



universidad
de león



TRABAJO DE FIN DE GRADO EN CIENCIAS DE LA ACTIVIDAD FÍSICA Y DEL DEPORTE

Curso Académico 2017/2018

ENTRENAMIENTO DE LA FUERZA BASADO EN LA VELOCIDAD DE
EJECUCIÓN: REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Velocity based strength training: a bibliografic review.

Autor/a: Gaspar Fernández Zamorano

Tutor/a: José Antonio Rodríguez Marroyo

Fecha: 27/06/2018

VºBº TUTOR/A

VºBº AUTOR/A

Resumen:

Tradicionalmente se ha utilizado en el entrenamiento de fuerza el 1RM y el nRM como indicadores para dosificar las variables de la carga. Esto presenta varios inconvenientes, entre los que se encuentran la variabilidad diaria del RM y la necesidad de tener que realizar con relativa frecuencia una toma de RM para comprobar el progreso o modificar las cargas de entrenamiento. La velocidad de ejecución ha demostrado ser un parámetro muy fiable para controlar las variables de la carga, mostrando correlaciones casi perfectas en su capacidad de predecir el RM diario y el % del RM al que corresponde una carga. Así pues, esta herramienta, en concreto utilizando como variable principal la velocidad media, resulta de extrema utilidad para que nuestro atleta realice con exactitud las series y repeticiones establecidas al % del RM exacto que se había planificado. Así pues, se ha demostrado que pérdidas del 20% interserie han resultado ser muy interesantes de cara a que el atleta se recupere al completo sesión a sesión y pueda entrenar con mayor frecuencia, obteniendo así mayor especialización en el gesto deportivo, lo cual puede resultar en un mayor potencial de mejora.

Palabras clave: velocidad de ejecución, entrenamiento de fuerza, powerlifting.

Abstract:

Traditionally, 1RM and nRM has been used as indicators to dose the load. This presents several inconvenients, as the daily RM variability and the necessity of doing a RM test frequently to assess the progress or to modify the training loads. Movement velocity has been demonstrated to be a reliable parameter to control the load variables, showing correlations that are almost perfect in order to predict the daily RM and the %RM that a load correspond to. Consequently, this tool, using specifically the mean velocity as the main variable, is of extreme utility for our athlete to perform exactly the sets and repetitions established at the exact % of the RM that had been planned. Therefore, it has been demonstrated that a 20% interser loss is interesting to the athlete in order to recover completely training by training and, as a result, being able to train more frequently and obtaining more specialization in the sporting gesture, which can result in more potential of improvement.

Key words: movement velocity, resistance training, powerlifting.

No se encuentran entradas de índice.

ÍNDICE

1. Introducción.....	4
2. Objetivos.....	5
3. Competencias.....	6
4. Metodología.....	6
5. Desarrollo del trabajo.....	6
5.1. Entrenamiento de fuerza basado en la velocidad de ejecución.....	6
5.2. Carácter del esfuerzo o RPE como estimador del RM.....	18
5.3. Instrumentos de medición.....	19
5.4. Cómo elaborar nuestra curva fuerza-velocidad.....	22
6. Aplicación práctica.....	24
7. Conclusión.....	26
8. Valoración personal.....	27
9. Bibliografía.....	28

1. Introducción

Los indicadores más habituales que se han utilizado en el entrenamiento de la fuerza para dosificar todas las variables de la carga han sido: la repetición máxima (1RM) y el número determinado de repeticiones máximas (nRM) (González Badillo y cols., 2017). El 1RM representa la máxima carga que el sujeto puede desplazar en una sola repetición de un ejercicio en concreto. En cuanto al nRM, representa la máxima carga que un sujeto puede desplazar, durante varias repeticiones, cuyo valor será el que representa n . Se ha comprobado que la utilización de ambas metodologías presentan varios inconvenientes que se deberían tener en cuenta:

En cuanto al 1RM, puede estar asociado a lesiones por mala ejecución o por ser usado con sujetos novatos. Además, hacer un test de 1RM lleva mucho tiempo para cada sujeto, y por ello puede ser poco práctico con grandes grupos de sujetos, sin olvidar que el valor de RM puede cambiar sesión a sesión de entrenamiento (González Badillo, 2011).

Un test de repetición máxima es muy exigente a nivel neuromuscular, y trabajando a intensidades altas, cualquier fallo técnico puede resultar en un percance a nivel físico del que ejecuta el movimiento. Se debe tener una técnica correcta y un bagaje de entrenamiento previo para que este test sea ejecutado con seguridad, así que no todo el mundo está preparado para realizarlo. En cuanto al tiempo que toma suministrar este test, hay que tener en cuenta que hay que realizar un calentamiento específico en función del ejercicio que se vaya a realizar. No es suficiente con realizar ejercicios de movilidad articular, si no que hay que preparar bien al sujeto para realizar bien este test. Además del calentamiento general, se deberá pedir al sujeto que realice varias series con pesos inferiores, aumentando la carga de forma progresiva hasta aproximarse a cargas cercanas al RM. Eso fácilmente puede tomar 30 minutos por sujeto, con lo que no es práctico con una cantidad grande de participantes. Por último, el valor de RM de este sujeto ese día no se corresponderá con muchos otros días, y si utilizamos este valor para prescribir porcentajes de intensidad a las sesiones de entrenamiento, el sujeto puede estar trabajando por encima o por debajo de la intensidad objetivo, desviando el objetivo de esa misma sesión de entrenamiento. En la Figura 1, se ilustra un ejemplo de la variación entre sesiones del RM. En este caso, la variación se corresponde a mi mismo, tomando la velocidad de ejecución para estimar el RM (Figura 1).



Figura 1. Variación del 1 RM en un periodo de 4 sesiones de entrenamiento.

De ahí la necesidad de realizar previamente a cada sujeto un test submáximo que nos aporte información del estado en que se encuentra, y así ajustar la carga de entrenamiento en función del objetivo de la sesión.

En este trabajo, pues, intentaré exponer qué es el entrenamiento de fuerza basado en la velocidad de ejecución, los parámetros que se pueden medir y cuál de estos es el más fiable de cara a monitorizar el entrenamiento de la fuerza, formas e instrumentos de medición, y una pequeña guía con la evidencia científica que se ha publicado hasta el momento.

Además, en este trabajo se incluye una propuesta práctica en el que se resume y se comenta un periodo de entrenamiento destinado a la mejora del 1RM de un sujeto, con la velocidad de ejecución como parámetro principal para determinar la fatiga diaria y la carga con la que el sujeto debe trabajar.

2. Objetivos

Los objetivos que se persiguen con la elaboración de este trabajo son:

- Explicar la metodología de la velocidad de ejecución para entrenar la fuerza.
- Comprobar la fiabilidad y la validez de esta metodología.
- Ofrecer una propuesta práctica que sirva como compendio a todo lo explicado.

3. **Competencias**

- Saber aplicar la metodología de la velocidad de ejecución.
- Aprender las distintas variables que influyen en la velocidad de ejecución.

4. **Metodología**

Este trabajo consiste en una revisión bibliográfica, para cuya realización y obtención de información he utilizado las palabras clave:

- Velocidad de ejecución
- Entrenamiento de fuerza
- Powerlifting

Estas palabras clave las he introducido en buscadores como pubmed, google académico y research gate. Además de estas fuentes, he utilizado libros tanto físicos como electrónicos, obtenidos de la biblioteca de la facultad de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte y adquiridos por mi mismo.

5. **Desarrollo del trabajo**

5.1. Entrenamiento de fuerza basado en la velocidad de ejecución:

La velocidad de los movimientos posiblemente sea el mejor punto de referencia para saber si el peso utilizado en el entrenamiento de fuerza es adecuado o no (González Badillo, 1991). El entrenamiento de fuerza basado en la velocidad de ejecución (velocity based resistance training) es una metodología de trabajo relativamente nueva que, poco a poco, ha tomado relevancia en el ámbito del entrenamiento de la fuerza, aplicado a deportes de fuerza como puede ser el powerlifting, o deportes en los que la fuerza no es la capacidad física principal a desarrollar, como el atletismo. Como podemos ver, Badillo en 1991 ya consideraba que la velocidad de ejecución iba a ser una variable determinante a la hora de monitorizar y dosificar el entrenamiento de los atletas para mejorar su rendimiento. En las próximas líneas explicaremos en qué consiste esta nueva forma de programar las sesiones de entrenamiento. Esta metodología se basa en monitorizar las variables que se relacionan con la velocidad de una o más repeticiones, tales como:

- Velocidad media propulsiva (VMP): velocidad media desde el inicio de la fase concéntrica hasta que la aceleración del móvil es menor que la gravedad.
- Velocidad media (VM): tiempo que tarda un móvil en recorrer un espacio
- Velocidad máxima (Vmax): velocidad máxima alcanzada en un espacio determinado
- Rango de movimiento (rom): recorrido del móvil
- Potencia (P): Relación entre la fuerza y la velocidad de un móvil.

En función del instrumento que utilicemos, podremos obtener más o menos de estos parámetros y utilizarlos para dosificar la carga del entrenamiento.

Varios estudios han demostrado la alta precisión que tiene la velocidad de ejecución para predecir el % del RM al que un sujeto está trabajando, obteniéndose correlaciones prácticamente lineales. Concretamente, en 2010, González Badillo publicó un estudio en el que se analizaron estas correlaciones en el ejercicio del press de banca. Como podemos observar la Figura 2, la correlación que se obtiene es de 0,98, es decir, prácticamente lineal. Lo sorprendente es que el número de datos que se analizaron fueron 1596 (total de levantamientos realizados durante la fase experimental), extraídos de los 176 test incrementales que se realizaron. Este estudio ha sido determinante para demostrar que realmente la velocidad de ejecución es un parámetro completamente fiable para cuantificar la intensidad a la que un sujeto está trabajando.

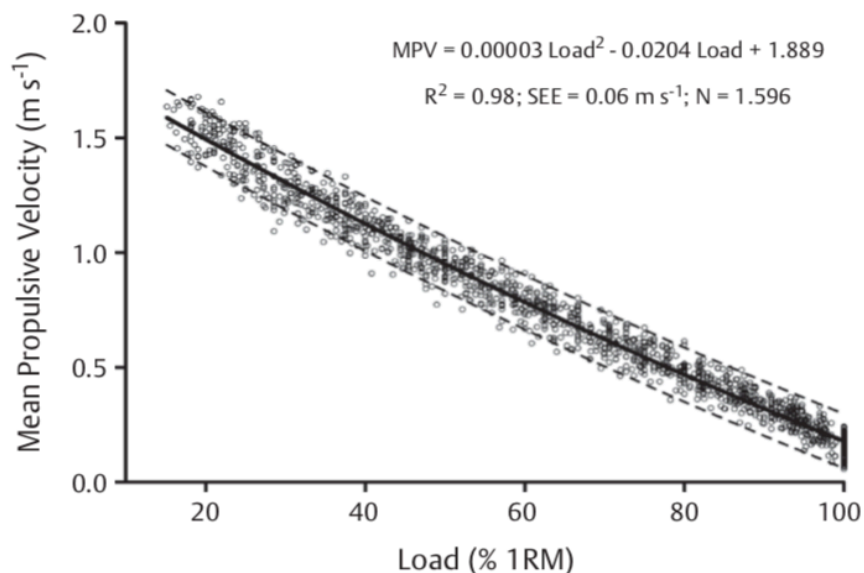


Figura 2. Correlaciones de predicción del RM con la velocidad de ejecución en el press de banca. Extraído de González Badillo, 2010.

No obstante, el press de banca no ha sido el único ejercicio en el que se ha analizado esta relación entre la velocidad de ejecución y el % del RM que esta velocidad representa. Otros ejercicios como la sentadilla y el peso muerto han sido analizados, obteniéndose los siguientes resultados:

En sentadilla, Sánchez Medina y cols. (2017), analizaron a 80 sujetos entrenados, con ratio RM/kg de peso corporal mayor de 1. Con los 644 datos obtenidos, se realizó de nuevo una gráfica para comprobar la correlación entre la velocidad de ejecución y el % del RM en este ejercicio, obteniéndose de nuevo una correlación bastante alta ($R^2 = 0,958$)

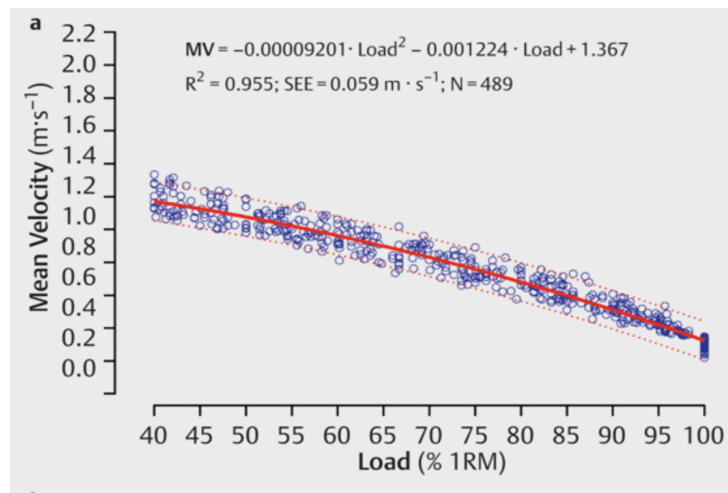


Figura 3. Correlaciones de predicción del RM con la velocidad de ejecución en la sentadilla. Extraído de Sánchez-Medina y cols. (2017)

En peso muerto, Ruf y cols. (2018), analizaron a 11 sujetos entrenados y les suministraron 3 test de 1RM separados al menos por tres días entre cada uno. De la misma forma que los estudios previos, la correlación entre el % del RM y la velocidad a la que se desplazaba la resistencia fue muy alta.

Otro ejercicio más del que se ha estudiado la relación de la velocidad de ejecución y la intensidad de trabajo es el remo tumbado. Sánchez Medina y cols. (2014) compararon la relación entre la velocidad y la carga del remo tumbado, junto con el press de banca. En el estudio participaron 75 sujetos, todos ellos atletas junior o senior a nivel nacional y con antecedentes en el entrenamiento de la fuerza. De nuevo, las correlaciones fueron considerablemente altas; en este caso, se obtuvo un R^2 0,94.

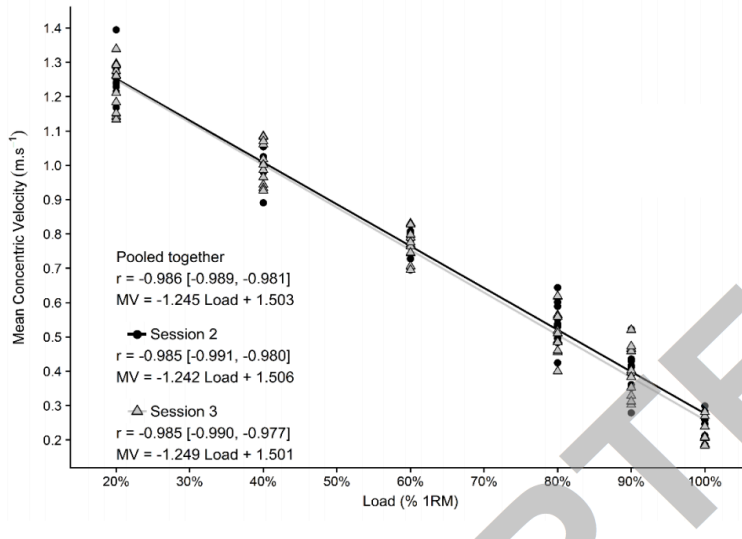


Figura 4. Correlaciones de predicción del RM con la velocidad de ejecución en el peso muerto. Extraído de Ruf y cols. (2018)

Además, para seguir respaldando la hipótesis de que la velocidad de ejecución es un parámetro fiable para estimar el RM, se ha demostrado que la velocidad media propulsiva a la que se movilizaba cada porcentaje del RM no se modificaba cuando el valor del RM de un sujeto variaba después de un periodo de entrenamiento de fuerza. Es decir, que independientemente del estado de forma en que el sujeto se encuentre, o de su evolución deportiva, a cada porcentaje de su RM le seguirá correspondiendo una velocidad de ejecución (Badillo y Sánchez Medina, 2010). Bajo mi punto de vista, no obstante, creo que esto es aplicable una vez que el sujeto tenga cierta experiencia en el entrenamiento de fuerza y haya conseguido desarrollar una técnica de ejecución estable en cada ejercicio, ya que si no, no podrá realizar de la forma más similar posible cada repetición y la velocidad de ejecución variará entre lo que se supone que es el mismo porcentaje del RM.

En conclusión, la literatura científica respalda la metodología de estimación del RM a través de la velocidad de ejecución, ya que se ha comprobado que la precisión es altísima y, además, no es necesario que el sujeto compruebe su RM cada día, si no que con una carga submáxima, habiendo elaborado previamente su propia gráfica de fuerza-velocidad, se puede estimar el RM de ese día y aplicar el % del mismo al que se pretendía trabajar esa sesión.

Como resumen de todo lo que hemos comentado previamente, he recogido en la tabla 1 los datos que relacionan la velocidad de ejecución al % del RM que esta supone en función del ejercicio, de acuerdo a los estudios que hemos mencionado.

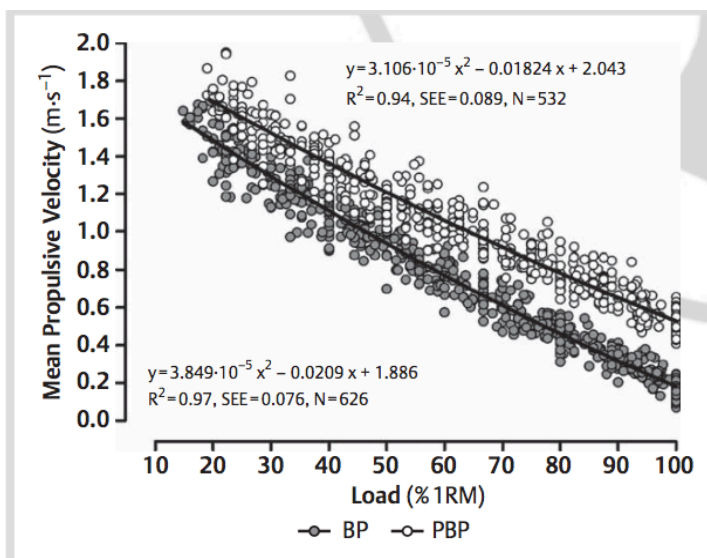


Figura 5. Correlaciones de predicción del RM con la velocidad de ejecución en el remo tumbado. Extraído de Sánchez Medina y cols. (2014)

REPETICIONES POSIBLES	%RM	VMP EN PRESS DE BANCA (m/s)	VMP EN SENTADILLA (m/s)	VM EN PESO MUERTO (m/s)	VMP EN REMO TUMBADO (m/s)
1	100	0,18	0,32	0,26	0,52
2	95	0,25	0,42	0,33	0,59
3-4	90	0,32	0,51	0,39	0,65
5-6	85	0,40	0,59	0,45	0,72
7-8	80	0,47	0,68	0,52	0,79
9-10	75	0,55	0,76	0,58	0,85
11-13	70	0,63	0,84	0,63	0,92
15	65	0,71	0,92	0,7	0,99
20	60	0,79	1,00	0,76	1,06
25	55	0,87	1,07	0,82	1,13
30	50	0,96	1,14	0,87	1,2

Tabla 1. Recopilación de las relaciones entre el % RM y la velocidad de ejecución en función del ejercicio. Extraído de: González Badillo (2010); Balsalobre (2014); Sánchez Medina (2014); Sánchez Medina (2017); Ruf (2018).

Nótese que en la columna de peso muerto figura VM (velocidad media), en vez de VMP (velocidad media propulsiva), y que los datos los he obtenido de una gráfica, trazando una recta aproximada que uniera el punto resultante del corte de las rectas de % del RM y de la velocidad media, con lo que puede haber pequeñas variaciones en los datos, aunque estas no son significativas.

No obstante, hay que tener en cuenta un trabajo de Helms y cols. (2017), en el que analizaron la relación entre el RPE y la velocidad de ejecución en sentadilla, press de banca y peso muerto entre powerlifters. En este trabajo, expone que:

La velocidad media de la sentadilla en el 1RM fue de 0,23 m/s (0,05m/s) a pesar de que datos previos de Izquierdo y cols. (2006) reportaron velocidades ligeramente mayores (0,24 m/s), aunque estos autores usaron sujetos "físicamente activos", mientras que esta investigación utilizó sujetos entrenados con una experiencia de entre 4,5 y 5,2 años. De hecho, investigaciones previas han mostrado que los sujetos experimentados en el levantamiento de fuerza tienen velocidades menores en el RM en comparación con sujetos novatos. Del mismo modo, la velocidad media del RM en press banca fue de 0,10 m/s, menor que la que constataron Izquierdo y cols. (0,15 m/s) y González Badillo (0,16 m/s), ya que utilizó sujetos menos entrenados.

La conclusión que podemos extraer de todo lo que hemos expuesto previamente, es que la velocidad de ejecución es una variable que tiene unas correlaciones muy altas para estimar el 1RM de un sujeto, y, a pesar de que se pueden dar unas velocidades estándar que sirvan de orientación, como las de la tabla 1, cada sujeto debería elaborar una ecuación que relacione la velocidad a la que moviliza una carga determinada en los distintos ejercicios, de cara a que la individualización del trabajo sea máxima.

Ahora bien, para medir la relación entre la carga y el % del RM que esta supone podemos utilizar varios de los parámetros previamente mencionados. En un estudio realizado por García Ramos y cols. (2017), se analizó la correlación de tres de estas variables para predecir el % del RM en función de la velocidad a la que se desplazaba una carga. Estas fueron: la velocidad media propulsiva, la velocidad media y la velocidad máxima. En el estudio participaron 30 sujetos con experiencia de al menos dos años en el entrenamiento de la fuerza. Se les suministró un protocolo de toma de 1RM en el ejercicio de press de banca. Ambas variables mostraron una correlación muy alta ($R^2 = >0,95$) al relacionar la carga a la velocidad de ejecución, y al utilizarlas para predecir el RM con cargas submáximas. No obstante, fue la velocidad media la que mostró una mayor linealidad en comparación al resto de variables. Esto quiere decir que, si queremos seleccionar un parámetro para trabajar con la metodología de la velocidad de ejecución, de cara a dosificar el entrenamiento de un atleta, deberemos seleccionar la velocidad media como parámetro principal de trabajo, teniendo también en cuenta la velocidad media propulsada y la velocidad máxima por si la velocidad media diese un error de medición, o como mero apoyo

a esta. Además, los transductores profesionales miden la VMP; sin embargo, investigaciones recientes han demostrado que la velocidad media es igual de fiable, y su medición no requiere materiales tan costosos (García Ramos y cols., 2017)

Otro de los temas que me gustaría abordar en este trabajo es el entrenamiento hasta el fallo muscular, comúnmente usado en el entrenamiento de la fuerza y de la hipertrofia. Este tema dará pie al próximo, que será el de la pérdida de velocidad entre repeticiones y entre series, variable que será imprescindible para cuantificar y controlar el volumen de entrenamiento y el carácter del esfuerzo del sujeto.

Es común ver en las salas de musculación series exhaustivas, una tras otra, que incluso no se completan por uno mismo si no que se ayudan de un cargador o “spotter” que asiste al levantador en las últimas repeticiones para completar la serie. Esta técnica de entrenamiento se conoce comúnmente como el entrenamiento hasta el fallo muscular o, más coloquial, “ir al fallo”. Tal y como especifica González Badillo y cols. (2017), es posible que esta metodología provenga del trabajo de Thomas DeLorme, médico del ejército de los Estados Unidos durante el siglo XX. En 1945, Thomas DeLorme publicó un artículo en el que exponía un método de entrenamiento al que llamó “Heavy resistance exercise”, el cual consistía en realizar 7 series de 10 repeticiones con el 10RM (peso que permita realizar 10 repeticiones como máximo), durante 5 días a la semana (DeLorme, 1945). Más de 70 años después, este tipo de dosificación de las series y de las repeticiones se sigue viendo en los gimnasios, especialmente entre practicantes del culturismo. No solo eso, si no que personas novatas que pisan por primera vez la sala de musculación, al pedir al monitor una rutina acorde a sus objetivos, observan que también hay reparticiones similares: series de 10 o 12 repeticiones, sin especificar la carga, el carácter del esfuerzo, analizar la técnica o las limitaciones de cada persona y, en definitiva, sin ningún tipo de individualización, con el riesgo que esto conlleva.

La literatura científica ha dado luz la cuestión de si es o no necesario entrenar hasta el fallo muscular con trabajos como los de Izquierdo y cols. (2006), en el que se dividieron dos grupos de trabajo a los que se suministró dos tipos diferentes de programas de entrenamiento de fuerza, uno de ellos incluyendo el fallo muscular y otro sin incluirlo, trabajando con volúmenes e intensidades iguales en ambos grupos. El programa duró 16 semanas y se compuso de 2 sesiones de entrenamiento por semana, así que se completaron 32 sesiones en total. Los resultados que se obtuvieron, entre otros, fueron:

- Similares ganancias en el 1RM y en la potencia muscular de los músculos exteriores del brazo y de la pierna.

- En la fase de peaking del programa (aumento de la intensidad de entrenamiento) se observaron mayores ganancias en la potencia muscular desarrollada en la extremidad inferior en el grupo que no llegó hasta el fallo muscular.
- El entrenamiento hasta el fallo muscular resultó en mayores ganancias en el número de repeticiones realizadas en el press de banca.
- El grupo que llegó hasta el fallo experimentó reducciones en las concentraciones de IGF-1 y elevaciones de IGFB-3.

Las conclusiones que se pueden extraer es que, si queremos mejorar nuestra fuerza y potencia, entrenar evitando el fallo muscular es nuestra mejor opción. Además, Häkkinen (1993), demostró que entrenar hasta el fallo muscular reduce tanto la fuerza generada por la musculatura como la capacidad del sistema nervioso de activar la musculatura.

Sabiendo entonces que no debemos llegar hasta el fallo muscular para mejorar nuestros niveles de fuerza de forma óptima, habría que averiguar cuántas repeticiones son las óptimas para este cometido. En este sentido, sin olvidarnos de la velocidad de ejecución, que es el eje principal de este trabajo, introduciremos un concepto que es el carácter del esfuerzo. Este concepto lo trataron González Badillo y Gorostiaga (1993), y se define como lo que se hace en relación a lo que podría hacerse. En el caso del entrenamiento de la fuerza, en una serie dada, relacionaría las repeticiones que se realizan con las que se podrían haber realizado. Un sujeto que ejecute 6 repeticiones con un peso que podría mover un total de diez repeticiones, ha tenido un carácter del esfuerzo de 6(10). En relación a lo expuesto anteriormente, si este mismo sujeto hubiese llegado al fallo con ese peso, hubiera tenido un carácter del esfuerzo de 10(10).

Pues bien, este carácter del esfuerzo se relaciona con la pérdida de velocidad de cada serie, o pérdida intraserie, que determinará si el estímulo que estamos provocando es o no ideal para la ganancia de fuerza muscular. Sánchez Medina y González Badillo (2011), analizaron las distintas respuestas del organismo frente a varios tipos distintos de series y repeticiones con distintos caracteres del esfuerzo, repeticiones e intensidades. Algunas de los hechos que observaron y que nos son de interés para lo que vamos a tratar a continuación son los siguientes:

- El amonio, a diferencia del lactato, mostró un aumento de la concentración curvilínea a medida que las repeticiones se ejecutaban, mientras que el lactado mostró una tendencia

lineal. Esto quiere decir que llegado un punto de la gráfica, la concentración de amonio aumenta de forma mucho más rápida que en los momentos previos a ese punto.

- Las distribuciones que resultaron en un mayor aumento del amonio en sangre fueron: 3x12(12), 3x10(12), 3x10(10), 3x8(8) en sentadilla y 3x12(12), 3x10(12), 3x10(10), 3x8(10), 3x8(8) y 3x6(6) en press de banca. Como podemos observar, son las series con mayor carácter del esfuerzo las que desencadenan el mayor aumento del amonio en sangre, es decir, las que estuvieron más cerca del fallo muscular.
- Las mayores pérdidas de velocidad se relacionaron con variaciones en hormonas como la testosterona, la hormona del crecimiento y la insulina, y se asociaron con mayor estrés mecánico, metabólico y hormonal.

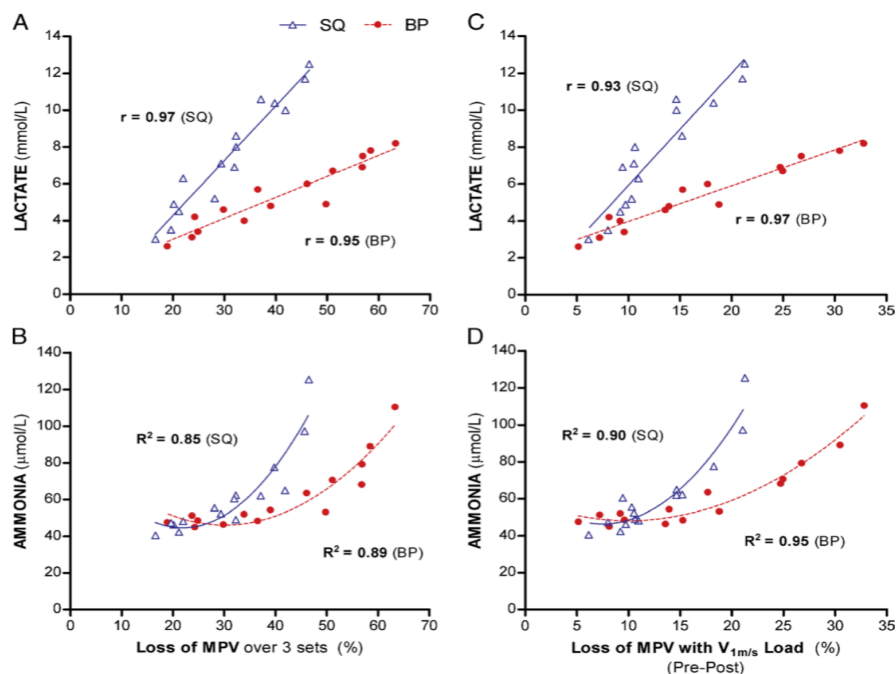


Figura 6. Evolución del lactato y del amonio a medida que se perdía velocidad de ejecución. Extraído de Sánchez Medina y González Badillo (2011).

Este estudio no concretó cuál era la pérdida de velocidad o carácter del esfuerzo óptimo para generar adaptaciones de fuerza, pero fue un gran avance que dio pie a una línea de investigación acerca de este tema. Lo que si que hicieron estos autores fue establecer una pérdida de velocidad máxima para prevenir este aumento de amonio, que se marcó en un 30% de pérdida para la sentadilla y de un 35% para el press de banca. Esta pérdida de velocidad corresponde a la resultante entre la primera y la última repetición de una misma serie.

Con todo lo comentado previamente, parece quedar claro que el aumento de la fatiga a través de la sucesiva realización de repeticiones en una misma serie deriva en un descenso inevitable de la velocidad de ejecución repetición a repetición (siempre y cuando estas repeticiones se realicen a la máxima velocidad intencionada). Este descenso es cuantificable, y será fundamental para orientar el estímulo en función del tipo de series que realicemos.

Hay dos formas de cuantificar esta pérdida de velocidad, tal y como exponen González Badillo y cols. (2017):

- La primera es la pérdida de velocidad intraserie. Esta compara la mejor repetición de una serie con la peor repetición de esa misma serie, en cuanto a velocidad. Generalmente estas son la primera repetición y la última. La pérdida de velocidad se calcula fácilmente, y se expresa en tanto por ciento: $\text{Pérdida} = \frac{(\text{VMP última repetición} - \text{VMP 1ª repetición})}{\text{VMP 1ª repetición}} \times 100$. Así pues, si hemos obtenido una VMP de 0,47 m/s en la mejor repetición y una VMP de 0,12 m/s en la última, la pérdida de velocidad de esa serie es: $[(0,12 - 0,47) / 0,47] \times 100 = -74,46\%$. Como podemos observar, el número que obtenemos es negativo.
- La segunda es la pérdida de velocidad en relación a la carga de 1 m/s. Antes de realizar nuestras series de trabajo buscaremos la carga que el sujeto es capaz de desplazar a la velocidad de 1 m/s. Si queremos comprobar la fatiga, simplemente tenemos que volver a introducirla, después de haberse realizado alguna serie efectiva, y comparar la velocidad a la que se desplaza. Según los autores, el método es elegido porque desplazar una carga a 1 m/s no supone generalmente ningún tipo de fatiga que pueda interferir con el trabajo posterior y porque han encontrado una alta relación entre la pérdida de velocidad con la carga que se puede desplazar a 1 m/s y entre la pérdida de velocidad en la serie.

En la Figura 7 observamos una gráfica en la que se aúnan ambos métodos. En rojo, la medición de la carga de 1 m/s antes y después de tres series, y en azul la pérdida de velocidad en cada serie.

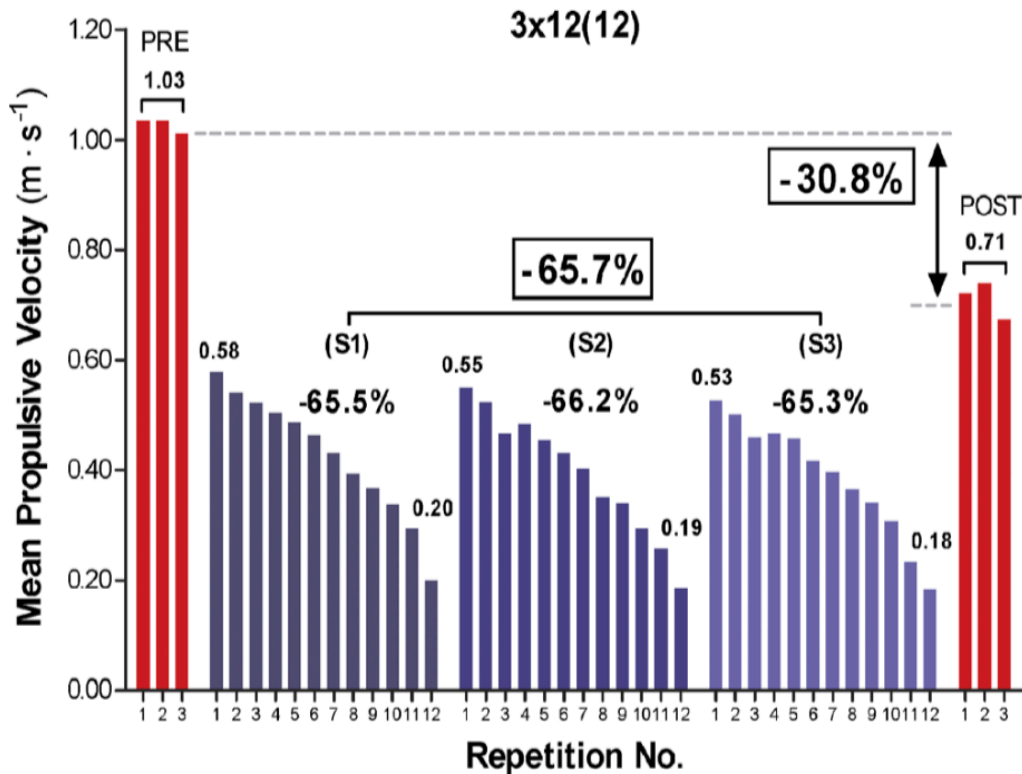


Figura 7. Pérdidas de velocidad tras tres series efectivas. Extraído de Sánchez Medina y González Badillo (2011).

Retomando la problemática que comentamos previamente y, sabiendo ya cómo medir y cuantificar esta pérdida de velocidad, solo tendríamos que establecer cuál es la pérdida de velocidad óptima para orientar el estímulo del entrenamiento a la ganancia de fuerza. Como hemos observado, tal y como indican Sánchez Medina y González Badillo (2011), existe un momento a medida que se realizan repeticiones, en el que la concentración de amonio se dispara y aumenta de forma exponencial. Este aumento de amonio, como nos indican González-Badillo y cols. (2017) podría provocar:

Aumentar considerablemente el tiempo de recuperación necesario tras cada sesión de entrenamiento. Si este tipo de esfuerzos exhaustivos se repitiesen con mucha frecuencia, podría incluso existir la posibilidad de dar lugar a una reducción crónica del contenido de ATP del músculo.

Además, ya hemos comprobado con anterioridad que en 2011, Sánchez Medina y González Badillo comenzaban a estimar que para prevenir el aumento de la concentración de amonio no era recomendable superar la mitad de las repeticiones realizables, es decir, trabajar con caracteres del esfuerzo de 6(12), 3(6), 1(2), etc. Esta estimación se corrobora con el trabajo de Pareja Blanco y cols. (2017), en el que analizaron los efectos de la pérdida de velocidad

durante el entrenamiento de fuerza en el rendimiento, ganancias de fuerza y adaptaciones musculares. En el estudio participaron 24 sujetos, activos físicamente y con experiencia en el entrenamiento de fuerza de 1,5 a 4 años, a los que dividieron en dos grupos. Se siguió un programa de 8 semanas en el que se entrenaba 2 veces a la semana, lo cual constituyó 16 sesiones en total. El primer grupo realizó series en el ejercicio de sentadilla, a la misma intensidad relativa que el segundo grupo, hasta perder un 20% de velocidad, mientras que el segundo llegaba a perder un 40%. Los resultados que se obtuvieron fueron:

- Ganancias de fuerza similares en ambos grupos en el ejercicio de sentadilla.
- Mayor mejora del salto vertical en el grupo del 20% de pérdida, a pesar de que el grupo del 40% de pérdida realizó en total un 40% más de repeticiones y un 36% más de trabajo.
- Mayores ganancias de masa muscular en el grupo de 40% de pérdida.
- Reducción en la cadena pesada de miosina en el grupo del 40%.

En la Figura 8 podemos observar la dinámica que sigue la velocidad en una serie de sentadilla hasta el fallo muscular. Si nos fijamos, observaremos que a partir de la repetición 14, la pérdida de velocidad comienza a descender de forma mucho más rápida que en las 13 repeticiones anteriores, en las cuales incluso parece mantenerse.

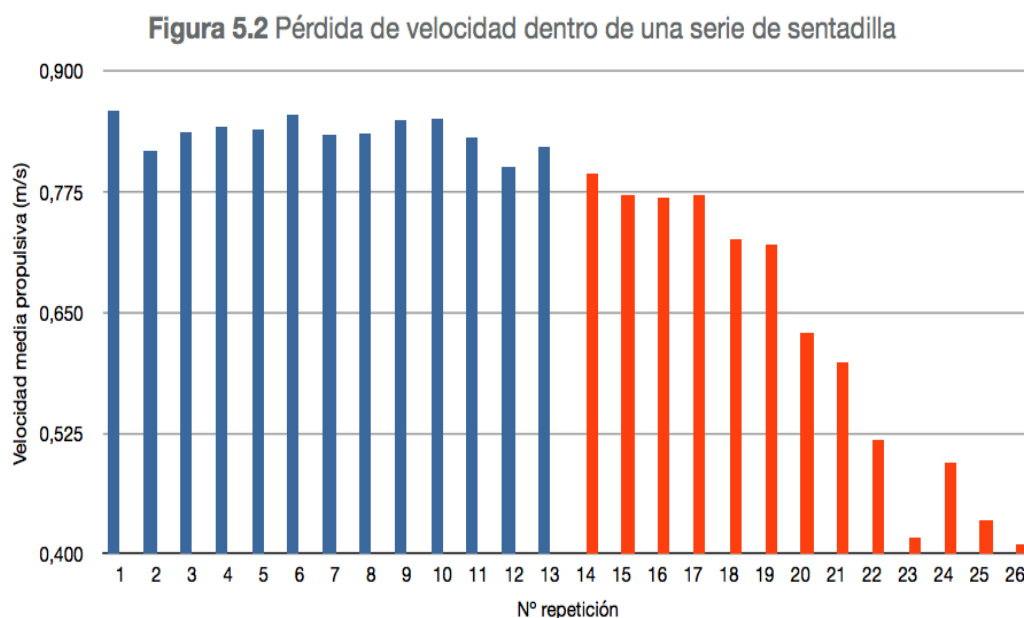


Figura 8. Evolución de la velocidad de ejecución en una serie hasta el fallo muscular en sentadilla. Extraído de Balsalobre & Jiménez Reyes, (2014).

De acuerdo con lo que establecían Sánchez Medina y González Badillo (2011), llegaba un momento durante la serie en el que la concentración de amonio se disparaba y aumentaba de forma exponencial. Este momento coincidía con el momento en que se sobrepasaban la mitad de las repeticiones realizables, tal y como se observa en la Figura 8. Lógicamente, cuando los productos resultantes de la fatiga aumentan su concentración en sangre, el sistema nervioso activa los mecanismos necesarios para disminuir la producción de fuerza, tal y como se observa en el gráfico.

Las conclusiones que podemos extraer de estos resultados, son que si queremos mejorar nuestra fuerza, no necesitamos inducir al organismo a esfuerzos exhaustivos, si no que con perder un 20% de velocidad en la serie estamos creando un estímulo óptimo y que además repercutirá en mayores ganancias en otros aspectos como el salto vertical. Es cierto que el grupo de 40% de pérdida generó mayores ganancias de hipertrofia muscular, lo cual también puede generar ganancias de fuerza muscular, pero, en este sentido quizá influyó el hecho de que este grupo realizó un volumen de trabajo mucho mayor que el otro, factor que puede haber determinado esas mayores ganancias de hipertrofia. Además, acorde a lo que hemos mencionado previamente, generar pérdidas de velocidad mayores del 30-35% provocaba aumentos en la concentración de amonio en sangre y mayor tiempo necesario de recuperación entre sesiones, con lo que los atletas que entrenen con pérdidas del 20% podrán entrenar con más frecuencia y generar estímulos más frecuentemente. Esto podría suponer que el volumen de trabajo por semana aumente y que las ganancias de hipertrofia muscular sean mayores. Por último, uno de los beneficios de poder entrenar más veces por semana, sobre todo en deportes en los que el gesto técnico es fundamental, como el powerlifting o la halterofilia, es que el deportista se especializa más en el gesto de competición, y consigue pulir más rápido los detalles técnicos precisos para terminar realizando el ejercicio de la forma óptima.

5.2. Carácter del esfuerzo o RPE como estimador del RM

El carácter del esfuerzo supone también una herramienta muy útil si no se dispone de dispositivos o medios que midan la velocidad de ejecución. Este carácter del esfuerzo está íntimamente ligado con el RPE o percepción subjetiva del esfuerzo. En el entrenamiento de fuerza, el RPE se suele relacionar con las repeticiones en recámara que el atleta deja en una serie. Por ejemplo, una serie en la que el carácter del esfuerzo sea de 3(6), supondrá un RPE de 7. Disponemos de trabajos que han estudiado este ámbito y que nos han transmitido herramientas para trabajar con RPE y que el atleta se familiarice con esta metodología, como la siguiente:

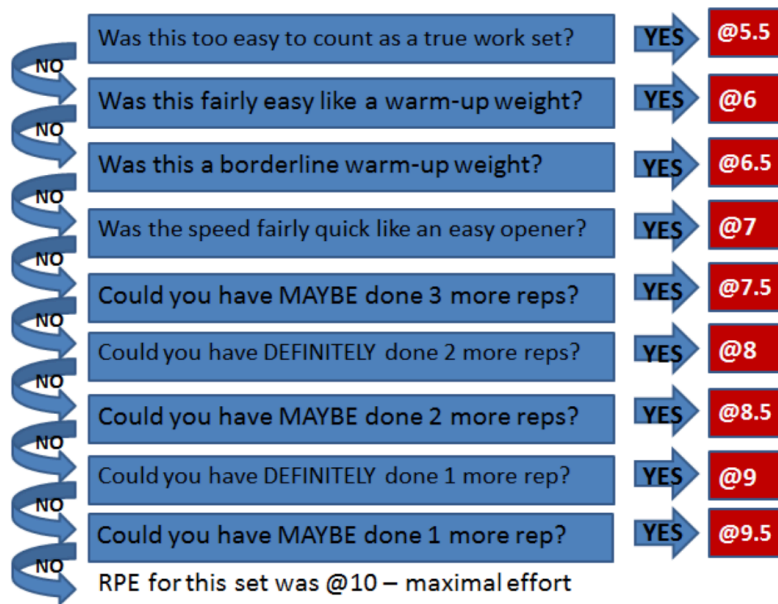


Figura 9. Herramienta para identificar el RPE de una repetición/serie. Extraído de Narváez, 2014.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
10	100%	96%	92%	89%	86%	84%	81%	79%	76%	74%
9.5	98%	94%	91%	88%	85%	82%	80%	77%	75%	72%
9	96%	92%	89%	86%	84%	81%	79%	76%	74%	71%
8.5	94%	91%	88%	85%	82%	80%	77%	75%	72%	69%
8	92%	89%	86%	84%	81%	79%	76%	74%	71%	68%
7.5	91%	88%	85%	82%	80%	77%	75%	72%	69%	67%
7	89%	86%	84%	81%	79%	76%	74%	71%	68%	65%
6.5	88%	85%	82%	80%	77%	75%	72%	69%	67%	64%

Figura 10. Herramienta para identificar el RPE de una repetición/serie y asociarlo a un % del RM. Extraído de Narváez, 2014.

Además, no solo podemos utilizar el RPE y el carácter del esfuerzo para controlar la pérdida de velocidad en cada serie, si no que también podemos usar estas herramientas para estimar el RM diario. Narváez (2014) nos facilitó también una tabla que recoge los porcentajes del RM a los que corresponde cada RPE.

Con estas dos tablas, y después de un proceso de familiarización, el atleta también podrá monitorizar el entrenamiento a través del RPE y del carácter del esfuerzo.

5.3. Instrumentos de medición

Actualmente disponemos en el mercado de diversos instrumentos que nos sirven para medir la velocidad de ejecución de un levantamiento concreto. Dividiremos estos instrumentos en tres tipos, indicando modelos específicos, precios y fiabilidad.

Por un lado, nos encontramos con acelerómetros, que, mediante sensores, monitorizan la velocidad a la que un móvil se desplaza. Estos se pueden colocar en la propia resistencia, o en algún segmento del que ejecuta el levantamiento, como el brazo, que se desplaza junto con la resistencia. Si es nuestro cuerpo el que se desplaza, como en ejercicios de tipo calisténico, deberemos colocar el dispositivo en el centro de masas (Ortega, 2016).

Dos ejemplos de estos dispositivos son:

- El beast sensor: dispositivo que cuenta con un imán para que se pueda colocar junto con la parte metálica de la resistencia, además de una pulsera para colocarla sobre la muñeca. Algunas de las especificaciones técnicas que encontramos en su página web son: 3 acelerómetros, 3 giroscopios y 3 brújulas.
- La push band: dispositivo que cuenta con un brazalete para colocarlo sobre nuestro brazo, y que cuenta con un acelerómetro y con un giroscopio, tal y como figura en su página web.

El precio de estos dispositivos es de 249€ el beast sensor, y de 284€ la push band. En cuanto a la fiabilidad, con respecto al beast sensor, Ortega (2016) ha encontrado que el dispositivo no registra, en ciertas ocasiones, las repeticiones; y que si la velocidad es reducida el dispositivo no arroja datos de la repetición. Del mismo modo, en la fase de obtención de datos de un trabajo de fin de máster, en el que participé, además de ocurrirnos lo mismo, este dispositivo mostraba valores muy dispares con respecto al T-Force, dispositivo Gold Standard para medir la velocidad de ejecución. La push band, en comparación con el T-Force, mostró correlaciones similares para la medición de la velocidad de ejecución en la sentadilla trasera (Balsalobre, 2016).

Por otro lado, se encuentran los encoder o transductores lineales, que son dispositivos que, mediante un hilo fijado a la resistencia, monitorizan la velocidad media, máxima, el recorrido, y diversas variables en función del modelo que utilicemos.

Dos ejemplos de estos dispositivos son:

- El T-Force: considerado, como hemos comentado previamente, como Gold Standard para la medición de la velocidad de ejecución. Para su utilización, precisamos de un ordenador con el software preciso instalado, con lo que su transporte y comodidad de uso puede suponer una problemática.

- El Speed4Lifts: dispositivo creado por dos jóvenes españoles en el año 2017, y que ha revolucionado el panorama de la medición de la velocidad de ejecución en el ámbito del powerlifting y del entrenamiento personal, entre otros. Este dispositivo consiste en una caja, en cuyo interior se encuentran las piezas necesarias para monitorizar las variables de cada repetición, y de la que emana un hilo que se enrolla en la barra.

El precio de estos dispositivos es bastante dispar, ya que el T-Force ronda los 2000-3000€, y el Speed4Lifts 300€.

En cuanto a la fiabilidad de estos productos, en cuanto al T-Force, es considerado como Gold Standard, así que evidentemente su precisión es considerada de las mejores. No obstante, a pesar de su diferencia de precio, el Speed4Lifts, al compararlo con el T-Force, proceso que realizamos en el mismo trabajo de fin de máster, arroja unas correlaciones de $R^2=0,996$, valores altísimos y que demuestran el buen funcionamiento del Speed4Lifts (Albalá, 2018).

Por último, distinguiré el grupo de aplicaciones móvil, entre las que se encuentra la aplicación "Powerlift". Creada por Carlos Balsalobre, esta aplicación monitoriza la velocidad mediante la fórmula $V = \text{espacio} * \text{tiempo}$. Nosotros introducimos el rango de recorrido de un ejercicio determinado, y con un video con unos fotogramas por segundo previamente especificados, la app calcula el tiempo que ha durado una repetición determinada, extrayendo así la velocidad de esa repetición.

El precio de esta app es de 10,99€, lo cual la coloca en el primer puesto de recursos más baratos para monitorizar la velocidad de ejecución.

La fiabilidad y validez de esta aplicación se ha comprobado, obteniéndose correlaciones de $r = 0,994$ en comparación con un transductor lineal (Balsalobre y cols., 2018).

5.4. Cómo elaborar nuestra curva fuerza-velocidad

Elaborar una recta de fuerza-velocidad es muy sencillo, ya que sólo nos tomará una sesión y 5 levantamientos. En el protocolo que la aplicación de Speed4lifts propone, tendremos que registrar la velocidad de 5 cargas comprendidas entre el 70% y el 100% de nuestro RM. Una secuencia correcta podría ser 70%-80%-90%-95%-100%. En este caso, la propia aplicación elabora la curva de fuerza-velocidad.



Figura 11. Curva fuerza velocidad. Extraído de la aplicación de Speed4Lifts.

Como podemos observar, la correlación que se obtiene es casi perfecta ($R^2=0,998$), así que esta curva es completamente válida y podremos trabajar con su referencia durante el tiempo que queramos.

Si no disponemos de una aplicación que realice la curva, el proceso a seguir sería registrar en un gráfico estos mismos datos, relacionando la carga con la velocidad a la que se mueve. A este gráfico le agregaremos una línea de tendencias, que tendrá que ser de tipo polinomial. De este modo tendremos nuestra curva de fuerza-velocidad elaborada personalmente. La Figura 12 ofrece un ejemplo visual.

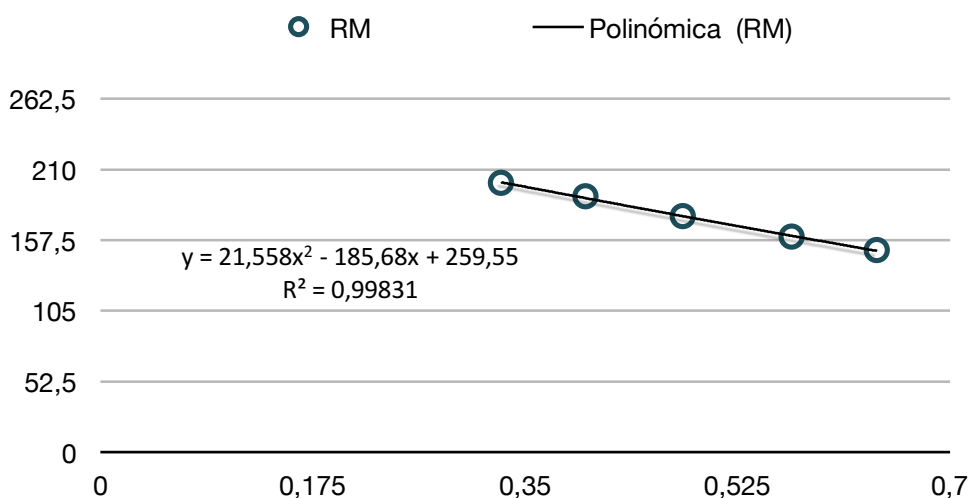


Figura 12. Curva fuerza velocidad. Realizado con Excel

6. Aplicación práctica

Como compendio de todo lo que se ha expuesto previamente, me dispongo a presentar lo que sería un ejemplo de puesta en forma o “peaking”, enfocado al powerlifting, y que se basa esencialmente en el trabajo a través de la pérdida de velocidad. Por no expandirme en exceso, está dirigido solo a un movimiento, aunque controlando las posibles interferencias entre ejercicios, se podría aplicar a más de un movimiento a la vez.

	SQ					
	%intra	%inter	Volumen	v(m/s)	%RM	Kg
1	15	5	75	0,76	65	130
2	15	7,5	112,5	0,7	70	140
3	15	10	150	0,63	75	150
4	15	12,5	187,5	0,57	80	160
5	15	15	225	0,7	70	140
6	15	12,5	187,5	0,63	75	150
7	15	10	150	0,57	80	160
8	50	1	50	0,51	85	170
9	20	5	100	0,63	75	150
10	20	7,5	150	0,57	80	160
11	20	10	200	0,51	85	170
12	20	12,5	250	0,45	90	180
13	20	15	300	0,61	77,5	155
14	20	12,5	250	0,54	82,5	165
15	20	5	100	0,48	87,5	175
16	50	1	50	0,42	92,5	185
17	15	5	75	0,63	75	150
18	15	10	150	0,57	80	160
19	15	15	225	0,51	85	170
20	15	20	300	0,45	90	180
21	15	5	75	0,61	77,5	155
22	15	7,5	112,5	0,54	82,5	165
23	15	10	150	0,48	87,5	175
24	15	5	75	0,42	92,5	185
25	15	7,5	112,5	0,51	85	170
26	15	5	75	0,45	90	180
27	15	2,5	37,5	0,4	95	190
28	15	1	15	0,33	100	200
					1RM	200

Tabla 2. Recoge las sesiones del peaking y lo que se realizará en cada una.

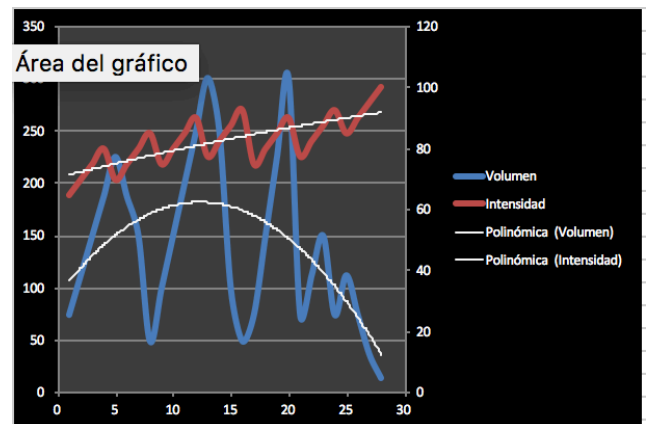


Figura 13. Gráfica que muestra la evolución del volumen y de la intensidad durante el peaking.

Primeramente, explicaré las bases generales de este ejemplo. La metodología que se sigue es una planificación basada en el modelo ATR (acumulación, transformación y realización), ideado por Issurin y Kaverin (Rodríguez Marroyo, Fernández y Burón, 2017-2018).

En este caso, el mesociclo que correspondería al de acumulación englobaría desde la sesión 1 hasta la sesión 8, en la que se realizarán dos sesiones a la semana. Como podemos observar, en este mesociclo se trabaja con fatigas intraserie medias, del 15%, que no llegan a la mitad de las repeticiones realizables. Del mismo modo, la fatiga interserie es media-alta, para que el atleta se vaya habituando al volumen alto de trabajo del siguiente mesociclo. La intensidad de trabajo son medias, ya que aún no es interesante introducir esfuerzos que sean demasiado específicos. En este mesociclo, también se introducirán ejercicios accesorios en función de las necesidades del atleta. En definitiva, es un mesociclo

que servirá al atleta para trabajar la fuerza-resistencia, e ir asentando una base sólida de cara al trabajo de mayor intensidad.

El mesociclo de transformación correspondería a la sesión 9, hasta la sesión 16, en el que también se realizarán dos sesiones a la semana. La fatiga interserie aumenta hasta el 20%, llegando a la mitad de las repeticiones realizables y aumentando también el carácter del esfuerzo, lo cual deriva en un estímulo enfocado tanto a la fuerza como a la hipertrofia. La fatiga interserie también aumenta, siendo el periodo del peaking en el que se mantiene más alta, y llegando a un pico de volumen en la sesión 13. La intensidad de trabajo aumenta, de tal forma que la especificidad del esfuerzo aumenta y el atleta comienza a habituarse al trabajo de alta intensidad. Igualmente, se seguirán realizando ejercicios accesorios que pueden o no modificarse en relación al anterior mesociclo en función de lo que el atleta precise.

El tercer y último mesociclo, el de realización, englobaría desde la sesión 17 a la sesión 28, en el que se realizarán tres sesiones a la semana. La fatiga interserie vuelve a disminuir, para reducir el carácter del esfuerzo y que el atleta consiga comenzar a supercompensar después de la fatiga generada en los anteriores mesociclos. En base a este mismo objetivo, la fatiga intraserie se reduce. A pesar de llegar a un pico en la sesión 20, la media general de fatiga intraserie es menor que en el anterior mesociclo, llegando a valores mínimos en las últimas sesiones del peaking. La intensidad de trabajo media es alta, llegando a valores del 90% y superiores en varias sesiones, y del 100% en la última sesión. Evidentemente, la especificidad que se adquiere es máxima. Durante este mesociclo, los accesorios se eliminan, centrando el trabajo sola y exclusivamente en el gesto de competición.

Sesión a sesión, el atleta realizará una estimación de su máximo diario a través de la velocidad de ejecución. Como se ha comentado previamente, se necesitará una recta que relacione la velocidad de ejecución con el porcentaje del RM que esa velocidad supone, de tal forma que con cualquier carga sepa cuál es su máximo diario, y trabajar con la carga que corresponda cada día en función del porcentaje que figure en el programa. Generalmente, el atleta en su protocolo de calentamiento incluirá como último paso la realización de una repetición que ronde el 85-90% del RM, ya que, con la experiencia, he podido comprobar que son los rangos en los que mejor se estima el RM a través de la velocidad de ejecución. Además, esta repetición servirá al atleta para beneficiarse de lo que se conoce como potenciación post activación (PAP). La PAP se define como una carga pesada y de corta duración que puede provocar una potenciación posterior de nuestros grupos musculares

implicados para que nos pueda ayudar a rendir mejor en nuestro entrenamiento (Sale, 2002).

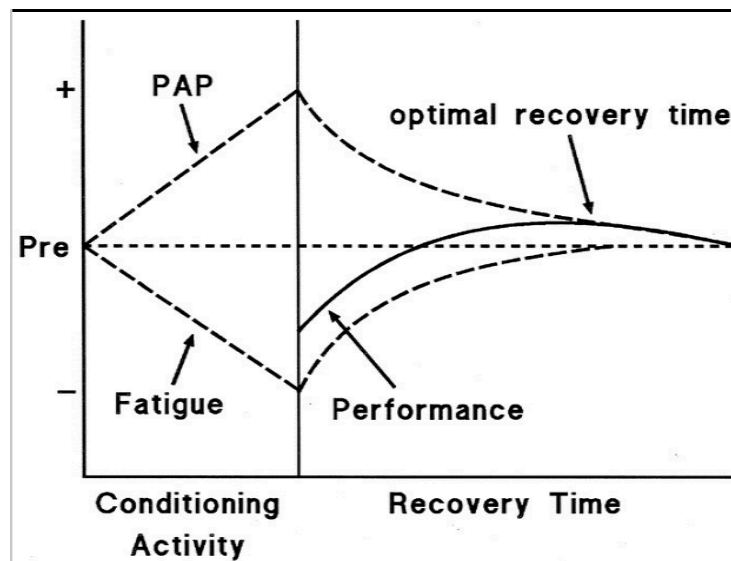


Figura 14. Evolución del rendimiento después de una PAP (Sale, 2003)

Respecto al material que se suele utilizar en las competiciones de powerlifting, en las primeras semanas del programa se optará por no utilizar ningún accesorio, de cara a introducirlos en semanas posteriores y de esa forma aumentar la especificidad del entrenamiento a medida que la competición o pico de forma se acerquen. Se primará el trabajo técnico en la primera mitad del peaking, aprovechando las intensidades medias que permiten al atleta concienciarse de los errores que tiene e intentar solventarlos en cada repetición. Además, los ejercicios accesorios servirán de apoyo a esta causa, de tal forma que a final de peaking el atleta no solo consiga un rendimiento superior, si no que también logre una mejor ejecución técnica de cara a próximos programas de entrenamiento.

Como dato, con esta programación yo mismo conseguí aumentar mi RM en 10 kilos, situándolo en 210 kg, y con una programación similar conseguí aumentarlo también en press de banca de 130 kg a 140 kg, con lo que al menos en mi caso esta metodología fue muy efectiva.

7. Conclusión

Primeramente, me gustaría resaltar la importancia de la estimación diaria de las condiciones del atleta. En la capacidad que nos atañe, que es la fuerza, del RM que el atleta tiene cada día de cara a orientar el trabajo al estímulo que buscamos en cada sesión. De nada nos sirve planificar unos porcentajes o unos estímulos determinados si en el momento de realizar la sesión de entrenamiento el atleta se encuentra en mejores o peores condiciones que el día que hizo una toma de RM y lo que el entrenador planifica como una sesión al 85% del RM resulta en una sesión al 65% o al 95%.

En este sentido, la velocidad de ejecución se convierte en una herramienta fundamental de cara a solventar este problema, ya que solamente con una toma de RM podemos obtener la relación entre la velocidad de ejecución y el % del RM que esta supone, de tal forma que con cualquier carga sepamos el RM que nuestro atleta sería capaz de obtener sesión a sesión. Las correlaciones casi perfectas obtenidas en diversos estudios avalan que esta metodología es completamente válida y fiable, y es económicamente alcanzable para cualquiera.

La velocidad de ejecución es una metodología que presenta diversas ventajas en comparación con otras. Ha demostrado tener una fiabilidad muy alta, obteniéndose correlaciones casi perfectas. Es muy sencillo estimar el RM diario, ya que con realizar a la máxima velocidad intencionada una repetición sabremos a qué % del RM de ese día corresponde. Gracias a esto, la precisión para orientar los estímulos de la sesión donde queremos será máxima. Además no tendremos la necesidad de realizar frecuentemente tomas de RM, que son muy exigentes a nivel neuromuscular y conllevan un riesgo de lesión, ya que con ir comparando la velocidad a la que movemos la misma carga sabremos si estamos progresando o no.

Como competidor de powerlifting, he de admitir que de las metodologías que he utilizado para realizar una puesta a punto para una competición, esta es la que mejores resultados me ha dado tanto durante como después. A nivel físico, a pesar de que la fatiga está presente en todas las puestas a punto, trabajando con la velocidad de ejecución he notado recuperaciones casi completas sesión a sesión, lo cual no ocurría cuando trabajaba con otras metodologías como la realización de sesiones de entrenamiento con un RM prefijado y estableciendo la carga en función de este RM.

8. Valoración personal

Con la realización de este trabajo, he aprendido más aún cómo utilizar la velocidad de ejecución en mis entrenamientos, como usuario habitual de gimnasio e interesado en el entrenamiento de la fuerza y en el rendimiento. Además, he entendido mejor por qué se utiliza, en cuanto a lo que hemos comentado de la elevación de los niveles de amonio y su relación con la fatiga que provoca en el atleta.

Considero que los objetivos propuestos se han cumplido, ya que en este trabajo se ha expuesto qué es la velocidad de ejecución, los parámetros que se pueden medir, cuál es el mejor de ellos, y también se ha ofrecido una propuesta práctica que aúna todo lo que se ha comentado previamente.

Faltan más trabajos científicos que propongan, por ejemplo, formas de llegar a un pico de forma utilizando la velocidad de ejecución, pero estoy seguro de que esta línea de investigación estará activa durante mucho tiempo y poco a poco diversos autores propondrán modelos de programación utilizando esta herramienta como pilar clave.

Por último, confío en que los profesores de las distintas facultades de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte consideren tratar esta temática en las asignaturas relacionadas con el rendimiento, ya que en los 4 años que yo he cursado esta titulación apenas se ha considerado como un apartado importante, a pesar de que con este trabajo hemos demostrado que debería ser una opción principal para controlar a nuestro atleta y lo que realiza sesión a sesión.

9. Bibliografía

1. Albalá, B. (2018). Speed4Lifts a examen. Recuperado de: <https://www.bcperformance.es/single-post/Speed4lifts-a-examen>
2. Balsalobre-Fernández, C., Kuzdub, M., Poveda-Ortiz, P., & del Campo-Vecino, J. (2016). Validity and reliability of the push wearable device to measure movement velocity during the back squat exercise. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 30(7), 1968-1974.
3. Balsalobre-Fernández, C., Marchante, D., Muñoz-López, M., & Jiménez, S. L. (2018). Validity and reliability of a novel iPhone app for the measurement of barbell velocity and 1RM on the bench-press exercise. *Journal of sports sciences*, 36(1), 64-70.
4. Balsalobre Fernández, C., & Jiménez Reyes, P. (2014). Entrenamiento de Fuerza: nuevas perspectivas metodológicas.
5. DeLorme, Thomas L. "Restoration of muscle power by heavy-resistance exercises." *JBS* 27.4 (1945): 645-667.
6. García-Ramos, A., Pestaña-Melero, F. L., Pérez-Castilla, A., Rojas, F. J., & Haff, G. G. (2017). Mean velocity vs. mean propulsive velocity vs. peak velocity: which variable determines bench press relative load with higher reliability?. *Journal of strength and conditioning research*.
7. González Badillo, J. J., Sánchez Medina, L., Pareja Blanco, F., & Rodríguez Rosell, D., (2017). *La velocidad de ejecución como referencia para la programación, control y evaluación del entrenamiento de fuerza*. Ergotech.
8. González-Badillo, J. J. (1991). Halterofilia. *Comité Olímpico Español*.
9. González-Badillo, J. J., & Sánchez-Medina, L. (2010). Movement velocity as a measure of loading intensity in resistance training. *International journal of sports medicine*, 31(05), 347-352.
10. González Badillo, J. J., & Gorostiaga Ayestarán, E., (1993). Metodología del entrenamiento para el desarrollo de la fuerza. Máster en Alto Rendimiento Deportivo. *Comité Olímpico Español*.
11. González-Badillo, J. J., Marques, M., & Sánchez-Medina, L. (2011). The importance of movement velocity as a measure to control resistance training intensity. *Journal of human kinetics*, 29(Special Issue), 15-19.
12. Hakkinen, K., & Pakarinen, A. (1993). Acute hormonal responses to two different fatiguing heavy-resistance protocols in male athletes. *Journal of Applied Physiology*, 74(2), 882-887.

13. Helms, E., Storey, A., Cross, M., Brown, S., Lenetsky, S., Ramsay, H., Dillen, C., & Zourdos, C. (2017). RPE and velocity relationships for the back squat, bench press, and deadlift in powerlifters. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 31(2), 292-297.
14. Izquierdo, M., Ibanez, J., González-Badillo, J. J., Hakkinen, K., Ratamess, N. A., Kraemer, W. J., & Gorostiaga, E. M. (2006). Differential effects of strength training leading to failure versus not to failure on hormonal responses, strength, and muscle power gains. *Journal of applied physiology*, 100(5), 1647-1656.
15. Narváez, I., (2014). Programming to Win.
16. Ortega, R. (2016). Ponemos a prueba el beast sensor. Recuperado de: <https://powerexplosive.com/ponemos-a-prueba-el-beast-sensor/>
17. Pareja-Blanco, F., Rodríguez-Rosell, D., Sánchez-Medina, L., Sanchis-Moysi, J., Dorado, C., Mora-Custodio, R., & González-Badillo, J. J. (2017). Effects of velocity loss during resistance training on athletic performance, strength gains and muscle adaptations. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 27(7), 724-735.
18. Sale, D. G. (2002). Postactivation potentiation: role in human performance. *Exercise and sport sciences reviews*, 30(3), 138-143.
19. Sánchez-Medina, L., González-Badillo, J. J., Perez, C. E., & Pallarés, J. G. (2014). Velocity-and power-load relationships of the bench pull vs. bench press exercises. *International journal of sports medicine*, 35(03), 209-216.
20. Sánchez-Medina, L., Pallarés, J. G., Pérez, C. E., Morán-Navarro, R., & González-Badillo, J. J. (2017). Estimation of relative load from bar velocity in the full back squat exercise. *Sports Medicine International Open*, 1(02), E80-E88.
21. Sánchez-Medina, L., & González-Badillo, J. J. (2011). Velocity loss as an indicator of neuromuscular fatigue during resistance training. *Medicine and science in sports and exercise*, 43(9), 1725-1734.
22. Rodríguez Marroyo, J.A., Fernández, J., Burón, C. (2017-2018), Apuntes de planificación del entrenamiento deportivo. Facultad de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte. Universidad de León.
23. Ruf, L., Chéry, C., & Taylor, K. L. (2018). Validity and Reliability of the Load-Velocity Relationship to Predict the One-Repetition Maximum in Deadlift. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 32(3), 681-689.