

Article

Hacia un Nuevo Paradigma en el Entrenamiento de la Fuerza mediante la Medición de la Velocidad: Una Revisión Narrativa Crítica y Desafiante (4ª Parte)

Juan José González-Badillo^{1,2}, Luis Sánchez-Medina³, Juan Ribas-Serna^{2,4} y David Rodríguez-Rosell^{1,2,5}

¹Physical Performance & Sports Research Center, Universidad Pablo de Olavide, Seville, Spain

²Research, development and innovation (I+D+i) Area, Investigation in Medicine and Sport department, Sevilla Football Club, Seville, Spain

³Center for Studies, Research and Sports Medicine, Instituto Navarro del Deporte (IND), Pamplona, Spain

⁴Department of Medical Physiology and Biophysics, University of Seville, Seville, Spain

⁵Department of Sport and Informatics, Universidad Pablo de Olavide, Seville, Spain

7. La medición de la velocidad como aporte fundamental para la dosificación de la carga del entrenamiento de la fuerza

El hallazgo de que la velocidad media podría usarse como variable para estimar de forma objetiva y válida la intensidad relativa que se desplaza se publicó por primera vez en inglés en 2010 [42], pero sus orígenes se remontan al trabajo pionero de González-Badillo en las décadas de 1980 y 1990 [142- 144]. La evidencia de que la velocidad de ejecución podría constituir la mejor referencia para medir el esfuerzo real experimentado por el deportista en cada unidad de acción sin duda representó un gran avance en el campo del EF, con muchas implicaciones y aplicaciones clave derivadas de ella. Una gran cantidad de estudios realizados en la última década han mostrado que las contribuciones de la medición de la velocidad de movimiento para la mejora de la metodología del EF son numerosas y de gran importancia práctica [51, 5, 42, 55, 145, 63, 68, 69, 81, 146, 22, 147, 32, 65, 54, 52, 148, 67, 78, 7, 9, 59, 10]. Es pertinente señalar que cuando se utiliza la velocidad de movimiento para la dosificación de la carga de entrenamiento, así como para evaluar el efecto del entrenamiento, es necesario cumplir con un requisito esencial: cada repetición debe realizarse a la máxima velocidad posible para el sujeto [5, 42, 65, 52]. Se ha mostrado que esta condición, además de ser necesaria para medir las principales variables del EF (es decir, la intensidad relativa y el volumen de entrenamiento), induce mayores ganancias de fuerza y ••mejoras en el rendimiento de la capacidad de salto y esprint que realizar las repeticiones deliberadamente más lentas [21, 22, 149, 150]. A continuación, se describen brevemente las principales contribuciones del uso de la velocidad de movimiento para mejorar la metodología del EF.

7.1. Intensidad relativa

La medición de la velocidad de movimiento permite determinar la intensidad relativa (%1RM) que se utiliza tan pronto como se realiza la primera (la más rápida) repetición con una carga absoluta dada (kg) a la máxima velocidad posible [58, 5, 42, 76, 77, 54, 52, 78]. Esto se basa en el hallazgo de que cada porcentaje de 1RM tiene su propia velocidad media [5, 42, 54, 52]. Si la velocidad de la barra es medida con la tecnología adecuada, esta información clave estaría

inmediatamente disponible (es decir, en tiempo real), lo que constituye una importante ventaja para una mejor regulación del esfuerzo del deportista y el seguimiento de la carga de entrenamiento. Además, los valores de velocidad correspondientes a cada %1RM son específicos de cada ejercicio y muy estables, independientemente del nivel de rendimiento de los sujetos o del cambio en el rendimiento de la fuerza ocurrido tras un período de entrenamiento [5, 42, 54, 52, 78]. Este importante hallazgo nos permite conocer el grado de esfuerzo asociado a la primera repetición (normalmente la más rápida) de la serie de un ejercicio nada más realizarla. Por lo tanto, cuanto menor sea la velocidad de movimiento, mayor será el grado de esfuerzo, ya que la carga absoluta levantada representará un mayor %1RM [5, 42].

7.2. Pérdida de velocidad

Además de la velocidad media de la primera repetición (que indica el %1RM que se está utilizando en un ejercicio dado), la pérdida de velocidad en cada serie de los ejercicios es un indicador muy preciso del grado de esfuerzo o fatiga real experimentado a medida que se realizan sucesivas repeticiones dentro de la serie ante una intensidad relativa dada [5, 7, 9, 59, 10, 65]. En estudios recientes se ha encontrado una relación muy estrecha entre la pérdida relativa de velocidad en cada serie y el porcentaje de repeticiones realizado ante diferentes intensidades relativas en varios ejercicios [5, 7, 59, 60, 78]. Estos resultados sugieren que, para una intensidad relativa dada, los sujetos que alcancen el mismo porcentaje de pérdida de velocidad en la serie experimentarán un grado de esfuerzo o fatiga muy similar, aunque cada sujeto haya realizado un número diferente de repeticiones por serie [7, 59].

7.3. Grado de esfuerzo en cada serie o conjunto de series: el ‘índice de esfuerzo’

La información proporcionada por estas dos variables clave (velocidad de la primera repetición y pérdida de velocidad en la serie) es complementaria y permite estimar el esfuerzo total experimentado por cada deportista en cada serie que componen cada sesión y ciclo de entrenamiento. El producto de ambas variables proporciona un único indicador de esfuerzo o fatiga que hemos denominado “índice de esfuerzo” (IE) [9, 10]. La validez de este nuevo índice como indicador del grado de fatiga ha sido confirmada por la estrecha relación observada entre el IE y varios marcadores fisiológicos y mecánicos de fatiga [151, 152, 65, 153]. Se han encontrado correlaciones positivas y significativas entre el IE y la pérdida de velocidad ante una carga absoluta individual previa al ejercicio que se pudo desplazar a una velocidad de $1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ antes de la realización del esfuerzo ($r = 0.92$ y $r = 0.98$ para sentadilla completa y press de banca, respectivamente; $p < 0.001$) y la pérdida de altura del CMJ antes y después del ejercicio ($r = 0.93$; $p < 0.001$) [9, 10]. Además, el IE también parece un buen predictor de estrés metabólico, dado que se han observado fuertes correlaciones entre el IE y las concentraciones de lactato después del ejercicio ($r = 0.90$ y $r = 0.98$ para los ejercicios de sentadilla completa y press de banca, respectivamente; $p < 0.001$) [9, 10].

7.4. Efecto de entrenamiento en cada sesión

Al medir la velocidad de cada repetición, es posible cuantificar el efecto de entrenamiento que ocurre en cada sesión de entrenamiento. Para ello, basta con comparar la velocidad alcanzada frente a las mismas cargas absolutas durante sucesivas sesiones de entrenamiento. Así, si una determinada carga absoluta se levanta a una velocidad media superior a la de las sesiones anteriores, significa que esa carga ha pasado a representar un %1RM inferior y, por tanto, que la fuerza máxima aplicada a esa carga y, muy probablemente, el valor de la 1RM correspondiente habría mejorado. Por el contrario, si la velocidad alcanzada frente a la misma carga absoluta disminuye en sucesivas sesiones de entrenamiento, el efecto del entrenamiento sería negativo. Este procedimiento permite evaluar el efecto del entrenamiento en cada sesión con alta precisión y sin necesidad de realizar ninguna prueba de 1RM o nRM [42, 54, 52]. Como ejemplo, supongamos que un deportista levanta una carga absoluta determinada a una velocidad media propulsiva de $1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ en el ejercicio de sentadilla completa, lo que representa aproximadamente el 60% de la 1RM [52]. Si, después de varias sesiones de entrenamiento, se levanta la misma carga absoluta a una velocidad mayor (p. ej., $1,07 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$), podríamos estar casi seguros de que la fuerza máxima del deportista habría mejorado, y ese incremento se puede cuantificar. En este ejemplo, la carga ahora representaría un ~55% de la 1RM, ya que la diferencia de velocidad entre cada 5% de la 1RM en este ejercicio (sentadilla completa) corresponde a $\sim 0.07\text{-}0.08 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ [52], por lo que el deportista habría mejorado su rendimiento en fuerza en un ~5%.

En definitiva, con el adecuado seguimiento de las tres variables mencionadas (intensidad relativa, nivel de esfuerzo y efecto del entrenamiento), es posible aplicar de forma racional y sistemática los principios de sobrecarga, progresión e individualización de la carga de entrenamiento, sin la necesidad de realizar pruebas de 1RM o nRM para conocer el nivel de fuerza de los deportistas, ya que estas pruebas son exigentes, requieren mucho tiempo y pueden interferir con el propio proceso de entrenamiento. Por lo tanto, parece que no existe un modelo específico y necesario (caracterizado por ciertas intensidades relativas, progresión o secuenciación de cargas, número de series y repeticiones por serie, nivel de esfuerzo, objetivos particulares, etc.) que deba seguirse o aplicarse para mejorar el rendimiento de la fuerza. Por el contrario, mediante el uso adecuado de estas tres variables, es posible obtener la información más precisa sobre la carga aplicada y el efecto del entrenamiento. Un conocimiento preciso de la carga real aplicada y su efecto resultante es de suma

importancia para establecer las relaciones causa-efecto que deben estar en la base de la toma de decisiones racionales y la mejora de la metodología del EF. Además, el seguimiento y la gestión de las intensidades relativas utilizadas y el nivel de esfuerzo experimentado en cada sesión de entrenamiento son fundamentales para comprender mejor los factores fisiológicos que subyacen a los cambios en el rendimiento [62, 64, 9, 10, 65]. Se podría considerar que un registro altamente preciso de la intensidad relativa, el nivel de esfuerzo o fatiga y el efecto del entrenamiento en cada sesión de entrenamiento es el mejor criterio para el desarrollo de cualquier ecuación de regresión destinada a validar cualquier factor estructural, químico, molecular o neural como precursor de los efectos del entrenamiento.

8. Sobre el efecto de los programas de entrenamiento de la fuerza

Parte de este tema ha sido abordado en apartados anteriores, aunque consideramos necesario destacar algunas cuestiones relevantes. Tradicionalmente, la fuerza muscular se ha evaluado realizando pruebas de 1RM o n RM [8, 29, 4, 13]. Con menos frecuencia, también se han empleado pruebas de fuerza máxima mediante activaciones isométrica o isocinética [154, 155, 28]. Como ya se explicó, para superar las deficiencias y limitaciones del uso de los tests de 1RM o n RM [42, 52], el procedimiento más preciso y objetivo es cuantificar los cambios en la velocidad de movimiento al final del ciclo de entrenamiento (post-entrenamiento) ante las mismas cargas absolutas utilizadas en el test inicial o previo al entrenamiento [51, 23, 24, 133]. Este método es el mismo que el descrito para la evaluación del efecto del entrenamiento en cada sesión (ver apartado 7.4) pero utilizando un mayor número de cargas y tomando como referencia las cargas absolutas medidas en el test inicial. La aplicación de este procedimiento presenta dos ventajas significativas: 1) las cargas utilizadas para evaluar el efecto del entrenamiento son las mismas antes y después del entrenamiento; y 2) el cambio en la velocidad de movimiento ante cada carga absoluta es el indicador más preciso y útil para evaluar los cambios en la fuerza aplicada: para la misma masa (kg) y distancia durante la que se aplica la fuerza, el cambio observado en la velocidad es directamente proporcional al cambio en la fuerza aplicada. Así, de acuerdo con el cambio en la velocidad de movimiento, se podría estimar el cambio en la fuerza. Por ejemplo, en los ejercicios de sentadilla [52] y press de banca [42, 54], un cambio en la velocidad de movimiento de 0.07 - $0.08 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ante una determinada carga absoluta equivale a un cambio del $\sim 5\%$ en la 1RM. Sin embargo, este cálculo ni siquiera es necesario, ya que el cambio en la velocidad de movimiento ante una determinada carga absoluta submáxima es lo que determina el rendimiento físico o deportivo en la mayoría de los casos. De hecho, el principal objetivo del rendimiento en muchas competiciones deportivas es desplazar la misma carga absoluta (peso corporal, o peso corporal más un implemento adicional) a una velocidad mayor. Este aumento en la velocidad de movimiento es crítico para muchos deportes individuales y muchas acciones específicas realizadas en deportes de equipo. Este hecho refuerza la utilidad de evaluar el efecto del entrenamiento a través del cambio de velocidad frente a una determinada carga absoluta o conjunto de cargas.

Otra aplicación importante de este procedimiento es que permite analizar el efecto del entrenamiento en toda la curva fuerza-velocidad, y no solo frente a la carga máxima (que rara vez, si es que alguna, se encuentra en competición en la gran mayoría de los deportes). Nuevamente enfatizamos que, para obtener la información más correcta y válida, solo se deben comparar las mismas cargas absolutas comunes a los tests previos y posteriores al entrenamiento. Además, la carga máxima medida en el test inicial no necesita ser equivalente a la 1RM. La Figura 3 muestra un ejemplo real de evaluación del efecto de varias semanas de entrenamiento en el ejercicio de press de banca. Este procedimiento permite evaluar el efecto del entrenamiento ante cargas ligeras, medias y altas. Por el contrario, si solo se utilizara el típico test de 1RM para evaluar el efecto del entrenamiento, solo tendríamos información (que, por cierto, no suele ser muy precisa) sobre los cambios frente a la carga máxima (es decir, en la zona de carga máxima y velocidad mínima de la curva fuerza-velocidad), pero no habría información disponible sobre el efecto del entrenamiento ante cargas ligeras y medias (consulte la Figura 3 para obtener más detalles).

Como se ha comentado anteriormente, otra aplicación relevante de este procedimiento sería conocer la evolución del efecto del entrenamiento a lo largo del ciclo de entrenamiento [46, 50]. Si, a medida que progresa el entrenamiento, se levantan cada vez cargas absolutas más pesadas a la misma velocidad, el efecto del entrenamiento será positivo, mientras que el efecto será negativo si las cargas absolutas levantadas a la misma velocidad son más bajas que antes. Esta aplicación es fundamental porque, mediante este procedimiento, sería posible analizar la evolución del rendimiento de la fuerza a lo largo del período de entrenamiento. Así, por ejemplo, podríamos saber cuándo se ha conseguido el mayor efecto de entrenamiento dentro de un ciclo, ya que el pico de rendimiento no se produce necesariamente al final del ciclo de entrenamiento.

Como se puede observar, las aplicaciones derivadas del análisis de la relación entre las cargas de entrenamiento aplicadas y los efectos neuromusculares resultantes son numerosas y de gran importancia para mejorar nuestra comprensión del EF, así como para averiguar cuáles son los tipos de protocolos de entrenamiento más útiles para la mejora del rendimiento deportivo. De este tipo de análisis se puede derivar información muy valiosa que nunca había sido posible hasta la fecha. Es más, es importante considerar que toda esta información se obtiene individualmente para cada deportista.

9. Conclusiones

En este manuscrito se han expuesto los innumerables errores e inconsistencias, tanto conceptuales como terminológicas, que continúan existiendo en el campo del EF. Un problema subyacente particularmente preocupante es el de la terminología actual, que a menudo es inapropiada, engañosa y/o innecesariamente compleja, lo que fomenta la confusión y los conceptos erróneos, que dificultan el desarrollo de una metodología del entrenamiento sólida y con base científica. A menos que se corrijan estas deficiencias, el progreso en nuestro campo seguirá siendo muy limitado. Junto a la terminología, parece necesario modificar (lo que en muchos casos implica clarificar y simplificar) muchos aspectos cruciales del enfoque actual, como son: el propio concepto de fuerza máxima, el control y dosificación de la dosis del ejercicio de fuerza, los modelos de programación existentes, las metas u objetivos del entrenamiento y la evaluación de los efectos del entrenamiento. Por lo tanto, parece evidente que es recomendable un cambio de paradigma para abordar de manera efectiva esta situación. Este nuevo paradigma debe garantizar un conocimiento preciso de las cargas que se aplican, el esfuerzo que implican y sus efectos. Hasta donde sabemos, actualmente esto solo se puede lograr midiendo la velocidad del movimiento de cada repetición durante el entrenamiento. Sin embargo, un enfoque del entrenamiento de la fuerza basado en el control/medición de la velocidad no garantiza que un programa de EF sea eficaz para mejorar el rendimiento físico o deportivo, ya que no evita que se cometan errores al programar o prescribir las cargas de entrenamiento. La contribución clave de esta propuesta es que la medición de la velocidad de ejecución proporciona la información necesaria para conocer las cargas de entrenamiento reales que inducen un determinado efecto específico en cada deportista. Esta información precisa e individualizada nunca ha estado disponible antes. La adopción correcta de este paradigma revisado proporcionará a los entrenadores y profesionales del entrenamiento de la fuerza y el acondicionamiento físico información precisa y objetiva sobre la carga aplicada (intensidad relativa, nivel de esfuerzo y efecto del entrenamiento). Este conocimiento es fundamental para tomar decisiones racionales y fundamentadas y mejorar así la propia metodología del entrenamiento. Además, la valiosa información obtenida mediante la medición de la velocidad de movimiento puede contribuir a abrir nuevas líneas de investigación.

Lista de abreviaturas

1RM: Repetición máxima

PB: Periodización por bloques

CMJ: Salto con contra-movimiento

d: Distancia

IE: Índice de esfuerzo

F: Fuerza

m: Masa

ENP: Entrenamiento no periodizado

RM: Número máximo (*n*) de repeticiones en un test o serie de entrenamiento (por ejemplo, 5RM, 10RM, etc.)

RFD: Tasa de desarrollo de la fuerza

EF: Entrenamiento de fuerza

t: Tiempo

T20: Tiempo para cubrir 20 m de carrera a pie

v: Velocidad

V1RM: Velocidad de la 1RM

VL: Pérdida de velocidad

REFERENCIAS

1. Para ver las referencias bibliográficas remitirse al artículo original (Toward a New Paradigm in Resistance Training by Means of Velocity Monitoring: A Critical and Challenging Narrative). <https://doi.org/10.1186/s40798-022-00513-z>.