

# DISEÑO Y VALIDACIÓN DE UNA ESCALA DE PERCEPCIÓN DE LA VELOCIDAD PARA MONITORIZAR LA INTENSIDAD EN EL ENTRENAMIENTO DE LA FUERZA

Iker Javier Bautista González

Programa de doctorado

Master Universitario en Actividad Física y Deporte

---

## DIRECTORES

Ignacio Jesús Chiroso Ríos

Ignacio Martín Tamayo

Jesús Rivilla García



Departamento de Educación Física y Deportiva  
*Universidad de Granada*

Editor: Editorial de la Universidad de Granada  
Autor: Iker Javier Bautista González  
D.L.: GR 870-2013  
ISBN: 978-84-9028-462-9



**D. Ignacio Jesús Chiroso Ríos**

Doctor en Ciencias de la Actividad Física y el Deporte  
Universidad de Granada

**D. Ignacio Martín Tamayo**

Doctor en Ciencias de la Actividad Física y el Deporte  
Universidad de Granada

**D. Jesús Rivilla García**

Doctor en Ciencias de la Actividad Física y el Deporte  
Universidad Politécnica de Madrid

**CERTIFICAN:**

Que la presente Tesis Doctoral titulada “**DISEÑO Y VALIDACIÓN DE UNA ESCALA DE PERCEPCIÓN DE LA VELOCIDAD PARA MONITORIZAR LA INTENSIDAD EN EL ENTRENAMIENTO DE LA FUERZA**” ha sido realizada bajo nuestra dirección, por D. Iker J. Bautista González para optar al grado de Doctor en Nuevas Perspectivas en Ciencias de la Actividad Física y el Deporte. Concluida y reuniendo a nuestro juicio, las condiciones de originalidad y rigor científico necesarias, autorizamos a su presentación a fin de que pueda ser definida ante el tribunal correspondiente. Y para que así conste, expiden y firman este informe en Granada, a 24 de Septiembre de 2012.

Fdo:

Fdo:

Fdo:



## TABLA DE CONTENIDOS

Resumen.....	1
CAPÍTULO I. Aproximación terminológica .....	5
CAPÍTULO II. Artículo de Revisión sobre la percepción subjetiva y la Fuerza.....	25
Objetivos.....	41
ESTUDIO 1. Análisis de la escala OMNI-RES y la velocidad de ejecución para evaluar la intensidad del entrenamiento en el tren superior en sujetos entrenados y no entrenados.....	45
ESTUDIO 2. Predicción de la velocidad de la barra en press de banca mediante el uso de la escala OMNI-RES.....	57
ESTUDIO 3. Presentación y validación concurrente de una nueva escala de percepción de la velocidad en el entrenamiento de fuerza del tren superior.....	69
COMPLEMENTO I. Proceso de Creación de la Escala .....	81
COMPLEMENTO II. Aplicaciones Prácticas. Manual.....	89
COMPLEMENTO II. Aplicaciones Prácticas. Aplicación Móvil.....	95
Futuras Investigaciones.....	103
Anexos.....	107

## AGRADECIMIENTOS

Esta tesis doctoral, si bien ha requerido de esfuerzo y mucha dedicación por parte de la autor y su directores de tesis, no hubiese sido posible su finalización sin la cooperación desinteresada de todas y cada una de las personas que a continuación citaré y muchas de las cuales han sido un soporte sustancial en momentos poca lucidez académica, vehemencia visceral y desesperación.

En primer lugar, sin lugar a dudas, a mis padres y hermana. A los primeros, José Antonio Gutiérrez y Antonia Heredia, porque estuvieron en los momentos donde estuve al borde del abandono y nunca me dejaron hacerlo, dándome soluciones, comprensión y cariño. Inculcándome valores de trabajo, constancia y consecución de los sueños propuestos. A mi hermana por soportar los momentos donde la balanza se colocaba de mi lado en los tratos de favor, sin que por ello surgiera la mas mínima disputa, dándome toda su solidaridad y amor.

A mis abuelos que seguro que estarían muy orgullosos de mí, en especial a mi abuelo Miguel, que desde pequeñito me inculco los valores por la lectura y el saber, regalándome a pesar de que para él fuera un sacrificio personal, libros y colecciones de lectura.

A mi gran amigo y tutor Ignacio Chiroso, eres un gran profesional y un gran docente, en los aspectos académicos y personales, estando presente en estos años, en cada evolución personal y profesional, otorgándome buenos consejos. Nos queda recoger el trabajo realizado.

A Luis Javier Chiroso, por compartir conmigo su amplia experiencia conmigo y contagiarme de su pasión por la investigación. Profesores con una trayectoria tan extensa en la docencia y con tanta motivación hacen falta en la Universidad y a los alumnos.

A mi amigo Antonio Contreras, por mostrarme en este camino como se puede conjugar universidad y empresa, investigación científica y cubrir las necesidades de la sociedad en la mejora de su bienestar, por lo menos intentarlo.

A Ramiro Sampedro, que me ayudado siempre en cada una de las proyectos que he comenzado, así como a todos mis amigos de que me han escuchado y dado apoyo en cada bache Carlos, Rafa y Francisco.

En general quisiera agradecer a todas y cada una de las personas que han vivido conmigo la realización de esta tesis doctoral, con sus altos y bajos y que no necesito nombrar porque tanto ellas como yo sabemos que desde lo más profundo de mi corazón les agradezco el haberme brindado todo el apoyo, colaboración, ánimo y sobre todo cariño y amistad.





# Publicaciones y Presentaciones de la Tesis Doctoral

De la presente Tesis Doctoral se desprenden los siguientes logros:

## **Comunicaciones en Congresos**

Bautista, I. J., Chiroso, I. J., Chiroso, L. J. Predicción de la velocidad de ejecución en press de banca mediante el uso de la escala OMNI-RES. I Congreso Internacional de Investigación en Balonmano. Universidad de Granada. Granada. 1-2 Junio de 2012.

## **Comunicaciones enviadas a Congresos**

Bautista, I. J., Chiroso, I. J., Chiroso, L. J., Martín, I., Rivilla, J. Presentación y validación de una nueva escala de percepción de la velocidad. VII Congreso Internacional de la Asociación Española de Ciencias del Deporte. Universidad de Granada. 15, 16 y 17 de Noviembre de 2012.

Bautista, I. J., Chiroso, I. J., Chiroso, L. J., Martín, I., Rivilla, J. Proceso de creación de la nueva escala de percepción de la velocidad. VII Congreso Internacional de la Asociación Española de Ciencias del Deporte. Universidad de Granada. 15, 16 y 17 de Noviembre de 2012.

## **Publicaciones**

El Estudio I: *Análisis de la escala OMNI-RES y la velocidad de ejecución para evaluar la intensidad del entrenamiento en el tren superior en sujetos entrenados y no entrenados*, está aceptado para su publicación en la Revista Internacional de Ciencias del Deporte (RICYDE).

## **Colaboraciones Internacionales**

Los Estudios II y III de la presente Tesis Doctoral están siendo editados por el prestigioso investigador Robert J. Robertson de la Universidad de Pittsburgh, Estados Unidos. Entre algunos de sus méritos más reseñable, el Dr. Robertson fue el creador de la escala OMNI-RES.



## **RESUMEN**

Resumen general de la Tesis Doctoral



# Resumen

El enfoque de la presente tesis doctoral se tiene que entender desde el punto de vista de la cuantificación y monitorización de la intensidad en ejercicios con resistencias externas. El principal hallazgo de esta investigación ha sido el desarrollo y la validez de una nueva escala para monitorizar la intensidad en el ejercicio del press de banca (estudio III). El objetivo del resto de estudios presentados es guiar en el proceso por el cual se ha desarrollado la nueva escala de percepción de la velocidad. En una primera instancia (Estudio I), se compararon dos marcadores de intensidad externos, como son la velocidad de ejecución y la escala OMNI-RES. Los resultados de este estudio nos mostraron que aunque la escala OMNI-RES es un buen indicativo de la intensidad con la que se realiza un ejercicio, si acompañamos estos valores con los datos de la velocidad media de ejecución, el proceso de monitorización será más completo. La relación entre la escala OMNI-RES y la velocidad media de ejecución se analizaron en el Estudio II. Se elaboró una fórmula de predicción por la cual, mediante la utilización de los valores de la escala OMNI-RES, se podía estimar los valores de velocidad ejecutados. De esta forma, podemos calcular la velocidad media de ejecución sin necesidad de utilizar un dispositivo electrónico en cada sesión de entrenamiento, siendo estos utilizados en las correspondientes sesiones de evaluación. De los resultados de este estudio observamos que la velocidad media explica el 64% de la varianza de las puntuaciones de la escala OMNI-RES. Por lo tanto, nos planteamos si era posible percibir subjetivamente la velocidad media de ejecución. De esta forma, se diseñó y testó (Estudio III) la nueva escala de percepción de la velocidad. Los resultados obtenidos nos mostraron que la nueva escala de percepción de la velocidad es válida para tal fin. Con lo cual, utilizando dicha escala en nuestro entrenamiento habitual, podemos cuantificar la intensidad del ejercicio sin necesidad de utilizar un dispositivo de desplazamiento lineal para tal fin.

**Palabras clave:** Escala Subjetiva del Esfuerzo, Velocidad Ejecución, Monitorizar, Intensidad.

**Nota para el lector:** Las referencias bibliográficas presentadas en esta Tesis Doctoral están situadas justo después de cada apartado. El formato de las mismas varía en función de la revista a la que ha sido enviado cada artículo. En el resto de casos se ha seguido las normas APA 6ª edición.



## **APROXIMACIÓN TERMINOLÓGICA**

Introducción general sobre aspectos relevantes de la Fuerza y Potencia.





# APROXIMACIÓN TERMINOLÓGICA

## INTRODUCCIÓN GENERAL

### Introducción

El presente capítulo tiene el objetivo claro de servir de apoyo terminológico a los estudios de la presente tesis doctoral. Por lo tanto, se expondrán una serie de definiciones en cuanto a la fuerza y potencia se refiere, haciendo un breve repaso sobre los medios y los métodos utilizados para mejorar dichas cualidades. Además, se estudiará la importancia de estos factores en relación con la velocidad de ejecución. Otros aspectos como los dispositivos de evaluación y el análisis de conceptos como la validez y fiabilidad se abordarán en la parte final de este capítulo. En definitiva, se ha llevado a cabo una importante recopilación sobre los aspectos más relevantes sobre el entrenamiento de fuerza.

La importancia del entrenamiento deportivo pasa, en primer lugar, por tener un acuerdo en cuanto a la terminología utilizada y a los medios o métodos para calcular las variables relevantes para el entrenamiento. A raíz de ahí, existen diferentes escuelas o corrientes que discuten sobre cual o cuales son los medios o los métodos más adecuados para optimizar el entrenamiento con resistencias externas.

Sería conveniente aclarar que, por cuestiones técnicas, no vamos a profundizar en las estructuras superiores al entrenamiento de la fuerza y potencia, es decir, la planificación, programación y periodización. Bajo nuestro punto de vista, esta superestructura (la periodización del entrenamiento) es la base para optimizar los progresos y mejoras obtenidas como consecuencia de un determinado entrenamiento con resistencias externas (Fleck, 1999; Fleck & Kraemer, 2004). Pero debido a la complejidad terminológica, a las diferentes corrientes en cuanto a la periodización del entrenamiento de fuerza y potencia y sobre

todo, a la especificidad de cada deporte, no vamos a profundizar más allá de este párrafo. Por lo tanto, queda aclarado que por encima de cualquier variable que se pueda manipular dentro la periodización para buscar una optimización del entrenamiento como la magnitud de carga, número de series y/o repeticiones, velocidad específica, descanso entre series o sesiones por semana, el entrenamiento de la fuerza y potencia queda supeditado en una primera instancia, por la periodización del entrenamiento, y en una segunda instancia, por los principios del entrenamiento (p.e. la especificidad, aumento progresivo de la carga y frecuencia de entrenamiento) (Kraemer & Fleck, 2010). Para conocer más acerca de la periodización del entrenamiento de la fuerza y potencia, en la Tabla 1 se resumen algunos de los artículos científicos y/o libros que profundizan más acerca de este apasionante tema.

### Importancia de la fuerza en el entrenamiento

A nivel general, cuando hablamos del término fuerza se puede abordar desde diferentes perspectivas. En primer lugar, desde un punto de vista el punto de vista de la mecánica, se define como toda fuerza capaz de modificar el estado de reposo o de movimiento de un cuerpo. Esta definición se comprende mejor con la fórmula de  $F = m \times a$ , siendo su unidad de medida el Newton. Cuando hacemos referencia a la fuerza desde un punto de vista fisiológico, ésta es definida como la capacidad de producir tensión en el músculo al activarse. La relación entre las dos definiciones anteriores (la fuerza desde el punto de vista de la mecánica y la fuerza desde el punto de vista de la fisiología) dan como resultado otro concepto en cuanto a la fuerza se refiere. Este no es más que la fuerza

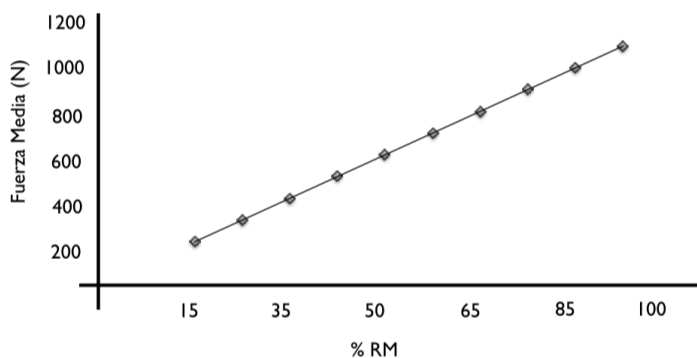
**Tabla 1:** Resumen de las publicaciones que abordan en tema de la Periodización del entrenamiento de basado en resistencias externas.

Autores	Año	Título
Baker, Wilson, and Carlyon	1994	Periodization: The Effect on Stregth of Manipulation Volume and Intensity
Esteven J. Fleck	1999	Periodized Strength Training: A Critical Review
Benedict Tan	1999	Manipulating Resistance Training Program Variables to Optimize Maximum Strength in Men: A Review
Schiotz et al.	1998	The Short-Term Effects of Periodized and Constant-Intensity Training on Body Composition, Strength, and Performance
Rhea, Ball, Phillips, and Burkett	2002	A Comparision of Linear and Daily Undulating Periodized Programs with Equated Volume and Intensity for Strength
Plisk and Stone	2003	Periodization Strategies
Kraemer and Fleck*	2010	Cómo optimizar el entrenamiento de fuerza: Diseño de ejercicios de periodización ondulante.

\* = Libro

aplicada, es decir, el resultado de la acción muscular interna sobre la resistencia externa (Badillo & Serna, 2002).

Por lo tanto, teniendo en cuenta las definiciones anteriores, la relación Carga/Fuerza será lineal positiva. A mayor carga externa, mayor será la Fuerza necesaria para desplazar dicha resistencia. Esta relación se observa en la Figura 1.



**Figura 1:** Relación de la Fuerza Media con el porcentaje de la 1RM en el ejercicio del press de banca.

Para poder realizar comparaciones de la Fuerza a nivel individual, sería conveniente la normalización de estos valores con el peso corporal. Esto no es más que dividir la Fuerza (N) entre el peso corporal (kg). De esta forma, nos aseguramos que la comparación de los niveles de fuerza entre los diferentes deportistas es la adecuada.

## Cómo mejorar la Fuerza

Los cambios musculares relativos al aumento de Fuerza están asociados principalmente a la ganancia de

masa muscular y al aumento de la sección transversal del músculo (Cormie, McCaulley, & McBride, 2007; Kraemer & Ratamess, 2004), es decir, a la hipertrofia muscular. Aunque también debemos de tener en cuenta que la ganancia de Fuerza en ausencia de hipertrofia es posible gracias al rol que desempeñan los factores neurales, la sincronización de unidades motoras, el control motor del ejercicio, y a la interacción muscular de agonista-antagonista (Gabriel, Kamen, & Frost, 2006).

Comprender todos los mecanismos internos (a nivel muscular) y externos (intensidad y volumen) que forman parte del proceso de optimización del entrenamiento de la Fuerza resulta un proceso fundamental a la hora de abordar cualquier plan de entrenamiento. Dentro de los componentes internos, aspectos como los mecanismos musculares, factores morfológicos y los factores neurales, han sido descritos como los más relevantes a la hora de producir ganancias de fuerza (Cormie, McGuigan, & Newton, 2011a; Nimphius, McGuigan, & Newton, 2012). Entre tanto, a nivel externo, el control y la monitorización del volumen y la intensidad del entrenamiento resulta fundamental para orientar el tipo de adaptación muscular deseada (Rhea, Ball, Phillips, & Burkett, 2002; Rhea et al., 2003).

## Mecanismos internos

### *A nivel muscular*

La **relación Fuerza-Velocidad** resulta crucial en la habilidad de generar Fuerza. Cuando la velocidad de la acción muscular aumenta durante la fase concéntri-

ca, menos fuerza se es capaz de generar durante dicha contracción, y viceversa.

La **relación Longitud-Tensión** de las fibras esqueléticas musculares es un aspecto importante a la hora de generar Fuerza. Close (1972) demostró que la longitud del musculo en estado de reposo es un poco más corta que la longitud óptima, por lo tanto, la capacidad de generar Fuerza aumentará con una pequeña fase de estiramientos previos a la activación. Rassier, Lee, & Herzog (2005) sugieren que la combinación entre el estiramiento y la activación muscular produce mejores efectos en la producción de fuerza que ambas acciones realizadas por separado.

El **tipo de acción muscular** desarrollada durante cualquier movimiento determinará la cantidad de potencia máxima realizada. No se desarrollará la misma potencia durante las acciones concéntrica y/o excéntricas e isométricas. Las sucesivas acciones concéntricas, isométricas y excéntricas dan lugar al término de “ciclo estiramiento-alargamiento” (CEA) o como se conoce en la literatura científica “stretch-shortening cycle” (SSC). Cuando las fibras musculares son activadas, estiradas y de forma inmediata, acortadas (CEA), la fuerza y potencia muscular generadas durante la fase concéntrica es mayor que la generada en una única fase excéntrica (Cormie, McGuigan, & Newton, 2010). Los mecanismo que desarrollan el ciclo CEA son aun un motivo de debate entre los científicos. Aunque cabe resaltar que aspectos como el tiempo disponible para desarrollar fuerza, el almacenaje y utilización de la energía elástica, la interacción de los elementos elásticos y contráctiles y la potenciación de dicho elementos, son algunos de los mecanismos que permiten el desarrollo de potencia durante el desarrollo de acciones que envuelven el CEA (Cormie et al., 2011a).

Con el entrenamiento, tanto de acciones balísticas como con resistencias externas, se producen alteraciones en el CEA, generándose de este modo una mejora en el rendimiento. Generalmente, estos cambios en el rendimiento eran atribuidos a la mejora de los factores

neurales. Aunque en este sentido, Cormie et al. (2010) demostraron que los mecanismos que conducen el cambio en el rendimiento también están influenciados por la mejora del CEA, sobre todo en su porción excéntrica.

### **Factores morfológicos**

Al nivel más elemental, la habilidad para generar fuerza y potencia durante los diferentes movimientos lo dictarán las capacidades contráctiles del músculo. Estas capacidades contráctiles están influenciadas por el tipo de fibra y a la arquitectura muscular. Aunque otros mecanismos como las propiedades de los tendones juegan un importante rol en el desarrollo de fuerza y potencia.

Como es bien sabido, **las fibras tipo II** son caracterizadas por producir una mayor velocidad de contracción en comparación con las fibras tipo I. Esto genera la capacidad de producir Fuerza rápidamente. Diversas investigaciones (Faulkner, Claffin, McCully, & Jones, 1982; Maxwell, Faulkner, & Murphy, 1982) han mostrado que las fibras tipo II poseen un mayor retículo sarcoplásmático y una mayor actividad de la ATPasa, lo que genera una mayor velocidad de contracción. Las isoformas de la cabeza de la miosina de las fibras tipo II se contraen aproximadamente unas 600 veces por segundo, en contra de las isoformas de las fibras musculares tipo I, que lo realizan unas 300 veces por segundo.

Dentro de la **arquitectura muscular**, los aspectos más relevantes son la sección del área muscular, la longitud de los fascículos y el ángulo de pennación. Se he demostrado que en un programa de entrenamiento con altas resistencias externas se producen ganancias en cuanto a la sección transversal del músculo (Häkkinen, 1989a; Häkkinen et al., 2003), además de existir una asociación positiva entre el cortisol y la hormona del crecimiento y los cambios en el área de las fibras musculares (West & Phillips, 2012).

## Factores Neurales

En la producción de la máxima potencia los factores neurales desempeñan un importante papel. El sistema nervioso controla la activación de los músculos principales mediante cambios en el reclutamiento de unidades motoras, frecuencia de disparo y la sincronización intermuscular. Generalmente, durante las fases iniciales del entrenamiento con resistencias externas, las ganancias en cuanto a fuerza se atribuyen a estos factores (Ahtiainen, Pakarinen, Alen, Kraemer, & Häkkinen, 2003).

El **reclutamiento de unidades motoras** de una contracción voluntaria cumple el principio de la medida. Las alpha-motoneuronas pequeñas que inervan las Fibras muscular Tipo I son las primeras en activarse cuando el nivel de fuerza requerida es baja. A medida que se aumenta las necesidades de fuerza, se da lugar a la activación progresiva de las alpha-motoneuronas de las Fibras musculares Tipo II.

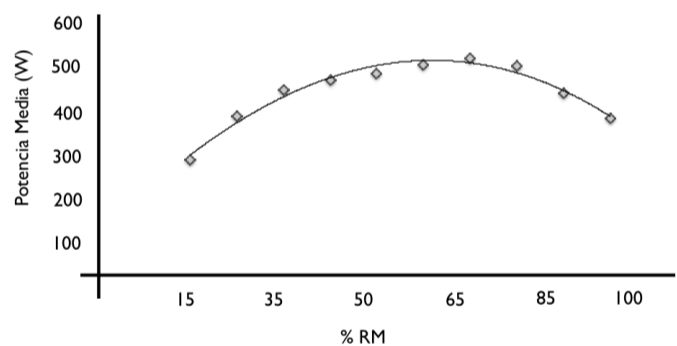
La **frecuencia de disparo** de las unidades motoras representan el ratio de impulsos neurales transmitidos por las alpha-motoneuronas a las fibras musculares. Existen dos formas conocidas por las cuales se puede aumentar la habilidad de generar fuerza por medio de este mecanismo. La primera de ellas corresponde al aumento de la frecuencia de disparo de estas motoneuronas. Se ha estimado que la fuerza de contracción de una sola motoneurona puede aumentar entre 3 - 15 veces cuando la frecuencia de disparo aumenta desde su mínimo hasta el máximo. En la realización de las acciones voluntarias realizadas por los deportistas parece existir un infinito número de posibilidades y combinaciones sobre el reclutamiento y la frecuencia de disparo de las unidades motoras (Enoka, 1995).

La **sincronización inter-muscular** se define como la coordinación apropiada (tanto en magnitud como en tiempo) de los músculos agonistas, sinergistas y antagonistas durante la realización de un movimiento (Cormie et al. 2011a). Por lo tanto, interferencias entre los diferentes músculos que envuelven cualquier acción depor-

tiva dará como resultado una merma en la capacidad de producir potencia.

## Importancia de la potencia en el entrenamiento

La habilidad de mejorar el entrenamiento de la potencia es considerado uno de los factores claves para optimizar el rendimiento en las actividades atléticas y deportivas Cronin & Sleivert (2005). La potencia es definida como el producto de la fuerza y la velocidad. Por lo tanto, entender el funcionamiento por separado de cada una de las partes de esta ecuación resulta básico. Además, posteriormente, se debe entender la relación de ambos desde un punto de vista en conjunto (Kawamori & Haff, 2004). En la Figura 2 se puede observar la relación, en todo el espectro de cargas, de la Potencia Media/Carga en el ejercicio del press de banca. Estos datos fueron obtenidos por medio de un dispositivo de desplazamiento lineal (T-Force system, Ergotech, Murcia, España).



**Figura 2:** Relación de la Potencia Media con el porcentaje de la 1RM en el ejercicio del press de banca.

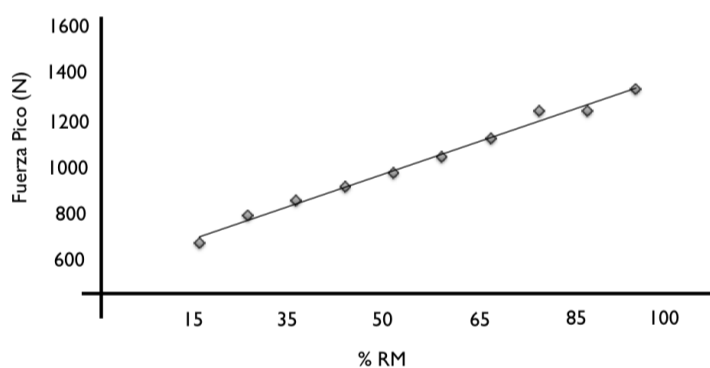
Como puede apreciar la dinámica de la potencia en curvilínea. Esto sucede así puesto que, como hemos mencionado anteriormente, la potencia es el resultado de la interacción de la fuerza con la velocidad. A mayor carga externa (es decir, mayor fuerza), menor será la velocidad de ejecución, por lo que la potencia total se verá reducida. Del mismo modo, a menor carga externa (menor fuerza), el desplazamiento de la carga será mayor, y la potencia total se verá disminuida. Podemos observar en la Figura 2 como existe una relación

óptima entre la fuerza y la velocidad de ejecución. Esta relación óptima nos proporcionará el mejor valor de la potencia. Este fenómeno (ver Figura 3) se conoce como el continuum de los ejercicios explosivos (Haff, Whitley, & Potteiger, 2001). La búsqueda de la optimización de la potencia pasa, en primer lugar, por el conocimiento de esta relación (Fuerza x Velocidad) y en que cargas se produce.



**Figura 3:** Continuum de los ejercicios explosivos. Figura adaptada de Haff, Whitley & Protteiger, 2001.

Hasta ahora, se ha analizado la relación de la potencia media con la carga externa. Debemos de tener en cuenta que en el deporte no solo es necesario producir una mayor potencia, si no producir esta potencia en un tiempo determinado. En la Figura 4 podemos observar la dinámica entre la relación de la Potencia Pico/Carga.



**Figura 4:** Relación de la Potencia Pico con el porcentaje de la 1RM en el ejercicio del press de banca.

A diferencia de la Potencia Media/Carga, la dinámica la de potencia pico en este caso es lineal negativa. A menor carga (desde un mínimo magnitud externa), mayor es la potencia pico. Aunque debemos de resaltar, que los datos presentados en estas gráficas, corresponden a un solo sujeto, son numerosos los estudios (Baker & Newton, 2006; Baker, Nance, & Moore, 2001; Izquierdo et al., 2006) en donde han analizado la potencia, tanto media como pico, llegando al consenso que el rango de porcentaje en donde se alcanza la

potencia media y pico en el ejercicio del press de banca, es aproximadamente entre el 30 y 70 % de la 1RM. Según Sánchez-Medina & González-Badillo (2004) esta gran dispersión en cuanto al porcentaje depende en gran medida a los parámetros usados para la medida, es decir, ya sea media o pico de potencia o media o pico de potencia de la fase propulsiva. Otros autores (Kraemer & Fleck, 2010) argumentan que el rango específico donde se encuentran los valores medios y picos de la potencia varía en función del diversos factores como el tipo de ejercicio (mono articulares o poli articulares), y la masa muscular implicada en el ejercicio entre otros.

En cuanto a los posibles mecanismos envueltos en la máxima producción de potencia Kawamori & Haff (2004) resumen en su artículo de revisión que elementos como los factores neurales, reclutamiento de unidades motoras, sincronización entre fibras, sección transversal del musculo y el tipo de fibra son algunos los desencadenantes en la máxima producción de potencia.

### Como mejorar la potencia

Existe un gran debate entre científicos y entrenadores en cuanto al consenso del cómo entrenar y mejorar el trabajo de la potencia. Sin embargo, aspectos como la relación entre la fuerza y potencia, el patrón de movimiento específico de cada deporte, la carga usada, la velocidad específica y el tener un amplio abanico de técnicas y métodos para el desarrollo de potencia parece ser crucial en cualquier programa de mejora de esta cualidad (Cormie et al., 2011a; Cormie, McGuigan, & Newton, 2011).

### Relación entre la fuerza y potencia

Cuanto mayor es el nivel de fuerza de un deportista, menores ganancias en cuanto a potencia podrá desarrollar. Diversos estudios (Campos et al., 2002; Häkkinen et al., 2003) han mostrado que cuanto mayor es la sección transversal del músculo, mayores niveles de fuerza se posee. Baker & Newton (2006) analizaron a jugadores de rugby profesionales vs recreacionales en el ejercicio del press de banca. El nivel de fuerza relativo

(PC/RM) fue significativamente estadístico en los jugadores profesionales (1.46 vs 1.19) en comparación con los jugadores no profesionales. De forma específica, el ratio entre la peso corporal/potencia también fue mayor en los jugadores profesionales (6.97 vs 5.51, profesionales y recreativos, respectivamente). Por lo tanto según estos autores, el nivel de fuerza de los deportistas dictará el potencial futuro para producir y/o mejorar la potencia. En una programación anual bien estructurada deberá existir un periodo en donde el objetivo principal sea la ganancia de fuerza máxima, debido a la importante relación entre esta y la producción de potencia. Aun que en este sentido, Cormie et al. (2007) demostraron que el uso de un entrenamiento basado en la Fuerza – Potencia (3 series x 6 repeticiones al 0% de la 1RM + 3 series x 3 repeticiones al 90% de la 1RM) mejora significativamente la altura total del salto y la producción de máxima potencia, en comparación con un grupo que sólo entrenó mediante un trabajo exclusivamente de potencia (7 series x 6 repeticiones al 0% de la 1RM).

La relación de la Fuerza en el desarrollo de la potencia parece indiscutible para la mejora de la misma. Esta idea apoya la hipótesis del cómo el uso de cargas elevadas y la combinación de cargas para la mejora del rendimiento.

### **Patrón de movimiento específico**

Dentro de cualquier planificación, programación y periodización del entrenamiento de la Fuerza y la Potencia, el apartado específico de la selección de ejercicios y con qué medios voy a desarrollar estos ejercicios resulta clave. De esta forma, en el entrenamiento con resistencias externas se diferencian los ejercicios que se desarrollan con pesas (ejercicios tradicionales con resistencias externas), los ejercicios balísticos, pliométricos y los ejercicios olímpicos, tales como la arrancada y el primer y segundo tirón.

Los **ejercicios tradicionales basados en resistencias externas** comienzan desde una velocidad de 0, alcanzándose un pico de velocidad durante la fase

concéntrica para posteriormente, volver a retornar a una velocidad de 0 al final del rango de movimiento (ROM). La principal crítica a estos ejercicios, tales como el press de banca y la sentadilla es el tiempo de desaceleración de la barra durante el ROM, es decir, la fase de frenado. Cuanto menor es la carga, mayor es este tiempo. Un ejemplo específico lo vemos en el ejercicio del press de banca, en donde con cargas máximas, cercanas a la 1RM, el tiempo de la fase de desaceleración está cercano al 23% del total (Elliot, Wilson, & Kerr, 1989). En cambio, otros autores como (Kawamori & Haff, 2004) argumentan que la fase de frenado disminuye conforme la magnitud de la carga externa aumenta, encontrándose una mayor fase de frenado con cargas ligeras (30% del total del tiempo) en comparación con cargas altas (11% del tiempo total). Parece existir una discrepancia entre los datos presentados por diferentes autores. Estas diferencias probablemente se deban al tipo de dispositivo utilizado para la evaluación o a que a la hora de calcular la fase de frenado, cada investigador tiene una perspectiva diferente sobre el valor de referencia para determinar dicha fase.

La principal diferencia entre los **ejercicios balísticos** y los ejercicios tradicionales de resistencias externas es cuanto a la fase de frenado. La fase de aceleración de la barra durante el press de banca lanzado o la sentadilla con salto se realiza durante todo el ROM. Newton, Rogers, Volek, Häkkinen, & Kraemer (2006) realizaron un experimento basado en la aplicación de un programa de 11 semanas de entrenamiento periodizado de la Fuerza en un equipo de Voleibol femenino. Durante las 7 primeras semanas utilizaron métodos tradicionales de entrenamiento (sentadilla, press de piernas y peso muerto) usando cargas altas, mientras que las últimas 4 semanas, llevaron a cabo un entrenamiento con ejercicios balísticos (sentadilla con salto en máquina Smith). Los resultados en los test específicos realizados mostraron una depresión en los factores neuromusculares durante la primeras 7 semanas de entrenamiento. Pero posteriormente, la reducción del volumen y la introducción en el entrenamiento ejercicios balísticos

usando cargas optimas para el desarrollo de la potencia mostró una interacción positiva en el rendimiento de las deportistas, sobre todo en las variables referentes a la velocidad y potencia. Los autores de este trabajo concluyeron que 4 semanas de entrenamiento balístico no es suficiente para incrementar sustancialmente los niveles de rendimiento, pero permiten un mantenimiento de las capacidades durante el periodo de la temporada.

Los ejercicios **pliométricos** se basan en un ciclo rápido de acortamiento-alargamiento (CEA). La principal diferencia con los ejercicios balísticos es en la naturaleza de la carga. Mientras los ejercicios balísticos se realizan con carga externas, el entorno de los ejercicios pliométricos se fundamenta en la realización de diferentes habilidades sin apenas resistencia externa (más allá de la que el propio cuerpo produce) o con balones medicinales (Cormie, McGuigan, & Newton, 2011b). Al igual que sucede con los ejercicios balísticos, el gran ajuste en cuanto a la naturaleza específica de estos tipos de movimientos hacen que se asemejen a las diferentes habilidades realizadas durante la competición. Roopchand-Martin & Lue-Chin (2010) indicaron que con 3 semanas de entrenamiento pliométrico (de media y baja intensidad) en jugadores profesionales de netball se produjo una mejora significativa en la capacidad de salto. En la mayoría de las investigaciones de intervención se aplican programas de duración de 6 - 21 semanas (Ahtiainen et al., 2003). Los datos de esta investigación presentan incrementos significativos en el rendimiento realizando un programa de corta duración (3 semanas). Los autores concluyeron que sería conveniente la inclusión de este tipo de programas dentro de la planificación de la temporada, sin embargo, sin poder determinar aun exactamente cada cuanto tiempo. Parece existir un consenso entre investigadores y entrenadores en donde aconsejan que el entrenamiento basado en la pliometría debería aplicarse en aquellos deportistas que tengan un amplia experiencia y bagaje de entrenamiento con este tipo de metodología (Baker et al., 2001).

La naturaleza específica de los ejercicios olímpicos

como la arrancada, el primer y segundo tirón hace que sean ejercicios ideales para mejorar aspectos relacionados con la potencia. La necesidad de una alta fuerza-velocidad por parte de los deportistas, la naturaleza balística de estos tipos de ejercicios y las grandes aceleraciones producidas durante todo el ROM provocan una mejora de la potencia durante un amplio espectro de cargas. El uso de este tipo de ejercicios es ideal para deportistas que requieran una mejora importante de la potencia y más específicamente, de la potencia en contra de una elevada carga externa (Cormie et al., 2011b). Kawamori et al. (2005) investigaron sobre cual era la carga óptima para la consecución de una mayor potencia media y pico en el ejercicio de la arrancada. Los resultados mostraron que al 70 % de la RM, tanto para la potencia media como pico, se produjeron mayores cantidades de potencia. Los autores concluyeron que con cargas submáximas se producen mayores ganancias de potencia en comparación con cargas cercanas a la 1RM. Además recomiendan que este tipo de ejercicios se realicen con la voluntad de producir la mayor fuerza y potencia posible durante todo el ROM.

Aunque se debe señalar que la complejidad en cuanto a la técnica de estos tipos de ejercicios provoca que no sea un tipo de tarea muy utilizada en deportes colectivos tales como el fútbol o el balonmano.

### **Especificidad de la carga**

Además de los aspecto mencionados anteriormente con relación al tipo de ejercicio seleccionado, la producción de potencia varía inherentemente en relación a la carga externa (ver Figuras 1 y 2). Por ejemplo, con cargas altas (80 % de la 1RM) se producen mayor producción de potencia media que con cargas ligeras (30 % de la 1RM) en el ejercicio del press de banca.

El uso de **cargas altas** para mejorar la Fuerza y la Potencia se basa en dos teorías. La primera de ellas, se fundamenta en la propia relación de los mecanismos musculares de contracción de la fuerza-velocidad (explicado en el apartado anterior). La segunda



teoría para el uso de cargas altas en la mejora de producción de potencia se basa en el principio de reclutamiento de las unidades motoras. De este modo, la mayor activación de las fibras tipo II se produciría como consecuencia de un elevado volumen de carga. En consecuencia, las fibras musculares tipo II son las predominantes en aquellas tareas que requieren un alto componente de potencia. Se ha estudiado que el aumento de la fuerza máxima mediante el uso de cargas altas juega un importante papel en el desarrollo posterior de la máxima producción de potencia, generalmente con aquellos deportistas que no están habituados al entrenamiento con resistencias elevadas (Cormie et al., 2007). Las adaptaciones que se producen a nivel muscular como el aumento de la sección transversal, especialmente las fibras tipo II y los ajustes neurales están detrás de la explicación de este aumento de la producción de potencia (Campos et al., 2002). Cabe resaltar que, en deportistas que ya disponen de un elevado nivel de Fuerza, estas adaptaciones a nivel de potencia son menores, incluso llegando a ser insignificantes (Häkkinen, 1989b; Wilson, Murphy, Walshe, & Ness, 1996).

El uso de **cargas ligeras** con ejercicios tradicionales de pesas no son recomendables puesto que el estímulo proporcionado no es suficiente para producir las adaptaciones necesarias en la curva de fuerza – velocidad (Fleck & Kraemer, 2004; Kraemer & Ratamess, 2004). En cambio con la utilización de ejercicios balísticos, la mejor relación para obtener la potencia se sitúa en torno al 30 % de la velocidad máxima de contracción (Kaneko, Fuchimoto, Toji, & Suei, 1983) o valores de RM situados entre el 0 y el 60 % . Generalmente, se recomienda el uso de movimientos balísticos o pliométricos con poca o ninguna carga adicional en aquellos deportistas que requieran generar altos niveles de potencia durante movimientos rápidos y sin necesidad de desplazar una elevada resistencia externa, como los deportes de colaboración/oposición.

A modo de resumen de este apartado, podemos señalar que el uso de un entrenamiento con resistencias externas altas ejecutados mediante la realización de

ejercicios tradicionales de pesas para ser adecuado, sobre todo si nuestro objetivo es producir ganancias de fuerza. El objetivo principal será mejorar los niveles de fuerza máxima de nuestros deportistas, mientras que por otro lado, estaremos produciendo adaptaciones musculares necesarias a futuras estructuras de entrenamiento como puedan ser los ejercicios balísticos o los pliométricos. Otro aspecto clave puede ser la combinación de diferentes intensidades para mantener o mejorar la fuerza y potencia. Como hemos mencionado en la introducción, las estructuras superiores de entrenamiento (la planificación, programación y periodización) determinarán los cambios potenciales en el rendimiento, maximizando de este modo, la mejora de las diferentes capacidades.

### **Especificidad de la velocidad**

El entrenamiento específico basado en la velocidad de ejecución de los ejercicios que envuelven los movimientos con resistencias externas fue un tema muy estudiado a lo largo de los años 90, sobre todo utilizando dispositivos isocinéticos. Si tu entrenamiento se basa en resistencias elevadas a bajas velocidades, se producirá un aumento de la fuerza en dichas velocidades específicas, pero la fuerza en velocidades altas no se verá incrementada. La intención de mover lo más rápido posible una resistencia externa es la que determinará las respuestas específicas en el desarrollo de la Fuerza y la Velocidad (Behm & Sale, 1993).

En los ejercicios dinámicos con cargas estables la velocidad de ejecución depende directamente de la carga externa (masa) x la aceleración. Reducciones importantes de fuerza se observan cuando la intención de mover una carga se realiza de forma lenta (Kraemer & Ratamess, 2004). Llegados a este punto, es importante aclarar que existen dos tipos de movimientos lentos. El primero de ellos, cuando la magnitud externa es muy alta, el movimiento es lento de forma **no intencional**, puesto que los individuos realizan las repeticiones usando la mayor fuerza posible, pero debido a la elevada carga, el movimiento será lento. El segundo de ellos corresponde cuando los

deportistas levantan una carga submáxima tratando de **controlar la velocidad de ejecución**. En este caso se ha demostrado como se limita la actividad de las unidades motoras cuando la intención de mover la carga se realiza de forma controlada, llegando a una reducción de la fuerza de la fase concéntrica de aproximadamente un 34% cuando se compara con la misma carga levantada a máxima velocidad (Keogh, Wilson, & Weatherby, 1999). Algunos de los beneficios de controlar la velocidad de ejecución en cargas submáximas se asocian principalmente a la estimulación de la hipertrofia muscular. Aunque si nuestro objetivo de entrenamiento es la búsqueda de la optimización de la potencia desarrollada, realizar movimientos rápidos con cargas submáximas o máximas contribuirá al desarrollo del “Rate Force Development (RDF)”, coordinación de las diferentes habilidades y movimientos, y al aumento de la fuerza a bajas y altas velocidades (Kraemer & Ratamess, 2004).

La velocidad de las repeticiones afectará a las adaptaciones específicas que nuestro organismo producirá, tanto a nivel neural (Eloranta & Komi, 1980), metabólico (Buitrago, Wirtz, Yue, Kleinöder, & Mester, 2012a) como a nivel hipertrófico (Housh, Housh, Johnson, & Chu, 1992). Una investigación reciente de Buitrago, Wirtz, Yue, Kleinöder, & Mester (2012b) observaron que para una carga dada, la velocidad de ejecución determinará el número total de repeticiones realizadas. Aunque los mencionados autores concluyen que es necesario más investigación sobre los mecanismos que envuelven el control de la velocidad con determinadas cargas.

Uno de los debates más interesantes con respecto a la velocidad de ejecución se centra en la intención de desplazar explosivamente una carga vs el control del desplazamiento de la barra. Fielding et al. (2002) compararon dos grupos de sujetos, los cuales desplazaban el mismo porcentaje de magnitud externa (un 70% RM), en cambio ambos grupos diferían en la velocidad de desplazamiento de la barra. A uno de los grupos se le pidió que enfatizaran en el movimiento de la barra para conseguir grandes aceleraciones, es

decir, movimientos explosivos. Mientras que el otro grupo, realizaron las repeticiones con una velocidad controlada. Tras 12 semanas de entrenamiento a razón de 3 entrenamientos por semana en los ejercicios del press de piernas y extensión de rodillas, los autores concluyeron que los incrementos en el valor de la 1RM fueron similares en ambos grupos, en cambio en el ejercicio del press de piernas, el grupo que entrenó enfatizando la explosividad en la velocidad de ejecución mejoró significativamente la potencia en un amplio abanico de cargas (desde el 40 hasta el 90% de la 1RM). Otra investigación llevada a cabo por Hatfield et al. (2006) demostró que los movimientos lentos no son apropiados para la mejora de los niveles de fuerza ni potencia.

Por lo tanto, otro de los aspectos fundamentales que se deben de tener en cuenta dentro de un programa periodizado de la fuerza y potencia es la velocidad de ejecución. Si nuestro primordial objetivo es la ganancia en cuanto a potencia, sería conveniente la realización de los ejercicios con resistencias externas enfatizando el aspecto explosivo de los ejercicios. En consecuencia, si nuestro objetivo es aumentar la hipertrofia muscular, los movimientos lentos y controlados son más eficaces para tal fin.

## **Evaluación de la Fuerza y Potencia en el entrenamiento con resistencias externas**

A medida que la tecnología industrial avanza, se pueden aplicar ciertos principios al entrenamiento deportivo para de este modo, poder evaluar variables como la Fuerza, la Potencia o la Velocidad. El desarrollo de dispositivos como los transductores lineales de posición o encoders, como se le conoce tradicionalmente en el ámbito del entrenamiento, permiten realizar el proceso de monitorización de las diferentes manifestaciones de la Fuerza, la Potencia y la Velocidad. Otros dispositivos como los acelerómetros son también utilizados para evaluar las manifestaciones de la fuerza. La gran ventaja que ofrecen estos dispositivos para el entrenamiento es el feedback

instantáneo que estos proporcionan al deportista y entrenador. Existe un estudio realizado por Randell, Cronin, Keogh, Gill, & Pedersen (2011) que muestran mejoras significativas en la velocidad de ejecución de la sentadilla si estas se realizan bajo condiciones de feedback de la velocidad instantáneas. En cambio, se deben de extremar las precauciones cuando los datos de diferentes dispositivos son comparados. Las diferencias técnicas de fabricación y programación de los dispositivos hacen que sea prácticamente imposible la comparación de los resultados entre dispositivos (Gomez-Piriz, Sanchez, Manrique, & Gonzalez, 2012). Además, un estudio reciente de Ritti – Díaz, Avelar, Salvador, & Cryino (2011) muestra como, con aquellos sujetos con mayor experiencia previa en la realización de ejercicios con resistencias externas, aumenta la fiabilidad en los test de 1RM.

A la hora de adquirir un dispositivo de desplazamiento lineal o cualquier otro dispositivo de evaluación se debería conocer profundamente las características técnicas que lo conforman. Por ejemplo, la frecuencia de muestreo, es decir, el número de datos que nos proporciona el dispositivo por segundo es una de las características más importantes. Harris, Cronin, Taylor, Boris, & Sheppard, (2010) recomiendan que siempre sean frecuencias de muestro mayores a 500 Hz. Actualmente, la mayoría de los dispositivos comercializados proporcionan 1000 Hz, es decir, un dato por cada milisegundo. Newton et al. (2009) realizaron la validación de los datos de velocidad y espacio de un dispositivo de desplazamiento lineal junto a una filmación con una cámara de alta velocidad en el ejercicio del salto con contramovimiento. Los altos coeficientes de correlación intraclass (ICC) mayores a 0.90 encontrados entre ambos dispositivos de medida proporcionan la validez y fiabilidad para medir estas variables. Jennings et al. (2005) analizaron la fiabilidad de otro dispositivo de desplazamiento lineal (FitroDyne) para evaluar la potencia muscular en los ejercicios de la sentadilla y el curl de bíceps. Los resultados mostraron ICC superiores a 0.97 en ambos ejercicios. Los autores de la presente investigación concluyeron que dicho dispositivo proporciona valores

fiabiles de la potencia muscular desarrollada, tanto en ejercicios mono articulares como poli articulares.

Otros dispositivos como los acelerómetros también han sido ampliamente estudiados. Sato, Smith, & Sands (2009) analizaron la validez de un acelerómetro comprando los resultados obtenidos por el acelerómetro y un video grabando a una frecuencia de muestreo de 100 Hz. Los altos valores de la correlación (rango  $r = 0.94 - 0.99$ ) proporcionaron la validez del dispositivo para medir la aceleración en diferentes gestos deportivos. A modo de conclusión de este apartado podemos señalar como puntos fundamentales:

- Se debe extremar las precauciones cuando se realicen comparaciones de datos entre dispositivos de diferentes casas comerciales.
- Las características técnicas, como la frecuencia de muestreo o la validez y fiabilidad de los dispositivos son algunas de las preguntas que nos debemos de hacer a la hora de adquirir cualquier dispositivo.

## Validez y Fiabilidad

La validez y la fiabilidad son dos términos diferentes muy utilizados en la literatura científica, pero en ocasiones se pueden llegar a confundir. Esta confusión no sólo se da entre las diferentes disciplinas (p.e. psicología, medicina, ciencias del deporte), si no dentro de cada una de ellas.

El término “validez” hace referencia a la habilidad de una herramienta de medición para medir lo que está diseñado para medir (por ejemplo, el peso mide kg, un metro mide distancia, etc) (Atkinson & Nevill, 1998). El término “fiabilidad” se refiere a la reproducibilidad de los valores de un test u otras medidas repetidas en diferentes series del mismo individuo (por ejemplo, si sabemos que un peso mide kg (validez) y nos pesamos 100 veces en un mismo lapso de tiempo siendo la desviación de nuestro peso de 0.05 kg, podremos decir que nuestra báscula es válida y fiable). Una mejor fiabilidad implica una mejor precisión en una única medida y un mejor control de los cambios

en cualquier investigación que involucre un periodo de tiempo determinado.

Siguiendo a Hopkins (2000) la variación intrasujeto es la medida más importante de fiabilidad que los científicos y entrenadores deben tener en cuenta, ya que ésta afectará directa o indirectamente a los resultados de los test de rendimiento. Las causas más frecuentes de estas variaciones son debido a factores biológicos. Un ejemplo claro lo observamos cuando un sujeto obtiene variaciones de la máxima carga levantada de un día para otro. Aunque también debemos tener en cuenta otros factores como el equipamiento utilizado para las evaluaciones, puesto que pueden afectar a la medida de la fiabilidad intrasujeto. Este factor se conoce como los errores sistemáticos. Atkinson & Nevill (1998) hacen referencia a que el error total conocido depende de la sumatoria de los errores sistemáticos y los errores de aleatorización. El primero de ellos es debido al sesgo que aplican los deportistas evaluados (p.e, si no se tiene en cuenta el efecto aprendizaje, o si no se tiene en cuenta un suficiente tiempo de recuperación). En cambio, los errores de aleatorización hacen referencia a la inherente variación biológica o una inconsistencia en el protocolo de evaluación (p.e, al no controlar una determinada posición durante la evaluación de la fuerza). Mientras que una parte del error sistemático puede controlarse (posiciones de los sujetos, estandarización de agarres), existe otro componente dentro de este tipo de error que es imposible controlar como es la variación de los diferentes dispositivos de evaluación. Una cuestión importante que se deben plantear los investigadores es en cuanto a la elección de los diferentes equipamientos de evaluación y al ruido que estos puedan estar introduciendo.

### **Evaluación de la Fiabilidad**

Existen diferentes pruebas estadísticas para calcular la fiabilidad. A continuación se resumen alguna de ellas: La desviación estándar de la fiabilidad intrasujeto es comúnmente conocida como el error estándar de

la medida. Para calcular este estadístico simplemente debemos de dividir las desviaciones estándar de las diferencias de las dos series entre la RAIZ de 2. Otros investigadores como Bland & Altman (1986) han propuesto usar los límites de acuerdo para medir la fiabilidad intrasujeto. Usando la desviación estándar de las diferencias, se calcula el 95 % de los intervalos de confianza, es decir, multiplicando por 1.96 la media de las diferencias. Hopkins (2000) argumenta en su artículo que es mejor usar el error estándar de la medida en vez de el límite de acuerdo ya que este método está sesgado por el número total de la muestra. Los motivos esgrimidos por Hopkins hacen referencia a que el sesgo que se produce al utilizar el límite de acuerdo es en torno al 5 % en el caso de que existan más de 25 grados de libertad (es decir, más de 25 sujetos). En cambio, el sesgo aumenta significativamente (hasta un 21. %) cuando son utilizados para testar la fiabilidad entre 25 y 8 sujetos.

El método del índice de correlación intraclassa (ICC) es uno de los más utilizados para evaluar la fiabilidad. En concreto el cálculo de este estadístico se basa en los valores F del ANOVA de medidas repetidas. Existen diferentes formas para el cálculo del ICC, todas ellas relatadas en una tabla en el artículo de Weir (2005). La principal ventaja del uso de este estadístico en comparación con la correlación de Pearson es que para el cálculo del ICC se tiene en cuenta el error en la medida y no todo el dato, como ocurre en la correlación de Pearson.

Para profundizar más en la comprensión de los términos de validez y fiabilidad y en el cómo se pueden llevar a cabo, recomendamos las siguientes lecturas:

### **Resumen**

En la siguiente representación se muestra un resumen general de todos los contenidos mostrados en este apartado. Para el desarrollo de un correcto y adecuado programa de entrenamiento de la Fuerza y Potencia, se deben tener en cuenta todos y cada uno de los aspectos

**Tabla 2:** Autores y títulos de trabajos relacionados con los conceptos de validez y fiabilidad en ciencias del deporte.

Autores	Titulo
Hopkins 2000	Measures of Reliability in Sports Medicine and Science
Atkinson and Neville 1998	Statistical methods for addressing measurement error (reliability) in variables relevant to sports medicine
Weir 2005	Quantifying test-retest reliability using the intraclass correlation coefficient and the SEM
Bland and Altman	Agreed statistics: measurement method comparison.

tos mencionados, además de la naturaleza específica de las diferentes capacidades que demanda cada disciplina deportiva, la experiencia previa de los deportistas con los que vamos a entrenar y el tipo de planificación, programación y periodización del entrenamiento que utilicemos. Y sobre todo y un aspecto fundamental, el tipo de evaluación que realizaremos para medir los cambios producidos en el rendimiento, con especial atención a los dispositivos que usemos para evaluar dicho cambios en el rendimiento. La correcta conjugación de estos elementos, nos proporcionará un conocimiento, tanto a nivel científico como a nivel de entrenamiento, suficiente como para poder actuar en consecuencia a lo largo del proceso de entrenamiento. El conocimiento de la fiabilidad y la validez de nuestros dispositivos de evaluación nos ayudará en el proceso de elaboración de nuestras sesiones de entrenamiento.

Por lo tanto, cuando nos enfrentemos a la labor de planificar un determinado programa para la mejora de la Fuerza y la Potencia son diversas las cuestiones que nos debemos de realizar para poder optimizar al máximo dicho programa:

- ¿Qué manifestaciones de la Fuerza y la Potencia son las más relevantes para mi deporte?
- ¿Qué importancia relativa tiene el entrenamiento de la Fuerza en mi deporte?
- ¿Tienen experiencia nuestros deportistas en el entrenamiento de la Fuerza?
- ¿Necesitan mis deportistas aprender a realizar correctamente las diferentes técnicas de levantamiento?
- ¿Cuántas competiciones tengo a lo largo de la semana?

- ¿Cuántos días dispongo para entrenar la Fuerza?
- ¿Qué tipo de acciones musculares uso?
- ¿Qué resistencias, volumen e intensidad?
- ¿Cuál será la secuencia óptima de los diferentes ejercicios?
- ¿Qué intervalos de descanso son los adecuados?
- ¿De qué materiales y medios dispongo?
- ¿Cómo puedo evaluar los cambios en el rendimiento?

# FACTORES QUE AFECTAN EN EL ENTRENAMIENTO DE LA FUERZA Y POTENCIA

Planificación, Programación y Periodización

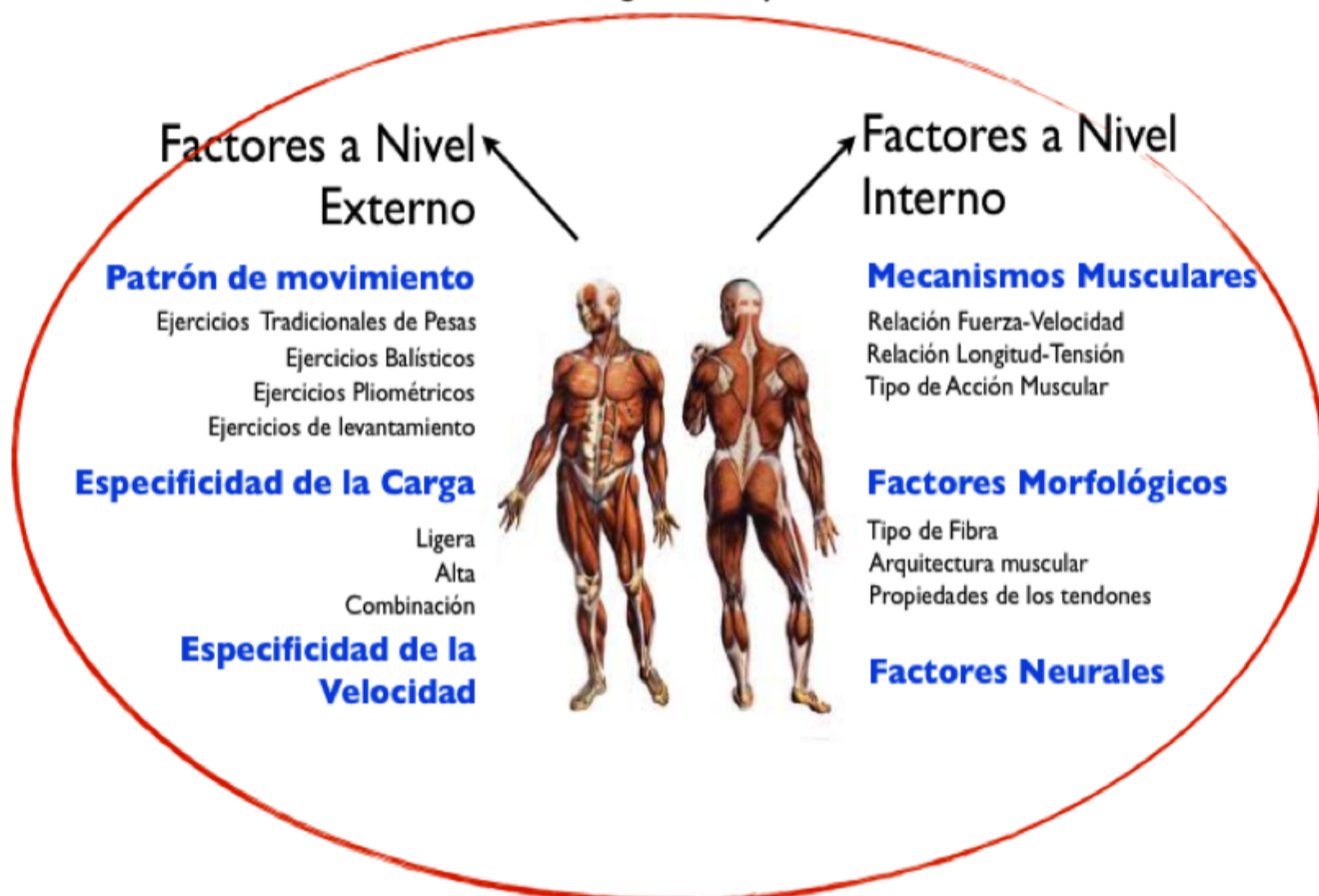


Figura 5: Esquema-Resumen del capítulo

## Referencias

1. Ahtiainen, J. P., Pakarinen, A., Alen, M., Kraemer, W. J., & Häkkinen, K. (2003). Muscle hypertrophy, hormonal adaptations and strength development during strength training in strength-trained and untrained men. *European Journal of Applied Physiology*, *89*(6), 555–563.
2. Atkinson, G., & Nevill, A. M. (1998). Statistical methods for assessing measurement error (reliability) in variables relevant to sports medicine. *Sports Medicine*, *26*(4), 217–238.
3. González-Badillo, J. J., & Serna, J. R. (2002). Bases de la Programación Del Entrenamiento de Fuerza. INDE.
4. Baker, D. G., & Newton, R. U. (2006). Adaptations in upper-body maximal strength and power output resulting from long-term resistance training in experienced strength-power athletes. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *20*(3), 541–546.
5. Baker, D., Nance, S., & Moore, M. (2001). The load that maximizes the average mechanical power output during explosive bench press throws in highly trained athletes. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *15*(1), 4–20.
6. Baker, D., Wilson, G., Carlyon, R., & others. (1994). Periodization: the effect on strength of manipulating volume and intensity. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *8*(4), 235–242.
7. Behm, D. G., & Sale, D. G. (1993). Velocity specificity of resistance training. *Sports Medicine*, *15*(6), 374–388.
8. Bland, J. M., & Altman, D. G. (1986). Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet*, *1*(8476), 307–310.
9. Buitrago, S., Wirtz, N., Yue, Z., Kleinöder, H., & Mester, J. (2012a). Mechanical load and physiological responses of four different resistance training methods in bench press exercise. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, [Epub ahead of print].
10. Buitrago, S., Wirtz, N., Yue, Z., Kleinöder, H., & Mester, J. (2012b). Effects of load and training modes on physiological and metabolic responses in resistance exercise. *European Journal of Applied Physiology*, *112*(7), 2739–2748.
11. Campos, G. E., Luecke, T. J., Wendeln, H. K., Toma, K., Hagerman, F. C., Murray, T. F., Ragg, K. E., et al. (2002). Muscular adaptations in response to three different resistance-training regimens: specificity of repetition maximum training zones. *European Journal of Applied Physiology*, *88*(12), 50–60.
12. Close, R. I. (1972). The relations between sarcomere length and characteristics of isometric twitch contractions of frog sartorius muscle. *The Journal of Physiology*, *220*(3), 745–762.
13. Cormie, P., McGuigan, M. R., & Newton, R. U. (2011). Developing maximal neuromuscular power: part 1 biological basis of maximal power production. *Sports Medicine*, *41*(1), 17–38.
14. Cormie, Prue, McCaulley, G. O., & McBride, J. M. (2007). Power versus strength-power jump squat training: influence on the load-power relationship. *Medicine & science in sports & exercise*, *39*(6), 996–1003.
15. Cormie, Prue, McGuigan, M. R., & Newton, R. U. (2010). Changes in the eccentric phase contribute to improved stretch-shorten cycle performance after training. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, *42*(9), 1731–1744.
16. Cormie, Prue, McGuigan, M. R., & Newton, R. U. (2011). Developing Maximal Neuromuscular Power: Part 2 - Training Considerations for Improving Maximal Power Production. *Sports Medicine*, *41*(2), 125–146.
17. Elliott, B. C., Wilson, G. J., & Kerr, G. K. (1989). A biomechanical analysis of the sticking region in

- the bench press. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 21(4), 450–462.
18. Eloranta, V., & Komi, P. V. (1980). Function of the quadriceps femoris muscle under maximal concentric and eccentric contractions. *Electromyography & Clinical Neurophysiology*, 20(2), 159–154.
  19. Enoka, R. M. (1995). Morphological features and activation patterns of motor units. *Journal of Clinical Neurophysiology*, 12(6), 538–559.
  20. Faulkner, J. A., Claffin, D. R., McCully, K. K., & Jones, D. A. (1982). Contractile properties of bundles of fiber segments from skeletal muscles. *The American Journal of Physiology*, 243(1), 66–73.
  21. Fielding, R. A., LeBrasseur, N. K., Cuoco, A., Bean, J., Mizer, K., & Fiatarone Singh, M. A. (2002). High-velocity resistance training increases skeletal muscle peak power in older women. *Journal of the American Geriatrics Society*, 50(4), 655–662.
  22. Fleck, S.J. (1999). Periodized strength training: a critical review. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 13(1), 82–89.
  23. Fleck, Steven J., & Kraemer, W. J. (2004). Designing Resistance Training Programs. *Human Kinetics*.
  24. Gabriel, D. A., Kamen, G., & Frost, G. (2006). Neural adaptations to resistive exercise: mechanisms and recommendations for training practices. *Sports Medicine*, 36(2), 133–149.
  25. Gomez-Piriz, P. T., Sanchez, E. T., Manrique, D. C., & Gonzalez, E. P. (2012). Reliability and Comparability of the Accelerometer and the Linear Position Measuring Device in Resistance Training. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, [Epub ahead of print].
  26. Haff, G. G., Whitley, & Potteiger. (2001). A Brief Review: Explosive Exercises and Sports Performance. *National Strength & Conditioning Association*, 23(3), 13–20.
  27. Hatfield., D. L., Kraemer, W. J., Spiering, B. A., Häkkinen, K., Volek, J. S., Shimano, T., Speuwenberg, L. P. B., Silvestre, R., Vingren, J. L., Fraga-la, M. S., Gómez, Fleck, S. J., Newton, R. U., & Maresh, C. M (2006). The Impact of Velocity of Movement on Performance Factors in Resistance Exercise. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 20(4), 760-766.
  28. Häkkinen, K. (1989a). Neuromuscular and hormonal adaptations during strength and power training. A review. *The Journal of Sports Medicine & Physical Fitness*, 29(1), 9–26.
  29. Häkkinen, K. (1989b). Neuromuscular and hormonal adaptations during strength and power training. A review. *The Journal of Sports Medicine & Physical Fitness*, 29(1), 9–26.
  30. Häkkinen, K., Alen, M., Kraemer, W. J., Gorostiaga, E., Izquierdo, M., Rusko, H., & Mikkola, J., (2003). Neuromuscular adaptations during concurrent strength and endurance training versus strength training. *European Journal of Applied Physiology*, 89(1), 42–52.
  31. Harris, N. K., Cronin, J., Taylor, K.-L., Boris, J., v Sheppard, J. (2010). Understanding Position Transducer Technology for Strength and Conditioning Practitioners. *Strength & Conditioning Journal*, 32(4), 66–79.
  32. Hopkins, W. G. (2000). Measures of reliability in sports medicine and science. *Sports Medicine*, 30(1), 1–15.
  33. Hori, N., Newton, R. U., Kawamori, N., McGuigan, M. R., Kraemer, W. J., & Nosaka, K. (2009). Reliability of performance measurements derived from ground reaction force data during counter-movement jump and the influence of sampling frequency. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 23(3), 874–882.
  34. Housh, D. J., Housh, T. J., Johnson, G. O., & Chu, W. K. (1992). Hypertrophic response to unilateral concentric isokinetic resistance training. *Journal of Applied Physiology*, 73(1), 65–70.



35. Izquierdo, M., González-Badillo, J. J., Häkkinen, K., Ibáñez, J., Kraemer, W. J., Altadill, A., Eslava, J., et al. (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.
36. Jennings, C. L., Viljoen, W., Durandt, J., Lambert, M. I., & et al. (2005). The reliability of the FitroDyne as a measure of muscle power. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 19(4), 859.
37. Cronin, J & Sleivert, G. (2005). Challenges in Understanding the Influence of Maximal Power Training on Improving Athletic Performance. *Sports Medicine*, 35(3), 213–234.
38. Kawamori, N., & Haff, G. G. (2004). The optimal training load for the development of muscular power. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 18(3), 675.
39. Kawamori, N., Crum, A. J., Blumert., P. A., Kulik, J. R., Childers., J. T., Wood., J. A., Stone., M. H., & Haff. G. G (2005). Influence of Different Relative Intensities on Power Output During the Hang Power Clean: Identification of the Optimal Load. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 19(3), 698 - 708.
40. Keogh, J. W. L., Wilson, G. J., & Weatherby, R. P. (1999). A cross-sectional comparison of different resistance training techniques in the bench press. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 13, 247–258.
41. Kraemer, W. J., & Fleck, S. J. (2010). Cómo optimizar el entrenamiento de fuerza: Diseño de ejercicios de periodización ondulante. Arkano Books
42. Kraemer, W. J., & Ratamess, N. A. (2004). Fundamentals of Resistance Training: Progression and Exercise Prescription. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 36(4), 674–688.
43. Maxwell, L. C., Faulkner, J. A., & Murphy, R. A. (1982). Relationship among fibre type, myosin ATPase activity and contractile properties. *The Histochemical Journal*, 14(6), 981–997.
44. Newton, R. U., Rogers, R. A., Volek, J. S., Häkkinen, K., & Kraemer, W. J. (2006). Four weeks of optimal load ballistic resistance training at the end of season attenuates declining jump performance of women volleyball players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 20(4), 955–961.
45. Nimphius, S., McGuigan, M. R., & Newton, R. U. (2012). Changes in muscle architecture and performance during a competitive season in female softball players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, [Epub ahead of print].
46. Randell, A. D., Cronin, J. B., Keogh, J. W., Gill, N. D., & Pedersen, M. C. (2011). Reliability of performance velocity for jump squats under feedback and nonfeedback conditions. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 25(12), 3514–3518.
47. Rassier, D. E., Lee, E.-J., & Herzog, W. (2005). Modulation of passive force in single skeletal muscle fibres. *Biology letters*, 1(3), 342–345.
48. Rhea, M. R, Ball, S. D., Phillips, W. T., & Burkett, L. N. (2002). A comparison of linear and daily undulating periodized programs with equated volume and intensity for strength. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 16(2), 250–255.
49. Rhea, Matthew R, Phillips, W. T., Burkett, L. N., Stone, W. J., Ball, S. D., Alvar, B. A., & Thomas, A. B. (2003). A comparison of linear and daily undulating periodized programs with equated volume and intensity for local muscular endurance. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 17(1), 82–87.
50. Ritii-Dias, R.M., Avelar, A., Salvador, E. P., & Cyrino, E. S. (2011). Influence of Previous Experience on Resistance Training on Reliability of

- One-Repetition Maximum Test. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 25(5), 1480.
51. Roopchand-Martin, S., & Lue-Chin, P. (2010). Plyometric training improves power and agility in Jamaica's national netball team. *West Indian Medicine Journal*, 59(2).
  52. Sanchez-Medina, L., Perez, C. E., & Gonzalez-Badillo, J. J. (2010). Importance of the Propulsive Phase in Strength Assessment. *International Journal of Sports Medicine*, 31(2), 123–129.
  53. Sato, K., Smith, S. L., & Sands, W. A. (2009). Validation of an accelerometer for measuring sport performance. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 23(1), 341–347.
  54. Schiotz, M. K., Potteiger, J. A., Huntsinger, P. G., & Denmark, D. C. (1998). The short-term effects of periodized and constant-intensity training on body composition, strength, and performance. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 12, 173–178.
  55. Plisk v Stone, & M. H. (2003). Periodization strategies. *Strength & Conditioning Journal*. 25(6), 19–37.
  56. Tan, B. (1999). Manipulating resistance training program variables to optimize maximum strength in men: a review. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 13, 289–304.
  57. Toji, H, Suei, K., & Kaneko, M. (1997). Effects of combined training loads on relations among force, velocity, and power development. *Canadian Journal of Applied Physiology*, 22(4), 328–336.
  58. Toji, Hideki, & Kaneko, M. (2004). Effect of multiple-load training on the force-velocity relationship. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 18(4), 792–795.
  59. Weir, J. P. (2005). Quantifying Test-Retest Reliability Using the Intraclass Correlation Coefficient. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 19(1), 231–240.
  60. West, D. W. D., & Phillips, S. M. (2012). Associations of exercise-induced hormone profiles and gains in strength and hypertrophy in a large cohort after weight training. *European Journal of Applied Physiology*, 112(7), 2693–2702.
  61. Wilson, G. J., Murphy, A. J., Walshe, A. D., & Ness, K. (1996). Stretch shorten cycle performance: detrimental effects of not equating the natural and movement frequencies. *Research Quarterly for Exercise & Sport*, 67(4), 373–379.
  62. Atkinson, G., & Nevill, A. M. (1998). Statistical methods for assessing measurement error (reliability) in variables relevant to sports medicine. *Sports Medicine*, 26(4), 217–238.
  63. Bland, J. M., & Altman, D. G. (1986). Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet*, 1(8476), 307–310.
  64. Harris, N. K., Cronin, J., Taylor, K.-L., Boris, J., & Sheppard, J. (2010a). Understanding Position Transducer Technology for Strength and Conditioning Practitioners. *Strength & Conditioning Journal*, 32(4), 66–79.
  65. Hopkins, W. G. (2000). Measures of reliability in sports medicine and science. *Sports Medicine*, 30(1), 1–15.
  66. Jennings, C. L., Viljoen, W., Durandt, J., Lambert, M. I., & others. (2005). The reliability of the FitroDyne as a measure of muscle power. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 19(4), 859.
  67. Weir, J. P. (2005). Quantifying Test-Retest Reliability Using THE Intraclass Correlation Coefficient. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 19(1), 231–240.



## **CAPÍTULO DE REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

Introducción específica sobre aspectos relevantes de la percepción subjetiva del esfuerzo en Fuerza y las escalas subjetivas del esfuerzo.



# Percepción Subjetiva del Esfuerzo y la Fuerza

## TRABAJO DE REVISIÓN

### Resumen

Las escalas subjetivas del esfuerzo son unas herramientas muy útiles para valorar la carga interna que desarrolla un deportista durante el entrenamiento. Este tipo de escalas han sido desarrolladas tanto para ejercicio aeróbicos como para ejercicios basados en resistencias externas. Se ha demostrado su gran aplicabilidad, tanto para una población de niños como de adultos o adultos entrenados. Aunque cabe resaltar que en función a la población que va dirigida, algunos cambios, tanto en la escala como en las instrucciones de las escalas son necesarios.

**Palabras clave:** Velocidad de ejecución, percepción subjetiva, protocolo incremental, entrenamiento de fuerza, tren superior.

---

### Introducción General

El estudio de la percepción subjetiva del esfuerzo (RPE) en el área de las ciencias del deporte, y en particular en el rendimiento deportivo es un tema muy investigado en los últimos 40 años. A grosso modo, mecanismos complejos derivados de los procesos metabólicos, cognitivos y perceptuales son los responsables de emitir una sensación subjetiva ante un estímulo en concreto (Borg, 1990, 1998). Siguiendo a Eston (2012), el procedimiento de emitir una respuesta subjetiva está influenciado por factores psicológicos (tales como la cognición, la memoria y las experiencias previas) y por factores situacionales (es decir, la duración, las características temporales de la prueba y el conocimiento del final del ejercicio o prueba). Aunque también cabe resaltar que factores como los cambios de temperatura (Pandolf, 1983) y la presión parcial de oxígeno

pueden afectar a la RPE. En este sentido, existen algunas críticas al modelo propuesto por Borg. Alguno de los argumentos propuestos en contra del modelo es que modificando algunas variables externas, se producen cambios en las variables fisiológicas sin relatarse en la percepción subjetiva del esfuerzo. En cambio, otros autores como Lambert & Borresen (2010) argumentan que como la RPE de la sesión es un método subjetivo de evaluación, las comparaciones intrasujeto quizás sean inadecuadas. En respuesta a estas críticas en cuanto a la dificultad comparativa de los resultados de una determinada percepción subjetiva con otras, Impellizzeri, Borg, & Coutts (2011) argumentan que este modelo mide un rango de intensidad, desde un mínimo a un máximo, que es el mismo en cada sujeto. Estos autores replican que si existe algún fallo en cuanto a las comparaciones intrasujeto probablemente se deban a factores como no realizar un procedimiento psicofísico adecuado, a la modificación de la escala original de Borg (propias traducciones o adaptaciones de la escala) o a las correlaciones de la RPE con indicadores de intensidad, sin atender al mínimo ni al máximo individual.

### Escala Subjetiva del Esfuerzo (RPE) Borg

El método más común para medir la RPE en adultos es la escala de Borg (6 – 20), seguidas de la escala CR-10 de Borg (Roger Eston, 2012). La información obtenida y las perturbaciones corporales provienen de la percepción sensorial. En términos científicos, aquella rama de la ciencia que trata estos aspectos es la psicofísica (Borg, 1990). La escala de Borg fue diseñada para ser un indicador de la intensidad del ejercicio (actividades de carácter aeróbico) además de la gran aplicabilidad a tareas de rehabilitación y prescripción del

ejercicio, por ejemplo en aquellos pacientes con alteraciones respiratorias (Robertson & Noble, 1997).

### **Validación**

El uso de la escala de Borg ha sido validado para la mayoría de tareas (p.e. caminar, bicicleta) usando de forma general diferentes variables criterio. Estas variables han sido desde la frecuencia cardiaca,  $VO_2\max$  y el lactato sanguíneo (Chen, Fan, & Moe, 2002).

### **Frecuencia Cardiaca**

Inicialmente, la escala de Borg fue validada mediante la variable criterio de la frecuencia cardiaca. Borg & Linderholm (1970) evaluaron a tres tipos de pacientes con diferentes. El primer grupo eran sujetos sanos, el segundo grupo eran pacientes con hipertensión arterial, mientras que el último grupo los sujetos padecían alteraciones coronarias. Las diferencias encontradas en la frecuencia cardiaca y la RPE entre los diferentes grupos de pacientes, especialmente con aquellos que padecían alguna enfermedad llevaron a concluir a los autores que la RPE puede servir para realizar un diagnóstico diferencial entre diferentes pacientes. El rango de correlación de la frecuencia cardiaca y la RPE es diverso en función del tipo de las características de los participantes y el tipo de tarea que se realice (Chen et al., 2002). Aunque cabe resaltar que existen investigaciones en donde no se ha encontrado ningún tipo de asociación entre la frecuencia cardiaca y la RPE (Robertson, Goss, & Metz, 1998a).

### **$VO_2\max$**

Cuando se han realizado comparaciones del  $VO_2\max$  y la RPE se ha observado que el sexo, el tipo de ejercicio y la escala utilizada muestran diferencias significativas en los resultados obtenidos. En el meta-análisis de Chen et al. (2002) se observaron coeficientes de correlación de 0.63 entre la RPE y el  $VO_2\max$ .

### **Lactato**

Generalmente, la concentración de lactato en sangre es un síntoma de la predominancia del metabolismo anaeróbico además de servir como un

marcador de la intensidad del ejercicio (Robertson & Noble, 1997). Cabe resaltar que no existe un consenso entre la comunidad científica cuando se habla de concentración de lactato y la RPE (Chen et al., 2002). Probablemente, este hecho se deba a la dificultad de los sujetos para diferenciar entre los esfuerzos que generan alteraciones a nivel periférico o a nivel central, aunque las investigaciones y los estudios correlacionales realizados han demostrado el cómo la concentración de lactato en sangre es un potente mediador de la RPE, sobre todo a nivel periférico y cuando la intensidad del ejercicio supera el umbral aeróbico (Robertson, Goss, & Metz, 1998b; Robertson & Noble, 1997). Un estudio reciente han demostrado que es posible determinar los umbrales de lactato con una gran precisión usando la RPE en un test incremental en cicloergometro (Fabre et al., 2012).

El meta-análisis realizado por Chen et al. (2002) analizó más de 64 estudios relativos a los diferentes coeficientes de validación obtenidos en función de las variables criterio utilizadas para evaluar la RPE. Además analizaron los datos relativos a los coeficientes de validación en función del tamaño de la muestra. Los resultados de dicho meta-análisis indicaron que dichos coeficientes de validación utilizados entre la RPE y los marcadores fisiológicos utilizados como variables criterio están lejos de los reportados en la mayoría de estudios (aproximadamente  $\geq 0.80$ ). Por ejemplo, utilizando como variable criterio la frecuencia cardiaca, los resultados de la correlación fueron de  $r = 0.62$ . La utilización del lactato como variable criterio proporcionó valores de correlación de  $r = 0.57$ . Cuando se utilizó el  $VO_2\max$  como variable criterio, el coeficiente de correlación fue  $r = 0.63$ . Cuando analizaron los datos relativos a las variables criterio en función del tamaño de la muestra, detectaron que existe una correlación negativa entre ambas variables, por lo tanto, a menor tamaño de la muestra, mayores coeficientes de correlación entre las variables fisiológicas y la RPE. Los autores concluyeron que el ratio de respiración quizás sea el mejor indicador fisiológico de esfuerzo cuando se utiliza junto a la RPE.

## Aplicaciones Prácticas

Las evidencias científicas avalan el uso de la percepción subjetiva del esfuerzo para evaluar la potencia aeróbica y la prescripción la intensidad de los ejercicios en diferentes deportes. Además, su gran utilidad clínica para realizar diferentes diagnósticos hacen que la RPE de Borg sea una herramienta de gran utilidad a la par que simple y económica.

## Otras escalas

La cuantificación y control de variables tales como la intensidad, volumen y frecuencia, y su relación con marcadores del entrenamiento es esencial para poseer una prescripción exacta del ejercicio. El control de la intensidad es un factor clave para determinar la carga del entrenamiento (Naclerio et al., 2011). Para ello Borg desarrolló la escala de RPE. Este modo de evaluación de la intensidad del entrenamiento presenta un inconveniente, que es la falta de consenso a la hora de su aplicación en las diferentes tareas, tanto en el ámbito deportivo como en el fisiológico y el médico (Borg & Linderholm, 1970).

Han habido avances importantes en el estudio de la RPE en las últimas décadas (Faulkner, Parfitt, & Eston, 2008). El sistema RPE fue construido para proporcionar datos que aumentarían linealmente con la intensidad, la frecuencia cardíaca y el consumo de oxígeno para trabajos aeróbicos de carácter estable (Borg, 1990). A partir de esta herramienta proliferaron, con el tiempo, otros modos de registro en función de los objetivos a conseguir (véase Tabla 2). Originalmente surgieron para verificar la intensidad del entrenamiento aeróbico, aunque recientemente se han utilizado para controlar la intensidad de ejercicios más intensos tales como saltos y entrenamiento con resistencias externas (Naclerio et al., 2011).

De este modo, en el ámbito de la fuerza para poder registrar ejercicios sobrecargados, es frecuente la aplicación de la escala Omni Perceived Exertion (OMNI-.RES). Se trata de una herramienta adecuada para indicar la carga inicial y la potencia fluctuante

durante series hasta la fatiga total, con ejercicios sobrecargados. Su utilización más frecuente, ha sido en ejercicios sistematizados de las extremidades, como por ejemplo el press de banca. La OMNI-RES se ha observado que posee una relación lineal fuerte y positiva con el modelo de Borg 6- 20 (Lagally & Robertson, 2006).

En cambio, para controlar diferentes actividades físicas realizadas por la población infantil, existe un mayor número de sistemas, sin llegar a un consenso de cuál es el más idóneo. Entre ellas encontramos la gráfica Caler, que se trata de pictogramas mostrando a un señor arrastrando un carro lleno de ladrillos con mayor número de ellos a medida que aumentamos la intensidad del ejercicio (Faulkner & Eston, 2008). Un modo también útil con niños, es la gráfica Babe, que posee animaciones Disney en su interior para representar los diferentes estados de la fatiga. Además este par de modelos han demostrado ser intercambiables entre sí.

Del mismo modo, la escala PCert posee una serie de pictogramas de un señor subiendo escalones que corresponden a 5 estadios diferentes de esfuerzo. En último lugar se conoce también el uso de otro modelo con niños, denominada la representación curvilínea de Eston y Parfit que representa a un señor intentando subir un plano curvilíneo, esta herramienta tiene una gran correlación con la escala PCert. Por tanto, es una evidencia que los sistemas de RPE aplicados en niños, serán dependientes de la edad, habilidad lectora, experiencia y el entendimiento conceptual (Faulkner & Eston, 2008). Así Eston et al., (1994) informó que sería más apropiado para niños la utilización de pictogramas o escalas del 1 al 10 de valores posibles.

Anteriormente informamos que para actividades de carácter anaeróbico como podrían ser deportes colectivos, deportes individuales, acciones explosivas aisladas, la herramienta más divulgada sea el sistema Borg 6 – 20, aplicado desde su creación en multitud de actividades. Con el tiempo para garantizar una mayor comprensión del proceso, surgieron escalas derivadas del mismo,



como la Borg CR10, empleada en la mayoría de actividades anaeróbicas. Debido a que aparecieron a partir del modelo Borg 6 – 20, posee una alta correlación con ella. Del mismo modo, nace también la CR100, herramienta más completa, aportando un mayor afinamiento graduado de los valores recogidos durante actividades anaeróbicas (Borg, 1990).

## **Escala Subjetiva del esfuerzo (RPE) y el entrenamiento de fuerza**

### **Factores Perceptivos Implicado**

La ejecución de un ejercicio de fuerza, aunque suele tratarse de una acción cerrada, supone tomar ciertas decisiones como el recorrido que va a efectuar un segmento corporal o la velocidad con que se va a llevar a cabo. Cuando esto ocurre, la atención prestada a los diferentes estímulos existentes, así como la representación mental previa del gesto motor, pone en funcionamiento diferentes áreas cerebrales que procesan la información obtenida para iniciarlo con éxito (Guillot, Hoyek, Louis & Collet, 2012; Kim y Lee, 2012; Madan & Singhal, 2012). La corteza cerebral está implicada en la generación de los movimientos voluntarios, aunque trabaja de forma coordinada con otras estructuras, como el cerebelo o los ganglios basales. Gracias a ellos, hay una mejor elección del movimiento a ejecutar y un mayor ajuste durante el tiempo que se mantiene. Además, la información kinestésica, sensorial o vestibular obtenida durante este periodo permite anticiparse y corregir posibles errores en sucesivas actuaciones (Machado et al., 2010; Obeso et al., 2008; Tirapu-Ustárroz, Luna-Lario, Iglesias-Fernández & Hernáez-Goñi, 2011).

Alcanzar un adecuado control de la velocidad de ejecución permite una mejor regulación de la intensidad con la que se realizan los esfuerzos musculares (Knutzen, 2007). Para medirla, se pueden emplear medios externos, aunque sería muy útil la aproximación de forma subjetiva. Conseguirlo no es tarea fácil, pues se trata de una tarea compleja en el que se debe estimar como factor clave, el tiempo empleado en efectuar un movimiento. Existen argumentos que intentan explicar es-

te fenómeno señalando zonas cerebrales concretas que asumen este control, mientras que otras teorías se basan en la interpretación de dinámicas neuronales acontecidas en diferentes zonas, en función de los estímulos implicados (Ivry y Schelerf, 2008; Koch, Oliveri & Caltagirone, 2009; Velasco, Spence & Navarra, 2011). La percepción del tiempo, tal y como ocurre en la interpretación cognitiva de otros fenómenos, se basa en un proceso de gran integración en el que se recoge información de estímulos externos, fisiológicos, motores o psicológicos (Díaz, 2011; Stein & Stanford, 2008).

### **Escala de Borg**

Tanto la escala CR-10 de Borg (Hackett, Johnson, Halaki, & Chow, 2012; Pincivero, Coelho, & Campy, 2003; Shimano et al., 2006) o la escala de Borg (6 – 20) (Eston & Evans, 2009; Lagally & Robertson, 2006; Row, Knutzen, & Skogsberg, 2012) han sido usadas para cuantificar la intensidad del entrenamiento basado en resistencias externas. Aun que en un estudio reciente de Buckley & Borg (2011) afirman que la escala de Borg (6 – 20) no fue diseñada para evaluar las sensaciones musculares específicas como se ha realizado en diferentes estudios de validación del entrenamiento de fuerza y la percepción subjetiva del esfuerzo (Eston & Evans, 2009; Lagally & Robertson, 2006; Row et al., 2012; Tiggemann et al., 2010). Según estos autores, esta escala fue propuesta para medir las sensaciones de cuerpo en tareas de carácter aeróbico. Ambas escalas (Borg 16 – 20 y Borg CR – 10) se muestran en la Figura 1 y 2.

En el estudio de Buckley & Borg (2011) analizaron, en primer lugar, las evidencias teóricas basadas en el contexto psicofisiológico del entrenamiento de fuerza. Otro de los objetivos propuestos de este trabajo fue evaluar como variaba la RPE (Borg CR – 10) en función del número de repeticiones. Finalmente, el último objetivo fue proporcionar un método alternativo para determinar un efectivo entrenamiento de pesas. Los resultados mostraron que de acuerdo con los principios psicofísicos, cuando la percepción del esfuerzo fue medida en función de la carga – intensidad, el

comportamiento de la misma fue curvilíneo.

Borg's CR-10 scale		
0	Nothing at all	
0.5	Extremely weak	(just noticeable)
1	Very weak	
2	Weak	(light)
3	Moderate	
4		
5	Strong	(heavy)
6		
7	Very strong	
8		
9		
10	Extremely strong	(almost max)

Figura 1: Escala Original de Borg (6-20)

Borg's RPE scale	
6	No exertion at all
7	Extremely light
8	Very light
9	Light
10	Somewhat hard
11	Hard
12	Very hard
13	Extremely hard
14	Maximal exertion

Figura 2: Escala de Borg CR-10.

Cuando la percepción del esfuerzo fue medida en función del número de repeticiones – duración, el comportamiento fue lineal positivo. Por último, los autores propusieron una tabla en donde se asociaban los diferentes valores de la escala de Borg CR – 10 con un porcentaje determinado de la RM. Estas asociaciones fueron las siguientes; para una puntuación de 1 en la escala correspondió a un porcentaje del 15%. El valor

2 correspondió a un porcentaje del 30%. El valor 3 a un rango de porcentaje situado entre el 40 – 45. El valor 5 a un rango de porcentaje situado entre el 60 – 65. El valor 7 a un rango del 75 – 80% y por último, la puntuación de 10, correspondió con el valor de la 1RM.

### Escala OMNI-RES

La escala OMNI-RES fue diseñada por Robertson en el año 2002 (ver Figura 3). La palabra “omni” es un contracción de la palabra “omnibus” que significa “general, para todo”. La adición de la para “res” proviene de “resistance exercise”, es decir, ejercicios con resistencias externas.

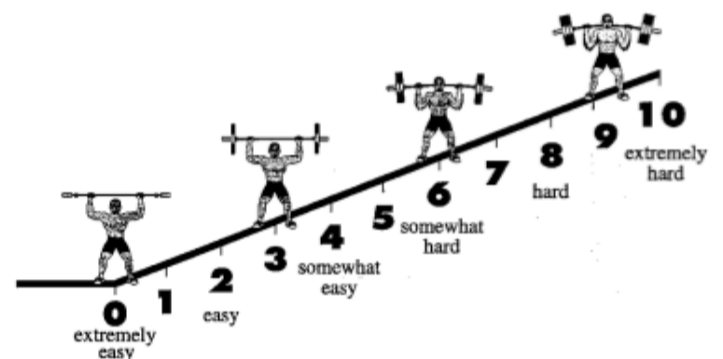


Figura 3: Escala OMNI-RES adultos.

Como se puede comprobar, el concepto y el uso de la escala son muy sencillos. La escala adopta 10 posiciones, siendo el valor 0 el mínimo y 10 el máximo. Seis ítems cualitativos califican las puntuaciones de la escala para su mayor comprensión. Estos ítems van desde “Extremadamente fácil” que adopta el valor de la escala = 0, hasta “extremadamente duro” que adopta el valor de 10. Además, para facilitar más aun la comprensión, diferentes pictogramas fueron incluidos. El motivo de estos pictogramas es un hombre levantado una barra, representado los diferentes tipos de esfuerzos realizados. Cabe resaltar, que en función de la población a la que se aplique la escala, estos pictogramas son diferentes Robertson et al. (2008). En la Figura 4 se observa la escala OMNI-RES adaptada a niños.

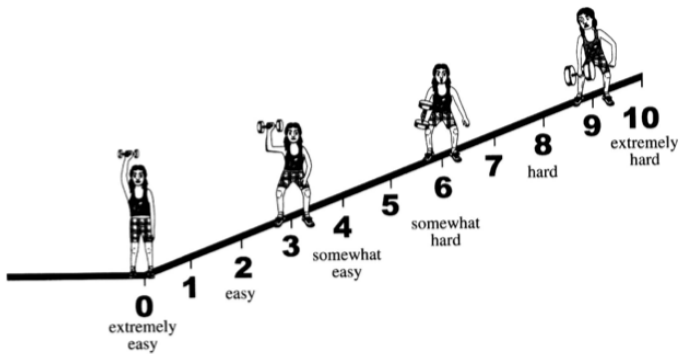


Figura 4: Escala OMNI-RES niños.

### Instrucciones verbales de la Escala OMNI-RES

Para facilitar la comprensión del funcionamiento de la escala OMNI-RES es necesario la lectura por parte del investigador de una serie de instrucciones que ayudaran al proceso de selección de los valores correctos. La lectura de las instrucciones debe realizarse justo antes de la realización de cada serie. Las instrucciones verbales administradas por parte de los investigadores consta de dos partes (Robertson et al., 2003; Robertson et al., 2005).

**Definición:** La percepción del esfuerzo físico se define como la intensidad, carga, disconfort o fatiga subjetiva sentida durante la realización del ejercicio.

**Instrucciones:** Nos gustaría que usara los pictogramas para describir como tu cuerpo se siente durante la realización del ejercicio. A continuación va a realizar una serie de ejercicios con resistencias externas para el tren inferior y superior. Por favor, mire a la persona situada en la parte inferior de la escala. Si se siente como esa persona durante la realización de las repeticiones su esfuerzo será de EXTREMADAMENTE FÁCIL. En este específico caso, su respuesta será 0. Ahora mire la persona situada en la parte superior de la escala. Si se siente como esa persona durante la realización de las repeticiones su esfuerzo será de EXTREMADAMENTE DURO. Por lo tanto, su respuesta será de 10. Si siente que su esfuerzo está entre medias de esos valores, seleccione el valor que desee. Recuerde que no existen valores erróneos. Todos los valores son posibles. Su respuesta puede cambiar conforme cambie la carga levantada.

Use ambos indicativos (Pictogramas y Letras) para decidir su respuesta final.

Las instrucciones verbales pueden cambiar en función del tipo de población que vaya a realizar la prueba y el tipo de evaluación realizada. Por ejemplo, en Robertson et al. (2000) la palabra en inglés “exertion” que significa “esfuerzo” fue cambiada por “tired”, es decir, “cansancio”. Diversas investigaciones han mostrado que esta palabra es más efectiva para ser usado en una población de niños (Gros Lambert & Mahon, 2006). El principal motivo esgrimido por los investigadores fue al nivel de desarrollo cognitivo. En función de la edad de los participantes sus habilidades son diferentes. Por ejemplo, en el periodo de edad comprendido entre los 8 – 12 años los niños son capaces de estimar y reproducir dos intensidades diferentes en una bicicleta (Gros Lambert & Mahon, 2006).

Para asegurar la consistencia en las puntuaciones de las escalas, es necesaria la educación de los participantes con los procedimientos de “scaling” y “afianzamiento”. Estos procedimientos para los ejercicios basados en resistencias externas fueron validados por (Gearhart et al., 2001). El procedimiento “scaling” se basa en la lectura de las instrucciones justo antes de la realización de cada serie. El procedimiento “afianzamiento” puede ejecutarse de dos maneras según (Robertson & Noble, 1997). La primera de ellas se corresponde con el “memoria-afianzamiento”, es decir, decir a los sujetos que recuerden las sensaciones percibidas durante la realización de 2 cargas asociadas a una resistencia muy baja y a una resistencia muy alta. Mientras que el segundo procedimiento (ejercicio-afianzamiento) se basa en la administración de 2 cargas, correspondientes a valores de la escala de 7 y 9 (en la escala de 15 categorías de Borg).

Aun que se ha demostrado en diversas investigaciones que la RPE es un método válido para monitorizar la intensidad en los ejercicios basados en resistencias externas, ninguna investigación ha analizado la fiabilidad de los procesos de instrucciones dados para el uso de estas escalas. Costigan & Lagally (2004) analizaron a

30 varones en un protocolo incremental de cargas en el ejercicio de extensión de piernas. Los participantes fueron divididos en tres grupos, en función del tipo de instrucciones dadas. Al grupo “afianzamiento-ejercicio” se les administraron 2 cargas, correspondientes a las puntuación de la RPE de 7 y de 19, previas a la realización del protocolo incremental de cargas, en ambas sesiones de evaluación. Al grupo “afianzamiento-memoria” se les administraron 2 cargas, correspondientes a las puntuaciones de la RPE de 7 y de 19, pero sólo durante la primera sesión de evaluación. Al último grupo, “memoria”, no se les administró ninguna carga. Sólo realizaron un test de 10 RM durante la primera sesión. Posteriormente, realizaron en dos sesiones diferentes, el mismo protocolo incremental de cargas, que realizaron los grupos anteriores. Antes de realizar los protocolos, los investigadores les solicitaron que recordaran alguna situación liviana y otra muy intensa. Los resultados de esta investigación no mostraron diferencias significativas entre las puntuaciones obtenidas por los tres grupos. Al contrario de lo que los autores pensaban, la inclusión del procedimiento “ejercicio-afianzamiento”, no mostró un cambio significativo en las puntuaciones en la escala dadas por los sujetos. Por lo tanto, los autores concluyeron que los tres tipos de procedimientos son válidos para usarse en el periodo de familiarización con la escala.

## Validación

Como todo instrumento de medida, cuanto más preciso (fiabilidad) y válido sea mejor. Esto ayudará a la correcta planificación de las diferentes intensidades a utilizar. Las escalas perceptivas del esfuerzo para el entrenamiento de la fuerza necesitan ser válidas y fiables para tal fin. En este sentido, para analizar la validez de la escala OMNI-RES diversas investigaciones se han llevado a cabo, ya sea para analizar la validez en la aplicación en niños (Robertson et al., 2003) o adultos (Robertson et al., 2005). Para analizar la validez de estas escalas suelen utilizarse como variables criterio el lactato y la carga total levantada (Robertson et al., 2003; Robertson et al., 2005), la escala de Borg (6 – 20) (Lagally & Robertson, 2006), la actividad

muscular medida con electromiografía (Colado et al., 2011; Lagally et al., 2002) o el porcentaje de la frecuencia cardiaca máxima y el % VO<sub>2</sub>max (Pfeiffer, Pivarnik, Womack, Reeves, & Malina, 2002).

## Control de la intensidad

Sin lugar a dudas, el control de la intensidad mediante el uso de la RPE en los ejercicios de resistencias externas es un amplio tema de estudio (Day, McGuigan, Brice, & Foster, 2003; Fontes et al., 2010; McGuigan et al., 2008; Nakamura et al., 2010; Sweet, Foster, McGuigan, & Brice, 2004). La intensidad y la calidad del ejercicio determinará las futuras adaptaciones musculares que se produzcan (Kraemer & Ratamess, 2004). Habitualmente, la medida de la fuerza dinámica relativa y máxima (1RM) se utiliza como factor para controlar la intensidad en los ejercicios (Fleck, 1999). En este sentido, existen diferentes dispositivos capaces de valorar la intensidad de forma muy precisa, pero el gran coste económico que estos suponen y las dificultades prácticas para ser usados en el entrenamiento de forma habitual (sobre todo en deportes colectivos) hace que sean dispositivos utilizados generalmente para la evaluación. Por lo tanto, el uso de las escalas perceptivas del esfuerzo hacen que se pueda aproximar, de forma muy precisa, a unos valores de intensidad muy concretos.

Gearhart, Lagally, Riechman, Andrews, & Robertson (2009) analizaron si mediante el uso de la escala OMNI-RES se podía obtener un correcto seguimiento de la intensidad de las sesiones de fuerza en un periodo de 12 semanas en personas mayores. Los resultados mostraron cómo en una determinada puntuación de la escala (p.e, al 4, 6 y 8) la carga total levantada aumentó de forma significativa en todos los ejercicios realizados. En esta misma línea, McGuigan et al. (2008) estudiaron el comportamiento de la OMNI-RES para monitorizar la intensidad de diferentes sesiones de fuerza en niños con sobrepeso. Las puntuaciones de la escala OMNI-RES fueron obtenidas después de cada serie y al finalizar la sesión durante 4 semanas.

**Tabla 1:** Resumen de los estudios de validación de las diferentes escalas de percepción del esfuerzo en fuerza.

Autores	Año	Ejercicios	Escala	Población	Variables criterio
Robertson et al.	2003	CB y ER	OMNI-RES	Adultos	Lactato y CTL
Robertson et al.	2005	CB y ER	OMNI-RES	Niños	Lactato y CTL
Legally and Robertson	2006	ER	OMNI-RES	Jóvenes hombres y mujeres	Borg CR10
Colado et al.	2011	Elevaciones Frontales y Laterales con banda elástica	OMNI-RES	Jóvenes hombres y mujeres	EMG y FC
Hackett et al.	2012	PB y SQ	OMNI-RES	Hombres Culturistas	CR10 modificada
Buckley and Borg	2011	TR y EP	Borg CR-10	Adultos	

Los resultados de ese estudio indicaron que los valores de RPE fueron mayores cuando las puntuaciones de la escala OMI-RES se tomaron al final de la sesión que cuando se compararon con la media de todos los ejercicios realizados. Los autores concluyeron que sería necesario la realización de más investigaciones analizando la RPE en poblaciones de niños. Además insistieron en la necesidad de realizar unas adecuadas sesiones de familiarización en niños con los valores de la escala OMNI-RES y su significado para asegurar la comprensión y eficacia de la misma. En personas habituadas al entrenamiento con resistencias externas Lins-Filho et al. (2012) testaron la efectividad de la escala OMNI-RES para discriminar la intensidad de dos sesiones de fuerza. Se realizaron dos sesiones con los mismos ejercicios (extensión de tríceps, press de banca, curl de brazos y remo), cambiando únicamente la intensidad realizada. Una sesión se realizó al 70 % de la RM mientras que la otra sesión se realizó al 50 % de la RM. Los resultados mostraron diferencias significativas en la RPE en todos los ejercicios testados en función de la intensidad aplicada. Además, en la sesión realizada al 50 % de la RM, no existió diferencias significativas en la percepción subjetiva entre las series. Todo lo contrario ocurrió cuando la intensidad fue del 70 % de la RM, ya que diferencias significativas en la RPE fueron encontradas entre las tres series realizadas. Dichos autores concluyeron que la RPE es capaz de reflejar la fatiga muscular durante la realización de ejercicios intensos.

Hollander et al. (2008) investigaron sobre si el tipo de contracción muscular realizada, ya sea concéntrica o excéntrica, tenía influencia sobre la RPE. La toma de datos se realizó en diferentes ejercicios (press de

piernas, press de banca, press militar, extensión de piernas y curl de piernas). Los resultados mostraron un comportamiento similar en las puntuaciones de la escala OMNI-RES, ya fuera una contracción concéntrica o excéntrica. Los autores concluyeron que más investigaciones son necesarias para determinar qué respuestas perceptuales y metabólicas son las desencadenantes en la percepción del esfuerzo en función del tipo de contracción realizada.

Dentro de las formas existentes de cuantificar la intensidad de los ejercicios de fuerza, un test muy común realizado por los deportistas es las repeticiones hasta la fatiga total con una carga predeterminada. En este sentido, una investigación reciente llevada a cabo por Hackett et al. (2012) demostraron la validez de una nueva escala para predecir el valor de las repeticiones hasta la fatiga total usando una carga submáxima. En dicha investigación 8 sujetos culturistas realizaron cinco series de 10 repeticiones con una carga relativa del 70 % de la RM para los ejercicios del press de banca y la sentadilla. Al finalizar cada serie a los sujetos se les preguntó sobre la RPE (usando la escala CR10 modificada) y sobre cuantas repeticiones podrían realizar más hasta llegar a la fatiga (nueva escala). Los resultados mostraron coeficientes de correlación de  $R = 0.91$  y  $R = 0.87$ , para el press de banca y la sentadilla, respectivamente. Los autores concluyeron que la nueva escala desarrollada es válida para predecir las repeticiones necesarias para alcanzar la fatiga total.

Lodo et al. (2012) analizaron la dinámica de la carga total levantada y su relación con la RPE. Para ello, testaron a 18 varones en tres entrenamientos con orientación diferente (en cuanto a intensidad del ejercicio) en

el ejercicio del press de banca. Los resultados mostraron una correlación lineal positiva entre el volumen de carga levantado y la media de la percepción subjetiva de la sesión. Por lo tanto, dichos autores concluyeron que existe un nexo de unión entre la carga total levantada (magnitud externa de intensidad) y la percepción del esfuerzo (magnitud interna de intensidad).

### Porcentaje de la RM

Se han realizado diferentes estudios donde se correlacionan los diferentes valores intermedios de la RPE con un rango específico de la 1RM (Naclerio et al., 2011; Row et al., 2012) con el objetivo de cuantificar la intensidad realizada en un determinado rango de percepción subjetiva del esfuerzo.

Naclerio et al. (2011) analizaron la aplicabilidad de la escala RPE (OMNI-RES) para controlar la intensidad del press de banca relacionando los valores de la RPE, la carga y la potencia mecánica. Para ello, 11 varones fueron evaluados en 8 ocasiones. Los resultados de este estudio mostraron una relación entre el porcentaje de carga/RPE. En cuanto a los resultados específicos de la potencia mecánica, los resultados mostraron una relación entre esta y la RPE. De este modo, los autores concluyeron que la OMNI-RES es una herramienta valiosa para controlar la intensidad en el ejercicio del press de banca en función de un determinado porcentaje de carga. Además, debido a la gran asociación de la RPE con la potencia mecánica, esta escala puede usarse para utilizar los rangos adecuados de porcentaje de carga para producir la máxima potencia.

Una investigación reciente de Row et al. (2012) relacionó los porcentajes de cargas realizados en un test incremental con las puntuaciones de la RPE (escala Borg 6 – 20). Para ello 21 personas mayores ( $\geq 65$  años) participaron en un protocolo incremental de cargas en el ejercicio de la extensión de piernas. Los sujetos realizaron dos sesiones separadas. En la primera de ellas, realizaron un total de 9 cargas, ejecutadas a la máxima velocidad. En la segunda sesión, realizaron un protoco-

lo incremental de cargas. El análisis de regresión lineal mostró que la media de la RPE predecía en un 99.5 % el porcentaje de carga. Los autores concluyeron que es posible la monitorización de ejercicios explosivos en personas mayores utilizando la relación carga/RPE.

### Predicción de la RM

Son diversos los estudios que analizan el RPE y la predicción de la RM (Ayllon, Larumbe, Jiménez, & Alvar 2010; Eston & Evans, 2009; Hatfield et al., 2006; Robertson et al., 2008). Robertson et al. (2008) desarrollaron un modelo estadístico para estimar el valor de la 1RM usando valores submáximos de la RPE (escala OMNI-RES) como variable predictora. Esta investigación fue llevada a cabo con niños y niñas de 14 años de edad en los ejercicios del curl de bíceps (CB) y la extensión de rodillas (ER). Los resultados de la correlación de Pearson mostraron valores muy altos (rango  $r = 0.87 - 0.89$ ) entre la RPE submáxima y la RM. Los autores de este estudio concluyeron que el modelo de predicción de la RM con base en la RPE proporciona una precisa predicción de la máxima carga desplazada en jóvenes. Del mismo modo, Eston & Evans (2009) analizaron la validez del uso de valores submáximos de RPE (escala Borg 6 – 20) para predecir la 1RM en los ejercicios del CB y ER, en personas adultas. En una primera sesión, los participantes realizaron un protocolo incremental hasta llegar a la 1RM en ambos ejercicios. En la segunda sesión, los participantes realizaron tres intensidades submáximas (20, 40 y 60 % RM) de forma aleatorizada y con los ojos tapados (para evitar la posibilidad de que los sujetos establecieran juicios al ver la carga). Los resultados de este estudio mostraron correlaciones entre la RPE y la 1RM de 0.97 y 0.92 para el BC y ER respectivamente. Por lo tanto, los autores concluyeron que es posible predecir un valor de la 1RM estimado usando valores submáximos de la RPE. En esta misma línea, pero utilizando también valores de velocidad de desplazamiento de la barra Ayllon et al. (2010) propusieron dos fórmulas de predicción para estimar la 1RM, ya sea utilizando la RPE (escala OMNI-RES) o los valores de velocidad. Los resultados de esta investigación mostraron una adecuada precisión en ambas fórmulas

( $r = 0.97$  y  $r = 0.93$ , para las formulas de la RPE y la velocidad, respectivamente).

## Electromiografía

La percepción subjetiva del esfuerzo en tareas de fuerza también se han estudiado desde el punto de vista de la actividad muscular producida. Para ello, datos en cuanto a la actividad mioeléctricas mediante electromiografía (EMG) han sido tomados en diversas investigaciones (Colado et al., 2011; Lagally et al., 2002; Lagally & Robertson, 2006; Pincivero, 2011; Pincivero et al., 2003).

Lagally et al. (2002) analizaron en una muestra femenina, la dinámica de la RPE y la EMG en el ejercicio del curl de bíceps. Tres intensidades diferentes fueron realizadas (30, 60 y 90 % RM). La RPE y la EMG del musculo del bíceps mostró una mayor activación cuando aumentaba la intensidad del ejercicio. En esta misma línea, Colado et al. (2011) analizaron la validez y fiabilidad de la escala OMNI-RES durante la realización de ejercicios con bandas elásticas. Las variables criterio utilizadas fueron la frecuencia cardiaca y la actividad mioeléctrica. Los resultados mostraron diferencias significativas, por un lado, en la EMG en función de las dos intensidades analizadas y por otro lado, en la frecuencia cardiaca. El análisis de la fiabilidad mostró ICC entre un rango de 0.72 – 0.76. Por lo tanto, los autores concluyeron que es válido y a la vez fiable, estimar la intensidad de forma subjetiva utilizando la escala OMNI-RES en ejercicios desarrollados con bandas elásticas. Aunque en este sentido, se debe de ser cauto en cuanto a la muestra utilizada, puesto que una investigación de (Pincivero, 2011) demostró que en función de la edad de los sujetos, la percepción subjetiva del esfuerzo varía. En su investigación compararon la EMG y la RPE de dos grupos de sujetos (menores de 23 y mayores de 70 años). Los resultados mostraron diferencias significativas en el patrón de actividad mioeléctrica y la RPE. Los sujetos pertenecientes al grupo de mayores subestimaron la RPE en comparación con el otro grupo.

## Análisis del uso de las diferentes escalas con ejercicios de resistencias externas

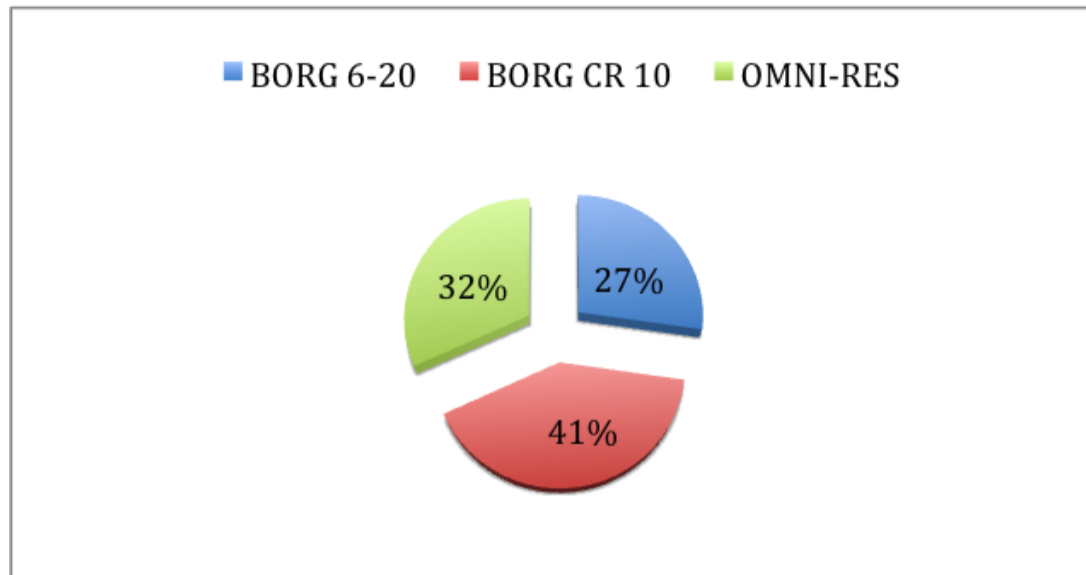
Con el fin de proporcionar información cuantitativa del tipo de escala utilizada para evaluar la intensidad de los ejercicios basados en resistencias externas, se realizó una búsqueda en las siguiente base de datos: PubMed, utilizando como palabras clave: “RPE and Strength training”. El resultado de esta búsqueda fueron 97 estudios. Tras revisar el título y los resúmenes de todos ellos, se eliminaron aquellos estudios que no tenían nada que ver con el entrenamiento de fuerza, quedando un total de 23 trabajos que tienen relación con la RPE en el entrenamiento de fuerza.

En la Tabla 2 se resumen los estudios sobre la percepción subjetiva del esfuerzo en tareas de fuerza, el tipo de escala utilizada y los ejercicios implicados.

**Tabla 2:** Resumen de los trabajos sobre RPE y el tipo de escala utilizada.

Autores	Año	Escala usada
Nacleiro et al	2011	OMNI-RES
Row et al	2012	Borg (16 – 20)
Colado et al	2011	OMNI-RES
Lagally et al	2000	Borg (16 – 20)
Eston & Evans	2009	Borg (16 – 20)
Shimano et al	2006	Borg CR-10
Hackett et al	2012	Borg CR-10
Hollander et al	2008	OMNI-RES
Legally & Robertson	2006	OMNI-RES y Borg (16 – 20)
Buckley & Borg	2011	Borg CR-10
Pinciveiro et al	2003	Borg CR-10
Singh et al	2007	Borg CR-10
Robertson et al	2009	OMNI-RES
Buford et al	2007	Borg CR-10
Utter et al	2005	Borg (16 – 20)
Krause et al	2012	OMNI-RES
Lins-Filho et al	2012	OMIN-RES
Day et al	2004	Borg CR-10
Sweet et al	2004	Borg CR-10
Pinciveiro	2010	Borg CR-10
Utter et al	2005	Borg (16 – 20)
Ayllon et al	2010	OMIN-RES
Lodo et al	2012	OMNI-RES
Robertson et al	2003	OMNI-RES
Robertston et al	2005	OMNI-RES

En la Figura 5 se muestra el porcentaje en cuanto a



**Figura 5:** Análisis porcentual del tipo de escala utilizada en la percepción subjetiva del esfuerzo en ejercicios con resistencias externas.

las escalas utilizadas, ya sea la escala CR-10 de Borg, la escala de Borg 16 – 20 categorías o la escala OMNI-RES.

### Aplicaciones prácticas de las escalas perceptivas del esfuerzo en el entrenamiento de la fuerza

La principal aplicación práctica que tienen las escalas perceptivas del esfuerzo en el entrenamiento de fuerza es su gran capacidad para discriminar las diferentes intensidades realizadas durante las series y las sesiones de entrenamiento. Con la gran ventaja de que estas escalas han sido testadas tanto en niños, personas entrenadas y mayores, demostrando en todas ellas, una gran precisión en cuanto a la medición de la intensidad. Generalmente, los entrenadores determinan una intensidad externa de entrenamiento (carga externa, repeticiones, series), la cual puede ser percibida como suficiente o insuficiente por los deportistas en función de múltiples factores. Los deportistas deben de ser capaces de entrenar conociendo sus sensaciones y límites correctos, puesto que esta labor, ayudará al entrenador a tener un control más exhaustivo de las cargas e intensidades a aplicar. Además, se ha comprobado que la RPE puede ser utilizada para predecir la RM. Por lo que podemos conocer de forma aproximada el valor máximo de la carga a desplazar sin tener que realizar un protocolo completo. Esto puede ser de gran aplicabilidad

para aquellos deportistas que están empezando con el entrenamiento de resistencias externas y no sean capaces de realizar un protocolo completo o en el ámbito de la salud y rehabilitación, ya que este hecho ayudará a evitar lesiones innecesarias.

### Conclusiones

Como se ha podido comprobar en las diferentes investigaciones analizadas, podemos concluir que:

- La escala OMNI-RES y la Escala de Borg (tanto la CR10 como la escala de Borg de 16 categorías) son un método válido y fiable para cuantificar la intensidad en ejercicios basados en resistencias externas.
- Es posible utilizar los valores de las escalas subjetivas del esfuerzo para predecir los valores de la 1RM.
- Se deben de realizar sesiones de familiarización con las instrucciones y funcionamiento de la escala, sobre todo en niños.
- El tipo de escala, el motivo de los pictogramas y las palabras utilizadas en las escalas deben de adecuarse a la población con la que se va a investigar.



## Futuras Investigaciones

Aun que la línea de trabajo de la percepción subjetiva del esfuerzo en tareas de fuerza es un tema muy estudiado, más trabajos son necesarios para llegar a comprender que mecanismos a nivel perceptivo son los desencadenantes de que percibamos una determinada intensidad u otra. Por otro lado, desde un punto de vista práctico, son pocas las investigaciones que se han llevado a cabo que traten de analizar la dinámica de la RPE en un periodo largo de tiempo (12 – 24 semanas).

## Referencias

1. Borg, G. (1990). Psychophysical scaling with applications in physical work and the perception of exertion. *Scandinavian journal of work, environment & health*, 16 Suppl 1, 55–58.
2. Borg, G. (1998). Borg's perceived exertion and pain scales. Human Kinetics Publishers.
3. Borg, G., & Linderholm, H. (1970). Exercise performance and perceived exertion in patients with coronary insufficiency, arterial hypertension and vasoregulatory asthenia. *Acta medica Scandinavica*, 187(1-2), 17–26.
4. Buckley, J. P., & Borg, G. A. V. (2011). Borg's scales in strength training; from theory to practice in young and older adults. *Applied physiology, nutrition, and metabolism*, 36(5), 682–692.
5. Chen, M. J., Fan, X., & Moe, S. T. (2002). Criterion-related validity of the Borg ratings of perceived exertion scale in healthy individuals: a meta-analysis. *Journal of Sports Sciences*, 20(11), 873–899.
6. Colado, J. C., X, X. G.-M., Travis Triplett, N., Flandez, J., Borreani, S., & Tella, V. (2011). Concurrent Validation of the OMNI-Resistance Exercise Scale of Perceived Exertion with Thera-Band Resistance Bands. *The Journal of strength and conditioning research*
7. Costigan, E. M., & Lagally, K. M. (2004). Reliability of ratings of perceived exertion using the OMNI scale for resistance exercise. *Research Quarterly for Exercise & Sport*, 75(1 Suppl), A–7.
8. Day, M. L., McGuigan, M., Brice, G., & Foster, C. (2003). Monitoring work intensities during resistance training using a session RPE scale. University of Wisconsin–La Crosse.
9. Lins-Filho, O., Robertson, R. J., Farah, B. Q., Rodrigues, S. L. ., Cyrino, E. S., & Ritti-Dias, R. M. (2012). Effects of Exercise Intensity on Rating of Perceived Exertion During a Multiple-Set Resistance Exercise Session. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(2), 466–472.
10. Eston, R., & Evans, H. J. L. (2009). The validity of submaximal ratings of perceived exertion to predict one repetition maximum. *Journal of Sports Science and Medicine*, 8, 567–573.
11. Eston, Roger. (2012). Use of ratings of perceived exertion in sports. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 7(2), 175–182.
12. Fabre, N., Mourot, L., Zerbini, L., Pellegrini, B., Bortolan, L., & Schena, F. (2012). A Novel Approach for Lactate Threshold Assessment Based on RPE. *International Journal of Sports Physiology and Performance*,
13. Faulkner, J., Parfitt, G., & Eston, R. (2008). The rating of perceived exertion during competitive running scales with time. *Psychophysiology*, 45(6), 977–985.
14. Fleck, S. J. (1999). Periodized strength training: a critical review. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 13(1), 82–89.
15. Fontes, E. B., Smirmaul, B. P. C., Nakamura, F. Y., Pereira, G., Okano, A. H., Altimari, L. R., Dantas, J. L., et al. (2010). The relationship between rating of perceived exertion and muscle activity during exhaustive constant-load cycling. *International journal of sports medicine*, 31(10), 683–688.
16. Gearhart, J., Lagally, K. M., Riechman, S. E, Andrews, R. D., & Robertson, R. J. (2009). strength

- tracking using the omni resistance exercise scale in older men and women. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 23(3), 1011–1015.
17. Gearhart, R. E., Goss, F. L., Lagally, K. M., Jakicic, J. M., Gallagher, J., & Robertson, R. J. (2001). Standardized scaling procedures for rating perceived exertion during resistance exercise. *The Journal of strength and conditioning research*, 15(3), 320–325.
  18. Gros Lambert, A., & Mahon, A. D. (2006). Perceived exertion?: influence of age and cognitive development. *Sports medicine*, 36(11), 911–928.
  19. Hackett, D. A., Johnson, N. A., Halaki, M., & Chow, C.-M. (2012). A novel scale to assess resistance-exercise effort. *Journal of sports sciences*, 30(13), 1405–1413.
  20. Hatfield, D. L., Kraemer, W. J., Spiering, B. A., Häkkinen, K., Volek, J. S., Shimano, T., Spreuwenberg, L. P. B., et al. (2006). The impact of velocity of movement on performance factors in resistance exercise. *The Journal of strength & conditioning research*, 20(4), 760–766.
  21. Hollander, D. B., Kilpatrick, M. W., Ramadan, Z. G., Reeves, G. V., Francois, M., Blakeney, A., Castacane, V. D., et al. (2008). Load rather than contraction type influences rate of perceived exertion and pain. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 22(4), 1184.
  22. Impellizzeri, F. M., Borg, E., & Coutts, A. J. (2011). Intersubjective comparisons are possible with an accurate use of the Borg CR scales. *International journal of sports physiology and performance*, 6(1), 2–4.
  23. Kraemer, W. J., & Ratamess, N. A. (2004). Fundamentals of Resistance Training: Progression and Exercise Prescription. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 36(4), 674–688.
  24. Lagally, K. M., & Robertson, R. J. (2006). Construct validity of the omni resistance exercise scale. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 20(2), 252–256.
  25. Lagally, K. M., Robertson, R. J., Gallagher, K. I., Goss, F. L., Jakicic, J. M., Lephart, S. M., McCaw, S. T., et al. (2002). Perceived exertion, electromyography, and blood lactate during acute bouts of resistance exercise. *Medicine & science in sports & exercise*, 34(3), 552–559.
  26. Lambert, M. I., & Borresen, J. (2010). Measuring training load in sports. *International journal of sports physiology and performance*, 5(3), 406–411.
  27. Lodo, L., Moreira, A., Zavanela, P. M., Newton, M. J., McGuigan, M. R., & Aoki, M. S. (2012). Is there a relationship between the total volume of load lifted in bench press exercise and the rating of perceived exertion? *The Journal of sports medicine and physical fitness*, 52(5), 483–488.
  28. McGuigan, M. R., Al Dayel, A., Tod, D., Foster, C., Newton, R. U., & Pettigrew, S. (2008). Use of session rating of perceived exertion for monitoring resistance exercise in children who are overweight or obese. *Pediatric exercise science*, 20(3), 333–341.
  29. Naclerio, F., Rodríguez-Romo, G., Barriopedro-Moro, M. I., Jiménez, A., Alvar, B. A., & Triplett, N. T. (2011). Control of resistance training intensity by the Omni perceived exertion Scale. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 25(7), 1879.
  30. Nakamura, F. Y., Pereira, G., Chimin, P., Siqueira-Pereira, T. A., Simões, H. G., & Bishop, D. J. (2010). Estimating the perceived exertion threshold using the OMNI scale. *The Journal of Strength & Conditioning research*, 24(6), 1602–1608.
  31. Pandolf, K. B. (1983). Advances in the study and application of perceived exertion. *Exercise & Sport Sciences Reviews*, 11, 118–158.
  32. Pfeiffer, K. A., Pivarnik, J. M., Womack, C. J., Reeves, M. J., & Malina, R. M. (2002). Reliability

- lity and validity of the Borg and OMNI rating of perceived exertion scales in adolescent girls. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, *34*(12), 2057–2061.
33. Pincivero, D. M. (2011). Older adults underestimate RPE and knee extensor torque as compared with young adults. *Medicine & science in sports & exercise*, *43*(1), 171–180.
  34. Pincivero, D. M., Coelho, A. J., & Campy, R. M. (2003). Perceived exertion and maximal quadriceps femoris muscle strength during dynamic knee extension exercise in young adult males and females. *European Journal of Applied Physiology*, *89*(2), 150–156.
  35. Robertson, R. J., Goss, F. L., Boer, N. F., Peoples, J. A., Foreman, A. J., Dabayeb, I. M., Millich, N. B., et al. (2000). Children's OMNI scale of perceived exertion: mixed gender and race validation. *Medicine & science in sports & exercise*, *32*(2), 452–458.
  36. Robertson, R. J., Goss, F. L., & Metz, K. F. (1998). Perception of physical exertion during dynamic exercise: a tribute to Professor Gunnar A. V. Borg. *Perceptual & motor skills*, *86*(1), 183–191.
  37. Robertson, R. J., & Noble, B. J. (1997). Perception of physical exertion: methods, mediators, and applications. *Exercise and sport sciences reviews*, *25*, 407–452.
  38. Robertson, R. J., Goss, F. L., Rutkowski, J., Lenz, B., Dixon, C., Timmer, J., Frazee, K., et al. (2003). Concurrent validation of the OMNI perceived exertion scale for resistance exercise. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, *35*(2), 333–341.
  39. Robertson, Robert J., Goss, F. L., Aaron, D. J., Gairola, A., Kowallis, R. A., Ying Liu, Randall, C. R., et al. (2008). One repetition maximum prediction models for children using the omni rpe scale. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *22*(1), 196–201.
  40. Robertson, Robert J., Goss, F. L., Andreacci, J. L., Dube, J. J., Rutkowski, J. J., Frazee, K., Aaron, D. J., et al. (2005). Validation of the Children's OMNI-Resistance Exercise Scale of Perceived Exertion. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, *37*(5), 819–826.
  41. Row, B. S., Knutzen, K. M., & Skogsberg, N. J. (2012). Regulating explosive resistance training intensity using the rating of perceived exertion. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *26*(3), 664–671.
  42. Shimano, T., Kraemer, W. J., Spiering, B. A., Volek, J. S., Hatfield, D. L., Silvestre, R., Vingren, J. L., et al. (2006). Relationship between the number of repetitions and selected percentages of one repetition maximum in free weight exercises in trained and untrained men. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *20*(4), 819–823.
  43. Sweet, T. W., Foster, C., McGuigan, M. R., & Brice, G. (2004). Quantitation of resistance training using the session rating of perceived exertion method. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *18*, 796–802.
  44. Tiggemann, C. L., Korzenowski, A. L., Brentano, M. A., Tartaruga, M. P., Alberton, C. L., & Krueger, L. F. M. (2010). Perceived exertion in different strength exercise loads in sedentary, active, and trained adults. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *24*(8), 2032.

## **OBJETIVOS**

Objetivos generales y por estudio.



# Objetivos

Después de la exposición teórica sobre los aspectos más relevantes sobre la fuerza, potencia y velocidad (aproximación terminológica), y sobre la percepción subjetiva del esfuerzo en el entrenamiento de fuerza (artículo de revisión), la presente Tesis Doctoral tratará de abordar los siguientes objetivos, subdivididos en los estudios:

## **ESTUDIO I.**

(a) Analizar el comportamiento de la RPE (medida con la escala OMNI-RES) y la velocidad de ejecución en un protocolo incremental en el ejercicio del press de banca en dos tipos de poblaciones. (b) Estudiar la dinámica de la velocidad media como medio de control de la intensidad en un protocolo incremental en press de banca, banca en dos tipos de poblaciones.

## **ESTUDIO II.**

(c) Predecir el valor de la velocidad media de ejecución del ejercicio del press de banca en función de los valores dados por la escala OMNI-RES, para poder cuantificar, mediante la velocidad media de ejecución, las diferentes zonas de trabajo de fuerza en el tren superior.

## **ESTUDIO III.**

(d) Presentar y validar una nueva escala de percepción de la velocidad en el ejercicio del press de banca para controlar la intensidad en el entrenamiento de fuerza en el tren superior.



## ESTUDIO I

Análisis de la escala OMNI-RES y la velocidad de ejecución para evaluar la intensidad del entrenamiento en el tren superior en sujetos entrenados y no entrenados



Revista Internacional de Ciencias del Deporte

**In press:** Revista Internacional de Ciencias del Deporte (RICYDE)

## AUTORES

Iker Javier Bautista González  
CTS-642. IDAFS.  
*Universidad de Granada*

Ignacio Jesús Chiroso Ríos  
CTS-642. IDAFS.  
*Universidad de Granada*

Luis Javier Chiroso Ríos  
CTS-642. IDAFS.  
*Universidad de Granada*

Ignacio Martín Tamayo  
CTS-642. IDAFS.  
*Universidad de Granada*

Edward Joseph Robinson  
CTS-642. IDAFS.  
*Universidad de Granada*

Jesús Rivilla García  
Departamento  
*Universidad Politécnica de Madrid*





# Análisis de la escala OMNI-RES y la velocidad de ejecución para evaluar la intensidad del entrenamiento en el tren superior en sujetos entrenados y no entrenados

## ESTUDIO I

### Resumen

El propósito de esta investigación fue (a) analizar la percepción subjetiva del esfuerzo (RPE) medida mediante la escala OMNI-RES en sujetos entrenados y no entrenados en un protocolo incremental de cargas en press de banca, así como (b) la relación entre la dinámica de la velocidad media ( $Vel_{media}$ ) y los valores de la escala OMNI-RES en sujetos entrenados y no entrenados, en 3 intensidades (carga Inicial [CI], máxima potencia [MP] y repetición máxima [RM]) en un protocolo incremental de cargas de press de banca. Un total de 38 sujetos fueron divididos en dos grupos: Entrenados (G1,  $n = 19$ ) y No Entrenados (G2,  $n = 19$ ). En la variable de la RPE no se encontraron diferencias significativas entre ambos grupos en las intensidades de la CI y MP, hallándose diferencias significativas en la RM. El análisis de la  $Vel_{media}$  mostró diferencias significativas tanto en la MP como en la RM. Igualmente, la carga total levantada en la intensidad de la MP y la RM fue estadísticamente diferente en ambos grupos. La escala OMNI-RES es un buen método para cuantificar la intensidad en el ejercicio del press de banca, aunque sería aconsejable acompañar este valor con otra medida de intensidad como la  $Vel_{media}$ . De esta forma, se podría ajustar mejor la intensidad real realizada en las diferentes series de entrenamiento.

**Palabras clave:** Velocidad de ejecución, percepción subjetiva, protocolo incremental, entrenamiento de fuerza, tren superior.

---

### Introducción

En el entrenamiento de cualquier deporte, el desarrollo de la fuerza mediante resistencias externas resulta imprescindible para mejorar capacidades tales como la potencia y/o la velocidad (Kawamori y Haff, 2004). El número total de series y repeticiones, el porcentaje de la una repetición máxima (RM), los descansos entre series, el orden de los ejercicios y la velocidad de ejecución son los parámetros habituales que se utilizan para cuantificar la intensidad de los ejercicios en el entrenamiento de fuerza (Cormie, McGuigan, y Newton, 2011; Fleck, 1999; Pereira y Gomes, 2003). Igualmente se han utilizado diferentes dispositivos para cuantificar variables como la fuerza, potencia y velocidad (Harris, Cronin, Taylor, Boris, y Sheppard, 2010). Los dispositivos de desplazamiento lineales (DDL), los acelerómetros y las plataformas de fuerzas son los más utilizados. Sin embargo, el gran coste económico y de recursos que estos dispositivos suponen hace que las escalas perceptivas del esfuerzo sean herramientas muy utilizadas para controlar la intensidad (Lagally y Amorose, 2007; Ozkan y Kin-Isler, 2007; Tiggemann y col., 2010). De este modo, además de poder cuantificar y monitorizar el entrenamiento, se obtiene una información muy valiosa sobre las sensaciones del deportista.

El control y la monitorización del entrenamiento basado en resistencias externas han sido uno de los objetivos principales de las escala subjetivas del esfuerzo como la OMNI-RES, CR-10 o Escala de 15 categorías de Borg (Bellezza, Hall, Miller, y Bixby, 2009; Day, McGuigan, Brice, y Foster, 2003; Gearhart,

Lagally, Riechman, Andrews, y Robertson, 2009; Naclerio y col., 2011; Robertson y col., 2008; Tiggemann y col., 2010). La validez de la escala OMNI-RES para el control de la intensidad, tanto en ejercicios que implican principalmente el tren superior como el tren inferior, quedó demostrada en el estudio de Robertson y col. (2003). En dicho estudio, la carga total levantada y la RPE de los ejercicios del curl de bíceps y extensión de rodillas fueron correlacionadas obteniendo coeficientes de correlación significativos, con valores de  $r$  superiores a 0.79. Igualmente, Day y col. (2003) concluyeron que la RPE es un método fiable para cuantificar la intensidad entre las sesiones de entrenamiento. Para ello, utilizaron 5 ejercicios (Sentadilla, Press de Banca, Curl de Bíceps, Pres trasnuca y Tríceps) y un total de 3 intensidades (alta, media y baja intensidad), obteniendo un elevado coeficiente de correlación intraclase de la RPE entre las sesiones de 0.88.

Recientemente, Tiggemann y col. (2010) analizaron el comportamiento de la RPE en diferentes cargas realizadas en el entrenamiento de fuerza en tres tipos de poblaciones (adultos sedentarios, activos y entrenados), usándose para ello la escala de Borg de 15 categorías. Los resultados mostraron una alta correlación (rango de  $r = 0.826 - 0.922$ ) entre la RPE y el porcentaje de la máxima repetición en los tres grupos, en los ejercicios del press de banca y el press de piernas. Los autores concluyeron que el uso de la RPE de Borg en los gimnasios ofrece a los profesionales un método barato y fiable para medir la intensidad. Hasta el momento, cuando se ha investigado sobre la RPE y ejercicios con resistencias externas, estos estudios se basan en comprobar la validez de la RPE para cuantificar la intensidad de los ejercicios, utilizando la carga total levantada, el lactato u otras escalas como variables criterio (Lagally y Robertson, 2006; Robertson y col. 2003; Robertson y col. 2005). La velocidad de ejecución ha sido propuesta como un criterio muy eficaz para cuantificar la intensidad en el entrenamiento de fuerza (González-Badillo y Sánchez-Medina, 2010; Kawamori y Newton, 2006; Pereira y Gomes, 2003). Sin embargo, es reseñable que

en todos los estudios anteriormente mencionados sobre la RPE y el entrenamiento de la fuerza no se ha tenido en cuenta esta variable fundamental. Concretamente, González-Badillo y Sánchez-Medina (2010) analizaron la velocidad media de la fase propulsiva en el ejercicio press de banca y su correlación con la máxima carga levantada, constatando una altísima correlación ( $r^2 = 0.98$ ) entre ambas variables. Los autores llegaron a la conclusión de que es posible prescribir y monitorizar el entrenamiento de fuerza con base en esta variable (la velocidad de ejecución), en vez de con un determinado porcentaje de la 1RM.

Teniendo en cuenta la escasez de estudios hallados sobre la relación entre RPE y la velocidad media de ejecución, así como a la importancia de ambas variables, parece oportuno analizar la RPE y la velocidad media de ejecución, utilizando esta última como variable criterio para cuantificar la intensidad en los ejercicios con resistencias externas. Consecuentemente, la presente investigación posee dos objetivos fundamentales: (a) analizar la percepción subjetiva del esfuerzo (RPE) medido mediante la escala OMNI-RES en sujetos entrenados y no entrenados en un protocolo incremental de cargas en press de banca; (b) analizar la dinámica de la velocidad media ( $Vel_{media}$ ) y los valores de la escala OMNI-RES en sujetos entrenados y no entrenados, en 3 intensidades (carga inicia [CI], máxima potencia [MP] y una repetición máxima [RM]) en un protocolo incremental de cargas en el ejercicio del press de banca.

## Método

### Sujetos

La muestra consistió en 38 sujetos, todos ellos estudiantes de la Facultad de Ciencias del Deporte de la Universidad de Granada. En la Tabla 1 se resumen las características para la edad, peso, altura, RM y ratio RM/Peso corporal (RM/PC) para los dos grupos y el total. La distinción entre los grupos se llevó a cabo mediante el criterio del ratio RM/PC. Los sujetos que su ratio RM/PC era mayor que 1, se incluyeron en el grupo 1 (Entrenados), mientras que los sujetos que

su ratio era menor que 1, formaron parte del grupo 2 (No Entrenados). Previamente a la realización de la investigación, todos los participantes firmaron un consentimiento informado en donde se les informó sobre los riesgos y beneficios de la investigación. Este estudio fue aprobado por el comité de ética de la Universidad de Granada.

### **Protocolo Incremental de Cargas**

La experimentación fue llevada a cabo en el laboratorio de Control del Rendimiento de la Facultad de Ciencias del Deporte de la Universidad de Granada. En una primera sesión, los participantes acudieron al laboratorio para la evaluación del peso, altura y la estandarización de la ejecución del ejercicio del press de banca. Para la estandarización del agarre: (a) se tomó como referencia una angulación de  $90^\circ$  entre el brazo y el antebrazo, cuando codos y hombros se encontraban en la línea horizontal con el participante en posición de cúbito supino. (b) La proyección de la barra sobre el pecho fue estandarizada a 5 cm de la escotadura yugular.

En la segunda sesión un protocolo incremental de cargas fue realizado para la evaluación del ejercicio del press de banca en máquina Smith. La carga inicial del protocolo fue de 20 kg. Se produjeron aumentos de 10 kg (para velocidades de la barra superiores a  $0.5 \text{ m} \times \text{s}^{-1}$ ) y aumentos de 5 kg (para velocidades de la barra inferiores a  $0.5 \text{ m} \times \text{s}^{-1}$ ). Para evitar el efecto de la fatiga neural, se dejaron periodos de recuperación de 3 – 5 minutos. Los periodos de descanso más cortos (3 minutos) se dejaron cuando los aumentos de carga fueron de 10 kg, mientras que los periodos de descanso más largos (5 minutos), para los aumentos de cargas de 5 kg. Todos los sujetos realizaron un total de 4 – 2 repeticiones, exceptuando en la máxima carga, que sólo pudieron realizar una repetición. El descenso de la barra fue controlado mediante instrucciones verbales por parte de los investigadores.

### **Instrumental**

El ejercicio del press de banca fue realizado en una máquina Smith (Gervasport, Madrid, España) debidamente calibrado para la evaluación. El peso total de la barra sin discos fue de 20 kg. La barra fue milimetrada para poder anotar el agarre individual realizado por los participantes. Para la evaluación de la  $Vel_{media}$  de ejecución de cada repetición del protocolo incremental un dispositivo de desplazamiento lineal (DDL) fue utilizado (T-Force System, Ergotech, Murcia, España). El sistema consta de un cable que se engancha a la barra y la información del desplazamiento queda registrada, después de pasar por una tarjeta de adquisición de datos, en un ordenador personal. El DDL consta con una frecuencia de muestreo de 1.000 Hz.

### **Escala OMNI-RES**

Para la evaluación de la intensidad ejercida durante la realización de cada carga del protocolo incremental, la escala ONMI-RES fue utilizada. Justo después de que cada sujeto terminara la realización de la serie, se le preguntó lo intenso que le había parecido, además de instarle a que señalara con el dedo un número de la escala de percepción, siguiendo el procedimiento explicado en Robertson y col. (2003)

### **Análisis Estadístico**

Todos los datos están expresados como media (desviación). Todos los modelos cumplieron con el test de normalidad (Kolmogorov – Smirnov) y de homogeneidad (Test de Levene), ambos con un  $p > 0.05$ . Un ANOVA de medidas repetidas (MR) fue realizado para cada una de las variables analizadas (RPE,  $Vel_{media}$  y carga total levantada). Cuando el supuesto de esfericidad no fue asumido, la corrección Greenhouse-Geisser fue aplicada. El Post Hoc de Bonferroni fue utilizado para evaluar las diferencias individuales. Todos los análisis fueron realizados en el SPSS v.20. Las diferencias significativas se establecieron al nivel de  $p \leq 0.05$ .

**Tabla 1:** Descripción de la muestra expresado como media y desviación.

	Grupo 1 (n = 19) Entrenados	Grupo 2 (n = 19) No Entrenados	Total
Edad	22.61 (1.66)	22.82 (1.69)	22.71 (1.65)
Peso	70.28 (5.64)	74.01 (7.67)	72.09 (6.88)
Altura	174.2 (2.37)	178.42 (6.95)	176.26 (6.08)
RM	77 (12)	59 (9)	67 (10.5)
RM/PC	1.1 (2.12)	0.67 (1.17)	0.67 (1.17)

## Resultados

En la Tabla 2 se resumen los datos descriptivos, expresados como media (SD), para las variables de la RPE,  $Vel_{media}$  y carga total levantada (kg) en las 3 intensidades analizadas.

### Percepción Subjetiva del Esfuerzo (RPE)

El ANOVA MR a nivel general no mostró diferencias significativas ( $F[2.963]$ , 2,  $p = 0.138$ ) en la interacción grupo x intensidad en la variable de la RPE. El Post Hoc de Bonferroni mostró diferencias significativas ( $p = 0.010$ ) en la RPE de la intensidad de la RM (ver Figura 1). La RPE media fue mayor en el grupo entrenados en comparación con el grupo no entrenados (ver Tabla 2).

### Velocidad media de desplazamiento

A nivel general, el ANOVA MR mostró diferencias significativas ( $F[4.869]$ , 1.702,  $p = 0.033$ ) en la interacción grupo x intensidad en la variable de velocidad media. El Post Hoc de Bonferroni mostró diferencias significativas ( $p = 0.036$  y  $p = 0.002$ ) para las intensidades de la MP y RM respectivamente (ver Figura 1). La velocidad media de desplazamiento de la barra fue mayor en el grupo No Entrenados en comparación con el grupo Entrenados (ver Tabla 2).

### Carga Desplazada

A nivel general, el ANOVA MR mostró diferencias significativas ( $F[7.223]$ , 1,  $p = 0.011$ ) en la interacción grupo x intensidad en la variable de la carga desplazada. El post Hoc de Bonferroni mostró diferencias significativas ( $p = 0.000$  y  $p = 0.000$ ) para las intensidades de la MP y RM respectivamente (ver Figura 2). La

media de la máxima carga desplazada fue mayor en el grupo Entrenados, tanto en la intensidad de la MP ( $45 \pm 5$  kg vs  $36.84 \pm 4.7$  kg), como en la RM ( $77 \pm 12$  kg vs  $59 \pm 9$  kg).

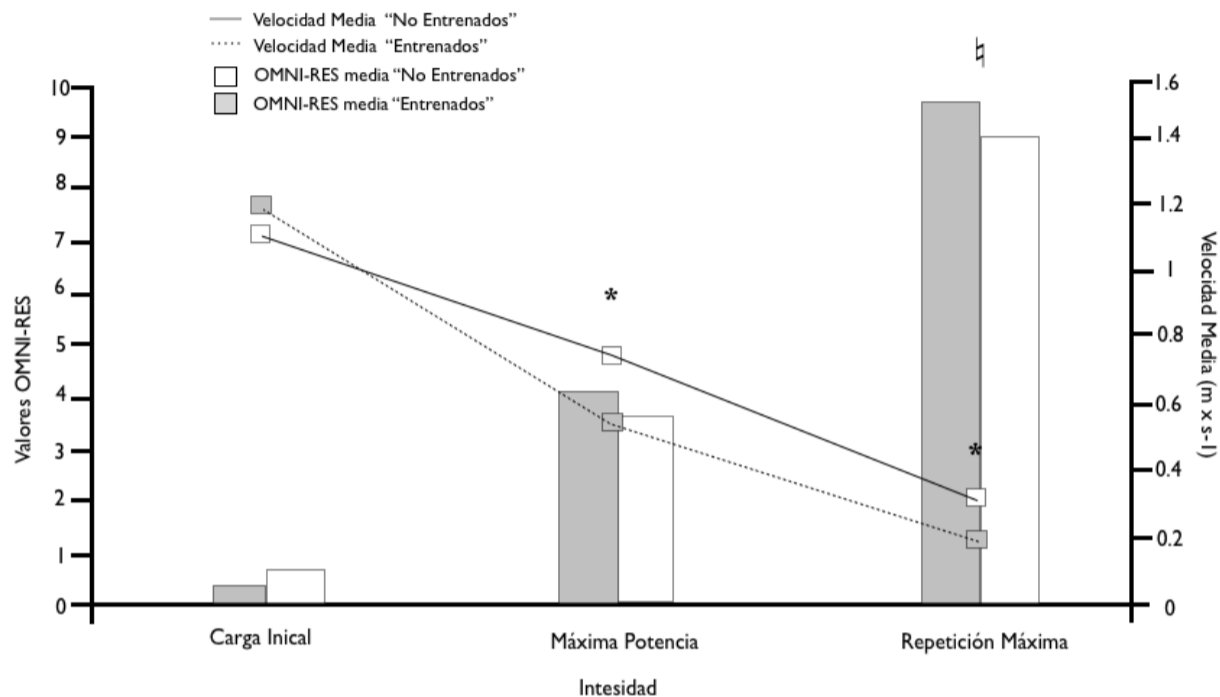
## Discusión

En la presente investigación, la dinámica de la  $Vel_{media}$  y la RPE (medida con la escala OMNI-RES) fue analizada en un protocolo incremental de cargas en el ejercicio del press de banca. Por un lado, se analizó la  $Vel_{media}$  en dos grupos de sujetos (entrenados y no entrenados) utilizando esta variable, como factor de control de la intensidad. Por otro lado, la RPE de ambos grupos fue comparada en cada una de las intensidades seleccionadas. Además se analizó la carga total levantada en las intensidades de la MP y la RM.

En la RPE de las intensidades de la CI y MP, no existieron diferencias significativas cuando se compararon los datos entre ambos grupos, aunque los valores medios de la RPE en la intensidad de la MP fue mayor en el grupo Entrenados. Este hecho probablemente se deba a que, a nivel general, el grupo Entrenados desplazó de media una carga de  $45 \pm 5$  kg, encontrándose diferencias significativas en la carga levantada, mientras que en el grupo No Entrenados la carga media desplazada en la MP fue de  $36.84 \pm 4.7$  kg, es decir, un 20% menos. Pero teniendo en cuenta los datos a nivel relativo de carga, ambos grupos alcanzaron la máxima potencia media en el  $62.18 \pm 7.16$  y  $62.37 \pm 9.16\%$  de la 1RM, para el grupo Entrenados y No Entrenados respectivamente. Lagally, McCaw, Young, Medema, y Thomas (2004) compararon la RPE y la actividad muscular en dos grupos de sujetos (levantadores recreacionales vs

**Tabla 2:** Análisis descriptivo, media (desviación) de la velocidad media ( $Vel_{media}$ ), la percepción subjetiva del esfuerzo (RPE) y carga total levantada (kg) en las tres intensidades analizadas.

Intensidad	Carga Inicial			Máxima Potencia			Repetición Máxima		
Variabes	$Vel_{media}$	RPE	Carga	$Vel_{media}$	RPE	Carga	$Vel_{media}$	RPE	Carga
<b>Grupo 1</b>	1.20 (0.14)	0.42 (0.61)	20 (0)	0.67 (0.11)	4.53 (2.01)	45 (5)	0.20 (0.05)	9.58 (0.69)	77 (12)
<b>Grupo 2</b>	1.15 (0.14)	0.58 (1.12)	20 (0)	0.74 (0.07)	3.89 (1.48)	36.84 (4.7)	0.29 (0.09)	8.82 (1.07)	59 (9)

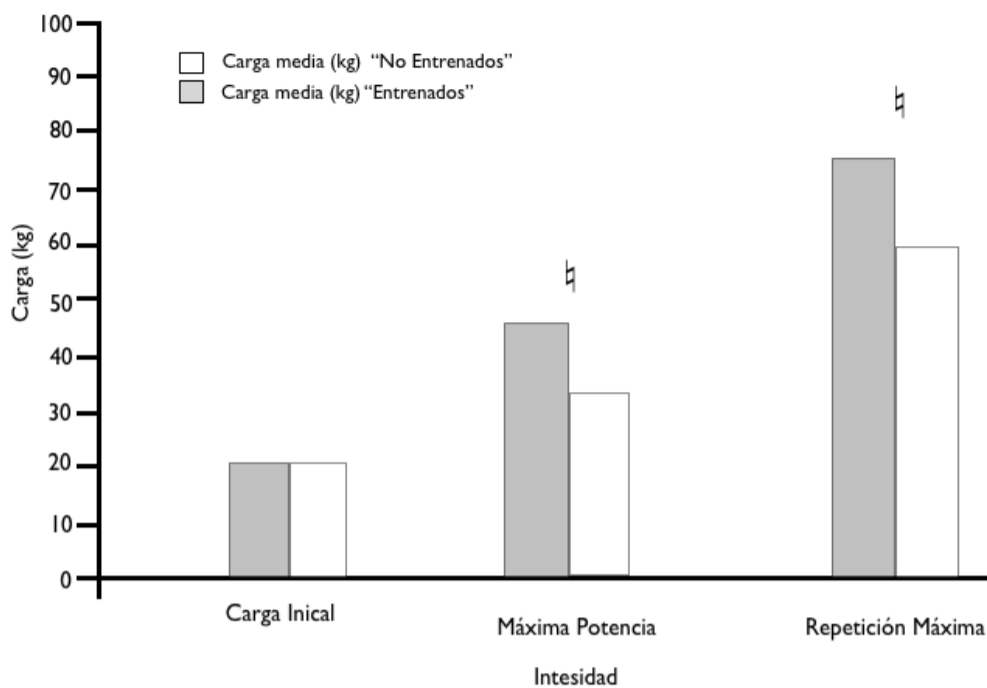


**Figura 1:** Dinámica de la Velocidad Media y la Percepción Subjetiva del Esfuerzo en las tres intensidades analizadas (carga inicial, máxima potencia y repetición máxima). \*  $p < 0.05$  en la variable de Velocidad Media. ‡  $p < 0.05$  en la variable de la Percepción Subjetiva del Esfuerzo.

novatos) en dos intensidades (60 y 80% RM) en el ejercicio del press de banca. Los resultados de este estudio no mostraron diferencias significativas entre ambos grupos en las variables medidas. Aunque sí que se encontraron diferencias significativas ( $p < 0.01$ ) en la RM entre ambos grupos ( $31.3 \pm 5.7$  y  $44.3 \pm 11.2$ , levantadores novatos y recreacionales respectivamente). Desafortunadamente, los autores no mostraron si se produjeron diferencias significativas en la carga levantada en las intensidades del 60 y 80% de la 1 RM.

En la variable de la RPE, sólo se encontraron diferencias significativas entre ambos grupos en la intensidad de la RM (ver Figura 1). La media de la RPE fue mayor en el grupo Entrenados en comparación del grupo No Entrenados. Desde nuestro conocimiento,

este hecho se deba probablemente a dos factores interrelacionados. Por un lado, la media de la máxima carga levantada para ambos grupos fue de  $77 \pm 12$  y  $59 \pm 9$  kg, en el grupo Entrenados y No Entrenados respectivamente. En términos porcentuales, el grupo Entrenados levantó un 13% más de carga, hallándose diferencias significativas (ver Figura 2). Por lo tanto, la percepción del esfuerzo para el grupo Entrenados fue mayor. Por otro lado, los sujetos pertenecientes al grupo No Entrenados percibieron la máxima carga desplazada como una carga submáxima, ya que sólo el 31.5% ( $n = 6$ ) de los sujetos dijeron un valor de 10 de la escala OMNI-RES, mientras que en el grupo Entrenados el porcentaje de sujetos que dijeron un valor de 10 en la máxima carga fue del 68.4% ( $n = 10$ ). Este hecho indica que la percepción del esfuerzo en personas que no están habituadas al entrenamiento de fuerza,



**Figura 2:** Carga (kg) en las diferentes intensidades analizadas (Carga inicial, Máxima Potencia y Repetición Máxima). ‡  $p < 0.05$  en la variable de la carga desplazada.

tienden a subestimar la realidad de sus posibilidades. En el estudio de Sweet, Foster, McGuigan, y Brice (2004), concluyeron que la RPE parece ser un método viable para cuantificar la intensidad de las sesiones de fuerza, aunque la RPE de toda la sesión tiende a subestimar la RPE que se obtiene posteriormente a la realización de las diferentes series de trabajo.

Tiggemann y col. (2010) analizaron la dinámica de la RPE en los ejercicios del press de banca y press de piernas, en tres grupos diferentes (adultos sedentarios, activos y entrenados). El principal hallazgo de este estudio fue que para un mismo valor de RPE existieron diferencias significativas en el porcentaje de Carga levantado. El grupo de adultos entrenados, poseía mayor porcentaje de carga en comparación con los otros dos grupos, para un mismo valor de la RPE. Analizando los datos presentados en la Figura 1 de la presente investigación, se observa que para una misma intensidad, existieron diferencias significativas, por un lado, en la RPE entre grupos en la RM y por otro lado, en la  $Vel_{media}$  de desplazamiento de la barra y la carga total levantada, en las intensidades de la MP y la RM. Este hecho, nos indica que la RPE en la intensidad de la MP se ve influenciada por la  $Vel_{media}$

de desplazamiento de la barra, así como por la carga total levantada.

En esta misma línea, Shimano y col. (2006) midieron la RPE en dos grupos (Entrenados vs No Entrenados) en tres ejercicios en tres intensidades diferentes (60, 80 y 90 % de la 1RM). Los resultados de este estudio no mostraron diferencias significativas en la RPE entre ambos grupos. Los datos presentados en nuestro estudio, corroboran en parte los resultados obtenidos por Shimano y col. (2006) ya que, de las tres intensidades analizadas, sólo en la intensidad de la RM se encontraron diferencias significativas en la RPE. Aunque si tenemos en cuenta el análisis de la  $Vel_{media}$  como variable para cuantificar la intensidad del ejercicio, diferencias significativas fueron encontradas tanto en la intensidad de la MP como en la RM. Estos resultados nos muestran que, por un lado, medir la percepción del esfuerzo para identificar la intensidad del ejercicio nos puede llevar a cometer un error, puesto que el comportamiento de la  $Vel_{media}$  mostró diferencias significativas en las intensidades de la MP y de la RM. Por otro lado, aunque sólo se encontraron diferencias significativas en la RPE en la intensidad de la RM, la  $Vel_{media}$  de eje-

cución fue diferente entre ambos grupos (ver Figura 2).

Hasta ahora, ninguno de los estudios analizados ha tenido en cuenta la variable de la  $Vel_{media}$  como factor para cuantificar la intensidad del ejercicio. La velocidad de ejecución de los diferentes ejercicios ha sido propuesta por numerosos autores como una medida más para controlar la intensidad y adaptaciones que se producen a nivel muscular (González-Badillo y Sánchez-Medina, 2010; Kawamori y Newton, 2006; Pereira y Gomes, 2003). La importancia de la velocidad de ejecución está en relación con el entrenamiento de la potencia. Para realizar un trabajo de potencia, se debe buscar la mejor relación entre la fuerza y la velocidad. Es bien sabido, que a mayor carga externa, mayor fuerza se realiza. Pero esta relación va en detrimento de la velocidad de ejecución. Las escalas de percepción del esfuerzo, como la OMNI-RES o la CR10 de Borg, no tienen en cuenta este factor clave en el entrenamiento de la potencia. Como se muestra en diferentes estudios (Naclerio y col. 2011; Robertson y col. 2008), a mayor % de carga, mayor valor de la RPE. La variable  $Vel_{media}$  mostró diferencias significativas (ver Figura 1) entre ambos grupos en las intensidades de la MP y la RM. En cambio, en la variable de la RPE sólo se encontró diferencias significativas en la máxima carga desplazada. Estos resultados muestran que la escala OMNI-RES es muy útil para discriminar la intensidad del ejercicio en cargas submáximas, tanto para sujetos entrenados como no entrenados, en cambio, los sujetos que no están habituados a realizar levantamientos máximos, tienden a subestimar los valores percibidos de la máxima carga. Por lo tanto, sería recomendable la utilización complementaria de otro valor como la  $Vel_{media}$  para cuantificar y ajustar la intensidad real percibida.

Consecuentemente, a modo de conclusión de este estudio podemos señalar que la RPE es un buen método para monitorizar la intensidad de los ejercicios de fuerza, aunque se debe resaltar que, para un mayor control de la monitorización y adaptaciones que se producen por el entrenamiento de fuerza sería conveniente la utilización de otra medida complementaria como la  $Vel_{media}$

de ejecución, ya que esta nos podrá ayudar a ajustar, de forma más precisa, la intensidad real del entrenamiento de fuerza.

## Aplicaciones Prácticas

La escala ONMI-RES es un buen indicador de la intensidad de los ejercicios de fuerza, sobre todo en cargas submáximas, pero es necesario el entrenamiento de la misma para poder ajustar al máximo la sensación de intensidad realizada por parte de los sujetos no entrenados. A la luz de los resultados, además de utilizar la escala OMNI-RES para evaluar la intensidad de los ejercicios basados en resistencias externas, se debería poseer otra medida como los valores de  $Vel_{media}$  para ajustar de forma precisa las diferentes intensidades del entrenamiento. De esta forma, se estaría incidiendo sobre un entrenamiento basado en la calidad del estímulo y la búsqueda de la máxima potencia.

## Referencias

1. Bellezza, P. A.; Hall, E. E.; Miller, P. C., y Bixby, W. R. (2009). The influence of exercise order on blood lactate, perceptual, and affective responses. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 23(1), 203.
2. Cormie, P.; McGuigan, M. R., y Newton, R. U. (2011). Developing maximal neuromuscular power: part 1 biological basis of maximal power production. *Sports Medicine*, 41(1), 17–38.
3. Day, M. L.; McGuigan, M.; Brice, G., y Foster, C. (2004). Monitoring work intensities during resistance training using a session RPE scale. *The Journal of Strength & Conditioning Research*(2), 353-358.
4. Fleck, S. J. (1999). Periodized strength training: a critical review. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 13(1), 82–89.
5. Gearhart, J.; Lagally, K. M.; Riechman, S. E.; Andrews, R. R., y Robertson, R. J. (2009). strength tracking using the omni resistance exercise scale in



- older men and women. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 23(3), 1011–1015.
6. González-Badillo, J. J., y Sánchez-Medina, L. (2010). Movement Velocity as a Measure of Loading Intensity in Resistance Training. *International Journal of Sports Medicine*, 31(5), 347–352.
  7. Harris, N. K.; Cronin, J.; Taylor, K. L.; Boris, J., y Sheppard, J. (2010). Understanding Position Transducer Technology for Strength and Conditioning Practitioners. *Strength & Conditioning Journal*, 32(4), 66–79.
  8. Kawamori, N., y Haff, G. G. (2004). The optimal training load for the development of muscular power. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 18(3), 675.
  9. Kawamori, N., y Newton, R. U. (2006). Velocity specificity of resistance training: Actual movement velocity versus intention to move explosively. *Strength & Conditioning Journal*, 28(2), 86.
  10. Lagally, K. M.; McCaw, S. T.; Young, G. T.; Medema, H. C., y Thomas, D. Q. (2004). Ratings of perceived exertion and muscle activity during the bench press exercise in recreational and novice lifters. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 18(2), 359.
  11. Lagally, K. M., y Amorose, A. J. (2007). The validity of using prior ratings of perceived exertion to regulate resistance exercise intensity. *Perceptual & Motor Skills*, 104(2), 534.
  12. Lagally, Kristen M., y Robertson, R. J. (2006). Construct validity of the omni resistance exercise scale. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 20(2), 252–256.
  13. Naclerio, F.; Rodríguez-Romo, G.; Barriopedro-Moro, M. I.; Jiménez, A., Alvar, B. A., y Triplett, N. T. (2011). Control of resistance training intensity by the Omni perceived exertion Scale. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 25(7), 1879.
  14. Ozkan, A., y Kin-Isler, A. (2007). The reliability and validity of regulating exercise intensity by ratings of perceived exertion in step dance sessions. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 21(1), 296.
  15. Pereira, M. I. R., y Gomes, P. S. C. (2003). Movement velocity in resistance training. *Sports Medicine*, 33(6), 427–438.
  16. Robertson, R. J.; Goss, F. L.; Rutkowski, J.; Lenz, B.; Dixon, C., Timmer, J.; Frazee, K.; Dube, J. y Andreacci, J. (2003). Concurrent validation of the OMNI perceived exertion scale for resistance exercise. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 35(2), 333–341.
  17. Robertson, R. J.; Goss, F. L.; Aaron, D. J.; Gairola, A.; Kowallis, R. A.; Ying Liu, Randall, C. R.; Tessmer, K. A.; Schnorr, T. L.; Schroeder, A. E., y White, B. (2008). One repetition maximum prediction models for children using the omni rpe scale. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 22(1), 196–201.
  18. Robertson, Robert J.; Goss, F. L.; Andreacci, J. L.; Dube, J. J.; Rutkowski, J. J.; Frazee, K.; Aaron, D. J.; Metz, K. F., Kowallis, R. A., y Snee, M.B. (2005). Validation of the Children's OMNI-RES Exercise Scale of Perceived Exertion. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 37(5), 819–826.
  19. Shimano, T.; Kraemer, W. J.; Spiering, B. A.; Volek, J. S.; Hatfield, D. L.; Silvestre, R.; Vingren, J. L.; Fragala, M. S.; Maresh, C.M.; Fleck, J. S.; Newton, R. U.; Spreuwenberg, L. P. B, y Häkkinen, K. (2006). Relationship between the number of repetitions and selected percentages of one repetition maximum in free weight exercises in trained and untrained men. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 20(4), 819–823.
  20. Sweet, T. W.; Foster, C.; McGuigan, M. R., y Brice, G. (2004). Quantitation of resistance training using the session rating of perceived exertion method. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 18, 796–802.

21. Tiggemann, C. L.; Korzenowski, A. L.; Brentano, M. A.; Tartaruga, M. P.; Alberton, C. L., y Kruel, L. F. M. (2010). Perceived exertion in different strength exercise loads in sedentary, active, and trained adults. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(8), 2032.



## ESTUDIO II

Predicción de la velocidad de la barra en press de banca mediante el uso de la escala OMNI-RES.



**Enviado a:** Journal of Sport Science

## AUTORES

Iker Javier Bautista González  
CTS-642. IDAFS.  
*Universidad de Granada*

Ignacio Jesús Chiroso Ríos  
CTS-642. IDAFS.  
*Universidad de Granada*

Luis Javier Chiroso Ríos  
CTS-642. IDAFS.  
*Universidad de Granada*

Ignacio Martín Tamayo  
CTS-642. IDAFS.  
*Universidad de Granada*

Edward Joseph Robinson  
CTS-642. IDAFS.  
*Universidad de Granada*

Jesús Rivilla García  
Departamento  
*Universidad Politécnica de Madrid*



# Predicción de la velocidad de la barra en press de banca mediante el uso de la escala OMNI-RES.

## ESTUDIO II

### Resumen

El propósito de esta investigación fue analizar la aplicabilidad de la escala subjetiva del esfuerzo (RPE) para controlar la intensidad del entrenamiento de fuerza del tren superior. Se realizó en el ejercicio de press de banca analizándose la relación entre los valores de la escala OMNI-RES y la velocidad media ( $Vel_{media}$ ). Otro propósito fue la creación de una fórmula de predicción de la velocidad en función de las puntuaciones de la escala OMNI-RES. Treinta y ocho varones ( $22.61 \pm 1.61$  años,  $174.2 \pm 4.73$  cm y  $70.28 \pm 5.64$  kg) fueron evaluados de forma voluntaria, en un protocolo incremental en press de banca en máquina Smith hasta alcanzar el valor de fuerza dinámica máxima (1RM). El análisis de regresión lineal mostró una fuerte correlación negativa ( $r = -0.884$ ) entre la RPE y la Velmedia. Los análisis de la correlación de Pearson mostraron de forma individual, que el 84% de los participantes obtuvieron significación a nivel  $p = 0.01$ , el 13% a nivel de  $p = 0.05$  y el 3% no obtuvo significación. La escala OMNI-RES puede ser utilizada para predecir los valores de velocidad media en el ejercicio del press de banca, pudiendo cuantificar de una forma más precisa la intensidad del ejercicio.

**Palabras clave:** press de banca, fórmula predicción, intensidad, percepción subjetiva del esfuerzo.

---

### Introducción

El control del entrenamiento deportivo es uno de los pilares básicos en los que se apoya el estudio de las ciencias del deporte. De este modo, en el entrenamiento de la fuerza, la forma más extendida entre

especialistas e investigadores de evaluar la intensidad de los ejercicios es mediante la determinación de la Fuerza Dinámica Máxima (*Maximum strength*) y sus correspondientes porcentajes (3, 14). Por lo tanto, en función de cada porcentaje de la 1RM, el trabajo de fuerza se modulará hacia una vertiente máxima (neutral), en donde el objetivo principal será el desarrollo de fuerza máxima (con cargas mayores que el 80% de la 1RM) o hacia un trabajo de potencia (con cargas entre el 40% - 80% de la 1RM), donde el objetivo primordial será el desarrollo de la máxima potencia, o la capacidad de producción de fuerza en relación a la velocidad (1, 8). Otras fórmulas de controlar la intensidad en los ejercicios de fuerza es en función un número de repeticiones preestablecidas, repeticiones hasta la fatiga muscular (*RM continuum*), orden de los ejercicios, tipo de sesiones, descansos entre series y la velocidad de desplazamiento de la carga (3, 10, 11, 15, 23, 37).

Con el desarrollo de las nuevas tecnologías, el entrenamiento de la fuerza ha experimentado una gran evolución, sobre todo desde el punto de vista cualitativo (5, 20, 34). Dispositivos como los transductores de posicionamiento lineales (LPT) son capaces de cuantificar, de forma indirecta, variables como la producción de fuerza, potencia, espacio y velocidad (20). La información proporcionada por estos dispositivos es muy útil para la planificación, tanto de periodos o estructuras temporales intermedias y de larga duración, unidades o sesiones de entrenamiento, así como el número de repeticiones a realizar en un ejercicio aislado. Característicamente, el control de la velocidad de ejecución, se ha propuesto como uno de los medios más específicos de monitorización

del entrenamiento de la fuerza gracias a la relación específica de la velocidad con la fuerza y potencia (4, 13, 19, 22, 29). Poder controlar este factor del entrenamiento es determinante, sobre todo si la vertiente seleccionada es la de mejora de los factores neurales (6, 19, 21). Moras et al. (26) propusieron un método simple y eficaz para controlar la velocidad de desplazamiento de la barra en press de banca mediante el uso de un metrónomo. El bajo error estándar de medida y coeficiente de variación dan lugar a pensar que la utilización de este dispositivo es un método válido y económico, para controlar ordinariamente la velocidad media de la barra en press de banca.

Dentro del control del entrenamiento, la utilización de las sensaciones del deportista es una práctica que se ha extendido más y más en los últimos años (2, 9, 30). Tanto es así, que en la última década se han diseñado incluso escalas para controlar el esfuerzo en los entrenamientos de fuerza. Las escalas subjetivas del esfuerzo nacen por la necesidad de conocer las sensaciones subjetivas (nivel interno) de los deportistas ante un estímulo aplicado (nivel externo). Según Robertson et al. (33), la RPE se basa precisamente en ese hecho: “la subjetividad del esfuerzo, carga y/o fatiga que se siente durante la realización de un ejercicio”. La escala tradicional de percepción del esfuerzo fue propuesta por Borg (valores entre 6 y 20), entre otros motivos, debido a la fuerte correlación existente entre esta y algunas variables fisiológicas como el lactato, frecuencia cardiaca, ratio de respiración, ventilación, consumo de oxígeno (7, 16, 28). La aplicabilidad de este tipo de escalas al control del entrenamiento, quedó demostrada en el estudio de caso único presentado por Suzuki et al. (35), en donde el diseño del programa de entrenamiento fue basado en un modelo matemático usando la escala subjetiva del esfuerzo como herramienta de control (RPE: modificación de la escala de Borg; CR10), entre otro tipo de escalas (category pain scale “CP scale” y total quality recovery scale “QRT scale”) para predecir el rendimiento de un atleta en los 400m lisos. Los resultados muestran como este modelo matemático de la RPE para predecir el rendimiento obtuvo una fuerte correlación ( $r = 0.88$ )

entre el rendimiento predicho y el real. Estos autores concluyen argumentando que además de diseñar y manipular la intensidad y el volumen del entrenamiento, también es necesario maximizar el rendimiento de las sesiones usando medios de control de la calidad. Las escalas subjetivas del esfuerzo, desde las cuales se puede predecir de una forma eficaz el rendimiento, son aplicables para conocer las ocasiones en las que el deportista alcanza su forma óptima, y así poder afinar o precisar más en la predicción de los picos de rendimiento. De forma semejante, en el entrenamiento de la fuerza se han diseñado escalas de diez puntos como la OMNI-RES con el objetivo de evaluar las diferentes intensidades, tanto del tren superior como del tren inferior (12, 25, 33). Nacleiro et al. (27) analizaron si la escala OMNI-RES puede ser utilizada para el control de la intensidad en el entrenamiento de fuerza del tren superior. Los autores establecieron una relación entre los valores de la RPE, carga externa y potencia mecánica en el ejercicio de press de banca. La principal conclusión de dicha investigación fue la utilidad de este tipo de herramientas perceptivas para controlar la intensidad en el entrenamiento de fuerza y el establecimiento de unos rangos correspondientes a porcentajes de la 1RM en press de banca en función de los valores obtenidos de la escala OMNI-RES. Duncan et al. (12) estudiaron la relación existente entre la RPE con la actividad muscular dinámica en el ejercicio de extensión de piernas medida con electromiografía al 30%, 60% y 90% de la 1RM. Tanto la actividad muscular, como los valores de la escala OMNI-RES aumentaron con la intensidad del ejercicio. Dichos autores concluyen que la regulación de la intensidad mediante esta escala es una técnica prometedora, aunque los entrenadores deben de diferenciar entre el uso de la RPE “general” o total del cuerpo, con la RPE “local” de los músculos activos, ya que la primera de ellas fue significativamente inferior que la segunda.

Con base en la literatura revisada, se puede decir que son escasos los estudios en donde se ha analizado la relación existente entre la RPE y la intensidad (en términos de velocidad) del entrenamiento de la fuerza del tren superior. Para el conocimiento de los autores

de este trabajo, ninguno de ellos analiza la relación existente entre la  $Vel_{media}$  con la que el sujeto es capaz de desplazar la barra en press de banca y la RPE. El propósito de esta investigación fue (a) analizar la relación existente entre la percepción subjetiva del esfuerzo medida con la escala OMNI-RES y la  $Vel_{media}$  de la barra en press de banca en un protocolo incremental de cargas. Además, como resultado del estudio de la relación entre ambas variables propusimos una fórmula de predicción de la  $Vel_{media}$  de la barra en press de banca en función de la percepción subjetiva medida con la escala OMNI-RES.

## Método

### Aproximación Experimental al Problema

Este estudio fue diseñado para obtener un valor estimado de la velocidad media de la barra en press de banca en función de las puntuaciones obtenidas en la escala OMNI-RES, para así poder cuantificar la intensidad del entrenamiento en base a una velocidad estimada. Treinta y ocho participantes realizaron un protocolo incremental de cargas hasta llegar a la 1RM en máquina Smith. Justo al finalizar cada serie del protocolo, los participantes informaron sobre el valor de la RPE observando la escala OMNI-RES. Posteriormente, se correlacionaron los datos de la RPE y la velocidad media de la barra en cada una de las cargas desplazadas.

### Participantes

Treinta y ocho ( $n = 38$ ) varones sanos participaron de forma voluntaria en la presente investigación. La media y desviación de la edad, altura y peso fue ( $22.61 \pm 1.61$  años,  $174.2 \pm 4.73$  cm y  $70.28 \pm 5.64$  kg). Todos los participantes eran estudiantes de la Facultad de Ciencias del Deporte de la Universidad de Granada. Como criterio de inclusión para formar parte de este estudio, los participantes debían: (a) estar habituados al entrenamiento con resistencias externas, (b) no tomar ningún fármaco o sustancia dopante (p.e: cretina), (c) no sufrir ninguna lesión que le impidiera ejecutar correctamente el ejercicio. Previo a la realización de la

toma de datos, los participantes firmaron un consentimiento informado. Este estudio fue aprobado por el comité ético de la Universidad de Granada.

### Procedimiento

La experimentación fue llevada a cabo en el laboratorio de Control del Rendimiento de la Facultad de Ciencias del Deporte de la Universidad de Granada. En una primera sesión, los participantes acudieron al laboratorio para la evaluación del peso, altura y la estandarización de la ejecución del ejercicio del press de banca. Para la estandarización del agarre: (a) se tomó como referencia una angulación de  $90^\circ$  entre el brazo y el antebrazo, cuando codos y hombros se encontraban en la línea horizontal con el participante en posición de cúbito supino. (b) La proyección de la barra sobre el pecho se estableció a 5 cm de la escotadura yugular. Tras la toma de los valores antropométricos, y estandarización de la ejecución, a los participantes se les enseñó e instruyó sobre el funcionamiento de la escala OMNI-RES, siguiendo el mismo procedimiento explicado en Robertson et al. (33)

En una segunda sesión, se comenzó con un calentamiento estandarizado que consistía en 5 minutos a 75 W en un cicloergómetro y 2 series de 15 repeticiones con una carga de 20 kg en press de banca en máquina Smith. A continuación, los participantes realizaron un protocolo incremental de cargas hasta llegar a la 1RM. La máquina Smith (Gervasport, España, Madrid) y la barra fueron testadas y calibradas para que no afectara a la medida de los resultados. El protocolo incremental consistía en aumentos progresivos de carga de 10 kg (para velocidades de la barra superiores a  $0.5 \text{ m} \times \text{s}^{-1}$ ) y aumentos de carga de 5 kg (para velocidades de la barra inferiores a  $0.5 \text{ m} \times \text{s}^{-1}$ ). La carga inicial fue de 20 kg hasta llegar a la 1RM. Todos los participantes realizaron 4-2 repeticiones en todas las cargas, exceptuando en la máxima carga, que sólo realizaron una sola repetición. Para evitar que el efecto de la fatiga neural afectara a los resultados de la velocidad de la barra, periodos de descanso de entre 3 y 5 minutos



fueron dejados. Los periodos más cortos (3 minutos) se estipularon para velocidades de la barra superiores a  $0.5 \text{ m} \times \text{s}^{-1}$ , mientras que los periodos más largos (5 minutos) se establecieron para velocidades de la barra inferiores a  $0.5 \text{ m} \times \text{s}^{-1}$ . La fase de descenso de la barra fue controlada mediante instrucciones verbales emitidas por los investigadores. Para evitar el efecto de contramovimiento, se emitió una señal acústica aleatorizada. Inmediatamente después de terminar cada serie, al participante se le instó a que dijera y señalara con un dedo en la escala OMNI-RES el “cómo” de intenso le había parecido la serie que había realizado. Las puntuaciones fueron anotadas para cada sujeto en cada carga del protocolo. Para el control de la velocidad, un transductor de posicionamiento lineal (T-Force System, Ergotech, España, Murcia) fue utilizado para evaluar la fase concéntrica de cada repetición.

### Análisis Estadístico

Se indican la media  $\pm$  SD en las variables velocidad media y las puntuaciones en la escala OMNI-RES. Se calculó la correlación de Pearson para analizar la relación de la velocidad media con las puntuaciones de la escala OMNI-RES en todas las cargas, en cada una de las 7 cargas del protocolo incremental para todos los participantes en esta investigación y también para cada sujeto en las cargas en las que trabajó cada uno. Finalmente, se realizó un análisis de regresión lineal simple. Como variable dependiente fueron escogidas las velocidades medias en las diferentes cargas (20, 30, 40, 50, 60, 70 y 80 kg) y como variable predictora, los valores de las puntuaciones obtenidas en la escala OMNI-RES. Todos los análisis fueron realizados en SPSS 20.0 para Macintosh (Chicago, IL).

### Resultados

La velocidad media de la barra y las puntuaciones de la escala OMNI-RES fueron registradas en cada carga del protocolo incremental. En la Tabla 1 se resumen los datos de la media  $\pm$  SD para estas dos variables.

La  $Vel_{media}$  de los 38 participantes en cada carga

**Tabla 1:** Análisis descriptivo (media  $\pm$  SD) de la velocidad media y las puntuaciones de la escala OMNI-RES en todas las cargas del protocolo.

Carga (kg)	20	30	40	50	60	70	80
N	38	38	38	37	31	17	10
$Vel_{media}$	1.16	0.92	0.73	0.53	0.45	0.39	0.28
SD	0.12	0.12	0.11	0.13	0.13	0.11	0.09
OMNI-RES	0.48	2.28	4.20	5.86	7.24	7.79	8.40
SD	0.88	1.21	1.62	1.96	1.95	1.53	1.51

del protocolo (7 cargas) que arrojaron un total de 209 pares de puntuaciones entre la velocidad y la escala OMNI-RES fueron correlacionadas. El resultado fue significativo con un valor de  $-0.884$  ( $p = 0.0001$ ).

Posteriormente se correlacionaron ambas variables en cada valor de carga. El número de sujetos fue disminuyendo dado que no todos los sujetos pudieron alcanzar las cargas más elevadas (su 1RM fue inferior a ese valor). El análisis de la correlación de Pearson se muestra en la Tabla 2.

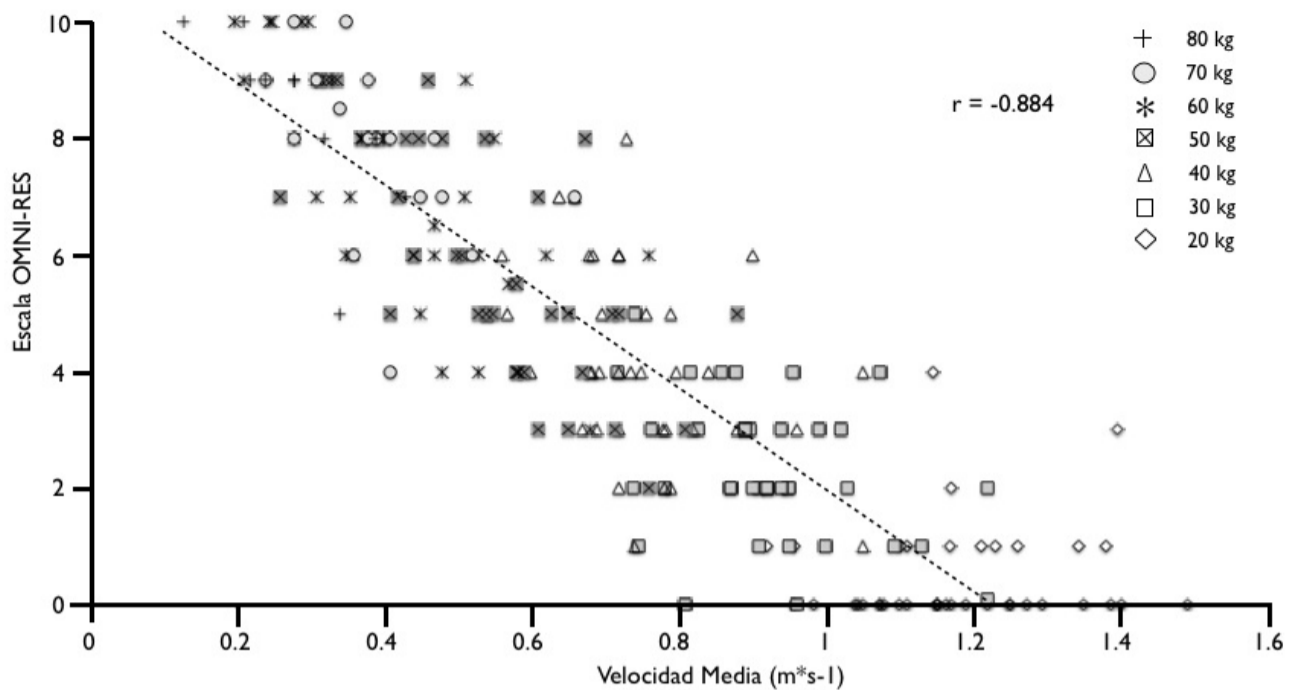
**Tabla 2:** Correlación de Pearson entre la velocidad media y las puntuaciones en la escala OMNI-RES en cada valor de carga. El número de sujetos fue descendiendo en las cargas mayores.

Carga (kg)	N	Correlación de Pearson
20	38	0.087
30	38	-0.343*
40	38	-0.407*
50	37	-0.709**
60	31	-0.725**
70	17	-0.499*
80	10	-0.703*

\*  $p < 0.05$  \*\*  $p < 0.01$

La relación lineal negativa entre ambas variables puede visualizarse en la Figura 1.

A continuación se realizó un análisis de Regresión lineal simple entre ambas variables siendo la velocidad media la variable predicha y la escala OMNI-RES la variable predictora. El coeficiente de regresión para las 209 puntuaciones fue de  $-0.884$ , por lo que se explica



**Figura 1:** Relación lineal negativa entre los valores de la escala OMNI-RES (eje y) y la velocidad media (eje x) para todas las cargas del protocolo.

un 78.1 % de la variabilidad de la velocidad por medio de la escala OMNI-RES. La ecuación de predicción que nos proporciona el análisis es la siguiente:

$$\text{Vel} = -0.91 \times \text{valor OMNI-RES} + 1.123 \text{ (ecuación 1)}$$

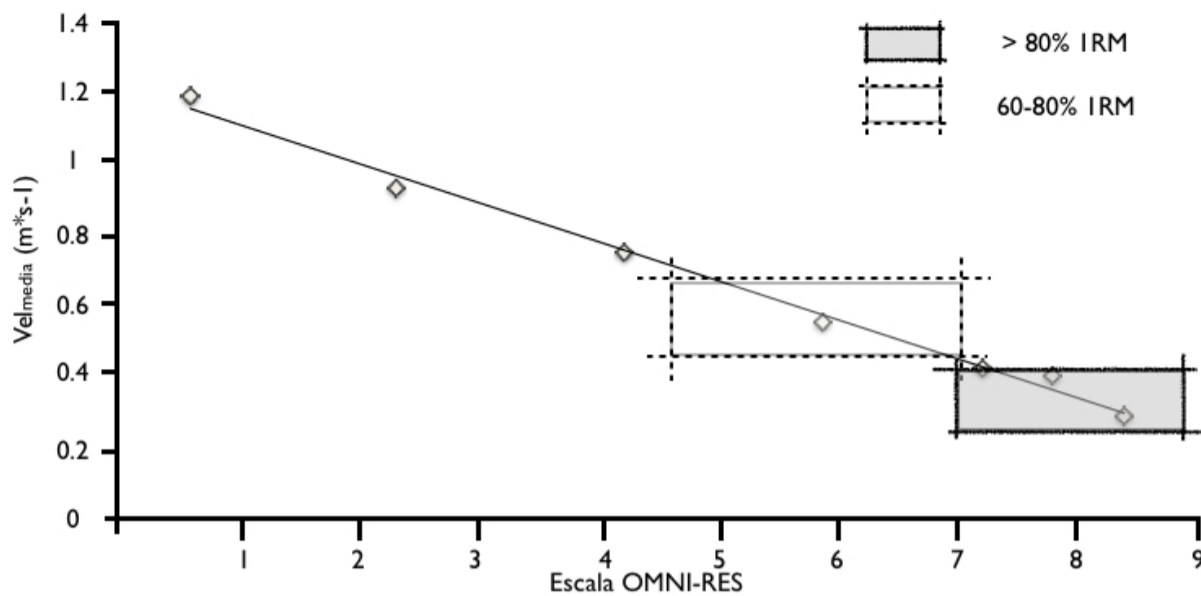
Los intervalos de confianza al 95 % para la ecuación fueron:  $\text{Vel} = (-0.84 \times \text{valor OMNI-RES}) + (1.158)$  para el límite superior y de  $\text{Vel} = -0.158 \times \text{valor OMNI-RES} + (1.087)$  para el límite inferior.

Además de considerar todas las puntuaciones de todos los sujetos conjuntamente se realizó un análisis individualizado de la relación entre ambas variables. Para cada uno de los 38 sujetos se analizaron entre 5 y 7 parejas de puntuaciones relativas a las cargas en las que se midieron ambas variables. Los resultados mostraron correlaciones que variaron entre un rango de -0.89 y -1. Los resultados fueron significativos al 1 % en 32 sujetos (representando el 84 %), significativos al 5 % en 5 sujetos (13 %) y sólo en uno (3 %) no hubo correlación significativa entre sus puntuaciones en velocidad y en la escala OMNI-RES.

En la Figura 2 se muestra un gráfico de las zonas de entrenamiento de la potencia máxima (60-80 % de la 1RM) y de la fuerza máxima (> 80 % de la 1RM) para nuestros participantes. En términos de velocidad media calculados mediante la fórmula de predicción (ecuación 1) de la  $\text{Vel}_{\text{media}}$ , se diferencian las siguientes puntuaciones de la escala OMNI-RES y su consiguiente transformación a velocidad ( $\text{m} \times \text{s}^{-1}$ ).

## Discusión

El propósito de este estudio fue analizar la relación existente entre los valores de la escala OMNI-RES y la velocidad media en un protocolo incremental de cargas en press de banca realizado en máquina Smith. Se estudiaron las correlaciones entre las cargas (7 en total) con sus correspondientes valores de la escala OMNI-RES (ver Tabla 2). Además, se realizó un análisis de la correlación de Pearson sujeto a sujeto, para comprobar la concordancia entre los valores de la escala OMNI-RES y la  $\text{Vel}_{\text{media}}$ . Posteriormente, se examinó la correlación de la  $\text{Vel}_{\text{media}}$  con las medias de las puntuaciones de la escala OMNI-RES. Finalmente, se estableció una fórmula de predicción (ecuación 1) de la velocidad media en función de los valores de la RPE mediante un análisis de regresión



**Figura 2:** Relación entre la velocidad media (eje y) y las puntuaciones de la escala OMNI-RES. Los rectángulos representan los porcentajes de cargas en función del tipo de trabajo de fuerza.

**Tabla 3:** Valores de la escala OMNI-RES y su correspondiente velocidad media predicha mediante la fórmula de predicción.

	Valor escala ONMI-RES	Velocidad Media (m x s <sup>-1</sup> )
<b>Trabajo de Potencia Máxima</b>	4 - 6	0.76 - 0.54
<b>Trabajo de Fuerza Máxima</b>	7 - 9	0.44 - 0.22

lineal simple. La ecuación de predicción de la velocidad se estableció con las velocidades medias de un rango entre 38 y 10 participantes.

Diferentes autores han correlacionado la intensidad de los ejercicios de fuerza (mediante los porcentajes de la 1RM) con los valores de la escala OMNI-RES (27, 32, 36). Nacleiro et al. (27) establecieron siete rango de porcentajes (30-40 %, 40-50 %, 50-60 %, 60-70 %, 70-80 %, 80-90 %, >90 %) de la 1RM, con un valor aproximado de la escala OMNI-RES, medido después de las 3 primeras repeticiones ( $2.2 \pm 1.2$ ,  $2.3 \pm 1.2$ ,  $2.4 \pm 1.6$ ,  $3.2 \pm 2.2$ ,  $6.8 \pm 1.0$ ,  $7.7 \pm 1.1$ ,  $8.6 \pm 0.2$ ) respectivamente. El valor de la RPE no empieza a ser discriminatorio hasta el 70-80% de la 1RM, que corresponde con un valor de RPE de  $6.8 \pm 1.0$ . Gearhart et al. (17) analizaron si mediante el uso de la escala OMNI-RES es posible controlar la intensidad de diferentes ejercicios (Press de banca, extensión de piernas, extensión de brazos) de fuerza

durante un periodo de 12 semanas de entrenamiento en personas adultas, tanto hombres como mujeres. Los resultados de este estudio mostraron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) en los valores de RPE dados a principio y al final del periodo de entrenamiento, en todos los ejercicios entrenados. A modo de conclusión, estos autores afirman que la escala OMNI-RES es sensible a los cambios de percepción subjetiva con el entrenamiento, siendo esta una buena herramienta de control del rendimiento. Los datos correspondiente a la correlación de Pearson presentados en nuestro estudio, se analizaron sujeto a sujeto para comprobar la correlación entre la  $Vel_{media}$  y los valores de la escala OMNI-RES. El rango de correlación fue muy alto ( $r = -0.88$  hasta  $r = -1$ ), presentando la mayoría de los participantes (83%) significación a nivel de  $p = 0.01$ . De forma específica, nuestros hallazgos indican que mediante el uso de este tipo de escalas, es posible la cuantificación de la intensidad del entrenamiento en el tren superior, mediante el control de la velocidad

media de ejecución.

Con el objetivo siempre presente de cuantificar la intensidad del entrenamiento en fuerza, Robertson et al. (32) establecieron diversas ecuaciones para predecir la 1RM en los ejercicios de extensiones de rodillas (ER) y curl de bíceps (CB) para niños y niñas de 10 a 14 años. Las ecuaciones propuestas por estos autores mostraron una alta correlación (rango:  $R^2 = 0.76 - 0.79$ ) con el valor de 1RM, tanto para el ejercicio de CB, como el ejercicio de ER. Wood et al. (38) demostraron en el ejercicio de ER que los valores de la percepción subjetiva del esfuerzo van aumentando conforme transcurren el entrenamiento y aumenta el número de series. Encontraron diferencias significativas no solamente entre series, si no que conforme iba aumentando el número de repeticiones en cada serie, la sensación de esfuerzo era mayor. En nuestra investigación, el valor de velocidad media en cada carga del protocolo fue correlacionado con el valor de la RPE dado por los participantes justo después de la realización de cada serie. El análisis de Pearson mostró correlaciones negativas desde la carga de 30 kg hasta los 80 kg (ver Tabla 2). Del mismo modo, la  $Vel_{media}$  de todos los pares de análisis correlacionó de forma negativa con los valores de la escala OMNI-RES ( $r = -0.884$ ). A diferencia del estudio de Nacleiro et al. (27), en nuestra investigación, los valores de la escala OMNI-RES si que discriminaron de forma efectiva la velocidad media de las cargas levantadas por los participantes. Para cada carga, los participantes discriminaron en las 3-4 repeticiones realizadas la intensidad del ejercicio. En otro estudio, Pincivero et al. (31) analizó los efectos de la intensidad de contracción voluntaria máxima sobre la RPE (CR-10) tanto en hombres como en mujeres en un ejercicio de extensión de cuádriceps en máquina isocinética. Los resultados obtenidos muestran que la RPE tiende a subestimar los valores de la máxima contracción voluntaria en cargas submáximas durante el ejercicio de extensión de rodillas realizado en máquina isocinética.

Los cambios que se producen en el rendimiento medidos con la escala OMNI-RES son más que evidentes.

A modo de resumen, el objetivo principal de nuestra investigación ha sido evaluar si la escala OMNI-RES, correlaciona de forma significativa con la  $Vel_{media}$  de desplazamiento de la barra, para poder cuantificar de este modo, la vertiente mostrada por el entrenamiento de fuerza. Para nuestro conocimiento y el de otros investigadores, la velocidad media es un buen indicativo de la orientación del entrenamiento de fuerza (18, 19, 22, 29). De forma específica, en el ejercicio de press de banca, velocidades medias de la barra de  $0.15-0.30 \text{ m} \times \text{s}^{-1}$  ( $> 80\% \text{ 1RM}$ ) se relacionan con trabajo máximos, con el objetivo de aumentar el rendimiento en la vertiente de la fuerza máxima, mientras que velocidades de  $0.5-0.7 \text{ m} \times \text{s}^{-1}$  ( $60 - 80\% \text{ 1RM}$ ) se asocian a trabajos de potencia máxima (ver Figura 2 y Tabla 3). A la luz de los resultados, la buena correlación lineal negativa ( $r = -0.884$ ) existente entre estas dos variables ( $Vel_{media}$  y valores de la escala OMNI-RES) nos han permitido la creación una ecuación predictora de la velocidad media (ecuación 1) para poder cuantificar la intensidad en las repeticiones, series y sesiones. De este modo, se podría evaluar la intensidad mediante la velocidad de ejecución sin necesidad de utilizar en cada sesión de entrenamiento un dispositivo de desplazamiento lineal.

## Aplicaciones Prácticas

Nuestros hallazgos, junto a otros estudios previos (9, 24, 27) reportan el cómo, el uso de este tipo de escalas, son efectivas para controlar de forma eficaz la intensidad en los ejercicios de fuerza. En nuestro caso, el control de la intensidad se realiza mediante el conocimiento de la velocidad media aproximada de ejecución. El uso de la escala OMNI-RES para proporciona una ayuda rápida, eficaz y operativa para el desarrollo tanto de las sesiones de fuerza, como procesos de planificación del rendimiento deportivo.

## Referencias

1. Baker D, Nance S, and Moore M. The load that maximizes the average mechanical power output during explosive bench press throws in highly trained athletes. *J Strength Cond Res* 15: 20–24, 2001.

2. Bellezza PA, Hall EE, Miller PC, and Bixby WR. The influence of exercise order on blood lactate, perceptual, and affective responses. *J Strength Cond Res* 23: 203, 2009.
3. Bird SP, Tarpenning KM, and Marino FE. Designing resistance training programmes to enhance muscular fitness: a review of the acute programme variables. *Sports Med* 35: 841-851, 2005.
4. Bosco C, Belli A, Astrua M, Tihanyi J, Pozzo R, Kellis S, Tsarpela O, Foti C, Manno R, and Tranquilli C. A dynamometer for evaluation of dynamic muscle work. *Eur J Appl Physiol* 70: 379–386, 1995.
5. Bosco C, Belli A, Astrua M, Tihanyi J, Pozzo R, Kellis S, Tsarpela O, Foti C, Manno R, and Tranquilli C. A dynamometer for evaluation of dynamic muscle work. *European journal of applied physiology and occupational physiology* 70: 379–386, 1995.
6. Cormie P, McCuigan MR, and Newton RU. Developing Maximal Neuromuscular Power. *Sports Med* 41: 17–38, 2011.
7. Coutts AJ, Rampinini E, Marcora SM, Castagna C, and Impellizzeri FM. Heart rate and blood lactate correlates of perceived exertion during small-sided soccer games. *J Sci Med Sport* 12: 79–84, 2009.
8. Cronin J, McNair PJ, and Marshall RN. Velocity specificity, combination training and sport specific tasks. *J Sci Med Sport* 4: 168–178, 2001.
9. Day ML, McGuigan MR, Brice GA, and Foster C. Monitoring work intensities during resistance training using a session RPE scale. University of Wisconsin–La Crosse, 2003.
10. De Salles BF, Maior AS, Polito M, Novaes J, Alexander J, Rhea M, and Simao R. Influence of rest interval lengths on hypotensive response after strength training sessions performed by older men. *J Strength Cond Res* 24: 3049-3054, 2010.
11. De Salles BF, Simao R, Miranda F, Novaes Jda S, Lemos A, and Willardson JM. Rest interval between sets in strength training. *Sports Med* 39: 765-777, 2009.
12. Duncan M, Al-Nakeeb Y, and Scurr J. Perceived Exertion is Related to Muscle Activity During Leg Extension Exercise. *Res Sports Med* 14: 179-189, 2006.
13. Farthing JP and Chilibeck PD. The effects of eccentric and concentric training at different velocities on muscle hypertrophy. *Eur J Appl Physiol* 89: 578–586, 2003.
14. Fleck SJ. Periodized strength training: a critical review. *J Strength Cond Res* 13: 82–89, 1999.
15. Fleck SJ and Kraemer WJ. *Designing Resistance Training Programs*. Human Kinetics, 2004.
16. Foster C, Florhaug JA, Franklin J, Gottschall L, Hrovatin LA, Parker S, Doleshal P, and Dodge C. A new approach to monitoring exercise training. *J Strength Cond Res* 15: 109–115, 2001.
17. Gearhart JR, Lagally KM, Riechman SE, Andrews RD, and Robertson RJ. Strength tracking using the omni resistance exercise scale in older men and women. *J Strength Cond Res* 23: 2009.
18. González-Badillo JJ and Sánchez-Medina L. Movement Velocity as a Measure of Loading Intensity in Resistance Training. *Int J Sports Med* 31: 347–352, 2010.
19. Haff GG, Whitley, and Potteiger. A Brief Review: Explosive Exercises and Sports Performance. *National Strength & Conditioning Association* 23: 13-20.
20. Harris NK, Cronin J, Taylor K-L, Boris J, and Sheppard J. Understanding Position Transducer Technology for Strength and Conditioning Practitioners. *Strength & Conditioning Journal* 32: 66–79, 2010.

21. Jandacka D and Vaverka F. Validity of Mechanical Power Output Measurement at Bench Press Exercise. *J Hum Kinet* 21: 33–40, 2009.
22. Kawamori N and Haff GG. The optimal training load for the development of muscular power. *J Strength Cond Res* 18: 675-684, 2004.
23. Kawamori N and Newton RU. Velocity specificity of resistance training: Actual movement velocity versus intention to move explosively. *Strength & Conditioning Journal* 28: 86, 2006.
24. Lagally KM, McCaw ST, Young GT, Medema HC, and Thomas DQ. Ratings of perceived exertion and muscle activity during the bench press exercise in recreational and novice lifters. *J Strength Cond Res* 18: 359, 2004.
25. Lagally KM and Robertson RJ. Construct validity of the omni resistance exercise scale. *J Strength Cond Res* 20: 252-256, 2006.
26. Moras G, Rodríguez-Jiménez S, Busquets A, Tous-Fajardo J, Pozzo M, and Mujika I. A metronome for controlling the mean velocity during the bench press exercise. *J Strength Cond Res* 23: 926, 2009.
27. Naclerio F, Rodríguez-Romo G, Barriopedro-Moro MI, Jiménez A, Alvar BA, and Triplett NT. Control of resistance training intensity by the Omni perceived exertion Scale. *J Strength Cond Res* 25: 1879, 2011.
28. Nakamura FY, Pereira G, Chimin P, Siqueira-Pereira TA, Simoes HG, and Bishop DJ. Estimating the perceived exertion threshold using the OMNI scale. *J Strength Cond Res* 24: 1602-1608, 2010.
29. Pereira MIR and Gomes PSC. Movement Velocity in Resistance Training. *Sports Medicine* 33: 427-438, 2003.
30. Pfeiffer KA, Pivarnik JM, Womack CJ, Reeves MJ, and Malina RM. Reliability and validity of the Borg and OMNI rating of perceived exertion scales in adolescent girls. *Med Sci Sports Exerc* 34: 2057-2061, 2002.
31. Pincivero DM, Coelho AJ, Campy RM, Salfetnikov Y, and Bright A. The effects of voluntary contraction intensity and gender on perceived exertion during isokinetic quadriceps exercise. *Eur J Appl Physiol* 84: 221-226, 2001.
32. Robertson RJ, Goss FL, Aaron DJ, Gairola A, Kowallis RA, Ying L, Randall CR, Tessmer KA, Schnorr TL, Schroeder AE, and White B. One repetition maximum prediction models for children using the omni RPE scale. *J Strength Cond Res* 22: 196-201, 2008.
33. Robertson RJ, Goss FL, Rutkowski J, Lenz B, Dixon C, Timmer J, Frazee K, Dube J, and Andreacci J. Concurrent validation of the OMNI perceived exertion scale for resistance exercise. *Med Sci Sports Exerc* 35: 333-341, 2003.
34. Rontu J-P, Hannula MI, Leskinen S, Linnamo V, and Salmi JA. One-Repetition Maximum Bench Press Performance Estimated With a New Accelerometer Method. *J Strength Cond Res* 24: 2018-2025, 2010.
35. Suzuki S, Sato T, Maeda A, and Takahashi Y. Program Design Based on A Mathematical Model Using Rating of Perceived Exertion for An Elite Japanese Sprinter: A case Study. *J Strength Cond Res* 20: 36-42, 2006.
36. Sweet TW, Foster C, McGuigan MR, and Brice G. Quantitation of resistance training using the session rating of perceived exertion method. *J Strength Cond Res* 18: 796–802, 2004.
37. Tiggemann CL, Korzenowski AL, Brentano MA, Tartaruga MP, Alberton CL, and Kruel LFM. Perceived exertion in different strength exercise loads in sedentary, active, and trained adults. *J Strength Cond Res* 24: 2032, 2010.
38. Woods S, Bridge T, Nelson D, Risse K, and Pincivero DM. The effects of rest interval length on ratings of perceived exertion during dynamic knee extension exercise. *J Strength Cond Res* 18: 540-545, 2004.



### **ESTUDIO III**

Presentación y validación concurrente de una Nueva Escala de Percepción de la Velocidad en el entrenamiento de fuerza del tren superior

### **AUTORES**

Iker Javier Bautista González  
CTS-642. IDAFS.  
*Universidad de Granada*

Ignacio Jesús Chiroso Ríos  
CTS-642. IDAFS.  
*Universidad de Granada*

Luis Javier Chiroso Ríos  
CTS-642. IDAFS.  
*Universidad de Granada*

Ignacio Martín Tamayo  
CTS-642. IDAFS.  
*Universidad de Granada*

Edward Joseph Robinson  
CTS-642. IDAFS.  
*Universidad de Granada*

Jesús Rivilla García  
Departamento  
*Universidad Politécnica de Madrid*





# Presentación y validación concurrente de una nueva escala de percepción de la velocidad en el entrenamiento de fuerza del tren superior

## ESTUDIO III

### Resumen

**Propósito:** presentar y comprobar la validez concurrente de una nueva escala de percepción de la velocidad en el ejercicio del press de banca, en una población de adultos entrenados. Todos los sujetos eran varones físicamente activos con unas características (expresadas como media  $\pm$  desviación típica) de edad, peso, y altura fueron de:  $27.52 \pm 4.74$  años,  $79.79 \pm 10.27$  kg y  $177.05 \pm 7.11$  cm, respectivamente.

**Método:** La variable criterio que fue utilizada para testar la validez de la nueva escala fue la velocidad media de ejecución en el ejercicio del press de banca. Tres intensidades (carga ligera, máxima potencia y cargas altas) se midieron de forma aleatoria durante 5 días de evaluación. La percepción subjetiva de la velocidad fue medida justo al finalizar cada serie. **Resultados:** Una correlación lineal y positiva (rango  $r = 0.69 - 0.81$ ) fue encontrada en las tres intensidades, analizadas de forma individual, entre la velocidad real ( $Vel_{real}$ ) y la velocidad percibida en la escala ( $Vel_{escala}$ ). A nivel global, las correlaciones de Pearson mostraron que conforme se usaba la escala la correlación era mayor (rango  $r = 0.88 - 0.96$ ). **Conclusiones:** Los resultados proporcionaron la validez concurrente de la nueva escala de percepción de la velocidad para cuantificar la intensidad del ejercicio del press de banca con base a la velocidad de ejecución en una muestra de adultos entrenados.

**Palabras clave:** press de banca, validación, fiabilidad.

---

### Introducción

El entrenamiento de fuerza ha sufrido una gran revolución, sobre todo de forma cualitativa gracias al avance en las nuevas tecnologías aplicadas al control del entrenamiento (Randell, Cronin, Keogh, Gill, & Pedersen, 2011). Herramientas como los dispositivos de desplazamiento lineal (LPT) y los acelerómetros han supuesto que a la hora de entrenar, se puedan cuantificar durante cada repetición variables como la velocidad, la fuerza o la potencia. Tradicionalmente, para poder cuantificar la intensidad desarrollada durante los ejercicios con resistencias externas se han utilizado índices como la carga desplazada en una repetición máxima (1RM), el porcentaje determinado de la 1RM, los descansos entre series, el número total de series y repeticiones por ejercicio (Bird, Tarpinning, & Marino, 2005; Fleck, 1999). En la pasada década, la velocidad de ejecución pasó a ocupar un papel primordial en el control del entrenamiento, y se presentó como un buen indicador de la intensidad de los ejercicios de fuerza (Kawamori & Haff, 2004; Kawamori & Newton, 2006; Pereira & Gomes., 2003; Sanchez-Medina, Perez, & Gonzalez-Badillo, 2010). La importancia de la velocidad se aprecia en el propio concepto de potencia. La potencia mecánica es definida como la fuerza multiplicada por la velocidad del movimiento. Por lo tanto, ambos componentes (fuerza y velocidad) son un binomio esencial para el entrenamiento y el desarrollo de la misma (Baker, Nance, & Moore, 2001).

Las escalas subjetivas del esfuerzo (RPE), como la escala de Borg, son un método efectivo para cuantificar y monitorizar de la intensidad de ejercicios aeróbicos,

fundamentalmente debido a la fuerte asociación existente entre esta y otras variables fisiológicas como la frecuencia cardíaca, lactato, VO<sub>2</sub>max, umbral ventilatorio y ratio respiratorio (Chen, Fan, & Moe, 2002; Gros Lambert & Mahon, 2006; Irving et al., 2006; Robertson & Noble, 1997). Para el entrenamiento de fuerza, la escala de Borg también ha sido utilizada para monitorizar la intensidad de los ejercicios, ya sea en su modalidad de 15 categorías (Gearhart, Lagally, Riechman, Andrews, & Robertson, 2009; Lagally et al., 2002; Row, Knutzen, & Skogsberg, 2012; Tiggemann et al., 2010) o en su modificación de 10 categorías (Buckley & Borg, 2011; Day, McGuigan, Brice, & Foster, 2003). Numerosas investigaciones (Buckley & Borg, 2011; Lagally et al., 2002; Lagally & Robertson, 2006) han demostrado la fuerte asociación entre la escala de Borg y índices de intensidad como la actividad mioeléctrica, la carga total y los porcentajes de la 1RM, sugiriendo que el uso de esta escala es efectiva para prescribir intensidades en los ejercicios con resistencias externas. Row et al. (2012) analizaron la posibilidad de utilizar la RPE para predecir un rango de trabajo adecuado de intensidad para el trabajo de potencia en personas mayores en el ejercicio del press de piernas. Los autores concluyeron que gracias a la fuerte relación entre la carga y la RPE, es posible la autorregulación de las cargas para el trabajo de potencia.

Robertson et al. (2003) desarrollaron y validaron el uso de la escala OMNI-RES, para ser usada por personas adultas (masculinas y femeninas) en ejercicios que comprendían tanto que del tren inferior como del tren superior. Como variables criterio para realizar la validación de esta escala, los investigadores utilizaron el peso total levantado (W<sub>ttot</sub>) y la concentración de lactato [H<sub>la</sub>]. La correlación positiva existente del W<sub>ttot</sub> y H<sub>la</sub> en los diferentes ejercicios realizados demostraron la validez de esta escala para ser usada por atletas recreacionales, tanto mujeres como hombres, en ejercicios basados en resistencias externas. El uso de la escala OMNI-RES para el entrenamiento de la fuerza con niños (10 a 14 años) fue validado por Robertson et al. (2005). La fuerte

asociación (curl bíceps [BC] = 0.87 y extensión de rodillas [KE] = 0.80) entre W<sub>ttot</sub> y los ejercicios del BC y KE, demostraron la validez de esta escala para ser usada, en una población de escolares, en ejercicios con resistencias externas. Lagally & Robertson (2006) compararon la escala OMNI-RES con la escala de Borg (6 – 20) usando esta última como variable criterio. Los resultados de esta investigación mostraron una fuerte correlación positiva (rango de r = 0.94 hasta 0.97) entre la escala OMNI-RES y la escala de Borg en el ejercicio de extensión de rodillas. De esta forma, los autores demostraron la validez y precisión de la escala OMNI-RES para poder ser utilizada en ejercicios con resistencias externas, de la misma forma que la escala de Borg, sin perder precisión en la prescripción de la intensidad.

La velocidad con la que se realicen las repeticiones afectará las adaptaciones específicas que nuestro organismo producirá, tanto a nivel neural, metabólico (Buitrago, Wirtz, Yue, Kleinöder, & Mester, 2012) como a nivel hipertrófico (Housh, Housh, Johnson, & Chu, 1992). Una investigación reciente de Buitrago et al. (2012) demostraron que para una carga dada, la velocidad de ejecución determinará el número total de repeticiones realizadas. Aunque los mencionados autores concluyen que es necesario más investigación sobre los mecanismos que envuelven el control de la velocidad con determinadas cargas. Uno de los debates más interesantes con respecto a la velocidad de ejecución se centra en la intención de desplazar explosivamente una carga vs el control del desplazamiento de la barra. Fielding et al. (2002) compararon dos grupos de sujetos, los cuales desplazaban el mismo porcentaje de magnitud externa (un 70 % RM), en cambio ambos grupos diferían en la velocidad de desplazamiento de la barra. A uno de los grupos se le pidió que enfatizaran en el movimiento de la barra para conseguir grandes aceleraciones, es decir, movimientos explosivos. Mientras que el otro grupo, realizaron las repeticiones con una velocidad controlada. Tras 12 semanas de entrenamiento a razón de 3 entrenamientos por semana en los ejercicios del press de piernas y extensión de rodillas, los autores

concluyeron que los incrementos en el valor de la 1RM fueron similares en ambos grupos, en cambio en el ejercicio del press de piernas, el grupo que entrenó enfatizando la explosividad en la velocidad de ejecución mejoró significativamente la potencia en un amplio abanico de cargas (desde el 40 hasta el 90 % de la 1RM).

Por todo lo comentado anteriormente, la velocidad de ejecución es un magnífico indicativo de la intensidad del ejercicio. A pesar de ello, no existe ninguna escala subjetiva que trate de controlar la velocidad. Por lo tanto, el propósito principal de esta investigación fue presentar el proceso de creación de una nueva escala de la velocidad, además de examinar la validez de una nueva escala de percepción de la velocidad para el entrenamiento de la fuerza del tren superior, concretamente para el ejercicio del press de banca. Dos hipótesis fueron testadas: (a) se esperó que tras una sesión de familiarización usando un dispositivo de desplazamiento lineal para proporcionar un feedback de la velocidad, los participantes del estudio pudieran predecir la velocidad media de ejecución de la barra usando la nueva escala de percepción de la velocidad; y (b) la predicción de la velocidad de la barra usando la nueva escala de percepción mejoraría con el uso de la misma.

## Método

### Instrumentación

#### Nueva escala de Percepción de la Velocidad

Se ha creado y diseñado una nueva escala de percepción de la velocidad. El objetivo principal de esta escala es la identificación de forma subjetiva aquellos valores de velocidad con la que el deportista levanta la barra en el ejercicio del press de banca. Para ello la escala posee las siguientes características:

**Rango de valores numéricos.** Los rangos numéricos de la nueva escala comprenden desde 1.6 hasta 0.1  $\text{m x s}^{-1}$ . Estos valores corresponden a la velocidad máxima media encontrada durante la realización de diferentes pruebas exploratorias en el ejercicio del press de banca. Los intervalos entre los valores numéricos

se fijaron en 0.15  $\text{m x s}^{-1}$  ya que cuando se producen incrementos de cargas de 10 kg durante los protocolos incrementales, las diferencias de velocidades entre cargas es de aproximadamente  $0.1 \pm 0.05 \text{ m x s}^{-1}$ .

**Valores cualitativos.** La escala, además de los valores numéricos, posee 5 valores cualitativos, los cuales son: Muy Rápido, Rápido, Medio, Lento y Muy Lento. El procedimiento de ubicación de estos valores cualitativos dentro de la escala se llevó a cabo mediante la realización de un protocolo de cargas, en donde a los sujetos, después de desplazar una carga, se le preguntó por estos valores cualitativos. La media y desviación típica de la velocidad media de las 10 evaluaciones efectuadas sirvieron para ubicar en un punto en concreto los valores cualitativos dentro de la escala.

### Procedimiento de la RPE

La percepción subjetiva de esfuerzo fue registrada en cada una de las cargas realizadas mediante la nueva escala de percepción de la velocidad. Las instrucciones estándares de la nueva escala de percepción de la velocidad fueron leídas antes de cada serie. Estas instrucciones fueron adaptadas del proceder de la escala OMNI-RES (Robertson et al., 2003). Las instrucciones de la escala comprendían: (a) definición de la percepción subjetiva, (b) significado de los valores de la nueva escala de percepción de la velocidad, e (c) identificación de los valores máximos y mínimos desarrollados por cada sujeto en el protocolo incremental de cargas.

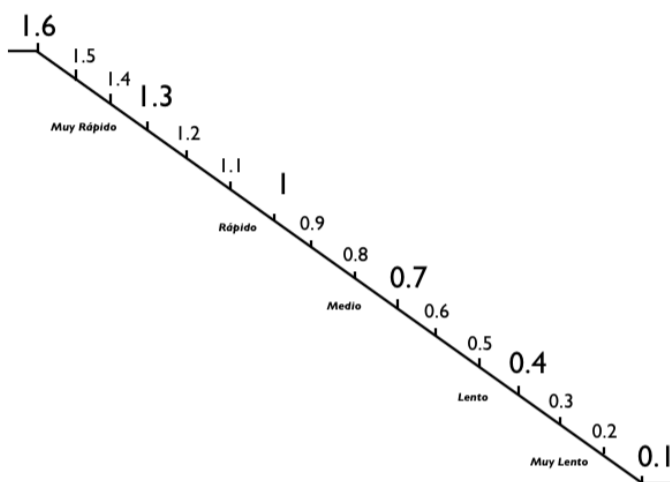
#### Instrucciones:

(a) **Definición de percepción subjetiva.** La percepción subjetiva del esfuerzo se define como la sensación de estrés, cansancio o disconfor experimentado durante la realización de las diferentes series de trabajo.

(b) **Significado de los valores de la escala.** Los valores de la escala corresponden a la velocidad media (en  $\text{m x s}^{-1}$ ) que usted va a desarrollar durante la

realización de toda la prueba.

(c) **Identificación de los valores mínimos y máximo.** A continuación se le va a mostrar una escala en donde se representan los valores de velocidad media. Nos gustaría que se fijase en el valor máximo y mínimo que usted desarrolló durante la realización del protocolo incremental. Posteriormente a cada serie, usted debe de señalar y decir el valor de la escala que crea más conveniente, en función de la velocidad que crea que haya desarrollado.



**Figura 1:** Nueva escala de percepción subjetiva de la velocidad.

## Sujetos

Veintiún ( $n = 21$ ) sujetos varones participaron de forma voluntaria en esta investigación. Las características (expresadas como media  $\pm$  desviación típica) de la edad, peso, y altura fueron de:  $27.52 \pm 4.74$  años,  $79.79 \pm 10.27$  kg y  $177.05 \pm 7.11$  cm, respectivamente. Los participantes pertenecían al Servicio de Inteligencia del Ejército Español. Todos los sujetos realizaban ejercicios con resistencias externas, al menos 3 veces por semana, en el último año a la realización de la investigación. Como criterio de inclusión para formar parte del estudio, los sujetos debían tener un ratio  $PC/RM \geq 1$ . Durante la realización de la investigación se pidió a los sujetos: (a) que no realizaran ejercicios aeróbicos o de resistencias externas y (b) que no tomaran cafeína o cualquier sustancia dopante. Todas las series se llevaron a cabo en la misma franja horaria pero separadas entre sí, por

un periodo de 48 – 72 h. Los riesgos y beneficios de la investigación fueron explicados. Todos los participantes firmaron un consentimiento informado para tomar parte del estudio. Esta investigación fue aprobada por el comité ético de la Universidad de Granada.

## Diseño experimental

El modelo experimental en este estudio consistió en 3 etapas: Informativo, familiarización, evaluación de las cargas correspondientes para testar la nueva escala de percepción de la velocidad.

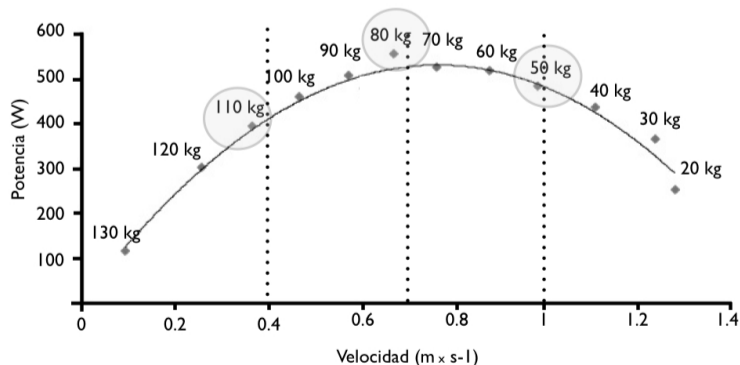
**Etapa Informativa.** Durante la primera sesión se explicó el procedimiento a realizar, se firmaron los consentimientos informados, además de tomarse los datos antropométricos.

**Etapa de familiarización.** Todos los sujetos realizaron un protocolo incremental de cargas hasta llegar a la 1RM. El protocolo comenzó con una carga inicial de 20 kg. Se produjeron aumentos progresivos de cargas de 10 kg (cuando la velocidad de ejecución era mayor a  $0.5 \text{ m} \times \text{s}^{-1}$ ) y aumentos de cargas de 5 kg (cuando la velocidad de ejecución era inferior a  $0.5 \text{ m} \times \text{s}^{-1}$ ). De 3 a 5 minutos de descanso fueron dejados entre cada serie del protocolo incremental, para evitar que el efecto de la fatiga neural afectaran a los resultados. Todos los sujetos realizaron un total de 1 a 4 repeticiones. Posteriormente a la realización de cada serie, se proporcionó un feedback de la velocidad media de ejecución de la repetición máxima y mínima de esa serie. En ese mismo instante, el sujeto debía de identificar y señalar el valor de velocidad correspondiente en la nueva escala de percepción de la velocidad (ver Figura 1).

**Etapa de evaluación de las cargas correspondientes a la curva de potencia.** Se realizaron un total de 5 evaluaciones en días diferentes. Entre las sesiones de evaluación se dejaron de 24 – 72 horas de diferencia. Se eligieron 3 cargas (ligera, media y alta) a evaluar en cada sujeto. La elección de las cargas se llevó a cabo mediante el criterio

de la curva de potencia de cada uno de los sujetos (ver Figura 2). La carga ligera, correspondía a una velocidad de la barra superior a  $1 \text{ m} \times \text{s}^{-1}$ . La carga media, correspondía a velocidades de la barra entre  $0.6 - 0.7 \text{ m} \times \text{s}^{-1}$ , mientras que la carga alta, la velocidad de la barra debía de ser inferior a  $0.4 \text{ m} \times \text{s}^{-1}$ . De este modo, aunque la resistencia externa (carga [kg]) fue diferente en cada sujeto, la intensidad (medida con la velocidad [ $\text{m} \times \text{s}^{-1}$ ]) fue la misma.

El orden de realización de cada una de las tres cargas fue aleatorizado. Cada sujeto realizó tres series de 4-2 repeticiones con 5 minutos de descanso entre cada serie. Durante la realización de las series, el sujeto no conocía la carga que iba a desplazar. Para ello, cada sujeto salió de la sala para la colocación de la carga correspondiente en el banco de evaluación. Una vez colocada la carga, el sujeto con los ojos cerrados, fue acompañado al banco para su correcta colocación. Se usó un oclisor parcial de la visión lateral (ver Figura 3) para evitar que viera la carga durante las repeticiones. Posteriormente a cada serie, el sujeto debía identificar y señalar el valor percibido de la velocidad en la escala, basándose en su percepción subjetiva. Durante la realización de las series aleatorias a cada sujeto se le proporcionó el valor mínimo y máximo de la velocidad realizada durante el protocolo incremental, siguiendo el procedimiento de memoria – afianzamiento (Lagally & Costigan, 2004). La correlación entre la RPE (nueva escala de percepción de la velocidad) y la velocidad media (como variable criterio) fueron calculadas para establecer la validez de la nueva escala.



**Figura 2:** Ejemplo de curva de potencia para la selección de las cargas durante las diferentes series.



**Figura 3:** Oclisor parcial de la visión lateral para evitar que los sujetos vieran la carga durante la realización de las series.

### Análisis de los datos

Los datos descriptivos para las variables perceptuales y de velocidad fueron expresados como media  $\pm$  desviación típica. La validación de la escala fue determinada mediante un análisis de correlación y de regresión lineal simple entre la velocidad percibida (percepción en la nueva escala) y la velocidad media de ejecución (variable criterio). Se realizó un ANOVA de medidas repetidas (día  $\times$  intensidad) de las diferencias (diferencias =  $Vel_{escala} - Vel_{real}$ ). Las diferencias significativas se establecieron al nivel de  $p \leq 0.05$ . Todos los análisis fueron realizados en el paquete estadístico SPSS v.20.

### Resultados

En la Tabla 1 se muestran los datos descriptivos, expresado como media (desviación típica), de la  $Vel_{real}$  y de los valores de velocidad percibidos en la  $Vel_{escala}$  para las tres intensidades analizadas (cargas ligeras [CL], máxima potencia [MP] y cargas altas [CA]).

Los resultados de la correlación de Pearson entre la  $Vel_{real}$  y la  $Vel_{escala}$ , en las tres intensidades analizadas (CL, MP y CA), se resumen en la Tabla 2.

En la Tabla 3 se muestra el análisis de correlación de Pearson entre la  $Vel_{real}$  y la  $Vel_{escala}$  en todas las intensidades analizadas de forma conjunta.

El análisis de regresión lineal simple entre la  $Vel_{real}$

**Tabla 1:** Valores descriptivos, media (SD) de la velocidad real ( $Vel_{real}$ ) y la velocidad subjetiva percibida en la escala ( $Vel_{escala}$ ) en las tres intensidades analizadas

	Carga Ligera (CL)		Máxima Potencia (MP)		Cargas Altas (CA)	
	$Vel_{real}$	$Vel_{escala}$	$Vel_{real}$	$Vel_{escala}$	$Vel_{real}$	$Vel_{escala}$
<b>Toma 1</b>	1.023 (0.18)	1.161 (0.25)	0.696 (0.11)	0.823 (0.24)	0.477 (0.12)	0.465 (0.19)
<b>Toma 2</b>	1.037 (0.15)	1.039 (0.21)	0.691 (0.10)	0.653 (0.19)	0.507 (0.15)	0.448 (0.14)
<b>Toma 3</b>	0.998 (0.15)	1.010 (0.19)	0.683 (0.09)	0.626 (0.16)	0.480 (0.11)	0.392 (0.11)
<b>Toma 4</b>	1.004 (0.14)	1.087 (0.17)	0.710 (0.13)	0.708 (0.18)	0.482 (0.11)	0.417 (0.14)
<b>Toma 5</b>	0.993 (0.11)	1.062 (0.16)	0.685 (0.11)	0.646 (0.15)	0.453 (0.10)	0.416 (0.12)

**Tabla 2:** Coeficiente de correlación de Pearson entre la la velocidad real ( $Vel_{real}$ ) y la velocidad subjetiva percibida en la escala ( $Vel_{escala}$ ) en las tres intensidades analizadas

	Carga Ligera (CL)		Máxima Potencia (MP)		Cargas Altas (CA)	
	<b>r</b>	<b>r<sup>2</sup></b>	<b>r</b>	<b>r<sup>2</sup></b>	<b>r</b>	<b>r<sup>2</sup></b>
<b>Toma 1</b>	0.66**	0.44	0.78**	0.61	0.72 **	0.52
<b>Toma 2</b>	0.66**	0.44	0.68**	0.46	0.73 **	0.53
<b>Toma 3</b>	0.62**	0.38	0.74**	0.55	0.73 **	0.53
<b>Toma 4</b>	0.77**	0.59	0.81**	0.66	0.78**	0.61
<b>Toma 5</b>	0.85**	0.72	0.78**	0.61	0.75 **	0.56

\*\* =  $p < 0.01$

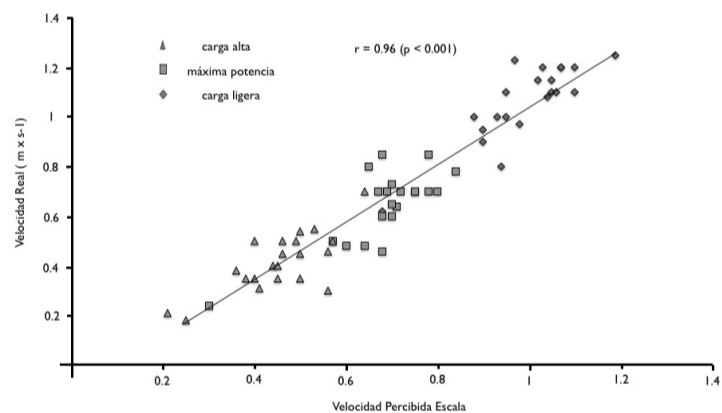
**Tabla 3:** Correlación de Pearson entre la velocidad real ( $Vel_{real}$ ) y la velocidad subjetiva percibida en la escala ( $Vel_{escala}$ ) en todas las intensidades analizadas (carga ligera, máxima potencia y cargas altas).

	Correlaciones Totales	
	<b>r</b>	<b>r<sup>2</sup></b>
<b>Toma 1</b>	0.88**	0.77
<b>Toma 2</b>	0.90**	0.81
<b>Toma 3</b>	0.92**	0.85
<b>Toma 4</b>	0.95**	0.90
<b>Toma 5</b>	0.96**	0.92

\*\* =  $p < 0.01$

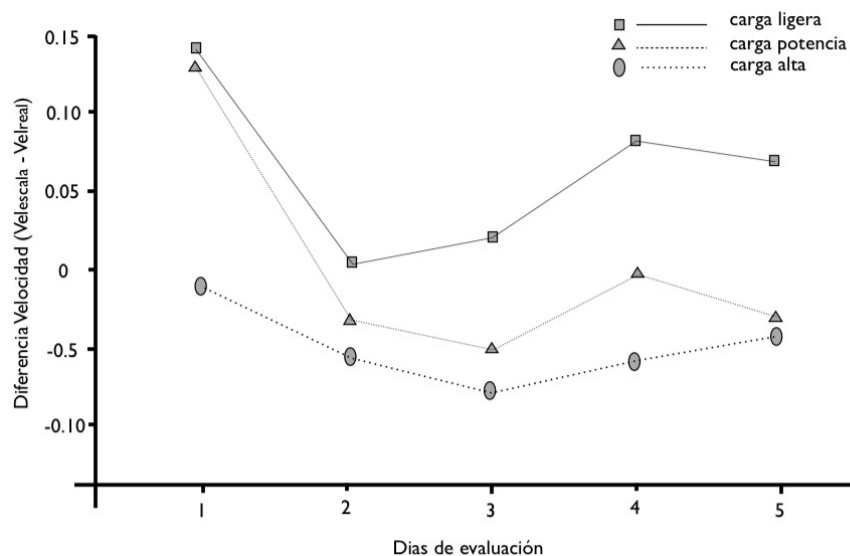
y la  $Vel_{escala}$  correspondiente a la última toma, se muestra en la Figura 4.

A nivel general, el ANOVA de medidas repetidas mostró diferencias significativas en el día ( $F[7.266]$ , 4,  $p = 0.000$ ) y la intensidad ( $F[32.095]$ , 2,  $p = 0.000$ ), no mostrando diferencias significativa en la interacción día x intensidad ( $F[1.590]$ , 8,  $p = 0.132$ ). El post Hoc



**Figura 4:** Análisis de regresión lineal simple entre la velocidad real ( $m \times s^{-1}$ ) y la velocidad percibida en la escala ( $Vel_{escala}$ ) en las tres intensidades analizadas.

de Bonferroni mostró diferencias significativas para los resultados del día 1 con el día 3 ( $p = 0.017$ ). En la Figura 5 se pueden observar las diferencias entre la  $Vel_{escala} - Vel_{real}$  en los 5 días de evaluación.



**Figura 5:** Análisis de regresión lineal simple entre la velocidad real ( $m \times s^{-1}$ ) y la velocidad percibida en la escala ( $Vel_{escala}$ ) en las tres intensidades analizadas.

## Discusión

El objetivo principal de esta investigación fue la presentación de una nueva escala de percepción de la velocidad. Como apoyo científico a la presentación se examinó la validez concurrente la nueva escala para cuantificar la intensidad del ejercicio del press de banca. Se estableció como variable criterio la  $Vel_{real}$ , que fue medida con un dispositivo de desplazamiento lineal. A nivel general (a) se esperó que la  $Vel_{escala}$  se distribuyera como una función lineal positiva con la  $Vel_{real}$ . A nivel específico (b) se esperó que la  $Vel_{escala}$ , en cada una de las intensidades medidas, se distribuyera como una función lineal positiva con la  $Vel_{real}$ , pudiéndose distinguir las diferentes intensidades realizadas. Los hallazgos de esta investigación apoyan cada una de las expectativas propuestas.

**Validez concurrente:  $Vel_{real}$  en las diferentes intensidades.** En el presente trabajo, la  $Vel_{real}$  fue considerada como variable criterio para cuantificar la intensidad del ejercicio. Diferentes autores (Sanchez-Medina et al., 2010) han propuesto la velocidad como una medida efectiva para cuantificar la intensidad del ejercicio. Los resultados obtenidos en esta investigación muestran, por un lado, que la velocidad percibida en la escala correlacionó de forma lineal positiva con la velocidad real con un rango de  $r = 0.62 - 0.85$ . En el análisis individual por intensidades (ver Tabla

2) se observó que en las intensidades de la máxima potencia y cargas altas fueron donde se encontraron los mayores valores de correlación de Pearson. En cambio, en las cargas ligeras fue donde se localizaron los valores más bajos. Una posible explicación al hecho de encontrar algunos coeficientes de correlación tan bajos puede ser debido a la homogeneidad de la muestra utilizada para evaluar la escala. Aunque todos los coeficientes derivados del análisis de correlación mostraron diferencias significativas al nivel de  $p \leq 0.01$ . Lagally et al. (2002) analizaron la RPE en diferentes ejercicios de fuerza (entre ellos, el press de banca) en dos intensidades diferentes (30 y 90% de la 1RM). Los resultados de este estudio mostraron que conforme aumentaba la intensidad del ejercicio aumentaba la RPE. El ANOVA de medidas repetidas mostró diferencias significativas ( $F[32.095]$ , 2,  $p = 0.000$ ) entre las diferentes intensidades analizadas. Este hecho demuestra que la nueva escala de percepción de la velocidad es sensible a los cambios producidos por la intensidad del ejercicio. La validez concurrente de otras escalas como la OMNI-RES de Robertson et al. (2003) fue llevada a cabo mediante la utilización de dos variables criterio (la carga total desplazada y el lactato). Los coeficientes de correlación de Pearson (rango  $r = 0.71 - 0.91$  y  $r = 0.87$ ) mostraron una gran correlación entre la carga total desplazada, el lactato y la RPE, respectivamente. Sin embargo, la



comparación entre el presente y el resto de trabajos se hace complicada, puesto que en ningún estudio se ha utilizado la  $Vel_{real}$  como variable criterio para medir la intensidad del ejercicio.

#### **Validez concurrente: $Vel_{real}$ a nivel global.**

La lineal y positiva correlación entre la  $Vel_{real}$  y la  $Vel_{escala}$  cuando los datos se analizan en global (ver Tabla 3) nos lleva a la idea de que la nueva escala de percepción de la velocidad es un método efectivo para discriminar la velocidad media real realizada en el ejercicio del press de banca. Además, este hecho queda corroborado en el ANOVA de medidas repetidas, puesto que no se encontraron diferencias significativas en la interacción día x intensidad ( $F[1.590]$ , 8,  $p = 0.132$ ). En la Tabla 3 podemos observar que, a medida que se utilizó la nueva escala de percepción de la velocidad, los coeficientes de correlación de Pearson aumentaron de una  $r = 0.88$  hasta una  $r = 0.96$ . En la Figura 4 se observan la diferencia entre la  $Vel_{escala} - Vel_{real}$ . Los valores más distantes del punto 0 indican un mal ajuste entre lo percibido y lo real, mientras que valores más cercanos a 0, indican que el ajuste en la percepción es el adecuado. A nivel general, la dinámica de las tres intensidades tiende a converger en valores cercano al punto 0. Mientras que a nivel específico, observamos que la intensidad en la máxima potencia es la más precisa de las tres intensidades, las intensidades en las cargas altas y ligeras se tienden a subestimar y sobreestimar respectivamente. El estudio realizado por Pincivero, Coelho, Campy, Salfetnikov, & Bright (2001) reveló que la RPE se tiende a subestimar en la realización de ejercicios submáximos. Aunque este estudio fue llevado a cabo mediante la utilización de material isocinético para la evaluación del ejercicio de extensión de cuádriceps.

Cabe mencionar la dificultad de comparar los diversos estudios que ha realizado la validación de la escala OMNI-RES con los resultados de nuestra investigación, puesto que las variables criterio utilizada para testar la validez de estos estudios han sido el lactato y el porcentaje de carga total (Robertson et al., 2003; Robertson et al., 2005) o la propia escala CR10 de Borg (Lagally

& Robertson, 2006). La variable criterio utilizada para testar la validez en la presente investigación fue la velocidad real de cada una de las repeticiones y series obtenidas mediante un dispositivo de desplazamiento lineal. Puesto que la nueva escala propuesta trata de medir la velocidad media de ejecución de la barra, tenemos el mejor “gold estándar” posible para evaluar la validez.

## **Conclusiones**

La percepción subjetiva de la velocidad en la nueva escala se distribuyó de forma lineal y positiva con la velocidad real ejecutada durante las tres intensidades analizadas. De forma global, se encontraron grandes correlaciones entre la  $Vel_{real}$  y  $Vel_{escala}$ . Estos coeficientes de correlación aumentaron conforme pasaron las sesiones. Los resultados obtenidos en esta investigación aportan la validez concurrente de la nueva escala de percepción de la velocidad para ser usada como medio para cuantificar la intensidad en el ejercicio del press de banca en una población de adultos entrenados.

## **Aplicaciones prácticas**

Una vez demostrada la validez de la nueva escala de percepción de la velocidad para monitorizar la intensidad realizada durante el ejercicio del press de banca en adultos entrenados, entrenadores y deportistas pueden entrenar con base en el concepto de velocidad como variable para cuantificar la intensidad del ejercicio sin necesidad de disponer un dispositivo de desplazamiento lineal. De esta forma, la nueva escala de percepción de la velocidad puede ser una herramienta complementaria a otros tipos de escalas de percepción como la escala de Borg de 15 categorías o la escala OMNI-RES. La utilización habitual de la nueva escala de percepción de la velocidad en el entrenamiento con resistencias externas, proporciona al deportista un feedback continuo de la velocidad de ejecución en cada una de las repeticiones y series realizadas, en especial, con las cargas de potencia máxima, objetivo fundamental del entrenamiento deportivo.

## Referencias

1. Baker, D., Nance, S., & Moore, M. (2001). The load that maximizes the average mechanical power output during explosive bench press throws in highly trained athletes. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *15*(1), 20–24.
2. Bird, S. P., Tarpenning, K. M., & Marino, F. E. (2005). Designing resistance training programmes to enhance muscular fitness: a review of the acute programme variables. *Sports Medicine*, *35*(10), 841–851.
3. Buckley, J. P., & Borg, G. A. V. (2011). Borg's scales in strength training; from theory to practice in young and older adults. *Applied physiology, nutrition, and metabolism*, *36*(5), 682–692.
4. Buitrago, S., Wirtz, N., Yue, Z., Kleinöder, H., & Mester, J. (2012). Mechanical load and physiological responses of four different resistance training methods in bench press exercise. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *112*(7), 2739–2748.
5. Chen, M. J., Fan, X., & Moe, S. T. (2002). Criterion-related validity of the Borg ratings of perceived exertion scale in healthy individuals: a meta-analysis. *Journal of Sports Sciences*, *20*(11), 873–899.
6. Day, M. L., McGuigan, M., Brice, G., & Foster, C. (2003). Monitoring work intensities during resistance training using a session RPE scale. University of Wisconsin–La Crosse.
7. Fielding, R. A., LeBrasseur, N. K., Cuoco, A., Bean, J., Mizer, K., & Fiatarone Singh, M. A. (2002). High-velocity resistance training increases skeletal muscle peak power in older women. *Journal of the American Geriatrics Society*, *50*(4), 655–662.
8. Fleck, S. J. (1999). Periodized strength training: a critical review. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *13*(1), 82–89.
9. Gearhart, J., Lagally, K. M., Riechman, S. E., Andrews, R. D., & Robertson, R. J. (2009). Strength tracking using the omni resistance exercise scale in older men and women. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *23*(3), 1011–1015.
10. Gros Lambert, A., & Mahon, A. D. (2006). Perceived exertion?: influence of age and cognitive development. *Sports Medicine*, *36*(11), 911–928.
11. Housh, D. J., Housh, T. J., Johnson, G. O., & Chu, W. K. (1992). Hypertrophic response to unilateral concentric isokinetic resistance training. *Journal of Applied Physiology*, *73*(1), 65–70.
12. Irving, B. A., Rutkowski, J., Brock, D. W., Davis, C. K., Barrett, E. J., Gaesser, G. A., & Weltman, A. (2006). Comparison of Borg and OMNI-RPE as markers of the blood lactate response to exercise. *Medicine & science in sports & exercise*, *38*(7), 1348–1352.
13. Kawamori, N., & Haff, G. G. (2004). The optimal training load for the development of muscular power. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *18*(3), 675.
14. Kawamori, N., & Newton, R. U. (2006). Velocity specificity of resistance training: Actual movement velocity versus intention to move explosively. *Strength & Conditioning Journal*, *28*(2), 86.
15. Lagally, K. M., & Costigan, E. M. (2004). Anchoring procedures in reliability of ratings of perceived exertion during resistance exercise. *Perceptual & Motor Skills*, *98*, 1285–1295.
16. Lagally, K. M., & Robertson, R. J. (2006). Construct validity of the omni resistance exercise scale. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *20*(2), 252–256.
17. Lagally, K. M., Robertson, R. J., Gallagher, K. I., Goss, F. L., Jakicic, J. M., Lephart, S. M., McCaw, S. T., et al. (2002). Perceived exertion, electromyography, and blood lactate during acute bouts of resistance exercise. *Medicine & science in sports & exercise*, *34*(3), 552–559.

18. Pereira M.I.R., & Gomes P.S.C. (2003). Movement Velocity in Resistance Training. *Sports Medicine*, 33(6), 427–438.
19. Pincivero, D. M., Coelho, A. J., Campy, R. M., Salfetnikov, Y., & Bright, A. (2001). The effects of voluntary contraction intensity and gender on perceived exertion during isokinetic quadriceps exercise. *European Journal of Applied Physiology*, 84(3), 221–226.
20. Randell, A. D., Cronin, J. B., Keogh, J. W., Gill, N. D., & Pedersen, M. C. (2011). Reliability of performance velocity for jump squats under feedback and nonfeedback conditions. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 25(12), 3514–3518.
21. Robertson, R. J., & Noble, B. J. (1997). Perception of physical exertion: methods, mediators, and applications. *Exercise & Sport Sciences Reviews*, 25, 407–452.
22. Robertson, R.J., Goss, F. L., Rutkowski, J., Lenz, B., Dixon, C., Timmer, J., Frazee, K., Dube, J., & Andreacii, J. (2003). Concurrent validation of the OMNI perceived exertion scale for resistance exercise. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 35(2), 333–341.
23. Robertson, Robert J., Goss, F. L., Andreacci, J. L., Dube, J. J., Rutkowski, J. J., Frazee, K., Aaron, D. J., Metz, K., Kowallis, R. A., & Snee, B. M. (2005). Validation of the Children's OMNI-Resistance Exercise Scale of Perceived Exertion. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 37(5), 819–826.
24. Row, B. S., Knutzen, K. M., & Skogsberg, N. J. (2012). Regulating explosive resistance training intensity using the rating of perceived exertion. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 26(3), 664–671.
25. Sanchez-Medina, L., Perez, C. E., & Gonzalez-Badillo, J. J. (2010). Importance of the Propulsive Phase in Strength Assessment. *International Journal of Sports Medicine*, 31(2), 123–129.
26. Tiggemann, C. L., Korzenowski, A. L., Brentano, M. A., Tartaruga, M. P., Alberton, C. L., & Kruegel, L. F. M. (2010). Perceived exertion in different strength exercise loads in sedentary, active, and trained adults. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(8), 2032.

## **COMPLEMENTO I**

Proceso de creación de la Nueva Escala de Percepción de la Velocidad



# Proceso de construcción de la nueva escala de percepción de la velocidad subjetiva

## COMPLEMENTO

### **Introducción**

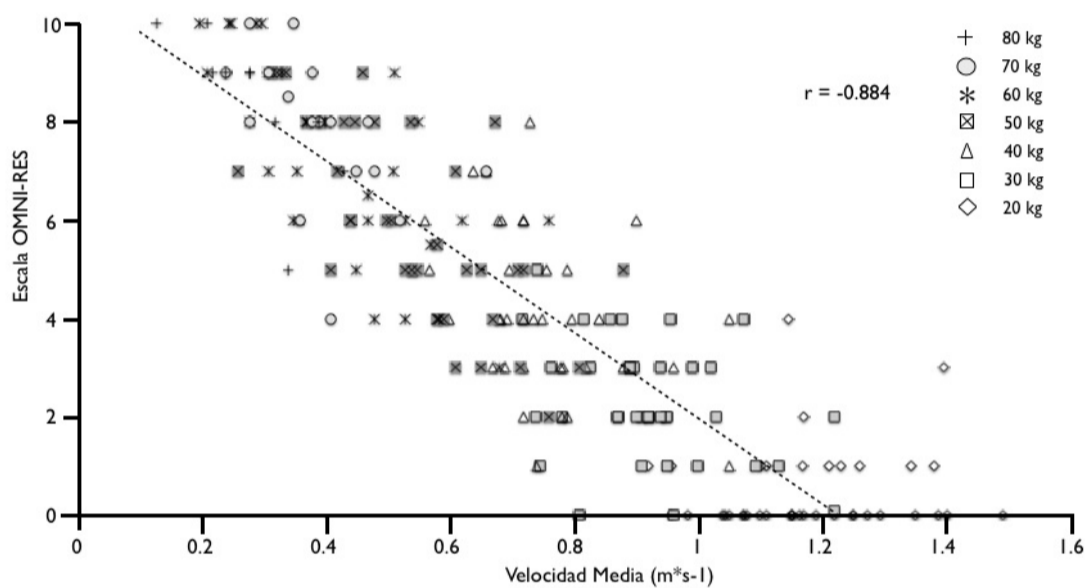
Este capítulo tiene como objetivo servir de guía/explicación al proceso de creación de la nueva escala de percepción de la velocidad. Se realizará un recorrido descriptivo por todos los pasos que fueron llevados a cabo desde el origen de la idea, hasta la versión definitiva de la escala de percepción de la velocidad.

### **Observación**

La idea de ser capaces de percibir subjetivamente la velocidad nace gracias a la observación de multitud de evaluaciones. Los evaluadores, al realizar tantas mediciones (en este caso, en el ejercicio del press de banca) fuimos capaces de que antes de que el Dispositivo de Desplazamiento Lineal (sus siglas en inglés, LPT) diera el valor de velocidad, predecirlo con un margen de error escaso. De este modo, pensamos que sería conveniente realizar un análisis de correlación de Pearson, para comprobar la correlación existente entre ambas variables (Percepción del Esfuerzo [medida con la escala OMNI-RES] y velocidad media [medida con un LPT]).

## Análisis de los Datos

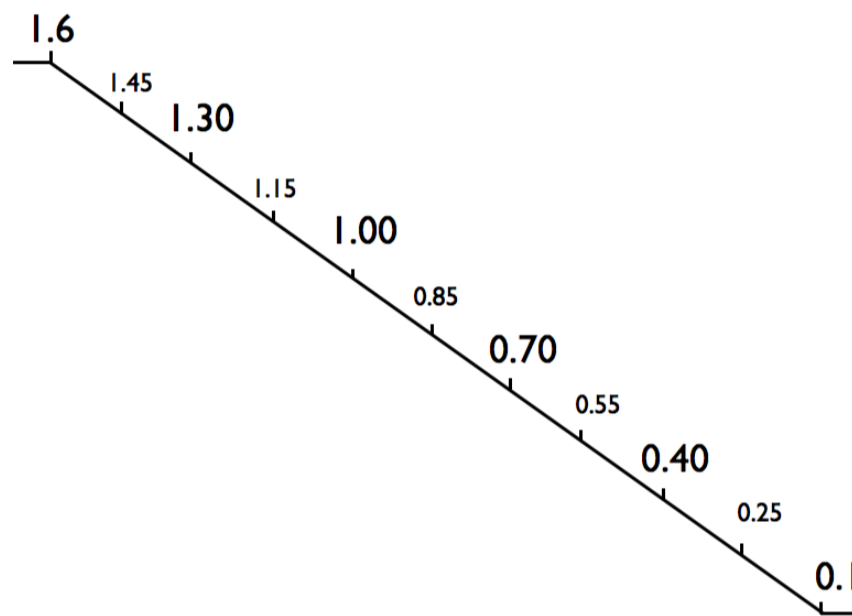
Como resultado de estos análisis comentados anteriormente, nació el estudio n°2. Donde pudimos corroborar que, los valores proporcionados de la escala OMNI-RES se pueden utilizar para predecir la velocidad media de ejecución en el ejercicio del press de banca. De esta forma, podemos controlar de una forma más real (basándonos en la velocidad media) la intensidad del entrenamiento. De una de las gráficas de este mismo trabajo (Figura 1), nació la idea de generar una escala de percepción de la velocidad. En el eje x de esta misma figura, se puede ver el “germen” de la nueva escala. Posteriormente, se decidió probar dicha escala y ver, si efectivamente, si los deportistas evaluados era capaces de percibir un valor de velocidad de ejecución.



**Figura 1:** Figura 1 del Estudio II. Del eje x de esta Figura nació la idea de crear una nueva escala de percepción de la Velocidad

## Escala Original

La nueva escala de percepción de la velocidad había nacido. Se le dio forma, además se decidió añadirle diferentes colores y una serie de ítems cualitativos, con el fin de ser capaces de discriminar las diferentes velocidades ejecutadas.



**Figura 2:** Escala original



## Ítems Cualitativos

Se añadieron 5 ítems cualitativos a la escala. Estos eran: Muy Rápido, Rápido, Medio, Lento y Muy Lento. Para colocar estos ítems dentro de la escala, se decidió llevar a cabo un proyecto piloto, en donde se realizaron 10 evaluaciones de un protocolo incremental de cargas en press de banca. Los participantes realizaron un total de 5 cargas realizadas en un orden aleatorio. Posteriormente a la realización de cada serie, a los sujetos se les preguntó sobre que eligieran uno de los 5 ítems propuestos (ver Figura 3). Al finalizar la sesión de evaluación, se procedió al análisis de los datos en donde se asignó un valor cuantitativo a los 5 valores cualitativos propuestos. De las cinco cargas evaluadas y tras la recogida de los datos de velocidad de ejecución, se procedió a calcular la media y la desviación de los datos (ver Tabla 1).

**MUY RÁPIDO**

**RÁPIDO**

**MEDIO**

**LENTO**

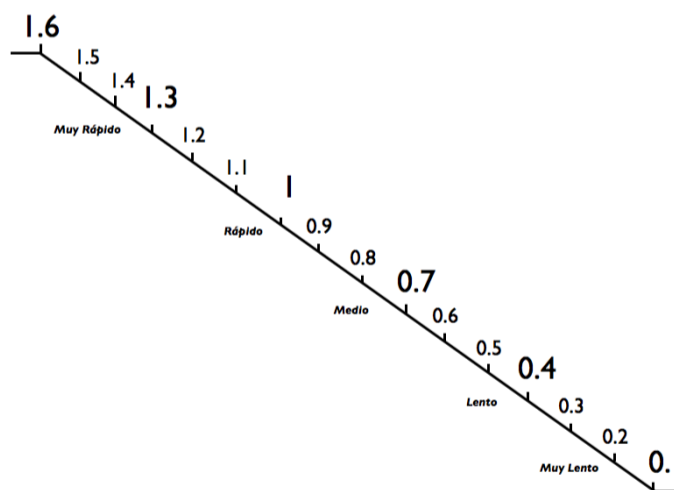
**MUY LENTO**

**Figura 3:** Ítems cualitativos

Por lo tanto, la ubicación de los ítems cualitativos fue en relación a los datos de velocidad media y la percepción en la escala cualitativa. Por ejemplo, el ítem 1 (muy rápido) la media y desviación de la velocidad fue  $1.3 \pm 0.2 \text{ m x s}^{-1}$ . Los datos de la media y desviación se muestran en la siguiente Tabla.

**Tabla 1:** Estadística descriptiva de la velocidad media (media y desviación típica) de los 5 ítems de la escala cualitativa.

	Muy Rápido	Rápido	Medio	Lento	Muy Lento
<b>S1</b>	1.14	1.09	0.9	0.45	0.35
<b>S2</b>	1.19	1	0.72	0.31	0.2
<b>S3</b>	1.02	0.78	0.6	0.5	0.21
<b>S4</b>	1.13	0.91	0.73	0.35	0.24
<b>S5</b>	1.32	0.95	0.77	0.59	0.4
<b>S6</b>	1.52	1.23	0.92	0.65	0.15
<b>S7</b>	1.25	0.99	0.72	0.55	0.4
<b>S8</b>	1.37	1.05	0.87	0.51	0.32
<b>S9</b>	1.15	0.85	0.56	0.45	0.17
<b>S10</b>	1.46	1.23	0.93	0.48	0.4
<b>MEDIA</b>	1.26	1.01	0.77	0.48	0.28
<b>SD</b>	0.16	0.15	0.13	0.10	0.10



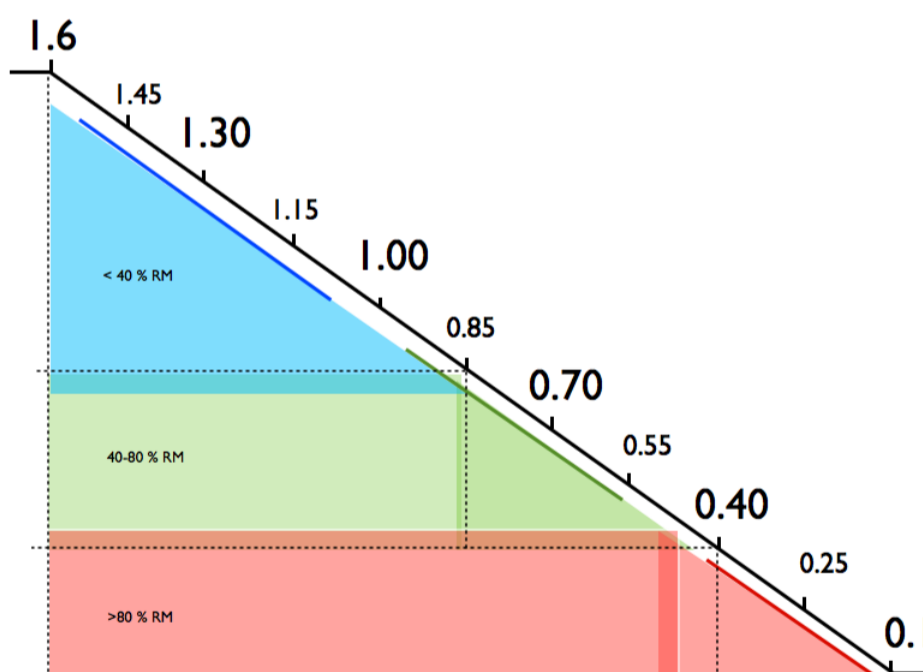
**Figura 4:** Escala final sin color añadiendo los ítems cualitativos

Durante las diferentes sesiones de evaluación, nació la idea de añadir una escala cromática para de este modo poder identificar mejor los diferentes rangos de velocidades. Como la velocidad de ejecución es dependiente de la carga total (kg), se añadieron 3 colores diferentes, con 2 zonas de transición entre los tres colores. Estas zonas representan un porcentaje determinado de la carga, en la cual se maximiza el trabajo de potencia, o de cargas altas.

Los datos relativos a la comparación de las dos escala (con color y sin color) fueron recogidos, aunque no se han analizado para la presente Tesis Doctoral.

## Color

Para poder identificar de una forma más precisa de las diferentes zonas de entrenamiento (ver aproximación terminológica), se decidió añadir a la escala tres colores. La subdivisión de los colores fue con base en las diferentes zonas de entrenamiento de la fuerza (trabajo con cargas ligeras, cercano a la máxima velocidad; trabajo con cargas de potencia, concretamente, en el ejercicio del press de banca, esta zona se sitúa entre el 40 - 80 % de la 1RM, en términos de velocidad de trabajo aproximadamente entre  $0.5 - 0.7 \text{ m} \times \text{s}^{-1}$ ; y trabajo con cargas altas, con cargas superiores al 80 % de la 1RM o velocidades de ejecución menores a  $0.4 \text{ m} \times \text{s}^{-1}$ . También existe una zonas de transición entre las diferentes zonas de trabajo propuestas, que se representan en la escala por tener un color difuso.



**Figura 5:** Escala original añadiendo colores a las diferentes zonas de trabajo de la fuerza

La construcción de la escala mediante esta forma, nos asegura que ninguno de las partes que la conforman, está sujeta al azahar.

## **COMPLEMENTO II**

Manual de usuario de la Nueva Escala de Percepción de la Velocidad



# APLICACIONES PRÁCTICAS

## MANUAL

### Introducción

Para utilizar de forma correcta la nueva escala de percepción de la velocidad es necesario seguir por parte de los deportista una serie de recomendaciones que se resumirán en el siguiente apartado.

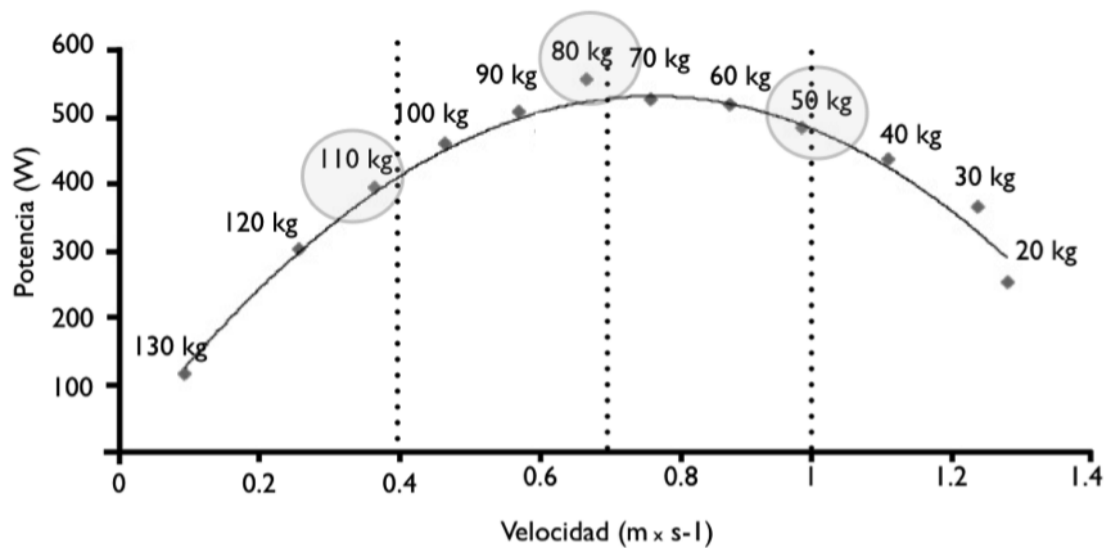
### Sesiones de Familiarización

Puesto que la escala mide de forma específica y subjetiva la percepción de la velocidad media de ejecución del ejercicio del press de banca, es decir, un valor del que no estamos habituados a trabajar de forma específica en las diferentes sesiones de entrenamiento, la realización de unas sesiones de familiarización utilizando un dispositivo de desplazamiento lineal son necesarias. Para realizar estas sesiones de familiarización, se recomienda encarecidamente la realización de un protocolo incremental de cargas hasta llegar al valor de la 1RM. De este modo, por un lado, nos aseguramos el conocimiento de todo el rango de velocidades/carga que estamos desarrollando en el ejercicio. Por otro lado, este protocolo incremental nos servirá como sesión de familiarización con la unidad de medida de la velocidad, en este caso, metros x segundos.

Durante la realización del protocolo incremental de cargas, los siguientes pasos serían aconsejables:

- Mostrar el valor de velocidad media desarrollado por el deportista durante la realización de cada serie del protocolo. Además, como parte del proceso de enseñanza de la nueva escala, sería recomendable que el deportista identificara el valor dentro de la nueva escala.
- Una vez finalizado el protocolo incremental, se debe recordar al deportista el valor máximo y mínimo de velocidad media desarrollado durante el protocolo incremental.
- Explicar la funcionalidad de la escala y los diferentes rangos de velocidad que se pueden desarrollar. Es decir, cuanto mayor sea la carga, menor velocidad de ejecución se obtendrá y viceversa.

Una vez realizado el protocolo incremental de cargas y tras un descanso superior a 10 minutos, sería recomendable la realización de una serie, con tres o cuatro cargas aleatorias, sin proporcionar el feedback de la velocidad obtenido con el dispositivo de desplazamiento lineal. Para una correcta elección de las cargas aleatorias sería recomendable basarse en la curva Carga/Potencia de cada deportista, como se muestra en la siguiente Figura. De esta forma, nos estamos asegurando que el deportista es capaz de percibir y diferenciar las diferentes zonas de entrenamiento.



**Figura 1:** Selección de las cargas en función de la velocidad media de ejecución.

Sería recomendable repetir la realización de esta serie aleatoria tantas veces como se considere necesario. Se puede variar la carga y el número de repeticiones. Si fuera necesario, durante las sucesivas repeticiones de las series aleatorias, una vez que el deportista haya proporcionado el valor de velocidad subjetiva percibido, se puede facilitar el valor de velocidad real. De este modo, el deportista puede ajustar de forma precisa la percepción de la velocidad media.

### ¿Cómo testar la precisión de nuestro deportista a la hora de percibir la velocidad subjetiva?

Una vez hemos realizado los pasos descritos en el punto 1, con unos sencillos análisis estadísticos podremos comprobar en que grado nuestro deportista es capaz de percibir las sensaciones de velocidad desarrolladas.

La aplicación para el móvil creada, te calcula de forma automática los gráficos de dispersión y la recta de regresión, a la par del coeficiente de correlación entre los valores de la escala percibidos y los valores reales de la velocidad media desarrollados.

Los pasos para analizar la precisión con la que nuestros deportistas son capaces de percibir la velocidad media de ejecución son los siguientes:

#### *Cálculo del coeficiente de correlación:*

1. Abrir un hoja de cálculo
2. Colocar en una columna [velocidad real] y en la contigua [velocidad escala] para cada una de las intensidades testadas.
3. Tres filas más abajo [=coefi.correlación] y seleccionamos por una lado la columna [velocidad real] y por otro lado, seleccionamos la columna[velocidad escala].

4. De esta forma obtendremos el valor  $r$  del coeficiente de correlación de Pearson.

5. Si colocamos los valores de velocidad real y velocidad escala en cada fila, y realizamos los pasos correspondientes desde el punto 3, obtendremos el coeficiente de correlación de Pearson para todo el rango de intensidades.

### ***Generación de gráficos:***

Para la generación de los gráficos:

1. Seleccionaremos los valores de la columna [velocidad real] y posteriormente los valores de la columna [velocidad escala].

2. Le daremos a gráficos - Diagrama de Dispersión - Estilo de Gráficos - F(x).

3. De esta forma, obtendremos la recta de regresión de cada una de las intensidades.

4. Para obtener el gráfico de todo el espectro de cargas evaluadas, podremos los datos de la velocidad real y velocidad escala en filas.

5. Seguiremos los mismos pasos desde el punto 2

## **Interpretación de los datos**

El proceso estadístico seguido es el cálculo del coeficiente de correlación de Pearson. Este coeficiente se puede definir como un índice que puede utilizarse para medir el grado de relación de dos variables siempre y cuando ambas sean cuantitativas.

Los valores que se pueden obtener de este índice son entre -1 y 1, considerándose estas relaciones perfectas (ya sean a nivel positivo o negativo). Mientras que los valores más próximos a 0, indicaran ausencia de relación lineal entre variables.

Como el “gold standart”, es decir, la variable criterio que estamos midiendo es la velocidad media de ejecución, obtenida mediante la utilización del dispositivo de desplazamiento lineal, cuanto más se acerque el coeficiente de correlación al valor de  $r = 1$ , mayor será el grado en el que nuestro deportista discrimina, de una forma efectiva, la velocidad media de ejecución. Aunque según Hopkins (2010) una correlación por encima de 0.90 se considera casi perfecta. Valores de correlación entre 0.7 y 0.89 se consideran correlación muy grandes, y valores del coeficiente de correlación entre 0.5 y 0.69 son considerados como correlaciones grandes.



## **Instrucciones verbales de la nueva escala de percepción de la velocidad**

Las instrucciones verbales que el entrenador debe de proporcionar al deportista cuando se enfrenta al proceso de aprendizaje de la nueva escala de percepción de la velocidad deben de ser las siguientes:

A continuación vas a realizar un protocolo incremental de cargas. En cada una de las cargas realizaras un número determinado de repeticiones ejecutándolas siempre a la máxima velocidad y explosividad. Al término de cada serie, se te proporcionará el valor de velocidad media real realizado. Es importantes que recuerdes la sensación de la velocidad y su valor asociado. Posteriormente, dirás y señalaras con el dedo el valor correspondiente dentro de la escala de percepción de la velocidad.

Posteriormente a la realización del protocolo incremental de cargas, ejecutarás unas series aleatorias sin feedback verbal de la velocidad. El valor máximo y mínimo de velocidad que desarrollaste durante el protocolo incremental se te será dado. Justo después a la realización de cada una de las series, deberás decir y señalar el valor percibido de la velocidad de ejecución.

## **Ventajas del uso de la nueva escala de percepción de la velocidad**

Una de las principales ventajas que supone el hecho de entrenar con la Nueva Escala de Percepción de la velocidad es en relación con el conocimiento de las percepciones que nuestro cuerpo emite. Resulta fundamental en el entrenamiento de cualquier disciplina deportiva ser capaces de escuchar y sobre todo, de entender lo que nuestro cuerpo nos dice. Por un lado, el entrenamiento con base en la Nueva Escala de Percepción de la Velocidad cumple este objetivo, haciendo al deportista partícipe en la selección del número de repeticiones y/o series que es capaz de realizar. Por otro lado, a diferencia de otras escalas subjetivas para evaluar la intensidad en los ejercicios con resistencias externas, la escala aquí propuesta centra su atención en el desarrollo de una de las capacidades más determinantes en cualquier disciplina deportiva, es decir, la producción de potencia.

### **COMPLEMENTO III**

Aplicación móvil de la Nueva Escala de Percepción de la Velocidad



# APLICACIONES PRÁCTICAS

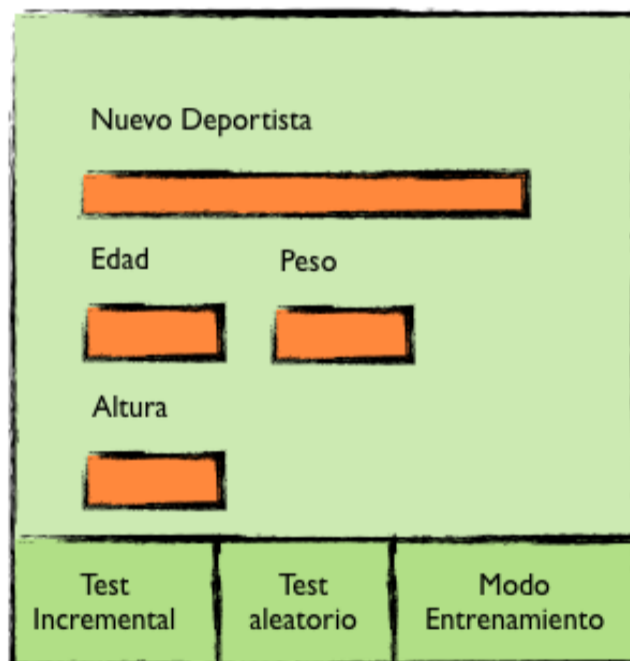
## APLICACIÓN MÓVIL

### Introducción

De las investigaciones realizadas a lo largo de la presente tesis doctoral y como aplicación práctica de la misma, se está desarrollando un software que tiene como objetivo principal ayudar en el proceso de monitorización de la fuerza y potencia mediante la nueva escala de percepción de la velocidad. Este capítulo tiene como objetivo principal el describir el funcionamiento y aplicaciones de este nuevo software.

### Explicación del Software

El programa consta de varias partes claramente diferenciadas. En la primera pestaña aparecerá un registro básico del deportista que está utilizando la aplicación (ver Figura 1).



The image shows a mobile application registration screen titled "Nuevo Deportista". It features a light green background. At the top, there is a title "Nuevo Deportista". Below the title, there are four orange input fields: a long one for a name, and three smaller ones for "Edad", "Peso", and "Altura". At the bottom, there are three green buttons labeled "Test Incremental", "Test aleatorio", and "Modo Entrenamiento".

**Figura 1:** Pantalla inicial de registro del deportista.

A su vez, esta pantalla tiene 3 subpestañas, las cuales guiarán al deportista por los diferentes apartados del software.

La pestaña TEST INCREMENTAL consta de varias casillas que el deportista deberá desarrollar una vez acabado el test incremental de cargas. Dichas casillas corresponden a (ver Figura 2):

- Velocidad Máxima = Velocidad Media con la carga más ligera.
- Velocidad Mínima = Velocidad Media con la carga más alta.

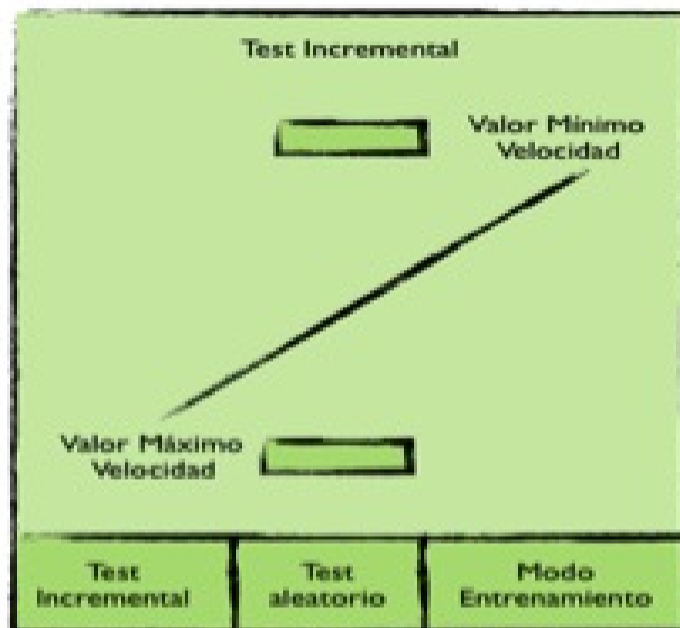


Figura 2: Pantalla del test incremental.

La pestaña TEST ALEATORIO consta de 3 pantallas diferentes. En la primera pantalla (ver Figura 3) el deportista o entrenador deberá introducir los datos de la velocidad real (obtenida por medio del encoder) en cada una de las cargas testadas (carga ligera = velocidades superiores a  $1 \text{ m x s}^{-1}$ ; máxima potencia = carga correspondiente a una velocidad de  $0.7 \text{ m x s}^{-1}$ ; cargas altas = carga correspondiente a una velocidad inferior a  $0.4 \text{ m x s}^{-1}$ ). En esa misma pantalla aparecerán los coeficientes de correlación de Pearson.

Test Aleatorio

**Carga Ligera**

vel real    vel escala    Coef. Correlación

**Carga Potencia**

vel real    vel escala    Coef. Correlación

**Carga Alta**

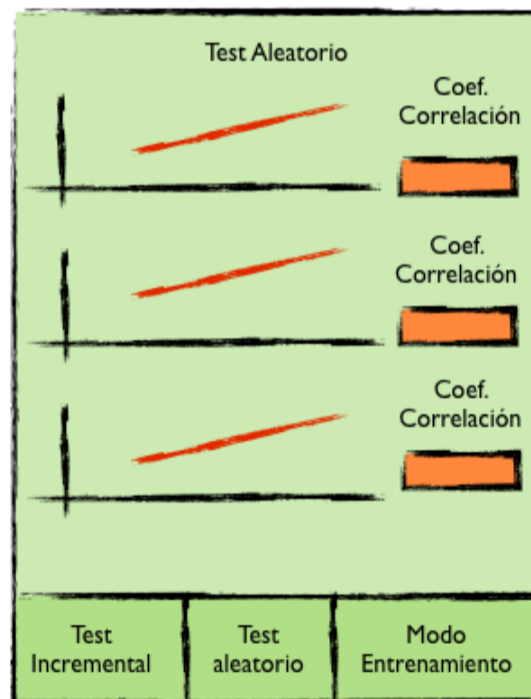
vel real    vel escala    Coef. Correlación

Test Incremental	Test aleatorio	Modo Entrenamiento
------------------	----------------	--------------------

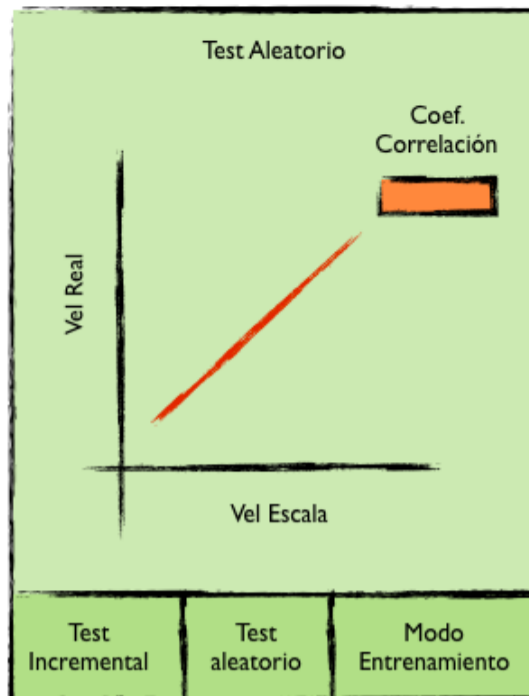
**Figura 3:** Pantalla en donde ingresar los valores de velocidad real y percibida en los test de cargas de orden aleatorio.

En la pantalla siguiente (ver Figura 4) aparecerán los gráficos de dispersión parciales de la percepción de la velocidad en las diferentes cargas testadas.



**Figura 4:** Gráficos de dispersión generados por los test de cargas de orden aleatorio.

Por último, en la siguiente pantalla (ver Figura 5) aparecerán los gráficos de dispersión totales de la percepción de la velocidad en todo el espectro de cargas testado.



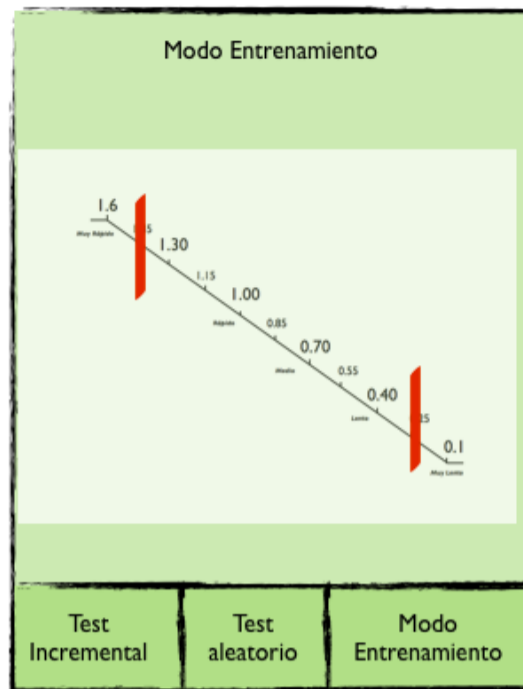
**Figura 5:** Gráfico de dispersión del total de las cargas evaluadas.

La pestaña MODO ENTRENAMIENTO consta de 3 pantallas diferentes. En la primera pantalla (ver Figura 6) el deportista o entrenador deberá introducir los datos relativos a las siguientes variables:

- Valor Medio de la Velocidad en la Máxima Carga
- Valor Medio de la Velocidad en la Carga más Baja
- Rango de Movimiento medio en todos las cargas (de forma aproximada).

**Figura 6:** Pantalla donde ingresar los valores máximos y mínimos, además del rango de movimiento (ROM).

La siguiente pantalla del MODO ENTRENAMIENTO (ver Figura 7) aparecerá la nueva escala de percepción de la velocidad con los valores mínimos y máximos de velocidad de cada sujeto desarrollado en el protocolo incremental.



**Figura 7:** Nueva Escala de Percepción de la Velocidad con los rangos máximos y mínimos de cada deportista.

Por último, en el MODO ENTRENAMIENTO aparecerá una barra, simulando una maquina Smith, y una serie de valores de velocidad que se pueden programar en función de nuestras exigencias. De este modo, si nuestro entrenamiento del día es con base en la potencia máxima y sabiendo que por ejemplo, nuestra máxima potencia se encuentra a una velocidad de  $0.75 \text{ m} \times \text{s}^{-1}$ , la barra se moverá a dicha velocidad, además de emitir dos señales acústicas diferentes en función de la velocidad programada.

## Beneficios del uso del software

La principal ventaja del uso de este software radica en el hecho de que podemos realizar tantas repeticiones a una velocidad media predeterminada en función de nuestras posibilidades. En el momento que el ritmo de la emisión de sonidos no corresponda con la velocidad que estamos ejecutando en cada repetición, el deportista deberá detener la serie.





## **FUTURAS INVESTIGACIONES**



# FUTURAS INVESTIGACIONES

## COMPLEMENTO

De la presente Tesis Doctoral ha nacido una línea de trabajo apasionante debido a la gran aplicación práctica que supone la aportación del trabajo aquí desarrollado. Por un lado, tras la escala presentada en este estudio, nace la necesidad de realizar los mismos análisis para diferentes ejercicios como la sentadilla o las acciones de tracción, como el remo. Como hemos explicado a lo largo de la presente Tesis Doctoral, tenemos la idea de que realmente, lo que somos capaces de sentir no es una determinada velocidad u otra, si no la mejor relación de la carga con la velocidad, es decir, la potencia. Por lo tanto, se hace necesario comprobar este hecho, ya no sólo en el tren superior (acciones de tracción y empuje), si no en ejercicios que envuelvan el tren inferior (sentadilla, media sentadilla y arrancada).

Por otro lado, de los estudios aquí presentados ha nacido una nueva escala de percepción de la velocidad. En el Estudio III hemos realizado el proceso de validación y fiabilidad de la misma. Pero para tener un mayor conocimiento del cómo de efectiva es esta escala, resulta imprescindible, poder realizar diferentes entrenamientos longitudinales monitorizados con la escala, comprobando de este modo, la eficacia de la misma.

Por último, creemos que el entrenamiento con esta escala en procesos de recuperación de lesiones podría ayudar a mejorar los diferentes estadios de la rehabilitación. Por lo tanto, sería necesario comprobar el cómo se percibe la velocidad de ejecución de cualquier movimiento con gente que sufre lesiones y se están rehabilitando.



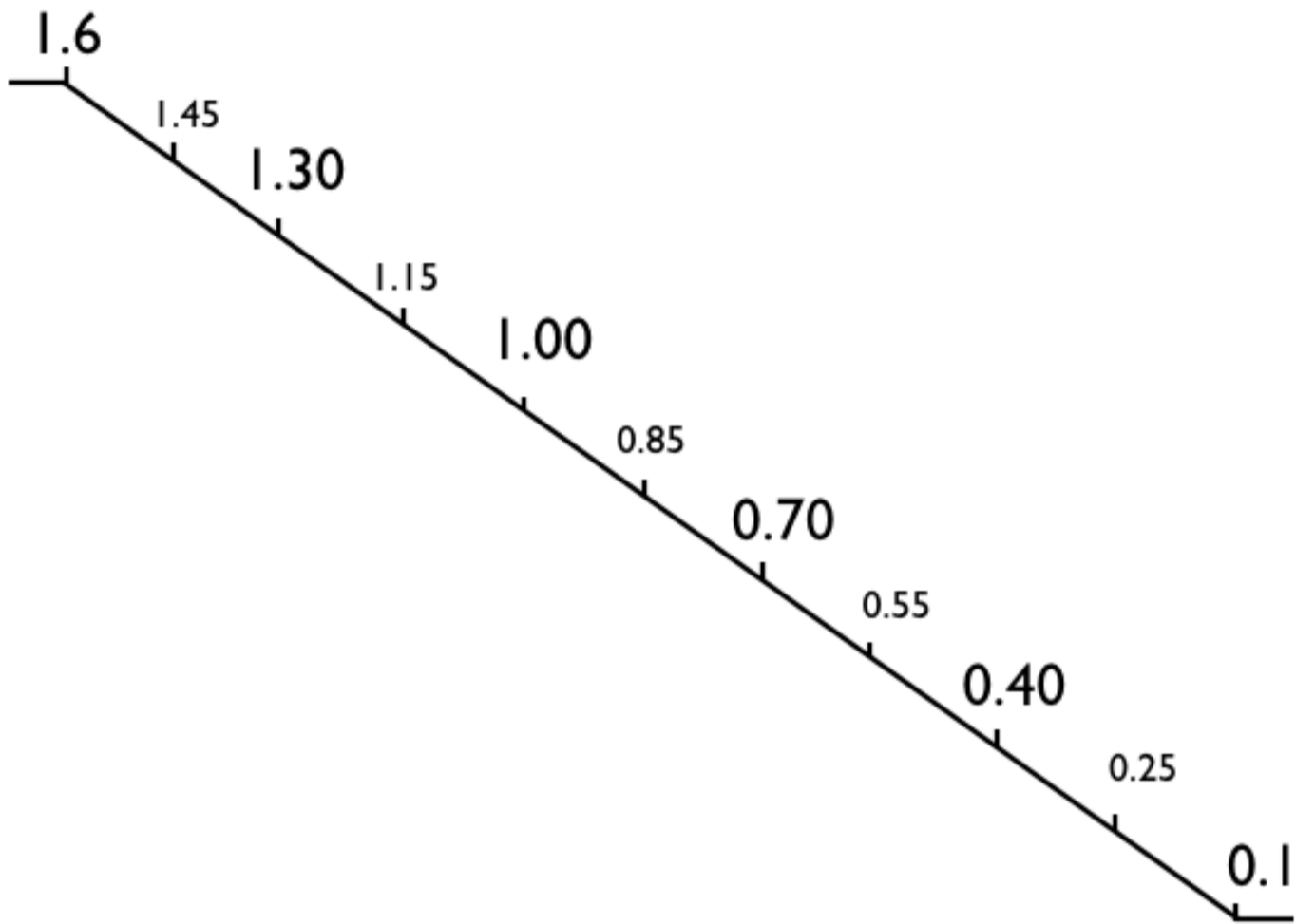
## ANEXOS

Escala Original  
Escala Cualitativa  
Escala con Color  
Escala Definitiva  
Consentimiento Informado.  
Estudio I [versión en inglés]  
Estudio II [versión en inglés]  
Estudio III [versión en inglés]



# Anexos

## COMPLEMENTO



**Figura 1:** Nueva escala de percepción de la velocidad Original





Muy Rápido

Rápido

Medio

Lento

Muy Lento

Figura 2: Escala cualitativa



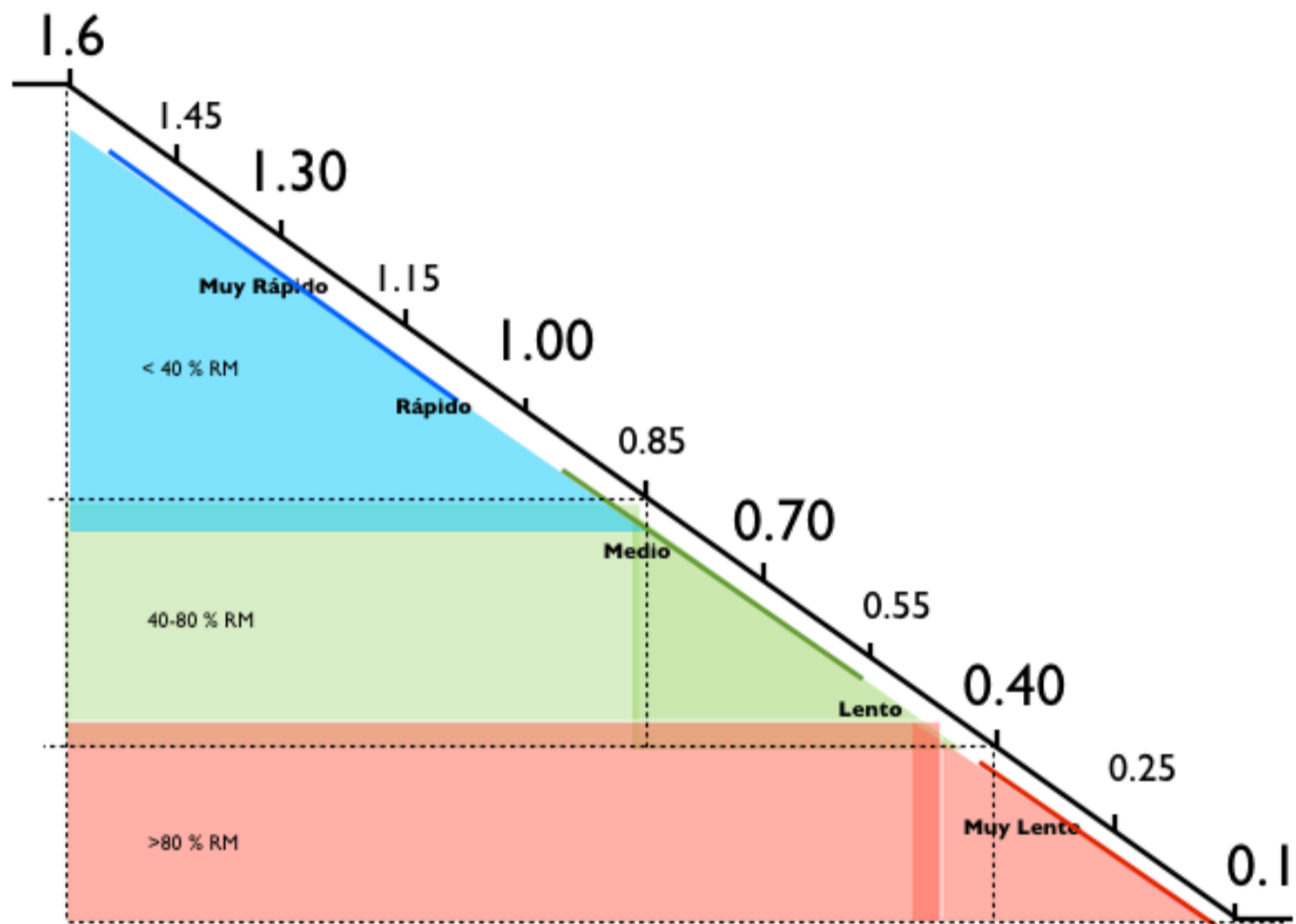


Figura 3: Nueva escala de percepción de la velocidad Definitiva



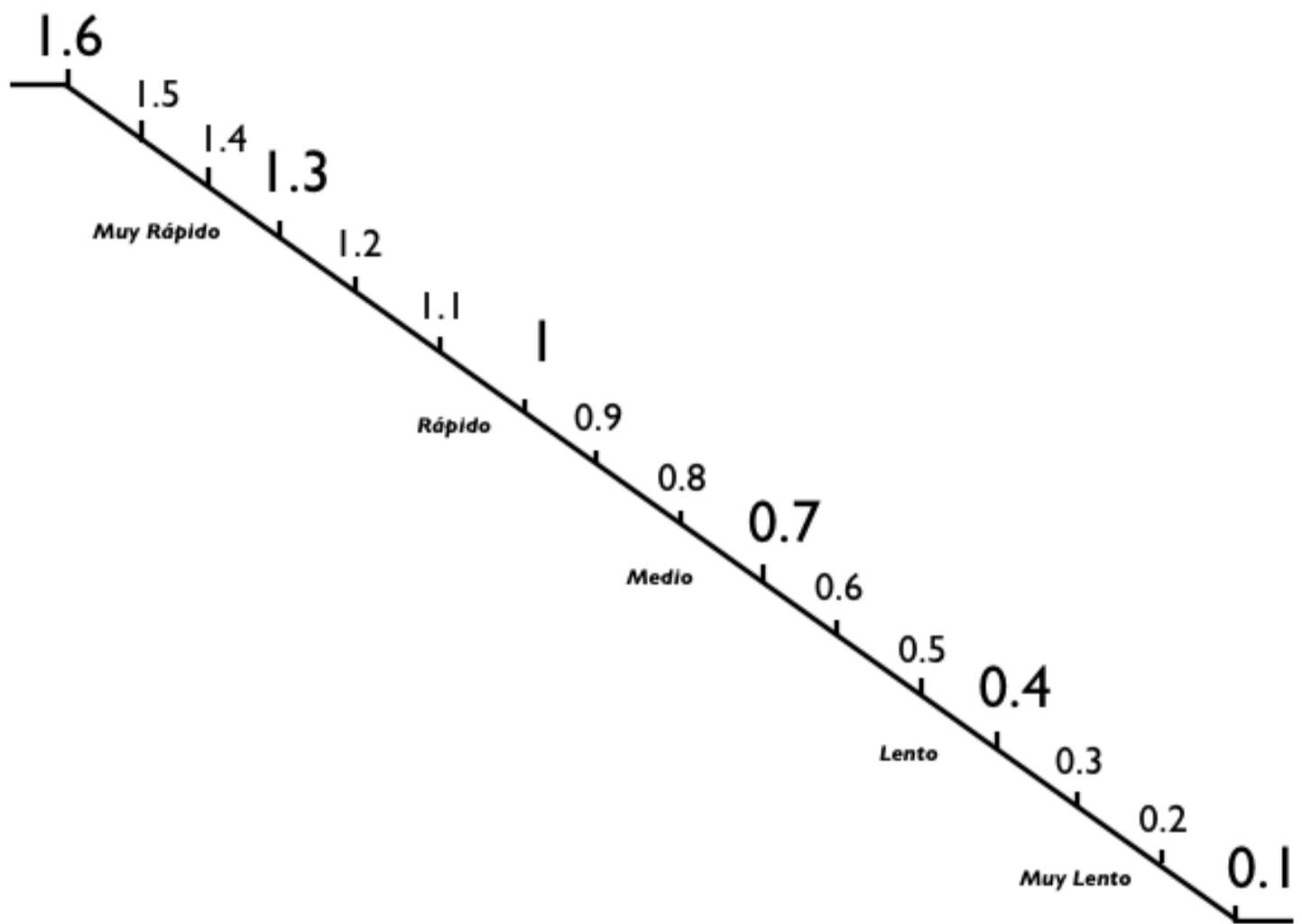


Figura 4: Nueva escala de percepción de la velocidad con Color



# CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA LOS TRES ESTUDIOS

## Título de los estudios

ESTUDIO I. Análisis de la escala OMNI-RES y la velocidad de ejecución para evaluar la intensidad del entrenamiento en el tren superior en sujetos entrenados y no entrenados.

ESTUDIO II. Predicción de la velocidad de la barra en press de banca mediante el uso de la escala OMNI-RES.

ESTUDIO III. Presentación y validación concurrente de una Nueva Escala de Percepción de la Velocidad en el entrenamiento de fuerza del tren superior.

## Antecedentes

En el entrenamiento de cualquier deporte, el desarrollo de la fuerza mediante resistencias externas resulta imprescindible para mejorar capacidades tales como la potencia y/o la velocidad (Kawamori y Haff, 2004). El número total de series y repeticiones, el porcentaje de la una repetición máxima (RM), los descansos entre series, el orden de los ejercicios y la velocidad de ejecución son los parámetros habituales que se utilizan para cuantificar la intensidad de los ejercicios en el entrenamiento de fuerza (Cormie, McGuigan, y Newton, 2011; Fleck, 1999; Pereira y Gomes, 2003). Igualmente se han utilizado diferentes dispositivos para cuantificar variables como la fuerza, potencia y velocidad (Harris, Cronin, Taylor, Boris, y Sheppard, 2010). Los dispositivos de desplazamiento lineales (DDL), los acelerómetros y las plataformas de fuerzas son los más utilizados. Sin embargo, el gran coste económico y de recursos que estos dispositivos suponen hace que las escalas perceptivas del esfuerzo sean herramientas muy utilizadas para controlar la intensidad (Lagally y Amorose, 2007; Ozkan y Kin-Isler, 2007; Tiggemann y col., 2010). De este modo, además de poder cuantificar y monitorizar el entrenamiento, se obtiene una información muy valiosa sobre las sensaciones del deportista.

## Método Experimental

### Descripción de los test

#### **Test Incremental de Cargas hasta llegar a la 1RM.**

La carga inicial del protocolo fue de 20 kg. Se produjeron aumentos de 10 kg (para velocidades de la barra superiores a  $0.5 \text{ m} \times \text{s}^{-1}$ ) y aumentos de 5 kg (para velocidades de la barra inferiores a  $0.5 \text{ m} \times \text{s}^{-1}$ ). Para evitar el efecto de la fatiga neural, se dejaron periodos de recuperación de 3 – 5 minutos. Los periodos de descanso más cortos (3 minutos) se dejaron cuando los aumentos de carga fueron de 10 kg, mientras que los periodos de descanso más largos (5 minutos), para los aumentos de cargas de 5 kg. Todos los sujetos realizaron un total de 4 – 2 repeticiones, exceptuando en la máxima carga, que sólo pudieron realizar una repetición. El descenso de la barra fue controlado mediante instrucciones verbales por parte de los investigadores.



### **Test de cargas de orden aleatorio.**

Los participantes del estudio III realizaron un test con tres intensidades (ligera, media y sumxima) de orden aleatorio. El procedimiento en cuanto a descanso fue el mismo que en el test incremental de cargas hasta llegar a la 1RM. Los sujetos no ven en ningún momento la carga que están desplazando, por lo que, en una primera instancia, salen de la sala, mientras que en una segunda instancia, se le oculta la visión de las cargas a desplazar.

### **Beneficios de los sujetos que participen en el estudio**

Los beneficios directos de las presentes investigaciones abarcan desde el sentido del entrenamiento deportivo y el conocimiento de las sensaciones cuando se realizan diferentes entrenamientos a intensidades variadas.

Firma y fecha del sujeto voluntario

Firma y fecha del Investigador

## **Analysis of the OMNI-RES scale and execution velocity to measure upper body exercise intensity in trained and untrained subjects**

### **Abstract**

The purpose of this study was to (a) analyze the rating of perceived exertion (RPE) in trained and untrained subjects during three different intensities of a bench press incremental protocol (initial load [IL], maximum power [MP] and one repetition maximum [RM]) and (b) to analyze corresponding mean velocity ( $Vel_{mean}$ ) and OMNI-RES values. Thirty-eight subjects volunteered for the study and were assigned to either the trained group ( $n = 19$ ) or untrained group ( $n = 19$ ). No significant differences were found between groups in RPE variable in IL and MP, but significant differences between groups were found for RM. The analysis of  $Vel_{mean}$  showed significant differences in the MP and RM. Total weight lifted was significantly different for both groups. These findings suggest that the OMNI-RES scale is a valid measure of exercise intensity for the bench press. It is advised that this is accompanied with another measure of intensity such as  $Vel_{mean}$  to allow for optimal adjustment of intensity.

**Key Words:** execution velocity, perceived exertion, incremental protocol, resistance training, bench press

## **Introduction**

In the training of any sport, the development of strength through external resistance results in unprecedented improvements in the capacity to produce power and/or speed (Kawamori and Haff, 2004). The total number of sets and repetitions, percentage of one repetition maximum (1RM), rest duration between sets, the order of exercises and the execution speed of the exercise are all parameters that can be used to quantify the intensity of strength training exercises (Cormie, McGuigan and Newton, 2011; Fleck, 1999; Pereira and Gomes, 2003). It is also possible to use different devices to measure and quantify variables such as force, power and velocity (Harris, Cronin, Taylor, Boris, and Sheppard, 2010), with the most common devices being accelerometers and force platforms. However, these devices are expensive and carry logistical complications such as lack of mobility, which is not the case for subjective scales of effort, hence the popularity of RPE (rate of perceived exertion) scales to control intensity (Lagally and Amorose, 2007; Ozkan and Kin-Isler, 2007; Tiggemann et al., 2010). Furthermore, these scales can obtain very valuable information regarding the perceptions of the athlete as well as being able to quantify and monitor training.

Controlling and monitoring training based on external resistance has been one of the principle objectives of subjective scales of strength like the OMNI-RES, Borg CR-10 or Borg 15-point scale (6-20) (Bellezza, Hall, Miller, and Bixby, 2009; Day, McGuigan, Brice, and Foster, 2003; Gearhart, Lagally, Riechman, Andrews, and Robertson, 2009; Naclerio et al., 2011; Robertson et al., 2008; Tiggemann et al, 2010).

The validity of the OMNI-RES scale to control exercise intensity of both upper and lower body training was demonstrated by Robertson and colleagues (2003). In this study, the total load lifted and the RPE of exercises such as the bicep curl and leg

extension were significantly correlated ( $r = 0.79$ ). Also, Day et al. (2003) concluded that RPE is a reliable method to quantify the intensity between training sessions. The investigators used five exercises (squat, bench press, biceps curl, shoulder press and triceps press) and three intensities (low, medium and high) and obtained a high intra-class correlation coefficient of  $r = 0.88$  for RPE between training sessions.

Recently Tiggemann et al. (2010) analyzed the behavior of the RPE in different loads lifted during strength training with three adult populations (sedentary, active and trained) using the 15-point Borg scale (6-20). The results illustrated a high correlation ( $r = 0.826 - 0.922$ ) between RPE score and the percentage of maximum number of repetitions in the three groups for the bench press and leg press exercises. The authors concluded that the use of the 6-20 Borg RPE scale offers practitioners an inexpensive and reliable method to measure exercise intensity.

When investigating RPE and resistance exercise previous literature has focused on verifying the validity of RPE to quantify the intensity of exercise using the total load lifted, lactate production or various other criterions (Lagally and Robertson, 2006; Robertson et al., 2003; Robertson et al., 2005). However, it is worth noting that the aforementioned literature has not considered the speed of execution as an effective measure of strength training intensity which has recently been proposed as fundamental variable (González-Badillo and Sánchez-Medina, 2010; Kawamori and Newton, 2006; Pereira and Gomes, 2003). González-Badillo and Sánchez-Medina (2010) analyzed the mean velocity of the propulsive phase of the bench press exercise and its correlation with maximum load lifted, finding a near perfect level of correlation ( $R^2 = 0.98$ ). The authors concluded that it is possible to prescribe and monitor strength training using the velocity of execution rather than 1RM percentage.

Given the paucity of research into the relationship between RPE and mean velocity of execution and the importance of both variables, there is a need to investigate the quantification of strength training intensity using execution mean velocity as criterion variable. Therefore, the present study poses two fundamental objectives: a) analyze the rating of perceived exertion (RPE) in trained and untrained subjects during three different intensities of a bench press incremental protocol (initial load [IL], maximum power [MP] and one repetition maximum [RM]) and (b) to analyze corresponding execution mean velocity ( $Vel_{mean}$ ) and OMNI-RES values.

## **Method**

### *Subjects*

The study consisted of 38 subjects all of which were students in the Faculty of Sport Science at the University of Granada. Table 1 summarizes the characteristics of age, body mass, height, RM and RM:body mass ratio (RM:BM) for both groups and in total. This ratio was used as the criterion for assigning subjects to a group as a  $RM:BM > 1$  resulted in selection for Group 1 (trained) and a  $RM:BM < 1$  resulted in selection for Group 2 (untrained). Prior to investigation, all subjects gave written informed consent and the study was approved by the University of Granada Ethics Committee.

<INSERT TABLE 1 HERE>

### *Incremental Load Protocol*

All experimental protocols were performed in the Performance Control laboratory in the Faculty of Sport Science in the University of Granada. In the first session, anthropometric data was collected and the execution of the bench press exercise was standardized. The standardization procedure required: a) subjects to lie horizontally in a supine position with the elbow joint flexed at  $90^\circ$ , and the position of the index finger on the bar was referenced, and b) the bar to be positioned 5cm above the jugular notch. In the second session, an incremental protocol was used to assess the bench press exercise in the Smith machine. [COPY & PASTE SECTION HERE]

### *Equipment*

The bench press exercise was performance on a Smith machine (Gervasport, Madrid, Spain) calibrated for assessment. The total mass of the bar without additional weights was 20 kg. The bar was modified to include millimeter markings so that individual hand grips could be noted for each subject. To assess the  $Vel_{mean}$  of execution of each repetition of the incremental protocol, a linear position transducer (LPT) was used (T-Force System, Ergotech, Murcia, Spain). The device consisted of a cable attached to the bar and the information of displacement was registered, and after passing through a data acquisition card it is displayed on a personal computer. The rate of sample frequency of the LPT was 1,000 Hz.

### *OMNI-RES Scale*

To assess exercise intensity of each load during the incremental protocol the OMNI-RES scale was utilized. Immediately after finishing each set of the protocol the subject was asked to rate the intensity of the exercise performed by pointing to a number on the scale, following the procedures outlined by Robertson et al. (2003).

### *Statistical Analysis*

All data are expressed as mean and SD. All variables were tested for normality (Kolmogorov – Smirnov Test) and homogeneity of variance (Levene’s Test), both of which resulted in a value of  $p > 0.05$ . An ANOVA of repeated measures (RM) was performed for each variable (RPE,  $Vel_{mean}$  and total load lifted). When levels of sphericity were not assumed, the Greenhouse-Geisser correction was applied. The Bonferroni post-hoc was used to evaluate individual differences. All analyses were performed on SPSS v .20. The level of significant difference was set at  $p \leq 0.05$ .

### **Results**

Table 2 summarizes the data collected, expressed as mean (SD), for the variables of RPE,  $Vel_{mean}$  and total load lifted (kg) for the three intensities analyzed.

<INSERT TABLE 2 HERE>

#### *Rate of Perceived Exertion (RPE)*

The ANOVA RM found no significant differences ( $F[2.963]$ , 2,  $p = 0.138$ ) for the interaction of group x intensity for the variable of RPE. The Bonferroni post-hoc demonstrated significant ( $p = 0.010$ ) differences in RPE of 1RM intensity (see Figure 1). The mean RPE was greater in the trained group compared with the untrained group (see Table 2).

<INSERT FIGURE 1 HERE>

### *Mean Displacement Velocity*

The ANOVA RM found no significant differences ( $F[4.869]$ , 1.702,  $p = 0.033$ ) for the interaction of group x intensity for the variable of mean displacement velocity. The Bonferroni post-hoc demonstrated significant differences ( $p = 0.036$  and  $p = 0.002$ ) in MP and 1RM intensity (see Figure 1). The mean velocity was greater in the trained group compared with the untrained group (see Table 2).

### *Load Lifted*

The ANOVA RM found no significant differences ( $F[7.223]$ , 1,  $p = 0.011$ ) for the interaction of group x intensity for the variable of load lifted. The Bonferroni post-hoc demonstrated significant differences ( $p = 0.000$  and  $p = 0.000$ ) in MP and 1RM intensity (see Figure 1). The mean load lifted was greater in the trained group compared with the untrained group for MP ( $45 \pm 5$  kg vs  $36.84 \pm 4.7$  kg), and RM ( $77 \pm 12$  kg vs  $59 \pm 9$  kg) (see Table 2).

<INSERT FIGURE 2 HERE>

## **Discussion**

In the present study, mean displacement velocity and RPE (measured via the OMNI-RES scale) were analyzed during an incremental load protocol of the bench press exercise. This was achieved through measuring Velmean and using this variable to control intensity in two groups of subjects (trained and untrained). The RPE of both



groups was compared for each selected intensity and the total load lifted for the intensities of MP and RM were analyzed.

No significant differences were found for group comparisons of RPE for IL and MP intensities, however MP RPE mean values were higher in the trained group. It is thought that this is due to the significantly greater ( $p < 0.05$ ) mean load lifted at this intensity by the trained group ( $45.0 \pm 5.0$  kg), which was 20% more than the untrained group ( $36.8 \pm 4.7$  kg). However, relative values demonstrate that both groups achieved very similar levels of maximum power ( $62.18 \pm 7.16$  &  $62.37 \pm 9.16$  % of 1RM for trained and untrained respectively). Alike the present study, Lagally, McCaw, Young, Medema and Thomas (2004) also compared RPE scores for the bench press at intensities of 60% and 80% of 1RM, in recreational and novice weightlifters. The authors reported no significant differences between groups for the measured variables despite the recreational group recording a 1RM significantly greater ( $p < 0.01$ ) than the novice group ( $44.3 \pm 11.2$  kg and  $31.3 \pm 5.7$  kg respectively). It therefore seems that although absolute values of load lifted are different, relative percentages between groups are similar.

Significant differences in RPE between both groups were only found in RM intensity (see Figure 1). The mean RPE was greater in the trained groups compared to the untrained group, which can be attributed to two interrelated factors. Firstly, mean 1RM of both groups was significantly different ( $p < 0.05$ ) with the trained group lifting  $77.0 \pm 12.0$  kg, 13% more than the untrained group who lifted  $59.0 \pm 9.0$  kg (see Figure 2). It is therefore likely that the perception of effort was greater in the trained group. And secondly, it is thought that the subjects in the untrained group perceived the maximum load displacement as a submaximal load, as only 31.5% ( $n = 6$ ) of the subjects in the group reported a value of 10 on the OMNI-RES scale.

Whereas, in the trained group 68.4% of subjects ( $n = 10$ ) perceived the load displacement to be maximal. These findings suggest that the perception of effort in those unaccustomed to strength training is underestimated. This postulation is supported by Sweet, Foster, McGuigan and Brice (2004) who also reported an underestimation in the RPE of strength training if the RPE is obtained following the completion of various sets of work.

Tiggeman and colleagues (2010) analyzed the dynamic of RPE for bench press and leg press exercises in three different adult populations (sedentary, active and trained). The key finding of this study was that for the same RPE score, significant differences existed in the percentage of load lifted by the different group populations. The trained group could displace the greatest load in comparison with the other two groups, but the RPE score given was equal. Conversely however, the findings of the present study demonstrate significant differences in the RPE score given despite a significantly different 1RM score between groups ( $p < 0.05$ ) (Figure 1). These differences also exist ( $p < 0.05$ ) for  $Vel_{mean}$  of bar displacement and load lifted for MP and RM intensities. This therefore indicates that RPE at an intensity appropriate for MP, is influenced by  $Vel_{mean}$  of bar displacement and the load lifted.

Similarly, Shimano et al. (2006) measured RPE in two groups (trained and untrained) for three exercises at four different intensities (60%, 80% 90% and 1RM). The results indicated no significant differences ( $p > 0.05$ ) in RPE for between groups. The findings of the present study therefore agree in part with Shimano et al. (2006), in that of the intensities analyzed, only the intensity of RM demonstrates significant differences in RPE scores. If the analysis of  $Vel_{mean}$  is to be considered as a variable to quantify exercise intensity, it must be remembered that significant differences were found at intensities of MP and RM. These results indicate that measuring the

perception of effort to identify exercise intensity can lead to errors signified by the differences ( $p < 0.05$ ) recorded in the  $Vel_{mean}$  of bar displacement at the intensities of MP and RM. Although significant differences were only found in RPE at RM intensity, the execution  $Vel_{mean}$  was different in both groups (see Figure 2).

Until now, no study has analyzed  $Vel_{mean}$  of bar displacement as a variable to quantify exercise intensity. The execution speed of different exercises has been proposed by many authors as a measure to control exercise intensity and the resultant muscular adaptations (González-Badillo y Sánchez-Medina, 2010; Kawamori y Newton, 2006; Pereira y Gomes, 2003). This is most prevalent when training to improve power; the ability to exert large forces at high speed (i.e. power = force x velocity) (Brewer, 2008). However, by increasing the load and hence the exertion of force required to lift it, the velocity of execution is decreased as dictated by the inversed force-velocity relationship (Cormie et al., 2011). Scales of perceived exertion such as the OMNI-RES or Borg CR10 do not account for this when measuring the intensity of power training. As has been illustrated in several studies such as those of Naclerio et al. (2011) and Robertson et al. (2008), the greater the load percentage of 1RM, the greater the rate of perceived exertion. The variable of  $Vel_{mean}$  shows significant differences between groups in the intensities of MP and RM. However, the variable of RPE only demonstrates a significant difference in the intensity of RM (see Figure 1). Therefore, the OMNI-RES scale can be very useful in the identification of exercise intensities in submaximal loads in trained and untrained subjects, but when regarding maximal loads those unaccustomed to resistance training tend to underestimate the perception of effort. Consequently it is advisable to complement the use of scales such as the OMNI-RES with another value such as  $Vel_{mean}$  in order to obtain actual and perceived values of intensity.

In conclusion, obtaining RPE scores is an effective way to monitor intensity of strength exercises, however for greater control it is recommended that this is complimented with another variable such as  $Vel_{mean}$  of execution. This combination allows for precise adjustments of intensity to be made ensuring training validity.

### **Practical Applications**

The OMNI-RES scale is a good indicator of the intensity of strength exercises, especially at submaximal loads. It is recommended that a habituation period is provided to those with little experience in strength training to avoid underestimation of effort for maximal loads. As previously mentioned, combining the subjective RPE score with an objective  $Vel_{mean}$  of execution score would allow practitioners to fine tune the intensity of the training session. This method of application would have a significant impact on the training quality and the search for maximum power.

### **References**

1. Borg, G. (1990). Psychophysical scaling with applications in physical work and the perception of exertion. *Scandinavian journal of work, environment & health, 16 Suppl 1*, 55–58.
2. Borg, G. (1998). *Borg's perceived exertion and pain scales*. Human Kinetics Publishers.
3. Borg, G., & Linderholm, H. (1970). Exercise performance and perceived exertion in patients with coronary insufficiency, arterial hypertension and vasoregulatory asthenia. *Acta medica Scandinavica, 187*(1-2), 17–26.
4. Buckley, J. P., & Borg, G. A. V. (2011). Borg's scales in strength training; from theory to practice in young and older adults. *Applied physiology, nutrition, and metabolism, 36*(5), 682–692.

5. Chen, M. J., Fan, X., & Moe, S. T. (2002). Criterion-related validity of the Borg ratings of perceived exertion scale in healthy individuals: a meta-analysis. *Journal of Sports Sciences*, 20(11), 873–899.
6. Colado, J. C., X, X. G.-M., Travis Triplett, N., Flandez, J., Borreani, S., & Tella, V. (2011). Concurrent Validation of the OMNI-Resistance Exercise Scale of Perceived Exertion with Thera-Band® Resistance Bands. *The Journal of strength and conditioning research*
7. Costigan, E. M., & Lagally, K. M. (2004). Reliability of ratings of perceived exertion using the OMNI scale for resistance exercise. *Research Quarterly for Exercise & Sport*, 75(1 Suppl), A–7.
8. Day, M. L., McGuigan, M., Brice, G., & Foster, C. (2003). *Monitoring work intensities during resistance training using a session RPE scale*. University of Wisconsin–La Crosse.
9. Lins-Filho, O., Robertson, R. J., Farah, B. Q., Rodrigues, S. L. ., Cyrino, E. S., & Ritti-Dias, R. M. (2012). Effects of Exercise Intensity on Rating of Perceived Exertion During a Multiple-Set Resistance Exercise Session. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(2), 466–472.
10. Eston, R., & Evans, H. J. L. (2009). The validity of submaximal ratings of perceived exertion to predict one repetition maximum. *Journal of Sports Science and Medicine*, 8, 567–573.
11. Eston, Roger. (2012). Use of ratings of perceived exertion in sports. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 7(2), 175–182.
12. Fabre, N., Mourot, L., Zerbini, L., Pellegrini, B., Bortolan, L., & Schena, F. (2012). A Novel Approach for Lactate Threshold Assessment Based on RPE. *International Journal of Sports Physiology and Performance*,

13. Faulkner, J., Parfitt, G., & Eston, R. (2008). The rating of perceived exertion during competitive running scales with time. *Psychophysiology*, *45*(6), 977–985.
14. Fleck, S. J. (1999). Periodized strength training: a critical review. *Journal of Strength & Conditioning Research*, *13*(1), 82–89.
15. Fontes, E. B., Smirmaul, B. P. C., Nakamura, F. Y., Pereira, G., Okano, A. H., Altimari, L. R., Dantas, J. L., et al. (2010). The relationship between rating of perceived exertion and muscle activity during exhaustive constant-load cycling. *International journal of sports medicine*, *31*(10), 683–688.
16. Gearhart, J., Lagally, K. M., Riechman, S. E, Andrews, R. D., & Robertson, R. J. (2009). strength tracking using the omni resistance exercise scale in older men and women. *Journal of Strength & Conditioning Research*, *23*(3), 1011–1015.
17. Gearhart, R. E., Goss, F. L., Lagally, K. M., Jakicic, J. M., Gallagher, J., & Robertson, R. J. (2001). Standardized scaling procedures for rating perceived exertion during resistance exercise. *Journal of strength and conditioning research / National Strength & Conditioning Association*, *15*(3), 320–325.
18. Gros Lambert, A., & Mahon, A. D. (2006). Perceived exertion : influence of age and cognitive development. *Sports medicine*, *36*(11), 911–928.
19. Hackett, D. A., Johnson, N. A., Halaki, M., & Chow, C.-M. (2012). A novel scale to assess resistance-exercise effort. *Journal of sports sciences*, *30*(13), 1405–1413.
20. Hatfield, D. L., Kraemer, W. J., Spiering, B. A., Häkkinen, K., Volek, J. S., Shimano, T., Spreuwenberg, L. P. B., et al. (2006). The impact of velocity of

- movement on performance factors in resistance exercise. *Journal of strength and conditioning research*, 20(4), 760–766.
21. Hollander, D. B., Kilpatrick, M. W., Ramadan, Z. G., Reeves, G. V., Francois, M., Blakeney, A., Castracane, V. D., et al. (2008). Load rather than contraction type influences rate of perceived exertion and pain. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 22(4), 1184.
22. Impellizzeri, F. M., Borg, E., & Coutts, A. J. (2011). Intersubjective comparisons are possible with an accurate use of the Borg CR scales. *International journal of sports physiology and performance*, 6(1), 2–4.
23. Kraemer, W. J., & Ratamess, N. A. (2004). Fundamentals of Resistance Training: Progression and Exercise Prescription. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 36(4), 674–688.
24. Lagally, K. M., & Robertson, R. J. (2006). Construct validity of the omni resistance exercise scale. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 20(2), 252–256.
25. Lagally, K. M., Robertson, R. J., Gallagher, K. I., Goss, F. L., Jakicic, J. M., Lephart, S. M., McCaw, S. T., et al. (2002). Perceived exertion, electromyography, and blood lactate during acute bouts of resistance exercise. *Medicine and science in sports and exercise*, 34(3), 552–559.
26. Lambert, M. I., & Borresen, J. (2010). Measuring training load in sports. *International journal of sports physiology and performance*, 5(3), 406–411.
27. Lodo, L., Moreira, A., Zavanela, P. M., Newton, M. J., McGuigan, M. R., & Aoki, M. S. (2012). Is there a relationship between the total volume of load lifted in bench press exercise and the rating of perceived exertion? *The Journal of sports medicine and physical fitness*, 52(5), 483–488.

28. McGuigan, M. R., Al Dayel, A., Tod, D., Foster, C., Newton, R. U., & Pettigrew, S. (2008). Use of session rating of perceived exertion for monitoring resistance exercise in children who are overweight or obese. *Pediatric exercise science, 20*(3), 333–341.
29. Naclerio, F., Rodríguez-Romo, G., Barriopedro-Moro, M. I., Jiménez, A., Alvar, B. A., & Triplett, N. T. (2011). Control of resistance training intensity by the Omni perceived exertion Scale. *The Journal of Strength & Conditioning Research, 25*(7), 1879.
30. Nakamura, F. Y., Pereira, G., Chimin, P., Siqueira-Pereira, T. A., Simões, H. G., & Bishop, D. J. (2010). Estimating the perceived exertion threshold using the OMNI scale. *Journal of strength and conditioning research / National Strength & Conditioning Association, 24*(6), 1602–1608.
31. Pandolf, K. B. (1983). Advances in the study and application of perceived exertion. *Exercise & Sport Sciences Reviews, 11*, 118–158.
32. Pfeiffer, K. A., Pivarnik, J. M., Womack, C. J., Reeves, M. J., & Malina, R. M. (2002). Reliability and validity of the Borg and OMNI rating of perceived exertion scales in adolescent girls. *Medicine and Science in Sports and Exercise, 34*(12), 2057–2061.
33. Pincivero, D. M. (2011). Older adults underestimate RPE and knee extensor torque as compared with young adults. *Medicine and science in sports and exercise, 43*(1), 171–180.
34. Pincivero, D. M., Coelho, A. J., & Campy, R. M. (2003). Perceived exertion and maximal quadriceps femoris muscle strength during dynamic knee extension exercise in young adult males and females. *European journal of applied physiology, 89*(2), 150–156.



35. Robertson, R J, Goss, F. L., Boer, N. F., Peoples, J. A., Foreman, A. J., Dabayeb, I. M., Millich, N. B., et al. (2000). Children's OMNI scale of perceived exertion: mixed gender and race validation. *Medicine and science in sports and exercise*, 32(2), 452–458.
36. Robertson, R J, Goss, F. L., & Metz, K. F. (1998a). Perception of physical exertion during dynamic exercise: a tribute to Professor Gunnar A. V. Borg. *Perceptual and motor skills*, 86(1), 183–191.
37. Robertson, R J, Goss, F. L., & Metz, K. F. (1998b). Perception of physical exertion during dynamic exercise: a tribute to Professor Gunnar A. V. Borg. *Perceptual and motor skills*, 86(1), 183–191.
38. Robertson, R J, & Noble, B. J. (1997). Perception of physical exertion: methods, mediators, and applications. *Exercise and sport sciences reviews*, 25, 407–452.
39. Robertson, R.J., Goss, F. L., Rutkowski, J., Lenz, B., Dixon, C., Timmer, J., Frazee, K., et al. (2003). Concurrent validation of the OMNI perceived exertion scale for resistance exercise. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 35(2), 333–341.
40. Robertson, Robert J., Goss, F. L., Aaron, D. J., Gairola, A., Kowallis, R. A., Ying Liu, Randall, C. R., et al. (2008). One repetition maximum prediction models for children using the omni rpe scale. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 22(1), 196–201.
41. Robertson, Robert J., Goss, F. L., Andreacci, J. L., Dube, J. J., Rutkowski, J. J., Frazee, K., Aaron, D. J., et al. (2005). Validation of the Children's OMNI-Resistance Exercise Scale of Perceived Exertion. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 37(5), 819–826.

42. Row, B. S., Knutzen, K. M., & Skogsberg, N. J. (2012). Regulating explosive resistance training intensity using the rating of perceived exertion. *Journal of strength and conditioning research*, 26(3), 664–671.
43. Shimano, T., Kraemer, W. J., Spiering, B. A., Volek, J. S., Hatfield, D. L., Silvestre, R., Vingren, J. L., et al. (2006). Relationship between the number of repetitions and selected percentages of one repetition maximum in free weight exercises in trained and untrained men. *Journal of strength and conditioning research*, 20(4), 819–823.
44. Sweet, T. W., Foster, C., McGuigan, M. R., & Brice, G. (2004). Quantitation of resistance training using the session rating of perceived exertion method. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 18, 796–802.
45. Tiggemann, C. L., Korzenowski, A. L., Brentano, M. A., Tartaruga, M. P., Alberton, C. L., & Krueel, L. F. M. (2010). Perceived exertion in different strength exercise loads in sedentary, active, and trained adults. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(8), 2032.

Figure 1.

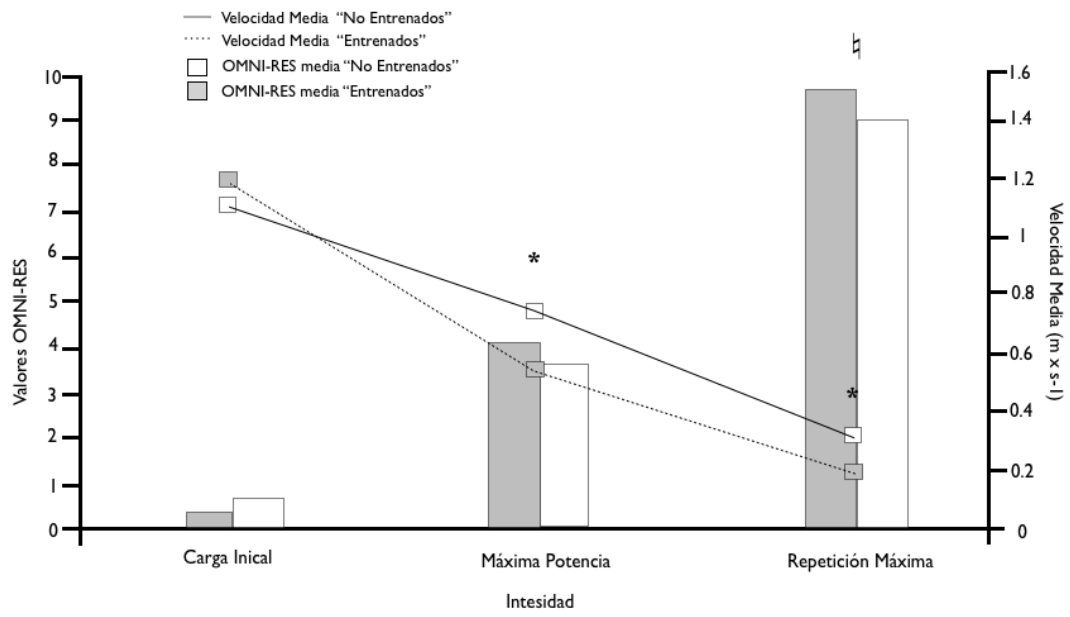
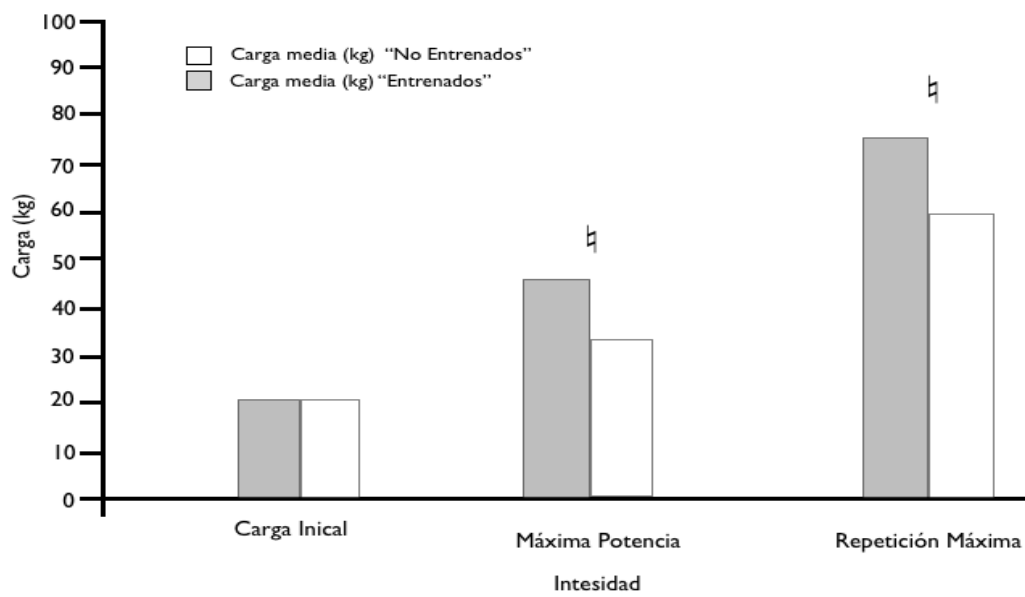


Figure 2.



**Table 1.**

	<b>Grup 1 (n = 19) Trained</b>	<b>Grup 2 (n = 19) Untrained</b>	<b>TOTAL</b>
<b>Age</b>	22.61 (1.66)	22.82 (1.69)	22.71 (1.65)
<b>Weigth</b>	70.28 (5.64)	74.01 (7.67)	72.09 (6.88)
<b>Heigth</b>	174.2 (2.37)	178.42 (6.95)	176.26 (6.08)
<b>RM</b>	77 (12)	59 (9)	68 (10.5)
<b>RM/BW</b>	1.1 (2.12)	0.67 (1.17)	0.67 (1.17)

**Table 2.**

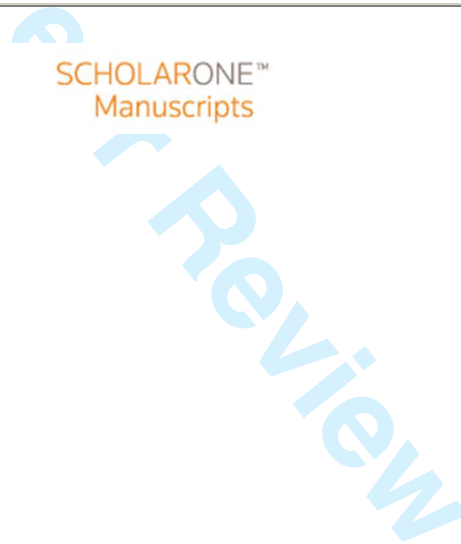
<b>Intensity</b>	<b>Initial Load</b>			<b>Maximum Power</b>			<b>Maximum Repetition</b>		
<b>Variables</b>	<b>Vel<sub>media</sub></b> (m × s <sup>-1</sup> )	<b>RPE</b>	<b>Load</b> (kg)	<b>Vel<sub>media</sub></b> (m × s <sup>-1</sup> )	<b>RPE</b>	<b>Load</b> (kg)	<b>Vel<sub>media</sub></b> (m × s <sup>-1</sup> )	<b>RPE</b>	<b>Load</b> (kg)
<b>Group 1</b>	1.20 (0.14)	0.42 (0.61)	20 (0)	0.67 (0.11)	4.53 (2.01)	45.78 (5)	0.20 (0.05)	9.58 (0.69)	77.12 (12)
<b>Group 2</b>	1.15 (0.14)	0.58 (1.12)	20 (0)	0.74 (0.07)	3.89 (1.48)	36.84 (4.7)	0.29 (0.09)	8.82 (1.07)	59.73 (9)





**USING THE OMNI-RES SCALE TO PREDICT MEAN BAR VELOCITY IN UPPER BODY STRENGTH TRAINING**

Journal:	<i>International Journal of Sports Medicine</i>
Manuscript ID:	Draft
Manuscript Type:	Training & Testing
Key word:	upper body, bench press, perceived exertion, , mean velocity prediction





1  
2  
3  
4  
5  
6 Using the OMNI-RES scale to predict mean bar velocity in  
7  
8  
9 upper body strength training  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34  
35  
36  
37  
38  
39  
40  
41  
42  
43  
44  
45  
46  
47  
48  
49  
50  
51  
52  
53  
54  
55  
56  
57  
58  
59  
60

For Peer Review



## Abstract

The principle aim of this study was to analyse the correlation between perceived exertion by means of the OMNI-RES scale and the mean bar velocity of a bench press using an incremental load protocol. A second objective was to create a formula for predicting the velocity of bar displacement according to the OMNI-RES scale scores. Thirty-eight males (age  $22.61 \pm 1.61$  yr; height  $174.2 \pm 4.73$  cm; mass  $70.28 \pm 5.64$  kg) voluntarily participated in the study and were tested using an incremental protocol on a Smith machine to determine one repetition maximum (1RM) in the bench press exercise. A linear regression analysis produced a strong correlation ( $r = -0.884$ ) between the rating of perceived exertion (RPE) and mean bar velocity. Pearson correlation analyses showed significant differences in 84% of the individuals ( $p \leq 0.01$ ), 13% at the level of  $p \leq 0.05$  and 3% were not significant. Therefore, the OMNI-RES scale can be used to predict mean bar velocity in the bench press exercise to control the intensity of the exercise.

**Key words:** upper body, bench press, perceived exertion, mean velocity prediction

## Introduction

Training control is one of the fundamental pillars of sports science. Therefore researchers and specialist coaches assess training intensity through identification of maximum dynamic strength (1RM or one repetition maximum) and train athletes within their corresponding percentages [3, 14]. Different training objectives can be reached by working within certain percentages of 1RM. For example, to develop maximum force (i.e. strength) it is necessary to train using loads of  $> 80\%$  of 1RM

1  
2  
3 and to develop the ability to produce force in relation to speed (i.e. power) it is  
4 necessary to train using loads between 40% - 80% of 1RM, and to move the load as  
5 quickly as possible [1, 8].  
6  
7  
8  
9

10 Other ways to control the intensity of strength exercises include the order of exercises,  
11 choice of exercise, the type of sessions, load, rest periods between sets, the speed of  
12 the load displacement or repetitions to fatigue [3, 10, 11, 15, 24, 38]. With the  
13 development of new technologies, strength training has evolved greatly, especially  
14 from a quantitative point of view [5, 21, 35]. Devices such as linear position  
15 transducers (LPT) are able to quantify, indirectly, variables such as force production,  
16 power, displacement and speed [21]. The information provided by these devices is  
17 very useful for the planning of macro or micro cycles, individual and group training  
18 sessions and the number of repetitions performed of a particular exercise, i.e. bench  
19 press.  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31

32 Typically, control of execution velocity has been a commonly used means of  
33 monitoring specific strength training [4, 13, 20, 23, 30]. By controlling execution  
34 speed the neural effects of motor unit recruitment can be targeted in accordance with  
35 the size principle [6, 20, 22]. Moras et al. [27] proposed an original method for  
36 controlling the speed of bar displacement during bench press with the use of a  
37 metronome. The low standard error of measurement and coefficients of variance  
38 associated with use of this device have shown it to be a valid and efficient way to  
39 estimate the mean speed of the bar during a bench press.  
40  
41  
42  
43  
44  
45  
46  
47  
48  
49  
50

51 Also, training while taking into account the perceptions of the athlete has become  
52 more of a common practice in recent years [2, 9, 31]. So much so that in the last  
53 decade scales have been designed to measure perceived effort in strength training.  
54  
55  
56  
57  
58  
59  
60

1  
2  
3 This increase in popularity is due to the need to know the subjective internal  
4 perceptions of athletes in relation to the external stimulus applied. According to  
5 Robertson et al. [34], the RPE can be defined as: "the subjectivity of the effort, load  
6 and/or fatigue experienced while performing an exercise." The original scale of  
7 perceived exertion was proposed by Borg (with values between 6 and 20), due to the  
8 strong correlation between this and some physiological variables such as lactate level,  
9 heart rate, respiration rate, ventilation threshold and oxygen consumption [7, 16, 29].  
10  
11

12 The applicability of such scales was demonstrated by Suzuki et al. [36], who  
13 predicted 400 m sprint performance using a mathematical model based on subjective  
14 scale scores (pain scale or "CP scale" and total quality of recovery scale "TQR scale")  
15 with the Borg CR10 RPE scale as a control. The results illustrated a strong correlation  
16 ( $R^2 = 0.83$ ) between predicted and actual performance and the authors concluded that  
17 subjective scales of effort can effectively predict performance, allowing for the  
18 optimal manipulation of training variables to achieve peak performance.  
19  
20

21 However, these physiological variables have little relation to the demands of strength  
22 training hence the low use of the Borg RPE (6 – 20) scale within strength training  
23 settings. However, there is a ten-point scale known as the OMNI-RES scale which  
24 can be used to evaluate different intensities for both upper and lower body exercises  
25 [12, 26, 34]. Like Suzuki et al. [36], Nacleiro et al. [28] conducted a study to measure  
26 RPE, but with a focus on strength training. The authors analysed whether the OMNI-  
27 RES scale could be used to control the intensity of upper body strength training. A  
28 relationship between the values of the RPE, external load and mechanical power in  
29 the bench press exercise was established and the main conclusion of the investigation  
30 was that the OMNI-RES scale can be used to control the intensity of strength training  
31 exercises such as the bench press.  
32  
33  
34  
35  
36  
37  
38  
39  
40  
41  
42  
43  
44  
45  
46  
47  
48  
49  
50  
51  
52  
53  
54  
55  
56  
57  
58  
59  
60

1  
2  
3 In other research, Duncan et al. [12] studied the relationship between the RPE with  
4 dynamic muscle activity in the leg extension exercise with electromyography at 30%,  
5 60% and 90% of the 1RM. Both muscle activity and the values of the OMNI-RES  
6 scale increased with exercise intensity. The authors concluded that the regulation of  
7 intensity using this scale has valid practical applications, but suggested the need for  
8 coaches to differentiate between overall RPE and active muscle RPE, as the former  
9 was significantly lower than the latter.  
10

11 Therefore, it is clear that researchers and coaches are interested in analysing the  
12 relationship between the RPE and intensity of upper and lower body strength training.  
13 To our knowledge, no study has analysed the relationship between mean velocity  
14 ( $Vel_{mean}$ ) of the bar during the concentric phase of the bench press and the RPE.  
15

16 Thus, the purpose of this study was to (a) analyse the relationship between perceived  
17 exertion (via the OMNI-RES scale) and  $Vel_{mean}$  of the bar during an incremental load  
18 protocol of the bench press exercise, and (b) to create a formula for predicting the  
19  $Vel_{mean}$  of the bar from the subjective perception of the bench press exercise as  
20 measured by the OMNI-RES scale.  
21

## 22 **Method**

### 23 **Subjects**

24 Thirty eight ( $n = 38$ ) healthy males volunteered to participate in the study. The mean  
25  $\pm$  SD age, height and body mass were  $22.61 \pm 1.61$  years,  $174.2 \pm 4.73$  cm and  $70.28$   
26  $\pm 5.64$  kg, respectively. All the subjects were students at the Faculty of Sport Sciences  
27 at the University of Granada, Granada, Spain. The inclusion criteria for this study  
28 were: (a) a minimum of two years of experience with resistance training, (b) a  
29  
30  
31  
32  
33  
34  
35  
36  
37  
38  
39  
40  
41  
42  
43  
44  
45  
46  
47  
48  
49  
50  
51  
52  
53  
54  
55  
56  
57  
58  
59  
60

1  
2  
3 prohibition on taking medication or dietary supplements (i.e. creatine) and (c) an  
4  
5 absence of injury that could interfere with the execution of the exercise. Prior to data  
6  
7 collection, all subjects were informed of the risks involved in the study and gave  
8  
9 written informed consent. The study met the ethical standards of this Journal [19] and  
10  
11 was approved by the University Ethics Committee of Granada University.  
12  
13

### 14 15 **Testing Procedures**

16  
17  
18 All of the experimental protocol was conducted in the Performance Control laboratory  
19  
20 at the University of Granada Faculty of Sport Sciences. Prior to the evaluation  
21  
22 sessions, the subjects' height and body mass were measured, and the hand grip for the  
23  
24 bench press exercise was standardised. In order to standardise the hand grip, subjects  
25  
26 lay horizontally in a supine position with the elbow joint flexed at a 90° angle. The  
27  
28 bar was positioned 5 cm above the jugular notch. After taking anthropometric  
29  
30 measurements and standardising the bench press exercise, the subjects were instructed  
31  
32 how to use OMNI-RES scale, according to the procedures explained by Robertson et  
33  
34 al. [34].  
35  
36

37  
38  
39 In the first evaluation session, subjects performed a standardised 5-minute warm up at  
40  
41 75 W on a cycle ergometer and two sets of 15 repetitions on bench press with a 20 kg  
42  
43 load on the Smith machine (Gervasport, Madrid, Spain). Following this, subjects  
44  
45 completed the incremental protocol until reaching 1RM. The Smith machine and the  
46  
47 bar used were calibrated to avoid any influence on test results. The incremental  
48  
49 protocol consisted of progressive increases of 10 kg loads (for mean bar velocities  
50  
51 greater than  $0.5 \text{ m} \times \text{s}^{-1}$ ) and increases of 5 kg loads (for mean bar velocities lower  
52  
53 than  $0.5 \text{ m} \times \text{s}^{-1}$ ). The initial load was 20 kg and loads were increased as described  
54  
55  
56  
57  
58  
59  
60

1  
2  
3 until the subject could only lift the bar once to determine the 1RM. All subjects  
4  
5 performed 2-4 repetitions of all loads, except for the 1RM.  
6  
7

8 To avoid the affect of neural fatigue, the length of the rest periods after each set was  
9  
10 determined by mean bar velocity. For mean bar velocities  $> 0.5 \text{ m} \times \text{s}^{-1}$  the rest was 3  
11  
12 minutes and for mean bar velocities  $< 0.5 \text{ m} \times \text{s}^{-1}$  the rest was 5 minutes. The descent  
13  
14 phase of the bar was controlled by the verbal instructions from the researcher. To  
15  
16 avoid the rebound effect, the “lift” signal was randomised.  
17

18  
19 Immediately after finishing the set, the subject gave a subjective score of the  
20  
21 perceived intensity of the exercise using the OMNI-RES scale. The scores given by  
22  
23 each subject were collected for each load of the incremental protocol. To control the  
24  
25 velocity of the bar a linear position transducer (T-Force System, Ergotech, Murcia,  
26  
27 Spain) was used to measure the concentric phase of each repetition.  
28  
29  
30  
31

### 32 **Statistical Analyses**

33  
34 All data were expressed as mean  $\pm$  SD for the mean velocity variables and OMNI-  
35  
36 RES scale scores. Pearson correlations were analysed to establish a relationship  
37  
38 between  $\text{Vel}_{\text{mean}}$  of the bar and OMNI-RES scale scores. Finally, lineal regression  
39  
40 analyses were conducted to create a formula for predicting the bar velocities  
41  
42 according to the OMNI-RES scale scores. The dependent variables were the different  
43  
44 intensities (20, 30, 40, 50, 60, 70 & 80 kg) and the independent variables were the  
45  
46 scores obtained on the OMNI-RES scale. All analyses were conducted using SPSS  
47  
48 20.0 for Mac (Chicago, IL).  
49  
50  
51  
52  
53  
54  
55  
56  
57  
58  
59  
60

## Results

The  $Vel_{mean}$  of the bar and the OMNI-RES scale scores were recorded for each load of the incremental protocol, for which the mean  $\pm$  SD can be seen in Table 1.

### INSERT TABLE 1

$Vel_{mean}$  of the bar for each subject ( $n = 38$ ) for each of the seven loads of the protocol was significantly correlated with the OMNI-RES scale scores ( $r = -0.884$ ,  $p = 0.0001$ ).

After correlating these variables for each load, the number of subjects decreased for each load due to differences in individual maximum strength that is not all subjects lifted the higher load values. The scores for Pearson correlation analysis are illustrated in Table 2.

### INSERT TABLE 2

The relationship between both variables can be seen in Figure 1.

### INSERT FIGURE 1

Simple linear regression analyses were performed between  $Vel_{mean}$  of the bar (predicted variable) and OMNI-RES scale scores (predictor). The regression coefficient for the 209 scores was  $r = -0.884$ , which explains 78.1% of the variability

1  
2  
3 between average bar velocity and OMNI-RES scale scores. The regression analyses  
4  
5 allowed for the following equation to be created to predict mean bar velocity:  
6  
7

$$\text{Vel} = -0.91 \times \text{value OMNI-RES} + 1.123 \quad (\text{equation 1})$$

8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17 The 95% confidence intervals for the equation were  $\text{Vel} = (-0.84 \times \text{value OMNI-RES})$   
18  
19  $+ (1.158)$  for the upper limit and  $\text{Vel} = -0.158 \times \text{value OMNI-RES} + (1.087)$  for the  
20  
21 lower limit.  
22  
23

24 Individual analyses were also conducted to assess the relationship between all  
25  
26 subjects across all scores for both variables. Each subject was analysed for between  
27  
28 five and seven pairs of scores relative to the load in which both variables were  
29  
30 measured. The results demonstrated a correlation which varied from  $r = -0.88$  to  $r = -$   
31  
32  $1$ , and a statistical significance in 1% of 32 subjects (representative of 84% of the  
33  
34 group), 5% of five subjects (13%) and only one subject (3%) had no significant  
35  
36 correlation between  $\text{Vel}_{\text{mean}}$  of the bar and OMNI-RES scale scores.  
37  
38  
39

40  
41 Figure 2 illustrates the training zones for maximum power (60 – 80% 1RM) and  
42  
43 maximum strength (> 80% 1RM) for the subjects in this study. The mean bar velocity  
44  
45 for each zone can be differentiated by using the calculations from equation 1, and  
46  
47 therefore using the OMNI-RES scale scores to predict  $\text{Vel}_{\text{mean}}$  ( $\text{m} \times \text{s}^{-1}$ ).  
48  
49  
50

51  
52  
53  
54 **INSERT FIGURE 2**

55  
56  
57 **INSERT TABLE 3**  
58  
59  
60



## Discussion

The aim of this study was to analyse the correlation between perceived exertion by means of the OMNI-RES scale and the mean bar velocity of a bench press using an incremental load protocol. A correlation analysis between loads (7 in total) with the corresponding OMNI-RES scale values was performed (see Table 2) along with an individual Pearson correlation analysis to verify the reliability of the OMNI-RES scale scores and  $Vel_{\text{mean}}$ . This allowed for a prediction equation to be produced (equation 1) by using a simple linear regression analysis of the relationship between  $Vel_{\text{mean}}$  of the bar and RPE values. The prediction equation for velocity was established with average speeds ranging from 38 to 10 participants.

Different authors have correlated the intensity of strength exercises (mean percentages of 1RM) with scores from the OMNI-RES scale [28, 33, 37]. Nacleiro et al. [28] established seven percentage ranges (30 – 40%, 40 – 50%, 50 – 60%, 60 – 70%, 70 – 80%, 80 – 90%, >90%) of 1RM with an approximated OMNI-RES scale score following the first three repetitions ( $2.2 \pm 1.2$ ,  $2.3 \pm 1.2$ ,  $2.4 \pm 1.6$ ,  $3.2 \pm 2.2$ ,  $6.8 \pm 1.0$ ,  $7.7 \pm 1.1$ ,  $8.6 \pm 0.2$  respectively). Gearhart et al. [17] showed that the use of the OMNI-RES scale could control the intensity of different strength exercises (i.e. bench press, leg extension, arm extension etc.) over a 12 week training period in men and women. The results demonstrated a significant difference ( $p < 0.05$ ) in the RPE values for the first and last training period for all exercises used. In conclusion, Gearhart and colleagues state that the OMNI-RES scale is a valid tool for controlling performance based on subjective perception of training. These findings agree with those in the present study which also found the OMNI-RES scale to be a viable tool for controlling performance. In this instance, the mean bar velocity of the bench press and OMNI-RES scale scores was measured for each subject, the majority of which (83%)

1  
2  
3 demonstrated a very strong relationship following Pearson correlation analysis with a  
4  
5 range of  $r = -0.88$  to  $-1$ , ( $p < 0.01$ ). This indicates that by using of this type of scale it  
6  
7 is possible to quantify the intensity of training by measuring the mean velocity of the  
8  
9 execution of the exercise.

10  
11  
12 In order to quantify the intensity of strength training, Robertson et al. [33] established  
13  
14 various equations to predict 1RM of the knee extension (KE) and bicep curl (BC) in  
15  
16 children aged 10 – 14 years. The equations proposed by the authors demonstrated a  
17  
18 strong positive relationship ( $R^2 = 0.76 - 0.79$ ) between 1RM scores for both KE and  
19  
20 BC. However, Wood et al. [39] demonstrated that subjective perception of effort in  
21  
22 the knee extension (KE) exercise increased as the training session was developed and  
23  
24 the number of sets increased. They found significant differences not only between sets,  
25  
26 but as the number of repetitions in each set increased, perceived exertion was higher.  
27  
28 In the present study, the  $Vel_{mean}$  of the bar for each load was correlated with the RPE  
29  
30 score given by each subject immediately after performing each set. The Pearson  
31  
32 correlation analysis revealed strong negative correlation values between all pairs of  
33  
34 scores for loads of 30 kg - 80 kg and the OMNI-RES scale scores (see Table 2) ( $r = -$   
35  
36  $0.884$ ). Similarly,  $Vel_{mean}$  of all pairs of analysis negatively were correlated with the  
37  
38 values of the OMNI-RES scale ( $r = -0.884$ ) (see Figure 1). Unlike the study of  
39  
40 Nacleiro et al. [28], in our research, the values of the OMNI-RES scale successfully  
41  
42 discriminated the mean velocity of the loads lifted by the participants. For each load,  
43  
44 exercise intensity was differentiated by the participants within 3-4 repetitions  
45  
46 executed.  
47  
48  
49  
50  
51

52  
53 Other studies such as that of Pincivero et al. [32] have used the RPE (CR-10) scale to  
54  
55 analyse the effect of maximum voluntary contraction intensity in men and women, by  
56  
57  
58  
59  
60

1  
2  
3 means of leg extension on an isokinetic dynamometer. The results showed that RPE  
4  
5 underestimated maximum voluntary contraction in sub-maximal loads of the leg  
6  
7 extension performed in this manner. However, contrary to these findings the present  
8  
9 study demonstrated that the scores from the OMNI-RES scale can effectively  
10  
11 distinguish mean bar velocity for each load lifted as subjects were able to perceive  
12  
13 different exercise intensities (i.e. % 1RM) within 3-4 repetitions. This demonstrates  
14  
15 that subjective scales can be used effectively to control the intensity of strength  
16  
17 training.  
18  
19

20  
21 In summary, the primary objective of this study was evaluate if the OMNI-RES scale  
22  
23 significantly correlates with the  $Vel_{\text{mean}}$  of bar displacement during the bench press,  
24  
25 and to identify if this could be quantified according the continuum of strength training.  
26  
27 Mean bar velocity is a good indicator of the specific aspect of strength that is being  
28  
29 trained, for example maximum strength or rate of force development [18, 20, 23, 30].  
30  
31 For example, in the bench press, mean bar velocities of  $0.15 - 0.30 \text{ m} \times \text{s}^{-1}$  ( $> 80\%$   
32  
33 1RM) improve maximum strength, and velocities of  $0.5 - 0.7 \text{ m} \times \text{s}^{-1}$  (60 – 80% 1RM)  
34  
35 are associated with enhanced maximal power (see Figure 2 and Table 3). The strong  
36  
37 negative linear relationship ( $r = -0.884$ ) that exists between the two variables (mean  
38  
39 bar velocity and OMNI-RES scale scores) has led to a prediction equation for mean  
40  
41 bar velocity (equation 1) that is able to quantify the intensity of repetitions, sets and  
42  
43 sessions. This therefore allows the intensity of the exercise to be measured via  
44  
45 execution speed without the need for linear position transducers.  
46  
47  
48  
49

### 50 51 **Practical applications**

52  
53  
54 The findings of the present study together with those of previous literature [9, 25, 28]  
55  
56 have demonstrated the accuracy of RPE scales in effectively controlling the intensity  
57  
58  
59  
60

1  
2  
3 of strength exercises. In the case of this study, this was achieved through the  
4  
5 knowledge of the execution speed of the exercise. Practitioners can benefit from using  
6  
7 scales such as the OMNI-RES scale, which is an effective and cost efficient and  
8  
9 simply tool providing instant feedback on exercise intensity, allowing it to be  
10  
11 controlled during the training session and providing invaluable information that the  
12  
13 desired training outcomes are achieved.  
14  
15  
16  
17  
18  
19

## 20 **References**

- 21  
22  
23 1 Baker D, Nance S, Moore M. The load that maximizes the average mechanical  
24  
25 power output during explosive bench press throws in highly trained athletes. *J*  
26  
27 *Strength Cond Res* 2001; 15: 20–24  
28  
29  
30 2 Bellezza PA, Hall EE, Miller PC, Bixby WR. The influence of exercise order  
31  
32 on blood lactate, perceptual, and affective responses. *J Strength Cond Res*  
33  
34 2009; 23: 203  
35  
36 3 Bird SP, Tarpenning KM, Marino FE. Designing resistance training  
37  
38 programmes to enhance muscular fitness: a review of the acute programme  
39  
40 variables. *Sports Med* 2005; 35: 841-851  
41  
42  
43 4 Bosco C, Belli A, Astrua M, Tihanyi J, Pozzo R, Kellis S, Tsarpela O, Foti C,  
44  
45 Manno R, Tranquilli C. A dynamometer for evaluation of dynamic muscle  
46  
47 work. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1995; 70: 379–386  
48  
49  
50 5 Bosquet L, Porta-Benache J, Blais J. Validity of a commercial linear encoder  
51  
52 to estimate bench press 1 RM from the force-velocity relationship. *J Sports Sci*  
53  
54 *Med* 2010; 9: 459–463  
55  
56  
57  
58  
59  
60

- 1  
2  
3 6 Cormie P, McCuigan MR, Newton RU. Developing Maximal Neuromuscular  
4 Power. *Sports Med* 2011; 41: 17–38  
5  
6  
7 7 Coutts AJ, Rampinini E, Marcora SM, Castagna C, Impellizzeri FM. Heart  
8 rate and blood lactate correlates of perceived exertion during small-sided  
9 soccer games. *J Sci Med Sport* 2009; 12: 79–84  
10  
11  
12  
13 8 Cronin J, McNair PJ, Marshall RN. Velocity specificity, combination training  
14 and sport specific tasks. *J Sci Med Sport* 2001; 4: 168–178  
15  
16  
17  
18 9 Day ML, McCuigan MR, Brice GA, Foster C. Monitoring work intensities  
19 during resistance training using a session RPE scale. *J Strength Cond Res*  
20 2004; 18 (2): 353–358  
21  
22  
23  
24 10 De Salles BF, Maier AS, Polito M, Novaes J, Alexander J, Rhea M, Simao R.  
25 Influence of rest interval lengths on hypotensive response after strength  
26 training sessions performed by older men. *J Strength Cond Res* 2010; 24:  
27 3049-3054  
28  
29  
30  
31  
32  
33 11 De Salles BF, Simao R, Miranda F, Novaes Jda S, Lemos A, Willardson JM.  
34 Rest interval between sets in strength training. *Sports Med* 2009; 39: 765-777  
35  
36  
37  
38 12 Duncan M, Al-Nakeeb Y, Scurr J. Perceived Exertion is Related to Muscle  
39 Activity During Leg Extension Exercise. *Res Sports Med* 2006; 14: 179-189  
40  
41  
42  
43 13 Farthing JP, Chilibeck PD. The effects of eccentric and concentric training at  
44 different velocities on muscle hypertrophy. *Eur J Appl Physiol* 2003; 89: 578–  
45 586  
46  
47  
48  
49 14 Fleck SJ. Periodized strength training: a critical review. *J Strength Cond Res*  
50 1999; 13: 82–89  
51  
52  
53  
54 15 Fleck SJ, Kraemer WJ. *Designing Resistance Training Programs*. Human  
55 Kinetics, 2004  
56  
57  
58  
59  
60

- 1  
2  
3 16 Foster C, Florhaug JA, Franklin J, Gottschall L, Hrovatin LA, Parker S,  
4 Doleshal P, Dodge C. A new approach to monitoring exercise training. *J*  
5 *Strength Cond Res* 2001; 15: 109–115  
6  
7  
8  
9  
10 17 Gearhart JR, Lagally KM, Riechman SE, Andrews RD, Robertson RJ.  
11 Strength tracking using the omni resistance exercise scale in older men and  
12 women. *J Strength Cond Res* 2009; 23: 3  
13  
14  
15  
16 18 González-Badillo JJ, Sánchez-Medina L. Movement Velocity as a Measure of  
17 Loading Intensity in Resistance Training. *Int J Sports Med* 2010; 31: 347–352  
18  
19  
20 19 Harris DJ, Atkinson G. International Journal of Sport Medicine - Ethical  
21 Standards in Sport and Exercise Science. *Int J Sport med* 2011; 32: 819 - 821.  
22  
23  
24 20 Haff GG, Whitley MS, Potteiger, JA. A Brief Review: Explosive Exercises  
25 and Sports Performance. *Strength Cond J* 2001; 23: 13-20.  
26  
27  
28  
29 21 Harris NK, Cronin J, Taylor K-L, Boris J, Sheppard J. Understanding Position  
30 Transducer Technology for Strength and Conditioning Practitioners. *Strength*  
31 *Cond J* 2010; 32: 66–79  
32  
33  
34  
35 22 Jandacka D, Vaverka F. Validity of Mechanical Power Output Measurement  
36 at Bench Press Exercise. *J Hum Kinet* 2009; 21: 33–40  
37  
38  
39  
40 23 Kawamori N, Haff GG. The optimal training load for the development of  
41 muscular power. *J Strength Cond Res* 2004; 18: 675-684  
42  
43  
44  
45 24 Kawamori N, Newton RU. Velocity specificity of resistance training: Actual  
46 movement velocity versus intention to move explosively. *Strength Cond J*  
47 2006; 28: 86  
48  
49  
50  
51 25 Lagally KM, McCaw ST, Young GT, Medema HC, Thomas DQ. Ratings of  
52 perceived exertion and muscle activity during the bench press exercise in  
53 recreational and novice lifters. *J Strength Cond Res* 2004; 18: 359  
54  
55  
56  
57  
58  
59  
60

- 1  
2  
3 26 Lagally KM, Robertson RJ. Construct validity of the omni resistance exercise  
4 scale. *J Strength Cond Res* 2006; 20: 252-256  
5  
6  
7 27. Moras G, Rodríguez-Jiménez S, Busquets A, Tous-Fajardo J, Pozzo M,  
8 Mujika I. A metronome for controlling the mean velocity during the bench  
9 press exercise. *J Strength Cond Res* 2009; 23: 926  
10  
11  
12  
13 28 Naclerio F, Rodríguez-Romo G, Barriopedro-Moro MI, Jiménez A, Alvar BA,  
14 Triplett NT. Control of resistance training intensity by the Omni perceived  
15 exertion Scale. *J Strength Cond Res* 2011; 25: 1879-1888  
16  
17  
18  
19 29 Nakamura FY, Pereira G, Chimin P, Siqueira-Pereira TA, Simoes HG, Bishop  
20 DJ. Estimating the perceived exertion threshold using the OMNI scale. *J*  
21 *Strength Cond Res* 2010; 24: 1602-1608  
22  
23  
24  
25 30 Pereira MIR, Gomes PSC. Movement Velocity in Resistance Training. *Sports*  
26 *Med* 2003; 33: 427-438  
27  
28  
29  
30 31 Pfeiffer KA, Pivarnik JM, Womack CJ, Reeves MJ, Malina RM. Reliability  
31 and validity of the Borg and OMNI rating of perceived exertion scales in  
32 adolescent girls. *Med Sci Sports Exerc* 2002; 34: 2057-2061  
33  
34  
35  
36 32 Pincivero DM, Coelho AJ, Campy RM, Salfetnikov Y, Bright A. The effects  
37 of voluntary contraction intensity and gender on perceived exertion during  
38 isokinetic quadriceps exercise. *Eur J Appl Physiol* 2001; 84: 221-226  
39  
40  
41  
42  
43 33 Robertson RJ, Goss FL, Aaron DJ, Gairola A, Kowallis RA, Ying L, Randall  
44 CR, Tessmer KA, Schnorr TL, Schroeder AE, White B. One repetition  
45 maximum prediction models for children using the omni rpe scale. *J Strength*  
46 *Cond Res* 2008; 22: 196-201  
47  
48  
49  
50  
51  
52  
53  
54  
55  
56  
57  
58  
59  
60

- 1  
2  
3 34 Robertson RJ, Goss FL, Rutkowski J, Lenz B, Dixon C, Timmer J, Frazee K,  
4 Dube J, Andreacci J. Concurrent validation of the OMNI perceived exertion  
5 scale for resistance exercise. *Med Sci Sports Exerc* 2003; 35: 333-341  
6  
7  
8  
9  
10 35 Rontu J-P, Hannula MI, Leskinen S, Linnamo V, Salmi JA. One-Repetition  
11 Maximum Bench Press Performance Estimated With a New Accelerometer  
12 Method. *J Strength Cond Res* 2010; 24: 2018-2025  
13  
14  
15  
16 36 Suzuki S, Sato T, Maeda A, Takahashi Y. Program Design Based on A  
17 Mathematical Model Using Rating of Perceived Exertion for An Elite  
18 Japanese Sprinter: A case Study. *J Strength Cond Res* 2006; 20: 36-42  
19  
20  
21  
22  
23 37 Sweet TW, Foster C, McGuigan MR, Brice G. Quantitation of resistance  
24 training using the session rating of perceived exertion method. *J Strength*  
25 *Cond Res* 2004; 18: 796–802  
26  
27  
28  
29  
30 38 Tiggemann CL, Korzenowski AL, Brentano MA, Tartaruga MP, Alberton CL,  
31 Kruel LFM. Perceived exertion in different strength exercise loads in  
32 sedentary, active, and trained adults. *J Strength Cond Res* 2010; 24: 2032-  
33 2041  
34  
35  
36  
37  
38  
39 39 Woods S, Bridge T, Nelson D, Risse K, Pincivero DM. The effects of rest  
40 interval length on ratings of perceived exertion during dynamic knee extension  
41 exercise. *J Strength Cond Res* 2004; 18: 540-545  
42  
43  
44  
45  
46  
47  
48  
49  
50  
51  
52  
53  
54  
55  
56  
57  
58  
59  
60



## Tables & Figures Legends

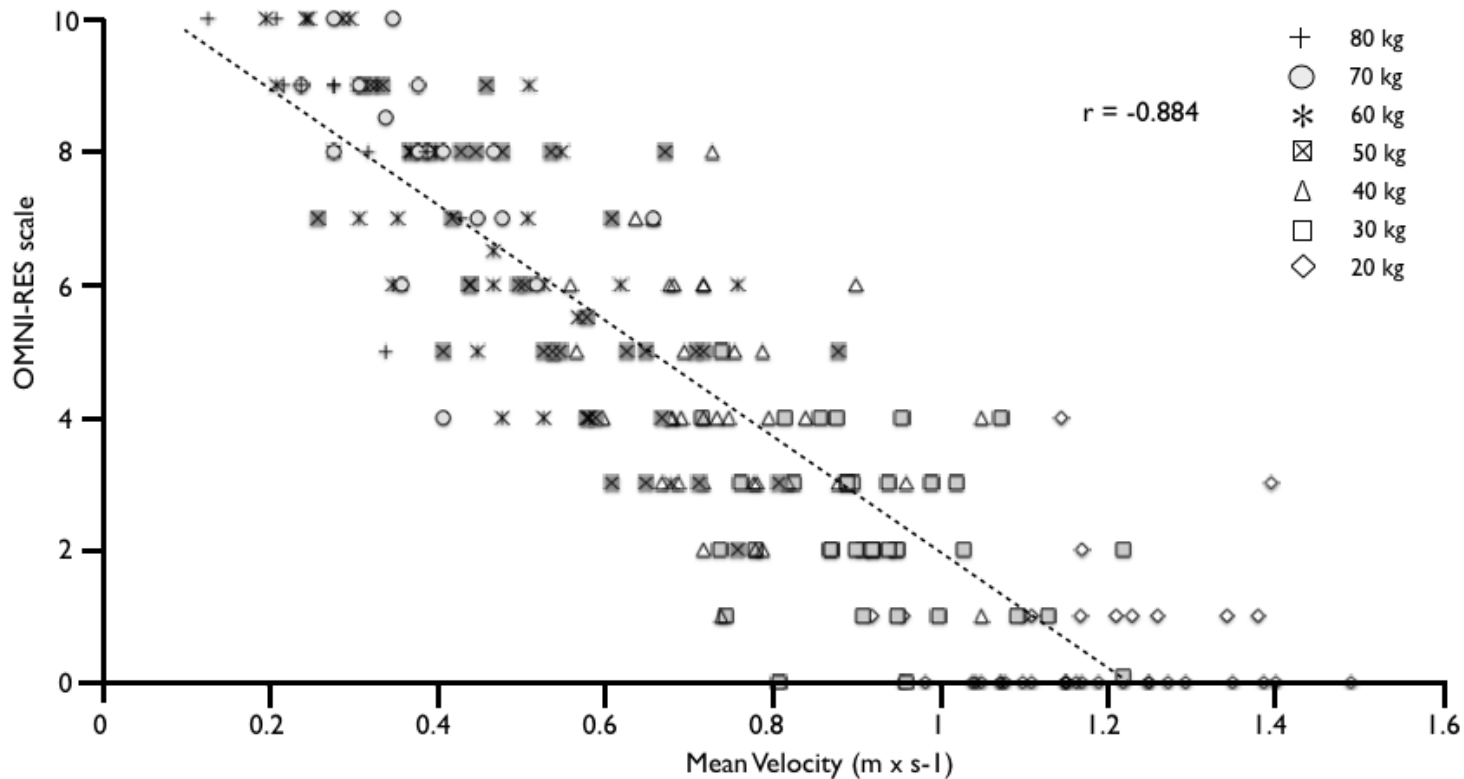
**Table 1.** Mean  $\pm$  SD of  $Vel_{\text{mean}}$  of the bar and OMNI-RES score for each load.

**Table 2.** Pearson correlation analysis between mean bar velocity and OMNI-RES scale scores for each load. The number of subjects decreases as load increases.

**Table 3.** ONMI-RES scale values and corresponding average speed calculated by the prediction formula.

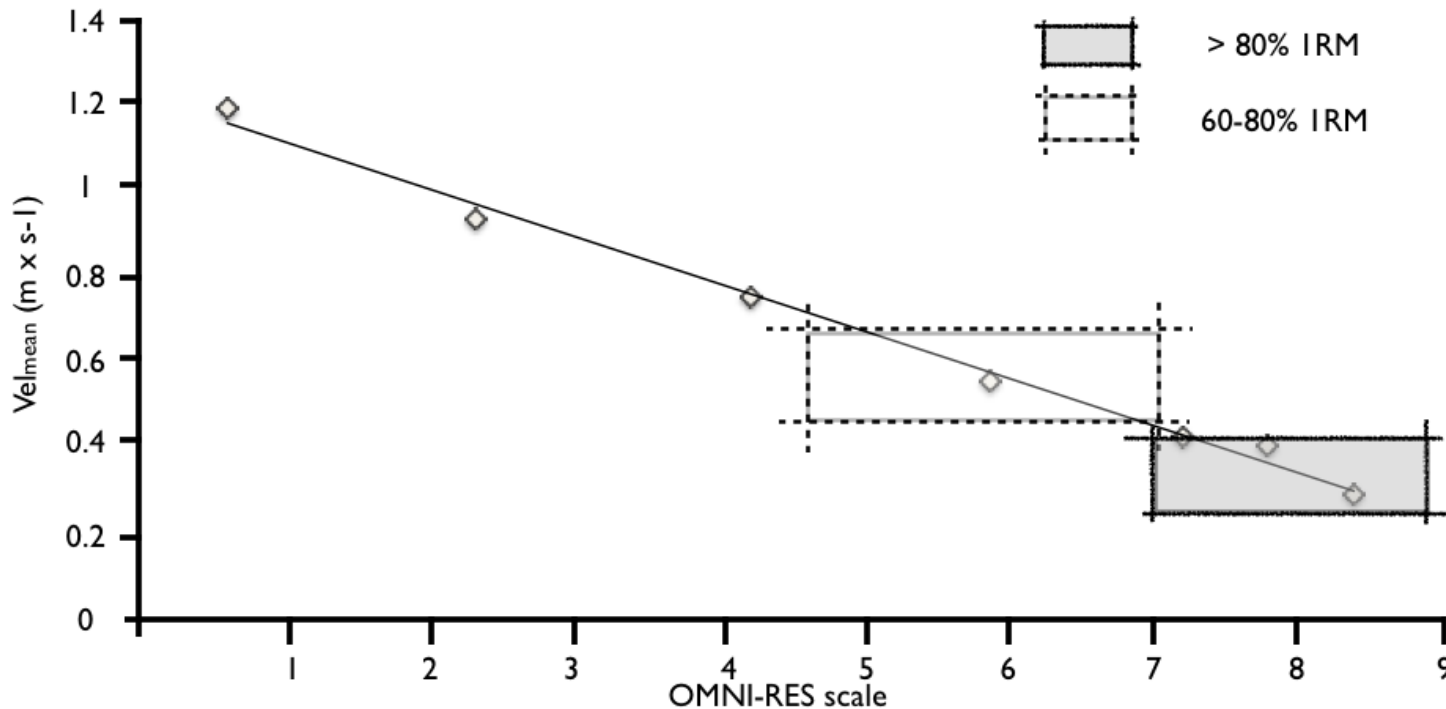
**Figure 1.** Regression analysis of the  $Vel_{\text{mean}}$  of the bar and OMNI-RES scale scores for each subject and each load.

**Figure 2.** Relationship between mean velocity (y-axis) and the OMNI-RES scale scores. The rectangles represent load percentages based on resistance-training.



Pag. 8

Figure 1. Regression analysis of the  $Vel_{mean}$  of the bar and OMNI-RES scale scores for each subject and each load.



Pag.  
10

**Figure 2.** Relationship between mean velocity (y-axis) and the OMNI-RES scale scores. The rectangles represent load percentages based on resistance-training.

**Table 1.** Mean  $\pm$  SD of  $Vel_{\text{mean}}$  of the bar and OMNI-RES score for each load.

<b>Load (kg)</b>	<b>20</b>	<b>30</b>	<b>40</b>	<b>50</b>	<b>60</b>	<b>70</b>	<b>80</b>
<b>N</b>	38	38	38	37	31	17	10
<b><math>Vel_{\text{mean}}</math> (<math>\text{m} \times \text{s}^{-1}</math>)</b>	1.16	0.92	0.73	0.53	0.45	0.39	0.28
<b><i>SD</i></b>	0.12	0.12	0.11	0.13	0.13	0.11	0.09
<b>OMNI-RES</b>	0.48	2.28	4.20	5.86	7.24	7.79	8.40
<b><i>SD</i></b>	0.88	1.21	1.62	1.96	1.95	1.53	1.51

**Table 2.** Pearson correlation analysis between mean bar velocity and OMNI-RES scale scores for each load. The number of subjects decreases as load increases.

Load (Kg)	N	Pearson Correlation ( <i>r</i> )
20	38	0.087
30	38	-0.343*
40	38	-0.407*
50	37	-0.709**
60	31	-0.725 **
70	17	-0.499*
80	10	-0.730*

\*p < 0.05    \*\* p < 0.01

**Table 3.** ONMI-RES scale values and corresponding average speed calculated by the prediction formula.

	<b>OMNI-RES Scale Score</b>	<b>Mean Velocity (<math>\text{m} \times \text{s}^{-1}</math>)</b>
<b>Maximum Power Zone</b>	4-6	0.76 – 0.54
<b>Maximum Strength Zone</b>	7-9	0.44 – 0.22

For Peer Review



# **Presentation and concurrent validity of a new scale of perception of speed in training upper body strength**

## **Abstract**

Purpose: to present and test the concurrent validity of a new scale of perceived speed in the bench press exercise in a population of trained adults. All subjects were physically active men with characteristics (expressed as mean  $\pm$  standard deviation) age, weight, and height were:  $27.52 \pm 4.74$  years,  $79.79 \pm 10.27$  kg and  $177.05 \pm 7.11$  cm, respectively. Method: The criterion variable was used to test the validity of the new scale was the average speed of execution in the bench press exercise. Three intensities (light load, high power and high loads) were measured at random for 5 days trial. Perceived speed was measured immediately after each series. Results: A positive linear correlation ( $r$  range = 0.69 to 0.81) was found in the three intensities, analyzed individually, between the actual speed ( $V_{real}$ ) and perceived speed in the scale ( $V_{escala}$ ). Globally, Pearson correlations showed that the scale was used as the correlation was higher (range  $r = 0.88$  to  $0.96$ ). Conclusions: The results provided the concurrent validity of the new scale of speed perception to quantify exercise intensity bench press based on execution speed in a sample of adults trained.

Keywords: Rating of Perceived Exertion, external resistance

## **Introduction**

Strength training has been a great revolution, especially qualitatively in recent years thanks to advances in new technologies applied to training control (Randell, Cronin,



Keogh, Gill, & Pedersen, 2011). Tools such as linear motion devices (LPT) have assumed that the time to train, can be quantified for each repetition variables such as speed, strength or power. Traditionally, in order to quantify the intensity developed during exercises with external resistors external indices have been used as the load shifted repetition maximum (1RM), the specified percentage of the 1RM, rest between sets, the total number of sets and repetitions per year (Bird, Tarpinning, & Marino, 2005; Fleck, 1999). In the past decade, the execution speed came to occupy a central role in monitoring training, and was presented as a good indicator of the intensity of strength exercises (Kawamori & Haff, 2004; Kawamori & Newton, 2006; Pereira & Gomes., 2003, Sanchez-Medina, Perez, & Gonzalez-Badillo, 2010). The importance of the rate seen in the concept of power. The mechanical power is defined as the force multiplied by the speed of movement. Therefore, both components (force and rate) are essential for a binomial training and development thereof (Baker, Nance, & Moore, 2001).

Subjective scales exertion (RPE), as the Borg scale, are an effective method to quantify and monitor the intensity of aerobic exercise, primarily because of the strong association between this and other physiological variables such as heart rate, lactate, VO<sub>2</sub>max, ventilatory threshold and respiratory rate (Chen, Fan, & Moe, 2002; Gros Lambert & Mahon, 2006; Irving et al., 2006; Robertson & Noble, 1997). For strength training, the Borg scale has also been used to monitor the intensity of the exercises, either in form of 15 categories (Gearhart, Lagally, Riechman, Andrews, & Robertson, 2009; Lagally et al., 2002, Row, Knutzen, & Skogsberg, 2012; Tiggemann et al., 2010) or as amended in 10 categories (Buckley & Borg, 2011, Day, McGuigan, Brice, & Foster, 2003). Numerous studies (Buckley & Borg, 2011; Lagally et al., 2002; Lagally & Robertson, 2006) have demonstrated the strong association between the Borg

scale and intensity indices as myoelectric activity, the total charge and the percentages of the 1RM, suggesting that the use of this scale is to prescribe effective exercise intensities in the external resistances. Row et al. (2012) examined the possibility of using the RPE to predict a suitable working range for the job intensity of power in older persons in the leg press exercise. The authors concluded that because of the strong relationship between the load and the RPE, self-regulation is possible for the work loads of power.

Robertson et al. (2003) developed and validated using the OMNI-RES scale, for use by adults (male and female) in exercises that included both lower body and upper body. As criterion variables for validation of this scale, the researchers used the total weight lifted (Wttot) and lactate [Hla]. The positive correlation of Wttot and Hla in different exercises performed demonstrated the validity of this scale to be used by recreational athletes, both women and men by external resistors based exercises. Using the OMNI-RES scale for strength training with children (10-14 years) was validated by Robertson et al. (2005). The strong association (biceps curl [BC] = 0.87 and knee extension [KE] = 0.80) between Wttot and BC and KE exercises demonstrated the validity of this scale for use in a population of schoolchildren in exercises external resistors. Lagally & Robertson (2006) compared the OMNI-RES scale with the Borg scale (6-20) using the latter as criterion variable. The results of this study showed a strong positive correlation ( $r$  range = 0.94 to 0.97) between the OMNI-RES scale and the Borg scale in the knee extension exercise. Thus, the authors demonstrated the validity and accuracy of the OMNI-RES scale to be used in exercises with external resistors, the same way that the Borg scale, without sacrificing accuracy in prescription strength.

The velocity with which you perform the repetitions affect the specific adaptations that our bodies produce, both neural, metabolic (Buitrago, Wirtz, Yue, Kleinöder, & Mester,

2012) and at the level hypertrophic (Housh, Housh, Johnson, & Chu, 1992). Recent research by Buitrago et al. (2012) showed that for a given load, the execution speed will determine the total number of repetitions. Although these authors conclude that more research is needed on the mechanisms involving the speed control with certain loads. One of the most interesting debate regarding the execution speed focuses on explosively intention of displacing the load vs displacement of the control rod. Fielding et al. (2002) compared two groups of subjects, which moved the same external size percentage (70% RM), whereas two groups differed in the speed of displacement of the bar. One of the groups was asked that emphasized the bar movement for great accelerations, ie explosive movements. While the other group, the repetitions performed at a controlled rate. After 12 weeks of training at 3 workouts per week exercises leg press and leg extension, the authors concluded that increases in the value of 1RM were similar in both groups, whereas in the exercise of press legs, emphasizing training group velocity explosive in significantly improved performance over a wide output load range (from 40 to 90% of the 1RM).

For all the above mentioned, the execution speed is a great indicator of exercise intensity. However, there is no subjective scale that try to control the speed. Therefore, the main purpose of this research was to present the process of creating a new level of speed, in addition to examining the validity of a new scale of perception of speed training for upper body strength, particularly for the bench press exercise. Two hypotheses were tested: (a) it was hoped that after a familiarization session using a linear displacement device to provide speed feedback, study participants could predict the average implementation rate of the bar using the new scale of perception speed, and (b) prediction of the speed of the bar using the new perception scale to enhance the use thereof.

Method

Devices

New Scale

He has created and designed a new scale of perceived speed. The main purpose of this scale is to identify those values subjectively rate at which the athlete raises the bar on the bench press exercise. This scale has the following characteristics:

- Range of numerical values. Number ranges of the new scale ranging from 1.6 to 0.1 m  $\times$  s<sup>-1</sup>. These values correspond to the maximum average found during the performance of different screening tests in the bench press exercise. The intervals between the numerical values were set at 0.15 m  $\times$  s<sup>-1</sup> as increments occur when loads of 10 kg during the incremental protocol, the differences in speed between charges is approximately  $0.1 \pm 0.05$  m  $\times$  s<sup>-1</sup>.

- Qualitative values. The scale, in addition to numeric values, has five qualitative values, which are: Very Fast, Fast, Medium, Slow and Very Slow. The method of location of these qualitative values within the scale was carried out using a protocol of loads where the subjects, after moving a load asked by one of the qualitative values. The mean and the typical deviation of the average speed 10 evaluations were used to locate a particular point in the qualitative values.

RPE procedure

Perceived effort was recorded in each of the charges made by the new scale of perceived speed. The standard instructions of the new scale of perceived speed were read before each series. These instructions were adapted from the scale come from OMNI-RES (Robertson et al., 2003). The instructions of the scale included: (a) definition of subjective perception, (b) meaning of the values of the new scale of perception of speed, and (c) identification of the maximum and minimum values developed by each subject in the protocol incremental loads.

#### Instructions:

(A) Definition of subjective perception. The perceived exertion is defined as the feeling of stress, fatigue or discomfort experienced during the performance of the different series of work.

(B) Meaning of the scale values. The scale values correspond to the average speed (in  $m \times s^{-1}$ ) that you will develop during the course of the entire test.

(C) Identification of the minimum and maximum values. Then it will show a scale where values represent average speed. We would like to be set at the maximum and minimum value that you developed during the realization of the incremental protocol. Following each set, you must point to and say the value of the scale sees fit, depending on the speed you think you have developed.

#### Subjects

Twenty-one ( $n = 21$ ) male subjects participated voluntarily in this research. The characteristics (expressed as mean  $\pm$  SD) age, weight, and height were:  $27.52 \pm 4.74$  years,  $79.79 \pm 10.27$  kg and  $177.05 \pm 7.11$  cm, respectively. The participants belonged

to the Army Intelligence Service Spanish. All subjects performed exercises with external resistors, at least 3 times a week, in the last year to carry out research. The inclusion criterion for membership of the study, subjects had to have a ratio  $PC / RM > 1$ . During the conduct of the research subjects were asked to: (a) not to perform aerobics or external resistors and (b) not to take caffeine or any doping substance. All series were carried out in the same time zone but separated each for a period of 48 to 72 h. The risks and benefits of research were explained. All participants signed an informed consent to participate in the study. This study was approved by the ethics committee of the University of Granada.

### Experimental design

The experimental model in this study consisted of three stages: Informational, familiarization, assessment related charges for the new scale test of speed perception.

#### INSERT FIGURE 1 HERE

Information stage. During the first session explained the procedure to be performed, informed consents were signed, besides taking anthropometric data.

Familiarization stage. All subjects performed an incremental protocol load up to the 1RM. The protocol started with an initial load of 20 kg. Progressive increases and loads of 10 kg (when execution speed was increased to  $0.5 \text{ m} \times \text{s}^{-1}$ ) and increases load of 5 kg (when execution speed was less than  $0.5 \text{ m} \times \text{s}^{-1}$ ). Within 3-5 minutes rest between sets were left incremental protocol to avoid the effect of neural fatigue affecting the results. All subjects performed a total of 1-4 repetitions. Following the completion of each series, feedback was provided average speed Execution maximum and minimum repetition of that series. At that moment, the subject had to identify and mark the corresponding velocity value in the new scale of perception of speed (see Figure 1).

Evaluation stage of the burden of the power curve. A total of 5 assessments on different days. Between testing sessions were stopped 24-72 hours apart. We chose three loads (low, medium and high) to assess each subject. The choice of the charges held by the criterion of the power curve of each of the subjects (see Figure 2). The light load, corresponding to a bar speed exceeding  $1 \text{ m} \times \text{s}^{-1}$ . The average load, corresponding to the bar velocities between  $0.6$  to  $0.7 \text{ m} \times \text{s}^{-1}$ , while the high load, the speed of the rod should be less than  $0.4 \text{ m} \times \text{s}^{-1}$ . Thus, although the external resistance (load [kg]) was different for each subject, the intensity (measured by the speed [ $\text{m} \times \text{s}^{-1}$ ]) was the same.

INSERT FIGURE 2 HERE

The order of execution of each of the three batches was randomized. Each subject performed three sets of 4-2 repetitions with 5 minutes of rest between each set. During the making of the series, the subject did not know the burden would shift. To do this, each subject left the room for placing the burden on the bench for evaluation. After placing the burden, the subject with his eyes closed, was accompanied to the bank for proper placement. Occluder was used partial lateral view (see Figure 3) to avoid seeing the load during the repetitions. Following each run, the subject had to identify and address the perceived value of the speed scale, based on their subjective perception. While performing random series each subject was provided with minimum and maximum speed during the incremental protocol performed following the procedure memory - securing (Lagally & Costigan, 2004).

INSERT FIGURE 3 HERE

The correlation between the RPE (new scale of perception of speed) and average speed (variable criteria) were calculated to establish the validity of the new scale.

## Data analysis

Descriptive data for perceptual and speed variables were expressed as mean  $\pm$  SD. The validation of the scale was determined by a correlation analysis and simple linear regression between the perceived speed (perceived in the new scale) and average speed of implementation (criterion variable). We conducted a repeated measures ANOVA (day  $\times$  intensity) of the differences (differences = Velescala-Velreal). Significant differences were set at  $p < 0.05$ . All analyzes were performed in SPSS v.20 ().

## Results

Table 1 shows the descriptive data expressed as mean (SD) of the actual speed (Velreal) and perceived speed values on the scale (Velescala) currents for the three tested (light loads [CL], maximum power [MP] and high loads [CA]).

INSERT TABLE 1 HERE

The results of the Pearson correlation between Velescala Velreal and, in the three intensities analyzed (CL, MP and CA), are summarized in Table 2.

INSERT TABLE 2 HERE

Table 3 summarizes the Pearson correlation analysis between Velescala Velreal and intensities in all analyzed together.

INSERT TABLE 3 HERE

The simple linear regression analysis between Velescala Velreal and corresponding to the last measurement, is shown in Figure 3.

INSERT FIGURE 3 HERE



In general, the repeated measures ANOVA showed significant differences in the day ( $F [7266], 4, p = 0.000$ ) and intensity ( $F [32,095], 2, p = 0.000$ ), showing no significant differences in the interaction day  $\times$  intensity ( $F [1590], 8, p = 0.132$ ). The Bonferroni post hoc showed significant differences for the results from day 1 to day 3 ( $p = 0.017$ ). In Figure 4 you can see the differences between the Velescala - Velreal within 5 days of evaluation.

INSERT FIGURE 4 HERE

## Discussion

The main objective of this research was the presentation of a new scale of perceived speed. As scientific support for the presentation was examined concurrent validity the new scale for measuring the intensity of the bench press exercise. Was set as the criterion variable Velreal, which was measured with a linear displacement device. In general (a) is expected the Velescala be distributed as a positive linear function with Velreal. A specific level (b) Velescala was expected that, in each of the measured currents is distributed as a positive linear function with Velreal, being able to distinguish the different intensities performed. The findings of this research support each of the proposals expectations.

Concurrent validity: Velreal at different intensities. In this paper, the Velreal criterion variable was considered to quantify exercise intensity. Different authors (Sanchez-Medina et al., 2010) have proposed the rate as an effective measure to quantify exercise intensity. The results obtained in this study show, first, that the perceived speed in the linear scale positively correlated with the actual speed with a range of  $r = 0.62$  to  $0.85$ . In the individual analysis by intensities (see Table 2) showed that the intensities of maximum power and high burdens were found where the highest values of Pearson

correlation. However, in light loads was located where the lowest values. A possible explanation to the finding of some such low correlation coefficients can be due to the homogeneity of the sample used to evaluate scale. Although all coefficients derived from the correlation analysis showed significant differences at  $p < 0.01$ . Lagally et al. (2002) analyzed the RPE in different strength exercises (including the bench) at two different intensities (30 and 90% of 1RM). The results of this study showed that with increasing exercise intensity increased the RPE. The repeated measures ANOVA showed significant differences ( $F [32,095], 2, p = 0.000$ ) between the different intensities analyzed. This shows that the new scale of speed perception is sensitive to changes in the intensity of the exercise. Concurrent validity of other scales as the OMNI-RES Robertson et al. (2003) was conducted using two criterion variables (total loading displaced and lactate). The Pearson correlation coefficients ( $r$  range = 0.71 to 0.91 and  $r = 0.87$ ) showed a strong correlation between the total charge displaced, lactate and RPE, respectively. However, the comparison between this and other work is complicated, since no study has been used as the criterion variable  $V_{real}$  to measure exercise intensity.

Concurrent validity:  $V_{real}$  globally. The positive linear correlation between  $V_{escala}$   $V_{real}$  and when data are analyzed overall (see Table 3) leads to the idea that the new level of perception of speed is an effective method to discriminate on the actual average speed in the bench press exercise. Moreover, this fact is confirmed in the repeated measures ANOVA, since no significant differences in  $day \times intensity$  interaction ( $F [1590], 8, p = 0.132$ ). In Table 3 we can observe that, as the new scale was used perception of speed ratios increased from Pearson correlation  $r = 0.88$  to  $r = 0.96$ . Figure 4 shows the difference between the  $V_{escala} - V_{real}$ . The most distant point values 0 indicate a poor fit between the perceived and real, while values closer to 0,

indicating that the adjustment in perception is right. In general, the dynamics of the three intensities tend to converge to values close to the point 0. While a specific level, we note that the maximum power intensity is the most accurate of the three intensities, the intensities at high loads and light tend to underestimate and overestimate, respectively. The study by Pincivero, Coelho, Campy, Salfetnikov, & Bright (2001) revealed that the RPE tends to underestimate the submaximal exercise. Although this study was conducted using isokinetic material for assessing leg extension exercise.

Include the difficulty of comparing the various studies conducted to validate the OMNI-RES scale with the results of our research, since the criterion variables used to test the validity of these studies have been the lactate and the percentage of total load (Robertson et al., 2003, Robertson et al., 2005) or the Borg CR10 scale itself (Lagally & Robertson, 2006). The criterion variable used to test the validity of this research was the actual speed of each of the reps and sets obtained by a linear displacement device. Since the new scale is proposed to measure the average speed of execution of the bar, we have the best "gold standard" for assessing the validity possible.

## Conclusions

The subjective perception of speed on the new scale was distributed linearly and positively with the actual speed executed during the three intensities analyzed. Overall, high correlations were found between Velreal and Velescala. These correlation coefficients sessions increased as passed. The results obtained in this research provide concurrent validity of the new scale of perception of speed to be used as a means to quantify the intensity in the bench press exercise in a population of trained adults.

## Practical Applications

Having demonstrated the validity of the new scale of speed perception to monitor intensity during exercise on bench press in trained adults, coaches and athletes can train based on the concept of speed as a variable to quantify exercise intensity without the need for linear displacement device. Thus, the new level of perception of speed can be a complementary tool to other types of scales of perception as the Borg scale of 15 categories or the OMNI-RES scale. The common use of the new scale of perceived speed in the external resistance training, the athlete provides continuous feedback of execution speed in each of the repetitions and sets performed, especially with high power loads, fundamental objective of sports training.

#### References

1. Baker, D., Nance, S., & Moore, M. (2001). The load that maximizes the average mechanical power output during explosive bench press throws in highly trained athletes. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *15*(1), 20–24.
2. Bird, S. P., Tarpenning, K. M., & Marino, F. E. (2005). Designing resistance training programmes to enhance muscular fitness: a review of the acute programme variables. *Sports medicine*, *35*(10), 841–851.
3. Buckley, J. P., & Borg, G. A. V. (2011). Borg's scales in strength training; from theory to practice in young and older adults. *Applied physiology, nutrition, and metabolism*, *36*(5), 682–692.
4. Buitrago, S., Wirtz, N., Yue, Z., Kleinöder, H., & Mester, J. (2012). Mechanical load and physiological responses of four different resistance training methods in bench press exercise. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *112*(7), 2739 - 2748
5. Chen, M. J., Fan, X., & Moe, S. T. (2002). Criterion-related validity of the Borg ratings of perceived exertion scale in healthy individuals: a meta-analysis.

*Journal of sports sciences*, 20(11), 873–899.

6. Day, M. L., McGuigan, M., Brice, G., & Foster, C. (2003). *Monitoring work intensities during resistance training using a session RPE scale*. University of Wisconsin–La Crosse.
7. Fielding, R. A., LeBrasseur, N. K., Cuoco, A., Bean, J., Mizer, K., & Fiatarone Singh, M. A. (2002). High-velocity resistance training increases skeletal muscle peak power in older women. *Journal of the American Geriatrics Society*, 50(4), 655–662.
8. Fleck, S. J. (1999). Periodized strength training: a critical review. *J. Strength Cond. Res*, 13(1), 82–89.
9. Gearhart, J., Lagally, K. M., Riechman, S. E., Andrews, R. D., & Robertson, R. J. (2009). Strength tracking using the omni resistance exercise scale in older men and women. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 23(3), 1011–1015.
10. Gros Lambert, A., & Mahon, A. D. (2006). Perceived exertion : influence of age and cognitive development. *Sports medicine*, 36(11), 911–928.
11. Housh, D. J., Housh, T. J., Johnson, G. O., & Chu, W. K. (1992). Hypertrophic response to unilateral concentric isokinetic resistance training. *Journal of applied physiology*, 73(1), 65–70.
12. Irving, B. A., Rutkowski, J., Brock, D. W., Davis, C. K., Barrett, E. J., Gaesser, G. A., & Weltman, A. (2006). Comparison of Borg and OMNI-RPE as markers of the blood lactate response to exercise. *Medicine and science in sports and exercise*, 38(7), 1348–1352.
13. Kawamori, N., & Haff, G. G. (2004). The optimal training load for the development of muscular power. *The Journal of Strength & Conditioning*

*Research*, 18(3), 675.

14. Kawamori, N., & Newton, R. U. (2006). Velocity specificity of resistance training: Actual movement velocity versus intention to move explosively. *Strength & Conditioning Journal*, 28(2), 86.
15. Lagally, K. M., & Costigan, E. M. (2004). Anchoring procedures in reliability of ratings of perceived exertion during resistance exercise. *Perceptual and motor skills*, 98, 1285–1295.
16. Lagally, K. M., & Robertson, R. J. (2006). Construct validity of the omni resistance exercise scale. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 20(2), 252–256.
17. Lagally, K. M., Robertson, R. J., Gallagher, K. I., Goss, F. L., Jakicic, J. M., Lephart, S. M., McCaw, S. T., et al. (2002). Perceived exertion, electromyography, and blood lactate during acute bouts of resistance exercise. *Medicine and science in sports and exercise*, 34(3), 552–559.
18. Pereira M.I.R., & Gomes P.S.C. (2003). Movement Velocity in Resistance Training. *Sports Medicine*, 33(6), 427–438.
19. Pincivero, D. M., Coelho, A. J., Campy, R. M., Salfetnikov, Y., & Bright, A. (2001). The effects of voluntary contraction intensity and gender on perceived exertion during isokinetic quadriceps exercise. *European Journal of Applied Physiology*, 84(3), 221–226.
20. Randell, A. D., Cronin, J. B., Keogh, J. W., Gill, N. D., & Pedersen, M. C. (2011). Reliability of performance velocity for jump squats under feedback and nonfeedback conditions. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 25(12), 3514–3518.
21. Robertson, R. J., & Noble, B. J. (1997). Perception of physical exertion: methods,

- mediators, and applications. *Exercise and sport sciences reviews*, 25, 407–452.
22. Robertson, R.J., Goss, F. L., Rutkowski, J., Lenz, B., Dixon, C., Timmer, J., Frazee, K., Dube, J., & Andreacii, J. (2003). Concurrent validation of the OMNI perceived exertion scale for resistance exercise. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 35(2), 333–341.
23. Robertson, Robert J., Goss, F. L., Andreacci, J. L., Dube, J. J., Rutkowski, J. J., Frazee, K., Aaron, D. J., Metz, K., Kowallis, R. A., & Snee, B. M. (2005). Validation of the Children's OMNI-Resistance Exercise Scale of Perceived Exertion. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 37(5), 819–826.
24. Row, B. S., Knutzen, K. M., & Skogsberg, N. J. (2012). Regulating explosive resistance training intensity using the rating of perceived exertion. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 26(3), 664–671.
25. Sanchez-Medina, L., Perez, C. E., & Gonzalez-Badillo, J. J. (2010). Importance of the Propulsive Phase in Strength Assessment. *International Journal of Sports Medicine*, 31(2), 123–129.
26. Tiggemann, C. L., Korzenowski, A. L., Brentano, M. A., Tartaruga, M. P., Alberton, C. L., & Krueel, L. F. M. (2010). Perceived exertion in different strength exercise loads in sedentary, active, and trained adults. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(8), 2032.