



Trabajo Fin de Grado

**USO DE LA VELOCIDAD DEL MOVIMIENTO COMO
VARIABLE PARA CUANTIFICAR EL VOLUMEN DURANTE
EL ENTRENAMIENTO DE FUERZA**

Grado en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte

Manuel Romero Pérez

Miguel Ángel Oviedo Caro

Investigación en el Ámbito de la Educación y/o Formación

Agradecimientos

Me gustaría destacar el papel de Miguel Sánchez Moreno y Beatriz Isabel Bachero Mena durante esta intervención, profesores de la Universidad de Sevilla. Sin ellos nada de esto habría sido posible. Pasar todo este tiempo junto a ellos ha sido la mejor decisión que he tomado durante el grado. Gracias por enseñarme tanto y tan bien.

Por supuesto, no existen palabras para expresar mi gratitud a todos los participantes de esta intervención. Desde compañeros de grado hasta cercanos a mi persona. Recordaré siempre que estuvisteis presente en la etapa final de mi grado con un gran cariño. Gracias por ponérmelo tan fácil.

Por último, a la persona más importante de mi vida, que día a día pone todo lo mío por delante de lo suyo sin pensarlo dos veces. Gracias por creer tanto en mí, mamá.

Resumen

Objetivo: esta intervención tenía como objetivo (1) analizar la relación entre el porcentaje de pérdida de velocidad (%PV) y porcentaje de repeticiones realizadas (%RR) usando un ajuste general e individual y (2) examinar la variabilidad en el número máximo de repeticiones (NMR) ante una intensidad relativa dada (%1RM). **Método:** tras la evaluación de relación %1RM-velocidad individual, 18 hombres con experiencia en el entrenamiento de fuerza (EF) completaron 6 pruebas NMR con intensidades relativas del 40, 60 y 80% de la 1RM en el ejercicio de press de banca en máquina Smith. Los %1RM se determinaron a partir de la relación %1RM-velocidad individual y de la ecuación general. **Resultados:** las relaciones %PV-%RR mostraron correlaciones que oscilaban entre 0,855 y 0,934, disminuyendo con los %1RM más altos. El %RR cuando se alcanzó un determinado %PV mostró valores de coeficiente de variación (CV) entre el 2,6 y 34,1%. El NMR mostró un CV entre 16,8 y 32,5%. **Conclusiones:** el uso de la PV dentro de la serie como variable para prescribir el volumen durante el EF se presenta como una opción adecuada independientemente del ajuste utilizado para determinar la intensidad, lo que permite proporcionar un nivel de esfuerzo más homogéneo entre los atletas.

Palabras clave: entrenamiento de fuerza, volumen, press de banca, pérdida de velocidad, nivel de esfuerzo.

Purpose: this intervention aimed (1) to analyse the relationship between percentage of velocity loss (%PV) and percentage of repetitions performed (%RR) using a general and individual setting and (2) examine variability in the maximum number of repetitions (NMR) at a given relative intensity (%1RM). **Method:** following individual %1RM-velocity relationship assessment, 18 men experienced in resistance training (EF) completed 6 NMR tests at relative intensities of 40, 60 and 80% of 1RM in the Smith machine bench press exercise. The %1RM was determined from the %1RM-individual relationship and the general equation. **Results:** %PV-%RR relationships showed correlations ranging from 0,855 to 0,934, decreasing with higher %1RM. The %RR when a certain %PV was reached showed coefficient of variation (CV) values between 2,6 and 34,1%. The NMR showed a CV between 16,8 and 32,5%. **Conclusions:** the use of within-set PV as a variable to prescribe volume during EF presents itself as a suitable option regardless of the setting used to determine intensity, thus providing a more homogeneous level of effort between athletes.

Keywords: resistance training, volume, bench press, velocity loss, level of effort.

Abreviaturas

EF: entrenamiento de fuerza

1RM: una repetición máxima

NMR: número máximo de repeticiones

RR: repeticiones realizadas

XRM o nRM: X repeticiones máximas

PV: pérdida de velocidad

VMP: velocidad media propulsiva

PB: press de banca

SC: sentadilla completa

CE: carácter del esfuerzo

RIR: repeticiones en reserva

40G: 40% de la 1RM con ajuste general

40I: 40% de la 1RM con ajuste individual

60G: 60% de la 1RM con ajuste general

60I: 60% de la 1RM con ajuste individual

80G: 80% de la 1RM con ajuste general

80I: 80% de la 1RM con ajuste individual

R^2 : coeficiente de determinación

CV: coeficiente de variación

DE: desviación estándar

IC: intervalo de confianza 95%

SEM: error estándar de la media

Df: diferencia

Índice

1. Introducción y justificación	6
2. Marco teórico	8
3. Objetivos	13
4. Metodología de la investigación	14
4.1. Participantes.....	14
4.2. Familiarización	14
4.3. Diseño experimental	15
4.4. Procedimiento de las pruebas	16
4.4.1. Test incremental	16
4.4.2. Sesiones de NMR	16
4.5. Materiales, equipo de medición y adquisición de datos	17
4.6. Análisis estadístico	19
5. Resultados	20
5.1. Relación entre la VMP y % 1RM.....	20
5.2. Relación entre el %PV y %RR usando un ajuste general e individual.....	21
5.3. NMR alcanzado ante una misma intensidad usando un ajuste general e individual .	25
6. Discusión.....	26
7. Conclusiones	30
8. Futuras líneas de investigación	31
9. Referencias bibliográficas.....	32

1. Introducción y justificación

El presente trabajo de fin de grado fue diseñado para estudiar la variabilidad existente en la pérdida de velocidad (PV) dentro de la serie como variable para cuantificar el volumen durante el entrenamiento de fuerza (EF) cuando la intensidad relativa fue ajustada siguiendo el uso de las ecuaciones generales propuestas (González-Badillo y Sánchez-Medina, 2010) o cuando esta fue ajustada mediante el uso de ecuaciones individuales.

El EF es una práctica frecuente para gran parte de la población, y es muy usado por los especialistas, ya que actualmente se reconoce su importancia tanto en el ámbito del rendimiento deportivo como en la salud (González-Badillo y Ribas-Serna, 2002; Garber et al., 2011). En cuanto al primer ámbito, una amplia mayoría de los profesionales considera que la mejora de la fuerza puede beneficiar el rendimiento en cualquier especialidad deportiva (Kraemer y Ratamess, 2004; González-Badillo y Ribas-Serna, 2002). Solamente mejorando la fuerza que aplica el sujeto en una acción concreta, y sobre todo en la acción específica de competición, se puede correr más, saltar más, levantar más peso y lanzar más lejos (González-Badillo y Ribas-Serna, 2019). En cuanto a la salud, el EF ha mostrado en poblaciones como adultos sedentarios aumentar su masa magra, reducir la masa grasa, incrementar su independencia y capacidades cognitivas, y ayuda a controlar la diabetes tipo II, presión arterial, y promover el desarrollo mineral óseo y reducir el dolor (Westcott, 2012). Pero sus beneficios no se limitan en esta población, ya que en niños y adolescentes se demuestra que puede ser una herramienta útil, eficaz y segura si se prescribe adecuadamente (Comité Nacional de Medicina del Deporte Infantojuvenil, 2018).

Para conseguir un correcto efecto del EF, se distinguen numerosas variables para prescribirlo, como son el volumen, intensidad, descanso, ejercicios, frecuencia, densidad, etc., cuya manipulación determinará el tipo de adaptaciones neurales y estructurales que pueden tener lugar según el objetivo (Kraemer y Ratamess, 2004; Schoenfeld et al., 2017). Se conoce al volumen como la cantidad de trabajo (repeticiones, series, número de ejercicios, sesiones) que pueden darse a lo largo de una semana, ciclo de entrenamiento, temporada, etc. (González-Badillo y Ribas-Serna, 2002). Sin embargo, por sí solo no es capaz de definir el EF, ya que dos volúmenes idénticos pueden representar distintos entrenamientos, y por ello, determinar un mayor volumen como mejora del rendimiento sería un error, ya que con el paso del tiempo pierde validez. Para una mayor precisión, el volumen debe ir acompañado de la intensidad, expresada en este documento como porcentaje de la repetición máxima (1RM). A la intensidad podemos referirnos como el grado de esfuerzo que experimenta una persona en cada acción al

realizar una tarea (González-Badillo y Ribas-Serna, 2002). Sin embargo, siguiendo la línea de lo anterior, el efecto de la intensidad es dependiente del volumen que se realiza, es decir, por el número de veces que se repite un esfuerzo.

Volviendo al volumen, se plantea la cuestión de cuál sería un volumen óptimo. Numerosas son las investigaciones que pretenden dar respuesta a ello, pero se podría afirmar que no tiene una única solución. Sin embargo, se lanzan algunas afirmaciones como que, a mayor experiencia en el entrenamiento, el efecto de un alto volumen disminuiría progresivamente (González-Badillo y Ribas-Serna, 2002). Además, Rhea et al. (2003) llegaron a la conclusión de que realizar más de 3-4 series por ejercicio, traería una disminución del efecto del entrenamiento en deportistas de diferentes niveles. Es decir, podría hasta reducirse el rendimiento ante un alto volumen. Algunas publicaciones más recientes (Pareja-Blanco et al., 2016; Rodríguez-Rosell et al., 2019) muestran cómo perder entre el 10-20% con respecto al valor absoluto más alto de velocidad de la primera repetición en la serie (normalmente la más rápida) trae consigo mejores resultados en cuanto a la mejora del rendimiento que alcanzar unos valores de pérdida superiores. Valores más bajos de pérdida de velocidad en la serie implican necesariamente la realización de un menor número de repeticiones independientemente del ejercicio, por lo que parece ser de la existencia de una zona óptima de volumen, aunque escasamente estudiada, y que sobrepasarla, podría llevar al síndrome de sobreentrenamiento (González-Badillo y Ribas-Serna, 2019).

Una vez aclarado lo anterior, para proceder a la cuantificación del EF ha de controlarse las principales variables del entrenamiento, y para ello, se deberá tener la certeza de que la acción que realiza el deportista en cuestión se corresponde a lo prescrito. Esto permitirá al profesional del deporte llevar un seguimiento objetivo de los estímulos programados, y por ello, tomar las decisiones oportunas que se puedan presentar durante una sesión o ciclo de entrenamiento. Esta tarea es altamente complicada debido a la dificultad de ajustar las variables de intensidad y volumen, para lo cual, el uso de la velocidad del movimiento aporta algunas soluciones.

2. Marco teórico

Tradicionalmente, el volumen durante el EF es determinado fijando un número de repeticiones a realizar para todos los deportistas. Este número de repeticiones puede representarse como (a) X repeticiones máximas (XRM o nRM), donde la “X” o “n” indicaría el número de repeticiones a realizar, por ejemplo, 10RM implicaría realizar 10 repeticiones máximas en la serie, lo que se conocería como fallo muscular o (b) a partir de un número submáximo en función de las repeticiones totales ante una carga (kg o %1RM), por ejemplo, realizar 5 repeticiones sobre 10, lo que se expresaría como 5(10). Esta última se conoce como carácter del esfuerzo (CE), siendo la relación entre las repeticiones realizadas (volumen) y realizables (intensidad) en la serie (González-Badillo y Ribas-Serna, 2019). Es evidente que trabajar en base a repeticiones totales lleva de forma intrínseca la variable intensidad, ya que no se pueden aislar. Prescribir un XRM trae consigo ventajas como asegurarse de que se realizan todas las repeticiones posibles en la serie, mientras que aplicando el CE se daría un esfuerzo más homogéneo entre deportistas (González-Badillo y Ribas-Serna, 2019). Sin embargo, en cuanto al XRM se aprecia una serie de limitaciones. En primer lugar, en varias ocasiones se ha descrito que el número máximo de repeticiones (NMR) que cada individuo puede realizar ante una misma intensidad relativa (%1RM) difiere de forma significativa (coeficiente de variación [CV] ~ 20%) (Richens y Cleather, 2014; González-Badillo et al., 2017; Izquierdo et al., 2002). Esto quiere decir que, si por ejemplo prescribimos una serie de 10 repeticiones ante un determinado %1RM para dos personas distintas, probablemente cada uno de ellos realice un distinto grado de esfuerzo (siendo este la diferencia entre las repeticiones realizadas [RR] por parte de un sujeto en una serie y el NMR que hipotéticamente podría ser alcanzado si se continuase la serie), es decir, las repeticiones que quedarían en reserva (*repetitions in reserve* [RIR]) podría diferir considerablemente entre ellas (Balsalobre-Fernández et al., 2021; Izquierdo et al., 2002; González-Badillo y Ribas-Serna, 2019; Weakley et al., 2020). Se ha sugerido que factores como la cantidad de masa muscular implicada en un ejercicio específico, el nivel de entrenamiento del atleta, la composición de fibras y la densidad capilar muscular son factores que tienen influencia sobre en NMR que un deportista puede realizar ante una determinada intensidad relativa (Terzis et al., 2008; Izquierdo et al., 2002). Otro inconveniente del XRM es que sería imposible mantener el mismo número de repeticiones en varias series, y según publicaciones recientes (Pareja-Blanco et al., 2016; Rodríguez-Rosell et al., 2020), no es la mejor estrategia de cara a la mejora del rendimiento, viéndose como este tipo de EF genera una alta tensión mecánica, estrés metabólico y daño muscular, siendo su uso

tal vez más indicado para la mejora estructural (hipertrofia) (Schoenfeld, 2010; Schoenfeld et al., 2017). Volviendo al CE, podríamos decir que viene definido desde que se realiza la primera repetición de la serie hasta la última, lo que sería desde la repetición con el mayor valor absoluto de velocidad (normalmente correspondiente a la primera repetición) hasta el valor más bajo en la serie, y su relación con las RIR (González-Badillo y Ribas-Serna, 2019; Morán-Navarro et al., 2019). Entonces, podríamos decir que el CE está comprendido por todo ese rango de pérdida de velocidad (PV) en la serie, y dependiendo de la magnitud de esa PV (representada por un porcentaje), se diferenciará entre un CE ligero, medio, alto y muy alto, siendo este último representado por XRM (González-Badillo y Ribas-Serna, 2019).

Por otra parte, la intensidad en el EF se ha expresado como porcentaje de la 1RM, cosa que conlleva a conocer el valor real de la 1RM. Una vez hallado este valor en carga absoluta (kg), tan solo con prescribir un %1RM, se podrá individualizar el EF e igualar las intensidades en el caso de un grupo numeroso. Sin embargo, al igual que el volumen, este método presenta numerosos inconvenientes, como que actualmente es sabido que el valor absoluto de la 1RM varía diariamente (González-Badillo y Ribas-Serna, 2019; Weakley et al., 2020). Además, poner en práctica lo anterior implica medir directamente la 1RM, algo que no es posible para toda la población debido a su exigencia. Incluso, si se midiera, conocer su valor real no es posible, ya que cada ejercicio (e individuo) tiene su propia velocidad asociada a la 1RM (V1RM), y cuanto más se aleje la medición de este valor, más impreciso será (González-Badillo y Ribas-Serna, 2019; Weakley et al., 2020). Otra forma de hallar la 1RM es mediante el uso de ecuaciones generales basadas en el NMR obtenido ante una carga absoluta (kg) en una serie hasta el fallo muscular. Estas fórmulas resultan más precisas cuando se utilizan cargas (kg) con las que se pueden completar pocas repeticiones (< 6), pero presentan grandes limitaciones al no tener en cuenta las características del ejercicio (e individuo) *per se*, ya que se ha demostrado que para una misma intensidad (%1RM) en distintos ejercicios, se obtiene un NMR distinto (Izquierdo et al., 2006; Terzis et al., 2008; Izquierdo et al., 2002). Una de las más famosas y usadas es la ecuación general de Brzycki (Brzycki, 1993).

Como alternativa al uso tradicional de las anteriores variables, se sugiere el control de la velocidad del movimiento durante el EF, ya que actualmente disponemos de una amplia evidencia en numerosos ejercicios propios del EF acerca de la estrecha relación que guarda la velocidad de un levantamiento y la carga (kg), dándose coeficientes de correlación muy altos ($R^2 \sim 0,94-0,96$) (González-Badillo y Sánchez-Medina, 2010; Sánchez-Moreno et al., 2017; Sánchez-Medina et al., 2017; de Hoyo et al., 2014; Weakley et al., 2020). Este hecho lo que

aporta es fiabilidad y validez acerca del uso de la velocidad a la hora de asociar distintos valores de velocidad a porcentajes de la 1RM (siendo ésta el 100%), y por ello, establecer una relación %1RM-velocidad, pero para hablar de una forma más específica del objetivo de esta investigación, debemos de centrarnos en el volumen de entrenamiento. Hoy en día disponemos de suficiente evidencia para establecer el volumen de un entrenamiento a través de la PV en la serie, representada a través de un porcentaje de pérdida con respecto al valor de velocidad más alto de la serie (normalmente la primera repetición). La ventaja de establecer una PV en el EF es que nos permite igualar niveles de esfuerzo (RR con respecto a las realizables), consiguiendo que deportistas de distintas características experimenten un estímulo muy similar (González-Badillo et al., 2017; Pareja-Blanco et al., 2020; Pareja-Blanco et al., 2016; González-Badillo y Ribas-Serna, 2019; Weakley et al., 2020).

Ya con todo lo anterior expuesto, podemos hablar de una metodología de entrenamiento, llamada entrenamiento de fuerza basado en la velocidad (*Velocity Based Resistance Training*). Con tan solo establecer una PV ante cualquier carga (kg o % 1RM) sabremos con gran precisión el %RR en la serie por el deportista, y, por ende, el porcentaje de repeticiones que le quedaría por realizar, ya que la magnitud de PV alcanzada durante la serie se ha propuesto como una variable precisa para prescribir el volumen del EF (Sánchez-Medina y González-Badillo, 2011). Por ejemplo, cuando un atleta alcance una PV del 30% con el 60% de su 1RM en el ejercicio de press de banca (BP), habría realizado aproximadamente el 50% del NMR (dejando el otro 50% sin hacer o en reserva) (González-Badillo et al., 2017; Sánchez-Moreno et al., 2021; Rodríguez-Rosell et al., 2020). Esta afirmación se basa en varios hallazgos, como la tan alta correlación ($R^2 \sim 0,92$ a $0,95$) entre el porcentaje de RR (%RR) y el porcentaje de PV (%PV) alcanzado en la serie para intensidades que van del 50 al 85% de la 1RM (Sánchez-Moreno et al., 2021; González-Badillo et al., 2017; Rodríguez-Rosell et al., 2020; González-Badillo y Ribas-Serna, 2019; González-Badillo, 2017; Weakley et al., 2020). Además, sabemos que para una misma intensidad (% 1RM) en distintos ejercicios, se necesitará de distintos %PV para un mismo %RR en la serie, aunque se establecen %PV promedios que nos indican el número de RR con respecto a las totales (González-Badillo et al., 2017; Pareja-Blanco et al., 2016; González-Badillo, 2017). Por ejemplo, si realizamos una serie en PB y sentadilla completa (SC) con un 20% de PV estaremos realizando diferentes niveles de esfuerzo entre ejercicios, ya que alcanzaremos un %RR distinto (y por ello, dejaremos por hacer un diferente porcentaje de repeticiones) en la serie. Este hallazgo puede explicarse por el menor rango de PV a lo largo de la serie alcanzable para la SC en comparación con el PB, siendo una consecuencia directa de la

velocidad asociada a la 1RM (V1RM) de cada ejercicio (es decir, se pueden alcanzar velocidades considerablemente más lentas en el PB en comparación con la SC) (Rodríguez-Rosell et al., 2020; Sánchez-Medina y González-Badillo, 2011). Así, para completar el mismo %RR en ambos ejercicios, debe permitirse una mayor PV en la serie en el PB en comparación con la SC de la siguiente manera: ~ 5 , ~ 6 , ~ 8 y $\sim 7\%$ mayor PV para el 50, 60, 70 y 80% de la 1RM, respectivamente (Rodríguez-Rosell et al., 2020).

Entonces, tan solo estableciendo una relación individual (%1RM – velocidad) a un deportista, usar un valor de velocidad asociada a un %1RM de su relación, y prescribir una PV, estaremos controlando gran parte del EF, dándole un estímulo más preciso y completo de entrenamiento (González-Badillo y Ribas-Serna, 2019; Weakley et al., 2020). Por todo esto, la relación observada entre la PV dentro de la serie y el %RR con respecto al NMR permite (a) determinar el grado real de esfuerzo desarrollado en la serie durante cada ejercicio e (b) igualar el grado de esfuerzo entre sujetos de rendimiento dispar durante el EF. Es importante entender que para alcanzar un mismo %RR en la serie se deberá usar distintos %PV dependiendo del %1RM, ya que una PV también del 30% en PB con el 80 y 90% de la 1RM (por ejemplo) supondría realizar el ~ 60 y $\sim 70\%$ del NMR en la serie, respectivamente (Sánchez-Moreno et al., 2021; González-Badillo et al., 2017; Rodríguez-Rosell et al., 2020; González-Badillo y Ribas-Serna, 2019).

Finalmente, conocer el valor de velocidad mínima en una serie al fallo de cualquier ejercicio es una aplicación práctica para los entrenadores, ya que permite estimar el valor de la 1RM a través de la relación %1RM - velocidad (González-Badillo y Ribas-Serna, 2019). No se han observado diferencias significativas en este valor de velocidad en las series submáximas hasta el fallo con intensidades del 50 al 90% de la 1RM y la V1RM en el ejercicio de PB en máquina Smith, permitiendo su uso como velocidad representativa de la V1RM (Izquierdo et al., 2006; Sánchez-Moreno et al., 2021). Sumado a lo anterior, recientemente se ha observado que la velocidad absoluta a la que termina la serie (velocidad de parada -“*stopping velocity*”-) puede ser representativa del número de RIR independientemente de la intensidad relativa que se utilice (65, 75 u 85% de la 1RM), siendo muy similares y mostrando una alta fiabilidad (Morán-Navarro et al., 2019). Por ejemplo, terminar una serie en PB a una velocidad de 0,26-0,28 m/s implicaría dejar 2 RIR. Esto nos viene a dar que controlar la velocidad del movimiento (y por ende la velocidad de parada) junto con el valor de velocidad más alto de una serie (normalmente la primera repetición) puede usarse para cuantificar mejor el grado de fatiga que se produce durante la serie en el EF, permitiendo estimar con alta precisión la cercanía al NMR

y, por lo tanto, cuantificar de manera objetiva el esfuerzo y la fatiga en el EF de una forma más precisa (Morán-Navarro et al., 2019; Rodríguez-Rosell et al., 2020).

Las publicaciones a las que se han hecho referencia vienen a mostrar una serie de ecuaciones generales asociadas a distintos ejercicios, obtenidas a partir de una muestra poblacional, donde se establecen valores de velocidad asociados a porcentajes de 1RM. El principal problema de estas ecuaciones es que no atienden a las características individuales de cada sujeto (edad, sexo, experiencia, longitud de segmentos corporales, etc.) (Iglesias-Soler et al., 2021; González-Badillo y Ribas-Serna, 2019; Weakley et al., 2020). Actualmente existe cierta evidencia de que las relaciones %1RM – velocidad difieren entre sexos, siendo esta diferencia más pronunciada ante cargas bajas y moderadas en el ejercicio de PB y prácticamente en todo el perfil en SC, viéndose como las mujeres desplazan estos %1RM a una velocidad significativamente más lenta que los hombres a pesar de presentar la misma V1RM en ambos ejercicios (Pareja-Blanco et al., 2020). También, las personas mayores tienden a mover todos los porcentajes de intensidad más lento que una persona adulta sana (Marcos-Pardo et al., 2019). Además, las personas muy entrenadas tienden a desplazar todo el espectro de intensidades relativas de forma más lenta, siendo consecuencia directa de sus V1RM, las cuales también presentan unos valores de velocidad por debajo de la media poblacional (González-Badillo y Ribas-Serna, 2019; González-Badillo y Sánchez-Medina, 2010). La variabilidad entre individuos en el NMR frente a un %1RM dado y la relación entre la PV y el %RR se han estudiado en los ejercicios de PB y SC en máquina Smith asumiendo que todos los participantes levantaban cada %1RM a la misma velocidad. Sin embargo, recientemente se ha propuesto la existencia de variabilidad interindividual en la relación %1RM - velocidad (Iglesias-Soler et al., 2021). Tan sólo 2 estudios que han analizado la variabilidad entre individuos en el NMR utilizaron la velocidad para determinar la intensidad relativa, pero los valores de velocidad se establecieron a partir de las ecuaciones generales (González-Badillo y Sánchez-Medina, 2010), lo que significa que todos los sujetos realizaron la primera repetición de cada %1RM a la misma velocidad ($\pm 0,02$ m/s) (González-Badillo et al., 2017; Rodríguez-Rosell et al., 2020), pero cuando se aplica la ecuación general de PB, una diferencia en la velocidad de 0,07 a 0,09 m/s ante una carga absoluta significa una diferencia del 5% en el %1RM. Por lo tanto, aplicar la ecuación general representaría una diferencia del 10% de la 1RM empleada por participantes con un rendimiento muy dispar (Sánchez-Moreno et al., 2021; González-Badillo y Sánchez-Medina, 2010). Usando un ajuste individual, recientemente se han obtenidos hallazgos acerca de la variabilidad entre sujetos en el NMR con intensidades del 50, 60, 70, 80 y 90% de la 1RM

en PB, aumentando a medida que el %1RM aumentaba, mostrando valores de variabilidad aceptables ($CV < 15\%$) para intensidades relativas hasta el 80% de la 1RM. También, el patrón de PV mostró una variabilidad interindividual aceptable ($CV < 15\%$) cuando la magnitud de la PV fue $\geq 20\%$ frente a todos los %1RM (Sánchez-Moreno et al., 2021). Además, las relaciones en el %RR y la PV individuales proporcionaron mejores ajustes que las relaciones generales. Por lo tanto, las relaciones individuales deberían considerarse para proporcionar predicciones más precisas del porcentaje de RIR a partir de la magnitud de PV (Sánchez-Moreno et al., 2021).

Hasta el momento, y según nuestro conocimiento, solo existe evidencia acerca de la relación entre el %RR y la PV en la serie ante distintos %1RM usando un ajuste %1RM - velocidad general en una única serie al fallo en PB. Por lo tanto, los principales objetivos de esta intervención fueron (1) determinar la relación entre la magnitud de la PV y el %RR cuando se ajusta en base a las relaciones individuales y generales de %1RM – velocidad ante distintas intensidades relativas en una serie al fallo muscular, y (2) comparar el CV en el NMR cuando se usa un ajuste individual y general.

3. Objetivos

1. Establecer y comparar la relación %PV-%RR usando un ajuste general e individual con intensidades del 40, 60 y 80% de la 1RM.
2. Estudiar la variabilidad en el NMR ante los distintos porcentajes de la 1RM estudiados.

4. Metodología de la investigación

4.1. Participantes.

Un total de 18 hombres jóvenes físicamente activos y con experiencia en el EF (edad $23,2 \pm 3,8$ años; altura $179,9 \pm 7,4$ cm; peso $79,0 \pm 7,0$ kg; 1RM en PB de $86,6 \pm 17,3$ kg; relación 1RM/peso $1,1 \pm 0,2$) se ofrecieron voluntarios para la intervención del presente estudio. Los participantes presentaron una experiencia en el ejercicio de PB de al menos 1 año. No se reportaron impedimentos en cuanto a la salud y lesiones musculoesqueléticas que pudieran afectar a la participación y a las pruebas desarrolladas. Los participantes informaron de que no consumían estimulantes o alguna otra sustancia que influiría en el rendimiento físico. Después de ser informados sobre los objetivos del estudio y el proceso de evaluaciones, firmaron un consentimiento informado.

4.2. Familiarización.

Todos los participantes asistieron la semana anterior al comienzo de la intervención a una sesión de familiarización con el ejercicio de PB. En cuanto a la posición en el banco, se optó por dejar reposar los pies en el suelo, y se les instruyó para que no propulsen los hombros hacia delante durante la fase concéntrica, además de que no se les despegue la espalda del banco en ningún momento. Se permitió arquear levemente la zona lumbar, sacando el pecho y haciendo del ejercicio lo más parecido a un entrenamiento tradicional. La posición en el banco se ajustó para que la proyección de la barra se correspondiera con la línea intermamaria de cada participante o ligeramente por debajo. Se hizo hincapié en que cada sujeto realizara las repeticiones a la señal del evaluador, manteniendo la barra totalmente en reposo durante aproximadamente 1" al final de la fase excéntrica, fijada a una distancia aproximada de 1 cm. Esto se realizó para neutralizar el aprovechamiento de la energía elástica mediante el ciclo de estiramiento-acortamiento y para incrementar la precisión y estabilidad en la medida, ya que, como ha sido previamente informado, realizar esta parada en PB trae consigo coeficientes de correlación test-retest de moderados a altos ($R^2 = 0,783-0,972$), CV menores en la relación carga-velocidad (2,9% frente a 4,1% sin parada; $p = 0,028$), y un error asociado del 37,9% menor, además de no encontrarse diferencias significativas en valores absolutos de 1RM ($89,1 \pm 11,1$ kg vs $92,1 \pm 12,1$ kg sin parada) ni en la duración de la fase de propulsión (Pallarés et al., 2014). Finalmente, cada repetición fue realizada con la máxima intencionalidad (a máxima velocidad posible).

4.3. Diseño experimental.

Se utilizó un diseño de investigación descriptivo para determinar el NMR con 3 intensidades relativas (%1RM) diferentes durante una única serie hasta el fallo muscular, definiéndose como la imposibilidad de completar a rango de movimiento completo la última repetición en el ejercicio de PB. Los participantes realizaron 7 sesiones, separadas por 72 horas. Durante la primera sesión, se realizó un test progresivo de cargas (kg) para determinar el valor absoluto de la 1RM y la relación carga (expresada como porcentaje de la 1RM) - velocidad individual. Además, se registró la anchura del agarre (el cual fue libremente seleccionado) de cada participante para poder ser realizado en todas las sesiones y mantener constante el rango de movimiento durante todas las sesiones. Durante las sesiones restantes, realizaron una serie de NMR, una única intensidad relativa por sesión, con porcentajes del 40, 60 y 80% de la 1RM distribuidas de forma aleatoria para cada participante. Estas 3 intensidades relativas se determinaron de dos formas distintas: (1) a partir de la relación %1RM - velocidad de cada sujeto obtenida en la primera sesión y (2) mediante el uso de una ecuación general referida al PB (González-Badillo y Sánchez-Medina, 2010). La ecuación utilizada para estimar la velocidad media propulsiva (VMP) correspondiente a cada %1RM fue la siguiente: $VMP = 0,00003 * \%1RM^2 - 0,0204 * \%1RM + 1,889$. Por lo tanto, se utilizó una VMP objetivo que debía alcanzarse ($\pm 0,02$ m/s) en la primera repetición (normalmente la más rápida) de la serie en cada sesión de la siguiente manera: 1,12 m/s (40% de la 1RM), 0,77 m/s (60% de la 1RM) y 0,44 m/s (80% de la 1RM). Este diseño fue propuesto para analizar las diferencias y/o similitudes al usar un ajuste individual y general. Así, antes de comenzar cada serie hasta el fallo, la carga absoluta (kg) de cada participante se ajustó individualmente para que coincidiera con la velocidad asociada al porcentaje de intensidad previsto para cada sesión a partir de su relación individual o general. Se pidió a los participantes abstenerse de cualquier actividad física extenuante durante al menos 2 días antes de cada sesión. Todas las sesiones tuvieron lugar en un laboratorio de investigación neuromuscular bajo la supervisión directa de, al menos, un investigador. Todas las sesiones se realizaron en una máquina Smith. La hora se acordó de forma que sea durante toda la intervención lo más parecida posible para controlar el efecto de los ritmos circadianos en el rendimiento neuromuscular (Pallarés et al., 2013; Pallarés et al., 2014; Gabriel y Zierath, 2019).

4.4. Procedimiento de las pruebas.

4.4.1. Test incremental.

El protocolo de test progresivo de cargas (kg) para el PB se ha descrito de forma más detallada en anteriores publicaciones (Sánchez-Medina y González-Badillo, 2009; González-Badillo y Sánchez-Medina, 2010).

Los participantes calentaron realizando 5' de carrera continua y ejercicios de movilidad articular autoseleccionados, además de una serie de 8 repeticiones progresivas con una carga de 20 kg en PB. Ya durante el test, la carga inicial se fijó en 20 kg y se aumentó progresivamente de 10 en 10 kg hasta que la VMP fue $\leq 0,40$ m/s. A continuación, se aumentó la carga una única vez con 5 kg para posteriormente hacerlo con 2,5 – 1 kg, de modo que el valor absoluto de la 1RM se pudo determinar con precisión. El test concluyó cuando los sujetos no alcanzaron a levantar la carga (kg) a rango de movimiento completo. Se ejecutaron tres repeticiones para cargas ligeras ($> 1,00$ m/s), dos para cargas medias (1,00-0,50 m/s) y una para las cargas más pesadas ($< 0,50$ m/s). Las recuperaciones entre series fueron de 2 y 3 minutos para las cargas ligeras, medias y pesadas, respectivamente. Para determinar la relación % 1RM-velocidad, se tuvo en cuenta la mejor repetición (es decir, el mayor valor de VMP) con cada carga. Además, la carga (kg) más alta levantada fue considerada con el valor de la 1RM. Tanto en esta sesión como en las posteriores, el evaluador animó y dio feedback auditivo a los participantes al encontrarse una mejora del rendimiento aplicando esto (Weakley et al., 2020).

4.4.2. Sesiones de NMR.

La técnica de ejecución y los materiales utilizados para la realización de estas sesiones fueron las mismas que las descritas en la prueba de carga progresiva. Las cargas absolutas (kg) se ajustaron con un margen de 2 centésimas de metro por segundo para garantizar que la VMP coincidiera con el % 1RM prescrito para cada sesión. Se utilizó un rango de $\pm 0,02$ m/s ya que se ha demostrado recientemente que el cambio más pequeño detectable en la VMP cuando se utiliza el sistema T-Force es 0,03 m/s en PB, y así garantizar que la carga (kg) propuesta se ajustara aún más a la prescrita para la sesión correspondiente (Courel-Ibáñez et al., 2019). Cuando la VMP realizada no se ajustó a la programada, se realizó un ajuste en los kg levantados. Un ajuste fue permitido a fin de garantizar que el deportista no se fatigase en exceso durante esta aproximación. En el caso de que la velocidad obtenida esté dentro del rango establecido, el sujeto realizará repeticiones hasta el fallo muscular siguiendo el ritmo impuesto por el

evaluador aplicando siempre el máximo esfuerzo (velocidad) posible en cada repetición. Se realizó un calentamiento estandarizado que consistió en 5' de carrera continua, seguido de ejercicios de movilidad articular autoseleccionados y una serie de 8 repeticiones de PB con 20 kg. Para las sesiones del 40% de la 1RM, se añadió una serie de 8 repeticiones con una carga equivalente al 20%, seguida de otra serie de 6 repeticiones con una carga equivalente al 30% de la 1RM. En las sesiones del 60% de la 1RM, se incluyó una serie con el 40% y otra con el 50% de la 1RM de 6 y 4 repeticiones, respectivamente. Finalmente, para las sesiones con el 80% de la 1RM, se realizaron series al 40, 50, 60 y 70% de la 1RM de 6, 4, 3 y 2 repeticiones, respectivamente. El período de recuperación en las series de calentamiento fue de 2'.

Las variables analizadas de esta prueba fueron: (1) VMP de la repetición más rápida (normalmente la primera de la serie) de cada serie (VMP_{BEST}); (2) VMP de la última repetición completada de la serie (VMP_{LAST}); y (3) la magnitud de PV de cada serie, definida como $100 (VMP_{LAST} - VMP_{BEST}) / VMP_{BEST}$.

4.5. Materiales, equipo de medición y adquisición de datos.

Todas las sesiones se llevaron a cabo en el laboratorio de la Facultad de Ciencias de la Educación (Sevilla). Para su desarrollo, se utilizó una máquina Smith (Fitland, Sevilla, España). Este aparato sólo permite el desplazamiento vertical de la barra a lo largo de un recorrido fijo, y sus guías están especialmente diseñadas para garantizar un funcionamiento suave, con una fuerza de fricción muy baja.



Imagen 1. Máquina Smith.

El peso de la barra ascendía a 20 kg. La carga adicional se añadía usando discos en ambos extremos de la barra. Se colocaron dos soportes/pies a ambos lados de la máquina Smith para (a) replicar con precisión el rango de movimiento individual entre las sesiones, y (b) imponer una pausa antes de la siguiente acción concéntrica. Estos soportes/pies se colocaron de manera que la barra se detuviera exactamente ~1 cm por encima del pecho de cada participante.



Imagen 2. Soportes/pies.

Al igual que el uso de una pausa entre las fases excéntrica y concéntrica, esta máquina Smith se utilizó para reducir al mínimo la variabilidad no deseada en los resultados de las isoinerciales en las evaluaciones de fuerza. Aunque ambos aspectos no corresponden a una práctica de entrenamiento habitual, en la evaluación del deportista siempre existe un compromiso entre la alta fiabilidad y la baja validez de las pruebas de laboratorio y la baja fiabilidad y la alta validez de los métodos basados en campo (Reilly et al., 2009). Aun así, los protocolos de fuerza isoinercial deberían estar estandarizados para poder aislar mejor los efectos del entrenamiento, a menudo pequeños, pero prácticamente significativos.

Un transductor de velocidad lineal (T-Force System, Ergotech, Murcia, España) con una frecuencia de muestreo de 1000 Hz determinó automáticamente las fases excéntrica y concéntrica de cada repetición, así como la fase de propulsión, definida como la parte de la acción concéntrica durante la cual la aceleración medida es mayor que la propia aceleración de la gravedad ($-9,81 \text{ m/s}^2$), lo cual hace al valor de VMP más representativo de la capacidad neuromuscular del deportista (Sánchez-Medina y González-Badillo, 2009). También proporcionaba información visual y auditiva sobre la velocidad, y almacenaba los datos en un disco duro para su posterior análisis. La fiabilidad de este sistema se ha comunicado en otros

lugares (intervalo de confianza [IC] = 1,00, CV = 0,57%) (Sánchez-Medina y González-Badillo, 2011). Por último, se utilizó bioimpedancia (Tanita, Amsterdam, Holanda) y un tallímetro (Seca, Hamburgo, Alemania) para determinar el peso y la altura de los participantes.



Imagen 3. Transductor lineal (T-Force System, Ergotech, Murcia, España).

4.6. Análisis estadístico.

Se utilizaron métodos estadísticos estándar para el cálculo de las medias, desviaciones estándar (DE), intervalos de confianza (IC), rangos, y coeficientes de determinación (R^2). La fiabilidad absoluta fue evaluada usando el error estándar de la medida (“*standard error of mean*” [SEM]), el cual se calculó a partir de la raíz cuadrada media del cuadrado medio total intra sujeto (Atkinson y Nevill, 1998). Las relaciones carga (% 1RM y kg) - velocidad y %PV - %RR se estudiaron ajustando polinomios de segundo grado. El CV interindividual (CV interindividual = $100 * DE / media$) fue utilizado como medida de dispersión. Se realizó un análisis de la varianza (ANOVA) de un factor para detectar las diferencias entre las distintas condiciones (40, 60 y 80% de la 1RM con ajuste general e individual) con un ajuste post hoc de Bonferroni. Se consideraron significativos los resultados si el valor $p \leq 0,05$. Todos los análisis estadísticos se realizaron utilizando el software SPSS (versión 20.0; SPSS Inc, Chicago, IL).

5. Resultados

5.1. Relación entre la VMP y %1RM.

Se observó una correlación alta ($R^2 = 0,98$) entre la VMP y el %1RM de la muestra del presente estudio (**Figura 1**). Las velocidades correspondientes a los distintos porcentajes de la 1RM mostraron valores inferiores a los obtenidos a través de la ecuación general previamente establecida (González-Badillo y Sánchez-Medina, 2010).

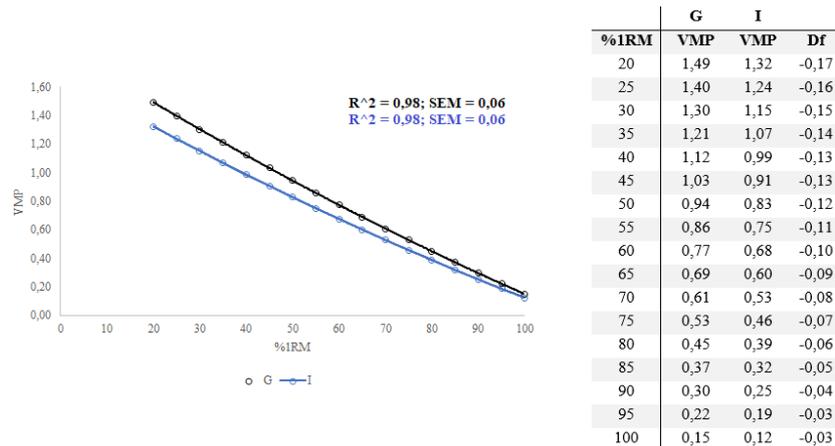


Figura 1. Comparación entre las velocidades obtenidas de la relación %1RM - VMP obtenidas a través de la ecuación general (González-Badillo y Sánchez-Medina, 2010) y la obtenida a través de la ecuación de la muestra objeto de estudio. %1RM = porcentaje de una repetición máxima; VMP = velocidad media propulsiva; SEM = error estándar de la media; G = ajuste general; I = ajuste individual; Df = diferencia.

5.2. Relación entre el %PV y %RR usando un ajuste general e individual.

Se observó una correlación alta entre el %PV y %RR para las sesiones desarrolladas con las intensidades relativas del 40 y el 60% de la 1RM ($R^2 = 0,934; 0,933; 0,926$ y $0,919$, para 40G, 40I, 60G y 60I, respectivamente, **Figura 2**). En cambio, el valor de R^2 para las intensidades relativas del 80% disminuyó ligeramente ($R^2 = 0,855$ y $0,884$, para 80G y 80I, respectivamente, **Figura 2**). El %RR obtenido ante cada %PV fue similar independientemente del ajuste utilizado (i.e. general e individual) para todas las intensidades estudiadas (**Figura 2**), no observándose diferencias significativas en el %RR independientemente del ajuste e intensidad utilizados para ningún valor de %PV alcanzado (**Tabla 1, 2 y 3**).

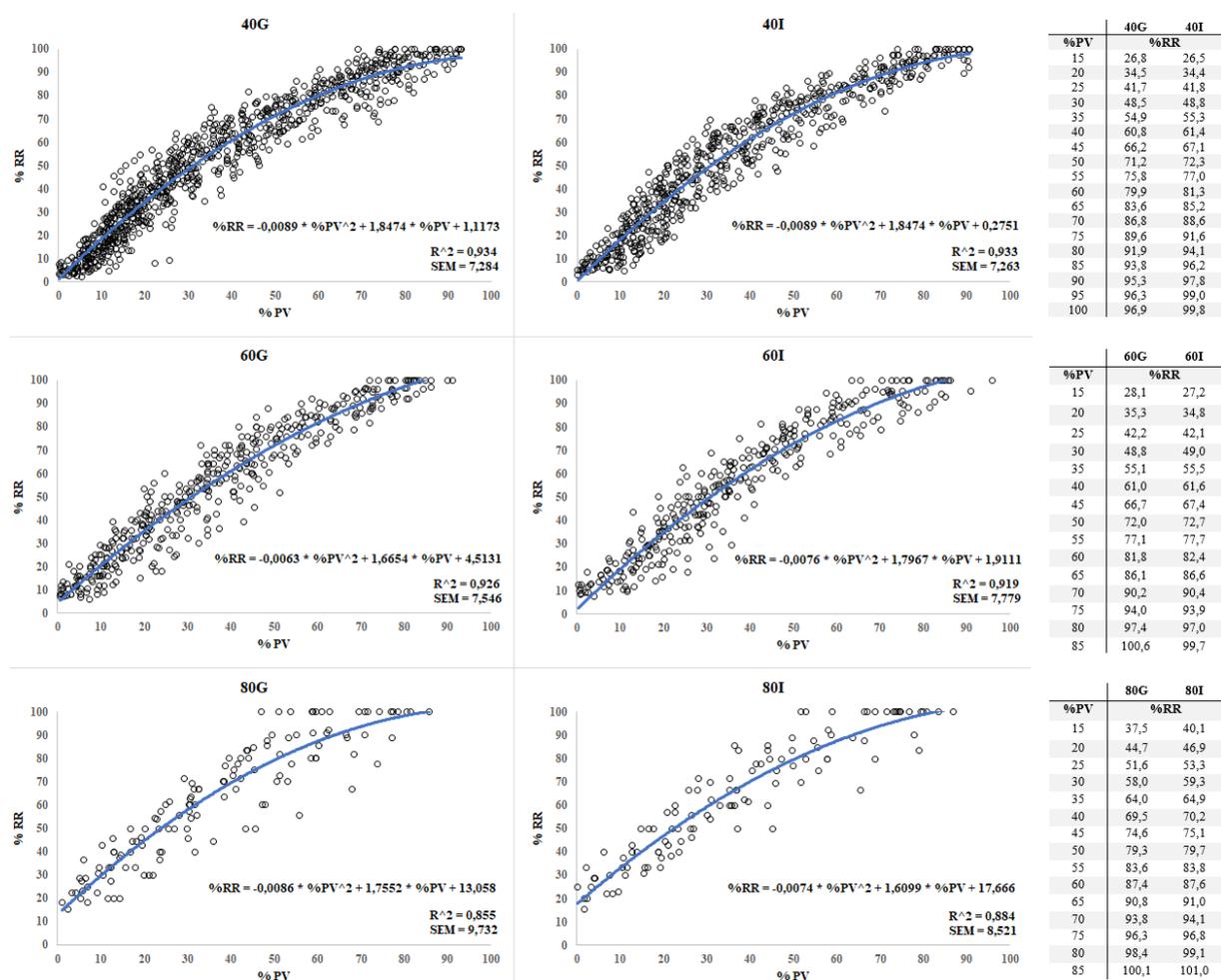


Figura 2. Comparación entre el %PV y %RR entre un ajuste general e individual para una misma intensidad relativa. %PV = porcentaje de pérdida de velocidad; %RR = porcentaje de repeticiones realizadas; SEM = error estándar de la media; 40G = 40% de la 1RM usando el ajuste general; 40I = 40% de la 1RM usando un ajuste individual; 60G = 60% de la 1RM usando el ajuste general; 60I = 60% de la 1RM usando un ajuste individual; 80G = 80% de la 1RM usando el ajuste general; 80I = 80% de la 1RM usando un ajuste individual.

Tabla 1. Características descriptivas de la intensidad del 40% de la 1RM con ambos ajustes.

%PV	%RR		Df	<i>p</i>
	G	I		
15	25,9 ± 6,3 (IC 95%: 22,6-29,3) (CV: 24,1)	25,8 ± 5,7 (IC 95%: 22,7-28,8) (CV: 22,0)	0,19	0,930
20	34,2 ± 6,6 (IC 95%: 30,6-37,7) (CV: 19,4)	34,2 ± 6,1 (IC 95%: 30,9-37,4) (CV: 17,8)	0,03	0,990
25	41,9 ± 7,0 (IC 95%: 38,1-45,6) (CV: 16,7)	42,1 ± 6,6 (IC 95%: 38,6-45,6) (CV: 15,6)	0,23	0,924
30	49,1 ± 7,3 (IC 95%: 45,2-53,0) (CV: 14,9)	49,5 ± 7,0 (IC 95%: 45,8-53,2) (CV: 14,1)	0,42	0,870
35	55,8 ± 7,5 (IC 95%: 51,8-59,8) (CV: 13,4)	56,4 ± 7,2 (IC 95%: 52,5-60,2) (CV: 12,8)	0,59	0,822
40	62,0 ± 7,5 (IC 95%: 58,0-66,0) (CV: 12,1)	62,7 ± 7,3 (IC 95%: 58,8-66,6) (CV: 11,7)	0,74	0,779
45	67,7 ± 7,4 (IC 95%: 63,8-71,6) (CV: 10,9)	68,6 ± 7,3 (IC 95%: 64,7-72,5) (CV: 10,6)	0,88	0,735
50	72,9 ± 7,1 (IC 95%: 69,1-76,7) (CV: 9,7)	73,9 ± 7,0 (IC 95%: 70,2-77,6) (CV: 9,5)	1,01	0,688
55	77,6 ± 6,6 (IC 95%: 74,1-81,1) (CV: 8,5)	78,7 ± 6,6 (IC 95%: 75,2-82,2) (CV: 8,3)	1,12	0,635
60	81,8 ± 6,0 (IC 95%: 78,6-85,0) (CV: 7,3)	83,0 ± 5,9 (IC 95%: 79,8-86,1) (CV: 7,1)	1,21	0,569
65	85,5 ± 5,3 (IC 95%: 82,7-88,3) (CV: 6,2)	86,7 ± 5,1 (IC 95%: 84,0-89,5) (CV: 5,9)	1,29	0,485
70	88,6 ± 4,4 (IC 95%: 86,3-91,0) (CV: 5,0)	90,0 ± 4,1 (IC 95%: 87,8-92,2) (CV: 4,6)	1,36	0,377
75	91,3 ± 3,7 (IC 95%: 89,4-93,3) (CV: 4,0)	92,7 ± 3,1 (IC 95%: 91,1-94,4) (CV: 3,4)	1,40	0,253
80	93,5 ± 3,3 (IC 95%: 91,8-95,2) (CV: 3,5)	94,9 ± 2,5 (IC 95%: 93,6-96,3) (CV: 2,6)	1,44	0,172
85	95,2 ± 3,6 (IC 95%: 93,2-97,1) (CV: 3,8)	96,6 ± 2,9 (IC 95%: 95,1-98,2) (CV: 3,0)	1,45	0,221
90	96,3 ± 4,8 (IC 95%: 93,8-98,9) (CV: 5,0)	97,8 ± 4,4 (IC 95%: 95,5-100,1) (CV: 4,5)	1,46	0,377
95	97,0 ± 6,5 (IC 95%: 93,5-100,5) (CV: 6,7)	98,4 ± 6,4 (IC 95%: 95,0-101,9) (CV: 6,5)	1,44	0,533
100	97,2 ± 8,7 (IC 95%: 92,6-101,8) (CV: 8,9)	98,6 ± 8,8 (IC 95%: 93,9-103,3) (CV: 8,9)	1,42	0,650

Abreviaturas: %PV = porcentaje de pérdida de velocidad; %RR = porcentaje de repeticiones realizadas; G = ajuste general; IC 95% = intervalo de confianza 95%; CV = coeficiente de variación; Df = diferencia; *p* = valor de *p*. Nota: los resultados son representados como media ± desviación estándar (IC 95%) (CV).

Tabla 2. Características descriptivas de la intensidad del 60% de la 1RM con ambos ajustes.

%PV	%RR		Df	p
	G	I		
15	26,7 ± 6,3 (IC 95%: 23,6-29,9) (CV: 23,6)	25,0 ± 8,5 (IC 95%: 20,8-29,3) (CV: 34,1)	1,72	0,496
20	34,5 ± 6,6 (IC 95%: 31,2-37,7) (CV: 19,1)	33,2 ± 8,2 (IC 95%: 29,1-37,2) (CV: 24,6)	1,30	0,603
25	41,8 ± 6,9 (IC 95%: 38,4-45,2) (CV: 16,4)	40,9 ± 7,9 (IC 95%: 37,0-44,9) (CV: 19,4)	0,89	0,721
30	48,8 ± 7,1 (IC 95%: 45,3-52,4) (CV: 14,6)	48,3 ± 7,7 (IC 95%: 44,5-52,2) (CV: 16,0)	0,50	0,842
35	55,4 ± 7,3 (IC 95%: 51,8-59,1) (CV: 13,2)	55,3 ± 7,5 (IC 95%: 51,6-59,1) (CV: 13,6)	0,13	0,959
40	61,7 ± 7,4 (IC 95%: 58,0-65,4) (CV: 11,9)	61,9 ± 7,3 (IC 95%: 58,3-65,5) (CV: 11,8)	0,23	0,926
45	67,6 ± 7,2 (IC 95%: 64,0-71,2) (CV: 10,7)	68,1 ± 7,0 (IC 95%: 64,7-71,6) (CV: 10,3)	0,56	0,814
50	73,1 ± 7,0 (IC 95%: 69,6-76,6) (CV: 9,6)	74,0 ± 6,7 (IC 95%: 70,6-77,3) (CV: 9,1)	0,88	0,701
55	78,3 ± 6,6 (IC 95%: 75,0-81,5) (CV: 8,4)	79,4 ± 6,4 (IC 95%: 76,2-82,6) (CV: 8,1)	1,19	0,588
60	83,0 ± 6,0 (IC 95%: 80,1-86,0) (CV: 7,2)	84,5 ± 6,3 (IC 95%: 81,4-87,6) (CV: 7,4)	1,47	0,477
65	87,5 ± 5,3 (IC 95%: 84,8-90,1) (CV: 6,1)	89,2 ± 6,3 (IC 95%: 86,1-92,3) (CV: 7,1)	1,74	0,378
70	91,5 ± 4,6 (IC 95%: 89,2-93,8) (CV: 5,0)	93,5 ± 6,7 (IC 95%: 90,2-96,8) (CV: 7,2)	1,99	0,307
75	95,2 ± 4,0 (IC 95%: 93,2-97,2) (CV: 4,2)	97,4 ± 7,5 (IC 95%: 93,6-101,1) (CV: 7,7)	2,22	0,278

Abreviaturas: %PV = porcentaje de pérdida de velocidad; %RR = porcentaje de repeticiones realizadas; G = ajuste general; IC 95% = intervalo de confianza 95%; CV = coeficiente de variación; Df = diferencia; p = valor de p. Nota: los resultados son representados como media ± desviación estándar (IC 95%) (CV).

Tabla 3. Características descriptivas de la intensidad del 80% de la 1RM con ambos ajustes.

%PV	%RR		Df	p
	G	I		
15	36,4 ± 8,0 (IC 95%: 32,4-40,3) (CV: 27,0)	38,5 ± 6,8 (IC 95%: 35,1-41,9) (CV: 21,8)	2,17	0,387
20	43,2 ± 8,2 (IC 95%: 39,1-47,3) (CV: 22,2)	45,2 ± 7,3 (IC 95%: 41,6-48,8) (CV: 19,8)	2,00	0,442
25	49,9 ± 8,8 (IC 95%: 45,5-54,3) (CV: 20,7)	51,6 ± 8,1 (IC 95%: 47,6-55,7) (CV: 18,9)	1,75	0,539
30	56,4 ± 9,6 (IC 95%: 51,7-61,2) (CV: 19,9)	57,8 ± 9,1 (IC 95%: 53,3-62,3) (CV: 18,4)	1,40	0,655
35	62,9 ± 10,4 (IC 95%: 57,7-68,0) (CV: 19,0)	63,8 ± 9,9 (IC 95%: 58,9-68,7) (CV: 17,9)	0,93	0,785
40	69,2 ± 11,1 (IC 95%: 63,7-74,7) (CV: 18,3)	69,5 ± 10,6 (IC 95%: 64,2-74,8) (CV: 17,3)	0,34	0,925
45	75,3 ± 11,7 (IC 95%: 69,5-81,2) (CV: 18,2)	75,0 ± 11,0 (IC 95%: 69,5-80,5) (CV: 16,6)	0,35	0,927
50	81,4 ± 12,4 (IC 95%: 75,2-87,6) (CV: 19,3)	80,2 ± 11,3 (IC 95%: 74,6-85,8) (CV: 15,8)	1,17	0,770
55	87,3 ± 13,2 (IC 95%: 80,8-93,9) (CV: 21,8)	85,2 ± 11,3 (IC 95%: 79,6-90,9) (CV: 14,9)	2,09	0,613
60	93,1 ± 14,3 (IC 95%: 86,0-100,2) (CV: 25,5)	90,0 ± 11,2 (IC 95%: 84,4-95,6) (CV: 14,0)	3,12	0,471

Abreviaturas: %PV = porcentaje de pérdida de velocidad; %RR = porcentaje de repeticiones realizadas; G = ajuste general; IC 95% = intervalo de confianza 95%; CV = coeficiente de variación; Df = diferencia; p = valor de p. Nota: los resultados son representados como media ± desviación estándar (IC 95%) (CV).

5.3.NMR alcanzado ante una misma intensidad (%1RM) usando un ajuste general e individual.

Se observaron diferencias significativas en el NMR alcanzado con las distintas intensidades relativas utilizadas (i.e. 40, 60 y 80% de la 1RM) independientemente del ajuste realizado (i.e. general e individual; **Tabla 4**). Sin embargo, la intensidad relativa del 40% fue la única en mostrar diferencias significativas en función del ajuste utilizado (i.e. general e individual). Tuvo lugar un CV alto (17-32%, aproximadamente) para las RR ante las distintas intensidades relativas.

Tabla 4. Características descriptivas del NMR alcanzado con cada intensidad relativa y ajuste.

Ajuste	%1RM	VMP	NMR	IC 95%	Rango	CV
40G	40,9 ± 1,1	1,11 ± 0,02	53,6 ± 14,9	45,6-61,5	30-83	27,9
40I	40,7 ± 2,5	1,00 ± 0,07	39,2 ± 8,8*	34,5-43,9	26-67	22,4
60G	59,9 ± 1,4	0,78 ± 0,02	23,7 ± 4,6	21,4-26,0	15-33	19,5
60I	60,3 ± 2,1	0,70 ± 0,06	19,3 ± 3,3	17,7-21,0	14-26	16,8
80G	80,6 ± 1,5	0,46 ± 0,02	8,3 ± 2,5	7,1-9,6	4-13	29,7
80I	80,9 ± 2,1	0,42 ± 0,05	7,2 ± 2,3	6,0-8,3	4-13	32,5

Abreviaturas: %1RM = porcentaje de una repetición máxima; VMP = velocidad media propulsiva (m/s); DE = desviación estándar; IC 95% = intervalo de confianza 95%; CV = coeficiente de variación; 40G = 40% de la 1RM usando el ajuste general; 40I = 40% de la 1RM usando un ajuste individual; 60G = 60% de la 1RM usando el ajuste general; 60I = 60% de la 1RM usando un ajuste individual; 80G = 80% de la 1RM usando el ajuste general; 80I = 80% de la 1RM usando un ajuste individual.

*Diferencias estadísticamente significativas entre ajustes ($p < 0,05$).

6. Discusión

El objetivo principal de este estudio fue comparar la relación existente entre el %RR y el %PV cuando la intensidad relativa fue ajustada según las velocidades aportadas por la ecuación general de la relación % 1RM – VMP (González-Badillo y Sánchez-Medina, 2010) o mediante las velocidades aportadas por la ecuación individual de dicha relación en el ejercicio de PB. Uno de los principales hallazgos del presente estudio fue la alta correlación observada entre el %RR y %PV, la cual fue muy similar independientemente del tipo de ajuste e intensidad relativa utilizada, aunque valores ligeramente inferiores fueron observados para la intensidad relativa del 80% ($R^2 = 0,934$ y $0,933$ para 40G y 40I, respectivamente; $R^2 = 0,926$ y $0,919$ para 60G y 60I, respectivamente; $R^2 = 0,855$ y $0,884$ para 80G y 80I, respectivamente). En esta misma línea, los distintos %RR observados para todas los %PV fueron muy similares entre los distintos tipos de ajuste (**Figura 2**), no observándose diferencias significativas entre ninguno de ellos (**Tabla 1, 2 y 3**). Un segundo hallazgo importante fue el alto CV observado para el NMR alcanzado ante las distintas intensidades relativas para ambos tipos de ajustes (**Tabla 4**), siendo estos más altos que los observados para los %RR ante los distintos %PV (**Tabla 1, 2 y 3**). Por tanto, independientemente del tipo de ajuste (i.e. general o individual) utilizado para cuantificar la intensidad relativa, el %PV parece ser una variable válida para controlar el volumen durante el EF, presentando una menor variabilidad entre deportistas cuando comparamos el NMR alcanzado ante una intensidad relativa.

De acuerdo con investigaciones anteriores (González-Badillo et al., 2017; Rodríguez-Rosell et al., 2020), nuestros datos sugieren que la magnitud de PV proporciona una relación muy precisa en cuanto al %RR alcanzado independientemente del NMR alcanzado en el ejercicio de PB. En nuestros resultados se observa una correlación de 0,93 aproximadamente para las intensidades del 40 y 60% de la 1RM, y un valor de 0,86 para el 80% de la 1RM, aproximadamente (**Figura 2**). De la misma forma, Rodríguez-Rosell et al. (2020) y González-Badillo et al. (2017), reportaron valores de 0,93 a 0,97 para las intensidades del 60 y 80% de la 1RM. Además, parece ser que la relación entre el %PV y %RR es dependiente de la intensidad relativa usada. Así, en este ejercicio, el %RR asociado a los diferentes %PV (de 15 a 65% de PV) fueron muy similares para las intensidades del 40 y 60% de la 1RM, mientras que para conseguir un mismo %RR se debía disminuir el %PV con el 80% de la 1RM (**Figura 2**). Por ejemplo, si se requiere completar el 50% del NMR, se debería prescribir una PV del 30% al usar el 40 y 60% de la 1RM, mientras que este valor de PV se modificaría a un 25% para alcanzar el mismo %RR con el 80% de la 1RM. Este resultado va acorde a lo publicado por

Rodríguez-Rosell et al. (2020) y González-Badillo et al. (2017), donde muestran que, para mantener un %RR, se deberá disminuir el valor de PV conforme se aumente la intensidad. Sin embargo, también estos autores muestran que con intensidades del 50 al 70% de la 1RM no existen diferencias en dicha relación, siendo este aspecto más bien propio de intensidades más altas. Este mismo hallazgo se ha determinado para el ejercicio de SC, aunque con una relación %PV y %RR distinta (Rodríguez-Rosell et al., 2020). Estos resultados contrastan parcialmente con los mostrados por Izquierdo et al. (2006), quienes informaron de que el %PV y %RR era similar para intensidades del 60 al 75% de la 1RM en los ejercicios PB y SC. Sin embargo, diferencias metodológicas podrían explicar los resultados reportados. Hasta ahora, los datos mencionados corresponden a intensidades relativas obtenidas de una relación general (González-Badillo y Sánchez-Medina, 2010), sin embargo, en nuestros resultados se incluye la relación %PV-%RR a partir de una relación individual (**Figura 2**). Solo una intervención extrae conclusiones a partir de una relación individual en el ejercicio de PB (Sánchez-Moreno et al., 2021), dándose una correlación de 0,94 y 0,93 para las intensidades del 60 y 80% de la 1RM, respectivamente, siendo muy parecido a los valores reportados en esta investigación ($R^2 = 0,92$ y $0,88$, respectivamente). Además, la tendencia de disminuir el %PV para un mismo %RR con intensidades altas se mantiene, mostrándose estable con intensidades del 50 al 70% de la 1RM (Sánchez-Moreno et al., 2021). Debido a la alta correlación entre los resultados ($R^2 \geq 0,86$), la PV parece ser una opción muy estable para controlar el %RR independientemente del ajuste que se utilice. Este novedoso enfoque permite estimar con gran precisión el %RR en una serie de PB y, por tanto, el porcentaje de repeticiones que quedaría por realizar, siendo una herramienta mucho más precisa para controlar el volumen del EF que prescribir un determinado número de repeticiones a realizar. Por lo tanto, en lugar de establecer un número fijo de repeticiones, cada serie de entrenamiento debería terminar en cuanto se alcance un determinado %PV. Sin embargo, cuando se usan intensidades relativas superiores al 70% de la 1RM y se requiere mantener un %RR, se deberá disminuir el valor de PV.

Otro de los hallazgos presentes en esta investigación fue que tanto el NMR alcanzado como el CV tienden a ser más altos al usar el ajuste general en comparación con un ajuste individual en las intensidades del 40 y 60% de la 1RM (**Tabla 4**). Este hecho puede ser explicado por el valor absoluto más alto de VMP con el que se empieza la serie usando el ajuste general, ya que, es obvio pensar que un mismo deportista podrá realizar más repeticiones ante una carga (kg) que desplace a mayor velocidad, al suponerle menor esfuerzo por ser una carga absoluta menor. Del mismo modo, los valores de CV en el NMR observado para las distintas

intensidades relativas utilizadas y ambos ajustes presentaron valores por encima de los aceptables ($> 15\%$). Curiosamente, con la intensidad del 80% de la 1RM, se consigue un mayor CV en el NMR al usar un ajuste individual (**Tabla 4**). Este dato coincide parcialmente con los resultados de Sánchez-Moreno et al. (2021) y González-Badillo et al. (2017), donde muestran que a medida que aumenta la intensidad, también lo hace el CV. Esto nos viene a indicar de nuevo que, prescribir un número fijo de repeticiones conociendo o no la intensidad relativa con la que se realiza el entrenamiento, no es el mejor método ya que, si se determina 4 repeticiones con una intensidad del 80% de la 1RM, una persona podría llegar hasta el fallo muscular mientras otra no haber realizado ni el 30% de su NMR. Además, en los resultados presentes se muestra una alta variabilidad ($CV \geq 16,8\%$) en el NMR alcanzado ante cualquier intensidad relativa independientemente del ajuste, dándose valores más altos para las intensidades del 40 y 80% de la 1RM (**Tabla 4**). Este resultado va acorde con lo establecido en diferentes publicaciones (Richens y Cleather, 2014; Terzis et al., 2008; Rodríguez-Rosell et al., 2020; González-Badillo et al., 2017), sin embargo, contrastan con los datos publicados por Sánchez-Moreno et al. (2021), donde establecen $CV < 15\%$ con intensidades del 50, 60, 70 y 80% de la 1RM. Por el contrario, González-Badillo et al. (2017), muestran $CV \geq 16,8\%$ en todas las intensidades estudiadas (50-85% de la 1RM). Aun así, determinan que los valores más altos de variación se consiguen con intensidades relativas más altas, cosa que también se da en nuestros resultados, por lo que se sugiere que a medida que aumenta la intensidad, también lo hace el CV. Teniendo en cuenta que Sánchez-Moreno et al. (2021) utilizaron un ajuste individual, para las intensidades del 60 y 80% de la 1RM dieron con un CV del 10,9 y 14,0%, respectivamente, mientras que en los hallados en nuestra investigación llegan a un valor de 16,8 y 32,5%, respectivamente. En cambio, González-Badillo et al. (2017) utilizaron el ajuste general, dándose para las intensidades del 60 y 80% de la 1RM un CV del 16,8 y 18,9%, respectivamente, mientras que los resultados presentes en nuestra investigación llegan a un 19,5 y 29,7%, respectivamente. También es destacable el hecho de que a medida que se incrementa el %PV, el CV de la relación %PV-%RR muestra una clara tendencia a disminuir independientemente de la intensidad relativa y ajuste (**Tabla 1, 2 y 3**). Estos resultados van en la línea de los previamente observados, mostrando un CV por encima del 20% en este mismo ejercicio (González-Badillo et al., 2017). Sin embargo, el CV observado para el %RR para los distintos %PV mostró valores aceptables, concretamente cuando se superó el 30% de PV para las intensidades relativas del 40 y 60% de la 1RM ($CV < 20\%$). Resultados similares fueron observados previamente donde se obtuvieron CV aceptables a partir del 15% de PV con un ajuste general de la intensidad relativa ante las intensidades que fueron desde el 50% al 85% de

la 1RM (González-Badillo et al., 2017). En esta misma línea, Sánchez-Moreno et al. (2020) observaron valores de CV aceptables a partir de porcentajes de PV del 25% en el ejercicio de PB, indicándose entonces que existe una mayor variabilidad al prescribir bajos %PV en el ejercicio de PB.

Por lo tanto, para la muestra de la presente investigación, usar el ajuste general trajo consigo que la intensidad relativa disminuya por el hecho de obtenerse una misma intensidad a mayor VMP y por ello, alcanzar un mayor NMR, haciendo del EF más difícil de controlar. Sin embargo, esta investigación mantiene a la PV como una variable muy válida ($R^2 = 0,86-0,93$) para el control del volumen en el EF independientemente del ajuste usado, tal y como confirman publicaciones anteriores (González-Badillo et al., 2017; Rodríguez-Rosell et al., 2020; Sánchez-Medina y González-Badillo, 2011; Sánchez-Moreno et al., 2021), aunque, como muestran Sánchez-Moreno et al. (2021), con intensidades relativas más altas la correlación es menor, pudiendo no ser una variable adecuada para estas intensidades.

7. Conclusiones

Los resultados de la presente intervención determinan que la PV debe ser considerada para proporcionar esfuerzos similares en sujetos distintos ya sea aplicando el ajuste general o uno individual para determinar la intensidad relativa durante el entrenamiento de fuerza, al mostrarse relaciones %PV-%RR altas ($R^2 = 0,86-0,93$) y muy similares ($R^2 = 0,934$ y $0,933$ para 40G y 40I, respectivamente; $R^2 = 0,926$ y $0,919$ para 60G y 60I, respectivamente; $R^2 = 0,855$ y $0,884$ para 80G y 80I, respectivamente) para las intensidades del 40, 60 y 80% de la 1RM. Además, el alto CV observado en el NMR alcanzado ante las distintas intensidades relativas, ponen de manifiesto la necesidad de nuevas estrategias para controlar el volumen durante el EF que difieran del tradicionalmente fijado número de repeticiones a realizar por series para todos los deportistas. Esto permite a los entrenadores y deportistas regular de una forma más objetiva el volumen en el EF, siempre que se establezca un %PV de antemano en función del objetivo y características individuales.

8. Futuras líneas de investigación

- 1) Realizar la misma intervención con distintas intensidades relativas (50 y 70% de la 1RM, por ejemplo), ejercicios (sentadilla, dominadas...) y poblaciones (mujeres, distintos niveles de fuerza y adultos) y/o con varias series.
- 2) Repetir este diseño realizando una segunda medición para determinar la fiabilidad de las mediciones.
- 3) Determinar un mismo umbral de PV en distintas series para verificar a partir de que valor relativo de PV entre series habría que modificar el %PV para mantener el %RR. Podría realizarse usando distintos %PV y distintas intensidades.
- 4) Comprobar si los resultados de esta investigación (relación %PV-%RR y CV) se mantienen cuando toda la muestra empieza una o varias series con un mismo valor absoluto de velocidad independientemente de que les suponga distintos %1RM atendiendo a su perfil individual.
- 5) Determinar la intensidad que le representa a la muestra empezar a una VMP a partir de la ecuación general para su análisis como intensidad independiente.

9. Referencias bibliográficas

- Atkinson, G., & Nevill, A. M. (1998). Statistical methods for assessing measurement error (reliability) in variables relevant to sports medicine. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 26(4), 217–238. <https://doi.org/10.2165/00007256-199826040-00002>
- Balsalobre-Fernández, C., Muñoz-López, M., Marchante, D., & García-Ramos, A. (2021). Repetitions in Reserve and Rate of Perceived Exertion Increase the Prediction Capabilities of the Load-Velocity Relationship. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 35(3), 724–730. <https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000002818>
- Brzycki, M. (1993). Strength Testing—Predicting a One-Rep Max from Reps-to-Fatigue. *Journal of Physical Education, Recreation & Dance*, 64(1), 88–90. <https://doi.org/10.1080/07303084.1993.10606684>
- Comité Nacional de Medicina del Deporte Infantojuvenil (2018). Entrenamiento de la fuerza en niños y adolescentes: beneficios, riesgos y recomendaciones [Strength training in children and adolescents: benefits, risks and recommendations]. *Archivos argentinos de pediatría*, 116(6), S82–S91. <https://doi.org/10.5546/aap.2018.s82>
- Courel-Ibáñez, J., Martínez-Cava, A., Morán-Navarro, R., Escribano-Peñas, P., Chavarren-Cabrero, J., González-Badillo, J. J., & Pallarés, J. G. (2019). Reproducibility and Repeatability of Five Different Technologies for Bar Velocity Measurement in Resistance Training. *Annals of Biomedical Engineering*, 47(7), 1523–1538. <https://doi.org/10.1007/s10439-019-02265-6>
- de Hoyo, M., de la Torre, A., Pradas, F., Sañudo, B., Carrasco, L., Mateo-Cortes, J., Domínguez-Cobo, S., Fernandes, O., & Gonzalo-Skok, O. (2014). Effects of Eccentric Overload Bout on Change of Direction and Performance in Soccer Players. *International Journal of Sports Medicine*, 36(04), 308–314. <https://doi.org/10.1055/s-0034-1395521>
- Gabriel, B. M., & Zierath, J. R. (2019). Circadian rhythms and exercise - re-setting the clock in metabolic disease. *Nature reviews. Endocrinology*, 15(4), 197–206. <https://doi.org/10.1038/s41574-018-0150-x>
- Garber, C. E., Blissmer, B., Deschenes, M. R., Franklin, B. A., Lamonte, M. J., Lee, I., . . . Swain, D. P. (2011). Quantity and Quality of Exercise for Developing and Maintaining Cardiorespiratory, Musculoskeletal, and Neuromotor Fitness in Apparently Healthy

- Adults. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 43(7), 1334–1359.
<https://doi.org/10.1249/mss.0b013e318213fefb>
- González-Badillo, J. J. (2017). *La velocidad de ejecución como referencia para la programación, control y evaluación del entrenamiento de fuerza*. Ergotech.
- González-Badillo, J. J., & Ribas-Serna, J. (2002). *Bases de la programación del entrenamiento de fuerza* (Vol. 308). Inde.
- González-Badillo, J. J., & Ribas-Serna, J. (2019). *Fuerza, velocidad y rendimiento físico y deportivo*. Librerías Deportivas Esteban Sanz.
- 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. <https://doi.org/10.1055/s-0030-1248333>
- González-Badillo, J. J., Yáñez-García, J. M., Mora-Custodio, R., & Rodríguez-Rosell, D. (2017). Velocity Loss as a Variable for Monitoring Resistance Exercise. *International Journal of Sports Medicine*, 38(03), 217–225. <https://doi.org/10.1055/s-0042-120324>
- Iglesias-Soler, E., Mayo, X., Rial-Vázquez, J., & Haff, G. G. (2021). Inter-individual variability in the load-velocity relationship is detected by multilevel mixed regression models. *Sports biomechanics*, 20(3), 304–318. <https://doi.org/10.1080/14763141.2018.1548640>
- Izquierdo, M., González-Badillo, J., Häkkinen, K., Ibáñez, J., Kraemer, W., Altadill, A., Eslava, J., & Gorostiaga, E. (2006). Effect of Loading on Unintentional Lifting Velocity Declines During Single Sets of Repetitions to Failure During Upper and Lower Extremity Muscle Actions. *International Journal of Sports Medicine*, 27(9), 718–724. <https://doi.org/10.1055/s-2005-872825>
- Izquierdo, M., Häkkinen, K., González-Badillo, J., Ibáñez, J., & Gorostiaga, E. (2002). Effects of long-term training specificity on maximal strength and power of the upper and lower extremities in athletes from different sports. *European Journal of Applied Physiology*, 87(3), 264-271. <https://doi.org/10.1007/s00421-002-0628-y>
- Kraemer, W. J., & Ratamess, N. A. (2004). Fundamentals of resistance training: progression and exercise prescription. *Medicine and science in sports and exercise*, 36(4), 674–688. <https://doi.org/10.1249/01.mss.0000121945.36635.61>

- Marcos-Pardo, P. J., González-Hernández, J. M., García-Ramos, A., López-Vivancos, A., & Jiménez-Reyes, P. (2019). Movement velocity can be used to estimate the relative load during the bench press and leg press exercises in older women. *PeerJ*, 7, e7533. <https://doi.org/10.7717/peerj.7533>
- Morán-Navarro, R., Martínez-Cava, A., Sánchez-Medina, L., Mora-Rodríguez, R., González-Badillo, J. J., & Pallarés, J. G. (2019). Movement Velocity as a Measure of Level of Effort During Resistance Exercise. *Journal of strength and conditioning research*, 33(6), 1496–1504. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002017>
- Pallarés, J. G., Fernández-Elías, V. E., Ortega, J. F., Muñoz, G., Muñoz-Guerra, J., & Mora-Rodríguez, R. (2013). Neuromuscular responses to incremental caffeine doses: performance and side effects. *Medicine and science in sports and exercise*, 45(11), 2184–2192. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e31829a6672>
- Pallarés, J. G., López-Samanes, Á., Fernández-Elías, V. E., Aguado-Jiménez, R., Ortega, J. F., Gómez, C., Ventura, R., Segura, J., & Mora-Rodríguez, R. (2014). Pseudoephedrine and circadian rhythm interaction on neuromuscular performance. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 25(6), e603-e612. <https://doi.org/10.1111/sms.12385>
- Pallarés, J. G., Sánchez-Medina, L., Pérez, C. E., De La Cruz-Sánchez, E., & Mora-Rodríguez, R. (2014). Imposing a pause between the eccentric and concentric phases increases the reliability of isoinertial strength assessments. *Journal of Sports Sciences*, 32(12), 1165-1175. <https://doi.org/10.1080/02640414.2014.889844>
- Pareja-blanco, F., Alcázar, J., Sánchez-Valdepeñas, J., Cornejo-Daza, P. J., Piqueras-Sanchis, F., Mora-Vela, R., Sánchez-Moreno, M., Bachero-Mena, B., Ortega-Becerra, M., & Alegre, L. M. (2020). Velocity Loss as a Critical Variable Determining the Adaptations to Strength Training. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 52(8), 1752–1762. <https://doi.org/10.1249/mss.0000000000002295>
- Pareja-Blanco, F., Rodríguez-Rosell, D., Sánchez-Medina, L., Sanchis-Moysi, J., Dorado, C., Mora-Custodio, R., Yáñez-García, J. M., Morales-Alamo, D., Pérez-Suárez, I., Calbet, J. A. L., & González-Badillo, J. J. (2016). 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. <https://doi.org/10.1111/sms.12678>

- Pareja-Blanco, F., Walker, S., & Häkkinen, K. (2020). Validity of Using Velocity to Estimate Intensity in Resistance Exercises in Men and Women. *International Journal of Sports Medicine*, 41(14), 1047–1055. <https://doi.org/10.1055/a-1171-2287>
- Reilly, T., Morris, T., & Whyte, G. (2009). The specificity of training prescription and physiological assessment: a review. *Journal of sports sciences*, 27(6), 575–589. <https://doi.org/10.1080/02640410902729741>
- Rhea, M. R., Alvar, B. A., Burkett, L. N., & Ball, S. D. (2003). A meta-analysis to determine the dose response for strength development. *Medicine and science in sports and exercise*, 35(3), 456–464. <https://doi.org/10.1249/01.MSS.0000053727.63505.D4>
- Richens, B., & Cleather, D. (2014). The relationship between the number of repetitions performed at given intensities is different in endurance and strength trained athletes. *Biology of Sport*, 31(2), 157–161. <https://doi.org/10.5604/20831862.1099047>
- Rodríguez-Rosell, D., Yáñez-García, J. M., Sánchez-Medina, L., Mora-Custodio, R., & González-Badillo, J. J. (2020). Relationship Between Velocity Loss and Repetitions in Reserve in the Bench Press and Back Squat Exercises. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 34(9), 2537-2547. <https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000002881>
- 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. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e318213f880>
- Sánchez-Medina, L., Pallarés, J., Pérez, C., Morán-Navarro, R., & González-Badillo, J. (2017). Estimation of Relative Load From Bar Velocity in the Full Back Squat Exercise. *Sports Medicine International Open*, 01(02), E80-E88. <https://doi.org/10.1055/s-0043-102933>
- Sánchez-Medina, L., Pérez, C. E., & González-Badillo, J. J. (2009). Importance of the Propulsive Phase in Strength Assessment. *International Journal of Sports Medicine*, 31(02), 123–129. <https://doi.org/10.1055/s-0029-1242815>
- Sánchez-Moreno, M., Cornejo-Daza, P. J., González-Badillo, J. J., & Pareja-Blanco, F. (2020). Effects of Velocity Loss During Body Mass Prone-Grip Pull-up Training on Strength and Endurance Performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 34(4), 911–917. <https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000003500>

- Sánchez-Moreno, M., Rodríguez-Rosell, D., Pareja-Blanco, F., Mora-Custodio, R., & González-Badillo, J. J. (2017). Movement Velocity as Indicator of Relative Intensity and Level of Effort Attained During the Set in Pull-Up Exercise. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 12(10), 1378–1384. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2016-0791>
- Schoenfeld, B. J. (2010). The Mechanisms of Muscle Hypertrophy and Their Application to Resistance Training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(10), 2857–2872. <https://doi.org/10.1519/jsc.0b013e3181e840f3>
- Schoenfeld, B. J., Ogborn, D., & Krieger, J. W. (2017). Dose-response relationship between weekly resistance training volume and increases in muscle mass: A systematic review and meta-analysis. *Journal of sports sciences*, 35(11), 1073–1082. <https://doi.org/10.1080/02640414.2016.1210197>
- Terzis, G., Spengos, K., Manta, P., Sarris, N., & Georgiadis, G. (2008). Fiber type composition and capillary density in relation to submaximal number of repetitions in resistance exercise. *Journal of strength and conditioning research*, 22(3), 845–850. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e31816a5ee4>
- Weakley, J., Mann, B., Banyard, H., McLaren, S., Scott, T., & Garcia-Ramos, A. (2020). Velocity-Based Training. *Strength and Conditioning Journal*, 1. <https://doi.org/10.1519/ssc.0000000000000560>
- Westcott W. L. (2012). Resistance training is medicine: effects of strength training on health. *Current sports medicine reports*, 11(4), 209–216. <https://doi.org/10.1249/JSR.0b013e31825dabb8>