474–476.
<https://doi.org/10.1037/0735-7044.120.2.474>
- Ostrowski, K., Wilson, G., Weatherby, R., & Murphy, P. (1997). The effect of Weight Training Volume on Hormonal Output and Muscular Size and Function. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, *11* (3), 148-154.
- Sandlund, J., Srinivasan, D., Heiden, M., & Mathiassen, S. E. (2017). Differences in motor variability among individuals performing a standardized short-cycle manual task. *Human movement science*, *51*, 17–26.
<https://doi.org/10.1016/j.humov.2016.10.009>
- van Dieën, J. H., Oude Vrielink, H. H., & Toussaint, H. M. (1993). An investigation into the relevance of the pattern of temporal activation with respect to erector spinae muscle endurance. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, *66*(1), 70–75. <https://doi.org/10.1007/BF00863403>

8. ANEXOS

8.1. Tabla 2. Media, Desviación Estándar y Prueba T para muestras relacionadas. Sentadilla unilateral.

Pierna	Eje	Condición	Media	Desviación Estándar	Estadístico t	Valor p
Derecha	Eje X	Preentrenamiento	,1487	,20941	-1,695	,124
		Postentrenamiento	,2910	,26482		
	Eje Y	Preentrenamiento	,1315	,15891	1,430	,187
		Postentrenamiento	,1012	,17032		
	Eje Z	Preentrenamiento	,0463	,08822	-1,253	0,242
		Postentrenamiento	,0693	,08549		
Izquierda	Eje X	Preentrenamiento	,1520	,17714	-0,310	0,763
		Postentrenamiento	,1687	,27083		
	Eje Y	Preentrenamiento	,0252	,10701	-1,228	0,250
		Postentrenamiento	,0184	,02985		
	Eje Z	Preentrenamiento	,0613	,08464	-0,392	0,704
		Postentrenamiento	,0777	,12055		

Fuente: elaboración propia.

8.2. Tabla 3. Media, Desviación Estándar y Prueba T para muestras relacionadas. Zancada isométrica.

Pierna	Eje	Condición	Media	Desviación Estándar	Estadístico t	Valor p
Derecha	Eje X	Preentrenamiento	,0261	,07788	0,778	0,457
		Postentrenamiento	,0089	,01763		
	Eje Y	Preentrenamiento	,0184	,02985	1,325	0,218
		Postentrenamiento	-,0109	,07590		
	Eje Z	Preentrenamiento	,0241	,03402	1,143	0,283
		Postentrenamiento	,0145	,01849		
Izquierda	Eje X	Preentrenamiento	,0011	,04669	-0,814	0,437
		Postentrenamiento	,0104	,01790		
	Eje Y	Preentrenamiento	,0165	,02470	-0,085	0,934
		Postentrenamiento	,0169	,02270		
	Eje Z	Preentrenamiento	,0098	,02359	-1,088	0,305
		Postentrenamiento	,0129	,02398		

Fuente: elaboración propia.

8.3. Tabla 4. Prueba T para muestras independientes. Sentadilla unilateral.

Pierna	Variabilidad	Intensidad	Media	Prueba de Levene		Prueba T para muestras independientes	
				F	p	t	p
Derecha	Eje X	Media	0,0242	4,459	0,068	1,813	0,107
		Alta	-				
			0,2533				
	Eje Y	Media	0,0241	1,260	0,294	-0,227	0,826
		Alta	0,0345				
Eje Z	Media	0,0187	1,223	0,301	2,219	0,057	
	Alta	-					
		0,0509					
Izquierda	Eje X	Media	-0,691	0,188	0,676	-0,778	0,459
		Alta	0,0182				
	Eje Y	Media	-	0,784	0,402	0,895	0,397
		Alta	-				
			0,0043				
		0,0708					
Eje Z	Media	0,0002	2,326	0,166	0,308	0,766	
	Alta	-					
		0,0275					

Fuente: Elaboración propia.

8.4. Tabla 5. Prueba T para muestras independientes. Zancada isométrica.

Pierna	Variabilidad	Intensidad	Media	Prueba de Levene		Prueba T para muestras independientes	
				F	p	t	p
Derecha	Eje X	Media	0,0421	12,208	0,008	0,904	0,393
		Alta	0,0007				
	Eje Y	Media	0,0747	8,858	0,018	1,906	0,093
		Alta	- 0,0010				
	Eje Z	Media	0,0218	2,131	0,182	1,224	0,256
		Alta	0,0014				
Izquierda	Eje X	Media	0,0042	1,956	0,200	0,958	0,366
		Alta	- 0,0183				
	Eje Y	Media	0,0069	0,432	0,529	1,702	0,127
		Alta	- 0,0052				
	Eje Z	Media	-	0,727	0,419	-1,855	0,101
			0,0089				
	Alta	0,0007					

Fuente: Elaboración propia.