

Análisis comparativo del press de banca utilizando métodos de fuerza con y sin resistencia variable intra-repetición.

Tesis Doctoral | **Salvador Baena Morales**

Programa de doctorado en Actividad Física y Salud

Directores:

Doctor Luis Javier Chiroso Ríos

Doctor Ignacio Jesús Chiroso Ríos



Universidad de Granada

Departamento de Educación Física y Deportiva

Universidad de Granada

2016

Editor: Universidad de Granada. Tesis Doctorales
Autor: Salvador Baena Morales
ISBN: 978-84-9125-432-4
URI: <http://hdl.handle.net/10481/43838>

D. Luis Javier Chiroso Ríos

Doctor en Ciencias de la Actividad Física y el Deporte

Universidad de Granada

D. Ignacio Jesús Chiroso Ríos

Doctor en Ciencias de la Actividad Física y el Deporte

Universidad de Granada

CERTIFICA:

Que la presente Tesis Doctoral titulada "Análisis comparativo del press de banca utilizando métodos de fuerza con y sin resistencia variable intra-repetición." ha sido realizada bajo nuestra dirección, por D. Salvador Baena Morales para optar al grado de Doctor en Actividad Física y Salud. 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 15 de Noviembre de 2015.

Fdo.:

A handwritten signature in black ink, consisting of a circular shape with a vertical line through the center and a horizontal line across the middle, with some internal scribbles.

Fdo.:

A handwritten signature in black ink, featuring a large, stylized 'I' or 'J' shape with a horizontal line through it, and the word 'Ignacio' written in cursive below.

Nada es fácil; nada se regala en este mundo, todo tiene que aprenderse con mucho esfuerzo. Un hombre que va en busca del conocimiento debe comportarse de la misma manera que un soldado que va a la guerra: bien despierto, con miedo, con respeto, y con absoluta confianza. Siguiendo estos requisitos, podrá perder alguna que otra batalla, pero nunca se lamentará de su destino.

Frase popular



Agradecimientos

Algunos dicen que esta parte es alguna de la más complicadas de escribir en una tesis doctoral, sin embargo yo estaba deseando escribirla. Ante mí tengo la oportunidad de dejar escrito para el recuerdo un eterno agradecimiento a todas las personas que me han ayudado a poder terminar esta "pequeña" labor para las cuales no quiero escatimar palabras.

La vida me ha enseñado, como decía el gran orador romano Cicerón:

"La gratitud no es solo la más grande de las virtudes, sino que es la que engendra todas las demás"

Me imagino que todos conocemos la sensación del miedo al no poder conseguir un objetivo, de la impotencia o la sensación de no poder más. Esa sensación que te impide avanzar en tus metas y hace que a veces las cosas parezca imposibles. Cuando esa sensación se apodera de mí, siempre en mi mente aparece la misma cara, la de mi madre. Desde que tengo memoria, su persistencia, paciencia y dedicación laboriosa al trabajo siempre llena de humildad, me han enseñado que la verdadera recompensa no es conseguir un objetivo en sí, sino el esfuerzo que día a día te ha hecho conseguirlo. Su ayuda diaria han hecho en mí el poder presentar hoy esta tesis doctoral, y por tanto eres la primera persona a la que tengo que mencionar en estos agradecimientos. Tú eres la auténtica doctorando.

Esta tesis, está dedicada a ti, María, mi madre. Sin ti, nada de esto sería posible.

A mi padre Salvador y mis hermanos Juan y Diego, gracias por vuestra ayuda diaria de mil formas diferentes. Todo es mucho más fácil en la vida con vuestra ayuda. Desde pelearnos por un trozo más de filete hasta compartir lo que casi no tenéis para que yo pueda tenerlo. Uno no elige a la familia, le viene dada, por lo que me siento muy afortunado y agradecido de poderos tener.

A mi novia Rebeca gracias por ser simplemente tú. La mujer que me hace y me hará feliz siempre. No tengo palabras para describir lo importante que eres en mi vida, si está tesis es parte de mi vida, también lo es toda tuya. Tu humor, tranquilidad, estabilidad, inteligencia, madurez y mil cosas más me han hecho crecer como persona y valorar las cosas verdaderamente importantes de la vida.

A toda la "familia" del equipo de investigación CTS-642:

Con sus propios "padres", Luis Javier Chiroso e Ignacio Chiroso a los cuales siempre les estaré agradecido no solo por ser mis tutores de Tesis y aguantarme, que no es poco, sino por enseñarme mil cosas de la vida que sin ellos jamás podría haber visto, vivido y sobre todo aprendido.

A ti "Luja" por ser la persona tranquila y decidida que a pesar de mil adversidades siempre está dispuesto a ayudar. Tu ayuda en la parte final de la tesis ha sido clave para poder hoy optar al grado de Doctor. Desde el primer día que me abristeis la puerta de departamento he estado como en casa. Eres un amigo más que un compañero.

Y a ti "Chupi" por llenar siempre de ilusión todo proyecto que hemos iniciado, desde el principio has hecho que todo sea más fácil y has sabido gestionar mis emociones para nunca venirme abajo y guiar los pasos de mis pies cuando aún no sabía ni "andar".

A los dos os digo que me habéis enseñado que nada es más fuerte que un sueño y una ilusión.



Con su "tito", Iker Bautista, excelente y predispuesto en todos los ámbitos que se le haya solicitado. Gracias Iker, por siempre estar ahí para todo.

Y a mis "hermanos" Miguel Ángel Soria, Jaime Suárez, Antonio Piepoli y Teresa Guerrero. Gracias por toda la ayuda en los momentos más difíciles durante la recogida de datos. Pronto todos podremos decir con satisfacción que conseguimos nuestro objetivo de ser como decíamos, Doctores sin bata.

A mi familia:

A mis titas Loli, Elodia y Amalia Morales Villena, mis otras tres madres. Gracias por todo, cada una a su manera habéis hecho que este largo camino que es la tesis doctoral sea más sencillo. A ti Amalia por ayudarme a escribir la tesis y empujarme siempre que pensaba que no podría terminar este camino, tu ayuda para poder terminar la tesis han sido vitales y has aportado mil matices que han hecho de ella un documento mucho mejor. Y a Elo y Loli por estar siempre y absolutamente para cualquier cosa que pudiera necesitar. Con cuatro "madres", todo en esta vida es bastante más fácil.

A todos mis titos, primos y abuelos, espero que también os sintáis en parte de este trabajo porque para mí, vosotros soy el mayor ejemplo de lo que significa sentirse orgulloso de una familia.

Y como no, en especial a mi primo Juan Andrés, por su dedicación y pasión por todo lo que significa ciencia. Gracias por inculcarme desde pequeño esa "curiosidad" por las cosas y hacer de mí, como diría el, alguien medio de provecho en la vida.

A mi otra "familia".

A mis amigos "Los Topos", un grupo de amigos de los que ya no quedan, es difícil conjugar tantas horas juntas con tan buen ambiente. Gracias a todo@ por hacer tan ameno cada uno de los segundos que pasamos en compañía. Espero que siempre podamos disfrutar juntos de tantas risas.

En especial a mi "maestrillos" Diego, gracias por tu amistad verdadera desde que tengo uso de razón y a Bárbara por haber sido siempre una persona de mi admiración. Vuestros ánimos siempre me han ayudado mucho para todo en esta vida, y sobre todo para facilitarme los caminos correctos en ella. También quisiera destacar al magnífico Cristóbal por hacer la foto de la portada de esta Tesis

A mis compañeros:

A todo el equipo de la Clínica Luis Baños, gracias por haberme dejado forma parte de un grupo profesional envidiable y de referencia. No he parado de aprender de cada uno de vosotros desde que formo parte de este privilegiado equipo.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Resumen general de la Tesis.....	31
Parte 1. Marco conceptual	
35	
Capítulo I. Aproximación al problema.....	39
Capítulo II. Tipos de RVIR y Antecedentes bibliográficos.....	45
2.1 Introducción.....	48
2.2. Aclaración conceptual.....	49
2.3 Los métodos de resistencia variable intra-repetición.	
2.3.1 Tipos.....	51
2.3.2 Background.....	57
Capítulo III. Fundamentos teóricos del entrenamiento con RVIR.....	69
3.1. Fundamentos biomecánicos. Ventajas biomecánicas.....	71
3.1.1. Relación longitud-tensión.....	71
3.1.2 Suavización del sticking point.....	72
3.2. Fundamentos cinéticos.....	75
3.2.1 Variación en la producción de cinética.....	75
3.2.2 Variación en la velocidad de aceleración-desaceleración.....	77
3.3 Fundamentos neuro-musculares.....	79
3.3.1 Activación neuro-muscular.....	79
3.3.2 Electromiografía.....	80
3.4. Fundamentos de la contracción muscular.....	83
3.4.1 Contracción en el ciclo estiramiento-acortamiento.....	83
3.4.2 Diferencias en la fase excéntrica.....	84
3.5. Fundamentos en la percepción del daño y dolor muscular.....	87
Capítulo IV. Referentes metodológicos de los métodos de RVIR.....	89
4.1. Metodología de los RVIR. Porcentaje de resistencia variable (P.R.V).....	91
4.2. Dispersión metodológica en la literatura.....	95
4.3. Evidencia científica sobre la eficacia de los métodos RVIR. Metanálisis.....	97



Propósito del estudio. Objetivos	109
Capítulo V. Metodología	113
Intervención I. Fiabilidad test-retest en press de banca	115
Introducción.....	117
Métodos.....	119
Resultados.....	121
Discusión.....	126
Conclusiones.....	129
Aplicaciones prácticas.....	129
Bibliografía.....	131
Intervención II. Metodología general	133
Sujetos.....	135
Diseño.....	136
Variables independientes.....	136
Variables dependientes.....	137
Control sobre las variables extrañas.....	138
Material e instrumental.....	139
Procedimiento.....	141
Etapa de información.....	141
Etapa de familiarización.....	141
Etapa de evaluación.....	145
Análisis estadístico de los resultados.....	146

Parte 3. Análisis de los resultados

Capítulo VI. Resultados	151
6.1 Estadística descriptiva de la variables.....	153
6.1.1 Variables de fuerza para ambos métodos.....	153
6.1.1.1 Fuerza media.....	153
6.1.1.2 Fuerza máxima.....	155
6.1.1.3 RFD.....	157

6.1.2 Variables cinéticas para ambos métodos.....	159
6.1.2.1 Velocidad media.....	159
6.1.2.3 Velocidad media propulsiva.....	161
6.1.2.2 Velocidad máxima.....	163
6.1.2.4 Aceleración máxima.....	165
6.1.3 Variables de potencia para ambos métodos.....	167
6.1.3.1 Potencia media.....	167
6.1.3.2 Potencia máxima.....	169
6.1.5 Variables temporales para ambos métodos.....	171
6.1.4 Variables perceptivas para ambos métodos.....	175
6.1.4.1 RPE.....	175
6.2. Estadística inferencial entre los dos métodos (RVIR vs Constante).....	179

Parte 4. Discusión, conclusiones, limitaciones, perspectivas de futuro y aplicaciones prácticas. **193**

Capítulo VII. Discusión.....	195
Capítulo VIII. Conclusiones.....	217
Capítulo IX. Limitaciones.....	223
Capítulo X. Futuras investigaciones.....	227
Capítulo XI. Aplicaciones prácticas de los métodos RVIR.....	233
Bibliografía.....	239
Anexos.....	255



Índice de Tablas

Parte I. Marco Conceptual

Tabla 2.1 Ecuaciones polinómicas para bandas elásticas.....	51
Tabla 2.2. RBR. Tensión-deformación en plataforma de fuerza.....	51
Tabla 2.3. Síntesis de los estudios realizados con método de RVIR.....	63
Tabla 4.1. Estudios donde se especifica el método de RVIR, determinado el PRV/PRC y PRM.....	94
Tabla 4.2. Resultados de los estudios individuales incluidos en el meta-análisis.....	101

Parte II. Marco metodológico

Intervención I.

Tabla 5.1.1 Valores del <i>ICC</i> , <i>SEM</i> y <i>MD</i> en las variables de fuerza media, fuerza pico, potencia media y potencia pico.....	124
---	-----

Intervención II.

Tabla 5.2.1 Descripción de la muestra expresada como media y desviación.....	135
Tabla 5.2.2 Descripción de las variables independientes analizadas.....	137
Tabla 5.2.3 Distribución metodológica en fases y sesiones.....	145

Parte III. Resultados

Capítulo VI. Resultados - Nivel descriptivo

Tabla 6.1.1 Análisis descriptivo, media (desviación) de la fuerza media (Newton) para un press de banca en cinco porcentajes de la 1 RM con resistencia constante. Ganancia aproximada de fuerza y porcentajes de aumento de la fuerza media entre intervalos.....	153
Tabla 6.1.2 Análisis descriptivo, media (desviación) de la fuerza media (Newton) para un press de banca en cuatro porcentajes de la 1 RM con RVIR. Ganancia aproximada de fuerza y porcentajes de aumento de la fuerza media entre intervalos.....	154
Tabla 6.1.3 Análisis descriptivo, media (desviación) de la fuerza máxima (Newton) para un press de banca en cinco porcentajes de la 1 RM con resistencia constante. Ganancia aproximada de fuerza máxima y porcentajes de aumento entre intervalos.	155
Tabla 6.1.4 Análisis descriptivo, media (desviación) de la fuerza máxima (Newton) para un press de banca en cuatro porcentajes de la 1 RM con RVIR. Ganancia aproximada de fuerza y porcentajes de aumento entre intervalos.....	156



Tabla 6.1.5 Análisis descriptivo, media (desviación) del RFD (N/s) para un press de banca en cinco porcentajes de la 1 RM con resistencia constante. Descenso aproximado de RFD y porcentaje de pérdida entre intervalos.....	157
Tabla 6.1.6 Análisis descriptivo, media (desviación) del RFD (N/s) para un press de banca en cuatro porcentajes de la 1 RM con RVIR. Descenso aproximado del RFD y porcentajes de pérdida de la fuerza media entre intervalos.....	158
Tabla 6.1.7 Análisis descriptivo, media (desviación) de la velocidad media (m/s) para un press de banca en cinco porcentajes de la 1 RM con resistencia constante. Descenso aproximado de velocidad media y porcentaje de pérdida entre intervalos.....	159
Tabla 6.1.8 Análisis descriptivo, media (desviación) de la velocidad media (m/s) para un press de banca en cinco porcentajes de la 1 RM con RVIR. Descenso aproximado de velocidad media y porcentaje de pérdida entre intervalos.....	160
Tabla 6.1.9 Análisis descriptivo, media (desviación) de la velocidad media propulsiva (m/s) para un press de banca en cinco porcentajes de la 1 RM con resistencia constante. Descenso aproximado de velocidad media propulsiva y porcentaje de pérdida entre intervalos.....	161
Tabla 6.1.10. Análisis descriptivo, media (desviación) de la velocidad media propulsiva (m/s) para un press de banca en cinco porcentajes de la 1 RM con RVIR. Descenso aproximado de velocidad media propulsiva y porcentaje de pérdida entre intervalos.....	162
Tabla 6.1.11. Análisis descriptivo, media (desviación) de la velocidad máxima (m/s) para un press de banca en cinco porcentajes de la 1 RM con resistencia constante. Descenso aproximado de velocidad máxima y porcentaje de pérdida entre intervalos.....	163
Tabla 6.1.12. Análisis descriptivo, media (desviación) de la velocidad máxima (m/s) para un press de banca en cinco porcentajes de la 1 RM con RVIR. Descenso aproximado de velocidad máxima y porcentaje de pérdida entre intervalos.....	164
Tabla 6.1.13. Análisis descriptivo, media (desviación) de la aceleración máxima (m/s ²) para un press de banca en cinco porcentajes de la 1 RM con resistencia constante. Descenso aproximado de aceleración máxima y porcentaje de pérdida entre intervalos.....	165
Tabla 6.1.14. Análisis descriptivo, media (desviación) de la aceleración máxima (m/s ²) para un press de banca en cinco porcentajes de la 1 RM con RVIR. Descenso aproximado de aceleración máxima y porcentaje de pérdida entre intervalos.	166
Tabla 6.1.15. Análisis descriptivo, media (desviación) de la potencia media (W) para un press de banca en cinco porcentajes de la 1 RM con resistencia constante. Diferencia y porcentajes aproximados entre intervalos de intensidad de la potencia media.	167

Tabla 6.1.16. Análisis descriptivo, media (desviación) la potencia media (W) para un press de banca en cuatro porcentajes de la 1 RM con RVIR. Diferencia y porcentajes aproximados entre intervalos de intensidad de la potencia media.	168
Tabla 6.1.17. Análisis descriptivo, media (desviación) de la potencia máxima para un press de banca en cinco porcentajes de la 1 RM con resistencia constante. Diferencia y porcentajes aproximados entre intervalos de intensidad de la potencia máxima.....	169
Tabla 6.1.18. Análisis descriptivo, media (desviación) de la potencia máxima (W) para un press de banca en cuatro porcentajes de la 1 RM con RVIR. Diferencia y porcentajes aproximados entre intervalos de intensidad de la potencia máxima.	170
Tabla 6.1.19. Análisis descriptivo, media (desviación) expresado en milisegundos (ms) para para el tiempo hasta la velocidad máxima, tiempo hasta potencia máxima, tiempo hasta fuerza máxima, tiempo hasta RFD máximo, duración de la fase de subida y duración de la fase propulsiva para un press de banca en cinco porcentajes de la 1 RM con RVIR.	171
Tabla 6.1.20. Análisis descriptivo, media (desviación) expresado en milisegundos (ms) para para el tiempo hasta la velocidad máxima, tiempo hasta potencia máxima, tiempo hasta fuerza máxima, tiempo hasta RFD máximo, duración de la fase de subida y duración de la fase propulsiva para un press de banca en cinco porcentajes de la 1 RM con resistencia constante.....	172
Tabla 6.1.21. Análisis descriptivo, media (desviación) de la percepción subjetiva del esfuerzo (RPE) en una escala del 1 al 10 para un press de banca en cinco porcentajes de la 1 RM con resistencia constante. Aumento aproximado de RPE y porcentaje de ganancia entre intervalos.....	173
Tabla 6.1.22. Análisis descriptivo, media (desviación) de la percepción subjetiva del esfuerzo (RPE) en una escala del 1 al 10 para un press de banca en cinco porcentajes de la 1 RM con RVIR. Aumento aproximado de RPE y porcentaje de ganancia entre intervalos.....	174

Capítulo VI. Resultado - Nivel inferencial

Tabla 6.2.1 Análisis inferencial para la fuerza máxima entre dos métodos (RVIR vs. constante). Pruebas no paramétricas de rangos con signo de Wilcoxon y estadístico de contraste. Diferencias significativas ($p \leq 0.05$).....	181
Tabla 6.2.2. Análisis inferencial la fuerza media entre dos métodos (RVIR vs. constante). Pruebas no paramétricas de rangos con signo de Wilcoxon y estadístico de contraste. Diferencias significativas ($p \leq 0.05$).	182



Tabla 6.2.3. Análisis inferencial para el RFD entre dos métodos (RVIR vs. constante). Pruebas no paramétricas de rangos con signo de Wilcoxon y estadístico de contraste. Diferencias significativas ($p \leq 0,05$).....	183
Tabla 6.2.4. Análisis inferencial para la velocidad media entre dos métodos (RVIR vs. constante). Pruebas no paramétricas de rangos con signo de Wilcoxon y estadístico de contraste. Diferencias significativas ($p \leq 0,05$).	184
Tabla 6.2.5. Análisis inferencial la velocidad media propulsiva (VMP) entre dos métodos (RVIR vs constante). Pruebas no paramétricas de rangos con signo de Wilcoxon y estadístico de contraste. Diferencias significativas ($p \leq 0,05$).	185
Tabla 6.2.6. Análisis inferencial para la velocidad máxima entre dos métodos (RVIR vs. constante). Pruebas no paramétricas de rangos con signo de Wilcoxon y estadístico de contraste. Diferencias significativas ($p \leq 0,05$).	186
Tabla 6.2.7. Análisis inferencial para la aceleración máxima entre dos métodos (RVIR vs. constante). Pruebas no paramétricas de rangos con signo de Wilcoxon y estadístico de contraste. Diferencias significativas ($p \leq 0,05$).	187
Tabla 6.2.8. Análisis inferencial para la potencia media entre dos métodos (RVIR vs. constante). Pruebas no paramétricas de rangos con signo de Wilcoxon y estadístico de contraste. Diferencias significativas ($p \leq 0,05$).	188
Tabla 6.2.9. Análisis inferencial para la potencia máxima entre dos métodos (RVIR vs. constante). Pruebas no paramétricas de rangos con signo de Wilcoxon y estadístico de contraste. Diferencias significativas ($p \leq 0,05$).....	189
Tabla 6.2.10. Análisis inferencial para el tiempo hasta alcanzar velocidad máxima (TVmáx.) entre dos métodos (RVIR vs. constante). Pruebas no paramétricas de rangos con signo de Wilcoxon y estadístico de contraste. Diferencias significativas ($p \leq 0,05$).....	190
Tabla 6.2.11. Análisis inferencial para el tiempo hasta alcanzar velocidad máxima (TVmáx.) entre dos métodos (RVIR vs. constante). Pruebas no paramétricas de rangos con signo de Wilcoxon y estadístico de contraste. Diferencias significativas ($p \leq 0,05$).....	191

Índice de Figuras

Parte I. Marco Conceptual

Figura 1.1 Variables físicas componentes de un ejercicio.....	38
Figura 1.2 Ejemplo de variables modificables para crear Métodos de Estímulo Variable Intra Repetición.....	39
Figura 2.1 Momentos durante en la ejecución de un gesto deportivo en los que la resistencia externa puede ser variada. Ubicación de los métodos de resistencia variable intra repetición.....	48
Figura 2.2 Curva de tensión-deformación para 5 tipos de bandas elásticas.....	50
Figura 2.3. Eslabones estándar en cadenas de acero: Relación masa-desplazamiento.....	52
Figura 2.4. Porcentaje para los levantadores que usan bandas elásticas o cadenas para la sentadilla en el press de banca, peso muerto o asistidos.....	53
Figura 4.1. Gráfico en árbol ("forestplot") de los resultados del meta-análisis.....	102

Parte II. Marco metodológico

Intervención I.

Figura 5.1.1 Gráfico Bland and Altman de las diferencias de la carga de la 1RM.....	121
Figura 5.1.2 Relación de 1RM (kg.) en las ocasiones que se evaluaron.....	122
Figura 5.1.3 Valores residuales de la 1RM y predichos residuales de la 1RM.....	122
Figura 5.1.4 Media de la fuerza pico (n) en las dos ocasiones que se evaluó el test.....	125
Figura 5.1.5 Media de la potencia pico (w) en las dos ocasiones que se evaluó el test.....	125

Intervención II.

Figura 5.2.1 Distribución de la muestra evaluada sobre la somatocarta.....	135
Figura 5.2.2 Imagen del pórtico para la realización de un press de banca tradicional sin cadenas.....	139
Figura 5.2.3 Imagen del conjunto de elementos utilizados para transferir la aplicación de fuerzas a la plataforma de fuerza situada en el suelo.....	140
Figura 5.2.4 Resumen de los pasos y fases para crear una RVIR estable y proporcional en cinco partes.....	144



Parte III. Resultados

Capítulo VI. Resultados - Nivel descriptivo

Figura 6.1.1. Distribución de la fuerza media (Newton) a lo largo de cinco porcentajes de la 1 RM en un press de banca con resistencia constante.....	153
Figura 6.1.2. Distribución de la fuerza media (Newton) a lo largo de cinco porcentajes de la 1 RM en un press de banca con RVIR.	154
Figura 6.1.3. Distribución de la fuerza máxima (Newton) a lo largo de cinco porcentajes de la 1 RM en un press de banca con resistencia constante.	155
Figura 6.1.4. Distribución de la fuerza máxima (Newton) a lo largo de cinco porcentajes de la 1 RM en un press de banca con RVIR.....	156
Figura 6.1.5. Distribución del RFD (N/s) a lo largo de cinco porcentajes de la 1 RM en un press de banca con resistencia constante.....	157
Figura 6.1.6. Distribución del RFD (N/s) a lo largo de cuatro porcentajes de la 1 RM en un press de banca con RVIR.....	158
Figura 6.1.7. Distribución de la velocidad media (m/s) a lo largo de cinco porcentajes de la 1 RM en un press de banca con resistencia constante.....	159
Figura 6.1.8. Distribución de la velocidad media (m/s) a lo largo de cinco porcentajes de la 1 RM en un press de banca con RVIR.....	160
Figura 6.1.9. Distribución de la velocidad media propulsiva (m/s) a lo largo de cinco porcentajes de la 1 RM en un press de banca con resistencia constante.	161
Figura 6.1.10. Distribución de la velocidad media propulsiva (m/s) a lo largo de cinco porcentajes de la 1 RM en un press de banca con RVIR.	162
Figura 6.1.11. Distribución de la velocidad máxima (m/s) a lo largo de cinco porcentajes de la 1 RM en un press de banca con resistencia constante.	163
Figura 6.1.12. Distribución de la velocidad máxima (m/s) a lo largo de cinco porcentajes de la 1 RM en un press de banca con RVIR.....	164
Figura 6.1.13. Distribución de la velocidad máxima (m/s ²) a lo largo de cinco porcentajes de la 1 RM en un press de banca con resistencia constante.....	165
Figura 6.1.14. Distribución de la velocidad máxima (m/s ²) a lo largo de cinco porcentajes de la 1 RM en un press de banca con RVIR.....	166

Figura 6.1.15. Distribución de la potencia media (W) a lo largo de cinco porcentajes de la 1 RM en un press de banca con resistencia constante.....	167
Figura 6.1.16. Distribución la potencia media (W) a lo largo de cuatro porcentajes de la 1 RM en un press de banca con RVIR.....	168
Figura 6.1.17. Distribución de la potencia máxima a lo largo de cinco porcentajes de la 1 RM en un press de banca con resistencia constante.....	169
Figura 6.1.18. Distribución de la potencia máxima a lo largo de cuatro porcentajes de la 1 RM en un press de banca con RVIR.	170
Figura 6.1.19. Distribución del tiempo expresado en milisegundos (ms) hasta la velocidad máxima, hasta la potencia máxima y hasta la fuerza máxima a lo largo de cinco porcentajes de la 1 RM en un press de banca con resistencia constante.....	172
Figura 6.1.20. Distribución del tiempo expresado en milisegundos (ms) hasta el RFD máximo a lo largo de cinco porcentajes de la 1 RM en un press de banca con resistencia constante.....	172
Figura 6.1.21. Distribución de la duración de la fase de subida y propulsiva expresado en milisegundos (ms) a lo largo de cinco porcentajes de la 1 RM en un press de banca con resistencia constante.....	172
Figura 6.1.22. Distribución del tiempo expresado en milisegundos (ms) hasta la velocidad máxima, hasta la potencia máxima y hasta la fuerza máxima a lo largo de cinco porcentajes de la 1 RM en un press de banca con RVIR.	174
Figura 6.1.23. Distribución del tiempo expresado en milisegundos (ms) hasta el RFD máximo a lo largo de cinco porcentajes de la 1 RM en un press de banca con RVIR.	174
Figura 6.1.24. Distribución de la duración de la fase de subida y propulsiva expresado en milisegundos (ms) a lo largo de cinco porcentajes de la 1 RM en un press de banca con RVIR.....	174
Figura 6.1.25. Distribución de la RPE (puntuación del 1 al 10) a lo largo de cinco porcentajes de la 1 RM en un press de banca con resistencia constante.....	175
Figura 6.1.26. Distribución de la RPE (puntuación del 1 al 10) a lo largo de cinco porcentajes de la 1 RM en un press de banca con RVIR.....	176
Figura 6.1.27. Curva de velocidad para dos intensidades y dos métodos: FWR (peso constante) y RVIR (resistencia variable) al 80% y 100% de 1RM. Se muestran la velocidades medias (n=15) en diez rangos de la fase concéntrica.	177
Figura 6.1.28. Comparación de las curvas de fuerza-velocidad-tiempo y sticking point para dos métodos de realización de un press de banca (constantes vs. Variable) al 100% de 1RM.....	178



Capítulo VI. Resultado - Nivel inferencial

- Figura 6.2.1.** Representación gráfica del comportamiento de la fuerza máxima sobre dos métodos de trabajo (constantes y RVIR) a diferentes intensidades de 1RM.....183
- Figura 6.2.2.** Representación gráfica del comportamiento de la fuerza media sobre dos métodos de trabajo (constantes y RVIR) a diferentes intensidades de 1RM.....184
- Figura 6.2.3.** Representación gráfica del comportamiento del RFD sobre dos métodos de trabajo (constantes y RVIR) a diferentes intensidades de 1RM.185
- Figura 6.2.4.** Representación gráfica del comportamiento de la velocidad media sobre dos métodos de trabajo (constantes y RVIR) a diferentes intensidades de 1RM.186
- Figura 6.2.5.** Representación gráfica del comportamiento de la velocidad media sobre dos métodos de trabajo (constantes y RVIR) a diferentes intensidades de 1RM.....185
- Gráfica 6.2.6.** Representación gráfica del comportamiento de la velocidad máxima sobre dos métodos de trabajo (constantes y RVIR) a diferentes intensidades de 1RM.....186
- Figura 6.2.7.** Representación gráfica del comportamiento de la aceleración máxima sobre dos métodos de trabajo (constantes y RVIR) a diferentes intensidades de 1RM.....187
- Figura 6.2.8.** Representación gráfica del comportamiento de la potencia media sobre dos métodos de trabajo (constantes y RVIR) a diferentes intensidades de 1RM.....188
- Figura 6.2.9.** Representación gráfica del comportamiento de la potencia máxima sobre dos métodos de trabajo (constantes y RVIR) a diferentes intensidades de 1RM.....189
- Figura 6.2.10.** Representación gráfica del comportamiento del tiempo hasta alcanzar la velocidad máxima sobre dos métodos de trabajo (constantes y RVIR) a diferentes intensidades de 1RM.....190
- Figura 6.2.11.** Representación gráfica del comportamiento de la percepción subjetiva del esfuerzo sobre dos métodos de trabajo (constantes y RVIR) a diferentes intensidades de 1RM.....191

GLOSARIO DE TÉRMINOS

1RM	1 Repetición máxima.
AMÁX	Aceleración máxima
MEVIR	Métodos de Estimulo Variable Intra-Repetición.
PBT	Press de Banca Tradicional.
RFD	Rate Force Developed
RVIR	Resistencia Variable Intra Repetición
UM	Unidades motrices
VM,	Velocidad media
VMÁX,	Velocidad máxima
VMP	Velocidad Máxima Propulsiva
SP	Sticking Point
RVER	Resistencia Variable Entre Repeticiones
RVES	Resistencia Variable Entre Series
RVIS	Resistencia Variable Intra Series
RBR	Rubber Based Resistance
PL	Peso libre
PRV	Porcentaje de Resistencia Variable
PRC	Porcentaje de Resistencia Constante
PRM	Porcentaje de la 1RM referencia





Publicaciones y presentaciones de la
presente Tesis Doctoral

De la presente Tesis Doctoral se desprenden los siguientes logros:

Publicaciones en revistas científicas:

Capítulo I y II

- Intra-repetition variable resistance training: Part I. An overview. (2014). *European Journal of Human Movement*

Capítulo IV

-Effects of variable resistance training on maximal strength: a meta-analysis (2015). *Journal of Strength and Conditioning Research*.

Intervención I

- Fiabilidad test-retest de la fuerza, potencia y velocidad en press de banca (aceptado). *Cuadernos de Psicología del deporte*.

Artículos en revisión por revistas científicas:

Capítulo III

- Intra-repetition variable resistance training: Part II. Methodological Background. *European Journal of Human Movement*.

Comunicaciones en congresos:

Capítulo IV

- "Metanálisis Los métodos de resistencia variable.". II Internacional Congress on Team Sport. Universidad Pablo Olavide. 2014

Estudio II, III y IV.

- "Los RVIR. Análisis descriptivo de las variables fisiológicas y funcionales." II Internacional Congress on Team. Universidad Pablo Olavide. 2014

- "Descripción de los métodos intra repetición". II Internacional Congress on Team Sport. Universidad Pablo Olavide. 2014





Resumen general de la Tesis Doctoral

Introducción:

El entrenamiento de la fuerza con los métodos de Resistencia Variable Intra Repetición (RVIR), entendido como aquellos métodos donde la carga externa es modificada durante la propia repetición de un ejercicio deportivo, está teniendo cada vez más importancia dentro de las técnicas utilizadas para el entrenamiento de la fuerza dinámica máxima. La literatura científica destinada a la investigación de estos métodos está obteniendo resultados positivos sobre la eficiencia de los RVIR en comparación a los métodos tradicionales donde la resistencia es constante. Sin embargo hasta la fecha no existe ningún trabajo donde se recopile todos los fundamentos proporcionados por la literatura, para ordenarlos darle cohesión y explicación a los beneficios de los métodos RVIR.

Este trabajo doctoral aúna todas las investigaciones previas relativas al método de RVIR y su vez investiga sobre el comportamiento de las variables de las que se compone un gesto estandarizado como es un press de banca. De esta forma se comparan de forma cuantifica las diferencias existente entre cada una de las variables a diferentes porcentajes, para de esta forma dar unión a las investigaciones previamente escritas y a los resultado obtenidos en esta propia investigación.

Por lo tanto encontramos en esta Tesis Doctoral un documento que sirve de referencia a nivel bibliográfico y científico para todas aquellas investigaciones destinadas a los métodos de resistencia variable intra repetición (RVIR).

Objetivos:

Una profunda revisión y análisis de los antecedentes científicos sobre los estudios con metodología de RVIR será uno de los principales objetivos de esta Tesis Doctoral. Al mismo tiempo se pretende desmembrar de estas investigaciones los fundamentos que expliquen el porqué de los beneficios de estos métodos. El principal objetivo de esta investigación sin embargo radica en el análisis descriptivo e inferencial del comportamiento de las variables de las que se componen la ejecución de un gesto estandarizado como es el press de banca y realizado con dos métodos (Tradicional-constante vs RVIR). De esta forma se pretenden concretar en este documento doctoral todos los antecedentes científicos de los métodos RVIR, analizarlos y relacionarlos con los resultados obtenidos en esta propia investigación.

Materiales y métodos

La investigación está compuesta de varias partes. La primera parte es un marco conceptual donde se analizan a nivel teórico todas las investigaciones previas a esta Tesis Doctoral para de esta forma crear una base de conocimiento sólida sobre la materia evaluada. A su vez esta primera parte es finalizada con las aportaciones de una meta-análisis donde a nivel estadístico se muestra la eficacia de los métodos de RVIR respecto a los métodos tradicionales constantes. Para esta primera parte conceptual se han realizado búsquedas en diferentes base de datos hasta la fecha de Octubre de 2015 (MEDLINE, PUBMED; SCOPUS, SPORTDISCUS y WEB OF SCIENCE) y en las que se aplicó la búsqueda de diferentes palabras claves (variable resistance, bench press, chain, elastic band) entre otras.

La segunda parte de este documento presenta dos intervenciones a nivel metodológico, en las que en primer lugar se presenta un estudio para comprobar la fiabilidad de un test-retest sobre la fuerza, potencia y velocidad en press banca. La segunda de las intervenciones consiste en un diseño intrasujeto aleatorizado con medidas repetidas en el que se compara a nivel descriptivo e inferencial las diferencias en la ejecución de un press de banca con método tradicional y con método de RVIR sobre diferentes variables de fuerza (Fuerza máxima, fuerza media y RFD), cinéticas (Velocidad media, velocidad máxima y aceleración máxima), de potencia (potencia media y potencia máxima), temporales (tiempo hasta alcanzar velocidad máxima) y perceptivas (RPE). A su vez todas estas variables fueron evaluadas y comparadas sobre diferentes porcentajes de ejecución (40%, 60%, 80% y 100% de 1RM). Para provocar la RVIR se optó por la utilización de cadenas ya que la cuantificación de la carga propia a la cadena es más estable y sencilla. Estas cadenas de acero fueron pesadas y medidas para garantizar la precisión en la resistencia proporcionada. El porcentaje para graduar la carga seleccionada fue de un 20% de resistencia variable ya que es el método con más respaldo científico. Para la medición de las diferentes variables se utilizó un encoder lineal (T-Force System, Ergotech, Murcia, España), una plataforma de fuerza de suelo (KistlerGroup, Eulachstrasse, Switzerland), la escala de percepción subjetiva del esfuerzo (OMNI-RES).

Resultados:

Los resultados obtenidos en esta investigación muestran como los métodos de RVIR son un método efectivo de entrenamiento de la fuerza. Esta hipótesis viene

defendida por la multitud de investigaciones analizadas y por los resultados obtenidos en el meta-análisis donde el entrenamiento con RVIR durante un periodo de entrenamiento prolongado (>7 semanas) se producen ganancias de fuerza máxima muy significativas ($p < 0.0001$) en comparación entrenamiento tradicional.

A su vez a nivel específico los resultados obtenidos muestran como existen diferencias significativas ($p < 0,05$) a favor de los método RVIR para la mayoría de las variables comparadas a nivel de fuerza (Fuerza máxima al 100% y RFD al 40%, 60%, 80% y 100%), a nivel cinético (Velocidad media y velocidad media propulsiva al 60%, 80% y 100%, velocidad máxima al 100%, aceleración máxima al 40%, 60%, 80% y 100%), a nivel de potencia (potencia media al 80% y 100%, potencia máxima al 100%), variables temporales (tiempo hasta velocidad máxima al 40%, 60%, 80% y 100%) y finalmente para la variables perceptivas (RPE al 40%, 60%, 80% y 100%). Tan solo se obtuvieron diferencias significativas en la fuerza media al 40% y 60% a favor de los métodos tradicionales constantes. En el resto de variables no aparecen diferencias significativas.

Discusión

Los resultados obtenidos coinciden con los presentados en otras investigaciones (Anderson, Sforzo, & Sigg, 2008; Bellar et al., 2011; Cronin, McNair, & Marshall, 2003; Ghigiarelli et al., 2009; McCurdy, et al., 2009; Rhea, Kenn, & Dermody, 2009; Shoepe et al., 2011), de esta forma existe un resguardo amplio para poder asegurar que este tipo de entrenamiento supone una mayor y rápida mejora en comparación con los habituales entrenamientos que tan solo utilizan peso libre. Estos beneficios parecen estar explicados por las mayores adaptaciones neurales que los métodos RVIR provocan. A su vez se demuestra como el ciclo estiramiento-acortamiento que sucede en el músculo a la hora de realizar métodos de RVIR se manifiesta en mayor medida, teniendo como consecuencia un aumento de la velocidad y los niveles de fuerza y potencia durante la repetición en su fase concéntrica (Baker & Newton, 2009; Israetel et al., 2010; Rhea et al., 2009; Palmer, 2011). Los métodos de RVIR obtiene mayores diferencias en la cargas altas, ya que permiten sobrepasar el sticking point a una mayor velocidad, posibilitando el hecho de levantar cargas a una mayor velocidad, provocará esta suavización del SP producir entrenamiento en una posición más ventajosa en relación a los ángulos de las articulaciones.



Conclusiones:

Tras todo el proceso investigador realizado en esta Tesis Doctoral se puede concluir que hay suficientes evidencias científicas para asegurar que este tipo de entrenamiento (RVIR) supone un igual o mayor incremento de las variables cuantificables de las que se compone un press de banca en comparación con los habituales entrenamientos que tan solo utilizan resistencia constante para cualquier tipo de población (entrenados o no).

Al mismo tiempo destacar las posibilidades que tienen estos métodos como parte fundamental de un programa de readaptación, ya que el trabajo con RVIR permite el trabajo de la fuerza con una menor carga articular y lesiva. Donde producir una mayor mejora de la fuerza a pesar de estar trabajando con una menor carga.

Por tanto se aportan evidencias científicas en esta Tesis Doctoral, tanto bibliográficas como estadísticas, de que el entrenamiento realizado con RVIR para aumentar los niveles de fuerza durante un periodo de entrenamiento prolongado, ya sea utilizando cadenas o bandas elásticas adheridas a la barra, representa una estrategia efectiva para aumentar los niveles de fuerza (1RM) tanto en deportistas expertos de diversas disciplinas deportivas, como en sujetos no entrenados o recreativos

Futuras investigaciones

Una vez finalizada esta Tesis Doctoral surge la necesidad de dar respuesta a otras preguntas. Las aportaciones de estandarización metodológica de este trabajo, proponen un paso previo, pero tienen que hacerse nuevas investigaciones donde seguir una metodología más estandarizada. Una vez obtenida la validez y fiabilidad de esta metodología, se podrá dar respuesta a preguntas como cuáles son los porcentajes de RVIR idóneos para ganar más fuerza, cómo afecta este método sobre poblaciones acostumbradas ya a los RVIR o realizar estudios longitudinales donde comparar los métodos tradicionales constantes con los métodos de RVIR.

Palabras clave: Resistencia variable, fuerza, press de banca, método, cadenas.



PARTE I. MARCO CONCEPTUAL

Parte I.

MARCO CONCEPTUAL

Capítulo I

- **Aproximación al problema.**
- Antecedentes bibliográficos.
- Fundamentos teóricos del entrenamiento con Resistencia Variables Intra Repetición.
- Referentes metodológicos de los métodos de Resistencia Variables Intra Repetición.

1.- Contextualización y Aproximación al Problema: Los métodos RVIR como parte esencial de un conjunto superior, los MEVIR.

“Cuando soplan vientos de cambios, unos construyen muros, otros molinos”

Proverbio Chino

Los métodos de Resistencia Variable Intra Repetición (RVIR), pertenecen a una nueva familia de métodos de entrenamiento donde la repetición pasa de ser un concepto únicamente cuantitativo del entrenamiento a ser uno cualitativo, los Métodos de Estimulo Variable Intra Repetición (MEVIR). En estos métodos la repetición no es solo una variable cuantitativa de la carga de entrenamiento que sirve para controlar y cuantificar la intensidad del entrenamiento, sino que pasa a formar parte de la estructura del mismo. Los MEVIR crean nuevas variables a tener en cuenta en el diseño y la programación de las rutinas de trabajo, que hacen que la repetición pase a obtener este componente cualitativo.

Actualmente existe un aumento importante del número de investigaciones destinadas a comprobar qué sucede a nivel fisiológico o muscular cuando el estímulo es alterado dentro de una misma repetición. Esta creciente tendencia viene dada por los resultados positivos en los estudios realizados y por el hecho de existir cada vez más una estandarización en el uso de los métodos MEVIR en el entrenamiento de la fuerza. Por tanto los RVIR son un claro exponente de la evolución a la que tiene que estar sometida la ciencia del deporte y el entrenamiento.

Sin embargo estos mismos métodos parecen estar obstaculizados por los medios técnicos existentes hasta ahora. Existen limitaciones para poder programar y ejecutar de una forma precisa la variabilidad del estímulo dentro de la misma repetición, lo que ha hecho que el uso de los mismos sea menos habitual de lo que los propios beneficios de los métodos podrían indicar.

La multitud de variables que se pueden gestionar dentro de una repetición, hacen reflexionar sobre el potencial de entrenamiento que ofrecen los MEVIR ya que las variables pueden ser modificadas tanto de forma aislada como de forma conjunta. Por ello para poder comprender mejor qué variables son modificables y para una mejor



organización de las variables MEVIR las agruparemos en cuatro grandes bloques (cinéticos, los relativos a la resistencia, angulares y superficiales).

Dado este aumento en el número de investigaciones relativas a los métodos RVIR es necesario situar estos métodos en una visión más global en relación con el entrenamiento de la fuerza. En primer lugar los RVIR destacan como una parte de los Método de Estímulo Variable Intra Repetición (MEVIR) donde no solo la resistencia podrá ser variada durante una repetición sino que hay otras variables a tener en cuenta a la hora de gestionar el entrenamiento dentro una repetición y que por tanto forman parte de una estructura aún más compleja (Figura 1.1).

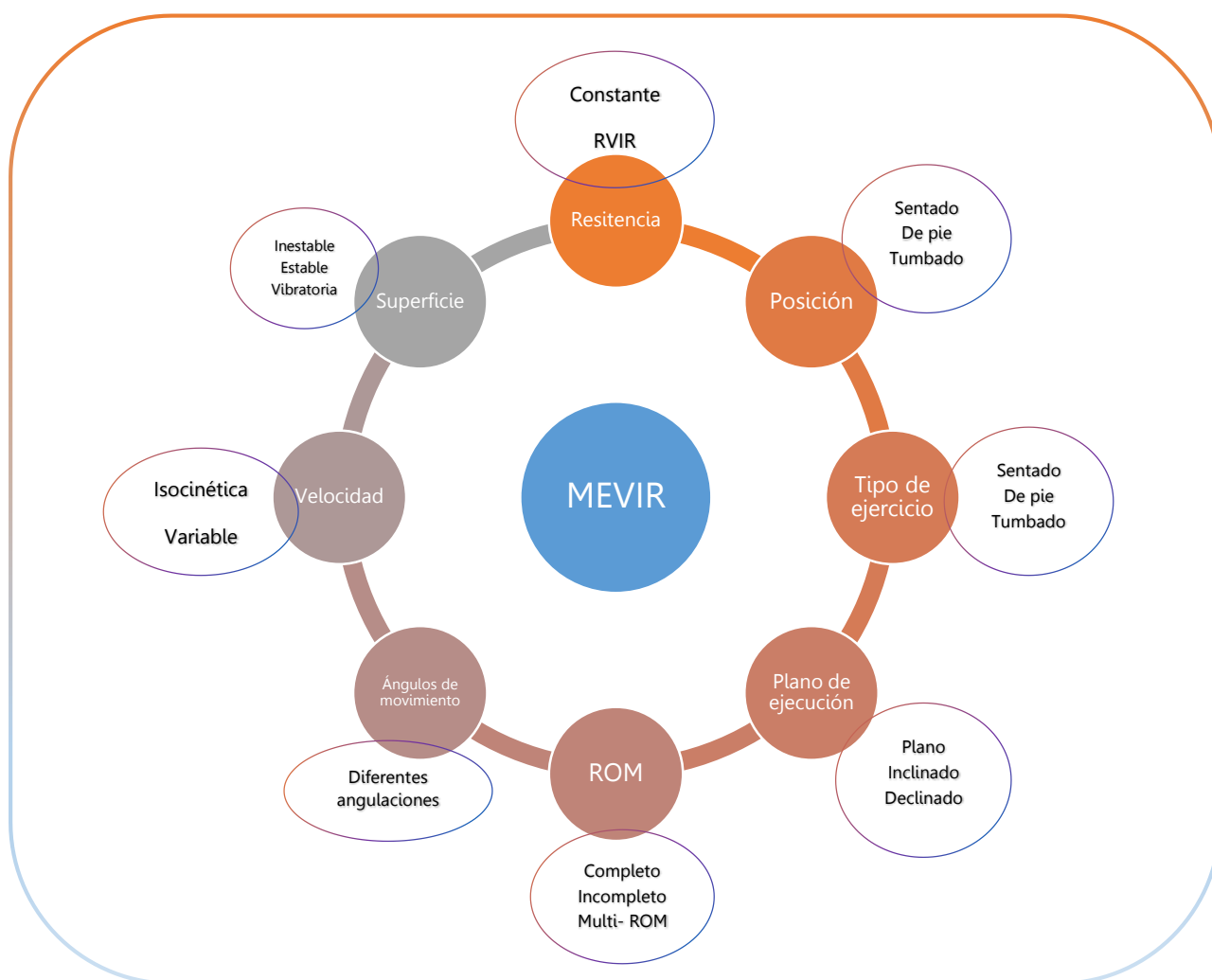


Figura 1.1 Variables del entrenamiento modificables en un gesto deportivo como el press de banca.

De esta forma se clarifica el lugar que ocupan los MEVIR de forma general y la ubicación de los RVIR, de una forma concreta, en todo el esquema existente en los métodos.

El mayor problema con el que se han encontrado estos métodos históricamente ha sido el de poder cuantificar y graduar las variable con total libertad y precisión. Este control sobre las variables supone un problema, debido a que actualmente existen pocos dispositivos que nos permitan esta gestión idílica de las variables. El mayor control sobre estas variables ofrece la oportunidad de profundizar de forma más exhaustiva en las variables MEVIR, posibilitando la realización de nuevos estudios que hasta ahora eran imposible llevar a cabo (Figura 1.2).

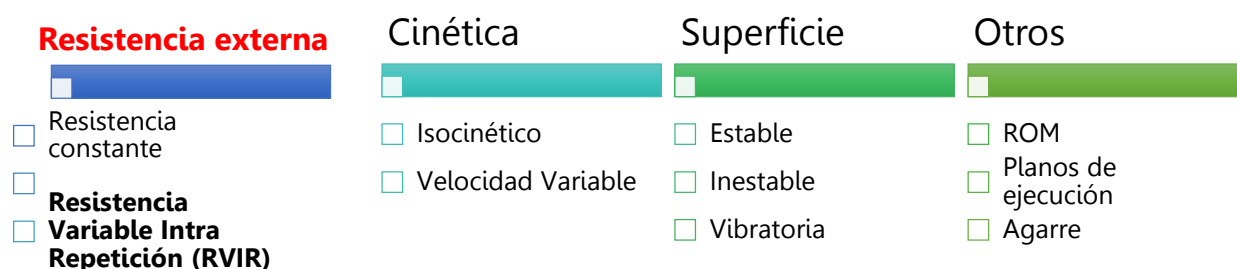


Figura 1.2. Ejemplo de variables modificables para crear Métodos de Estímulo Variable Intra Repetición

Estos estudios formarán parte de las futuras investigaciones programadas tras este trabajo, pero antes hay que crear la base teórica y científica necesaria para ello, y es aquí donde nace la presente Tesis Doctoral. Dentro de la familia de los MEVIR se ha seleccionado el estudio de los métodos RVIR. Esto es debido a que son las variables de los MEVIR los que más estudios y tradición científica tienen pues aun siendo relativamente reciente las investigaciones destinadas al estudio de las RVIR, los antecedente son más que suficientes para establecer un punto de partida en el desarrollo científico de estos métodos. Sin embargo los RVIR, aún están en los primeros pasos de su desarrollo científico, quedan muchos pasos por recorrer, por lo que esta tesis pretende aclarar y evidenciar los aspectos básicos que hacen de los RVIR unos métodos eficaces para la mejora de la fuerza y la potencia. Crear un contexto básico desde el que nacerán nuevas investigaciones y que posibiliten un marco teórico científico fundamental desde el que formular hipótesis relacionadas con el entrenamiento de resistencia variable intra repetición, se torna otra de los objetivos a solucionar en este trabajo.



El estado actual de la metodología RVIR.

Por norma general se han programado los entrenamientos de fuerza con una misma carga durante la repetición, tanto en la fase concéntrica como excéntrica, debido principalmente a las mayores facilidades procedimentales que éstas suponen. Por este motivo parecen arraigados los métodos que tradicionalmente basan sus entrenamientos



en ejercicios con un peso constante (barras, mancuernas, pesas, poleas, etc.). Aun conociéndose los beneficios prácticos de los métodos RVIR para la mejora de la fuerza, dada la complejidad metodológica y estructural que suponen, las ciencias del deporte se han encontrado con la dificultad para poder investigar o desarrollar hipótesis y teorías sobre los beneficios o perjuicios de los mismos. La estandarización a nivel metodológico de estos nuevos métodos se torna uno de los problemas a solucionar en el presente documento doctoral.

En los últimos años se ha subsanado parte de este problema a través de diferentes medios. Actualmente hay varios métodos para propiciar una variación en la

resistencia ofrecida dentro de una misma repetición sin que suponga grandes problemas procedimentales. Para crear esta variación intra repetición se han utilizado gomas elásticas y cadenas adheridas a las barras, pesas y mancuernas. Existe cierta maquinaria destinada al entrenamiento que, a través de la presión del aire, propiciaban un aumento de la resistencia durante la propia fase concéntrica de una repetición. También existe maquinaria capaz de provocar resistencia controlada por un motor de alta precisión

variando la carga con total precisión dentro de las fases de contracción muscular. Todos estos medios han permitido el inicio de investigaciones relacionadas con los métodos RVIR de una forma más estandarizada. Sin embargo estos están sometidos aún a ciertas limitaciones técnicas. Conocer el comportamiento de las variables modificadas por un cambio de metodología ha sido otro de los principales objetivos a conseguir en esta tesis doctoral.

Son muchas las preguntas e hipótesis que surgieron al plantearnos esta investigación. El trabajo forma parte de la línea "Evaluación y Control de los nuevo métodos del entrenamiento de la fuerza" del Grupo de investigación CTS-642, IDAFSD. Este trabajo está basado en otros estudios llevados a cabo dentro de esta línea de investigación y al mismo tiempo servirá de fundamento para crear nuevas hipótesis e investigaciones futuras.

Con el fin de crear este marco idóneo, esta Tesis Doctoral se divide en dos bloques. En el primer bloque se hace un recorrido teórico, a través dos revisiones. Una primera revisión bibliográfica sobre los estudios existentes que han utilizado los métodos RVIR y desmembrarlos a nivel de fundamentos científicos y metodológicos. La segunda es una revisión sistemática y un metanálisis en estudios que comparan los métodos tradicionales de entrenamiento de la fuerza (Resistencia Constante) con los métodos de RVIR (Resistencia Variable Intra Repetición) utilizando gomas elásticas o cadenas para provocar la variabilidad en la resistencia. Una vez obtenida la base teórica y científica, se desarrolla el segundo bloque que está dedicado a la presentación de los resultados experimentales en los que se divide esta Tesis. En primer lugar, a través de un análisis descriptivo de diferentes variables en la ejecución del press de banca con Resistencia Constante segundo RVIR. Y finalmente, esta Tesis plasma en un análisis inferencial una comparación entre los métodos investigados (Resistencia Constante versus RVIR).



Parte I.

MARCO CONCEPTUAL

Capítulo II.

- Aproximación al problema.
- **Tipos de RVIR y antecedentes bibliográficos.**
- Fundamentos teóricos del entrenamiento con Resistencia Variables Intra Repetición.
- Referentes metodológicos de los métodos de Resistencia Variables Intra Repetición.

2. Tipos de RVIR y antecedentes bibliográficos

Resumen

La presente revisión se centra en localizar los diferentes estudios científicos existentes en el desarrollo de la fuerza y la potencia con los métodos que trabajan a través de una resistencia variable dentro de la misma repetición (RVIR). En la literatura reciente hay una creciente tendencia al estudio y análisis de los RVIR ya que se ha demostrado que, aun aplicando una menor carga acumulada en la repetición, se produce una mejora tanto de la fuerza como de la potencia, mayor que con el habitual trabajo con pesos libres (PL). Esta mejora en los niveles de fuerza a través de los métodos de RVIR, parece estar fundamentada en las ventajas biomecánicas y a un trabajo tanto neuro-muscular como cinético diferente al PL. Sin embargo estos deben seguir siendo sometidos a investigación y revisión con el objetivo de estandarizar su uso y clarificar en mayor medida las ventajas e inconvenientes de los mismos.



2.1 Introducción

Dentro de los nuevos métodos para el desarrollo de la fuerza, son cada vez más importantes aquellos que utilizan medios diferentes al peso libre tradicional (PL) para provocar una variación de la resistencia externa durante la propia ejecución de un ejercicio. Los métodos de entrenamiento que producen un aumento o descenso progresivo del peso total de la carga, tanto en la fase concéntrica como en la excéntrica, son conocidos en la literatura científica como ejercicios de Resistencia Variable (RV). Existen diferentes estrategias para modificar la carga durante un ejercicio. En la presente revisión nos centraremos en aquellos que modifican la resistencia durante la propia repetición, a los que llamaremos de Resistencia Variable Intra-Repetición (RVIR). Esta tendencia del entrenamiento de la fuerza se basa en la premisa según la cual al entrenar las diferentes manifestaciones de la fuerza, los músculos trabajan en su máxima capacidad durante una muy pequeña porción de tiempo en una acción dinámica (Frost, Cronin, & Newton, 2010). En este sentido, Behm & Sale (1993) afirman que uno de los elementos más importantes para mejorar el desarrollo de la fuerza son los impulsos mecánicos destinados a acelerar una carga. Ambas ideas son condiciones implícitas en el entrenamiento para incluir en los métodos que trabajen con RVIR. Por lo tanto, existe una base teórica que fundamenta posibles nuevas hipótesis asociadas al entrenamiento con RVIR y su efecto positivo sobre las diferentes manifestaciones de la fuerza (Anderson, Sforzo, & Sigg, 2008). Para facilitar las adaptaciones neuromusculares, la resistencia (peso externo) debería variar a lo largo de las propias fases de la contracción muscular, es decir, durante la propia repetición (Cronin, McNair, & Marshall, 2003; Frost et al., 2010). Este factor de cambio formará parte de las características de la RVIR, debido a que durante la fase concéntrica de la repetición la carga se verá aumentada de forma progresiva, mientras que en la fase excéntrica se comportará de forma inversa. Existen evidencias científicas para poder asegurar que este tipo de entrenamiento proporciona una mayor y rápida mejora de la fuerza, en comparación con los métodos de entrenamiento tradicional que solo utilizan PL. Un entrenamiento de la fuerza con estímulos variados, supondrá adaptaciones neuromusculares diferentes, proporcionando a los deportistas una mayor riqueza dentro de su repertorio motor.

2.2 Aclaración conceptual

En la literatura reciente relacionada con el entrenamiento de la fuerza surge el concepto de entrenamiento con Resistencia Variable (RV). Parece oportuno matizar un aspecto relacionado con la nomenclatura de los mismos ya que la mayoría de los investigadores que realizan estudios sobre RV utilizan ese mismo concepto para referirse a ellas, sin embargo esto parece no ser del todo preciso. El concepto RV hace referencia a un cambio de la carga establecida durante la realización de una repetición. Este no es exactamente correcto, ya que no se hace mención de una forma explícita a esa variación de la carga dentro de la misma repetición. Esta idea puede llevar a confusión ya que la carga es variable no solo dentro de la misma repetición, sino que también lo será en otros momentos del entrenamiento, si se diferencia entre las series y las repeticiones como partes principales del método que componen un entrenamiento de fuerza. La carga será pues modulable en las propias repeticiones así como en las series, por tanto, habría que matizar en qué momento del entrenamiento la resistencia será variada. De esta forma sí diferenciamos dos situaciones donde la carga puede ser variada, en la series y en las repeticiones (Bird et al. 2005). Existen otros dos momentos en los cuales la carga podrá ser modificada, y estos son: entre las series o repeticiones, y dentro de las mismas series o repeticiones. Por tanto hacer uso del concepto Resistencia Variable para tan solo referirse a la variación de una resistencia dentro de una misma repetición, sería erróneo y podría inducir a confusión por la falta de concreción. De esta forma, es posible afirmar que existen cuatro momentos en los que se puede modular y modificar una resistencia externa (Figura 2.1):

a) *Resistencia Variable Entre Repeticiones (RVER)*, cuando la resistencia se modifica entre las repeticiones de una misma serie.

b) *Resistencia Variable Intra Series (RVIS)*, donde la resistencia es modificada dentro de la propia serie que se está realizando. Hay que tener en cuenta que RVER y las RVIS supondrían una variación de la resistencia en el mismo momento. Ya que variar la resistencia dentro de la serie es similar que hacerlo entre repeticiones.

c) *Resistencia Variable Entre Series (RVES)*, cuando la resistencia se modifica entre las series de una sesión de entrenamiento.

d) Resistencia Variable Intra Repetición (RVIR), aquella que se produce un cambio de la resistencia dentro de la misma repetición que se está realizando.



En la literatura científica destinada a estos métodos, la gran mayoría de los autores hacen mención al concepto de la variación de la resistencia dentro de la misma repetición como RV. García-López, Herrero, González-Calvo, Rhea, & Marín, (2010) matizan esta variación de la resistencia de una forma diferente utilizando el concepto Intra-Repetición o llamándola también "in-serie".

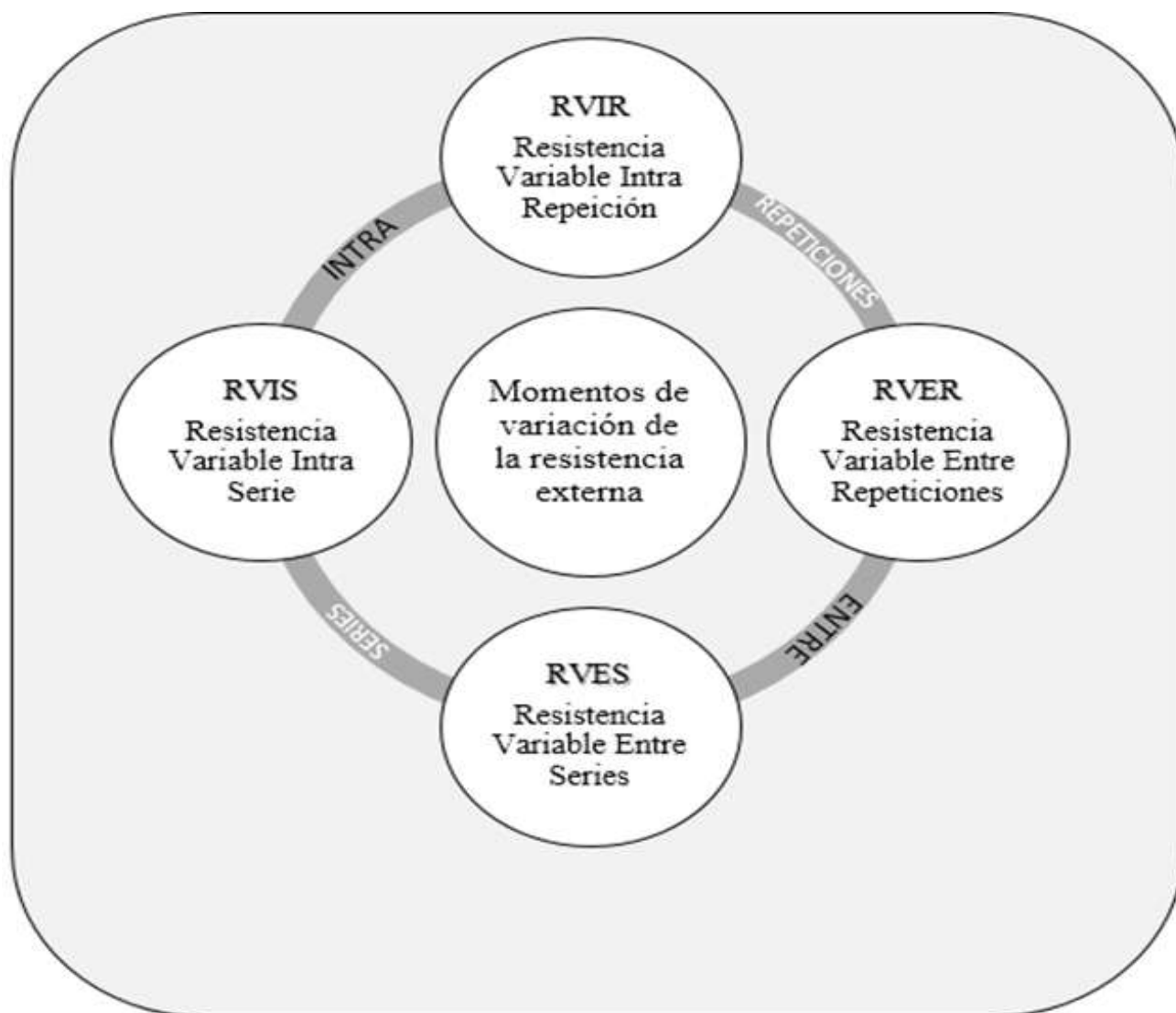


Figura 2.1 Momentos durante en la ejecución de un gesto deportivo en los que la resistencia externa puede ser variada. Ubicación de los métodos de resistencia variable intra repetición.

2.3. Los métodos de resistencia variable intra-repetición. Tipos y antecedentes

2.3.1 Tipos

En el estudio de Swinton, Lloyd, Agouris, & Stewart (2009) se mostró que hasta un 57% de los levantadores profesionales de pesas utilizan algún método de RVIR. Principalmente son utilizadas cadenas o bandas elásticas en sus rutinas de entrenamiento para el desarrollo de la fuerza o la potencia. Esta gran aceptación de las técnicas de RVIR puede ser debida, entre otros factores, a la facilidad de su transporte, a su bajo coste, versatilidad y a una independencia de la gravedad para poder realizar el entrenamiento (Hughes & Page, 2003). En este sentido McMaster, Cronin, & McGuigan (2009) revisan aquellos métodos de entrenamiento más comunes, que entrarían dentro del concepto de métodos de RVIR:

Máquinas de presión neumática

La principal característica de uso de estas máquinas es su capacidad para crear sistemáticamente una resistencia que coincida con la capacidad muscular a la que se está trabajando, manteniéndola en todo el rango de un ejercicio (McMaster et al., 2009). Estos sistemas de entrenamiento son adecuados para principiantes, ya que sigue un recorrido de movimiento fijo, requiere menos habilidad y una menor coordinación intermuscular (McMaster et al., 2009). En consecuencia es probable que cause un menor número de lesiones en comparación con otros modos de entrenamiento, ya que es más fácil mantener el control de la carga (Haff, 2000; Harman, 2000; McMaster et al., 2009). La principal función de este tipo de RVIR parece destinada principalmente para un uso terapéutico y rehabilitador. Uno de las mayores dificultades encontradas con este tipo de métodos es que no se pueden adaptar al usuario, y por tanto será éste el que tenga que adaptarse a las posibilidades que le ofrece las máquinas neumáticas. McMaster et al. (2009) comentan que surge un problema en el hecho de que estos medios están diseñado para una persona promedio y no se pueden acomodar a personas que tienen diferencias extremas en antropometría. Por lo tanto, esta forma de resistencia puede no ser beneficiosa como una forma de entrenamiento específica de una modalidad deportiva (McMaster et al., 2009).

Bandas elásticas. Rubber Bassed Resistance (RBR)

Según Swinton et al., (2009) el 39% de los levantadores utilizan regularmente bandas elásticas en sus entrenamientos. El hecho de adherir bandas elásticas al peso libre para convertirlo en un método RVIR, es un claro ejemplo del trabajo de aumento progresivo de



la carga que supondrá este tipo de entrenamiento. La resistencia aumentará dentro de la misma repetición durante toda la fase concéntrica y descenderá en la fase excéntrica de la propia repetición. El uso de las bandas elásticas, o como se le conoce en inglés rubber based resistance (RBR), aumentará y disminuirá la tensión basada en una forma curvilínea, producto de la deformación de la propia banda elástica (McMaster et al., 2009) (ver Figura 2.2).

Dadas las características elásticas de las RBR, estas producen varios factores que afectan a la cantidad de tensión suministrada: la densidad, la anchura, el grosor, el área de la sección transversal, la longitud en reposo, y los cambios en la deformación de la banda correspondiente (McMaster et al., 2009; McMaster, Cronin, & McGuigan, 2010). Si cualquiera de estas variables del material se modificase, es también probable un cambio en la relación tensión-deformación (McMaster et al., 2009, 2010).

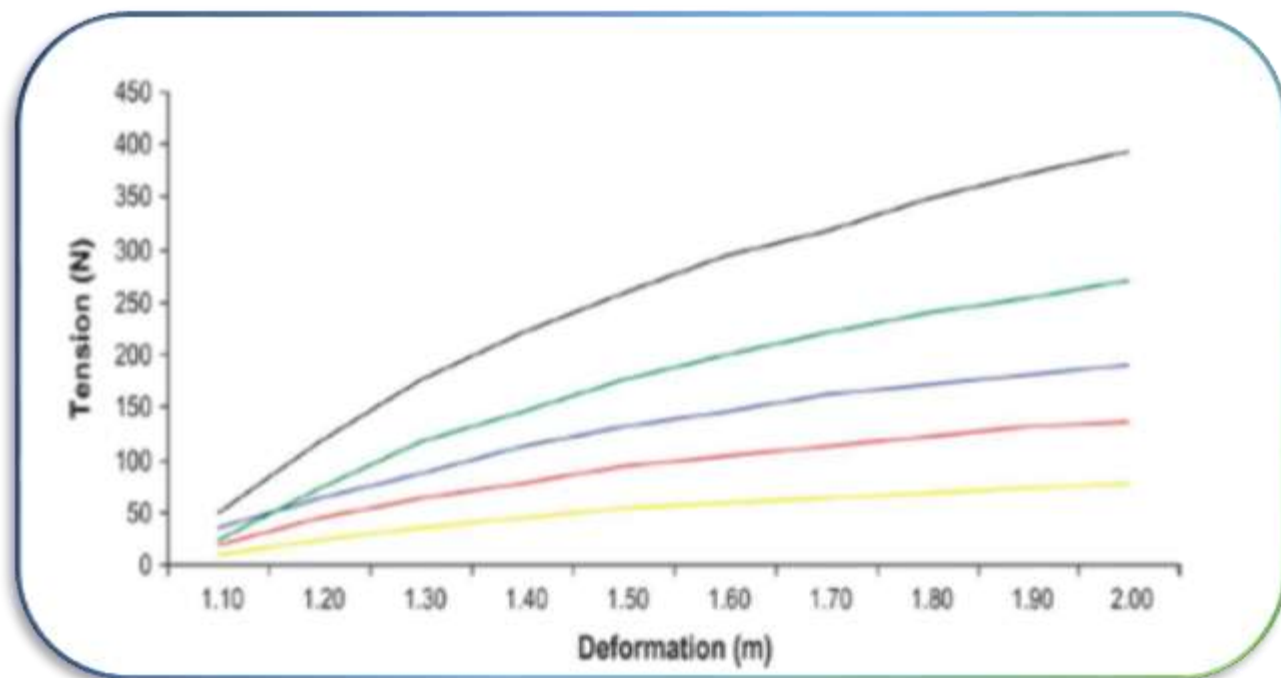


Figura 2.2 Curva de tensión-deformación para cinco tipos de bandas elásticas (McMaster et al., 2009)

Con la gran variedad de características intrínsecas que conforman el trabajo con la RBR, existe una gran variedad de posibilidades y por tanto una mayor dificultad a la hora de adaptarlas a las características personales de los usuarios. Por ese motivo conocer la deformación y en consecuencia la tensión que producen los elásticos parece fundamental. De esta forma la tensión aportada para el ejercicio puede ser estimada en base a las ecuaciones que se han desarrollado (McMaster et al., 2010; Shoepe, Ramirez, & Almstedt, 2010). En investigaciones pasadas, establecieron unas ecuaciones de regresión y sus

correspondientes valores de resistencia para todas las bandas, fijando unos patrones elásticos para el press de banca y el la sentadilla (Tabla 2.1).

Tabla 2.1. Ecuaciones polinómicas para bandas elásticas a base de caucho (McMaster et al., 2010)

Band color	Width (mm)	Quadratic function $y = ax^2 + bx + c$			Linear function $y = ax + b$		
		R^2 (%)	SE (\pm)		R^2 (%)	SE (\pm)	
Yellow	14	$y = -0.003x^2 + 0.98x - 69.82$	0.99	12.7	$y = 0.22x - 20.75$	0.99	2.81
Red	22	$y = -0.004x^2 + 1.38x - 99.49$	1.00	6.32	$y = 0.36x - 34.34$	0.98	3.54
Blue	30	$y = -0.004x^2 + 1.60x - 114.86$	1.00	8.52	$y = 0.47x - 42.16$	0.99	3.97
Green	48	$y = -0.007x^2 + 2.43x - 179.56$	1.00	26.8	$y = 0.70x - 68.68$	0.99	6.34
Black	67	$y = -0.010x^2 + 3.73x - 269.21$	1.00	15.1	$y = 1.04x - 96.60$	0.99	9.37

*x = deformation (cm); y = tension (kg); SE = standard error of coefficients (a, b, and c).

McMaster et al. (2010) evolucionaron esta medición a través de una evaluación de las diferentes tensiones de las bandas elásticas más compleja. Para esta evaluación utilizó una plataforma de fuerza y una célula de carga (Tabla 2.2). De esta forma se establecieron unas ecuaciones polinómicas donde se contrarrestan en cierta medida los problemas de establecer un protocolo que adaptase la tensión proporcionada por la RBR a las características personales.

Tabla 2.2 Tensión-deformación de diferentes bandas elásticas según su grosor y generación de fuerza sobre plataforma (McMaster et al. 2010)

Yellow (14 mm)		Red (22 mm)		Blue (32 mm)		Green (48 mm)		Black (67 mm)	
Tension (kg)	Def. (cm)	Tension (kg)	Def. (cm)	Tension (kg)	Def. (cm)	Tension (kg)	Def. (cm)	Tension (kg)	Def. (cm)
2.6	110	4.6	110	8.5	110	6.8	110	15.4	110
5.7	120	9.6	120	14.8	120	16.5	120	29.1	120
8.1	130	13.3	130	19.5	130	24.0	130	40.0	130
9.8	140	16.6	140	23.9	140	30.0	140	49.3	140
11.5	150	19.2	150	27.3	150	49.3	150	57.2	150

*Def. = deformation.



Cadenas

Swinton et al. (2009) comentan que un 57% de los levantadores profesionales de powerlifting, adhieren en sus entrenamientos cadenas al peso libre para provocar una RVIR (Figura 2.4). Su uso cada vez es más popular en el alto rendimiento, aún a pesar de no ser una forma habitual de entrenamiento (Coker, Berning, & Briggs, 2006; Simmons, 1999). La gran diferencia en el uso de cadenas en comparación con el uso de bandas elásticas radica en la dinámica de la carga externa. Conociendo el desplazamiento total y el peso de los diferentes eslabones que conforman la cadena, es posible calcular la resistencia total y parcial que ofrecerán las cadenas. Las propiedades de la cadena y las bandas elásticas se fundamentan en el mismo sistema de aumento de cargas, ya que la carga es creciente durante la fase concéntrica y decreciente en la fase excéntrica. La gran diferencia entre un método y otro para propiciar la RVIR, radica en que las cadenas ofrecen un aumento lineal de la resistencia, es decir, la carga aumenta y disminuye de forma constante (Figura 2.3). Mientras que en el caso de las RBR el aumento y descenso de la carga se produce de forma curvilínea (Figura 2.1). Las RBR son dependientes de la relación "tensión-deformación", mientras que la cadena de resistencia depende de desplazamiento vertical y la fuerza gravitacional. Además hay que tener en cuenta que el uso de cadenas también permite añadir de pesos libre a los eslabones de la cadena y de esta forma variar el patrón de carga (resistencia externa) y por consiguiente, la formación de estímulo (McMaster et al., 2009). Esta revisión se centra en los trabajos que se han basado en las cadenas y en las BRB como medios para utilizar un método de RVIR, por ser los más usados por las personas que quieren mejorar su fuerza a través de método este método (Figura 2.4).

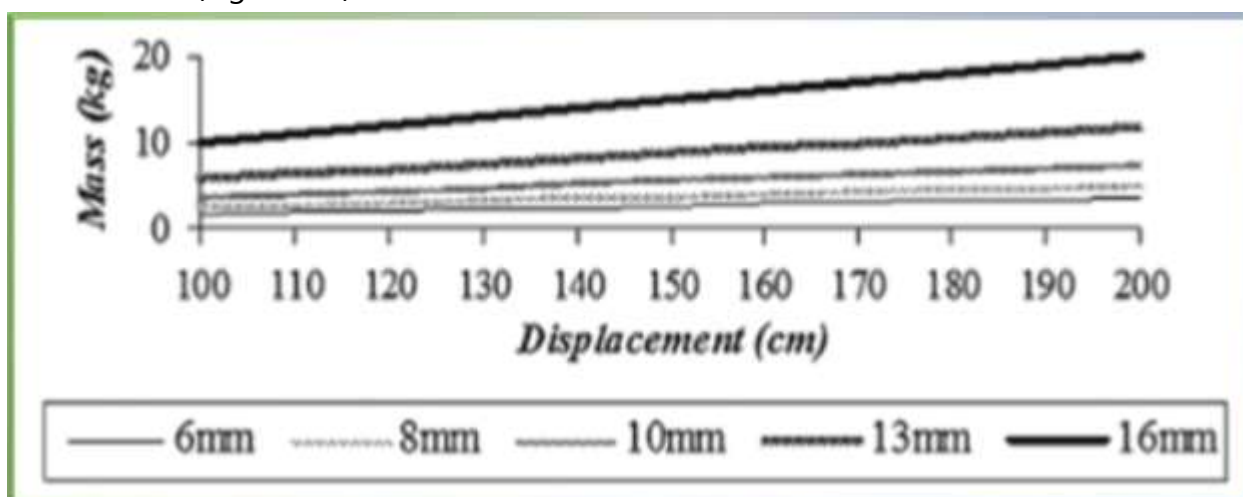


Figura 2.3. Eslabones estándar en cadenas de acero. Relación masa-desplazamiento (McMaster et al., 2010)

Las cadenas y las RBR son los métodos de entrenamiento más utilizados en la bibliografía reciente y a la par aquellos que están mejor fundamentados para obtener una mejora en el entrenamiento de la fuerza (Figura 2.4). Por tanto no es lo mismo entrenar con bandas elásticas que con cadenas adheridas al peso libre, ya que diferentes tipos de entrenamiento supondrán diferentes efectos fisiológicos. Sin embargo, a pesar de las diferencias encontradas entre las cadenas y las RBR respecto a la forma de aumentar en la gráfica la resistencia, en la literatura científica se encuentran resultados parecidos entre un método y otro. Tan sólo Rhea, Kenn, & Dermody (2009) plasmaron una diferencia fisiológica, y es que el músculo es capaz de almacenar energía potencial elástica durante la fase excéntrica y luego liberar esta energía en forma de energía cinética durante la fase concéntrica (Hostler et al., 2001) en el entrenamiento de la fuerza (Figura 2.4). Rhea, Kenn, & Dermody (2009)(Hostler et al., 2001)

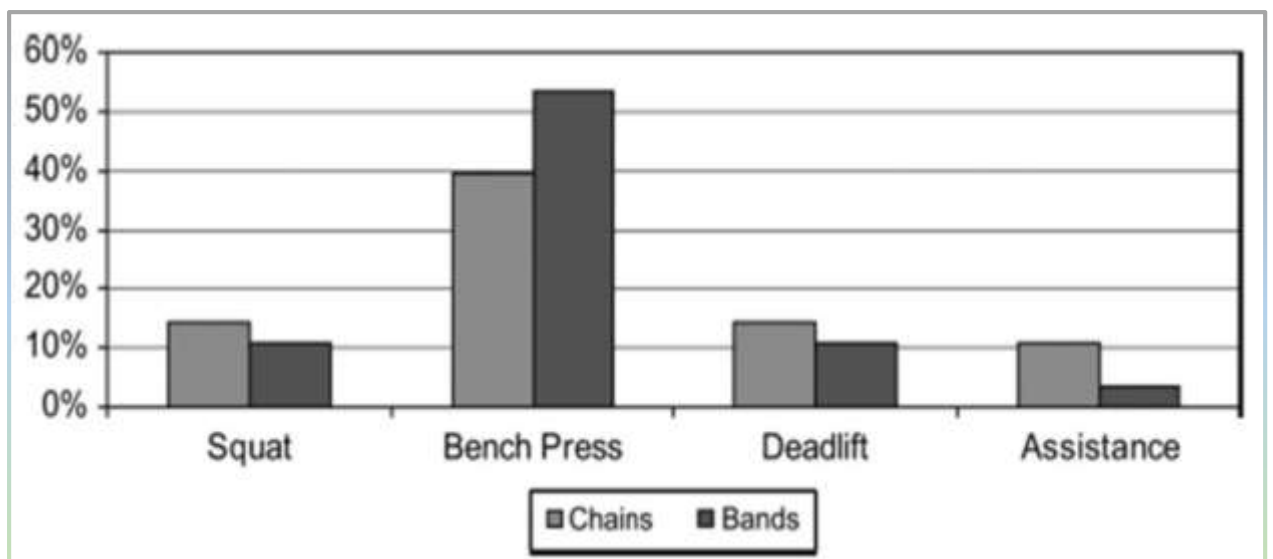


Figura 2.4. Porcentaje para los levantadores que usan bandas o cadenas para la sentadilla, el press de banca, peso muerto o asistidos. (Swinton et al., 2009)



2.3.2. Antecedentes bibliográficos

En el ímpetu permanente para mejorar la eficiencia en los métodos de entrenamiento, surgen nuevos métodos para optimizar en la medida de lo posible estos avances. En los últimos años, el método de RVIR ha ganado una gran aceptación entre las rutinas de entrenamiento (Swinton et al., 2009). Las teorías sobre el entrenamiento con RVIR, defienden que estos métodos producen una mayor activación neuro-muscular, una mayor fatiga y, en consecuencia, una mayor demanda muscular, produciendo una mejora en la fuerza y en la potencia, mayor que la que pudiera hacerse con los entrenamientos tradicionales que tan solo utilizan peso libre.

No solo existe el uso de este tipo de entrenamiento para el desarrollo de la fuerza muscular, sino que también existen evidencias científicas de la utilidad de los métodos con RVIR en la readaptación y en la rehabilitación. El objetivo de este método sería el proporcionar un mayor rango de movimiento a través de un fortalecimiento muscular con un estiramiento controlado del mismo (Dobbs, 2010; Patterson, Stegink Jansen, Hogan, & Nassif, 2001; Wallace, Winchester, & McGuigan, 2006).

Esta revisión de antecedentes se centrará en aquellos estudios más relevantes que han utilizado los métodos más habituales como las cadenas y bandas elásticas (Swinton et al., 2009), para provocar la RVIR como método de entrenamiento en la mejora de la fuerza o la potencia. A su vez tiene cabida aquellos estudios que, aunque no supongan un tratamiento, han estudiado alguna variable relacionada con los métodos de RVIR.

El trabajo realizado por Anderson, Sforzo & Sigg (2008) durante siete semanas utilizó una muestra con 44 atletas cuyo objetivo era evaluar la mejora en 1RM en el Press de Banca, la sentadilla, la potencia media y la composición corporal. Dividió dos grupos de entrenamiento, con RVIR (peso libre más banda elástica) en el grupo experimental y grupo control con peso libre y constante. Los resultados plasmaron una mejoría del grupo experimental sobre el control de casi tres veces mayor para sentadilla ($16,47 \pm 5,67$ vs $6,84 \pm 4,42$ kg de aumento), dos veces mayor para el press de banca ($6,68 \pm 3,41$ vs $3,34 \pm 2,67$ kg de aumento), y casi tres veces en los registros para la potencia media ($68,55 \pm 84,35$ vs $23,66 \pm 40,56$ aumento de Watios.)

Bellar et al. (2011) presentan un estudio similar con sujetos no entrenados durante 13 semanas. En este caso tan solo se midió la mejora en un 1RM entre el grupo control (peso libre) y el grupo experimental, peso libre más bandas elásticas (RVIR), obteniendo una mejora significativa del experimental sobre el control (RVIR= $9\cdot95+3\cdot7$ vs

PL=7,56+2`8). Destacar que en este estudio se realizaron tres evaluaciones a lo largo del mismo, lo que supone un aumento en la precisión del control sobre las variables.

Por su parte Baker & Newton (2009), analizó a trece jugadores profesionales de rugby, midiendo la velocidad media y máxima en la fase concéntrica en la ejecución de un press de banca al 75% de 1RM durante 2 series de 3 repeticiones. En este caso se enfrentó al grupo control contra el experimental, adhiriendo al peso libre unas cadenas, que aumentaban el peso de la carga a medida que se levantaba la misma en su fase concéntrica. Los resultados mostraron que se produce un aumento del 10% en la velocidad media y máxima concéntricas del grupo experimental sobre el de control, justificando el uso de las cadenas para altas cargas de forma explosiva.

Wallace, Winchester & McGuigan (2006) a través de un estudio transversal con sujetos semi-entrenados en la sentadilla compararon las posibles mejoras en el pico de fuerza máxima, el de potencia y el desarrollo de la fuerza durante toda la fase concéntrica del movimiento. De esta forma midió la ejecución con peso libre y con RVIR a diferentes porcentajes. Para ello realizaron levantadas en 2 series de 3 repeticiones en dos días no consecutivos. Así pues se hallaron diferencias significativas tanto en la potencia máxima y en la fuerza máxima, donde se producían mejoras concretas en los porcentajes de RVIR (20% RVIR + 80% Peso libre). Sin embargo no existieron mejoras significativas para porcentajes diferentes de trabajo con método RVIR (35% RVIR + 65% peso libre).

Aboodarda et al. (2011) compararon el efecto de 10 RM realizado con la Máquina Naitirus (NM) y el entrenamiento con RVIR, sobre los indicadores de daño muscular: disminución de la fuerza máxima (CIVM), la tasa de dolor muscular (DOMS), la concentración de creatina en plasma (CK), y el aumento de la señal muscular a través de resonancia magnética. Los resultados obtenidos evidenciaron un mayor promedio de las fuerzas aplicadas significativamente más alto para NM en comparación con RVIR ($362 \pm 34,2$ vs $266,73 \pm 44,6$ N respectivamente). Sin embargo, los indicadores de daño muscular (Tiempo de relajación muscular, DOMS, CIVM y CK en suero) tuvieron en los dos modos de entrenamiento una respuesta muy similar. Los resultados obtenidos sugieren que ambas modalidades de entrenamiento proporcionan una tensión de entrenamiento similar, a pesar de que en el método RVIR necesitase de una menor generación de fuerza externa.

Colado & Triplett (2008) compararon el efecto del entrenamiento con el método RVIR y un entrenamiento tradicional, sobre la composición corporal y la capacidad funcional,

en mujeres sedentarias de mediana edad sanas. Los resultados obtenidos concluían que el trabajo con RVIR puede obtener resultados fisiológicos similares a los que son obtenidos con el entrenamiento de máquina de pesas tradicional en mujeres sanas en su primera fase de entrenamiento.

García-López et al. (2010) presentan un estudio donde aplicaban una resistencia elástica (RE) a una máquina de curl de bíceps para comparar el número de repeticiones, el esfuerzo percibido y los parámetros de cinemática a un 70% de 1RM. Se estableció un grupo control donde el ejercicio de curl de bíceps se aplicaba sin resistencia elástica, es decir sin ser RVIR. Aunque no se encontraron diferencias significativas en relación cinemática intra-repetición, el grupo RE tendía a reducir el pico de aceleración de la carga, distribuyendo de una forma más uniforme la resistencia externa a lo largo de todo el rango del movimiento, provocando una mayor fatiga, que en cierto modo podría explicar que el grupo RE obtuviera un número más bajo de repeticiones. Concluía el estudio que este tipo de trabajo sería más favorable para aquellos usuarios que deseen una mejora de la hipertrofia muscular.

Otro estudio que examinó los efectos de los métodos con RVIR, es el realizado por Prejean, Cronin & Lawrence (2011). En este caso se investigaron los efectos agudos sobre la potencia en el PB. Se realizaron dos sesiones previas a la medición de 3 series x 5 repeticiones de un 85% de 1 RM en PB. La única diferencia entre las sesiones es que una fue realizada con peso libre y la otra con método RVIR, combinando bandas elásticas y pesos libres con un porcentaje de 15% de Carga Variable - 85% Carga fija. Las dos sesiones de entrenamiento estuvieron separadas por 72 horas, y al final de cada sesión se evaluó la potencia, a través del 50% de 1rm. La diferencia entre las dos evaluaciones fue de sólo 1 vatio en el caso de la sesión con peso libre, mientras que la diferencia de RVIR entre la sesión fue de 46 vatios. Por tanto esta investigación demostró una mayor mejora de la potencia aguda en el grupo combinado (RVIR) que para el grupo de solo peso libre.

Cronin, McNair y Marshall (2003) realizaron dos estudios relacionados con los métodos de RVIR; el primero analizaba las características electromiográficas (EMG) y cinemáticas de tres técnicas diferentes: "traditional squat, non-bungy jump squat and bungy jump squat". En el segundo estudio, se examinó el entrenamiento con y sin la adhesión de la cuerda de goma en el salto en cuclillas, para comprobar cómo afectaba a la función muscular, la agilidad multidireccional, la capacidad y el rendimiento del salto simple con una sola pierna. Los dos grupos experimentales realizaron 10 semanas de entrenamiento con pesos balísticos. Los datos cinemáticos y EMG de las técnicas bungy

y no bungee-squat difieren significativamente de los de la sentadilla tradicional en todas las variables medidas. La única diferencia entre la posición en cuclillas bungee y no bungee fue una mayor actividad EMG durante las últimas etapas (70-100%) de la fase. Sin embargo, el entrenamiento con cuerda elástica obtiene más rendimiento en el levantamiento de peso, sobre todo producida por una diferencia en la primera fase acelerativa (+ 21,5%) a favor de los RVIR en comparación con los otros grupos.

El estudio realizado por Jakubiak & Saunders (2008) pretendía optimizar una transferencia de los métodos de entrenamiento con RVIR a un gesto técnico concreto del Taekwondo. Se utilizó un entrenamiento con resistencia elástica, con doce profesionales del Taekwondo durante cuatro semanas. Se dividió la muestra en dos grupos de seis personas, un grupo control que realizó un entrenamiento habitual de taekwondo y otro experimental que entrenó el gesto técnico con bandas elásticas. Los resultados mostraron una mejoría significativa entre grupos de un 7% en la velocidad de impacto en un blanco, a la par que se observó que no existió mejora significativa en el grupo control.

Desde el punto de vista de la readaptación física el estudio de McCurdy et al. (2009) obtuvo resultados interesantes. De tal modo en esta investigación se comparó la posible mejora de la fuerza y la percepción del dolor en el hombro entre dos grupos de jugadores profesionales de béisbol. El primero de los grupos entrenó con la adhesión de cadenas a la pesas (RVIR) y el otro entrenó con el método habitual de peso libre (PL). Se evaluaron 1 RM al principio y al final de 9 semanas de entrenamiento. Los resultados obtenidos no mostraron mejoras significativas de la fuerza entre los grupos. Sin embargo, a pesar de producir una mejora de la fuerza de forma similar se dieron tres veces más número de casos de dolor en el hombro en el grupo PL (media de los totales de 2,15 vs 6,14). A la vez se informó que el nivel del dolor fue similar (9,38 vs 10,57) para la RVIR y el grupo de PL respectivamente.

Ghigiarelli et al. (2009) evaluaron el efecto de 7 semanas de entrenamiento sobre la velocidad de ejecución en un 1 RM y 5 RM en la sentadilla. Para ello dividió una muestra de 36 futbolistas semi-profesionales en 3 grupos de 12 cada uno que realizaron similares rutinas de entrenamiento. Los tres grupos fueron, uno se dedicó a la resistencia elástica adherida al peso libre (EB), otro sumaban cadenas al peso libre (WC) y por último el tercer grupo realizó los entrenamientos con el peso libre tradicional (Control). Los resultados mostraron mejoras en los grupos de RVIR, aunque no fueron suficientemente

significativas EB (de 848 a 883 W) y Grupos WC (de 856 a 878 W) frente al control (de 918 a 928 W).

Atendiendo a la premisa de que es importante atender a la velocidad de la ejecución en cualquier ejercicio, ya que diferentes velocidades implican actuaciones diferentes (Pereira & Gomes, 2003), Rhea, Khen & Demordy (2009) evaluaron el efecto de los movimientos pesados y lentos en los entrenamientos con RVIR, sobre la potencia máxima y desarrollo de la potencia en el salto. Tomó como muestra a 48 atletas y realizó un entrenamiento de 12 semanas de duración donde dividió la muestra en 3 grupos de entrenamiento similares salvo en la velocidad, lento (S), rápido (F) y un grupo de velocidad rápida con RVIR a través de bandas elásticas (FACC). Se realizaron pruebas pre-post de la fuerza máxima y la potencia de salto. Los datos obtenidos revelaron una diferencia significativa para la mejora en la potencia a favor del grupo FACC ($p < 0,02$). En relación al tamaño del efecto (ES) demostró un efecto del tratamiento mucho mayor en el grupo FACC (17,8%, ES = 1,06) con respecto al grupo *Fast* (11,0%, ES = 0,80) y mayor adaptación que el grupo lento (4,8%, ES = 0,28). Todo esto induce a pensar, que el entrenamiento de RVIR con bandas elásticas a una velocidad rápida parece ofrecer mayores ventajas de sobre la fuerza y la potencia máxima.

Shoepe et al. (2011) investigaron durante 24 semanas los efectos de dos grupos de entrenamiento respecto a un grupo control. Un grupo entrenaba de forma tradicional con peso libre (PL) y el otro entrenaba con RVIR. La rutina de entrenamiento fue similar pero utilizando un porcentaje variable en la carga del 20-35%, aportado por bandas elásticas. Se evaluaron a través de 1RM para sentadilla y el press de banca, mientras que la fuerza y la potencia se evaluaron mediante dinamometría isocinética. Los resultados obtenidos muestran cómo la potencia promedio y 1 RM para sentadilla fue significativamente mayor después del entrenamiento para el grupo RVIR en comparación con el control ($p < 0,05$). Sin embargo, el grupo de peso libre también mostró mejoras significativamente en 1RM para press de banca. Por tanto no se mostraron diferencias significativas entre RVIR y PL. El autor concluye que la clave radicaría en la combinación de RVIR y de ejercicios de peso libre para aumentar la fuerza y potencia en la muestra trabajada (varones y mujeres universitarios no entrenados.)

Stevenson et al. (2010) quisieron evaluar las diferencias entre la sentadilla con peso libre y con bandas elásticas (RVIR). Se midió la velocidad pico y la media de en las fases excéntrica y concéntrica (PV-E, PV-C, E-MV, MV- C), el pico de fuerza (PF), potencia máxima en la fase concéntrica y RFD inmediatamente antes y después de la velocidad-cero, máxima y en la fase concéntrica (RFDC). Esta evaluación se realizó a través de 3

series de 3 repeticiones de sentadillas (como máximo un 55% de repetición [1RM]) en 2 días separados: 1 día sin bandas y el otro con bandas (RVIR) en un orden aleatorio. El porcentaje de resistencia variable utilizado fue del 20% del 1 RM. Los resultados mostraron que PV-E y RFDC fueron significativamente ($p < 0,05$) mayores con el uso de RVIR, mientras que PV-C y C-MV fueron mayores con peso libre. No hubo diferencias en otras variables.

Swinton, Lloyd, Agouris & Stewart (2009) realizaron una investigación para conocer los métodos de entrenamiento más habituales utilizados por levantadores de pesas profesionales. Este estudio desveló que el 39% de los levantadores utilizaban regularmente bandas elásticas y el 57% de ellos usaban cadenas para el entrenamiento de la fuerza o la potencia. El autor los destaca como dos prácticas de entrenamiento que se han vinculado con los métodos contemporáneos para el desarrollo de la fuerza y los más importantes de los métodos conocidos como de resistencia variable.

Joy, Lowery, Oliveira & Wilson (2013) plantearon el objetivo de examinar los efectos de los métodos RVIR en un programa de entrenamiento periodizado. La muestra utilizada fueron 14 jugadores masculinos de baloncesto (NCAA, II Division). Inicialmente se midieron entre grupos la potencia máxima, la fuerza, la composición corporal y la altura del salto sin encontrar diferencias significativas. El grupo experimental entrenó con métodos RVIR a través de un PRV de un 30% provocado por la tensión de una banda elástica. Los resultados mostraron efectos para variables como 1RM sentadilla, 1RM press de banca, 1-RM peso muerto, 3-RM, salto vertical y la masa magra. Dados estos resultados Joy et al. (2013) sugieren el uso de métodos RVIR como parte de un programa de entrenamiento periodizado, donde la potencia y la fuerza parecen ser sensibles de mejora en relación al trabajo tradicional constante, por lo que este tipo de utensilios y métodos deberían de empezar a estandarizarse en el contexto del alto rendimiento.

Los investigadores ingleses Mina, Blazevich, & Giakas G, (2014) estudiaron los efectos agudos sobre la potencia de los métodos RVIR. Para ello fueron medidas las 1RM de la sentadilla y comparado los dos métodos (Peso libre vs RVIR) al 85% de esa 1RM y con porcentaje de resistencia variable de un 35%. Los datos mostraron cómo con peso libre no se mejoró la 1RM, sin embargo 13 de 16 (81% de los sujetos) aumentaron su 1RM un 7,7 % a través de los métodos de RVIR. De este modo los autores llegaron a la conclusión de los métodos de RVIR parecen potenciar el sistema neuromuscular, sugiriendo por

tanto que los atletas podrían utilizar RVIR durante las rutinas de calentamiento y de esta forma potenciar el rendimiento para la sentadilla.

En un reciente artículo de García López et al. (2014) con jugadores de rugby profesionales y jugadores amateurs se marcaron como objetivo comparar los efectos a nivel agudo en la aceleración-deceleración en un press de banca. Dos grupos de 8 sujetos cada uno (RVIR) Y (FWR) realizaron un press de banca hasta el agotamiento con una carga equivalente al 85% de 1RM. Para el grupo RVIR el porcentaje de resistencia variable correspondió a un total del 20%. Los resultados obtenidos mostraban que el grupo experimental aumentó significativamente los valores cinéticos relativos al ROM concéntrico (35%) y la velocidad máxima (17%). Los autores sugieren, a la raíz de los resultados, que estos vienen dados por una distribución más uniforme de las fuerzas sobre toda la gama completa del movimiento, más específicamente al final de la fase concéntrica.

Saeterbakken, Andersen y Van den Tillaar (2015) presentan un estudio cuyo objetivo era comparar la activación muscular y la cinética entre los métodos RVIR y los métodos constantes al realizar sentadillas (6RM). Para ello evaluaron a veinte mujeres con experiencia en el gesto. Los resultados obtenidos durante la ejecución muestran cómo la zona previa al sticking point (SP) fue un 21% más rápida en el método RVIR, lo que conllevó a producir diferencias significativas en la cinética del gesto en la propia fase del SP y en la fase final del gesto, sin embargo no se encontraron diferencias significativas en la actividad EMG del músculo. Los autores concluyen que esto es debido a las diferencias de carga total que se produce entre los dos métodos, por lo que recomiendan el uso de métodos de RVIR pero utilizando una carga acumulada mayor.

En la tabla 2.3 se presentan de forma resumida todos los estudios relativos a la investigación de los métodos de RVIR que se han realizado hasta la fecha.



Tabla 2.3. Síntesis de los estudios realizados con método de RVIR. Estudios transversales y longitudinales.

Autor	Tiempo/ Variante	Tipo de muestra	Método realizado	Conclusiones básicas
<i>(Aboodarda, George, Mokhtar, & Thompson, 2011)</i>	10 RM.	9 hombres sanos.	NM (Naitilus Machine) Vs RVIR (B.E)	Daño muscular fue similar en los dos grupos, a pesar de tener más niveles de fuerza el grupo NM
<i>(Anderson, Sforzo, & Sigg, 2008)</i>	7 semanas	44 Atletas	Bandas elásticas PRV=20% B.E+PL vs PL	Mejora de hasta 3 veces en 1 RM para Press de Banca, Sentadilla, y la potencia media. Mejora en la composición corporal
<i>(Baker & Newton, 2009)</i>	2 Ser. x 3 rep.	33 profesionales del Rugby	Cadenas 75% 1RM vs. 60%+15% RVIR	Aumento de un 10% para la velocidad máxima y media en 1RM de un press de banca

<i>(Bellar et al., 2011)</i>	13 semanas	11 Estudiantes no entrenados	Bandas elásticas PRV=15& B.E+PL vs PL	Mejora Press de banca con RVIR= 9`95+3`7 vs Peso libre tradicional=7,56+2`8
<i>(Coker, Berning, & Briggs, 2006)</i>	1 RM	7 Levantadores experimentados.	Cadenas. 80% vs 75+5% 85% vs 80+5%	PB. Aceleración, Velocidad. No DS, pero 100% asegura que fue más dura sensación de aceleración con cadenas.
<i>(Colado & Triplett, 2008)</i>	10 Semanas.	45 Mujeres sedentarias	Bandas elásticas vs. Maquina pesas	Desarrollo de la Composición corporal y capacidad funcional similar.
<i>(Cronin, McNair, & Marshall, 2003)</i>	10 semanas.	40 Entrenados en ejercicios de pesas.	G.C1= SEN. sin B.E. G.E2=SEN. con B.E. vs. G.C.	Diferencias de fuerza concéntrica y medidas de potencia GC1=GE2 en (10,6-19,8%). G.E 2 mejora significativa en el rendimiento estocada (21,5%) en comparación con los otros grupos.

Autor	Tiempo/ Variante	Tipo de muestra	Método realizado	Conclusiones básicas
<i>(García-López, Herrero, González-Calvo, Rhea, & Marín, 2010)</i>	Nº máximo de rep. Al 70% 1 RM.	21 universitarios.	Resistencia Elástica (RE) vs No RE. en curl de bicip.	Grupo RE obtuvo una resistencia más uniforme, más fatiga y en consecuencia menor número de repeticiones máximas.
<i>(García-López et al., 2014)</i>	PB al 85 % 1 RM hasta agotamiento.	16 jugadores de rugby (profesionales y amateurs)	85% 1 RM. B.E+P.L (PRV=20%) vs P.L	Aumentó significativamente los valores cinéticos relativos al ROM en la fase concéntrica (35%) y la velocidad máxima (17%),
<i>(Ghigiarelli et al., 2009)</i>	7 semanas.	36 futbolistas	3 grupos: B.E vs. Ch vs. P.L	Si hubo mejora aunque no DS= B.E.(848-883 W) y CH (856-878 W) control (918-928 W)
<i>(Jakubiak & Saunders, 2008)</i>	6 semanas	12 Taekwondistas.	Bandas elásticas G.C.=entrenamiento habitual G.E=B.E.	Se consiguieron mejoras significativas de hasta un 7% en la velocidad a la hora de ejecutar un gesto técnico específico del taekwondo.

<i>(Joy et al. 2013)</i>	1RM para PB y SEN	14 jugadores de baloncesto (NCCA)	Bandas elásticas GE=PL+BE (30%) VS GC.	No DS para fuerza, potencia o composición corporal. Sugieren el uso de BE para la mejora del rendimiento deportivo
<i>(McCurdy, Langford, Ernest, Jenkerson, & Doscher, 2009)</i>	9 Semanas.	28 Profesionales Beisbol.	Cadenas +PL (RVIR) vs. Peso libre	No DS en la mejora de la fuerza de 1RM, pero si en la percepción del dolor, donde RVIR fue mucho menor y se dieron un menor número de casos.
<i>(Melchiorri & Rainoldi, 2011)</i>	Nº máximo de rep. Al 70% 1 RM.	14 Varones sanos.	PL VS. B.E+P.L	Grupo PL+B.E tuvo una diferencia significativa de mayor activación neuro-muscular para el bíceps braquial.
<i>(Mina, Blazevich & Giakas, 2014)</i>	2 x 3	16 sujetos	B.E (35% 1rm) + P.L (5%) vs P.L (85%)	81% de los sujetos aumentó (7,7%) la 1RM para SEN con métodos RVIR.

<i>(Prejean, Cronin & Judge, 2011)</i>	3 Ser. X 5 rep. AL 85% de 1RM.	8 Atletas universitarios.	G.C=85 % PL vs G.E.= 85% PRM donde 15%PRV.v+85PRC	Mejora significativa sobre la potencia aguda en el G.E (RVIR) sobre el grupo de G.C. (solo peso libre.)
<i>(Rhea, Kenn, & Dermody, 2009)</i>	12 semanas.	48 Atletas	Diferentes velocidades: lento, rápido y rápido con B.E.	Entrenamiento de RVIR con bandas elásticas a una velocidad rápida ofrece mayores ventajas de rendimiento con respecto a la fuerza máx. y la POT. Pico.
<i>(Saeterbakken, Andersen & Van den Tillaar, 2015)</i>	6RM	20 mujeres entrenadas	EMG y cinética en la sentadilla (RVIR vs Constante)	RVIR 21% más rápido en el pre-sticking point. RVIR permite levantar más carga sin diferencia a nivel EMG
<i>(Shoepe, Ramirez, Rovetti, Kohler, & Almstedt, 2011)</i>	24 semanas.	20 Universitarios no entrenados.	G.C= PL vs G.E.=P.L+B.E con 20-35 % de 1RM de C.V.	RVIR fue significativamente mayor para POT. Promedio y 1 RM en sentadilla. La clave radicaría en la combinación de métodos.

<i>(Stevenson et al., 2010)</i>	3 x 3	20 sujetos entrenados	Bandas elásticas B.E+P.L (PRV=20%) vs P.L	Velocidad pico excéntrica y RFD fueron significativamente ($p < 0,05$) mayor con el uso de RVIR, mientras que PV-C y C-MV fueron mayores con peso libre.
<i>(Wallace, Winchester, & McGuigan, 2006)</i>	2 x 3 repeticiones.	10 Semi-Entrenados.	Pl. vs B.E+PL. 80%-20 y B.E+PL 65%-35.	Mejoras en pico de Fuerza y de potencia. Desarrollo de la Fuerza. Si D.S. en B.E 80%-20%

Sem. = Semana. / Ser. = Serie. / Rep. = Repetición. / G.C. = Grupo Control. / G.E = Grupo Experimental / B.E. = Banda elástica. / P.L = Peso Libre. / SEN. = Sentadilla / POT. = Potencia. / PB. = Press de Banca. / DS. = Diferencia Significativa. / C.V = Carga variable. / C.F. = Carga fija. / CH = Cadenas / PV-E = Pico de velocidad en fase excéntrica. / RFDC = pico de potencia en la fase concéntrica. / EMG = Electromiografía

Parte I.

MARCO CONCEPTUAL

Capítulo III.

- Aproximación al problema.
- Tipos de RVIR y antecedentes bibliográficos.
- **Fundamentos teóricos del entrenamiento con Resistencia Variables Intra Repetición.**
- Referentes metodológicos de los métodos de Resistencia Variables Intra Repetición.

3. Fundamentos teóricos del entrenamiento con RVIR

3.1. Fundamentos biomecánicos.

3.1.1. Relación longitud-tensión.

Una característica que evidencia que los entrenamientos con métodos de RVIR aporta un tipo de trabajo diferente, radica en el tipo de relación "longitud-tensión" que se da en el músculo que está trabajando. La relación "longitud-tensión" cuando se trabaja con el habitual peso libre, tiene como resultado una curva de fuerza similar durante el rango completo de movimiento de cualquier extremidad. De esta manera, la contracción forma una "U" invertida o en forma de campana (Findley, 2004). Sin embargo, el trabajo con bandas elásticas o cadenas aporta una gráfica "relación longitud-tensión" diferente siendo más bien una recta. En el caso de las bandas elásticas será curvilínea y en la de las cadenas será lineal. La relación longitud tensión es un factor fundamental a tener en cuenta, ya que existen diferentes ángulos en la fase del movimiento que permiten en la sección transversal del músculo una mayor relación actina-miosina (Cronin et al., 2003), posibilitando de esta forma el producir mayores niveles de fuerza.

Muchas de las explicaciones a estas mejoras de la fuerza a través del uso de métodos de RVIR, se podría explicar de forma biomecánica. La adhesión de una banda o cadena podría ser causa de un aumento en la tensión en determinados ángulos de las articulaciones, donde la producción de fuerza es más ventajosa (Elliott, Wilson, & Kerr, 1989; Bellar et al., 2011). Si a esa característica se le añade que esta tensión de más, se produce por un componente elástico, habrá cambios constantes en el patrón de producción de fuerza durante el levantamiento, que potencialmente podría causar aún mayores adaptaciones (Bellar et al., 2011).

Wallace et al. (2006) sugirió que los músculos, al encontrarse cerca de su mejor relación "longitud-tensión" en la fase concéntrica, son capaces de generar niveles más altos de fuerza. Esto traería en consecuencia una mayor tasa de fuerza desarrollada como resultado de la mayor velocidad alcanzada en la fase concéntrica (Wallace et al.,



2006). Por tanto con el uso de los métodos de RVIR se produce el hecho favorable de una mayor ventaja mecánica simultánea al aumento de la resistencia externa.

Sin embargo hay autores que consideran que esta relación sería perjudicial para el desarrollo de la fuerza, porque no está de acuerdo con la relación longitud- tensión humana. Esto se debe a que la resistencia puede ser máxima cuando el músculo está en uno de sus puntos más débiles en el rango de movimiento. Así pues la relación "longitud-tensión" en la contracción muscular es diferente con goma elástica, a la que se crea de forma natural debido a los cruces de puentes de actina y miosina, o como relata la teoría de la filamentos deslizante (Shoepe et al., 2010) defiende que esta disimilitud pueda provocar una sobrecarga inadecuada para el entrenamiento de la fuerza. Para ello este mismo autor plantea una alternativa que consistiría en la inclusión de una barra en la parte posterior, o crear una máquina que utiliza un elevador diseñado para imitar la "U" invertida de la curva de fuerza que crea el músculo al contraerse. Ghigiarelli et al.(2009) en contra, comentan que el entrenamiento con cadenas, sí proporcionaría una resistencia óptima a lo largo de todo el rango del movimiento, ya que los ajustes continuos en la relación "longitud-tensión" supondrían una adaptación constante del sistema músculo esquelético. (Baker & Newton, 2009; Ebben & Jensen, 2002b; Simmons, 1999;Ghigiarelli et al., 2009). A su vez Wallace et al., (2006) señalan que el uso de las bandas elásticas propiciará esta ventaja mecánica confirmando, en parte, que ésta tendrá una dependencia directa con la relación longitud-tensión del músculo (Edman, 2003). Coker, Berning, & Briggs, 2006; Hedrick, 2003) observaron que el tiempo de aplicación de fuerza, la aceleración inicial, el reclutamiento, la actividad de la estabilización y activación de la musculatura sinergistas se incrementan a través del entrenamiento con RVIR.

3.1.2 Sticking point (SP)

Otra de las diferencias biomecánicas existentes entre el trabajo con peso libre y los métodos de RVIR, es que con PL, el peso se acelera durante el acortamiento del músculo hasta el Sticking point (SP). Una vez que este punto de "estancamiento" es superado, la fuerza necesaria para completar la contracción se convertirá en sub-máxima y, por tanto, la barra de forma natural empezará a desacelerar (Anderson et al., 2008). Este punto de estancamiento o sticking point se puede considerar como el momento en el cual el músculo es capaz de producir una menor fuerza, debido a que es el momento más débil

en el que se encuentra el músculo en relación a todo el rango de movimiento. Esto se produce debido a una regresión en la superposición de los puentes de actina y miosina durante la fase excéntrica de un movimiento, que tiene como consecuencia normalmente, una regresión en el desarrollo de la fuerza muscular en el comienzo de la fase concéntrica (Rassier et al., 1999).

Si tuviéramos que ubicar al SP dentro de la gráfica de "longitud-tensión", la literatura plantea que estaría al principio de la fase concéntrica (Drinkwater, Galna, McKenna, Hunt, & Pyne, 2007; Escamilla, Fleisig, Lowry, Barrentine, & Andrews, 2001; Dobbs, 2010). Sin embargo este punto no es un hecho exacto ya que el momento de su aparición será variable en cada persona y en cada ejercicio, siendo aproximado siempre a esta fase inicial de la fase concéntrica de un movimiento.

Los estudios realizados por (Saeterbakken, Andersen & Van den Tillaar, 2015), mostraron cómo para la sentadilla, los métodos RVIR son un 21% más rápidos durante la fase previa al SP, lo que se traducía a continuación en la aparición de diferencias significativas en el propio SP y la subsiguiente fase final, posibilitando por tanto el desplazar una carga mayor a más velocidad.

En conclusión a lo expuesto, esta suavización del SP en los métodos de RVIR podría explicar por qué se obtienen mejores resultados al medir un 1RM en el press de banca en las investigaciones que han enfrentado los métodos de RVIR con los tradicionales de PL, debido en parte a que se ha entrenado en una posición más ventajosa en relación a los ángulos de las articulaciones (Bellar et al., 2011) superando de esta forma la desventaja biomecánica que suponía el trabajo con peso libre.



3.2 Fundamentos cinéticos

3.2.1 Variación en la cinética.

García-López et al., (2010) plantearon que la cinética relacionada con los ejercicios de fuerza, ya sea velocidad o aceleración, deben considerarse uno de los estímulos más importantes para provocar adaptaciones neuromusculares a la hora de entrenar la fuerza o la potencia. Por ese motivo esta parte de la revisión se centra en encontrar las evidencias científicas que defiendan el uso de cadenas o bandas elásticas como métodos de RVIR desde una perspectiva de la cinética y de la producción de fuerza.

En un análisis de los diferentes tipos de cinemática, García-López et al.(2010) observa que los ejercicios tradicionales con PL y con cargas moderadas, se caracterizaban por un pico de fuerza inicial que después sufrirá una fase de desaceleración brusca en la última parte de la fase concéntrica. Para procurar evitar esta desaceleración habitual en el trabajo con PL en las últimas fases de la fase concéntrica (Cronin et al., 2003; Newton et al., 1997) se plantean los ejercicios balísticos. Estos ejercicios igualmente se topan con una problemática y es que no son fácilmente aplicables para todos los ejercicios comunes de entrenamiento. De esta forma nace la alternativa de los métodos de RVIR pues combinan los ejercicios de PL con las resistencias elásticas o las cadenas, y que tendrán como finalidad una mejora de la cinética asociada a los pesos libres. Esto se debe a que provocan una mayor aceleración de la resistencia a lo largo de toda la fase concéntrica, incluida la fase final de la misma (Anderson et al., 2008; Ebben & Jensen, 2002; Wallace et al., 2006).

En relación a esta idea, (Frost, Cronin, & Newton, 2010) alta velocidad y aceleración hasta el final de la fase concéntrica. Sin embargo, comentan que el beneficio de los métodos de RVIR se deriva a partir de estas mismas características. Esto se debe a que la carga, que es aumentada proporcionalmente en la fase concéntrica, requiere de una alta aceleración en las primeras partes de la fase concéntrica para poder superar el retroceso elástico de las bandas. De esta forma se utiliza esa continua aceleración para llegar con velocidad a la parte final de la fase concéntrica. La aceleración de un objeto es proporcional a la fuerza causante de tal aceleración e inversamente proporcional a su masa o inercia (Frost et al., 2010). Por lo tanto, añadiendo las bandas elásticas que tienen una masa mínima, se permitirá una mayor aceleración en comparación con una resistencia equivalente pero ejecutada con PL. Sin embargo, la carga elevada y, por lo

tanto, la fuerza requerida para provocar el movimiento aumentará proporcionalmente con el desplazamiento o el tramo de la banda (Frost et al., 2010).

Swinton, Stewart, Keogh, Agouris, & Lloyd, (2011) un reciente estudio investigaron el efecto de la adición de cadenas a un PL para los trabajos de fuerza explosivos. Se concluyó en que la inclusión de cadenas en el PL permite una mayor fuerza que se mantiene hasta el final de la acción concéntrica, aumentando significativamente la fuerza máxima y de impulso ($p < 0,05$). Al mismo tiempo se produjo una disminución de la velocidad, la potencia y la velocidad de desarrollo de la fuerza ($p < 0,05$). y de impulso ($p < 0,05$). Al mismo tiempo se produjo una disminución de la velocidad, la potencia y la velocidad de desarrollo de la fuerza ($p < 0,05$).

En discrepancia a lo comentado, Baker & Newton (2009), plasmaron que los ejercicios de levantamiento, son ejercicios con una completa aceleración, donde la velocidad de elevación es siempre alta y no se producen fases de desaceleración. Por tanto aseguran que el entrenamiento con RVIR puede ser poco beneficioso, si el objetivo es mejorar la velocidad en el propio ejercicio de levantamiento. En el caso concreto del uso de cadenas, hay que tener en cuenta la inexistencia de los componentes elásticos, por tanto las cadenas para el PL son una adicción de un sistema de masas. La magnitud de estas masas es proporcional en toda la fase concéntrica, por tanto presentará una aceleración lineal. Frost et al. (2010) defienden que un aumento en el sistema de masas también significaría que se requieran de una mayor fuerza para alcanzar las velocidades y aceleraciones deseadas.

En lo relativo a cinética y la cinemática de la fase excéntrica hay que tener en cuenta que la resistencia se verá disminuida gradualmente ya que la resistencia que provocaban las bandas elásticas o las cadenas no son debidas a la gravedad, provocando así mayores aceleraciones excéntricas.

Israetel, McBride, Nuzzo, Skinner, & Dayne (2010) compararon los efectos cinéticos y cinemáticos entre el gesto de sentadilla y su ejecución con o sin bandas elásticas. Los resultados obtenidos tuvieron unos 5% de mayores índices de fuerza al principio de la fase concéntrica y finales de la excéntrica para el grupo que no usó bandas elásticas. Sin embargo en el grupo que realizó la sentadilla con banda, se obtuvieron diferencias significativamente mayores durante el primer 25% de la fase excéntrica y el último 10% de la fase concéntrica, por tanto se obtuvieron, en consecuencia, mayores valores de velocidad en esta fase. El propio autor concluía que la realización del ejercicio de sentadilla con bandas elásticas parece aumentar la fuerza, la potencia y la actividad

muscular durante las primeras partes de la fase excéntrica y las últimas de la fase concéntrica. De esta forma (Frost et al., 2010) confirman que las mayores aceleraciones excéntricas tendrán como resultado proporcional un aumento en las fuerzas concéntricas y una mayor activación del ciclo de estiramiento-acortamiento.

La esencia del trabajo con métodos de RVIR en lo relativo a la cinética y la cinemática parece estar en que con la intervención de estos métodos se facilita una mayor velocidad y aceleración en la fase concéntrica. Esta mayor velocidad es acentuada en comparación con el PL sobre todo en su fase final, permitiendo al ejecutor llegar al momento de mayor demanda de fuerza con una mayor velocidad. Este aspecto es fundamental para producir mejoras en el entrenamiento de la potencia o la fuerza máxima. En relación a la fase excéntrica parece claro que el uso de RVIR va a provocar una mayor activación del ciclo estiramiento-acortamiento, debido en parte a las mayores aceleraciones que se producen en la misma.

Los beneficios asociados podrían ser similares a los que ofrecían los métodos balísticos, sin embargo gracias a los métodos de RVIR, se ha conseguido ampliar el número de ejercicios en los que poder aprovecharse de estas ventajas cinéticas y cinemáticas ya que la adhesión de bandas elásticas o cadenas al PL supone una forma sencilla de trabajo y ofrece una multitud de posibilidades. Sin embargo Swinton et al. (2011) comentaban que hay que ser conscientes de que la inclusión de los métodos de RVIR puede tener efectos tanto positivos como negativos sobre la cinemática y la cinética de un ejercicio. Principalmente hay que valorar si éstos no siguen una metodología apropiada, por eso y debido a los no muy abundantes estudios científicos, se requiere de una mayor investigación en el campo que hace mención a la cinética y la cinemática de los métodos con RVIR.

3.2.2 Aceleración-desaceleración.

La aceleración y la deceleración es un componente vital para el éxito en todos los deportes que requieren movimientos rápidos explosivos. (Baker & Newton, 2009; Berning et al., 2008; Cronin et al., 2003; McCurdy, Langford, Jenkerson, & Doscher, 2008; McMaster et al., 2009, 2010; Palmer, 2011). Una de las grandes diferencias entre el trabajo con PL y los métodos de RVIR, se basa en la aceleración y desaceleración que sufre la resistencia externa. En el caso del PL los músculos hacen frente a una aceleración constante, sin embargo en los métodos de RVIR el aumento progresivo de la resistencia



provoca una ruptura de la aceleración. En la fase concéntrica se obliga a los músculos a adaptarse en la propia fase a nuevas aceleraciones, ya que la carga va aumentando a medida que se acelera la misma. De esta forma la musculatura implicada se ve obligada a una constante corrección de la fuerza y en consecuencia a mejorar la fuerza de una forma constante hasta completar en su totalidad la fase concéntrica del movimiento (Anderson et al., 2008; Baker & Newton, 2009; Cronin et al., 2003; Ghigiarelli et al., 2009; Stevenson et al., 2010; Palmer, 2011).

En lo relacionado con la desaceleración de la resistencia en la fase excéntrica en los métodos de RVIR, el peso libre sufre una menor desaceleración debido a la creciente resistencia elástica que no existe en los pesos libres por sí solos (Anderson et al., 2008). De esta forma se produce un reclutamiento diferente de fibras que puede contribuir a una adaptación neuromuscular diferente durante un periodo de entrenamiento (Anderson et al., 2008).

Coker et al.(2006) observaron que la aceleración inicial y el reclutamiento muscular se incrementan a través del entrenamiento con RVIR. Todo esto tendrá como consecuencia una mayor activación muscular a lo largo de la repetición, creando una mayor demanda y una mayor activación muscular con la finalización de cada repetición (McMaster et al., 2009).

3.3 Fundamentos neuro-musculares

3.3.1 Activación neuro-muscular

Diferentes formas de trabajo supondrán diferentes adaptaciones y en consecuencia diferentes beneficios (Anderson et al., 2008). Esta idea es uno de los fundamentos del trabajo de los métodos de RVIR. Al parecer hay indicios de que un trabajo con estos métodos provocará un mayor desgaste muscular. Por su parte Shoepe et al.(2011) comentan que en la mayoría de estudios en los que se ha producido mejoras a través del entrenamiento con RVIR a corto plazo, deberían ser atribuidos a una mayor activación neuro-muscular. En relación a esta idea Anderson et al. (2008) atribuyen las mejoras obtenidas en la fuerza de 1RM de su estudio a una adaptación nerviosa, ya que al parecer 7 semanas no podrían haber sido el tiempo suficiente para provocar una hipertrofia significativa.

En el estudio de Stevenson et al. (2010), se evidencia que la actividad muscular durante la segunda mitad de la fase concéntrica fue significativamente mayor en RVIR en comparación a un grupo control con peso libre. Por tanto una de las claves de los métodos RVIR, es que permiten una mayor activación muscular al final de cada repetición en relación a los métodos de PL. Según Baker & Newton (2009) esto permitiría superar grandes fuerzas en la última parte de la extensión concéntrica, aspecto que está directamente relacionado con la cinemática articular en la producción de fuerza Shoepe et al.(2011). Por tanto, se producirá una mayor velocidad en el ciclo estiramiento-acortamiento (Baker & Newton, 2009).

En un estudio realizado por García-López et al. (2010) se evidenció que el trabajo con RVIR promedia una mayor tensión muscular durante toda la fase del movimiento. Esto propició que la resistencia elástica aplicada "en serie", redujera el número máximo de repeticiones totales en comparación con el número máximo de repeticiones obtenidas solo con peso libre. De esta forma se demostró una descomposición natural de la aceleración media a lo largo del trabajo del curl de bíceps hasta llegar a la fatiga completa de una forma más rápida, en comparación con el modo PC convencional.

Aboodarda et al., (2011) demostró que el trabajo con método de RVIR provocó un mayor daño muscular y recordaba que uno de los mecanismos principales que provoca la hipertrofia muscular es el daño muscular que se produce tras realizar una sesión de entrenamiento (Eston, Byrne, & Twist, 2004; Flann, LaStayo, McClain, Hazel, & Lindstedt,

2011; Howatson & van Someren, 2008; Aboodarda et al., 2011). Además de esta teoría se une la del propio Aboodarda et al. (2011) el cual comenta que la respuesta inflamatoria que se produce, tras el daño muscular, se caracteriza por una infiltración de neutrófilos y macrófagos (Cutlip, Baker, Hollander, & Ensey, 2009).

3.3.2 Electromiografía

En la literatura escrita parece existir una base sólida para defender que la actividad EMG en el uso de las RVIR, es igual o mayor que la obtenida cuando este entrenamiento se hace con PL (Aboodarda et al., 2011; Cronin, McNair, & Marshall, 2003b; Ebben & Jensen, 2002b; Hostler et al., 2001; Melchiorri & Rainoldi, 2011; Walker, Peltonen, Avela, & Häkkinen, 2011). Cabe destacar los indicios que apuntan a que incluso la EMG podría ser mayor en RVIR sobre PL en la última fase de la fase concéntrica y la primera de la fase excéntrica, siendo éste uno de los factores fundamentales en los que se basan las teorías del entrenamiento con RVIR. Cronin et al. (2003) realizaron un estudio en el que se registró la actividad EMG del vasto externo durante, una sentadilla tradicional, sentadilla con salto sin banda y sentadilla con salto con una banda elástica adherida, evidenciando una mayor actividad EMG en el grupo que tenía adherido bandas elásticas significativamente mayor durante el último 30% del movimiento en la fase excéntrica. En relación a este estudio Israel et al. (2010) optaron por un análisis EMG del mismo músculo que Cronin et al. (2003), el vasto externo, pero centrándose en el gesto de sentadilla con bandas y sin bandas elásticas. Los resultados obtenidos fueron parecidos a los antecedentes ya que se halló una actividad significativamente mayor durante la primera parte de la fase excéntrica y la última parte del movimiento concéntrico en el músculo para el grupo que usó la banda elástica. Esta evidencia conjuga perfectamente con los datos aportados por Anderson et al. (2008) los cuales hablaban de que la mayor demanda de fuerza a la hora de usar los métodos de RVIR será al final de la fase concéntrica, debido a que es cuando mayor resistencia se ofrece al músculo, y al principio de la fase excéntrica, donde la frenada de la desaceleración será mayor.

Walker et al. (2011) realizaron un estudio donde se trabajó a diferentes porcentajes de 1RM con distintos métodos de contracción en la fase concéntrica, de forma explosiva y a ritmo constante. Los resultados de este estudio mostraron que la RVIR obtuvo valores que variaban las características cinéticas y electromiográficas, lo que podía inducir a pensar que a largo plazo se podían sufrir adaptaciones específicas inducidas

por el entrenamiento. A su vez el autor comenta que el uso de la RVIR durante el ejercicio de prensa de piernas, la actividad EMG se vio incrementada, pudiendo aumentar la fuerza. Finalmente el estudio resalta que estas alteraciones pueden ser beneficiosas a la hora de trabajar con fuertes resistencia, cuando el objetivo de estos entrenamiento sea el de mejorar la fuerza y el de aumentar la masa muscular.

En unos recientes estudios realizados por Aboodarda et al. (2011), se comparó el valor medio de actividad EMG y la fuerza externa de tres grupos. Un grupo que trabajó con máquina de peso libre a través de la máquina Naitirus (NM), otro ofreció una resistencia elástica provocando una longitud similar (E0), y un tercer grupo donde la resistencia elástica aportó un 30% de la resistencia (E30). Los datos obtenidos indicaban que no hubo diferencias significativas entre los grupos sobre la mitad de la fase concéntrica y la excéntrica, así como a finales de los segmentos excéntricos y concéntricos. A su vez no se observaron diferencias significativas entre NM y E30. Estos resultados confirman que el desarrollo externo de la fuerza a través de métodos de RVIR por banda elástica, mediante la reducción de un 30% de la longitud inicial de material elástico, puede ofrecer activación neuromuscular similar en comparación con NM.

Este mismo autor en otro reciente estudio Aboodarda et al. (2011), comparó los resultados de la actividad EMG y el Resultant Muscle Torque (RMT) en 8 RM en el curl de bíceps. Comparó un grupo con PL (PL), otro con tubos elásticos la longitud original al comienzo de la contracción (E0), y el grupo con tubos elástico con 30% de decremento de la longitud original (E30). En todos los grupos se demostró una activación de los músculos en forma de campana donde el grupo E30 obtuvo 15,40% y 14,89% mayor actividad EMG, así como 36,85% y 17,71% mayor RMT que E0 y PL, respectivamente (todos $P < 0,05$). Por lo tanto estos resultados confirman que el trabajo con métodos de RVIR a través de resistencia elástica (E30), tienen la capacidad de proporcionar un estímulo apropiado de alta resistencia para cumplir con el requisito de entrenamiento en atletas de élite.

Sin embargo en un estudio realizado por Ebben & Jensen (2002) no se obtuvieron datos tan evidentes, ya que informaron que no se encontraron diferencias significativas en la actividad EMG. Se evaluó la sentadilla tradicional y su comparación con las sentadillas que adherían resistencia elástica con un 10% de porcentaje de resistencia variable. De esta forma se cuestionó el uso de los métodos de RVIR, como bandas y cadenas, como métodos de entrenamiento para la mejora de la fuerza. A pesar de ello, parece que el estudio es algo débil en lo relativo a los datos ya que no se informó de las velocidades con las que se trabajó ni de los picos de fuerza y potencia obtenidos. Al



mismo tiempo parece lógico pensar y basándonos en los antecedentes (Anderson et al., 2008; Ghigiarelli et al., 2009; Wallace et al., 2006) que un 10% de porcentaje de resistencia variable, en principio, parece escaso para provocar diferencias significativas en la actividad EMG respecto al trabajo con PL.

3.4 Fundamentos de la **contracción muscular**

3.4.1 Ciclo estiramiento-acortamiento

Israetel et al. (2010) defienden que los métodos de RVIR procuran que las mayores fuerzas se produzcan en la última mitad de la fase concéntrica y en la primera mitad de la fase excéntrica, en cada una de las repeticiones. Por tanto el uso de cadenas o bandas elásticas propician que sean en estas fases donde se produzca una mayor resistencia externa (Israetel et al., 2010). En comparación con PL, el grupo con RVIR experimenta una resistencia aproximadamente 10% menor en la parte inferior de un movimiento y 10% mayor al final de la fase de movimiento (Anderson et al., 2008).

En el estudio de Stevenson et al. (2010), se evidencia que la actividad muscular durante la segunda mitad de la fase concéntrica fue significativamente mayor en RVIR en comparación a un grupo control con peso libre. Por tanto una de las claves de los métodos RVIR es que permiten una mayor activación muscular al final de cada repetición en relación a los métodos de PL. Según Baker & Newton(2009) esto permitiría superar grandes fuerzas en la última parte de la extensión concéntrica, aspecto que está directamente relacionado con la cinemática articular en la producción de fuerza (Shoepe et al., 2011). Por tanto y en consecuencia se producirá una mayor velocidad en el ciclo estiramiento-acortamiento (Baker & Newton, 2009).

Al parecer el ciclo estiramiento-acortamiento que se produce en el músculo se manifiesta en mayor medida a la hora de realizar métodos de RVIR. El ciclo estiramiento-acortamiento parece ser producto de las mayores resistencias finales en la fase concéntrica e iniciales en la fase excéntrica. Esto puede ser debido a que será en estos momentos donde se muestra una mayor actividad EMG, mayores velocidades de movimiento y mayor potencia (Israetel et al., 2010). En consecuencia esta mayor activación supondrá un aumento de la velocidad y los niveles de fuerza y potencia durante la repetición en su fase concéntrica (Baker & Newton, 2009; Israetel et al., 2010; Rhea et al., 2009; Stevenson et al., 2010; Palmer, 2011).



3.4.2 Fase excéntrica

Hay que tener en cuenta que la fase excéntrica es una fase importante para el desarrollo de la fuerza, y más aún si se plantea que la aportación de una RVIR ofrecerá una adaptación neuromuscular diferente para cada repetición.

Ghigiarelli et al. (2009) aportó que la carga excéntrica es un estímulo viable en el entrenamiento para la fuerza y la potencia, debido al componente elástico en el músculo esquelético y a su capacidad para almacenar energía elástica (Cronin et al., 2003). Son numerosos los estudios (Anderson et al., 2008; Doan et al., 2003; Ghigiarelli et al., 2009; Stevenson et al., 2010; Wallace et al., 2006) que han demostrado que, a través del uso de métodos de RVIR, se ha obtenido una mayor activación y demanda muscular en la primera parte de la fase excéntrica que mediante la estimulación del trabajo con PL. En este rango se produce la mayor activación estaría en márgenes cercanos al 10% de la primera fase excéntrica. Se suma a esta idea la de (Stevenson et al., 2010) quienes plantean que es en la parte inicial de la fase excéntrica cuando las bandas ejercen la mayor tensión en los músculos, provocando una sobre-velocidad a medida que se descienda en la fase excéntrica.

Cronin et al. (2003) llegó a la conclusión de que a través del trabajo con RVIR, se causará una actividad EMG significativamente mayor que con PL en la fase excéntrica a la hora de realizar el gesto del salto asegurando que el entrenamiento de la fuerza excéntrica es importante para mejorar el rendimiento funcional y que los métodos de RVIR. En este caso, con bandas elásticas podrían aumentar el estímulo de entrenamiento de tal manera que la velocidad de retorno y, por lo tanto, la fuerza requerida para desacelerar la carga en la parte final de la fase excéntrica se incrementa. De tal forma Cronin et al.(2003) comentan que el entrenamiento con sentadilla produce una mayor actividad EMG durante las últimas etapas (70-100%) de la fase excéntrica en el grupo que entrenó con bandas elásticas.

Anderson et al. (2008) por su parte señala que un mayor reclutamiento de fibras musculares y una mayor estimulación durante la fase excéntrica de cada repetición puede provocar mayores adaptaciones neuromusculares y / o contracción de tipo de fibra II con RVIR que con los pesos libres por sí solos. De hecho el propio Anderson achacaba a esta diferente forma de estimular como la posible responsable de las adaptaciones ocurridas a largo plazo.

En otra investigación Stevenson et al. (2010) planteó la hipótesis de que el uso de bandas crea una fase de sobre-velocidad en la fase excéntrica lo que provocará una mayor respuesta del ciclo estiramiento-acortamiento, que se va a traducir en un mejor desarrollo de la energía, el pico de fuerza y la velocidad en la fase concéntrica.

El hecho de que se produzca un aumento en la velocidad durante esta fase excéntrica y combinado con el que la carga cada vez será más ligera en la parte inferior del ROM, puede hacer según Palmer (2011), que la transición entre las fases excéntrica y concéntrica sirva como un catalizador para provocar de esta forma un mayor efecto en el ciclo estiramiento-acortamiento (Baker & Newton, 2009). En un estudio realizado por Doan et al. (2002) se deja claro que se puede producir una mejora de fuerza en 1RM de forma aguda en el press de banca en la fase concéntrica por el simple hecho de una carga adicional en la fase excéntrica.

En relación a las velocidades máximas en la fase excéntrica, Baker & Newton (2009) plasman que el trabajo con cadenas produce mayores picos de velocidades, en parte debido a una descarga excéntrica que posibilita un ciclo estiramiento-acortamiento del ciclo (SSC) de transición más rápido. A su vez existe una potenciación postactivación (PAP) que permite al sujeto una velocidad de elevación más rápida en la fase concéntrica inicial. De esta forma Baker & Newton (2009), justifican el uso de RVIR cuando en la rutina de entrenamiento sea necesario elevar grandes resistencias de forma explosiva. Siguiendo esta idea, Wallace et al.(2006) comentan que la carga excéntrica se asocia con valores de fuerza mayores en la carga concéntrica. Al sucederse una mayor velocidad en el comienzo de la fase excéntrica con el aumento de la carga, será necesaria una mayor fuerza para retardar la barra durante las porciones finales de la fase excéntrica, es decir cuando la velocidad de la barra se ha visto incrementada (Bosco & Komi, 1979; Wallace et al., 2006). De esta forma se planteaba la hipótesis de que los métodos de RVIR podrían ser una manera eficaz de aumentar la fuerza y el rendimiento deportivo.

En definitiva, parece que a la hora de usar métodos de RVIR en la fase excéntrica también sucederá una demanda y activación muscular diferente que cuando se trabaja con exclusivamente PL. Esta demanda muscular será mayor en el primer tercio de la fase excéntrica, principalmente durante el primer 10% debido a que la tensión elástica de las bandas o la suma de fuerzas producida por la adhesión de cadenas es cuando mayores resistencias se producen. A su vez, los métodos RVIR parecen provocar una mayor aceleración en la fase excéntrica que provocará llegar a la última parte de la fase con una mayor velocidad provocando un mayor efecto sobre el ciclo estiramiento-

acortamiento. Por tanto esto hará desembocar en una mayor aportación de fuerza en la post-siguiente fase concéntrica.

3.5 Fundamentos en la percepción y la sensación del dolor muscular.

Una de las claves para una correcta graduación del trabajo con métodos de RVIR en relación al entrenamiento de la fuerza en personas lesionadas, será conocer la sensación que supone el trabajo con los métodos de RVIR.

Un estudio realizado por Berning et al. (2008) destacaba que, a pesar de producir niveles de fuerza similares entre el uso de cadenas como RVIR y el PL, los sujetos percibieron que el grupo que trabajaba con cadenas requería de un mayor esfuerzo.

Desde el punto de vista de la readaptación física el estudio de McCurdy et al. (2009) obtuvo resultados interesantes. De ese modo en esta investigación se comparó la posible mejora de la fuerza y la percepción del dolor en el hombro entre dos grupos de jugadores profesionales de béisbol. El primero de los grupos entrenó con la adhesión de cadenas a la pesas (RVIR) y el otro entrenó con el método habitual de peso libre (PL). Se evaluaron 1 RM al principio y al final de 9 semanas de entrenamiento y los resultados obtenidos no mostraron mejoras significativas de la fuerza entre los grupos. Sin embargo, a pesar de producir una mejora de la fuerza de forma similar, se dieron casi tres veces más número de casos de dolor en el hombro para el grupo PL (media de los totales de 2,15 vs 6,14) mientras que se que el nivel del dolor fue similar. (9,38 vs 10,57) para la RVIR y el grupo de PL respectivamente.

Aboodarda et al. (2011) obtuvieron resultados en este estudio que indicaban patrones en el daño muscular (Tiempo de relajación muscular, DOMS, CIVM y CK en suero) comparando entre el ejercicio con máquina Naitirus y los métodos de RVIR con bandas elásticas. Los resultados reflejaron en los dos modos de entrenamiento una respuesta muy similar a la par que sugieren que ambas modalidades de entrenamiento proporcionan una tensión de entrenamiento similar, a pesar de que en el método RVIR necesitase de una menor generación de fuerza externa.

Por tanto hay evidencias de que el trabajo con métodos de RVIR pueden ser muy útil para el trabajo de readaptación y la mejora de la fuerza en personas lesionadas, ya que con estos métodos se consigue provocar una mejor proporción entre el daño muscular y la sensación de dolor.



Parte I.

MARCO CONCEPTUAL

Capítulo IV.

- Aproximación al problema.
- Tipos de RVIR y antecedentes bibliográficos.
- Fundamentos teóricos del entrenamiento con Resistencia Variables Intra Repetición.
- **Referentes metodológicos de los métodos de Resistencia Variables Intra Repetición.**

4. Referentes metodológicos de los métodos de RVIR

4.1 Metodología de los RVIR. Porcentajes de Resistencia Variable (PRV)

Uno de los problemas tradicionales que aparecen en las investigaciones respecto al uso de métodos de RVIR, es el Porcentaje de Resistencia Variable (PRV) utilizado. Esto puede ser en parte uno de los motivos por el que los resultados en los estudios pasados mostraron resultados tan diferentes de unos a otros. Así parece importante estandarizar un PRV idóneo, en el cual el trabajo con métodos de RVIR sea lo más efectivo posible. Estos porcentajes tendrán siempre como referencia un Porcentaje de una 1RM (PRM) de cualquier ejercicio, a partir de ahí, se puede jugar con los porcentajes y adaptarlos a los objetivos del entrenamiento que se pretenda obtener. Simmons (1999) señalaba que la resistencia total en los métodos de RVIR podría variar, pero que para ello sería como mínimo necesario un Porcentaje de 1 RM (PRM) de al menos el 60% para los estudios del press de banca y la sentadilla.

Por tanto la variación del porcentaje en los métodos de RVIR podría definirse como "la cantidad de resistencia que varía dentro de una misma repetición y que se va sumando progresivamente a otra resistencia la cual pertenece continua dentro de la propia repetición". Por tanto podemos diferenciar en los métodos de RVIR dos tipos de resistencia.

- Porcentaje de Resistencia Variable. (PRV)
- Porcentaje de Resistencia Constante. (PRC)

Es fundamental conocer la tensión suministrada por las bandas o las cadenas que a utilizar para provocar la RVIR. Baker & Newton (2009) comentaron que trabajar con un 5% de PRV podría no ser suficiente para inducir cambios significativos en los parámetros de fuerza evaluados. En relación a esta idea Wallace et al.(2006) señalan que aquellos estudios en los que utilizaron métodos de RVIR que proporcionan tan sólo el 10% o menos de PRV no parecen reportar alteraciones significativas en la cinética de la fase concéntrica. Tampoco en el trabajo de Ebben & Jensen (2002) los cuales investigaron tan solo con un 10% de PRV, sin encontrar diferencias significativas entre los métodos

de RVIR y el PL. Berning et al. (2008) por su parte, también plantearon un trabajo para un PRV del 5% en un análisis biomecánico de la levantada olímpica, y en este caso tampoco obtuvieron resultados significativos.

Stevenson et al. (2010) buscaron un aumento en la mejora en la velocidad de ejecución en el squat, utilizando como método de entrenamiento un PRM del 55% con un PRV del 20%. En este caso tampoco se consiguieron diferencias significativas, a pesar de trabajar con un PRV del 20%, ya que se partía de un PRM muy bajo para que produjera cambios agudos en el rendimiento. Por tanto parece lógico pensar que el trabajo con PRV de menos de 10% no supondrá la suficiente variación respecto a un trabajo con PL tradicional. En un estudio realizado por Bellar et al.(2011) el PRV utilizado fue de un 15% con un 85% de PRC demostrando unos efectos agudos en la fuerza producida después de un entrenamiento de resistencia del press de banca tradicional en comparación al press de banca con RVIR. Por tanto sugería que esos datos proporcionan una evidencia de que el 85% y 15% de PRC y PRV respectivamente, parecen ser una combinación efectiva.

Bellar et al. (2011) defienden que en los estudios recientes destinados a evaluar la eficacia de los RVIR combinada con los pesos libre tradicionales, se sugerían que la división ideal entre PRV y PRC, sería de un 15-20% y 80-85% respectivamente. Para el objetivo de aumentar la fuerza en el ejercicio de sentadilla se usaron estos porcentajes obteniendo también mejoras de la fuerza significativas en comparación el PL (Anderson et al., 2008; Wallace et al., 2006).

Uno de los estudios con resultados más relevantes en lo relacionado a los métodos de RVIR, es el aportado por Anderson et al.(2008) que estableció un PRV del 20% para press de banca y la sentadilla del 85% de PRM. Se mostró que trabajando a esos porcentajes durante 7 semanas se producía un incremento de 3,34 kg peso en términos relativos de aumento de un 1RM respecto al grupo que trabajó tan solo con PL. Por su parte Wallace et al. (2006) constataban que el uso de los métodos de RVIR con un PRV del 20% de un 85% de PRM, era el porcentaje idóneo de trabajo en la RVIR para obtener grandes aumentos de la fuerza y la potencia para el ejercicio de sentadilla. En este estudio el propio Wallace et al.(2006) creó otro grupo donde se trabajó con un PRV del 35%, el cual no obtuvo mejoras significativas respecto al grupo control con PL. Siendo el grupo que trabajó con un PRV del 20% el que mejores resultados obtuvo.

Otro de los estudios con resultados positivos fue el realizado por Baker & Newton (2009), que trabajó con cadenas con un PRV del 15% a un PRM del 60%. Estos porcentajes

les permitieron a los atletas evaluados generar un 10% de velocidad mayor en comparación con el método tradicional de PL en el press de banca, señalando que un resultado similar se ha obtenido en el trabajo de la sentadilla. Con todo esto Baker & Newton (2009) concluyen que la recomendación a la hora de utilizar los métodos de RVIR cuando se utilicen cadenas y/o bandas, el PRV debe ser de un 15 a 25% siempre que exista un PRM alto (85%-100%). Toda esta mejora en los resultados a través un uso óptimo del PRV podría explicarse en la primera mitad del ROM, un efecto de potenciación post-activación dentro de la repetición, y un aumento medio de una mayor efectividad en el ciclo estiramiento-acortamiento (Baker & Newton, 2009). Para los cambios agudos obtenidos en el trabajo del grupo de RVIR, parecen estar relacionados con una menor fatiga asociada al trabajo con métodos de RVIR, ya que durante las primeras fases de la fase concéntrica,, los cambios agudos obtenido en su trabajo por el grupo de RVIR, parecen estar relacionados con una menor fatiga asociada al trabajo con métodos de RVIR, ya que durante las primeras fases de la fase concéntrica la resistencia sufre una mayor aceleración en comparación con el peso libre provocando mejores niveles de velocidad.

McMaster et al. (2009) comentan que para mejorar la potencia pico y el pico de producción de fuerza, para la sentadilla y posiblemente otros ejercicios de fuerza curva ascendente, tienen que seguir ciertos porcentajes. Estos porcentajes con RBR, tendrá una combinación adecuada cuando comprendan un 20-35% de PRV, con 65-80% de PRC, a través de carga total de 60% o 80-85% del PRM. (Newton et al., 2009; Simmons, 1999; McMaster et al., 2009).

Tras una profunda revisión bibliográfica, parece que aquellos trabajos que estuvieron marcados por un PRV aproximado de un 20% son los que mejores resultados obtuvieron a la hora de realizar un entrenamiento con RVIR, ya que aquellos PRV por debajo del 15% no ofrecerán apenas diferencia con el trabajo del PL tradicional y supondrá normalmente que no aparezcan diferencias significativas a la hora de evaluarlos. Por otro lado, si trabajamos con PRV por encima del 30% (Wallace et al., 2006) parece que no supondrá una estimulación lo suficientemente fuerte para que se produzcan diferencias significativas entre la comparación de entrenamientos. Así pues, los altos porcentajes de PRV parecen más destinados a trabajos que se dediquen a la rehabilitación y readaptación física que a los propios del entrenamiento integro de la fuerza pues este alto PRV nos permitirá trabajar en determinados rangos de movimiento sin exigir una alta demanda muscular e ir aportando resistencia a medida que el músculo se encuentra preparado para ese trabajo.



4.2 Dispersión metodológica de los RVIR

Parece existir suficiente evidencias que demuestran que un entrenamiento basado en método de RVIR puede producir mayores mejoras sobre la fuerza o la potencia que el entrenamiento tradicional con peso libre. Sin embargo la propia literatura es a veces contradictoria al respecto, ya que en estudios similares se ha obtenido resultados diferentes que hacen poner en duda la verdadera utilidad de estos métodos. McCurdy et al (2009) identificaron la altura de la barra en la posición más baja y en la posición más alta del ROM como un factor importante al que atender para poder cuantificar la carga de trabajo. Esto puede deberse a que no existía un protocolo fijo de actuación ya que estos métodos, a pesar de tener cierta tradición en los programas de entrenamiento, no han sido lo suficientemente estandarizados. Al mismo tiempo hay que tener en cuenta que cada persona tiene unas características antropométricas diferentes. Todo esto produce una adaptación diferente a los medios (B.E. o Cadenas), y por tanto parece lógico pensar que los resultados obtenidos en unos estudios u otros difieran. En relación a esta idea Shoepe et al.(2010), estudió los factores que hay que controlar para graduar la carga a la hora de utilizar bandas elásticas adheridas al peso libre para propiciar una RVIR:

- 1) El espesor o tensión de la banda elástica. (McMaster et al., 2010)
- 2) Las técnicas de fijación de las bandas al peso libre.
- 3) El tipo de ejercicio que se realiza.
- 4) Las medidas antropométricas individuales.

El primer punto queda explicado en el primer apartado de esta revisión (tipos de RVIR). En relación al segundo punto, constatar la importancia que tiene la manera en la que se coloque la banda elástica. Esto puede influir severamente en la carga total que se produzca (Shoepe et al., 2010) ya que no es lo mismo colocar la banda o las cadenas en la parte distal de la barra del peso libre, que en una parte más centrada de la misma. A su vez hay que tener en cuenta no solo dónde, sino también la forma en la que se adhiere las cadenas o las bandas elásticas al PL. Este tipo de protocolos son los que se deberían de estandarizar en futuras investigaciones.

El tipo de ejercicio que se realiza, está relacionado directamente con la velocidad que se produce en el ejercicio. Cuando el ejercicio se realiza a máxima velocidad, supondrá una fase de desaceleración durante las últimas porciones de la amplitud de movimiento (Elliott et al., 1989; Escamilla et al., 2001). A esta idea hay que añadir que la resistencia de la banda elástica permite un patrón de resistencia variable que coincide con la mecánica de un gesto explosivo (Shoepe et al., 2010).

Hay que tener en cuenta finalmente que las medidas antropométricas individuales y que cada fabricante de bandas aportan unas propiedades elásticas diferentes a sus productos. Por tanto parece evidente que todo esto pueda llevar a errores en la investigación y que los resultados difieran de unas publicaciones a otras.

Por tanto se puede estimar aproximadamente que el mejor PRV para procurar la mejora de la fuerza y la potencia en un músculo sano, sería aproximadamente de un PRV del 20% con PRC del 80%. Esta afirmación está basada en los antecedentes de los estudios con mejores resultados obtenidos (Anderson et al., 2008; Baker & Newton, 2009; Wallace et al., 2006), por lo tanto es prematuro confirmar que el trabajo de la fuerza con RVIR en estos porcentaje es el idóneo, pero al menos, es una referencia de utilidad para establecer una primera guía fiable de cara a futuras investigaciones que puedan confirmar esta hipótesis.

Por lo tanto el trabajo con los métodos de RVIR como parte de un entrenamiento para la mejora de la fuerza, tiene un marco científico suficiente para desarrollar teorías e hipótesis. De esta forma se han encontrado diferentes registros en factores fundamentales de la fuerza respecto al trabajo con PL.

Tabla 4.1. Estudios donde se especifica el método de RVIR. Especificando el PRV, PRC y PRM.

Autor	Método de RVIR	PRV	PRC	PRM
(Anderson, Sforzo, & Sigg, 2008)	Bandas elásticas	20%	80%	85%
(Baker & Newton, 2009)	Cadenas	15%	85%	75%
(Bellar et al. 2011)	Bandas elásticas	15%	85%	85%
(Berning et al. 2008)	Cadenas	5%	80 y 75%	85%
(Coker, Berning, & Briggs, 2006)	Cadenas	5%	80 y 75%	85%
(Ebben & Jensen, 2002)	Bandas elásticas	10%		
(García-López et al., 2014)	Bandas elásticas	20%	80%	85%
(Joy et al. 2013)	Bandas elásticas	30%	70%	100%
(Mina, Blazevich & Giakas, 2014)	Bandas elásticas	35%	65%	85%
(Prejean, Cronin & Judge, 2011)	Bandas elásticas	15%	85%	85%
(Shoepe, Ramirez, Rovetti, Kohler, & Almstedt, 2011)	Bandas elásticas	20-35%	80-65%	85%
(Stevenson et al., 2010)	Bandas elásticas	20%	80%	85%
(Swinton et al, 2011)		20-40%	30-50-70%	
(Wallace, Winchester, & McGuigan, 2006)	Bandas elásticas	20-35%	80-65%	85%

RVIR: Resistencia Variable Intra Repetición | **PRV:** Porcentaje de Resistencia Variable | **PRC:** Porcentaje de Resistencia Constante | **PRM:** Porcentaje de 1RM referencia (carga en máxima extensión)

4.3 Evidencia científica sobre la eficacia de los métodos RVIR

El siguiente capítulo del que se compone esta Tesis Doctoral hace referencia a los resultados obtenidos en un artículo de reciente publicación:

Soria-Gila MA., Baena, S., Chiroso IJ., Bautista IJ., Chiroso LJ. (2015). Effects of variable resistance training on maximal strength: a meta-analysis.

Journal of Strength and Conditioning Research

Este artículo forma parte del trabajo del grupo de investigación CTS-642. Al mismo tiempo aclarar que este también fue usado como artículo en la Tesis Doctoral de Miguel Ángel Soria-Gila. Sin embargo en el presente documento doctoral tan solo presentaremos los resultados obtenidos en el mismo para completar las evidencias científicas de esta parte de la Tesis Doctoral.

Según las conclusiones obtenidas de los cuatro primeros capítulos de esta Tesis y el profundo análisis de la bibliografía actual sobre los métodos de RVIR presentados, se hace necesario plantear un estudio donde medir y comparar el posible efecto que tiene sobre la fuerza máxima el entrenamiento de los métodos de resistencia variable en comparación con los métodos tradicionales. Para ello se realizó este meta-análisis, donde analizando los resultados de investigaciones que comparaban de forma longitudinal dichos métodos, se llegó a la conclusión de que los métodos RVIR pueden presentar mayores adaptaciones en los niveles de fuerza máxima para un PB que a través de los métodos de resistencia constante tradicionales. Para ello se seleccionaron una serie de artículos de similares características:

Tipos de estudios incluidos

Características de los estudios

Se seleccionaron un total de 7 estudios que aportaron resultados de 16 grupos reunieron todos los criterios de inclusión y fueron incluidos en la revisión (**tabla 4.2**). Las fechas de publicación variaron desde 2003-2015.



Características de los sujetos

Los datos de 235 sujetos con un rango de edad entre 18,3 y 27,9 años [*media* (\pm SD): 21,21 \pm 2,11 años] fueron incluidos en el análisis (Tabla 2). Cuatro estudios se llevaron a cabo con sujetos varones (10 grupos) y tres se realizaron con una muestra mixta (6 grupos). Dos estudios fueron efectuados con sujetos no entrenados o con una experiencia inferior a 12 meses (4 grupos). 5 estudios se desarrollaron con sujetos con una experiencia mínima de 2 años o sujetos entrenados (12 grupos), los cuales eran atletas de División I (National Collegiate Athletic Association (NCAA), jugadores de béisbol (División II) y futbolistas americanos (Thirty-six División 1A football players).

Características del tipo de entrenamiento de la fuerza

La duración total del tipo de programa de entrenamiento de la fuerza varió de 7 a 24 semanas, con una media (\pm SD) de 12 \pm 5 semanas. El número de sesiones por semana osciló de 2 a 5. Con una media de 3 \pm 1 por semana. Haciendo referencia al tipo de entrenamiento específico desarrollado, 4 estudios (10 grupos) llevaron a cabo un entrenamiento para el miembro superior (press de banca), 1 estudio (2 grupos), se basó en la ejecución de un programa de entrenamiento para el miembro inferior (back squat) y 2 estudios (4 grupos) realizaron un entrenamiento tanto del miembro superior como del inferior (press de banca y back squat). 2 estudios (2 grupos) utilizaron las cadenas adheridas a la barra en el ejercicio del press de banca y 5 estudios (6 grupos) llevaron a cabo el entrenamiento con bandas elásticas unidas a la barra para la realización del press de banca o el back squat.

Sesgo de publicación y heterogeneidad

Se observó una simetría sobre el gráfico de tendencia "funnelplot" del resultado medido, el cual implicó que no existiese sesgo de publicación. Para el resultado medido presentado, χ^2 y I^2 obtuvieron un valor de 35,28 y 72% para la fuerza máxima (1RM), los cuales determinaron una heterogeneidad moderada.

Resultados

Tabla 4.2. Resultados de los estudios individuales incluidos en el meta-análisis¹.

Autor, año	Ejercicio	Resultados medidos (1RM)									
		Grupo control					Grupo experimental				
		n	Pretest (kg)	SD (kg)	Postest (kg)	SD (kg)	n	Pretest (kg)	SD (kg)	Postest (kg)	SD (kg)
Anderson et al., 2008 (4)	BP	21	81.07	32.82	84.41	33.37	23	80.69	35.34	87.37	35.52
	BSQ	21	108.19	35.61	115.28	33.70	23	105.80	33.70	121.75	35.70
Bellar et al., 2011 (21)	PB	11/2*	101.50	19.60	109.00	20.30	11/2*	100.00	18.90	109.90	19.40
Cronin et al., 2003 (26)	SSM	12	122.00	34.10	118.95	33.25	14	128.00	27.50	139.14	29.90
Ghigiarelli et al., 2009 (25)	PB	12	141.80	23.00	149.50	23.00	12	127.70	25.00	137.70	25.00
	PB						12	129.50	15.00	138.60	14.00
McCurdy et al., 2009 (22)	PB	27/2*	102.65	14.42	109.09	12.98	27/2*	151.85	27.12	174.26	13.47
Rhea et al., 2009 (23)	PB	16	122.31	39.04	131.94	36.43	16	116.00	31.43	125.81	30.69
	PB	16	115.94	36.07	119.18	35.56					
Shoeppe et al., 2011(35)	S	12	66.90	16.50	88.90	23.20	12	69.30	27.00	91.40	31.90
	PB	12	56.30	30.30	66.70	27.00	12	53.60	21.00	59.30	24.50

¹n, tamaño de muestra de cada grupo; BP, press de banca; BSQ, back squat; S, squat; SSM, supine squat machine; *, No está definido en el estudio.

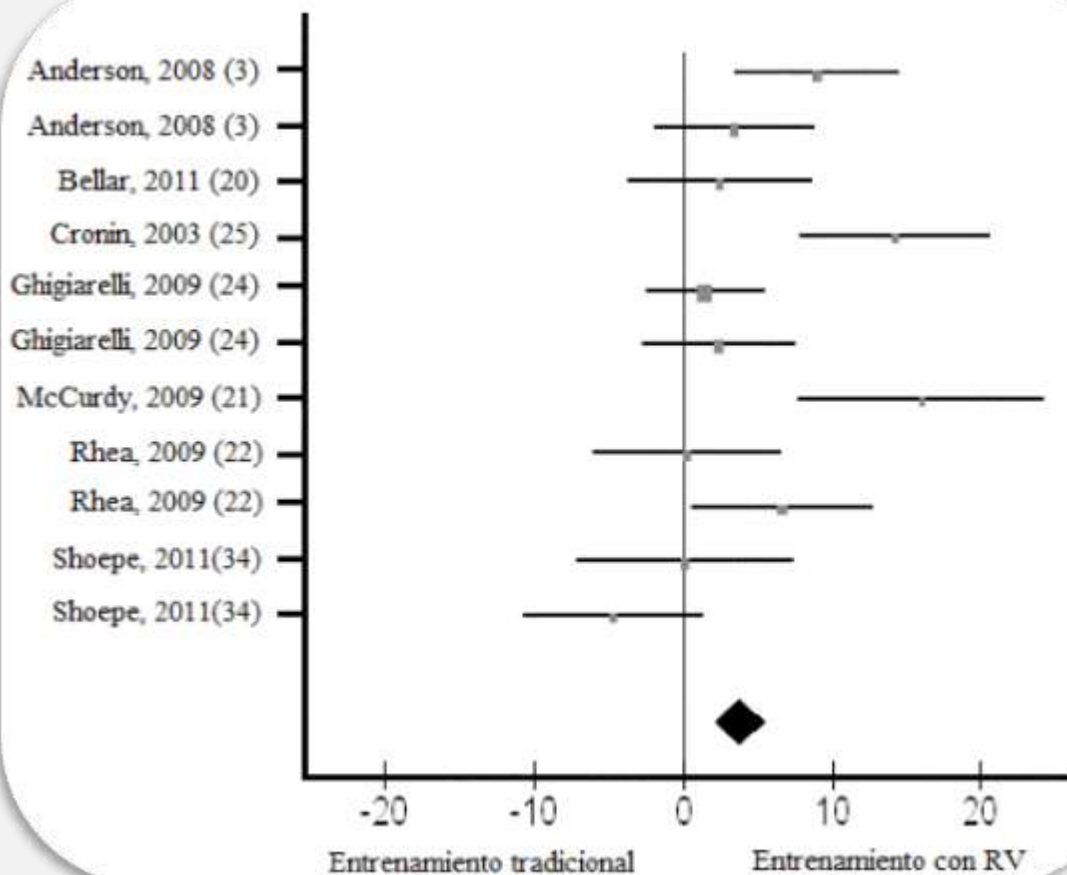


Figura 4.1. Gráfico en árbol ("forestplot") de los resultados del meta-análisis de efectos fijos mostrando la media de las diferencias ponderada con un 95% de IC sobre 1RM tanto en el ejercicio de press de banca, como en el de back squat, squat y supine squat machine en la muestra utilizada por cada estudio (diferencia de medias ponderada: 3,81 kg; 95% CI: 2,10 - 5,51 kg; $P < 0,0001$). Para cada estudio, el cuadrado verde representa el punto estimado del efecto de la intervención. La línea horizontal une el límite inferior con el superior del efecto a un 95% de IC. El área de los cuadrados verdes, refleja el peso relativo de cada estudio en el meta-análisis. El diamante representa la diferencia de medias ponderada.

Los resultados obtenidos en el meta-análisis tiene como objetivo compara los efectos de métodos constante con los RVIR sobre la fuerza máxima. Para ello se seleccionaron estudios donde se evalúan sujetos no entrenados (con una experiencia inferior a 12 meses en el trabajo de fuerza con resistencias externas) y en sujetos entrenados (con experiencia mayor a 2 años). Tras los análisis realizados los resultados mostraron que **el entrenamiento con RVIR durante un periodo de entrenamiento prolongado (> 7semanas) las ganancias de fuerza máxima aumentaron muy**

significativamente ($p < 0.0001$) comparadas a las obtenidas con el programa de entrenamiento tradicional.

En conclusión, mediante este meta-análisis conseguimos realizar una aproximación cuantitativa a nuestro problema estableciendo que el entrenamiento con RVIR ya sea utilizando cadenas o bandas elásticas adheridas a la barra, representa una estrategia efectiva basada en la evidencia científica, para aumentar los niveles de fuerza (1RM) tanto en deportistas expertos de diversas disciplinas deportivas, como en sujetos no entrenados

Estos resultados hacen plantearnos la posibilidad de realizar más estudios cuyo enfoque sea el de comparar de manera longitudinal el efecto del entrenamiento con métodos de RVIR en comparación con los métodos tradicionales, ya que hay suficiente argumentos tanto bibliográficos como estadísticos para ello.

Sin embargo es necesario plantear antes de dichos estudios, investigaciones que desmiembren en mayor profundidad las variables que afectan en la realización de un gesto estandarizado. Es decir cómo se comporta la velocidad media, la velocidad máxima, la aceleración, la fuerza, la potencia, la RPE etc. con un método RVIR, y a su vez comparar estas variables con los métodos de resistencia constante. Sin duda este paso previo es fundamental para poder abordar con mayor éxito las hipótesis que planteen los estudios comparativos (RVIR vs. Constante).

Este desmembramiento de las variables, se debe acompañar de un desglose de las mismas pero dentro de diferentes porcentajes de 1RM. Estos pequeños pasos iniciales son los que deben considerarse antes de ahondar en profundidad en investigaciones longitudinales sobre los métodos RVIR.







PARTE II.

MARCO METODOLÓGICO

Parte II.

MARCO METODOLÓGICO. INTERVENCIONES

Capítulo V. Metodología

- **Propósito del estudio. Objetivos.**
- **Introducción y aclaración del capítulo V.**
- Intervención I. Fiabilidad test-retest de la fuerza, potencia y velocidad en press de banca. (Estudio publicado)
- Intervención II. Metodología.

Propósito de la Tesis Doctoral. Objetivos a evaluar

Tras la profunda revisión realizada sobre los estudios y trabajos publicados hasta la fecha que han investigado acerca de los métodos de RVIR (Capítulo I, II, III y IV) y tras los resultados obtenidos en el meta-análisis presentado en el capítulo V se consigue dar respuesta a unos determinados objetivos.

Objetivos principales para la primera parte de la Tesis Doctoral (Capítulos del I al V)

- Revisar los antecedentes científicos destinados a la evaluación, comparación y estudio de los métodos RVIR.
- Crear una base sólida de fundamentos científicos sobre los métodos RVIR.
- Evaluar los efectos de los métodos RVIR sobre diferentes tipos de poblaciones en comparación a los métodos tradicionales con resistencia externa constante.
- Clarificar y establecer una metodología precisa para el trabajo con los métodos RVIR.
- Medir el efecto del entrenamiento con métodos de RVIR en comparación con los métodos tradicionales.

Tras conseguir dar respuesta a este primer bloque de objetivos con la elaboración de la revisión de antecedentes bibliográficos y el análisis de los resultados obtenidos en el meta-análisis, surge la necesidad de dar respuesta a nuevos objetivos, a través de las investigaciones presentadas en los post-siguientes estudios presentados en esta Tesis.

Objetivos a evaluar en los estudios de investigación presentados. Segunda parte de la Tesis Doctoral (Estudio I, II, III y IV):

Conocer la estabilidad y fiabilidad de diferentes variables para la repetición de un mismo test en un gesto deportivo estandarizado.

- Conocer la estabilidad y fiabilidad en un test sobre las variables cinéticas.
- Conocer la estabilidad y fiabilidad en un test sobre las variables perceptivas del esfuerzo.
- Conocer la estabilidad y fiabilidad en un test sobre las variables de potencia.



Describir y medir el comportamiento de las variables de las que se componen un press de banca tradicional a diferentes porcentajes de carga.

- Describir el comportamiento de las variables cinéticas, variables de potencia y variables de fuerza a medida que aumenta la carga externa en un press de banca con resistencia externa constante.
- Conocer cómo aumenta la RPE a medida que aumenta la carga externa.
- Medir cuánto aumenta o disminuye diferentes variables entre cinco intensidades evaluadas de 1RM, y qué porcentajes de aumento/descenso se produce entre ellas.

Describir y medir el comportamiento de las variables de las que se componen un press de banca tradicional con métodos de RVIR a diferentes porcentajes de carga.

- Describir el comportamiento de las variables cinéticas, variables de potencia y variables de fuerza a medida que aumenta la carga externa en un press de banca cuando la resistencia aumenta dentro de la misma repetición.
- Conocer cómo aumenta la RPE a medida que lo hace la carga externa con un método de RVIR.
- Medir cuánto aumenta o disminuyen diferentes variables entre cinco intensidades evaluadas de 1RM, y qué porcentaje de aumento/descenso se produce entre ellas cuando se mide un PB con método RVIR.
- Establecer un método estandarizado para el trabajo con métodos de RVIR.

Evaluar y comparar, a diferentes niveles de intervención, las diferencias entre el método tradicional de trabajo y los métodos de RVIR a diferentes porcentajes de una RM.

- Medir si existen diferencias significativas a nivel cinético entre los métodos tradicionales y los métodos RVIR a diferentes porcentajes de la 1RM.

- Medir si existen diferencias significativas a nivel de fuerza entre los métodos tradicionales y los métodos RVIR a diferentes porcentajes de la 1RM.
- Comparar si existen diferencias significativas en las variables perceptivas entre los métodos tradicionales y los métodos RVIR a diferentes porcentajes de la 1RM.
- Evaluar si existen diferencias significativas a nivel de las variables de potencia entre los métodos tradicionales y los métodos RVIR a diferentes porcentajes de la 1RM.



Introducción y aclaración del capítulo metodológico

La presente Tesis Doctoral consta de dos intervenciones. La primera tiene como objetivo analizar la fiabilidad test–retest de un protocolo incremental en press de banca en máquina Smith para las variables de fuerza (kg), fuerza pico (N), fuerza media (N), potencia media (W), potencia pico (W), velocidad media ($m*s^{-1}$) y velocidad pico ($m*s^{-1}$). Este resultado es presentado en forma de artículo ya que este mismo documento ha sido aceptado por la *Revista Cuadernos de Psicología del Deporte* para su publicación.

La segunda de las intervenciones tiene como principal objetivo comparar a nivel descriptivo e inferencial el comportamiento de las variables estudiadas a partir de dos métodos para la ejecución de un press de banca (constante y RVIR). El protocolo de evaluación utilizado ha sido similar al validado en la primera intervención describiendo, en primer lugar, el comportamiento de estas variables para cada uno de los métodos y, en segundo lugar, confrontando los resultados de las dos metodologías a través de un análisis estadístico inferencial.

En la primera intervención se utilizó una muestra y un procedimiento diferente al de la segunda intervención para, de este modo, evitar posibles familiarizaciones o adaptaciones al propio test. Así, el trabajo de validación se presenta en este documento doctoral como un estudio independiente en la primera intervención.

Una vez presentado en forma de artículo científico la primera de las partes estudiadas, se plasma en este capítulo la metodología utilizada para la segunda intervención de esta tesis doctoral.

Capítulo V. Metodología de las intervenciones



INTERVENCIÓN I. Artículo de la validación del test-retest



INTERVENCIÓN II. Evaluación de dos métodos de trabajo con un press de banca

Parte II.

MARCO METODOLÓGICO.

Capítulo V. Metodología

- Propósito del estudio. Objetivos.
- Introducción y aclaración del capítulo V.
- **Intervención I. Fiabilidad test-retest de la fuerza, potencia y velocidad en press de banca. (Estudio publicado)**
- Intervención II. Metodología general

Capítulo V

Intervención I. Fiabilidad test-retest de la fuerza, potencia y velocidad en press de banca

El propósito de este estudio ha sido analizar la fiabilidad test–retest de un protocolo incremental en press de banca en máquina Smith para las variables de carga (kg), fuerza pico (N), fuerza media (N), potencia media (W), potencia pico (W), velocidad media ($m*s^{-1}$) y velocidad pico ($m*s^{-1}$). Dieciséis participantes (12 hombres y 4 mujeres) ($175,8 \pm 5,6$ cm, $75,4 \pm 5,72$ kg, $24,4 \pm 5,72$ años) realizaron de forma voluntaria este estudio. Los sujetos realizaron un test incremental hasta llegar a la 1RM en dos ocasiones diferentes, con un mínimo de 48 horas de recuperación. Todas las variables fueron registradas mediante un transductor de posición lineal. La fiabilidad test–retest fue medida mediante el índice de correlación intraclase ($ICC_{2,1}$), el error estándar de la medida (SEM) y las mínimas diferencias (MD) para la carga inicial (CI), máxima potencia (MP) y la repetición máxima (RM). Los resultados mostraron altos valores de ICC en 1RM ($ICC_{2,1} = 0,96$, $SEM = 3,2$ kg y $MD = 9,9$ kg). La potencia y velocidad pico y media presentaron valores altos de ICC ($0,91–0,98$) en la CI y valores moderados–altos ($ICC_{2,1} = 0,52–0,89$) en las intensidades de MP y RM. El protocolo incremental realizado posee una adecuada fiabilidad test–retest tanto para la 1RM como para el resto de variables analizadas.

Palabras clave: Tren superior, fiabilidad, 1RM, entrenamiento de fuerza.



5.II.1 Introducción

En el entrenamiento de la fuerza, la determinación de la máxima carga que un deportista es capaz de levantar se denomina una repetición máxima (1RM). Los diferentes porcentajes de la 1RM corresponden a las diversas zonas de entrenamiento dentro de las vertientes de la fuerza (Campos y col. 2002). Tagesson y Kvist (2007) diferencian tres zonas de entrenamiento (ligera, media y pesado) en función del porcentaje de la 1RM (60–70% RM, 75–80% RM, >85% RM, respectivamente). La correcta determinación del valor de la 1RM es el principal objetivo por parte de los entrenadores para poder aplicar, con mayor exactitud, los diferentes porcentajes de carga de forma adecuada, tanto para deportistas de alto rendimiento como para pacientes en procesos de rehabilitación. Por otro lado, la fiabilidad de otro tipo de variables como la fuerza, la potencia y la velocidad también resulta de vital importancia para la evaluación de nuestros deportistas y para la planificación deportiva. El término fiabilidad hace referencia a la estabilidad en los valores obtenidos tras múltiples repeticiones de un test de evaluación (Hopkins, 2000). Teniendo siempre presente que siempre que se realiza una intervención para testar la efectividad de algún programa de entrenamiento resulta imprescindible seleccionar variables dependientes que sean válidas y fiables.

Existen numerosos estudios (Ayala, Sainz de Baranda, De Ste Croix, y Santoja, 2013; Cronin y Henderson, 2004; Cronin, McNair, y Marshall, 2001; Hopkins, 2000; Tagesson y Kvist, 2007) que han analizado la fiabilidad de variables como la fuerza, potencia y velocidad, en diferentes cargas hasta llegar a la 1RM en distintos ejercicios. Para el análisis de la fiabilidad, la prueba test–retest suele ser utilizadas para determinar las diferencias entre las medidas de ambas evaluaciones, siendo el índice de correlación intraclase (*ICC*) y el error estándar de la medida (*SEM*) los estadísticos más utilizados para el análisis de la fiabilidad. Otros estadísticos, como las mínimas diferencias (*MD*), pueden ser utilizados para valorar si los cambios obtenidos en el rendimiento son como consecuencia de errores en la medida o de verdaderas mejoras físicas (Weir, 2005). La fiabilidad test–retest para el cálculo de 1RM varía en función de la experiencia, la edad y el sexo de los sujetos. En aquellos sujetos con mayor experiencia, los resultados del *ICC* son más elevados, presentando también valores más bajos de *SEM* y viceversa.

La fiabilidad medida mediante la prueba test–retest para la determinación de la 1RM se puede analizar desde diferentes puntos de vista en función de las variables que se analicen. En primer lugar, la máxima carga levantada (medida en kg). Cronin y Henderson (2004) evaluaron la 1RM en el ejercicio de extensión de rodillas durante un total cuatro

veces en un lapso de tiempo de 10 días. Estos autores concluyeron que para la evaluación de la fuerza en deportistas principiantes, es necesario la realización del test en múltiples ocasiones para poder asegurar una buena fiabilidad en la medida. Tagesson y Kvist (2007) compraron 23 sujetos en un ejercicio de extensión de rodilla medidos en dos ocasiones, en días diferentes. El valor del *ICC* fue elevado (0,90), mientras que el *SEM* obtenido fue de 5,1 kg. Estos autores analizaron las sesiones que son necesarias para conseguir una medida consistente en 1RM en el ejercicio de extensión de piernas en sujetos principiantes, llegando a la conclusión que son necesarias un mínimo de 3 a 4 sesiones en jóvenes principiantes, haciendo especial hincapié en el control de posibles errores metodológicos del test de fuerza usado para la evaluación. En segundo lugar, desde el punto de vista del análisis de la fiabilidad de las diferentes manifestaciones de la fuerza. Cronin y Henderson (2004) analizaron el pico y la media de la velocidad, potencia y fuerza en press de banca en cuatro ocasiones en un periodo de 7–9 días. Dichos autores, no encontraron diferencias significativas en ninguna de las variables medidas en los dos días diferentes de evaluación aunque, desafortunadamente, estos autores no incluyeron en sus análisis ningún estadístico de fiabilidad tal como el *ICC* y/o el *SEM*. Weiss, Fry, Gossick, Webber, y Barrow (1998) analizaron la fiabilidad del press banca a lo largo de un espectro de velocidades, en las variables de fuerza y potencia pico. Cuatro velocidades fueron seleccionadas y evaluadas en dos ocasiones. Los autores concluyeron que la fuerza y la potencia pico presentan altos valores de fiabilidad en las diferentes velocidades seleccionadas. Por su parte, Stock, Beck, DeFreitas, y Dillon (2011) analizaron la fiabilidad de la velocidad de la barra durante el ejercicio del press de banca libre. Los autores concluyeron que resulta muy interesante calcular la fiabilidad test–retest antes de la realización del tratamiento, puesto que los cambios de cualquier programa de intervención serían más adecuados analizarlos teniendo este tipo de información. Jennings, Viljoen, Durandt, y Lambert (2005) analizaron la fiabilidad de un dispositivo de desplazamiento lineal o, como se conoce en inglés, “lineal position transducer” (LPT), para medir la potencia muscular en ejercicios de fuerza monoarticulares y multiarticulares. Los ejercicios de curl de bíceps y squat presentaron altos niveles de fiabilidad (*ICC*: 0,95–0,98). Estos autores argumentan que el *SEM* de los ejercicios que involucran múltiples articulaciones fue mayor que aquellos ejercicios monoarticulares. Faigenbaum y col. (2012) analizaron la fiabilidad test–retest de 1RM en el ejercicio “power clean”, en sujetos adolescentes entrenados. Los resultados presentados en dicha investigación mostraron altos valores de fiabilidad (*ICC* = 0,98), encontrando un bajo *SEM* (2,3 kg). Cabe destacar

que la muestra que utilizaron en ese estudio fueron adolescentes con mucha experiencia en la realización del ejercicio por lo que la estabilidad en la medida fue adecuada.

Las fuentes de variación de las diferentes manifestaciones de la fuerza suelen proceder de nuestra variabilidad biológica y del instrumental de medida (Hopkins, 2000), además de otras fuentes de variación, cómo puede ser el propio test a utilizar para la evaluación y la correcta estandarización de las posiciones. Por lo tanto, el propósito de este estudio fue (a) analizar si el test incremental de cargas utilizado para la evaluación proporciona una adecuada fiabilidad para determinar el valor de 1RM y (b) analizar la fiabilidad test-retest hasta llegar a la 1RM en press de banca, en las variables de fuerza media, fuerza pico, potencia media, potencia pico, velocidad pico y velocidad media en las intensidades de la carga inicial (CI), máxima potencia (MP) y una repetición (1RM).

5.II.2 Material y métodos

Sujetos

Dieciséis (n=16) estudiantes de Educación Física (12 hombres y 4 mujeres) sirvieron como sujetos experimentales en este estudio. La media \pm desviación estándar de la altura, masa corporal y edad fue de $175,8 \pm 5,6$ cm, $75,4 \pm 5,72$ kg, $24,4 \pm 5,72$ años, respectivamente. Todos los sujetos firmaron un consentimiento informado previo a la realización de investigación. Este estudio fue llevado de acuerdo a la declaración de Helsinki y fue previamente aprobado por el comité ético de la Universidad de Granada.

Procedimiento

Durante la primera visita al Laboratorio de Control del Rendimiento de la Facultad de Ciencias del Deporte de la Universidad de Granada, los sujetos realizaron una sesión de familiarización con el material de evaluación. Se realizaron las mediciones del peso corporal, talla y distancia inter-epicondilea para la posterior estandarización y ubicación del agarre en la barra. El agarre fue estandarizado de forma unilateral usando la distancia de la medida epicondilea hasta la escotadura yugular. Posteriormente, los sujetos realizaron un calentamiento estandarizado que se componía de dos partes. Una parte general de activación vegetativa y entrada en calor en cicloergómetro a 50W durante 5 minutos. La segunda parte del calentamiento correspondió a la realización, en una máquina Smith, de 4 series de 15 repeticiones con 20 kg. Tres minutos fueron dejados entre el final del calentamiento y el inicio del test incremental.

El test incremental consistía en aumentos graduales de carga hasta llegar a la 1RM. La carga inicial fue de 20 kg, produciéndose aumentos progresivos de carga de 20 kg (cuando la velocidad de la barra era mayor a $0,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$) y de 5 kg (para velocidades de la barra menores a $0,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$). Se realizaron 4 repeticiones para la carga inicial y 2–3 repeticiones para el resto de cargas, exceptuando la 1RM, que los sujetos sólo fueron capaces de levantar la carga una sola vez. Se les pidió a los sujetos que realizan el movimiento a la máxima velocidad posible, es decir, de forma explosiva. La velocidad de descenso de la barra fue controlada mediante instrucciones del investigador. Los sujetos debían de bajar la barra en dos tiempos y aguantar con la barra en el pecho un máximo de 2 segundos, evitando así el efecto "rebote". Para impedir que el efecto de la fatiga afectara a los resultados, se dejaron descansos comprendidos entre 3–5 minutos. Los periodos de descanso más pequeños (3 minutos) para aquellas velocidades de la barra mayores a $0,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, y periodos de descanso más amplios (5 minutos), para velocidades de la barra inferiores a $0,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Un periodo mayor a 48 horas fue dejado entre la realización del test en ambas ocasiones. Cada fase concéntrica de la evaluación fue registrada mediante el uso de LPT (T-Force System, Ergotech, Murcia, España). Durante el segundo día de evaluación, los sujetos realizaron exactamente el mismo procedimiento que el primer día.

Análisis estadístico

Todos los datos fueron expresados como media y desviación estándar (SD). El test de Kolmogorov–Smirnov fue realizado para analizar la normalidad de las variables analizadas. Todas las variables cumplieron con el supuesto de normalidad. Una prueba t-test de medidas relacionadas fue realizada para evaluar la 1RM en los dos días que se realizó el test. Un análisis de la varianza de medidas repetidas (ANOVA MR) fue realizado para examinar el efecto de la Fuerza Media, Fuerza Pico, Potencia Pico, Potencia Media y Velocidad Media en las dos evaluaciones realizadas. Cuando no se pudo asumir el supuesto de esfericidad, fue utilizada la corrección Green–House Geisser. Las interacciones del ANOVA MR fueron analizadas mediante los ajustes post hoc de Bonferroni. La fiabilidad test–retest para las variables de Fuerza Media y Pico, Potencia Media y Pico, Velocidad Media y Pico y Carga fue evaluada mediante el uso del Índice de Correlación Intraclase ($ICC_{2,1}$). El error asociado a las medidas de la fuerza, potencia y carga fue analizado mediante el error estándar de la medida (SEM). Para el cálculo del SEM , se utilizó la fórmula de la raíz cuadrada de la media cuadrática de los errores ($SEM =$

\sqrt{MSe}) (Weir, 2005). Los resultados del *SEM* fueron expresados en la misma unidad de medida que las variables en cuestión. Se establecieron las mínimas diferencias (*MD*) mediante el uso de la siguiente fórmula: $MD = SEM \times 1.96 \times \sqrt{2}$. Las diferencias significativas se establecieron al nivel de $p \leq 0,05$. Todos los análisis fueron realizados utilizando un software de análisis estadístico (SPSS Inc, Illinois, EEUU).

5.11.3 Resultados

Valor máxima de carga desplazada

El valor de la 1RM durante las evaluaciones del día 1 y 2 fueron de $59,7 \pm 17,37$ kg y $61,56 \pm 18,68$ kg, respectivamente. En términos absolutos se levantó un 3% más de carga en el segundo día. Los resultados de la prueba t-test para muestras dependientes indicaron que no existieron diferencias significativas ($p = 0,138$) en la carga levantada para el test incremental en ambas ocasiones evaluadas. El $ICC_{2,1}$ para la máxima carga desplazada fue de 0,98 (95% intervalo de confianza = 0,94–0,99).

El *SEM* para la 1RM fue de 3,39 kg. El valor de las *MD* fue de 9,9 kg. En la Figura 5.1.1 se muestra el gráfico de las diferencias entre los valores de la 1RM en los días 1 y 2. En la Figura 5.1.2 se muestra gráficamente la asociación lineal entre las dos evaluaciones ($r = 0,967$, $p = 0,001$). En la Figura 5.1.3 se representa los valores residuales y los valores predichos residuales de la variable de la 1RM. El valor de R^2 obtenido fue de 0,002.

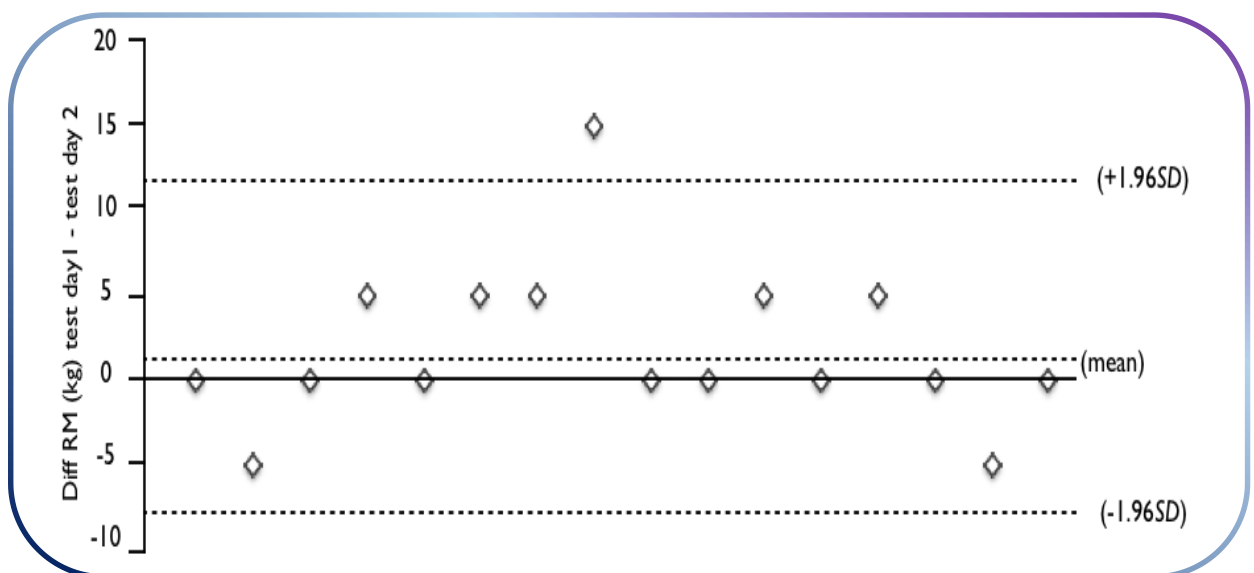


Figura 5.1.1 Gráfico Bland and Altman de las diferencias en la carga de la 1RM. El eje-x representa las diferencias entre la $RM_{día_2} - RM_{día_1}$ (media de 1RM). El eje-y representa las diferencias individuales entre la $RM_{día_2} - RM_{día_1}$. La media de las diferencias (media) y 2SD están representados mediante las líneas discontinuas.

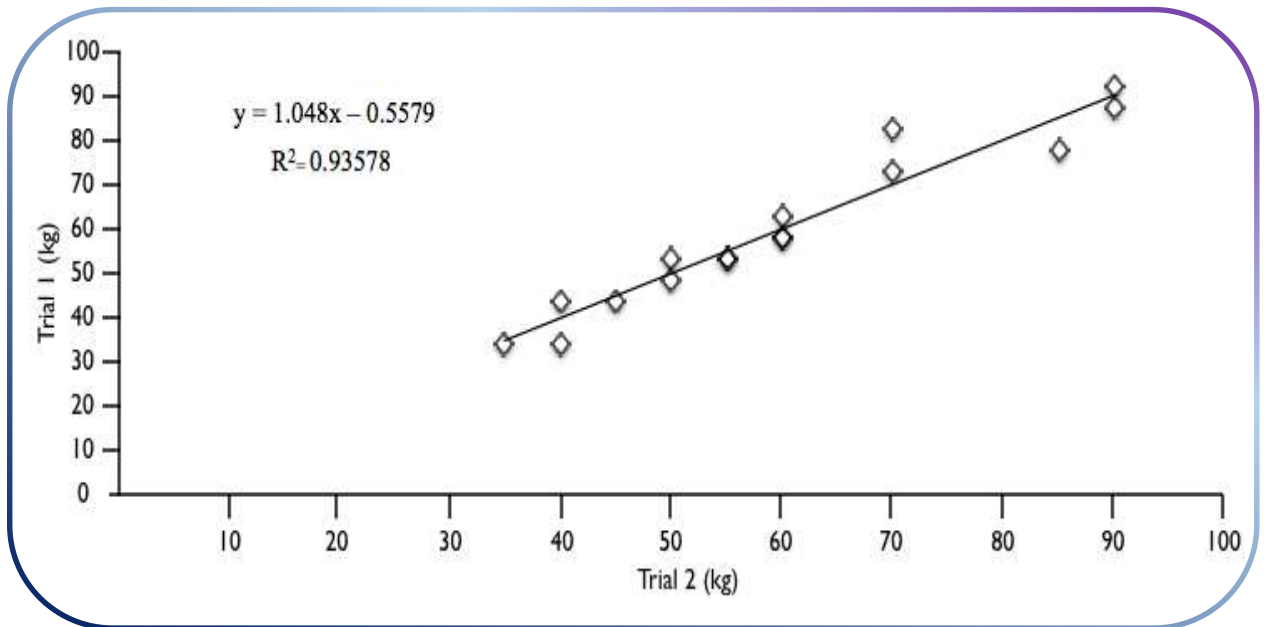


Figura 5.1.2 Relación de 1RM (kg) en las dos ocasiones que se evaluaron.

En la Figura 5.1.3 se representa los valores residuales y los valores predichos residuales de la variable de la 1RM. El valor de R^2 obtenido fue de 0,002.

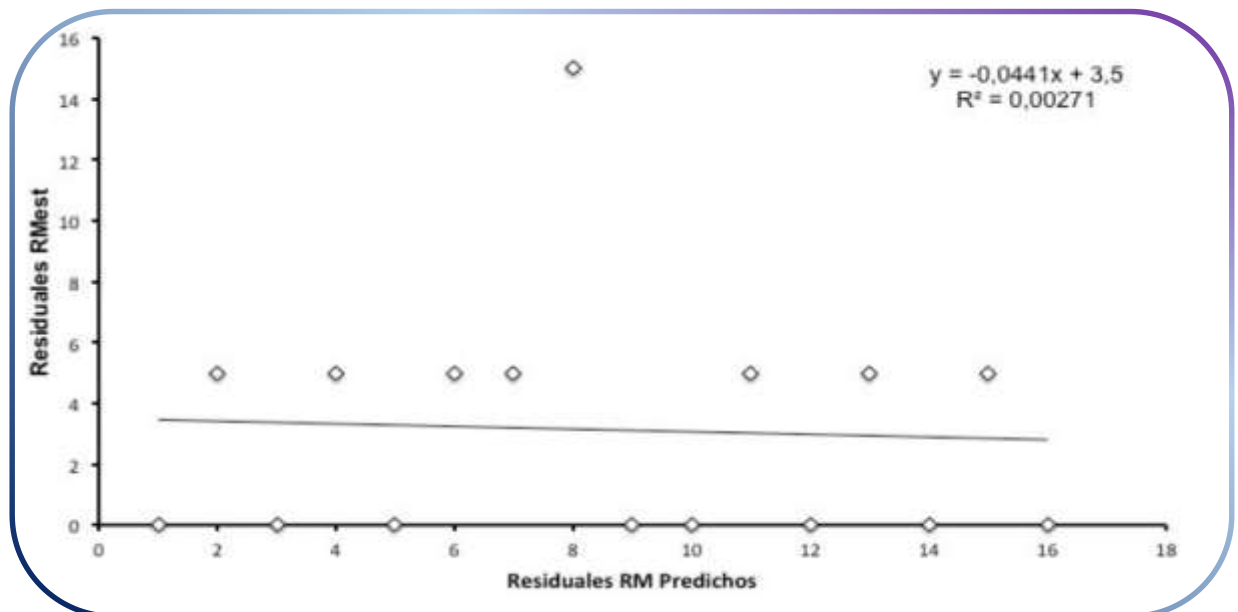


Figura 5.1.3. Valores residuales de la 1RM y predichos residuales de la 1RM.

Fuerza media, potencia media y velocidad media

Con respecto a la variable de Fuerza media el ANOVA MR no mostró diferencias significativas en el efecto principal de la variable *día* ($F[1, 15]=1,69$; $p = 0,214$; $\eta^2 = 0,10$; $1-\beta = 0,23$) ni en la interacción *día x intensidad* ($F[2, 30]=3,06$; $p = 0,06$; $\eta^2 = 0,17$; $1-\beta = 0,55$). En la Figura 5.1.1 se pueden observar los valores medios de los dos días de evaluación en la variable de la Fuerza media. En cuanto a la variable de Potencia media



el ANOVA MR no mostró diferencias significativas en el efecto principal de la variable *día* ($F [1, 15]=0,38$; $p = 0,849$; $\eta^2 = 0,04$; $1-\beta= 0,05$) ni en la interacción *día x intensidad* ($F[2, 30]=0,049$; $p = 0,953$; $\eta^2 = 0,03$; $1-\beta= 0,57$). Finalmente, la variable de Velocidad media el ANOVA MR no mostró diferencias significativas en el efecto principal de la variable *día* ($F [1, 15]=0,103$; $p = 0,752$; $\eta^2 = 0,07$; $1-\beta= 0,06$) ni en la interacción *día x intensidad* ($F [2, 30]=1,107$; $p = 0,344$; $\eta^2 = 0,07$; $1-\beta= 0,27$).

Fuerza pico, potencia pico y velocidad pico

En la variable de Fuerza pico el ANOVA MR no mostró diferencias significativas en el efecto principal de la variable *día* ($F[1, 15]=0,076$; $p = 0,787$ $\eta^2 = 0,05$; $1-\beta = 0,05$) ni en la interacción *día x intensidad* ($F[2, 30]=3,06$; $p = 0,06$; $\eta^2 = 0,13$; $1-\beta = 0,41$). En la Figura 5.1.1 se pueden observar los valores medios de los dos días de evaluación en la variable de la Fuerza media. En cuanto a la variable de Potencia pico el ANOVA MR no mostró diferencias significativas en el efecto principal de la variable *día* ($F[1, 15]=0,232$; $p = 0,637$; $\eta^2 = 0,02$; $1-\beta = 0,05$) ni en la interacción *día x intensidad* ($F[2, 30]=2,206$; $p = 0,234$; $\eta^2 = 0,05$; $1-\beta = 0,34$). Finalmente, la variable de Velocidad pico el ANOVA MR no mostró diferencias significativas en el efecto principal de la variable *día* ($F[1, 15]=0,075$; $p = 0,788$; $\eta^2 = 0,05$; $1-\beta = 0,08$) ni en la interacción *día x intensidad* ($F[2, 30]=1,121$; $p = 0,373$; $\eta^2 = 0,06$; $1-\beta = 0,21$). En la Tabla 5.1.1 se resumen los estadísticos de fiabilidad de las variables analizadas (Fuerza, Potencia, Velocidad media y pico) en las tres intensidades analizadas (CI = carga inicial; MP = máxima potencia media y RM = repetición máxima).

Tabla 5.1.1 Valores del *ICC*, *SEM* y *MD* en las variables de fuerza media, fuerza pico, potencia media y potencia pico.

FUERZA PICO	P VALOR	ICC_{2,1}	SEM (N)	MD (N)
CI	0,647	0,99	12	34
MP	0,154	0,98	27	75
RM	0,354	0,99	33	92
FUERZA MEDIA	P valor	ICC_{2,1}	SEM (N)	MD (N)
CI	0,979	0,98	11	30
MP	0,001	0,87	49	137
RM	0,034	0,98	35	96
POTENCIA PICO	P valor	ICC_{2,1}	SEM (W)	MD (W)
CI	0,095	0,99	31	87
MP	0,093	0,97	48	132
RM	0,627	0,89	54	150
POTENCIA MEDIA	P valor	ICC_{2,1}	SEM (W)	MD (W)
CI	0,389	0,96	12	33
MP	0,964	0,98	18	50
RM	0,992	0,52	46	127
VELOCIDAD PICO	P valor	ICC_{2,1}	SEM (m*s⁻¹)	MD (m*s⁻¹)
CI	0,231	0,91	0,17	0,49
MP	0,758	0,52	0,24	0,69
RM	0,584	0,67	0,09	0,25
VELOCIDAD MEDIA	P valor	ICC_{2,1}	SEM (m*s⁻¹)	MD (m*s⁻¹)
CI	0,840	0,98	0,04	0,10
MP	0,592	0,89	0,07	0,20
RM	0,273	0,53	0,06	0,17

CI = CARGA INICIAL | MP= MÁXIMA POTENCIA | RM= REPETICIÓN MÁXIMA



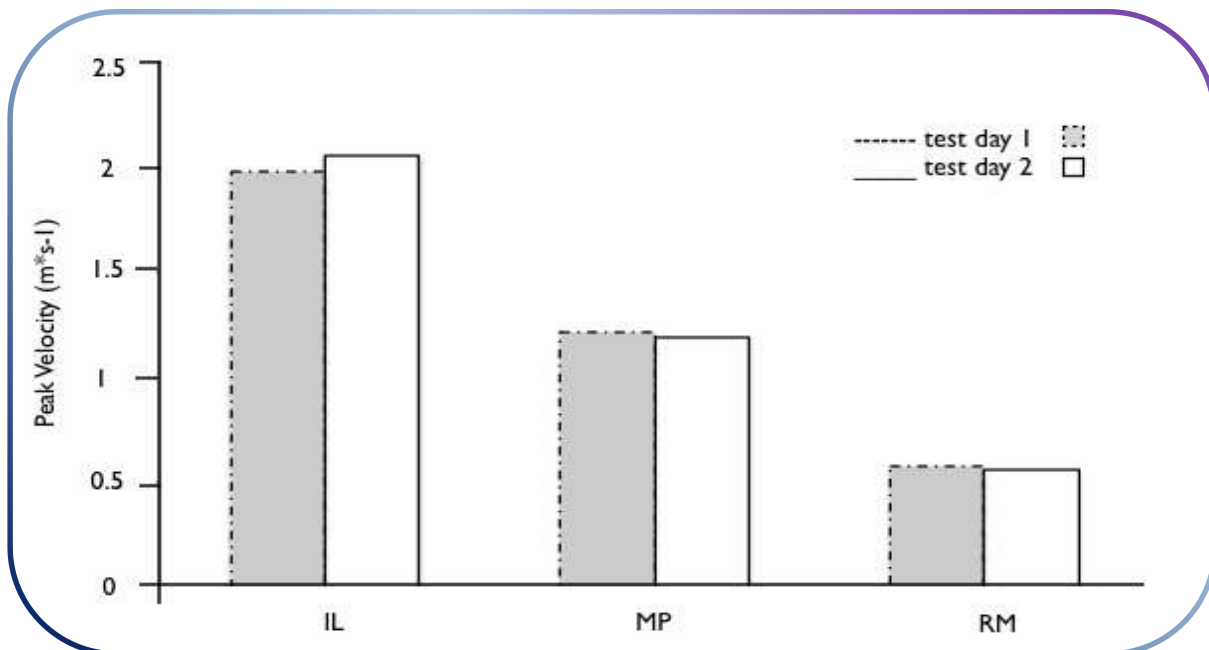


Figura 5.1.5 Media de la potencia pico (w) en las dos ocasiones que se evaluó el test. El eje-y representa las intensidades evaluadas (CI= potencia pico en la carga inicial; MP= potencia pico en la máxima potencia; RM= potencia pico en la RM).

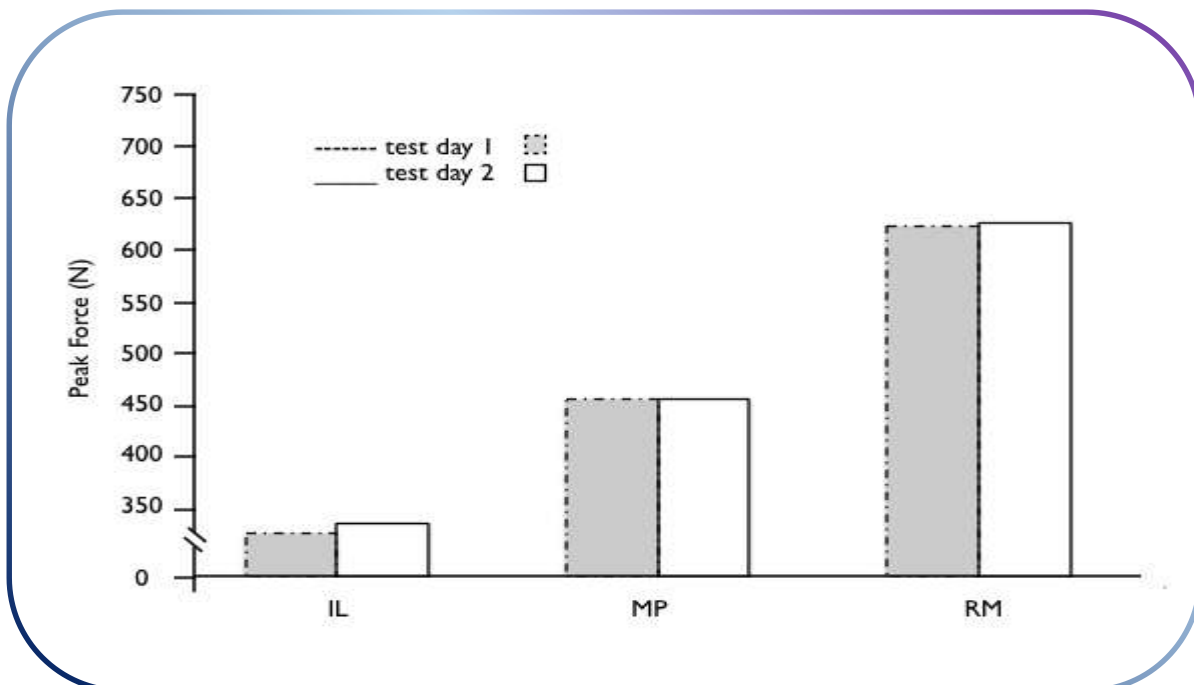


Figura 5.1.4. Media de la fuerza pico (n) en las dos ocasiones que se evaluó el test. El eje-y representa las intensidades evaluadas (CI= fuerza pico en la carga inicial; MP= fuerza pico en la máxima potencia; RM= fuerza pico en la RM)

5.II.4 Discusión

El principal objetivo de este estudio ha sido analizar la fiabilidad test–retest de las variables de la 1RM, Fuerza, Potencia y Velocidad, tanto media como pico en un protocolo incremental de cargas en el ejercicio del press de banca. En la tabla 5.1.1 se muestran los resultados del *ICC*, *SEM* y *MD* para las variables de carga, fuerza pico, fuerza media, potencia pico, potencia media, velocidad pico y velocidad media.

De forma general, nuestros resultados muestran una buena fiabilidad ($ICC = 0,96$) en la máxima carga desplazada en las dos ocasiones que se realizó el test, obteniéndose un valor de *SEM* de 3,39 kg. Durante el test incremental realizado el segundo día de evaluación, un 3% más de carga máxima consiguieron levantar los participantes de nuestro estudio. El coeficiente de correlación de Pearson mostró una fuerte asociación entre ambas evaluaciones ($r = 0.967$, $\rho = 0.001$, ver Figura 5.1.2). El gráfico “Bland-Altman” presentado en la Figura 5.1.1 muestra que no existieron cambios sistemáticos (p.e., efecto aprendizaje) entre cada una de las evaluaciones realizadas. La ausencia de asociación entre la diferencia y la media vienen a confirmar que el método de evaluación no proporciona errores o cambios sistemáticos. A su vez, en la Figura 5.1.3 se aprecia la ausencia de relación entre los valores residuales de la 1RM y los valores predichos, por lo tanto, no se encuentran indicios de heterocedasticidad (Atkinson y Neville, 1998). Las *MD* diferencias fueron calculadas de acuerdo con lo expuesto por Weir (2005). En teoría, este estadístico nos muestra el resultado mínimo que debería haber en una próxima evaluación para que se considerasen que realmente los cambios son debidos a una mejora a causa del entrenamiento y no por un error de la medida. Nuestros resultados muestran que es necesario un cambio mínimo en la 1RM de 9,9 kg para considerarse cambios reales de rendimiento.

Para nuestro conocimiento, este es el primer estudio que analiza la fiabilidad de un test incremental de cargas hasta llegar a la 1RM en las variables de fuerza pico, fuerza media, potencia pico, potencia media y velocidad media, en las intensidades de CI, MP y RM. En cuanto a la variable de la máxima carga desplazada, los resultados presentados en nuestro estudio concuerdan con los indicados por Tagesson y Kvist (2007), donde en ambas ocasiones se evaluó el ejercicio de extensión de rodillas, en el que los sujetos que realizaron las evaluaciones consiguieron levantar un 2% más de carga. Los valores presentados de *ICC* y *SEM* fueron de 0,96 y 3,2 kg, respectivamente. Más concretamente en el ejercicio de press de banca, Cronin y Henderson (2004) analizaron los valores de la

1RM que se alcanzaban con los sujetos principiantes, medido en cuatro ocasiones, durante un periodo de 7 a 9 días. Durante las 4 evaluaciones de la 1RM, se encontraron diferencias significativas ($p = 0,001$) en la carga del primer día con el resto de días evaluados, consiguiendo levantar un máximo de un 13,6% kg más de carga en la última evaluación en comparación con el resto de evaluaciones. Estos resultados entran en desacuerdo con los reportados en nuestro estudio ya que, en las evaluaciones llevadas a cabo en nuestra investigación, no se encontraron diferencias significativas ($p = 0,138$) en la máxima carga desplazada durante las dos ocasiones que se repitió el test. Un 3% más de carga se levantó el segundo día de evaluación tras 48 horas de recuperación. Probablemente, las diferencias en el protocolo de evaluación o las características de los sujetos sea la explicación más plausible para explicar estas diferencias.

Cuando hablamos del término fiabilidad, estamos haciendo referencia a la consistencia en la medida (Hopkins, 2000). Las fuentes de errores son como consecuencia de la interacción entre diferentes factores tales como el rango de estabilidad de los sujetos (experiencia previa, edad, sexo, nivel de entrenamiento), el protocolo incremental utilizado para la evaluación (tipo de máquina utilizada, aumentos de cargas para llegar a la 1RM, recuperación entre series, recuperación entre las diferentes evaluaciones) y/o el dispositivo utilizado para las mediciones (transductor de posicionamiento lineal, plataforma de fuerzas, acelerómetro). En nuestro estudio, hemos realizado un protocolo de evaluación para la consecución de la 1RM con un LPT. A su vez, las variables de fuerza, potencia y velocidad, han sido obtenidas y analizadas.

La fuerza pico y fuerza media presentan niveles altos de fiabilidad (ver Tabla 5.1.1) en las tres intensidades analizadas. En las comparaciones de la fuerza pico y media en las tres intensidades analizadas durante los dos días de evaluación, no se encontraron diferencias significativas entre ambas evaluaciones. Weiss y col. (1998) midieron el pico de fuerza en diferentes velocidades en press de banca. Valores altos de ICC (rango: 0,95–0,98) fueron encontrados en las diferentes velocidades analizadas. Estos resultados están en concordancia con los valores obtenidos en nuestro estudio. La fuerza pico y media mostraron niveles bajos de SEM (rango: 12–33N [fuerza pico] y rango: 11–49N [fuerza media]) en ambas evaluaciones (ver Tabla 5.1.1).

En la potencia pico y medios fueron encontrados valores altos de fiabilidad a excepción de la potencia media en la intensidad de la 1RM. El $ICC_{2,1}$ en la intensidad de la RM fue de 0,52 reportando niveles medios–bajos de fiabilidad. Además, en esta intensidad fue donde

se encontraron los valores más altos de SEM (46 W) y MD (127 W) (ver Tabla 5.1.1). En el trabajo realizado por Jennings, Viljoen, Durandt, y Lambert (2005) analizaron la fiabilidad de las variables de potencia media en los ejercicios de curl de bíceps y squat, durante tres días consecutivos de evaluación. Dichos investigadores, reportaron niveles altos de ICC (rango: 0,95–0,98) tanto para el ejercicio que implica una sola articulación (curl de bíceps), como para el ejercicio que envuelve la participación de más de una articulación (squat).

La velocidad pico y media también fueron analizadas en las tres intensidades mencionadas (CI, MP y RM) de los que se obtuvieron valores medios–altos de fiabilidad en la CI (ICC = 0,98 y 0,84) para la velocidad media y pico, respectivamente. El análisis del resto de cargas (MP y RM) muestran, sin embargo, valores medios–bajos de fiabilidad (ICC = 0,82, 0,33 y 0,38, 0,53) para la velocidad media y pico, respectivamente. Stock, Beck, DeFreitas, y Dillon (2011) analizaron la fiabilidad de la fuerza y velocidad en ejercicios de saltos con contramovimiento. Los resultados obtenidos en cuanto al ICC (0,79–0,99) avalan la fiabilidad de estas variables en el ejercicio evaluado. Los valores de fiabilidad obtenidos en nuestro estudio en la variable velocidad disminuyen cuanto mayor es la intensidad de la carga. En la investigación de Stock y col. (2011) reportaron moderados valores de ICC (rango: 0,56–0,81) para la velocidad media en un espectro de cargas desde el 10% hasta el 90% de 1RM y un largo SEM (0,06 m*s⁻¹) para la carga de 1RM, evaluado en press de banca libre. Los mencionados autores fundamentan este hecho en la baja motivación de los atletas. De igual forma, nuestros resultados para la variable de velocidad pico y media, con la carga de 1RM muestran altos valores de SEM (0,10 m*s⁻¹ y 0,06 m*s⁻¹). En nuestro caso, una posible explicación a este hecho es la heterogeneidad de la muestra y la inclusión de mujeres en el estudio. El ICC depende de la suma de los errores al cuadrado, es decir, de la diferencia del valor individual de cada sujeto menos la media al cuadrado. Por lo tanto, en la intensidad de la 1RM, los participantes pertenecientes al sexo femenino difieren mucho del valor que obtienen al valor de la media del grupo.

En cuanto a las principales limitaciones de este estudio fue precisamente el tamaño muestral y la inclusión de participantes del sexo femenino junto a la del masculino. Aunque los resultados obtenidos en este estudio muestran que no existieron diferencias significativas en las variables analizadas en función del día y en la interacción día x intensidad. Sin embargo, la interpretación de estos resultados debe tomarse con cautela, en primer lugar porque la muestra no estaba formada por deportistas profesionales y en segundo lugar, por el bajo tamaño muestral. Algunas otras limitaciones deben igualmente ser tenidas en cuenta para comprender mejor los resultados de este estudio. Los LPT son dispositivos que calculan el espacio, generalmente, con base en las diferencias de voltaje



(Harris, Cronin, Taylor, Boris, y Sheppard, 2010). El resto de variables obtenidas son cálculos derivados de fórmulas matemáticas. A nuestro parecer, la baja fiabilidad obtenida en algunas variables como la velocidad o la potencia en cargas altas, podría ser debida a esto, entre los otros hechos comentados.

5.II.5 Conclusiones

Los resultados presentados en este estudio, hacen referencia a una evaluación de la fiabilidad test–retest de un protocolo incremental de cargas hasta llegar a la 1RM en press de banca. De forma general y a modo de conclusión, podemos decir que el protocolo utilizado proporciona valores fiables en la medición de la carga máxima desplazada. El resto de variables analizadas (fuerza, potencia y velocidad, y sus respectivos picos y medias) presentan moderados–altos valores de fiabilidad, exceptuando la potencia media, velocidad media y pico en la intensidad de la 1RM. Otro aspecto a considerar en la obtención de bajos *ICC* y altos *SEM* y *MD* se debe a los sujetos que participaron en esta investigación. La heterogeneidad de la muestra y la experiencia previa, puede influir en la fiabilidad de las variables de potencia y velocidad con cargas máximas. A la luz de los resultados, el análisis de la fiabilidad test–retest de las variables de fuerza y potencia debería ser analizado en futuros estudios con otro tipo de dispositivos que sean capaces de calcular la fuerza de una forma directa, como es el caso de las plataformas de fuerzas. De esta forma, se podría asegurar que el error producido en estas variables no es por el dispositivo de medición.

5.II.6 Aplicaciones prácticas

Para poder evaluar con mayor precisión en qué medida se producen los cambios en los diferentes tratamientos utilizados, resulta necesario, sino imprescindible, la realización por parte de los deportistas una prueba test–retest previa al tratamiento. Por un lado, nos proporcionará información sobre el estado operacional actual de nuestros deportistas, pero por otro lado nos podrá ayudar en el proceso de planificación de los entrenamientos. La obtención de información como la fiabilidad de una medida en una determinada variable (*ICC* y *SEM*), o las *MD* que en teoría debería desarrollar nuestros deportistas en futuras evaluaciones para que se consideren cambios en el rendimiento, resulta información muy útil para la prescripción y diseño de programas de entrenamiento.



Bibliografía

- Atkinson, G., y Neville, A. M. (1998). Statistical Methods for assessing measurement error (reliability) in variables relevant to sports medicine. *Sports Medicine*, 26(4), 217–238.
- Ayala, G., Sainz de Baranda, P., De Ste Croix, M., y Santoja, F. (2013). Fiabilidad absoluta de las medidas isocinéticas para estimar la función muscular. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte*, 13(52), 799–830.
- Campos, G. E., Luecke, T. J., Wendeln, H. K., Toma, K., Hagerman, F. C., Murray, T. F., Ragg, K. E., Ratamess, N. A., Kraemer, W. J., y Staron R. S. (2002). Muscular adaptations in response to three different resistance – training regimens: specificity of repetition maximum training zones. *European Journal of Applied Physiology*, 88(1-2), 50–60.
- Cronin, J. B., McNair, P. J., y Marshall, R. N. (2001). Velocity specificity, combination training and sport specific tasks. *The Journal of Science & Medicine in Sport*, 4(2), 168–178.
- Cronin, J. B., y Henderson, M. E. (2004). Maximal strength and power assessment in novice weight trainers. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 18(1), 48–52.
- Faigenbaum, A. D., McFarland, J. E., Herman, R. E., Naclerio, F., Ratamess, N. A., Kang, J., y Myer, G. D. (2012). Reliability of the One-Repetition-Maximum Power Clean Test in Adolescent Athletes. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 26(2), 432–437.
- 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.
- Hopkins, W. G. (2000). Measures of reliability in sports medicine and science. *Sports medicine*, 30(1), 1–15.
- Jennings, C. L., Viljoen, W., Durandt, J., y Lambert, M. I. (2005). The reliability of the FitroDyne as a measure of muscle power. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 19(4), 859–863.



Stock, M. S., Beck, T. W., DeFreitas, J. M., y Dillon, M. A. (2011). Test–Retest Reliability of Barbell Velocity During the Free-Weight Bench-Press Exercise. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 25(1), 171–177.

Tagesson, S. K. B., y Kvist, J. (2007). Intra and interrater reliability of the establishment of one repetition maximum on squat and seated knee extension. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 21(3), 801–807.

Weir, J. P. (2005). Quantifying Test-Retest Reliability Using THE Intraclass Correlation Coefficient. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 19(1), 231–240.

Weiss, L. W., Fry, A. C., Gossick, E. L., Webber, J. M., & Barrow, E. H. (1998). Reliability of bench press velocity-spectrum testing. *Measurement in Physical Education & Exercise Science*, 2(4), 243–252.

Parte II.

MARCO METODOLÓGICO. INTERVENCIONES

Capítulo V. Metodología

- Propósito del estudio. Objetivos.
- Introducción y aclaración del capítulo V.
- Intervención I. Fiabilidad test-retest de la fuerza, potencia y velocidad en press de banca.
- **Intervención II. Metodología general.**

La segunda de las intervenciones realizadas para esta tesis tiene como objetivo comparar a nivel descriptivo e inferencia el comportamiento de las variables estudiadas según el método realizado, peso constante vs. RVIR.

5.II.1 Sujetos

La muestra de la que se compone el estudio es de 15 sujetos varones, todos ellos estudiantes de la Facultad de Ciencias del Deporte de la Universidad de Granada. Los características de los sujetos aparecen reflejados en la tabla 5.2.1 (Edad $22 \pm 0,44$ años; Talla $179,13 \pm 1,75$ cm; Peso $75,85 \pm 1,51$ Kg; IMC $23,64 \pm 0,34$; Porcentaje grasa $9,05 \pm 0,39\%$; Porcentaje muscular $50,10 \pm 0,40\%$). Como se aprecia en la figura 5.2.1 la muestra es homogénea ya que son deportistas habituales y familiarizados con la ejecución de un press de banca

Todos los participantes en el estudio firmaron un consentimiento informado mediante el cual se les comunicó sobre los riesgos y beneficios de la investigación. Este estudio fue aprobado por el comité de ética de la Universidad de Granada.

Tabla 5.2.1. Descripción de la muestra expresada como media y desviación

N	Edad (años)	Talla (cm)	Peso (Kg)	IMC	Porcentaje grasa	Porcentaje muscular
15	$22 \pm 0,44$	$179,13 \pm 1,75$	$75,85 \pm 1,51$	$23,64 \pm 0,34$	$9,05 \pm 0,39\%$	$50,10 \pm 0,40\%$

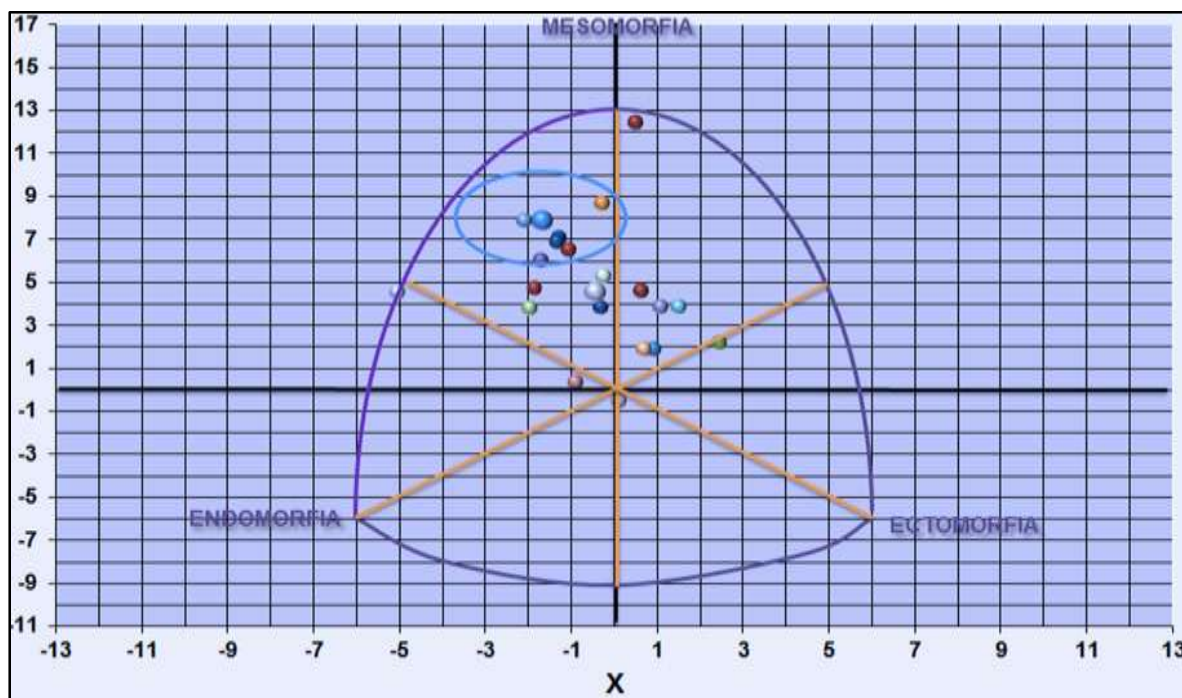


Figura 5.2.1. Distribución de la muestra evaluada sobre la somatocarta.



5.II.2 Diseño

El diseño utilizado es un diseño de investigación descriptiva e inferencial, es un diseño intra-sujeto en dos situaciones con medidas repetidas

En relación a la muestra utilizada, se optó por evaluar a una misma muestra (intra-sujeto) en dos situaciones diferentes y en días independientes. Aleatoriamente siete sujetos fueron evaluados con un método (RVIR) y ocho con el otro método (Constante), para a la semana siguiente volver a medir pero en orden inverso. Esta distribución fue aleatorizada.

5.II.2.1 Variables independientes

Las variables independientes (tabla 5.2.2) en esta segunda intervención responden a dos tipos de metodologías diferentes para la realización de un press de banca:

- *Press de banca tradicional. Resistencia constante.*

El press de banca tradicional, es aquel press de banca que en la realización del gesto se produce con una carga externa constante durante todo el rango de movimiento (ROM). Se empieza el ROM y se acaba con el mismo peso externo. Este método ha sido analizado al 20%, 40%, 60%, 80% y 100% de la 1RM.

- *Press de banca con métodos de Resistencia Variable Intra Repetición.*

El press de banca con RVIR supone la ejecución del gesto del press de banca cuando la carga externa aumenta a lo largo de la fase concéntrica del ROM y disminuye durante la fase excéntrica. Es decir, no se da en ningún momento del rango de movimiento en la misma fase, que la carga sea similar. En este caso el aumento de la carga durante la ejecución del press de banca ha sido provocado por cadenas de acero. En el caso del método de RVIR se han medido sólo cuatro intensidades de la 1RM (40% 60%, 80% Y 100%). Esto es debido a que el 20% es una carga demasiado pequeña para poder provocar RVIR con precisión.

Por tanto el total de variables independientes que han sido analizadas en esta investigación son las siguientes:

Tabla 5.2.2. Descripción de las variables independientes analizadas

Press de banca tradicional – constante (PRC)	Press de banca con RVIR
PRC al 20%	
PRC al 40%	RVIR al 40%
PRC al 60%	RVIR al 60%
PRC al 80%	RVIR al 80%
PRC al 100%	RVIR al 100%

5.II.2.2 Variables dependientes

Las variables dependiente analizadas para la segunda intervención están divididas en diferentes subgrupos para su mejor comprensión. En esta subdivisión se ha pretendido analizar aquellas variables que tienen trascendencia en la programación de entrenamientos deportivos. Por lo que el análisis independiente y separado de cada una de ella, nos aporta una visión más específica de los resultados, sin dejar de tener una visión global del gesto del press de banca.

Variables de Fuerza

Las variables de fuerza analizadas fueron:

- Fuerza pico máxima (Fmáx).
- Fuerza media (Fmed).
- Rate force developed (RFD).

Variables cinéticas

Las variables relativas a la cinética que se han analizado son:

- Velocidad media (Vmed).
- Velocidad media propulsiva (VMP).
- Velocidad máxima (Vmáx).
- Aceleración máxima (Amáx).

Variables de Potencia

Se analizaron como variables de potencia:



- Potencia media (Pmed).
- Potencia máxima pico (Pmáx).

Variables temporales

En este caso solo se analizó el tiempo transcurrido hasta alcanzar la velocidad máxima, la potencia máxima, la fuerza máxima y la RFD máxima.

Variables perceptivas

Se evaluó la percepción subjetiva del esfuerzo a través de la RPE.

5.II.2.3 Control sobre las variables extrañas

El control sobre las variables extrañas ha tenido un papel importante dentro de la planificación de esta investigación.

- Se informó a los participantes de que el proceso de investigación no supondría un cambio en su preparación o rutina. Se les obligó a firmar un documento donde aseguraban que mantendrían sus costumbres de horarios y comidas y se les evaluó dentro de los horarios en los que normalmente estaban acostumbrados a entrenar la fuerza. Se hizo especial hincapié en el control de las cargas previas a las evaluaciones para, de este modo, asegurarnos que no se producían acumulación de fatiga entre las propias mediciones.
- En el caso de provocar resistencia variable era vital tener un control exhaustivo sobre cómo se producía la misma a lo largo del ROM. Para ello se midió el ROM de todos los sujetos evaluados y se dividió el incremento de carga de forma proporcional en cinco partes iguales dentro del rango de movimiento individual de cada uno.
- Para precisar al máximo el proceso del incremento de la carga durante el ROM se midió la proporción de peso que le correspondía a cada eslabón de la cadena. Al mismo tiempo para facilitar que el aumento fuera ajustado e individual se anexaron a las cadenas diferentes peso de 0,20 kg., 0,50 kg, y 1 kg.

5.II.3 Material e instrumental

Se utilizó una maquina Smith (Gervasport, Madrid, España). Tanto la barra como los discos utilizados fueron pesados para establecer la mayor precisión en la carga externa. Respetando la individualización y estandarización del agarre a la barra, esta fue milimetrada. Para ello se anexó una cinta métrica a la barra de forma que no era molesta ni perjudicaba a la ejecución técnica del gesto.



Figura 5.2.2 Imagen del pórtico para la realización de un press de banca tradicional sin cadenas.

En la evaluación de las variables cinéticas (Velocidad media, velocidad media propulsiva, velocidad máxima y aceleración máxima), variables temporales (Duración fase de subida, duración fase propulsiva y tiempo hasta velocidad media), variables de potencia (Potencia media y potencia máxima) y variables de fuerza (RFD) se utilizó un dispositivo de desplazamiento lineal (DDL) (T-Force System, Ergotech, Murcia, España). El sistema cuenta con una frecuencia de muestreo de 1.00 Hz. La información es transmitida a través de un cable que se engancha a la barra y la información del desplazamiento queda registrada. El procesamiento y registro de los datos queda almacenada en un ordenador personal a través de una tarjeta de transmisión de datos.

En la evaluación de las variables de fuerza (Fuerza media y pico de fuerza máxima) se utilizó una plataforma de fuerza (FP): el sistema (KistlerGroup, Eulachstrasse, Switzerland) un dispositivo que permite registra las fuerzas ejercidas contra la plataforma. Para la correcta transmisión de los datos se creó una estructura sólida bajo el banco donde se

ejecutaba el PBT y debajo de esta estructura se ubicaba la FP. De este modo la transmisión de los datos era precisa. Se midió el peso en conjunto del sistema creado (Peso del sujeto, de las carga levantada, del banco y de base sólida) antes de cada serie, evitando la transmisión incorrecta de datos. La FP cuenta con un software para el procesamiento y la gestión de los datos MARS (KistlerGroup, Eulachstrasse, Switzerland).



Figura 5.2.3 Imagen del conjunto de elementos utilizados para transferir la aplicación de fuerzas a la plataforma de fuerza situada en el suelo.

Para la evaluación la percepción del esfuerzo (RPE) ejercida durante la realización de cada una de las cinco intensidades, fue utilizada la escala OMNI-RES. Los sujetos señalaban con el dedo un número de la escala de percepción justo después de que terminara la realización de la serie, siguiendo el procedimiento de Robertson y col. (2003).

En el caso de la resistencia variable, fue provocada a través del uso de cadenas de acero de 15 mm, se midieron (tres metros) y pesaron para tener un control absoluto sobre la carga que se aplica en cada parte del ROM. Con el objetivo de hacer la progresión de la RV lo más estandarizada posible, se anexó a esta cadena pesas de 1,25 kg, 2,5 kg o 5 kg. De esta forma se pudo hacer una progresión de la RV similar para cada sujeto.

5.II.4 Procedimiento

El modelo experimental de la segunda intervención consta de tres etapas: (1) Informativa. (2) Familiarización. (3) Evaluación.

Etapa informativa: Compuesta por una sesión informativa donde se explicó el procedimiento a realizar mostrando los beneficios y riesgos por participar en el estudio. Aquellos sujetos que estuvieran de acuerdo con la información recibida y dieran positivo en los criterios de inclusión para el estudio, firmaron un consentimiento informado. En esta misma etapa y sesión se utilizó para la toma y registro de los datos antropométricos para aquellos que aceptaron participar en el estudio.

Análisis biomédico y antropométrico

Se procedió al registro los datos biomédicos y antropométricos de la muestra participante en el estudio. Para esta fase se requirió la ayuda del Departamento de Fisiología Deportiva de la Universidad de Granada y de técnicos especialistas en el registro y toma de datos biomédicos y fisiológicos. Durante todo el proceso los participantes acudieron al Laboratorio ubicado en la Facultad del Deporte (Universidad de Granada). Para el análisis biométrico se tomaron las medidas de los pliegues cutáneos (bíceps, tríceps, pectoral), circunferencias (pecho, brazo relajado, brazo contraído, muñeca), diámetros (biacromial, bicondilo del húmero, biestiloideo) y porcentaje grasa y muscular, según el protocolo expuesto por la Sociedad Internacional del Desarrollo Antropométrico (ISAK, 2006).



Etapa de familiarización: esta fase está programada en dos sesiones. La primera centrada en la medición y estandarización del agarre a la barra que utilizarían durante todo el estudio. A su vez esta sesión se utilizó para comprobar la correcta técnica de los sujetos en el PBT. La segunda sesión fue una semana más tarde, en la que los sujetos



participantes en el estudio realizaron un protocolo incremental de cargas hasta llegar a la 1RM.

Estandarización del agarre

Destacar que se cuidó minuciosamente antes de cada ejecución la postura y el agarre utilizada por cada sujeto. El agarre puede ser un factor contaminante, ya que un determinado agarre altera el patrón de activación de determinados músculos principales como el pectoral mayor y el deltoides anterior (Giorgio et al, 2009).

Para la estandarización del agarre se tomó como referencia una angulación de 90° entre el brazo y el antebrazo, cuando codos y hombros se encontraban en línea horizontal con el sujeto en posición de cúbito supino. A su vez la proyección de la barra sobre el pecho fue estandarizada a 5 cm de la escotadura yugular.

Se midió, anotó y estandarizo anotó el agarre para cada sujeto. La medición se realizó a través de una cinta métrica fija en la barra. Se estableció el protocolo previo a cada repetición de certificar que el agarre era correcto para cada sujeto.

Protocolo Incremental de Cargas

Los sujetos de la investigación realizaron un test incremental para estimar aproximadamente cuál es el peso máximo a levantar en una sola repetición para cada sujeto. Para el protocolo incremental en press de banca en pórtico, se siguió la técnica descrita por Escamilla, Lander, & Garhammer (2000). El ejercicio de press de banca se realizó tumbado sobre un banco y utilizando un pórtico (Máquina Smith). Los discos utilizados fueron previamente pesados para garantizar la mayor exactitud en los datos obtenidos. A los sujetos se les indicó que realizaran la fase concéntrica con la mayor velocidad posible y se controlaba el descenso durante la fase excéntrica, descendiendo la barra hasta rozar el pecho, a 2 cm de las apófisis xifoides. Con el fin de evitar los efectos del ciclo estiramiento-acortamiento en el momento de invertir la dirección del movimiento, no se realizaba la segunda repetición hasta pasados 3 segundos. Tras una señal acústica el sujeto desplazaba la barra a la máxima velocidad. Previo al test, los sujetos realizaron un calentamiento compuesto por varias fases. La primera de activación general con una carrera de 7-10 minutos, movilidad articular general y específica al press de banca, estiramiento dinámicos y un calentamiento específico al gesto. Todos los sujetos empezaron el test con 20 kg. La carga iba siendo incrementada si el sujeto la superaba. Los incrementos establecidos fueron de 20 kg si la velocidad en la carga

vencida seguía siendo mayor a 0,5 m/s, 10 kg si la carga era deslaza entre 0,5 m/s y 0,3 m/s y de 5 kg si la última carga superada era desplazada a menos de 0,3 m/s. Por tanto, a medida que la velocidad en la ejecución del gesto disminuía, el incremento de la carga se volvía menor. La carga se incrementó hasta el fallo, estableciendo la última carga superada por el sujeto como su repetición máxima (1RM) Al mismo tiempo para evitar los efectos de la fatiga, se dejaron descansos entre cada una de las series realizadas. Estos descansos comprendían desde periodos de 3 minutos, para velocidades de la barra superiores a 0,5 m/s, y descansos de 5 minutos para velocidades inferiores a 0,5 m/s.

Resistencia Variable

Se siguieron las recomendaciones de (Simmons, 1999; Wallace et al. 2006; Anderson et al., 2008) los cuales sugieren que la distribución de porcentajes que mejores resultados han obtenido en la literatura para el aumento de los niveles de fuerza sería de un 80% de la resistencia final constante y el 20% restante variable. Es importante aclarar que para provocar la RV se eligió el uso de cadenas por encima de bandas elásticas, debido a que las cadenas producen un aumento lineal de la RV dentro de la fase concéntrica, ya que la proporción en el aumento de la carga siempre será el mismo y más controlable. Sin embargo si la RV es provocada por bandas elásticas, el aumento de la resistencia no será lineal, sino que sugerirá un aumento aproximadamente curvilíneo, debido a que la resistencia externa es provocada por la tensión elástica. Por tanto a mayor longitud, mayor tensión y mayor resistencia. Al mismo tiempo, las propiedades elásticas de las bandas tienden a deteriorarse con el uso, por lo que el control y estandarización del método sería significativamente menos preciso.

Para cada sujeto y para cada intensidad medida se constató previamente que la carga en máxima extensión correspondía al porcentaje de la 1RM atribuido para cada caso. Al mismo tiempo para provocar un aumento progresivo dentro de la misma fase concéntrica, se dividieron en 5 partes el ROM y en cada una de estas partes se estableció el mismo aumento de la carga. De esta forma podíamos garantizar un aumento lineal y progresivo de la resistencia.



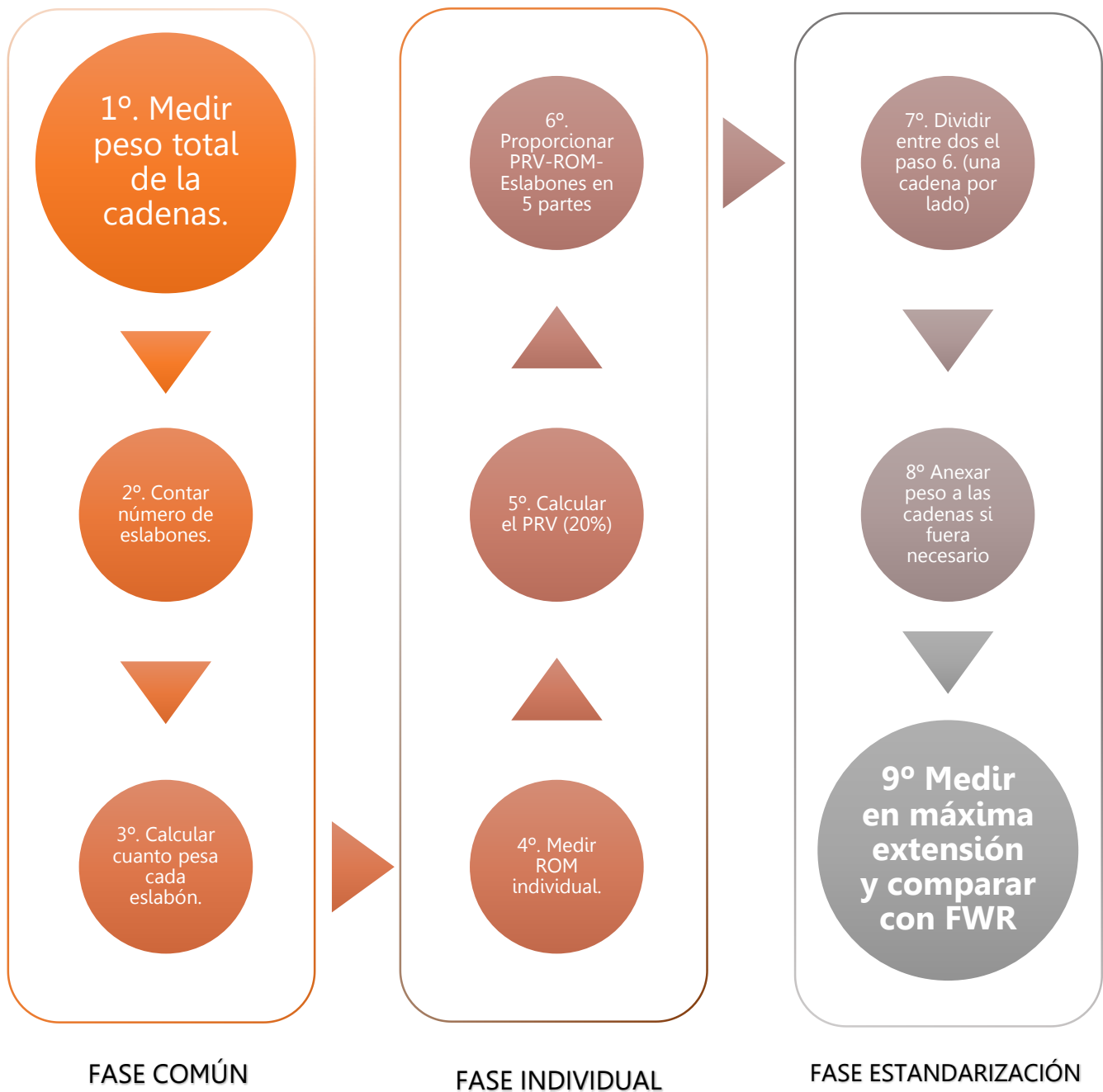


Figura 5.2.4 Resumen de los pasos y fases para crear una RVIR estable y proporcional en cinco partes



Etapa de evaluación.

La fase experimental del estudio fue llevada a cabo en el laboratorio de Control del Rendimiento de la Facultad de Ciencias del Deporte de la Universidad de Granada. En esta fase se tomaron como referencia diferentes porcentajes de la 1RM a través de los datos obtenidos en la etapa anterior.

De forma aleatorizada se dividió a la muestra (n=15) en dos grupos. El grupo A (n=7) el primer día realizó el método RVIR y el segundo día el método PRC. El grupo B (n=8) fue evaluado de forma inversa.

En el día que se midió el método tradicional con resistencia constante (PRC) se establecieron una carga y unas repeticiones para cada sujeto. Intensidad 1 (Int1)= 40% de la 1RM, 4 Repeticiones. Intensidad 2 (Int2)=60% de la 1RM, 4 repeticiones. Intensidad 3 (Int3)=80% de la 1RM, 2 repeticiones. Intensidad 4 (Int4)=100% de la 1RM. Entre intensidades se produjo un descanso completo, aproximadamente de 3 minutos para las tres primeras intensidades. En el caso de la Int4 y la Int5 el descanso fue de al menos cinco minutos. Según las investigaciones realizadas por García-Ramos et al. (2015), la disminución de la velocidad máxima se produce de forma significativa a partir de la séptima repetición al 30% y al 40% de la 1RM. En el caso del 50% de 1RM la velocidad máxima comienza a disminuir a partir de la de la quinta repetición. De este modo nunca realizaremos más de cinco repeticiones a la hora de evaluar cualquiera de las intensidades.

Cuando se evaluó el método de RVIR, se utilizó una distribución del protocolo incremental donde la similitud entre los porcentajes de referencia entre los métodos se produce en la máxima extensión. Se decidió no evaluar el 20% dado que no disponíamos de medios capaces de producir esa diferencia de carga tan pequeña para provocar la RV. Por tanto las intensidades evaluadas en este caso fueron las siguientes. Intensidad 1 (Int1)= 40% de la 1RM, 4 Repeticiones. Intensidad 2 (Int2)=60% de la 1RM, 4 repeticiones. Intensidad 3 (Int3)=80% de la 1RM, 3 repeticiones. Intensidad 4 (Int4)=100% de la 2RM. La gran diferencia entre métodos es que el trabajo con RVIR nos permitió el realizar una repetición adicional para las intensidades más altas, ya que la carga tan solo sería similar entre métodos en la última quinta parte del ROM.

En el inicio de todas las evaluaciones para todos los sujetos se estableció que realizaran un calentamiento completo, similar al realizado en los test previos. Se aseguró antes de comenzar que los sujetos habían obtenido los aportes nutricionales necesarios y recomendados.



Dentro de la ejecución para cada intensidad se estandarizó el ritmo en cada una de las repeticiones. Para ello los sujetos descendían la barra hasta el pecho, aproximadamente a 2 centímetros de la apófisis xifoides, esperaban en esa posición cerca dos segundos, evitando de esta forma el aprovechar cualquier tipo de energía elástica, y tras una señal acústica elevaban la carga a la máxima velocidad posible.

Tabla 5.2.3 Distribución metodológica en fases y sesiones

Fase	Fase de familiarización		Evaluación	
informativa				
Sesión 1	Sesión 2	Sesión 3	Sesión 4	Sesión 5
Sesión informativa.	Medición y estandarización del agarre.	Protocolo incremental	Medición de las cinco intensidades de la 1RM.	Medición de las cinco intensidades de la 1RM.
Valoración antropométrica	Evaluación de la técnica.		Grupo A- RVIR (7)	Grupo A (7) - PRC
			Grupo B- PRC (8)	Grupo (8)- RVIR
	Semana 1		Semana 2	Semana 3

5.II.5 Análisis estadístico de los resultados

En la presente investigación se ha aplicado un análisis estadístico descriptivo de la muestra y de las variables dependientes. Se obtuvieron los valores de la media y también valores dispersión como la desviación típica. Los valores máximos y mínimos también fueron evaluados para observar algún fallo en la exportación de los datos. Los análisis fueron realizados usando un software de análisis estadístico (SPSS v20, SPSS Inc., Chicago Illinois, EE.UU).

También se aplicaron pruebas de estadística inferencial, pero debido al tamaño de la muestra (n=15) y a que la comparación entre métodos corresponde a un diseño intrasujeto parece oportuno atribuir la normalidad a través de medidas no paramétricas. Los resultados fueron analizados a través de dos pruebas. La primera prueba estadística no paramétrica fue la de los rangos con signo de Wilcoxon. Esta primera prueba da fuerza estadística al estudio a nivel cuantitativo a través una búsqueda de la normalidad

en la propia muestra y no a través de una distribución normal con campana de Gauss. La segunda de las pruebas consistió en un estadístico de contraste de la prueba de los signos donde a través de una distribución binomial intentar confirmar a nivel cualitativo las posibles diferencias significativas detectadas en la primera prueba. Todos los análisis fueron realizados usando el software de análisis estadísticos (SPSS v.20, SPSS Inc., Chicago, Illinois, USA). Las diferencias significativas se establecieron al nivel de $p \leq 0.05$, teniendo en cuenta que para dar validez a la significación las diferencias deben ser $p \leq 0.05$ en las dos pruebas realizadas.





PARTE III.

Análisis de los resultados

Parte III.

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS. Descriptivo e inferencial

Capítulo VI. Resultados

- **Análisis descriptivo de un press de banca con dos métodos de trabajo de la fuerza: Resistencia constante y resistencia variable intra repetición.**
- Estadística inferencial entre dos métodos de trabajo de la fuerza y la potencia. Resistencia Variables Intra Repetición vs. Constante.

6.1 Variables de fuerza para ambos métodos: Resistencia constante y RVIR.

6.1.1 FUERZA MEDIA

Análisis descriptivo de la fuerza media en un press de banca. Métodos de resistencia constante

Los resultados para la fuerza media están expresados en Newton (N). Se plasma en la tabla 6.1.1 los valores medios y su desviación para cada uno de los porcentajes de 1RM analizados. En la Figura 6.1.1 se muestra de forma visual el comportamiento de la fuerza media a medida que aumenta la carga externa en un press de banca con métodos tradicionales constantes.

Tabla 6.1.1 Análisis descriptivo, media (desviación) de la fuerza media (Newton) para un press de banca en cinco porcentajes de la 1 RM con resistencia constante. Ganancia aproximada de fuerza y porcentajes de aumento de la fuerza media entre intervalos.

Variables de Fuerza (n=15)	20%	40%	60%	80%	100%
Fuerza media (N)	323 (57)	451 (91)	564 (107)	659 (130)	766 (144)
		del 20 al 40%	del 40 al 60%	del 60 al 80%	del 80 al 100%
Ganancia de FM aproximada (N)	323	+128	+113	+95	+107
Porcentaje de ganancia (%)		+40,53	+25,63	+17,23	+16,61

Se observa en la Figura 6.1.1 cómo el aumento medio de los N es ligeramente proporcional y lineal, estableciendo de media cada incremento del 20% de la 1RM unos 110 N aproximadamente. Al mismo tiempo es cotejada en la tabla 6.1.1 como en el paso entre del 20 al 40% sucede el punto de mayor diferencia en la producción de fuerza con 128 N (un 40,53% mayor). En el resto de aumento de porcentajes la diferencia no es tan notable ya que, a medida que aumentan los N, la proporción del porcentaje es menor. El descenso que se producen en las diferencias a medida que aumentar el porcentaje no parece seguir ningún patrón, ya que entre el 60 y el 80% se produce menos diferencia que entre el 80 y el 100% de la 1RM.

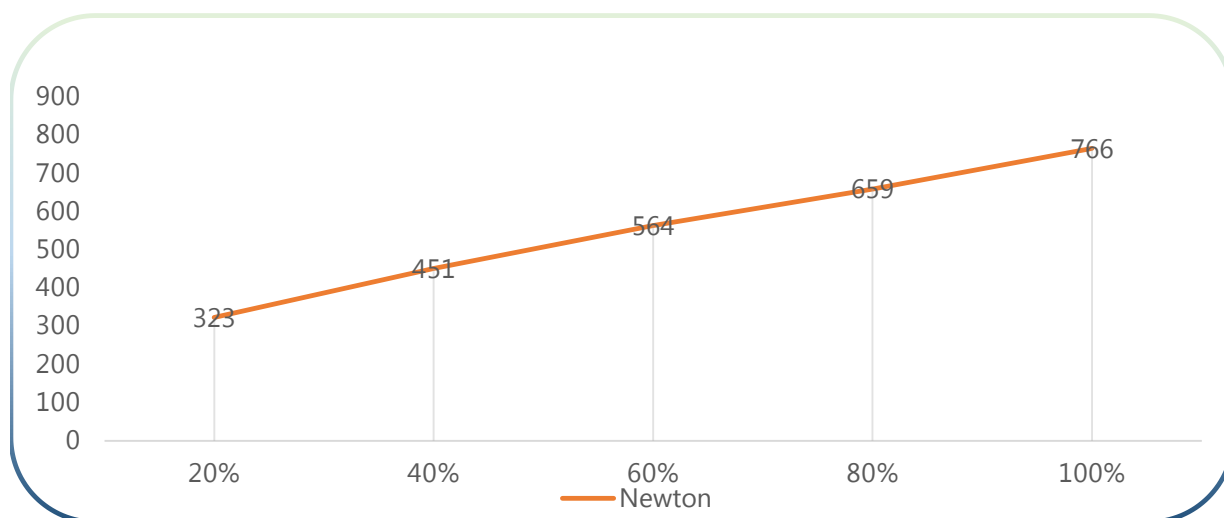


Figura 6.1.1. Distribución de la fuerza media (Newton) a lo largo de cinco porcentajes de la 1 RM en un press de banca con resistencia constante.

Análisis descriptivo de la *fuerza media* en un press de banca. Métodos de RVIR

En la tabla 6.1.2 son presentados los valores medios y su desviación para cada uno de los porcentajes de 1RM analizados para un press de banca con RVIR. En esta Figura 6.1.2 se muestra de forma visual el comportamiento de la fuerza media a medida que aumenta la carga externa en un press de banca con métodos de RVIR para los cuatro porcentajes evaluados.

Tabla 6.1.2. Análisis descriptivo, media (desviación) de la fuerza media (Newton) para un press de banca en cuatro porcentajes de la 1 RM con RVIR. Ganancia aproximada de fuerza y porcentajes de aumento de la fuerza media entre intervalos.

Variables de Fuerza (n=15)	40%	60%	80%	100%
Fuerza media (N)	294,58 (67)	465,93 (104)	613,07 (138)	751,93 (185)
	del 20 al 40%	del 40 al 60%	del 60 al 80%	del 80 al 100%
Ganancia de FM aproximada (N)	294N	+169 N	+157N	+138 N
Porcentaje de ganancia (%)		51,75	28,10	20,15

En la tabla 6.1.2 se observa cómo en el paso del 40 al 60% sucede el punto de mayor diferencia en la producción de fuerza con 169 N (un 51,575 mayor). En el resto de aumento de porcentajes la diferencia no es tan notable ya que a medida que aumentan los N la proporción del porcentaje es menor, aunque siempre por encima del 20%. Al mismo tiempo en la Figura 6.1.2 aparece la distribución de la fuerza media a lo largo de los cuatro porcentajes evaluados, esta distribución proporcional y lineal, estableciendo cada incremento del 20% de la 1RM unos 189 N de media aproximadamente.

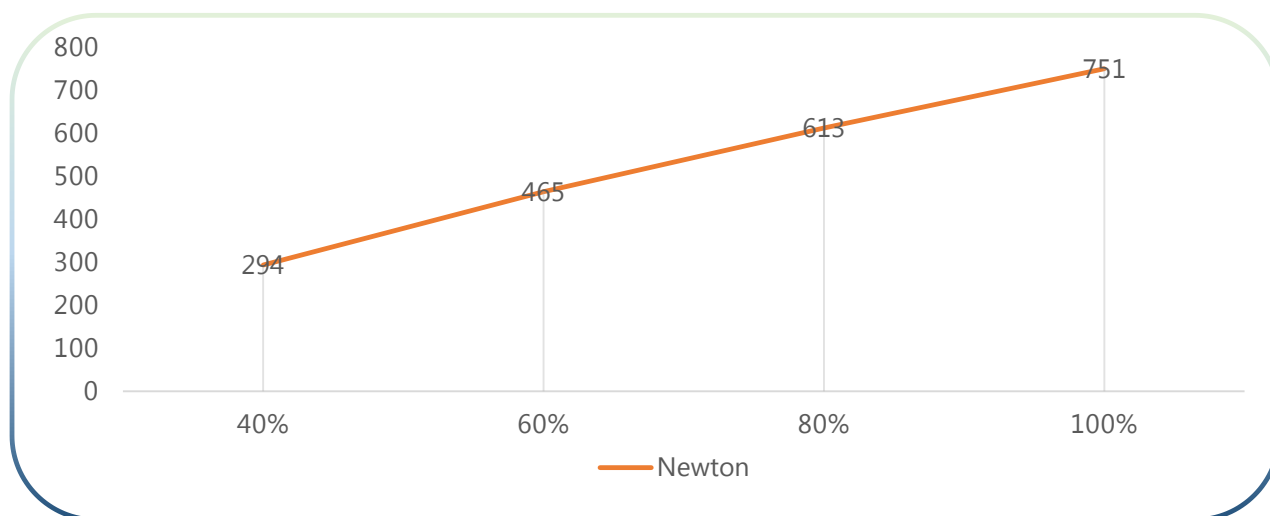


Figura 6.1.2. Distribución de la fuerza media (Newton) a lo largo de cinco porcentajes de la 1 RM en un press de banca con RVIR.

6.1.2 FUERZA MÁXIMA

Análisis descriptivo de la *fuerza máxima* en un press de banca. Métodos de resistencia constante

Los resultados para la fuerza máxima son expresados en Newton (N). Se plasma en la tabla 6.1.3 los valores medios y su desviación para cada uno de los porcentajes de 1RM analizados. En la Figura 6.1.3 se ha mostrado de forma visual el comportamiento de la fuerza máxima a medida que aumenta la carga externa en un press de banca con métodos tradicionales constantes

Tabla 6.1.3. Análisis descriptivo, media (desviación) de la fuerza máxima (Newton) para un press de banca en cinco porcentajes de la 1 RM con resistencia constante. Ganancia aproximada de fuerza máxima y porcentajes de aumento entre intervalos.

Variables de Fuerza (n=15)	20%	40%	60%	80%	100%
Fuerza máxima (N)	433 (86)	577 (122)	708 (157)	825 (188)	880 (169)
		del 20 al 40%	del 40 al 60%	del 60 al 80%	del 80 al 100%
Ganancia de FMáx. aproximada (N)	433 N	+144N	+131N	+117N	+55N
Porcentaje de ganancia (%)		42,18%	28,52%	20,88%	8,42%

En la Figura 6.1.3 se observa cómo el aumento medio de N es ligeramente lineal salvo en la última fase, del 80 al 100%, donde la producción de fuerza máxima sufre un incremento menos pronunciado (8,42%). El aumento medio que se produce a medida que se incrementa la carga externa es de aproximadamente 111,75 N. Se ha observado en la tabla 6.1.3 cómo en el paso del 20 al 40% es el punto de mayor diferencia en la producción de fuerza máxima con 144 N (un 42,18% mayor).

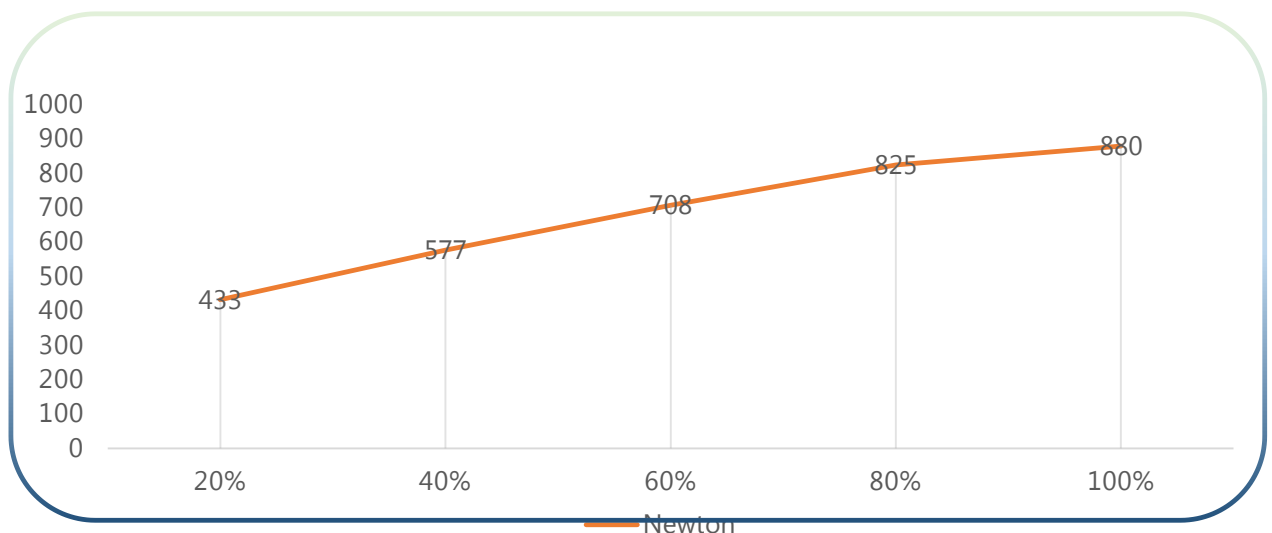


Figura 6.1.3. Distribución de la fuerza máxima (Newton) a lo largo de cinco porcentajes de la 1 RM en un press de banca con resistencia constante.



Análisis descriptivo de la fuerza máxima en un press de banca. Métodos de RVIR

En la tabla 6.1.4 han sido presentados los valores medios y su desviación para cada uno de los porcentajes de 1RM analizados para a fuerza máxima en un press de banca con RVIR. En la Figura 6.1.4 aparece la distribución de las fuerzas a lo largo de las cuatro intensidades analizadas.

Tabla 6.1.4. Análisis descriptivo, media (desviación) de la fuerza máxima (Newton) para un press de banca en cuatro porcentajes de la 1 RM con RVIR. Ganancia aproximada de fuerza máxima y porcentajes de aumento entre intervalos.

Variables de Fuerza (n=15)	40%	60%	80%	100%
Fuerza máxima (N)	658 (152)	762 (158)	893, (206)	996 (202)
	del 20 al 40%	del 40 al 60%	del 60 al 80%	del 80 al 100%
Ganancia de FMáx aproximada (N)	658N	+104 N	+131N	+103N
Porcentaje de ganancia (%)		+35,47	+38,61	+25,92

La tabla 6.1.4 se muestra como en el paso entre del 60 al 80% es el momento donde se establece una mayor diferencia en la producción de fuerza máxima, 131 N, lo que supone un 36,81% más. El incremento de N medio entre las diferentes intensidades de trabajo es de aproximadamente 112 N. En la Figura 6.1.4 se observa como el aumento lineal de la fuerza máxima no es puramente lineal ya que este se pronuncia en el paso del 60 al 80% de 1RM.

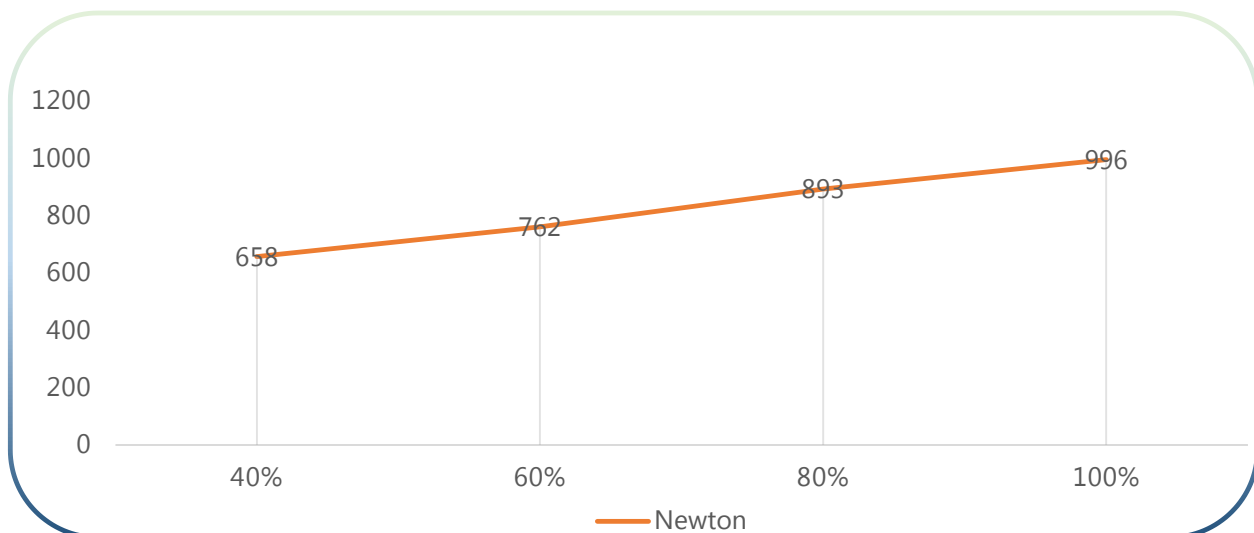


Figura 6.1.4. Distribución de la fuerza máxima (Newton) a lo largo de cinco porcentajes de la 1 RM en un press de banca con RVIR.

6.1.3 RFD

Análisis descriptivo del RFD en un press de banca. Métodos de resistencia constante

Los resultados para el RFD han sido expresados en Newton por segundo (N/s). De este modo se presentan en la tabla 6.1.5 los resultados medios acompañados de su desviación para cada uno de los porcentajes de 1RM analizados. Al mismo tiempo en la Figura 6.1.5 aparece de forma visual el comportamiento del RFD a medida que aumenta la carga externa en un press de banca con métodos tradicionales constantes

Tabla 6.1.5. Análisis descriptivo, media (desviación) del RFD (N/s) para un press de banca en cinco porcentajes de la 1 RM con resistencia constante. Descenso aproximado de RFD y porcentaje de pérdida entre intervalos.

Variables de Fuerza (n=15)	20%	40%	60%	80%	100%
RFD (N/s)	3976 (1888)	3358 (1184)	2120 (1161)	1584 (1049)	735 (694)
	del 20 al 40%		del 40 al 60%	del 60 al 80%	del 80 al 100%
Perdida de RFD aproximada (N/s)	3976 N/s	- 618	- 1238	- 536	- 849
Porcentaje de descenso (%)		-11,84	-28,08	-19,26	-40,82

La distribución del RFD a lo largo de las cinco intensidades se representa en la Figura 6.1.5. En esta gráfica se observa como existen dos momentos de mayor descenso del RFD, el primero en el paso del 40 al 60% (1238 N/s) y al pasar del 80 al 100% (849 N/s). El descenso medio de RFD entre porcentajes es de 810 ± 314 (N/s). En la tabla 6.1.5 se plasma como el mayor porcentaje de pérdida entre intervalos se produce en el paso del 80 al 100%,

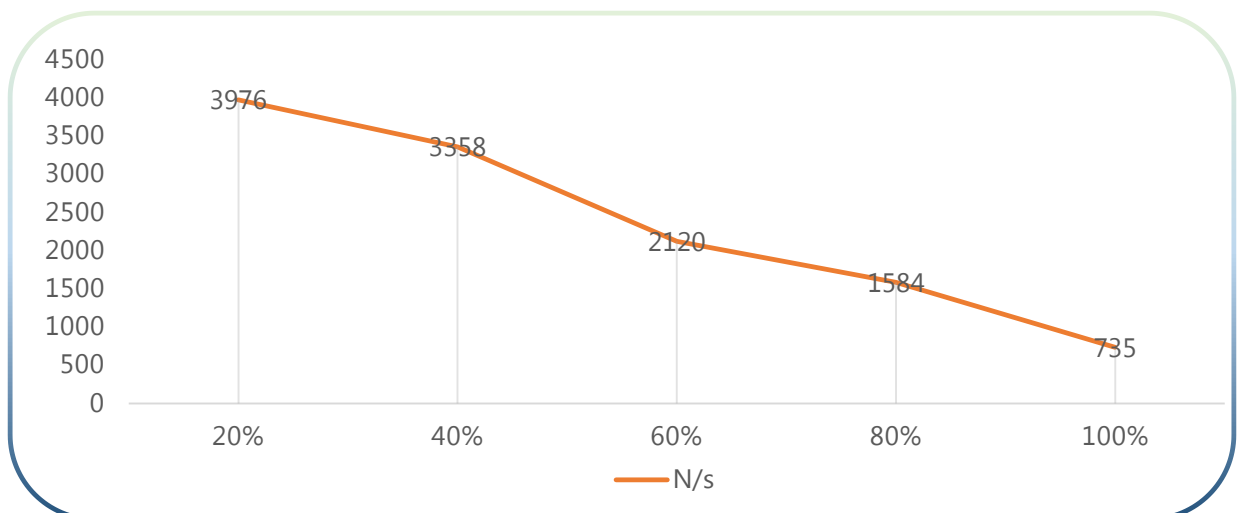


Figura 6.1.5. Distribución del RFD (N/s) a lo largo de cinco porcentajes de la 1 RM en un press de banca con resistencia constante.



Análisis descriptivo del RFD en un press de banca. Métodos de RVIR

Los datos relativos a la RFD de un press de banca con método RVIR aparecen en la tabla 6.1.6 Esta tabla contiene los valores medios y su desviación para las cuatro intensidades de 1RM estudiadas. En esta misma tabla aparece la cantidad y los porcentajes de pérdida de la RFD con el aumento de la carga. La distribución de la RFD a largo de estas cuatro intensidades está representada en la Figura 6.1.6.

Tabla 6.1.6 Análisis descriptivo, media (desviación) del RFD (N/s) para un press de banca en cuatro porcentajes de la 1 RM con RVIR. Descenso aproximado del RFD y porcentajes de pérdida de la fuerza media entre intervalos.

Variables de Fuerza (n=15)	40%	60%	80%	100%
RFD (N)	4606 (1104)	3610 (1221)	2798 (1336)	1528 (1073)
	del 20 al 40%	del 40 al 60%	del 60 al 80%	del 80 al 100%
Ganancia de RFD aproximada (N/s)	4606 N/s	-996 N/s	-812 N/s	-1270 N/s
Porcentaje de descenso (%)		-24,16	-25,11	-50,73

En la tabla 6.1.6 se observa cómo en el paso entre del 80 al 100% se sucede el punto de mayor diferencia en la producción de RFD con 1270 N/S menos (un 50,73 menor). El descenso medio del RFD entre intensidades del 20% es de 1026 (230,5) N/s, partiendo de un valor máximo en el 40% de 4606 N/s.

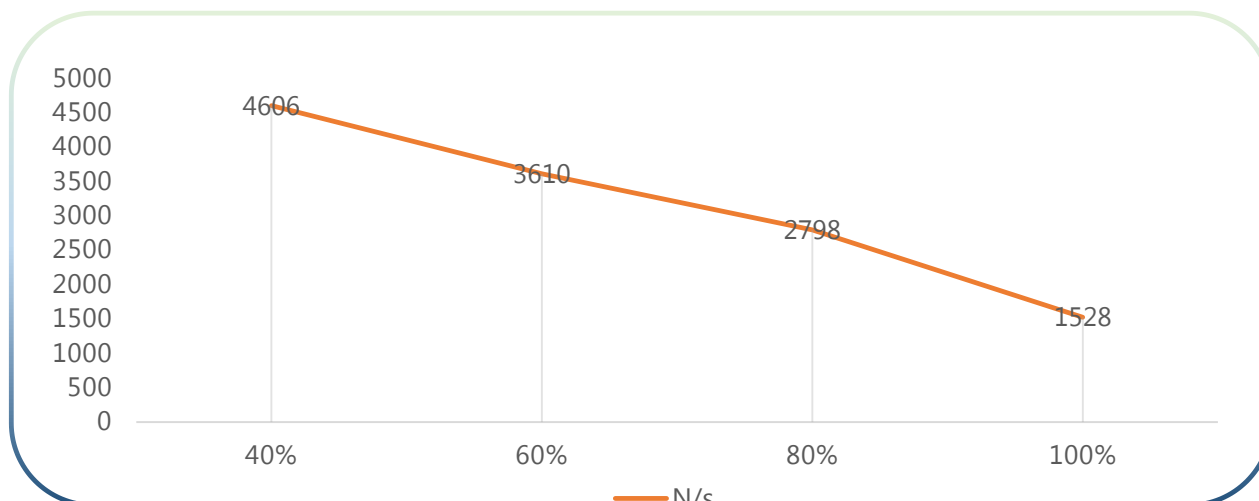


Figura 6.1.6. Distribución del RFD (N/s) a lo largo de cuatro porcentajes de la 1 RM en un press de banca con RVIR.

6.2 Variables cinéticas para ambos métodos: Resistencia constantes y RVIR.

6.2.1 VELOCIDAD MEDIA

Análisis descriptivo de la *velocidad media* en un press de banca. Métodos de resistencia constante

Los resultados para la velocidad media (V_{med}) vienen expresados en metros por segundos (m/s). En la tabla 6.1.7 aparecen los resultados de las medias y las desviaciones correspondientes a las cinco intensidades evaluadas. La representación del comportamiento de la velocidad media durante el aumento de la carga, es plasmada en la Figura 6.1.7.

Tabla 6.1.7 Análisis descriptivo, media (desviación) de la velocidad media (m/s) para un press de banca en cinco porcentajes de la 1 RM con resistencia constante. Descenso aproximado de velocidad media y porcentaje de pérdida entre intervalos.

Variabes cinéticas (n=15)	20%	40%	60%	80%	100%
Velocidad media (m/s)	1,414 (0.153)	1,031 (0,101)	0,735 (0,087)	0,468 (0,071)	0,203 (0,066)
		del 20 al 40%	del 40 al 60%	del 60 al 80%	del 80 al 100%
Perdida de V_{med} (ms)	1,414 m/s	- 0,383 m/s	-0,278 m/s	-0,267 m/s	-0,266m/s
Porcentaje de descenso (%)		-18,21	-19,30	-24,42	-38,07

El mayor descenso en proporción de la velocidad media se produce cuando la carga aumenta del 80 al 100% de 1RM, donde se produce un decremento del 39,07%. A nivel de pérdida de m/s, esta sucede del 20 al 40%, donde la velocidad media desciende 0,383m/s. El descenso medio entre intervalos del 20% de descenso de la velocidad media es de aproximadamente de 0,3 m/s. La distribución del comportamiento de la velocidad media a lo largo de las cinco intensidades que se han evaluado se representa en la Figura 6.1.7.

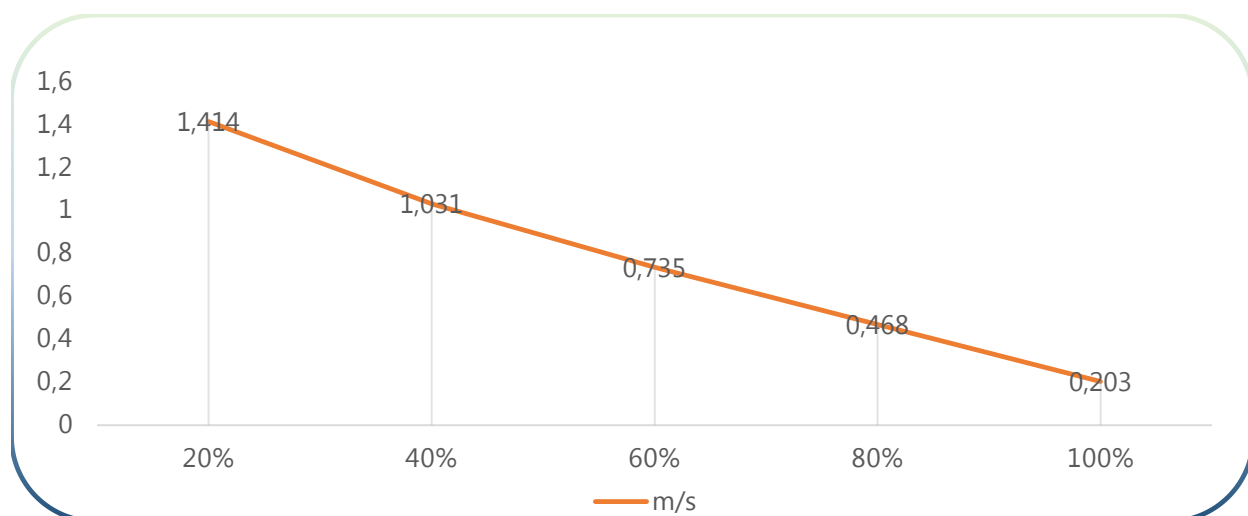


Figura 6.1.7. Distribución de la velocidad media (m/s) a lo largo de cinco porcentajes de la 1 RM en un press de banca con resistencia constante.

Análisis descriptivo de la *velocidad media* en un press de banca. Métodos de RVIR

Los resultados para la velocidad media (Vmed) vienen expresados en metros por segundos (m/s). El comportamiento de la velocidad media durante el aumento de la carga está plasmada en la Figura 6.1.8. En la tabla 6.1.8 aparecen los resultados de las medias y las desviaciones correspondientes a las cuatro intensidades evaluadas y la cantidad y el porcentaje relativo de descenso de la velocidad media cuando se produce el aumento de la carga externa.

Tabla 6.1.8 Análisis descriptivo, media (desviación) de la velocidad media (m/s) para un press de banca en cinco porcentajes de la 1 RM con RVIR. Descenso aproximado de velocidad media y porcentaje de pérdida entre intervalos.

Variables cinéticas (n=15)	40%	60%	80%	100%
Velocidad media (m/s)	1,07 (0,12)	0,83 (0,13)	0,57 (0,07)	0,36 (0,08)
	del 20 al 40%	del 40 al 60%	del 60 al 80%	del 80 al 100%
Pérdida de Vmed aproximada (m/s)	1,07 m/s	- 0,24 m/s	-0,26 m/s	- 0,2 m/s
Porcentaje de descenso (%)		-24,76	-34,58	-40,67

En la tabla 6.1.8 se observa cómo es en el paso del 80 al 100% el momento en el que se produce mayor descenso de la velocidad media en porcentajes proporcionales: un 40,67%. Por otro lado la cantidad aproximada de descenso de velocidad media por cada incremento del 20% es cercana a 0,23 m/s.

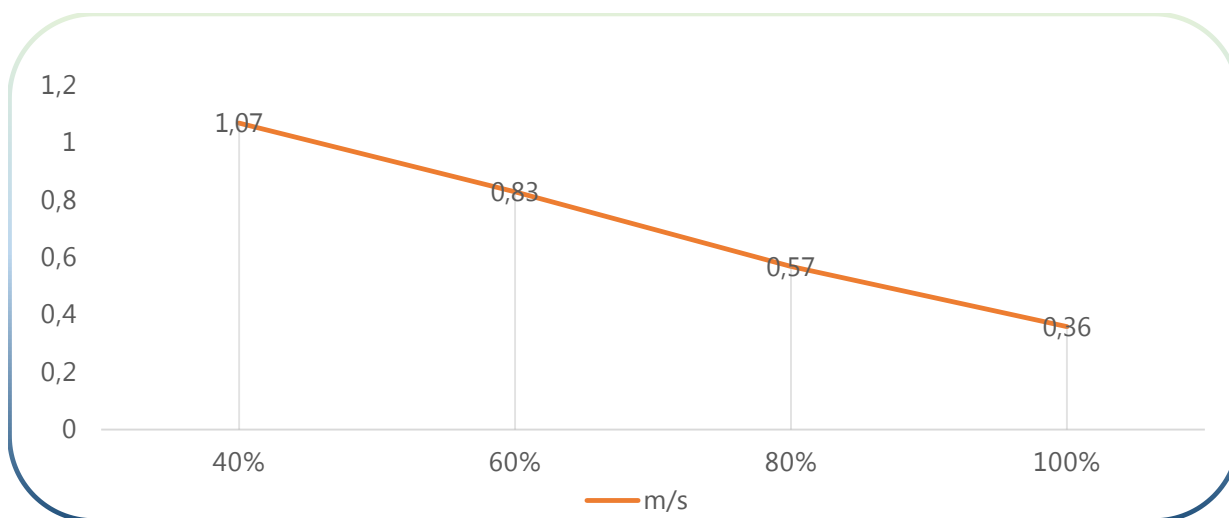


Figura 6.1.8. Distribución de la velocidad media (m/s) a lo largo de cinco porcentajes de la 1 RM en un press de banca con RVIR.

6.2.2 VELOCIDAD MEDIA PROPULSIVA

Análisis descriptivo de la *velocidad media propulsiva* en un press de banca. Métodos de resistencia constante

Los resultados para la velocidad media propulsiva (VMP) viene expresados en metros por segundos (m/s). En la tabla 6.1.9 aparecen los resultados de las medias y las desviaciones correspondientes a las cinco intensidades evaluadas. La representación del comportamiento de la velocidad media durante el aumento de la carga, es plasmada en la Figura 6.1.9.

Tabla 6.1.9 Análisis descriptivo, media (desviación) de la velocidad media propulsiva (m/s) para un press de banca en cinco porcentajes de la 1 RM con resistencia constante. Descenso aproximado de la velocidad media propulsiva y porcentaje de pérdida entre intervalos.

Variables cinéticas (n=15)	20%	40%	60%	80%	100%
VMP (m/s)	1,510 (0,199)	1,096 (0,118)	0,775 (0,101)	0,471 (0,074)	0,203 (0,066)
Perdida de VMP (ms)		del 20 al 40%	del 40 al 60%	del 60 al 80%	del 80 al 100%
	1,510 m/s	- 0,414 m/s	-0,284 m/s	-0,304 m/s	-0,268m/s
Porcentaje de descenso (%)		-17,94	-19,16	-25,67	-37,23

El mayor descenso en proporción de la VMP se produce cuando la carga aumenta del 80 al 100% de 1RM, donde existe un decremento del 37,23%. A nivel de pérdida de m/s, esta sucede del 20 al 40%, donde la VMP desciende 0,414 m/s. El descenso medio entre intervalos del 20% de la velocidad media es de aproximadamente de 0,317 m/s. La distribución del comportamiento de la VMP lo largo de las cinco intensidades que se han evaluado se representa en la Figura 6.1.9.

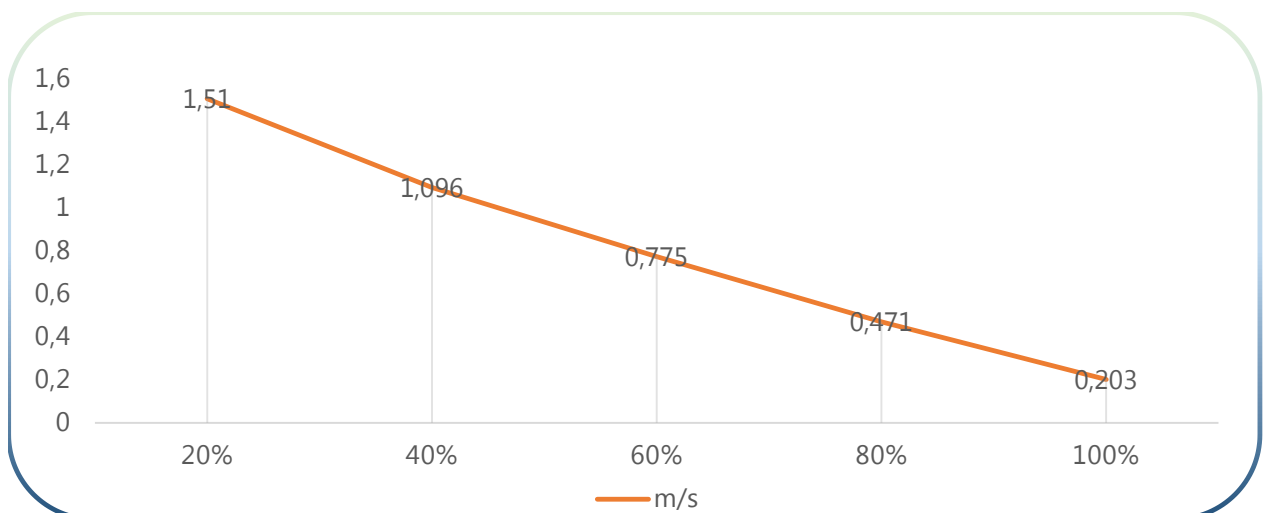


Figura 6.1.9. Distribución de la velocidad media propulsiva (m/s) a lo largo de cinco porcentajes de la 1 RM en un press de banca con resistencia constante.



Análisis descriptivo de la *velocidad media propulsiva* en un press de banca. Métodos de RVIR

Los resultados para la velocidad media propulsiva (VMP) vienen expresados en metros por segundos (m/s). El comportamiento de la velocidad media propulsiva durante el aumento de la carga, está plasmada en la Figura 6.1.10. En la tabla 6.1.10 aparecen los resultados de las medias y las desviaciones correspondientes a las cuatro intensidades evaluadas y la cantidad y el porcentaje relativo de descenso de la velocidad media cuando se produce el aumento de la carga externa.

Tabla 6.1.10. Análisis descriptivo, media (desviación) de la velocidad media propulsiva (m/s) para un press de banca en cinco porcentajes de la 1 RM con RVIR. Descenso aproximado de velocidad media propulsiva y porcentaje de pérdida entre intervalos.

Variables cinéticas (n=15)	40%	60%	80%	100%
VMP (m/s)	1,15 (0,13)	0,88 (0,15)	0,57 (0,08)	0,36 (0,08)
Pérdida de VMP aproximada (m/s)	del 20 al 40%	del 40 al 60%	del 60 al 80%	del 80 al 100%
Porcentaje de descenso (%)	1,15 m/s	- 0,27 m/s	-0,31 m/s	- 0,21 m/s
		-24,57	-36,87	-38,56

En la Figura 6.1.10 se observa cómo es en el paso del 80 al 100% el momento en el que mayor descenso de la velocidad media en porcentajes proporcionales se produce, un 38,56%. El incremento de carga donde se establece una mayor pérdida de m/s es en el paso del 60 al 80% (0,31m/s). La cantidad aproximada de descenso de velocidad media por cada incremento del 20% es cercana a 0,26 m/s.

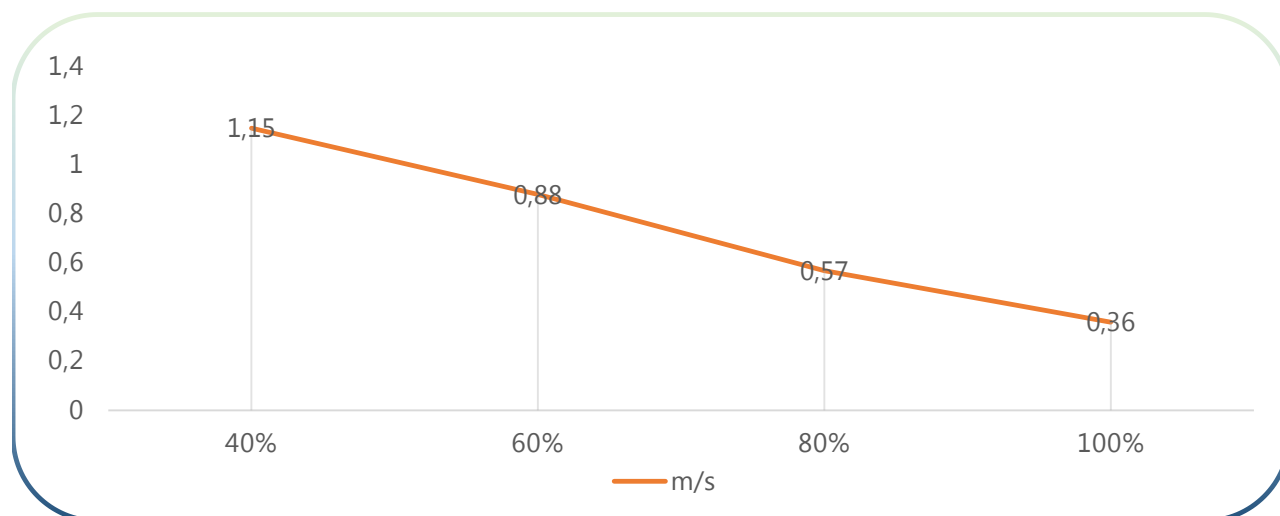


Figura 6.1.10. Distribución de la velocidad media propulsiva (m/s) a lo largo de cinco porcentajes de la 1 RM en un press de banca con RVIR.

6.2.3 VELOCIDAD MÁXIMA

Análisis descriptivo de la *velocidad máxima* en un press de banca. Métodos de resistencia constante

Los resultados para la velocidad máxima ($V_{m\acute{a}x}$) viene expresados en metros por segundos (m/s). El comportamiento de la velocidad máxima a medida que aumenta la carga externa un 20% es representado en la Figura 6.1.11. Los resultados de las medias, desviaciones, cantidad de pérdida de velocidad máxima y su relativo porcentaje, aparecen en la tabla 6.1.11.

Tabla 6.1.11. Análisis descriptivo, media (desviación) de la velocidad máxima (m/s) para un press de banca en cinco porcentajes de la 1 RM con resistencia constante. Descenso aproximado de velocidad máxima y porcentaje de pérdida entre intervalos.

Variables cinéticas (n=15)	20%	40%	60%	80%	100%
V_{máx} (m/s)	2,638 (0,230)	1,822 (0,161)	1,269 (0,153)	0,841 (0,113)	0,479 (0,078)
Perdida de V_{máx} (ms)		del 20 al 40%	del 40 al 60%	del 60 al 80%	del 80 al 100%
Porcentaje de descenso (%)		-0,816 m/s	-0,553 m/s	-0,428 m/s	-0,362 m/s
		-22,41	-21,98	-24,43	-31,18

El decremento medio de la velocidad máxima a medida que aumenta la carga externa es de aproximadamente de 0,539 m/s por cada 20%. El mayor descenso en la velocidad máxima entre los intervalos analizados se produce cuando la carga aumenta del 80 al 100% de 1RM (31,18%). A nivel de pérdida de m/s, esta sucede del 20 al 40%, donde la $V_{m\acute{a}x}$ desciende 0,816 m/s.

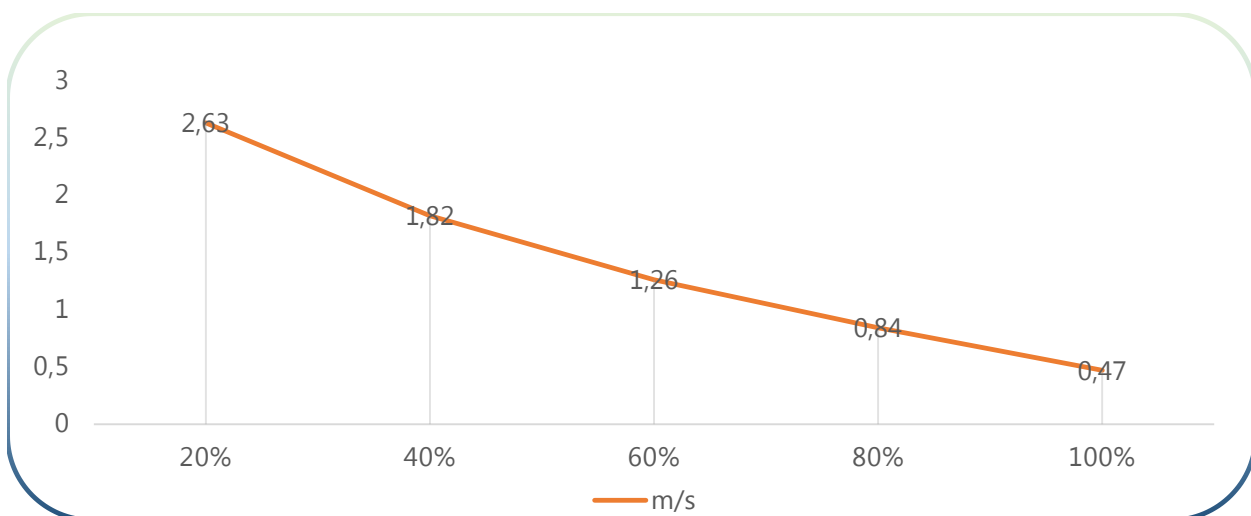


Figura 6.1.11. Distribución de la velocidad máxima (m/s) a lo largo de cinco porcentajes de la 1 RM en un press de banca con resistencia constante.



Análisis descriptivo de la *velocidad máxima* en un press de banca. Métodos de RVIR

Los resultados para la velocidad máxima ($V_{m\acute{a}x}$) vienen expresados en metros por segundos (m/s). El comportamiento de la velocidad máxima durante el aumento de la carga, está plasmada en la Figura 6.1.12. En la tabla 6.1.12 aparecen los resultados de las medias y las desviaciones correspondientes a las cuatro intensidades evaluadas y la cantidad y el porcentaje relativo de descenso de la velocidad máxima cuando se produce el aumento de la carga externa.

Tabla 6.1.12. Análisis descriptivo, media (desviación) de la velocidad máxima (m/s) para un press de banca en cinco porcentajes de la 1 RM con RVIR. Descenso aproximado de velocidad máxima y porcentaje de pérdida entre intervalos.

Variables cinéticas (n=15)	40%	60%	80%	100%
$V_{m\acute{a}x}$ (m/s)	1,75 (0,21)	1,28 (0,20)	0,85 (0,11)	0,55 (0,11)
	del 20 al 40%	del 40 al 60%	del 60 al 80%	del 80 al 100%
Pérdida de $V_{m\acute{a}x}$ aproximada (m/s)	1,75 m/s	- 0,47m/s	- 0,43m/s	- 0, 3 m/s
Porcentaje de descenso (%)		-28,05	-35,09	-36,86

En la figura 6.1.12 se observa cómo es en el paso del 80 al 100% es el momento en el que mayor descenso de la velocidad máxima en porcentajes proporcionales se produce, un 36,86%. El incremento del 20% de la carga externan donde se establece una mayor pérdida de m/s es en el paso del 40 al 60% (0,47 m/s). La cantidad aproximada de descenso de velocidad máxima por cada incremento del 20% es cercana a 0,4 m/s.

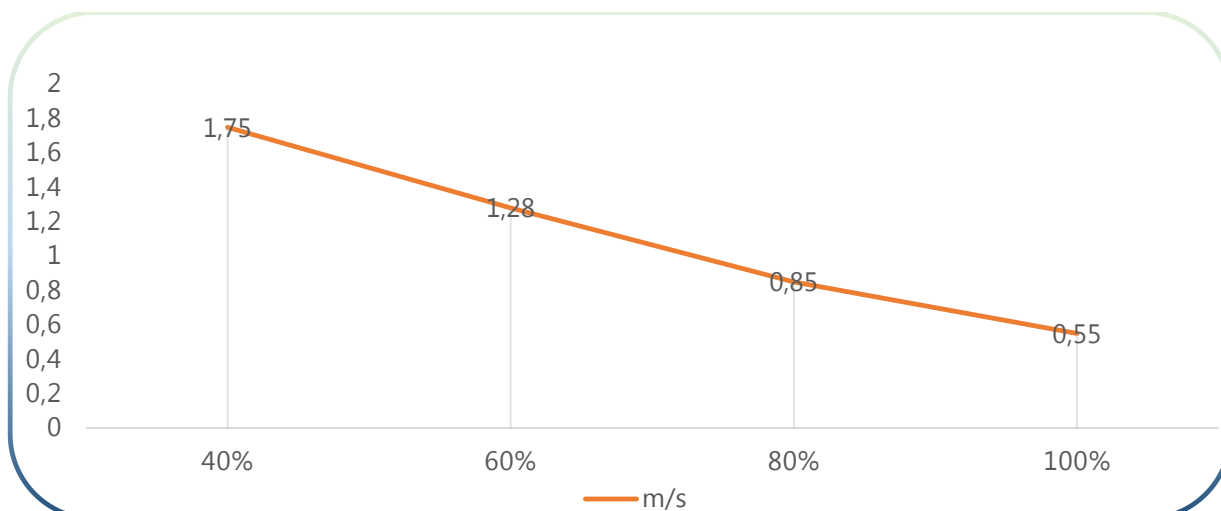


Figura 6.1.12. Distribución de la velocidad máxima (m/s) a lo largo de cinco porcentajes de la 1 RM en un press de banca con RVIR

6.2.4 ACELERACIÓN MÁXIMA

Análisis descriptivo de la *aceleración máxima* en un press de banca. Métodos de resistencia constante

Los resultados para la aceleración máxima ($A_{m\acute{a}x}$) vienen expresados en metros por segundos al cuadrado (m/s^2). En la tabla 6.1.13 aparecen los resultados de las medias y las desviaciones correspondientes a las cinco intensidades evaluadas. La representación del comportamiento de la aceleración máxima durante el aumento de la carga, es plasmada en la Figura 6.1.13.

Tabla 6.1.13. Análisis descriptivo, media (desviación) de la aceleración máxima (m/s^2) para un press de banca en cinco porcentajes de la 1 RM con resistencia constante. Descenso aproximado de aceleración máxima y porcentaje de pérdida entre intervalos.

Variabes cinéticas (n=15)	20%	40%	60%	80%	100%
Amáx (m/s)	15,152 (3,06)	7,614 (1,356)	4,314 (1,172)	2,540 (0,759)	1,458 (0,406)
Perdida de Amáx (m/s)		del 20 al 40%	del 40 al 60%	del 60 al 80%	del 80 al 100%
	15,152 m/s^2	- 7,54 m/s^2	- 3,3 m/s^2	-1,77 m/s^2	-1,09 m/s^2
Porcentaje de descenso (%)		-28,14	-24,51	-23,26	-24,09

La mayor pérdida en proporción de aceleración máxima se produce cuando la carga aumenta del 20 al 40% de 1RM, donde el decremento es $7,54 m/s^2$, lo que supone un 28,1%. s. A medida que la resistencia externa es aumentada en un 20%, la aceleración máxima disminuye por cada incremento de media un $3,425 m/s^2$. La distribución del comportamiento de la VMP lo largo de las cinco intensidades que se han evaluado se representa en la Figura 6.1.13, donde se produce una mayor inclinación de la barra en el paso del 20 al 40%.

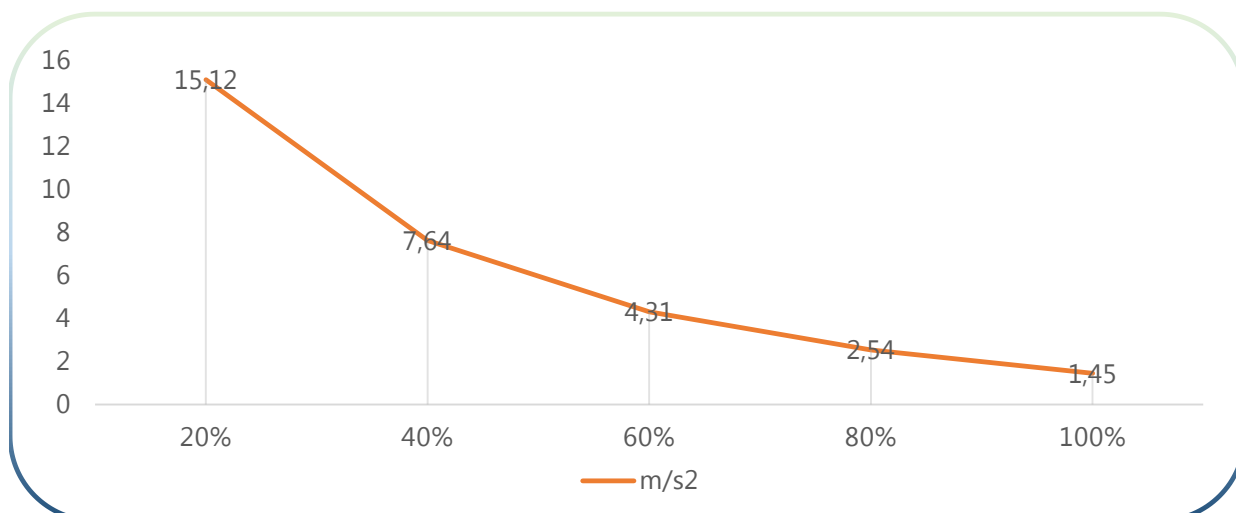


Figura 6.1.13. Distribución de la velocidad máxima (m/s^2) a lo largo de cinco porcentajes de la 1 RM en un press de banca con resistencia constante.

Análisis descriptivo de la *aceleración máxima* en un press de banca. Métodos de RVIR

Los resultados para la aceleración máxima ($A_{m\acute{a}x}$) vienen expresados en metros por segundos al cuadrado (m/s^2). La distribución de las medias de la velocidad máxima durante el aumento de la carga, aparece representada en la Figura 6.1.14. En la tabla 6.1.14 están los resultados de las medias y las desviaciones correspondientes a las cuatro intensidades evaluadas y la cantidad y el porcentaje relativo de descenso de la aceleración máxima cuando se produce el aumento de la carga externa.

Tabla 6.1.14. Análisis descriptivo, media (desviación) de la aceleración máxima (m/s^2) para un press de banca en cinco porcentajes de la 1 RM con RVIR. Descenso aproximado de aceleración máxima y porcentaje de pérdida entre intervalos.

Variables cinéticas (n=15)	40%	60%	80%	100%
V_{máx} (m/s²)	9,55 (1,87)	6,05 (1,51)	3,63 (0,71)	2,44 (0,81)
	del 20 al 40%	del 40 al 60%	del 60 al 80%	del 80 al 100%
Pérdida de V_{máx} aproximada (m/s²)	9,55 m/s ²	- 3,5 m/s ²	- 2,42m/s ²	- 0, 92 m/s ²
Porcentaje de descenso (%)		-33,49	-36,55	-29,96

En la figura 6.1.14 se observa cómo es en el paso del 60 al 80% es el momento en el que mayor descenso de la velocidad media en porcentajes proporcionales se produce, un 36,55%. El incremento de carga donde se establece una mayor pérdida de m/s^2 es en el paso del 40 al 60% (3,5 m/s^2). La cantidad aproximada de descenso de velocidad media por cada incremento del 20% es cercana a 2,28 m/s^2 .

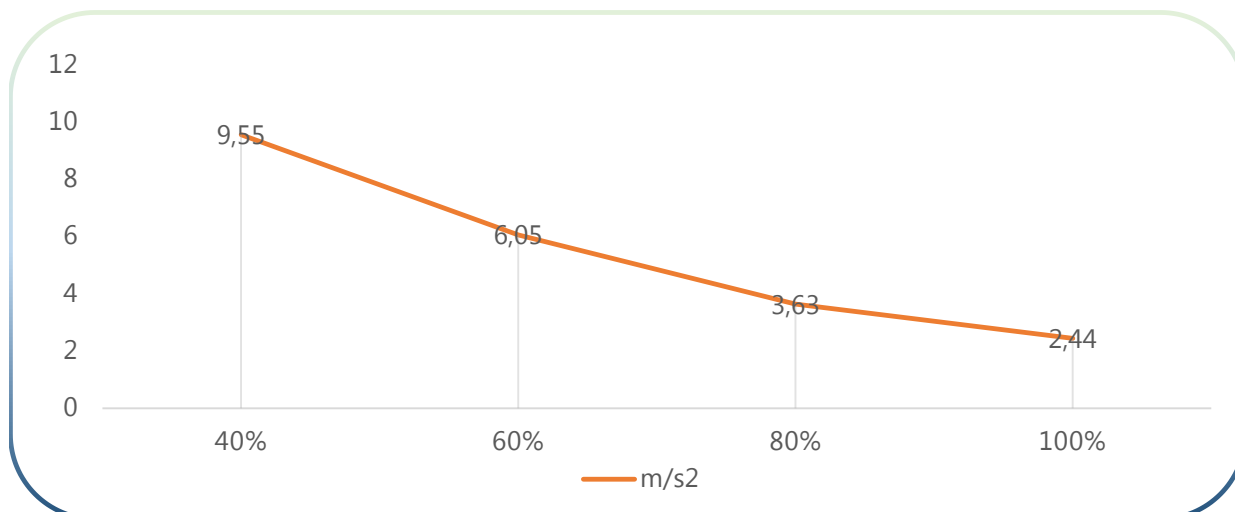


Figura 6.1.14. Distribución de la velocidad máxima (m/s^2) a lo largo de cinco porcentajes de la 1 RM en un press de banca con RVIR.

6.3 Variables de potencia para ambos métodos: Resistencia constantes y RVIR

6.3.1 POTENCIA MEDIA

Análisis descriptivo de la potencia media en un press de banca. Métodos de resistencia constante

Los resultados para la potencia media (Pmed) han sido expresados en Watios (W). De este modo se presentan en la tabla 6.1.15 los resultados medios acompañados de su desviación para cada uno de los porcentajes de 1RM analizados. Al mismo tiempo en la Figura 6.1.15 aparece de forma visual el comportamiento de la potencia media a medida que aumenta la carga externa en un press de banca con métodos tradicionales constantes.

Tabla 6.1.15. Análisis descriptivo, media (desviación) de la potencia media (W) para un press de banca en cinco porcentajes de la 1 RM con resistencia constante. Diferencia y porcentajes aproximados entre intervalos de intensidad de la potencia media.

Variables de Potencia (n=15)	20%	40%	60%	80%	100%
Potencia media (W)	239 (40)	334 (67)	361 (82)	304 (70)	158 (66)
		del 20 al 40%	del 40 al 60%	del 60 al 80%	del 80 al 100%
Diferencia de Pmed. aproximada (W)	239 N	+95 W	+ 27 W	- 57 W	- 146 W
Porcentaje de diferencia (%)		+35,60	+7,24	-14,14	-43,02

En esta Figura 6.1.15 se observa cómo se produce un aumento destacado de la potencia en el 60% (361 W), lo que supone un incremento de la misma del 7,24 % con la intensidad anterior. Esta diferencia entre el 40 y el 60% es la distancia más pequeña entre intensidades. Desde esta intensidad la potencia media comienza a descender, siendo el punto de mayor descenso entre el 80 y 100% (146 W) lo que supone un decremento del 43%. La distribución de la potencia media a lo largo de las cinco intensidades se representa en esta misma Figura 6.1.15.

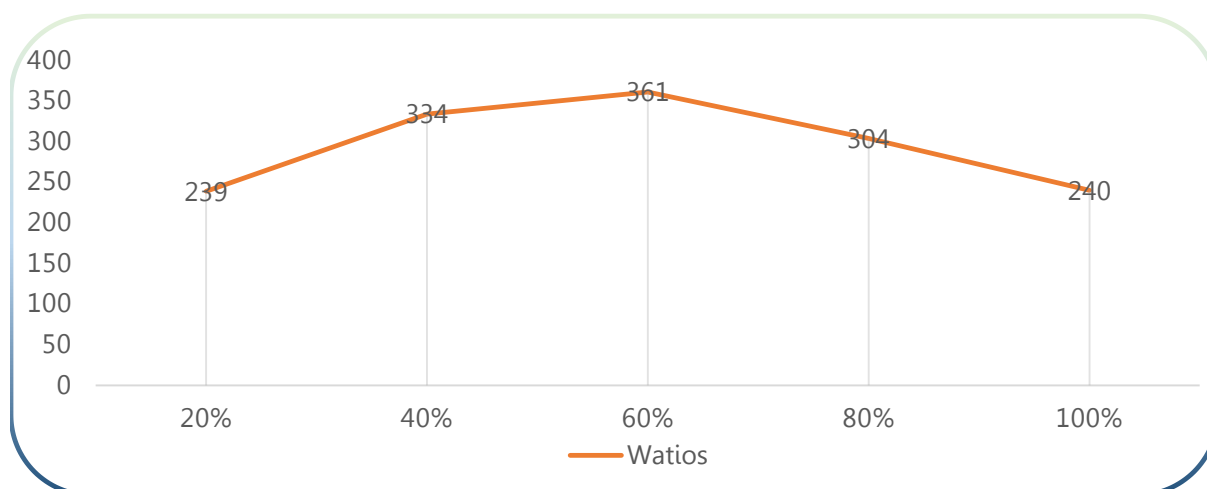


Figura 6.1.15. Distribución de la potencia media (W) a lo largo de cinco porcentajes de la 1 RM en un press de banca con resistencia constante.



Análisis descriptivo de la potencia media en un press de banca. Métodos de RVIR

Los datos relativos a la potencia media de un press de banca con método RVIR aparecen en la tabla 6.1.16. Esta tabla contiene los valores medios y su desviación para las cuatro intensidades de 1RM estudiadas. En esta misma aparece la cantidad y los porcentajes de pérdida de potencia media con el aumento de la carga. La distribución de la potencia media a largo de estas cuatro intensidades está representada en la Figura 6.1.16.

Tabla 6.1.16. Análisis descriptivo, media (desviación) la potencia media (W) para un press de banca en cuatro porcentajes de la 1 RM con RVIR. Diferencia y porcentajes aproximados entre intervalos de intensidad de la potencia media.

Variables de Potencia (n=15)	40%	60%	80%	100%
Potencia Media (W)	354,92 (73)	391,05 (84)	369,85 (88)	287,06 (84)
	del 20 al 40%	del 40 al 60%	del 60 al 80%	del 80 al 100%
Diferencia de Pmed. aproximada (W)	354 W	+37 W	- 22 W	-82 W
Porcentaje de diferencia (%)		+26,80	-14,27	-58,93

En la figura 6.1.16 se observa cómo en el paso entre del 80 al 100% se sucede el punto de mayor diferencia en el descenso de la potencia media con 82 W menos (un 58,93% menor). La diferencia de aumento/descenso promedio de la potencia entre intensidades del 20% es de 47 W aproximadamente. En la Figura 6.1.16 se plasma la distribución de la potencia media entre las intensidades, estableciendo el punto máxima en el 60% (391 W).

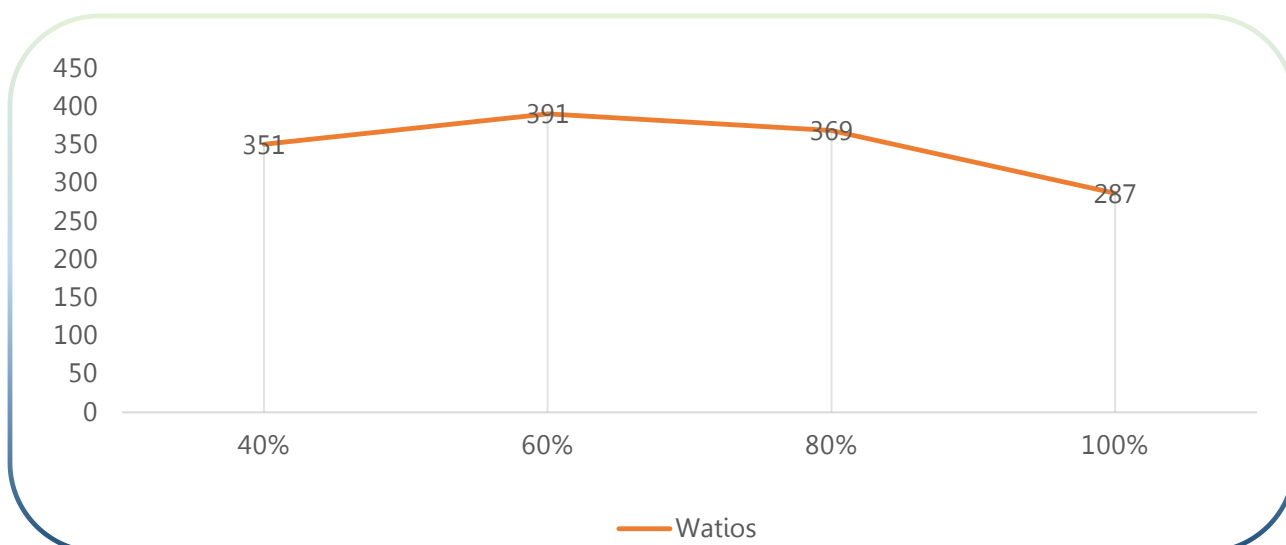


Figura 6.1.16. Distribución la potencia media (W) a lo largo de cuatro porcentajes de la 1 RM en un press de banca con RVIR.

6.3.2 POTENCIA MÁXIMA

Análisis descriptivo de la potencia máxima en un press de banca. Métodos de resistencia constante

Los resultados para la potencia máxima ($P_{\text{máx.}}$) han sido expresados en Watios (W). De este modo se presentan en la tabla 6.1.17 los resultados medios acompañados de su desviación para cada uno de los porcentajes de 1RM analizados. Al mismo tiempo en la Figura 6.1.17 aparece de forma visual el comportamiento de la potencia máxima a medida que aumenta la carga externa en un press de banca con métodos tradicionales constantes.

Tabla 6.1.17. Análisis descriptivo, media (desviación) de la potencia máxima para un press de banca en cinco porcentajes de la 1 RM con resistencia constante. Diferencia y porcentajes aproximados entre intervalos de intensidad de la potencia máxima.

Variables de Potencia (n=15)	20%	40%	60%	80%	100%
Potencia máxima (W)	742 (148)	759 (160)	720 (156)	598 (125)	381 (93)
		del 20 al 40%	del 40 al 60%	del 60 al 80%	del 80 al 100%
Diferencia de $P_{\text{máx}}$ (W)	742 W	+ 17 W	- 39 W	- 122 W	- 217 W
Porcentaje de diferencia (%)		+3,78	-8,47	-27,93	-59,82

En la figura 6.1.17 se plasma cómo el mayor porcentaje de pérdida entre intervalos se produce en el paso del 80 al 100% (59,82%) o lo que supone un descenso de 217 W con la intensidad anterior. Se ha observado en esta tabla cómo la diferencia entre el 20 y el 40% es de 17W (3,78%). La distribución de la potencia máxima a lo largo de las cinco intensidades se representa en la Figura 6.1.17. En esta gráfica se observa cómo a partir del 40% empieza a disminuir la potencia máxima de forma progresiva.

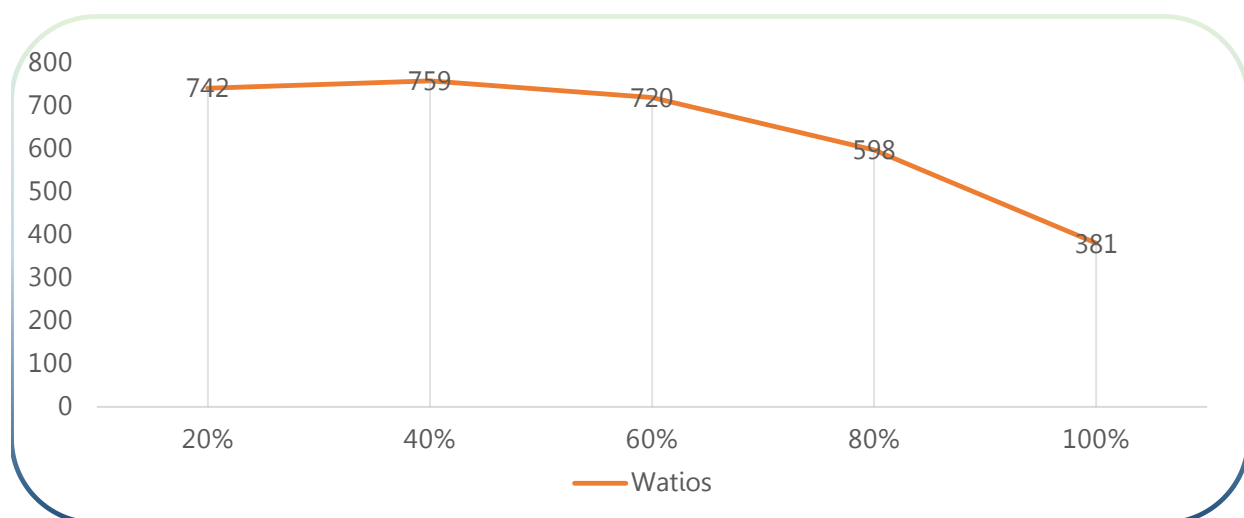


Figura 6.1.17. Distribución de la potencia máxima a lo largo de cinco porcentajes de la 1 RM en un press de banca con resistencia constante.

Análisis descriptivo de la potencia máxima en un press de banca. Métodos de RVIR

Los datos relativos a la potencia máxima (P_{máx}) de un press de banca con método RVIR aparecen en la tabla 6.1.18. Esta tabla contiene los valores medios y su desviación para las cuatro intensidades de 1RM estudiadas. En esta misma aparece la cantidad y los porcentajes de pérdida de la potencia máxima con el aumento de la carga. La distribución de la potencia máxima a largo de estas cuatro intensidades está representada en la Figura 6.1.18.

Tabla 6.1.18. Análisis descriptivo, media (desviación) de la potencia máxima (W) para un press de banca en cuatro porcentajes de la 1 RM con RVIR. Diferencia y porcentajes aproximados entre intervalos de intensidad de la potencia máxima.

Variables de Potencia (n=15)	40%	60%	80%	100%
Potencia máxima (W)	757 (170)	689 (152)	591 (140)	464 (128)
	del 20 al 40%	del 40 al 60%	del 60 al 80%	del 80 al 100%
Diferencia de P _{máx} (W)	757 W	- 68 W	- 98 W	- 127 W
Porcentaje de diferencia (%)		+20,10	-31,82	-48,08

El descenso de un 20% de la potencia máxima, a medida que aumenta la carga externa, está representado en la Figura 6.1.18. Se ha mostrado en esta gráfica cómo el punto de mayor producción de potencia máxima se establece en el 40% (757 W). En la tabla 6.1.18 se observa como en el paso entre del 80 al 100% se sucede el punto de mayor diferencia en el decremento de la potencia máxima (127 W) lo que supone un 48,08%. La diferencia media de descenso de la potencia máxima entre intervalos del 20% es de 97 W aproximadamente.

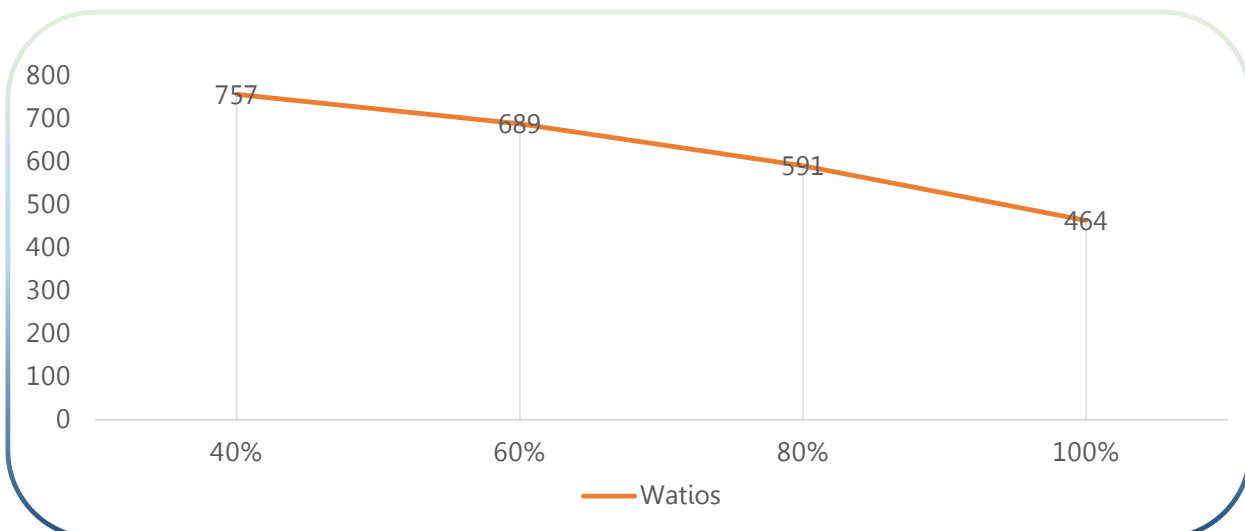


Figura 6.1.18. Distribución de la potencia máxima a lo largo de cuatro porcentajes de la 1 RM en un press de banca con RVIR.

6.4 VARIABLES TEMPORALES

Análisis descriptivo del tiempo hasta la velocidad máxima, tiempo hasta potencia máxima, tiempo hasta fuerza máxima, tiempo hasta RFD máximo, duración de la fase de subida y duración de la fase propulsiva en un press de banca. Métodos de resistencia constante.

Los resultados para el tiempo hasta la velocidad máxima, tiempo hasta potencia máxima, tiempo hasta fuerza máxima, tiempo hasta RFD máximo, duración de la fase de subida y duración de la fase propulsiva vienen expresados en milisegundos (ms). Los resultados de las medias y desviaciones, para estas variables aparecen en la tabla 6.1.19.

Tabla 6.1.19. Análisis descriptivo, media (desviación) expresado en milisegundos (ms) para para el tiempo hasta la velocidad máxima, tiempo hasta potencia máxima, tiempo hasta fuerza máxima, tiempo hasta RFD máximo, duración de la fase de subida y duración de la fase propulsiva para un press de banca en cinco porcentajes de la 1 RM con RVIR.

Variables temporales n=15	20%	40%	60%	80%	100%
Tiempo hasta velocidad máxima(ms)	266 (35)	358 (36)	566 (71)	894 (143)	2208 (999)
Tiempo hasta potencia máxima (ms)	217 (37)	336 (37)	524 (72)	855 (144)	2179 (1001)
Tiempo hasta fuerza máxima (ms)	88 (33,6)	94,86 (37,2)	99,13 (60,54)	218,93 (118,9)	654,63 (350,6)
Tiempo hasta RFD máxima (ms)	34,56 (25,01)	30,40 (22,36)	30,06 (25,13)	52,66 (45,39)	48,45 (46,44)
Duración fase de subida (ms)	411 (36)	544 (37)	726 (64)	1051 (143)	2406 (1028)
Duración fase propulsiva (ms)	287 (36)	430 (43)	641 (71)	1042 (148)	2406 (1028)

El comportamiento las diferentes variables temporales analizadas a medida que aumenta la carga externa un 20% en un press de banca con resistencia contante, ha sido representado en las Figuras 6.1.19, 6.1.20 y 6.1.21. Se han presentado en tres gráficos independiente para su mejor comprensión e interpretación.



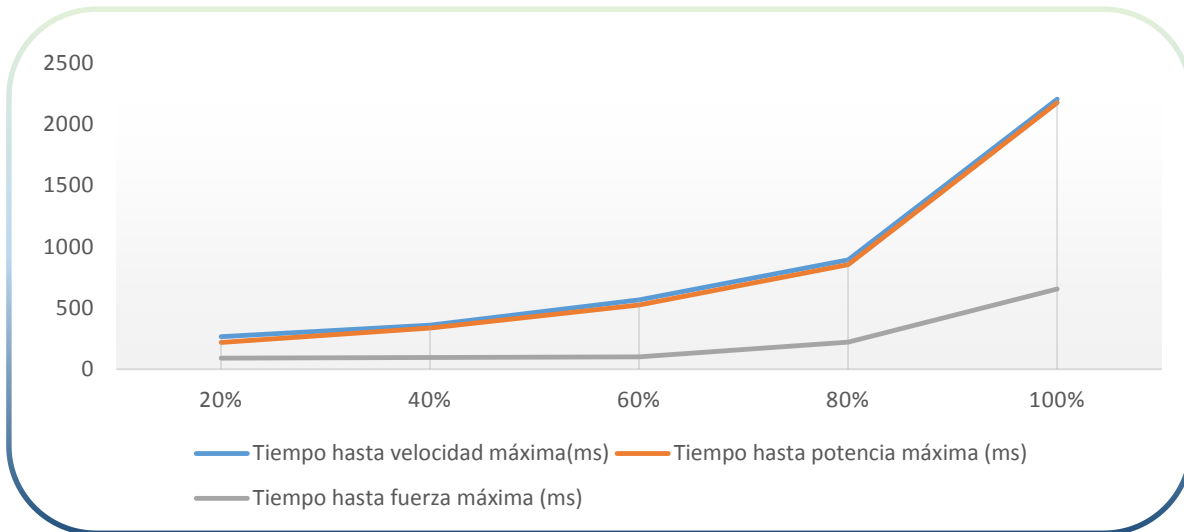


Figura 6.1.19. Distribución del tiempo expresado en milisegundos (ms) hasta la velocidad máxima, hasta la potencia máxima y hasta la fuerza máxima a lo largo de cinco porcentajes de la 1 RM en un press de banca con resistencia constante.

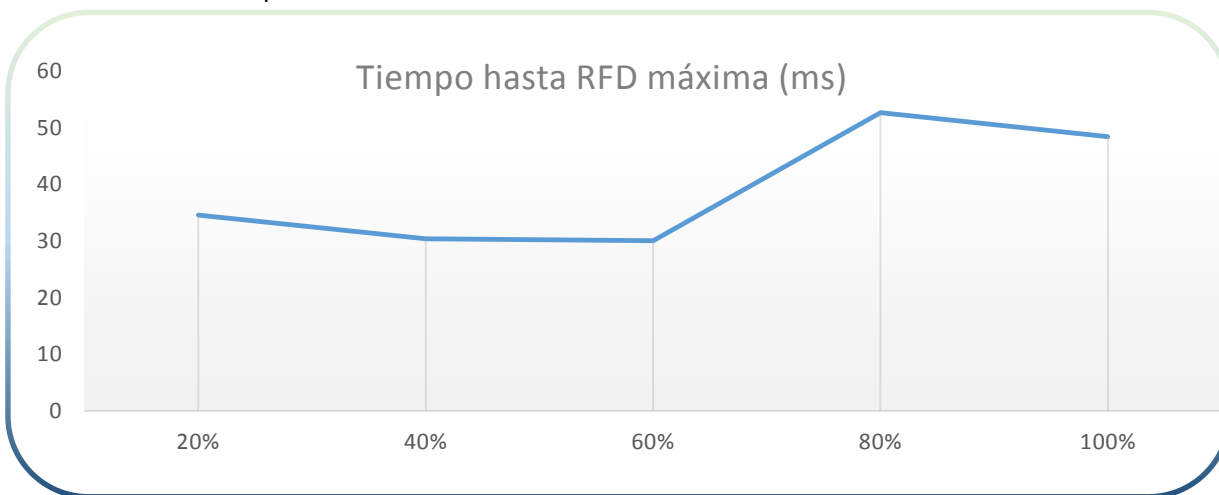


Figura 6.1.20. Distribución del tiempo expresado en milisegundos (ms) hasta el RFD máximo a lo largo de cinco porcentajes de la 1 RM en un press de banca con resistencia constante.

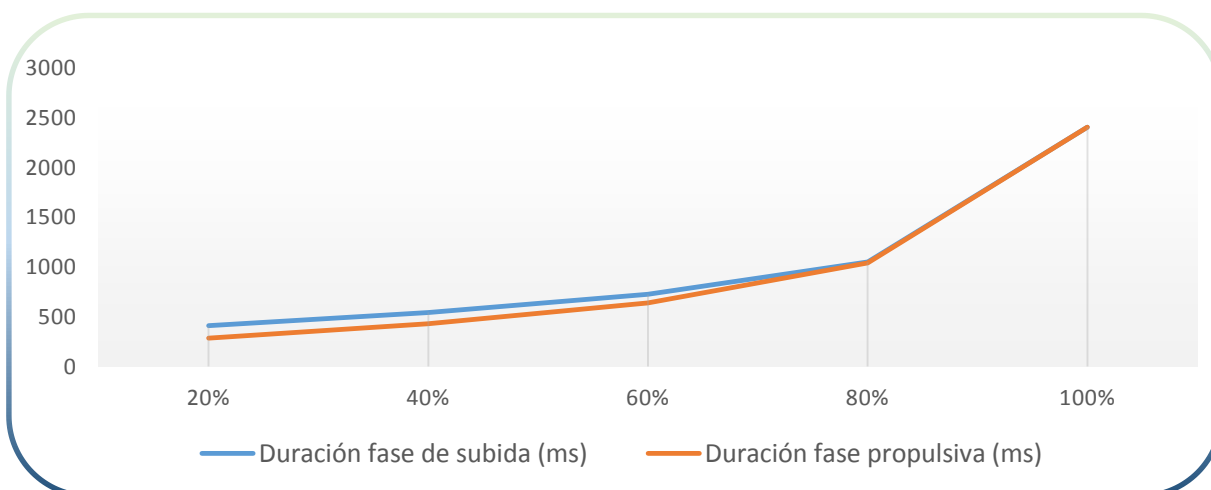


Figura 6.1.21. Distribución de la duración de la fase de subida y propulsiva expresado en milisegundos (ms) a lo largo de cinco porcentajes de la 1 RM en un press de banca con resistencia constante.

Análisis descriptivo del *tiempo hasta la velocidad máxima, tiempo hasta potencia máxima, tiempo hasta fuerza máxima, tiempo hasta RFD máximo, duración de la fase de subida y duración de la fase propulsiva* en un press de banca. Métodos de RVIR.

Los resultados para el tiempo hasta la velocidad máxima, tiempo hasta potencia máxima, tiempo hasta fuerza máxima, tiempo hasta RFD máximo, duración de la fase de subida y duración de la fase propulsiva vienen expresados en milisegundos (ms). Los resultados de las medias y desviaciones, para estas variables, aparecen en la tabla 6.1.20.

Tabla 6.1.20. Análisis descriptivo, media (desviación) expresado en milisegundos (ms) para para el tiempo hasta la velocidad máxima, tiempo hasta potencia máxima, tiempo hasta fuerza máxima, tiempo hasta RFD máximo, duración de la fase de subida y duración de la fase propulsiva para un press de banca en cinco porcentajes de la 1 RM con resistencia constante.

Variabes temporales n=15	40%	60%	80%	100%
Tiempo hasta velocidad máxima (ms)	322 (62)	421 (78)	587 (151)	851 (411)
Tiempo hasta potencia máxima (ms)	253 (77)	353 (89)	540 (166)	814 (428)
Tiempo hasta fuerza máxima (ms)	82 (30)	98 (33)	86 (43)	201 (105)
Tiempo hasta RFD máxima (ms)	22 (20)	31 (29)	31 (36)	44 (43)
Duración fase de subida (ms)	488 (52)	626 (73)	845 (91)	1275 (219)
Duración fase propulsiva (ms)	396 (58)	570 (85)	835 (94)	1275 (219)

El comportamiento las diferentes variables temporales analizadas a medida que aumenta la carga externa un 20% en un press de banca con RVIR ha sido representado en las Figuras 6.1.22, 6.1.23 y 6.1.24. Se han presentado en tres gráficos independiente para su mejor comprensión e interpretación.



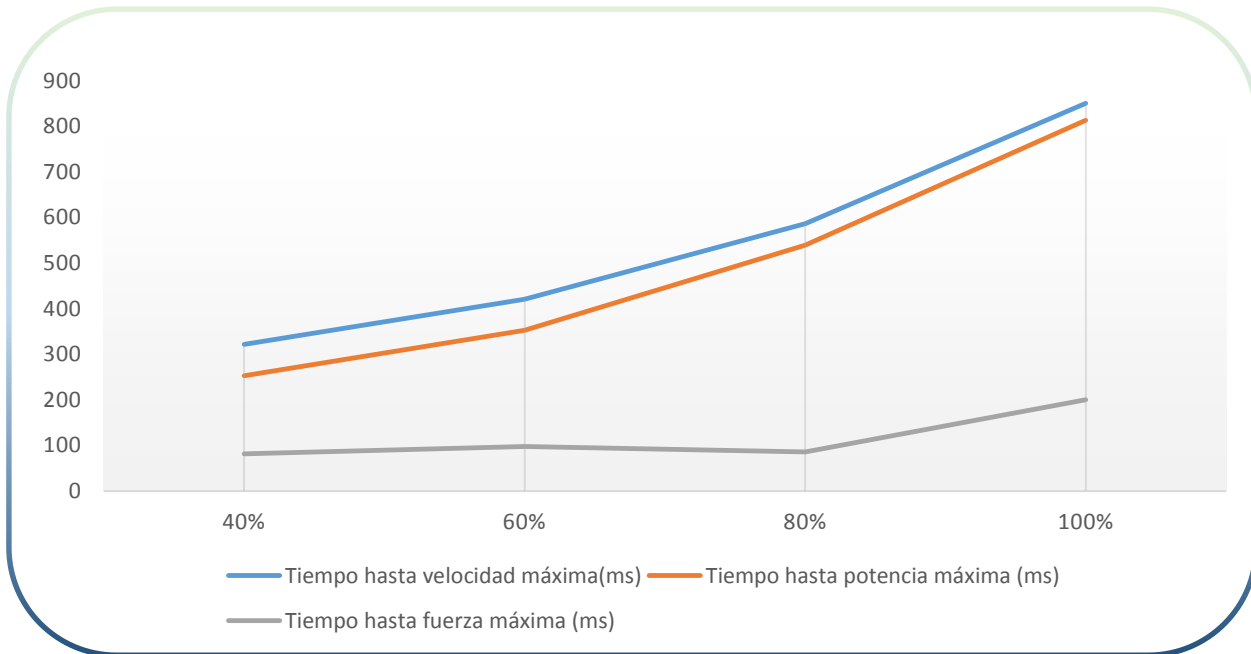


Figura 6.1.22. Distribución del tiempo expresado en milisegundos (ms) hasta la velocidad máxima, hasta la potencia máxima y hasta la fuerza máxima a lo largo de cinco porcentajes de la 1 RM en un press de banca con RVIR.

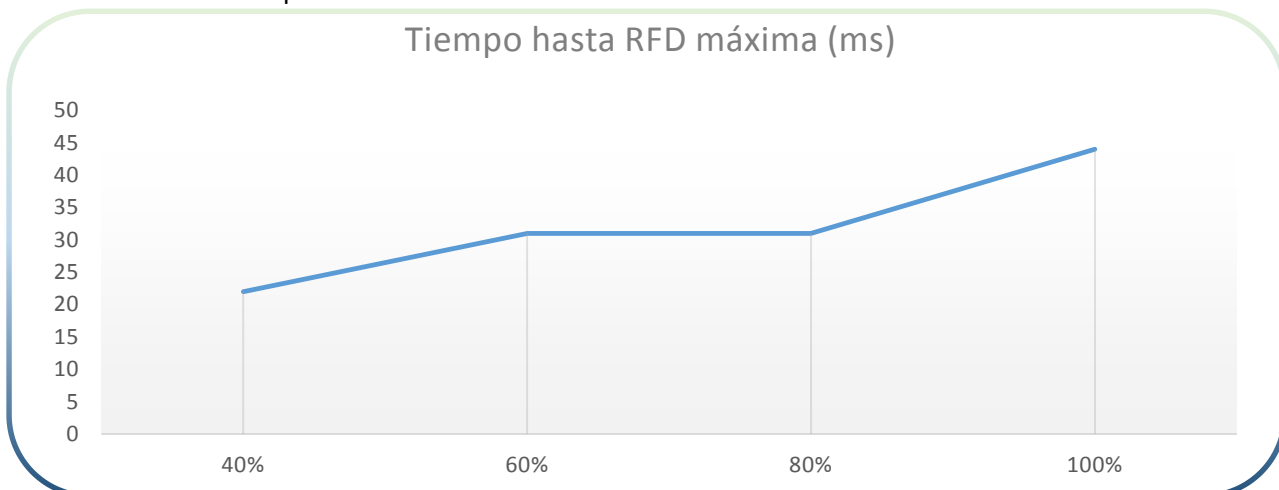


Figura 6.1.23. Distribución del tiempo expresado en milisegundos (ms) hasta el RFD máximo a lo largo de cinco porcentajes de la 1 RM en un press de banca con RVIR.

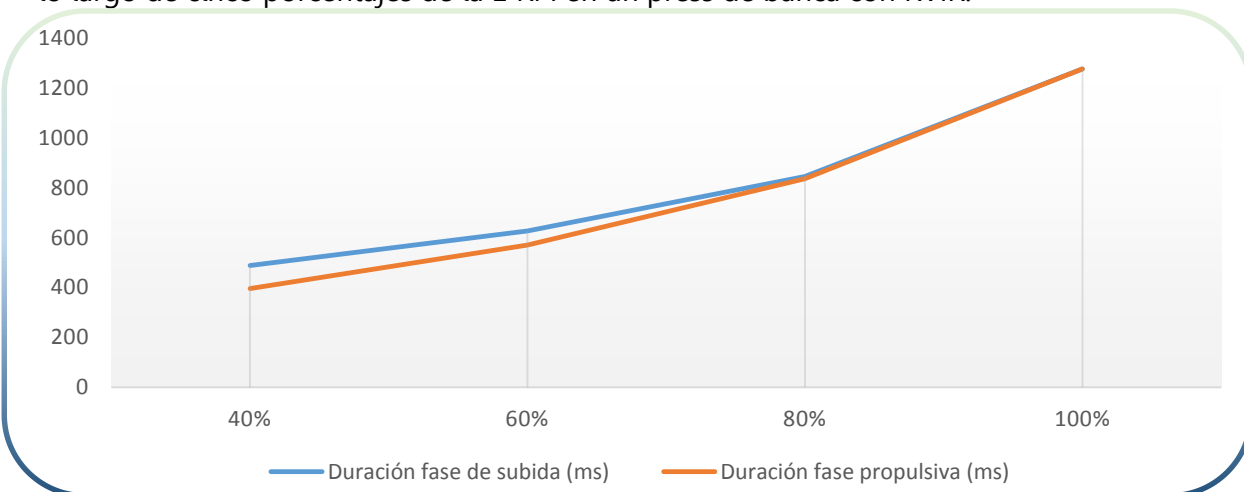


Figura 6.1.24. Distribución de la duración de la fase de subida y propulsiva expresado en milisegundos (ms) a lo largo de cinco porcentajes de la 1 RM en un press de banca con RVIR.

6.5 VARIABLES PERCEPTIVAS. PERCEPCIÓN SUBJETIVA DEL ESFUERZO (RPE)

Análisis descriptivo de la RPE en un press de banca. Métodos de resistencia constante

Los resultados para la percepción subjetiva del esfuerzo (RPE) vienen expresados en una puntuación del 1 al 10. En la tabla 6.1.21 aparecen los resultados de las medias y las desviaciones correspondiente a las cinco intensidades evaluadas. La representación del comportamiento de la RPE durante el aumento de la carga es plasmada en la Figura 6.1.25.

Tabla 6.1.21. Análisis descriptivo, media (desviación) de la percepción subjetiva del esfuerzo (RPE) en una escala del 1 al 10 para un press de banca en cinco porcentajes de la 1 RM con resistencia constante. Aumento aproximado de RPE y porcentaje de ganancia entre intervalos.

Variables perceptivas (n=15)	20%	40%	60%	80%	100%
Puntuación RPE (1 – 10)	0,5 (0,535)	2,267 (0,563)	4,567 (0,961)	7,033 (0,935)	9,393 (0,594)
Aumento de RPE		del 20 al 40%	del 40 al 60%	del 60 al 80%	del 80 al 100%
Porcentaje de aumento (%)	0,5	+1,77	+2,30	+2,47	+2,36
		+19,97	+25,86	+27,73	+26,54

Tal y como se ha presentado en la tabla 6.1.21, el mayor incremento de la percepción subjetiva del esfuerzo se produce en el paso del 60 al 80% (2,47 puntos). El aumento medio entre intervalos del 20% de incremento de la RPE es de aproximadamente de 2,225 puntos. La distribución del comportamiento de la RPE lo largo de las cinco intensidades que han sido evaluadas se ha representado en la Figura 6.1.25.

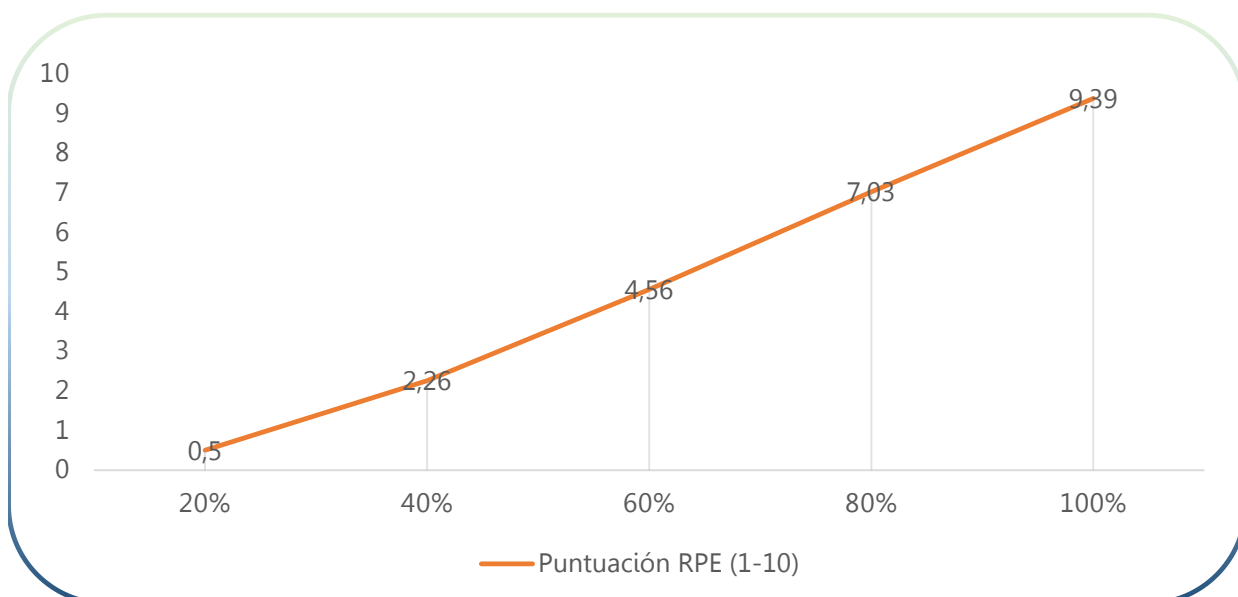


Figura 6.1.25. Distribución de la RPE (puntuación del 1 al 10) a lo largo de cinco porcentajes de la 1 RM en un press de banca con resistencia constante.



Análisis descriptivo de la RPE en un press de banca. Métodos de RVIR

Los resultados para la percepción subjetiva del esfuerzo (RPE) vienen expresados en una puntuación del 1 al 10. El comportamiento de la RPE durante el aumento de la carga, está plasmada en la Figura 6.1.26. En la tabla 6.1.22 aparecen los resultados de las medias y las desviaciones correspondiente a las cuatro intensidades evaluadas y la cantidad y el porcentaje relativo de aumento de la RPE cuando se produce el incremento de la carga externa.

Tabla 6.1.22. Análisis descriptivo, media (desviación) de la percepción subjetiva del esfuerzo (RPE) en una escala del 1 al 10 para un press de banca en cinco porcentajes de la 1 RM con RVIR. Aumento aproximado de RPE y porcentaje de ganancia entre intervalos.

Variables perceptivas (n=15)	40%	60%	80%	100%
Puntuación RPE (1-10)	1,30 (0,46)	3,17 (0,98)	6,27 (0,75)	8,57 (0,46)
Aumento de la RPE	del 20 al 40%	del 40 al 60%	del 60 al 80%	del 80 al 100%
	1,30	+1,87	+3,10	+2,30
Porcentaje de aumento (%)		+43,61	+36,55	+19,84

El mayor incremento en puntuación entre intervalos del 20% se produce en el paso del 60 al 80%, donde la RPE aumenta 3,10 puntos. El aumento medio entre intervalos del 20% de incremento de la RPE es de aproximadamente de 2,42 puntos. La distribución del comportamiento de la RPE lo largo de las cuatro intensidades que han sido evaluadas se ha representado en la.

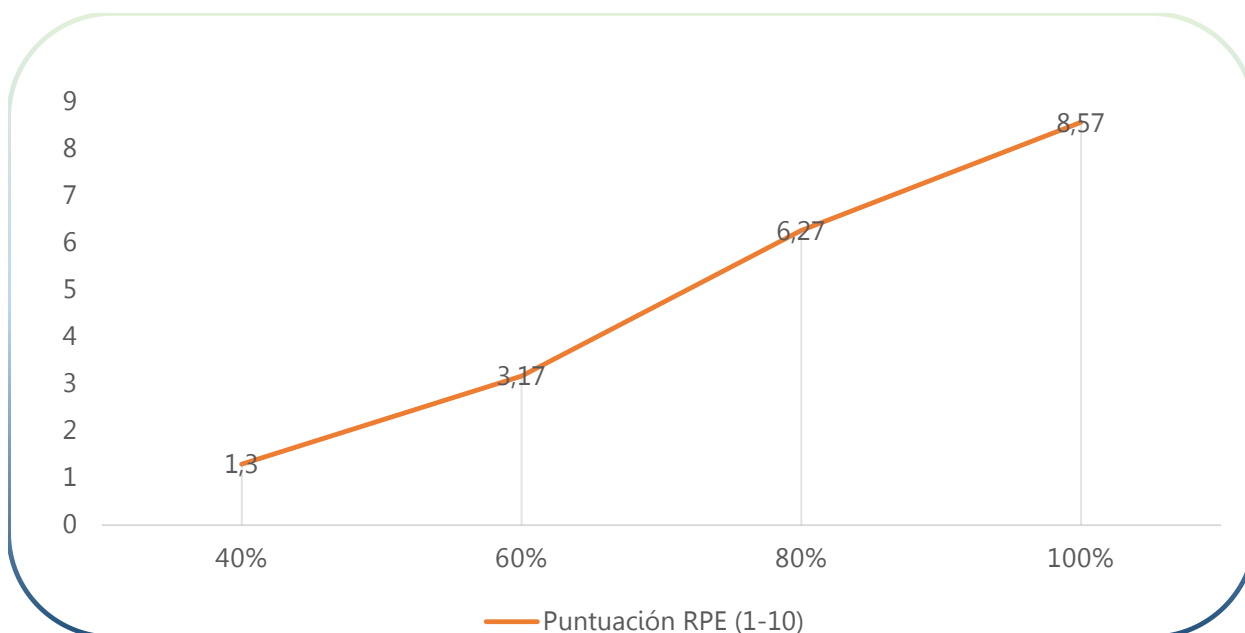


Figura 6.1.26. Distribución de la RPE (puntuación del 1 al 10) a lo largo de cinco porcentajes de la 1 RM en un press de banca con RVIR.

6.6 REPRESENTACIÓN DEL STICKING POINT AL 80 Y 100% DE LA 1RM PARA DOS MÉTODOS DE TRABAJO DE LA FUERZA

En la Figura 6.1.27 se ha presentado el comportamiento de la velocidad media dividida en porcentajes del 10%. Para ello se ha calculado la media de todas las repeticiones de los quince componentes de la muestra, en rangos del 10% del propio ROM. De esta forma tenemos una visión general del comportamiento del sticking point (SP) entre los dos métodos y en las dos intensidades en el que el SP es más notable.

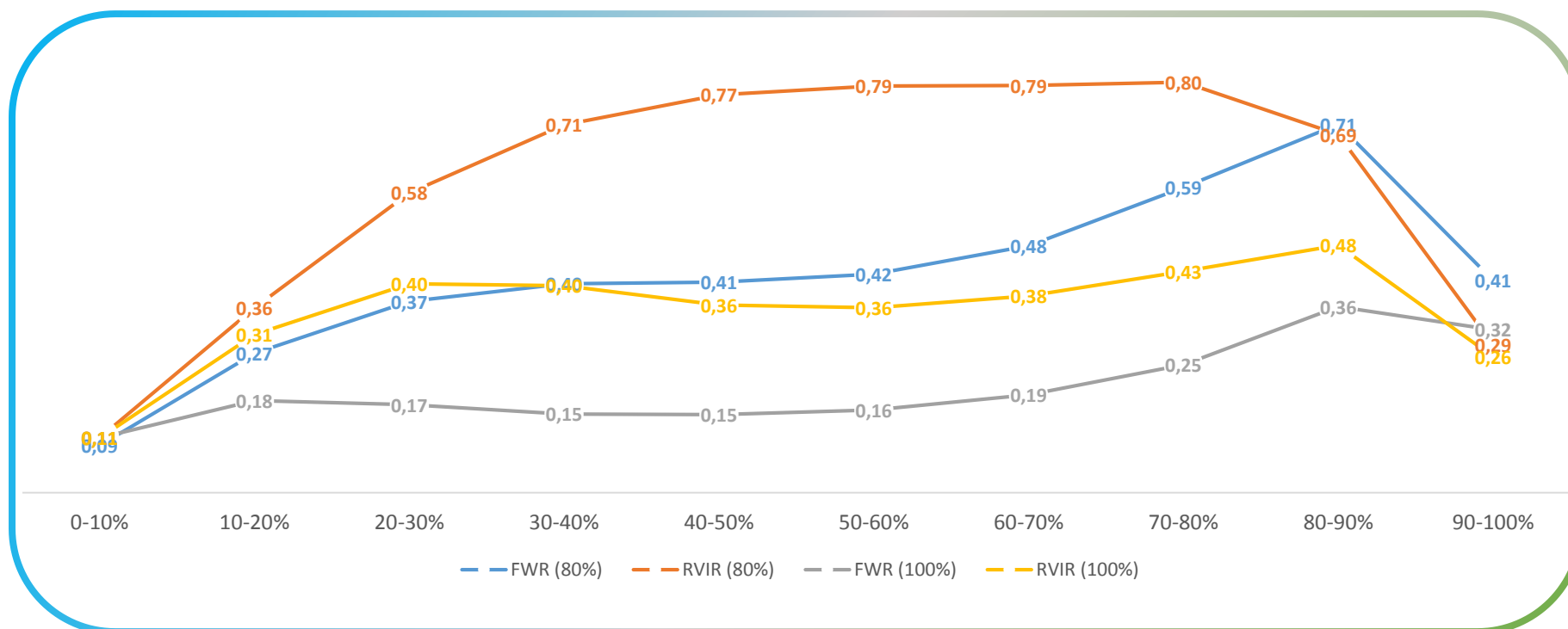


Figura 6.1.27. Curva de velocidad para dos intensidades y dos métodos: FWR (peso constante) y RVIR (resistencia variable) al 80% y 100% de 1RM. Se muestran la velocidades medias (n=15) en diez rangos de la fase concéntrica.

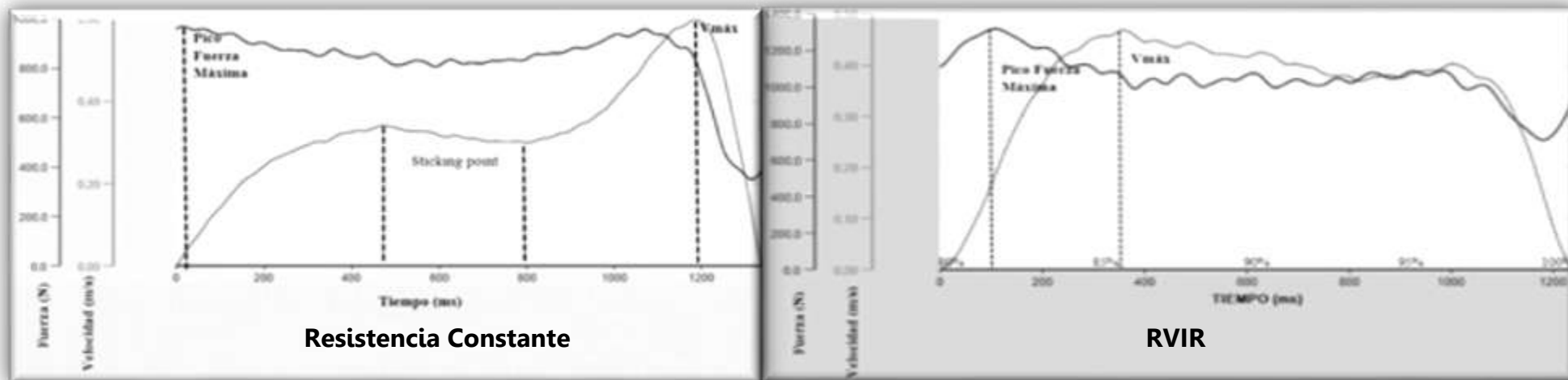


Figura 6.1.28. Comparación de las curvas de fuerza-velocidad-tiempo y sticking point para dos métodos de realización de un press de banca (constantes vs. Variable) al 100% de 1RM.

Parte III.

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS. Descriptivo e inferencial

Capítulo VI. Resultados

- Análisis descriptivo de un press de banca con dos métodos de trabajo de la fuerza: Resistencia constante y resistencia variable intra repetición.
- **Estadística inferencial entre dos métodos de trabajo de la fuerza y la potencia. Resistencia Variables Intra Repetición vs. Constante.**

Estadística inferencial entre dos métodos de trabajo de la fuerza y la potencia. Resistencia Variables Intra Repetición vs. Constante.

Variables de Fuerza

Las variables de fuerza analizadas fueron la Fuerza máxima, Fuerza media y RFD. Para la fuerza máxima aparecen diferencias significativas a favor del método RVIR para la 1RM (0,001), sin embargo para el resto de porcentajes no aparecen diferencias significativas. En el caso del RFD existen diferencias para todos los porcentajes analizados 40% (0,008), 60% (0,005), 80% (0,005) y 100% (0,036).

Fuerza máxima

Se han encontrado diferencias significativas en la producción de fuerza máxima para el 100% de la 1RM a favor de los métodos de RVIR ($p=0,001$) (Tabla 6.2.1). Esta diferencia ha sido confirmada a través del método de contraste ($p=0,000$)

Tabla 6.2.1 Análisis inferencial para la fuerza máxima entre dos métodos (RVIR vs. constante). Pruebas no paramétricas de rangos con signo de Wilcoxon y estadístico de contraste. Diferencias significativas ($p \leq 0.05$).

Fuerza máxima	40%	60%	80%	100%
Wilcoxon	0,910	0,156	0,088	0,001*
Estadístico contraste	0,607	0,607	0,607	0,000*

En la Figura 6.2.1 se representa la distribución gráfica de la fuerza máxima a lo largo de los porcentajes evaluados. En ella se aprecia cómo es al 100% donde mayores diferencias se registran.

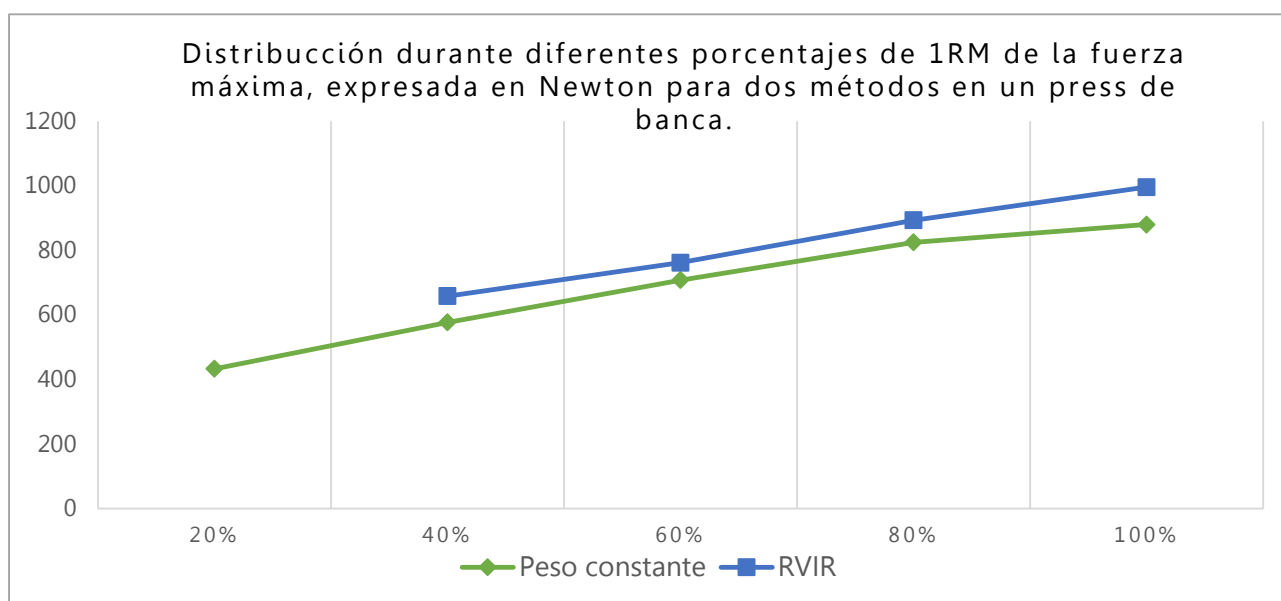


Figura 6.2.1. Representación gráfica del comportamiento de la fuerza máxima sobre dos métodos de trabajo (constantes y RVIR) a diferentes intensidades de 1RM.

Fuerza media

Como se observa en la tabla 6.2.2 la fuerza media tiene un registro donde aparecen diferencias significativas para los valores del 40, 60 y 80% de la 1RM a favor de los métodos con resistencia constante. Será tan solo al 100% donde no aparezcan diferencias a favor de ninguno de los métodos.

Tabla 6.2.2. Análisis inferencial la fuerza media entre dos métodos (RVIR vs. constante). Pruebas no paramétricas de rangos con signo de Wilcoxon y estadístico de contraste. Diferencias significativas ($p \leq 0.05$).

RFD	40%	60%	80%	100%
Wilcoxon	0,008*	0,005*	0,005*	0,115
Estadístico contraste	0,035*	0,035*	0,001*	0,856

La Figura 6.2.2 plasma el comportamiento de los dos métodos evaluados (RVIR y constante) a lo largo de las cuatro intensidades evaluadas. En esta gráfica se aprecia cómo será en las cargas más bajas (40%-60%) donde aparece una mayor diferencia en la producción de fuerza media, igualándose esta a partir del 80% y siendo casi similar en el caso del 100%

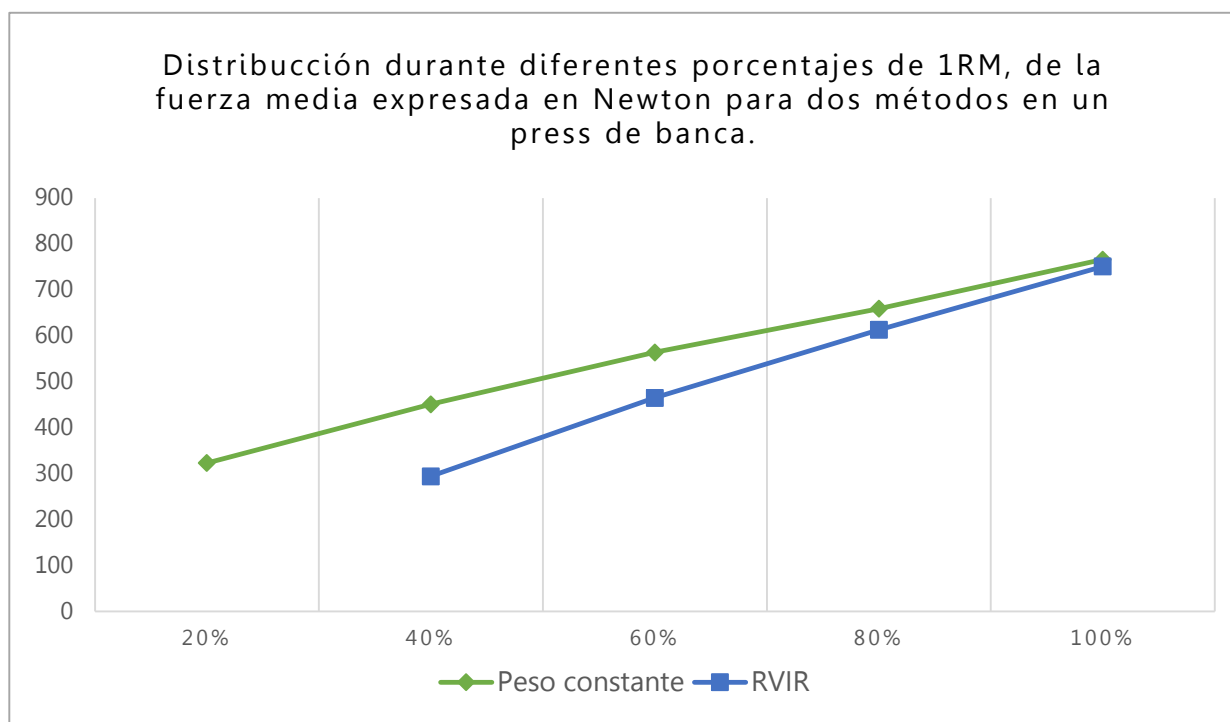


Figura 6.2.2. Representación gráfica del comportamiento de la fuerza media sobre dos métodos de trabajo (constantes y RVIR) a diferentes intensidades de 1RM.

Se han observado diferencias significativas ($p \leq 0.05$) para el RFD a favor de los métodos RVIR en todos los porcentajes comparados (40, 60, 80 y 100%). Estos mismos resultados han sido confirmados a través de un estudio de estadístico de contraste, en la que la significación se establece igualmente cuando $p \leq 0,05$. (Tabla 6.2.3)

Tabla 6.2.3. Análisis inferencial para el RFD entre dos métodos (RVIR vs. constante). Pruebas no paramétricas de rangos con signo de Wilcoxon y estadístico de contraste. Diferencias significativas ($p \leq 0,05$).

RFD	40%	60%	80%	100%
Wilcoxon	0,008*	0,005*	0,005*	0,036*
Estadístico contraste	0,035*	0,035*	0,001*	0,035*

La representación gráfica del comportamiento de la RFD durante las intensidades evaluadas, muestra como esta es claramente superior en el caso de los métodos de RVIR en todos los porcentajes (Figura 6.2.3)

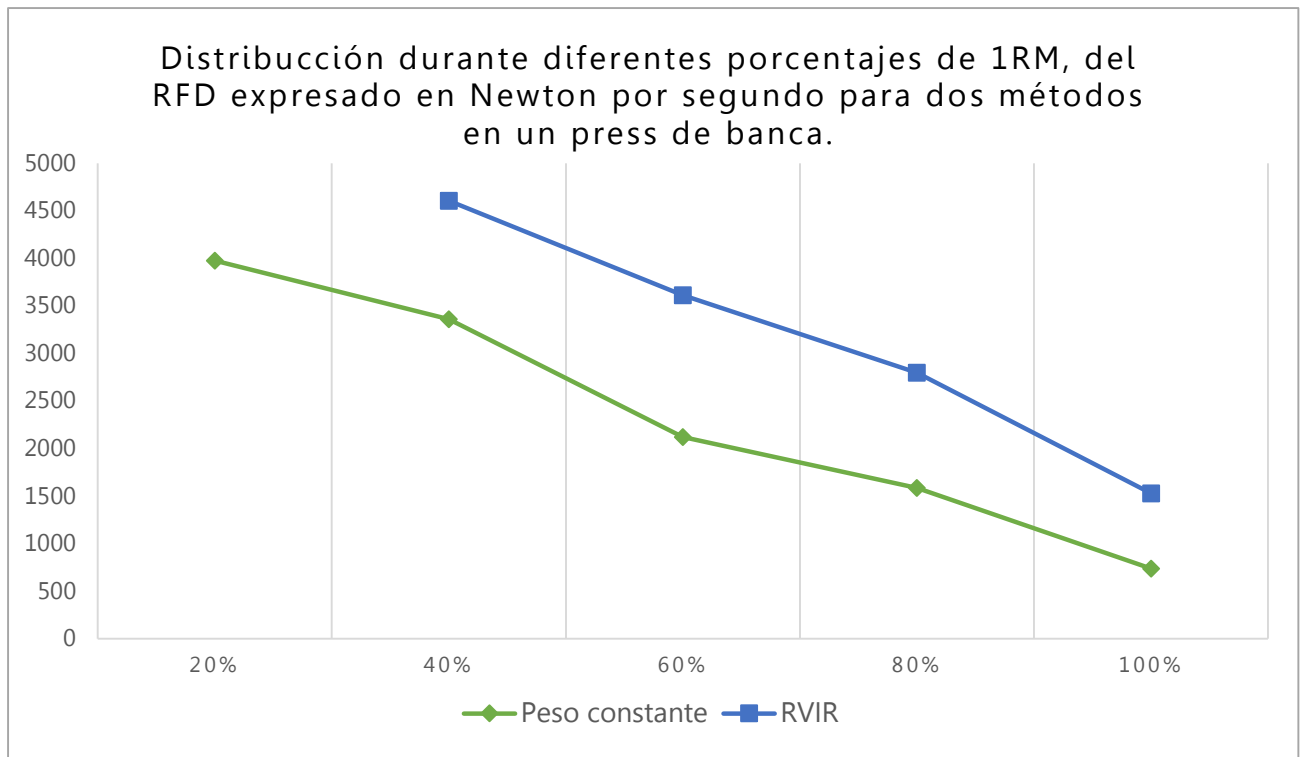


Figura 6.2.3. Representación gráfica del comportamiento del RFD sobre dos métodos de trabajo (constantes y RVIR) a diferentes intensidades de 1RM.



Variables cinéticas

Las variables cinéticas analizadas fueron, velocidad media, velocidad media propulsiva, velocidad máxima y aceleración máxima. En análisis estadístico muestra diferencias significativas para todos los porcentajes que utilizaron el método RVIR. Para la VM y VMP aparecen similares diferencias significativas en tres de los cuatro porcentajes 60% (0,005), 80% (0,001) y 100% (0,001). Para la variable aceleración máxima, se encuentran diferencias significativas para todos los porcentajes evaluados 40% (0,006), 60% (0,003), 80% (0,001) y 100% (0,011). Finalmente en el caso de la Velocidad Máxima, tan solo encuentra diferencias significativas para la 1RM. (0,017).

Velocidad media

Las diferencias significativas para la velocidad media aparecen a partir del 60% de la 1RM en adelante. Estas han sido igualmente confirmadas por el método de contraste para estos mismos porcentajes (Tabla 6.2.4). A su vez la velocidad media queda gráficamente comparada en la Figura 6.2.4.

Tabla 6.2.4. Análisis inferencial para la velocidad media entre dos métodos (RVIR vs. constante). Pruebas no paramétricas de rangos con signo de Wilcoxon y estadístico de contraste. Diferencias significativas ($p \leq 0,05$).

Velocidad media	40%	60%	80%	100%
Wilcoxon	0,125	0,005*	0,001*	0,001*
Estadístico contraste	0,035	0,001*	0,001*	0,000*

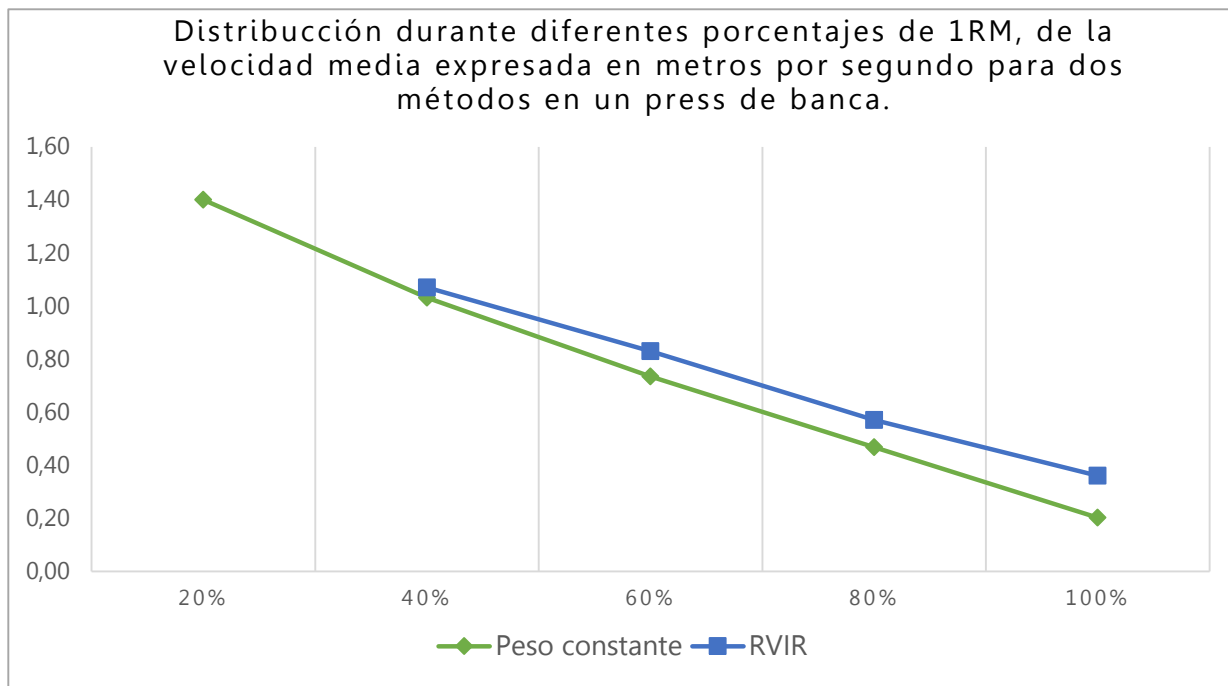


Figura 6.2.4. Representación gráfica del comportamiento de la velocidad media sobre dos métodos de trabajo (constantes y RVIR) a diferentes intensidades de 1RM.

Velocidad media propulsiva

En el caso de la velocidad media propulsiva, se han obtenido diferencias significativas a favor del método RVIR para todos los porcentajes superiores al 40%. En estos casos, las diferencias han sido igualmente confirmadas a través los estadísticos de contrastes (Tabla 6.2.5)

Tabla 6.2.5. Análisis inferencial la velocidad media propulsiva (VMP) entre dos métodos (RVIR vs constante). Pruebas no paramétricas de rangos con signo de Wilcoxon y estadístico de contraste. Diferencias significativas ($p \leq 0,05$).

VMP	40%	60%	80%	100%
Wilcoxon	0,112	0,005*	0,001*	0,001*
Estadístico contraste	0,035	0,001*	0,001*	0,000*

En la Figura 6.2.5 se representa gráficamente la distribución de la velocidad media propulsiva a lo largo de las cuatro intensidades evaluadas. Se aprecia como esta variable es cada vez ligeramente superior en el caso de la RVIR a medida que aumenta la carga externa.

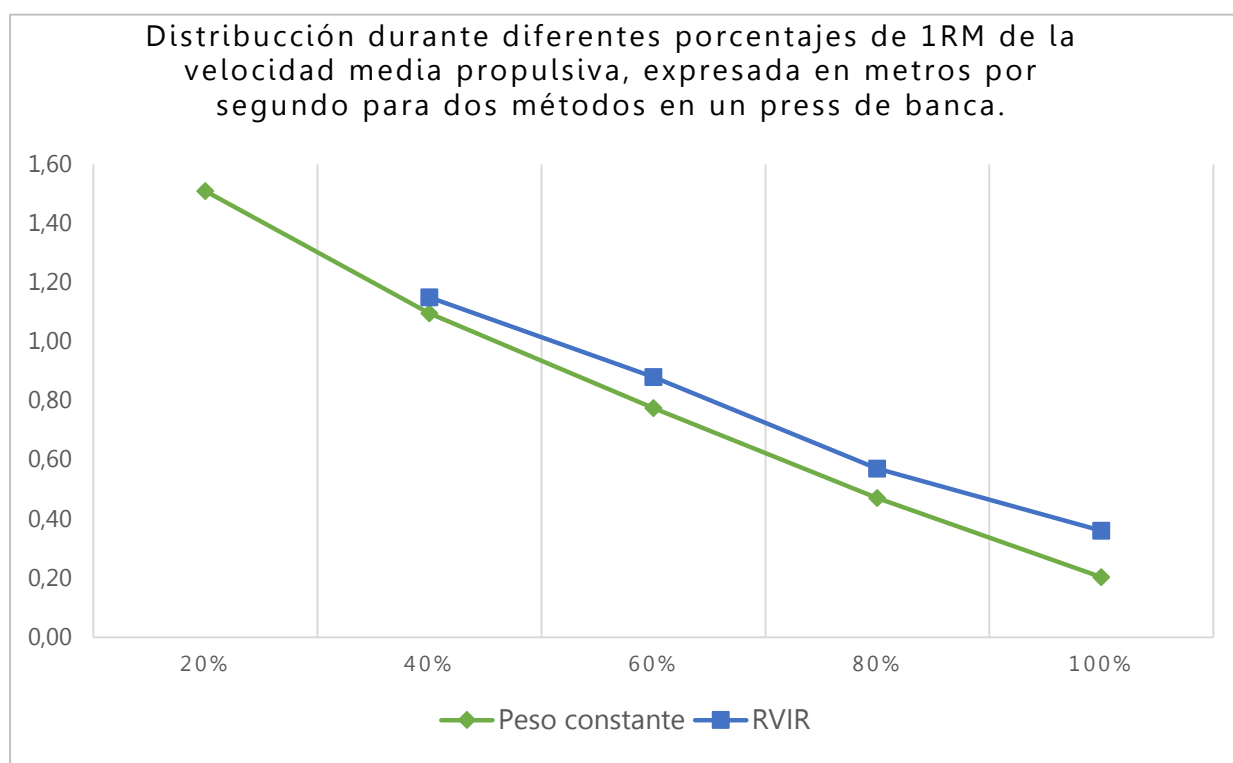


Figura 6.2.5. Representación gráfica del comportamiento de la velocidad media sobre dos métodos de trabajo (constantes y RVIR) a diferentes intensidades de 1RM

Velocidad máxima

En el análisis de la velocidad máxima aparecen diferencias significativas tan sólo en el 100% de la 1RM. Sin embargo estas diferencias no pueden ser confirmadas ya que el estadístico de contraste es mayor a 0,05 (Tablas 6.2.6)

Tabla 6.2.6. Análisis inferencial para la velocidad máxima entre dos métodos (RVIR vs. constante). Pruebas no paramétricas de rangos con signo de Wilcoxon y estadístico de contraste. Diferencias significativas ($p \leq 0,05$).

Velocidad máxima	40%	60%	80%	100%
Wilcoxon	0,281	0,865	0,730	0,017*
Estadístico contraste	0,607	1,000	0,424	0,118

Se muestra como en la gráfica de la Figura 6.2.6 la velocidad máxima es casi similar para los porcentajes por debajo del 100%. Será en la 1RM donde aparezcan diferencias a favor de los métodos de RVIR.

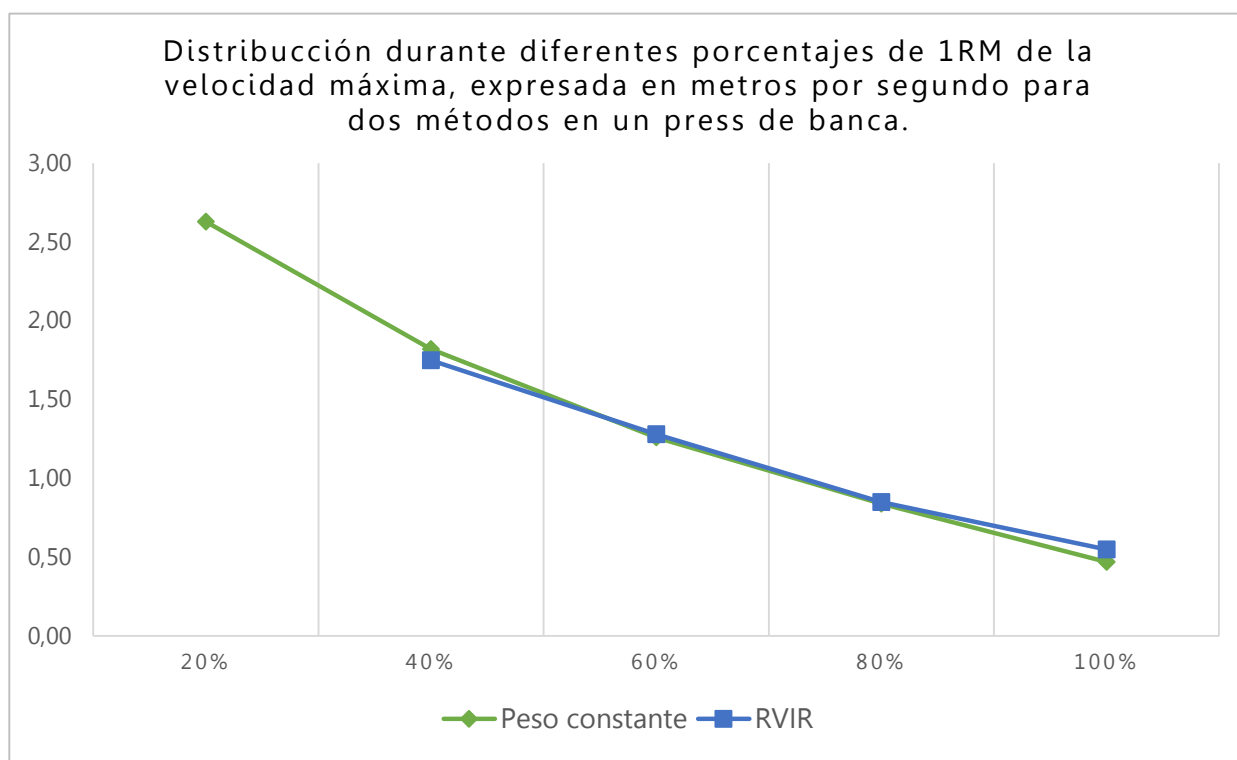


Figura 6.2.6. Representación gráfica del comportamiento de la velocidad máxima sobre dos métodos de trabajo (constantes y RVIR) a diferentes intensidades de 1RM

Aceleración máxima

La aceleración máxima encuentra significación ($p \leq 0.05$) para todos los porcentajes comparados a favor de los métodos de RVIR sobre los tradicionales constantes. Esos a su vez son confirmados por el estadístico de contrastes (Tabla 6.2.7)

Tabla 6.2.7. Análisis inferencial para la aceleración máxima entre dos métodos (RVIR vs. constante). Pruebas no paramétricas de rangos con signo de Wilcoxon y estadístico de contraste. Diferencias significativas ($p \leq 0.05$).

Aceleración máxima	40%	60%	80%	100%
Wilcoxon	0,006*	0,003*	0,001*	0,001*
Estadístico contraste	0,035*	0,007*	0,007*	0,007*

En la gráfica de la figura 6.2.7 se muestra como la aceleración máxima es siempre superior en todos los porcentajes en el caso de los métodos de RVIR. Sin embargo esta diferencia es menor a medida que el porcentaje de carga se acerca a la 1RM.

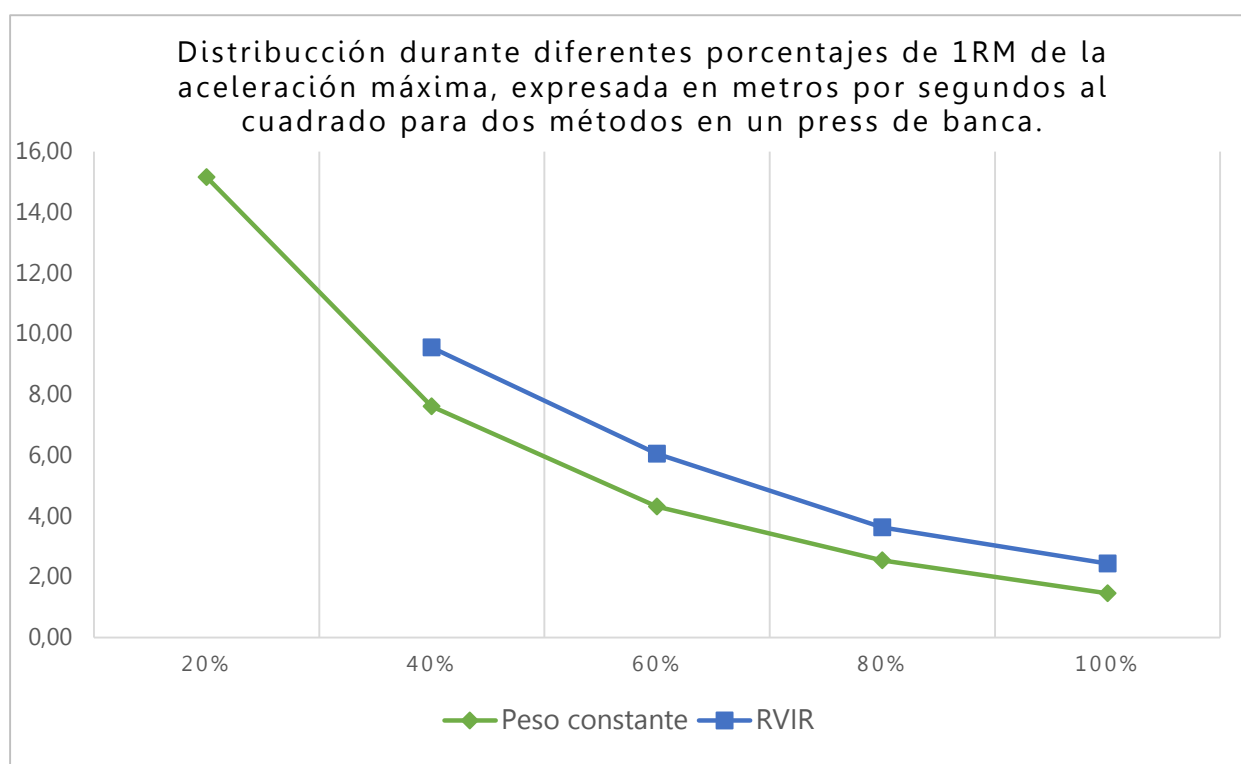


Figura 6.2.7. Representación gráfica del comportamiento de la aceleración máxima sobre dos métodos de trabajo (constantes y RVIR) a diferentes intensidades de 1RM



Variables de Potencia

Se analizaron como variables de potencia, la potencia media y la potencia máxima pico. En el caso de la potencia media se encontraron diferencias significativas para los porcentajes 80 y 100% (0,015 y 0,001). Sin embargo para la potencia máxima pico tan solo ocurre significación para la variable 100% (0,050).

Potencia media

La potencia media obtiene diferencias significativas para el método RVIR en el 80 y el 100% de 1RM. A su vez, esta diferenciación ha sido confirmada por el estadístico de contraste en ambos casos (Tablas 6.2.8)

Tabla 6.2.8. Análisis inferencial para la potencia media entre dos métodos (RVIR vs. constante). Pruebas no paramétricas de rangos con signo de Wilcoxon y estadístico de contraste. Diferencias significativas ($p \leq 0.05$).

Velocidad máxima	40%	60%	80%	100%
Wilcoxon	0,156	0,173	0,015*	0,001*
Estadístico contraste	0,035	0,035	0,035*	0,001*

La potencia media sigue una distribución curvilínea a lo largo de las intensidades evaluadas. Se observa en la Figura 6.2.8 como el método RVIR registra valores de fuerza superiores en todas las intensidades. Estas diferencias se incrementan a medida que

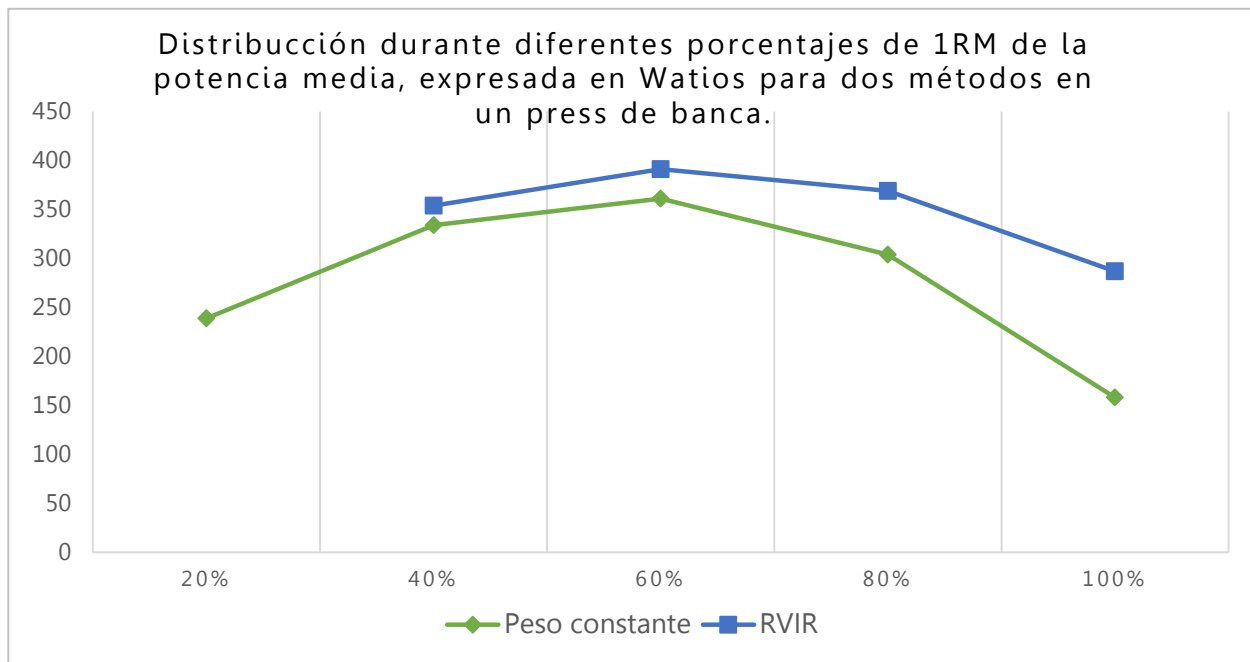


Figura 6.2.8. Representación gráfica del comportamiento de la potencia media sobre dos métodos de trabajo (constantes y RVIR) a diferentes intensidades de 1RM

Potencia máxima

Para la potencia máxima tan solo aparecen diferencias significativas en el 100% de la 1RM a favor de los métodos de RVIR tanto en la prueba de Wilcoxon como en el estadístico de contrastes, donde la significación se establece en ambos cuando $p \leq 0.05$ (Tabla 6.2.9)

Tabla 6.2.9. Análisis inferencial para la potencia máxima entre dos métodos (RVIR vs. constante). Pruebas no paramétricas de rangos con signo de Wilcoxon y estadístico de contraste. Diferencias significativas ($p \leq 0.05$).

Aceleración máxima	40%	60%	80%	100%
Wilcoxon	0,910	0,281	0,609	0,050*
Estadístico contraste	1,000	0,607	0,302	0,065*

En la gráfica de la figura 6.2.9 se observa como en la caso e la RVIR el descenso de la potencia máxima es lineal, aspecto que no sucede en los métodos constantes. Será tan solo al 100% de la 1RM donde aparezcan diferencias notables en la producción de potencia máxima.

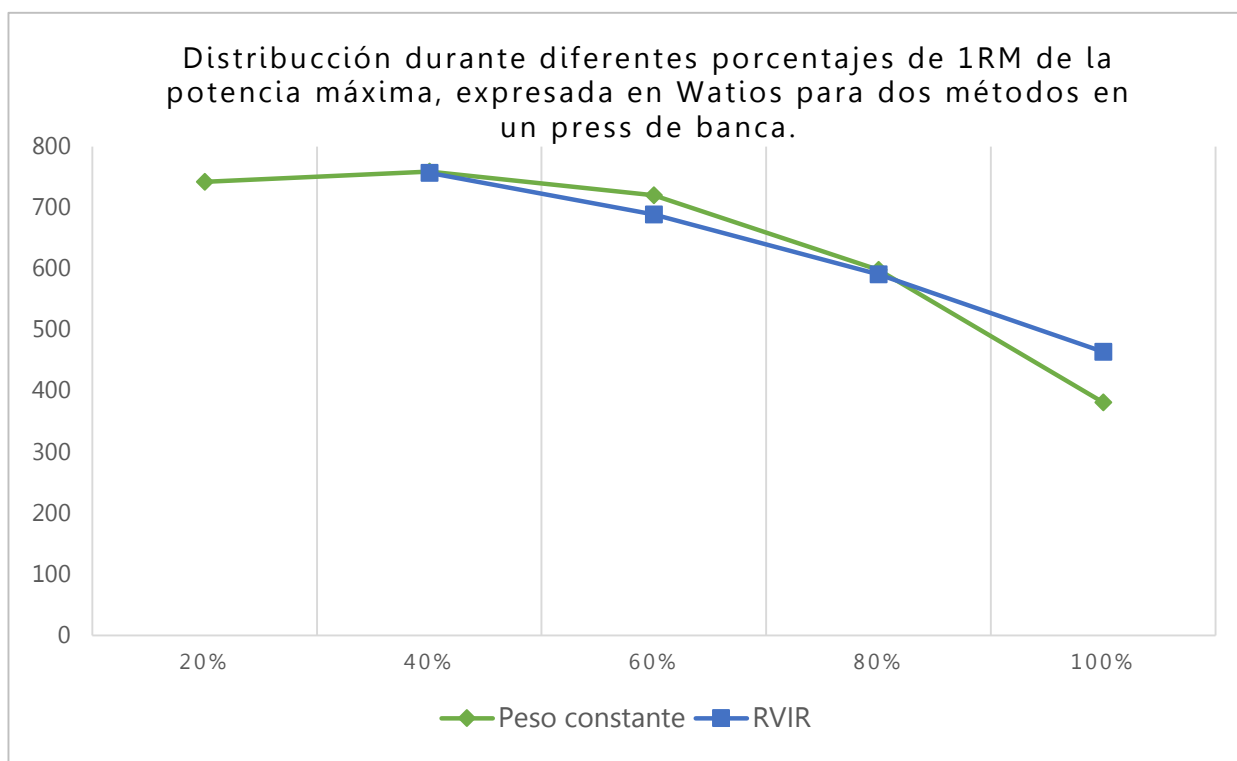


Figura 6.2.9. Representación gráfica del comportamiento de la potencia máxima sobre dos métodos de trabajo (constantes y RVIR) a diferentes intensidades de 1RM



Variables temporales

En este caso solo se analizó el tiempo transcurrido hasta alcanzar la velocidad máxima. Para esta variable se encontraron diferencias significativas para todos los porcentajes de referencias evaluados 40% (0,017), 60% (0,001), 80% (0,001) y 100% (0,001).

Tiempo hasta alcanzar la velocidad media

En esta caso se ha optado por analizar dentro las variables temporales, el tiempo hasta alcanzar la velocidad máxima donde se observan diferencias significativas para todos los porcentajes comparados (40, 60, 80 y 100% de 1RM). Estas diferencias han sido confirmadas para todos los porcentajes exceptuando el caso del 40% (Tabla 6.2.10).

Tabla 6.2.10. Análisis inferencial para el tiempo hasta alcanzar velocidad máxima (TV_{máx.}) entre dos métodos (RVIR vs. constante). Pruebas no paramétricas de rangos con signo de Wilcoxon y estadístico de contraste. Diferencias significativas ($p \leq 0.05$).

TV _{máx.}	40%	60%	80%	100%
Wilcoxon	0,017*	0,001*	0,001*	0,001*
Estadístico contraste	0,118	0,007*	0,000*	0,000*

Se representa gráficamente el comportamiento del tiempo hasta alcanzar la velocidad media en la Figura 6.2.10, en ella se muestra como al 100% la diferencia entre RVIR y constante es notable superior.

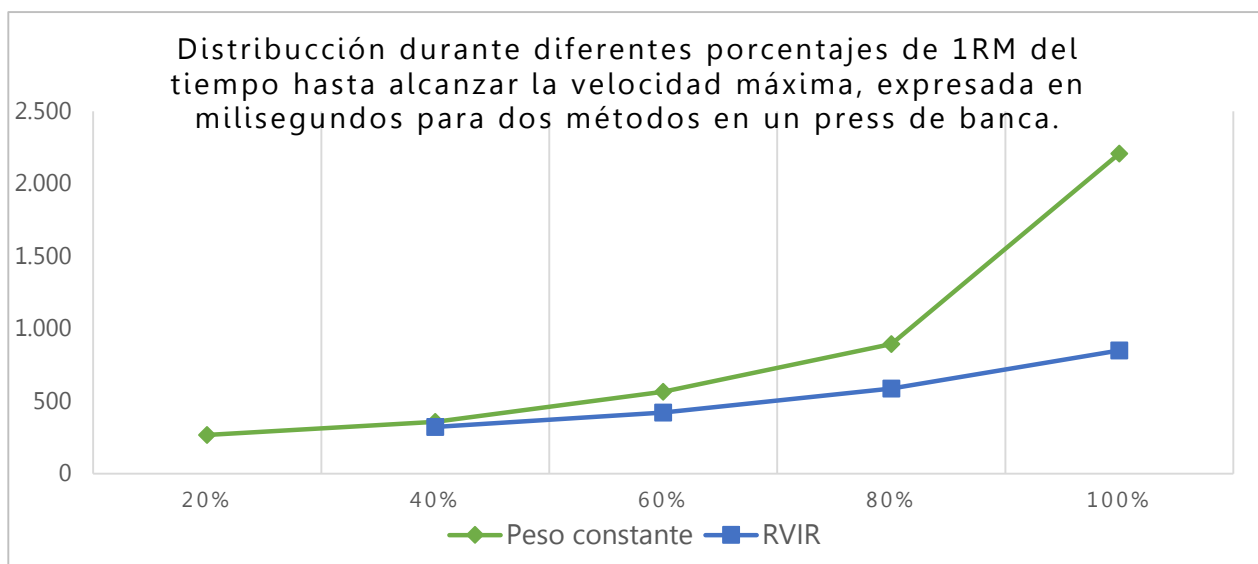


Figura 6.2.10. Representación gráfica del comportamiento del tiempo hasta alcanzar la velocidad máxima sobre dos métodos de trabajo (constantes y RVIR) a diferentes intensidades de 1RM

RPE

Se evaluó la percepción subjetiva del esfuerzo, encontrando diferencias significativas para las cuatro porcentajes 40% (0,004), 60% (0,001), 80% (0,024), 100% (0,011). Esta significación ha sido contrastada para estos mismos porcentajes (Tabla 6.2.11)

Tabla 6.2.11. Análisis inferencial para el tiempo hasta alcanzar velocidad máxima (TV_{máx.}) entre dos métodos (RVIR vs. constante). Pruebas no paramétricas de rangos con signo de Wilcoxon y estadístico de contraste. Diferencias significativas ($p \leq 0.05$).

TV _{máx.}	40%	60%	80%	100%
Wilcoxon	0,004	0,001	0,024	0,011
Estadístico contraste	0,003	0,000	0,065	0,012

La percepción subjetiva del esfuerzo queda representada en la Figura 6.2.11, en la que se aprecia como esta siempre es inferior en todos los porcentajes evaluados donde el método era con RVIR.

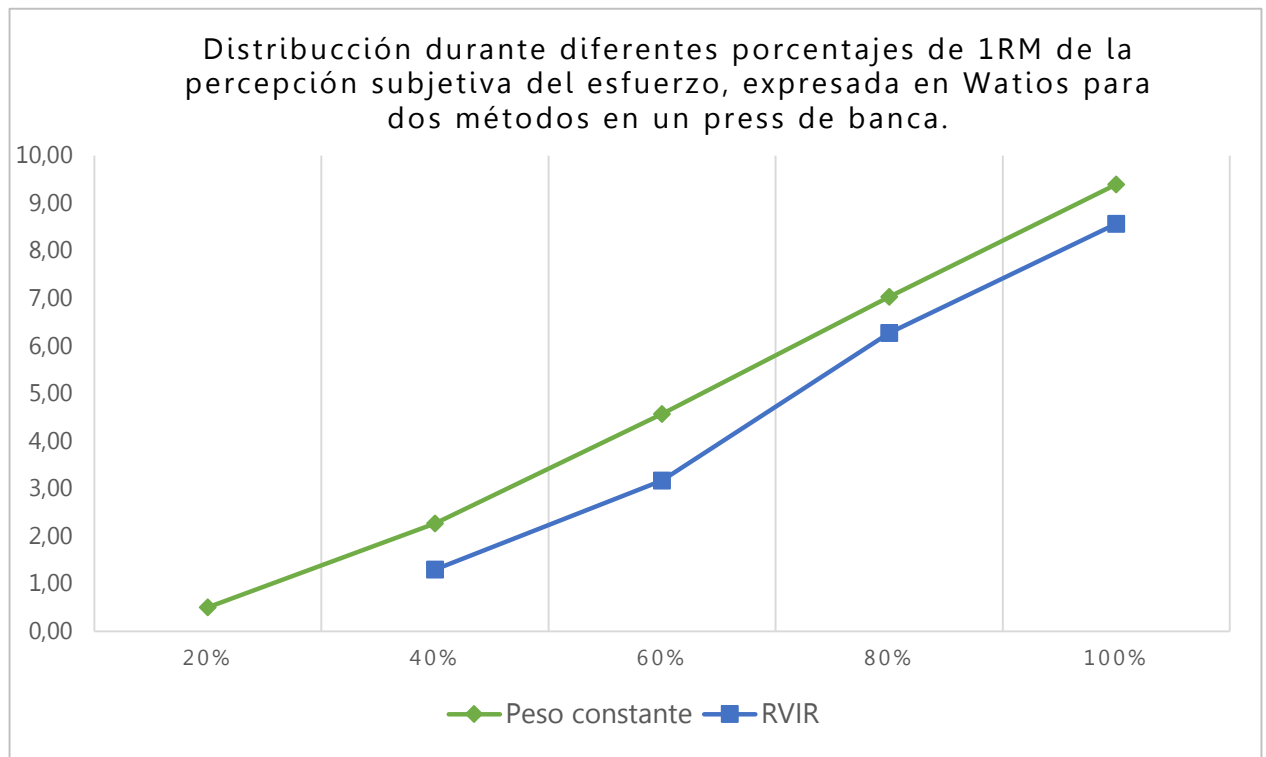


Figura 6.2.11. Representación gráfica del comportamiento de la percepción subjetiva del esfuerzo sobre dos métodos de trabajo (constantes y RVIR) a diferentes intensidades de 1RM.



Parte IV.

Discusión, conclusiones,
limitaciones, perspectivas de
futuro y aplicaciones prácticas.

Parte IV.

Discusión, conclusiones, limitaciones, perspectivas de futuro y aplicaciones prácticas.

Capítulo VII

- **Discusión general de los resultados.**
- Conclusiones obtenidas.
- Limitaciones encontradas en la investigación.
- Perspectivas de futuros.
Investigaciones por hacer.
- Aplicaciones prácticas.

En la presente investigación se analizaron descriptivamente diferentes variables cinéticas, de fuerza, potencia, perceptivas y temporales relativas a la ejecución de un press de banca. El análisis descriptivo muestra el comportamiento de estas variables a diferentes porcentajes o intensidades de 1RM para un PBT con dos métodos (RC y RVIR) y la subsiguiente relación entre ambas. En el cálculo del análisis descriptivo se registraron, para su estudio en la repetición de cada serie, qué valores hubieron obtenido.

Los resultados presentados nos pueden ayudar a conocer de forma más precisa el comportamiento de las variables que intervienen en la ejecución de PBT. El conocimiento sobre el aumento o descenso en los valores para diferentes intensidades, ayudará a la mejor planificación y organización de las sesiones de entrenamiento, de tal modo que garantice una mayor precisión en la consecución de los objetivos programados (Kristen et al., 2004).

A nivel descriptivo el principal objetivo de este estudio fue comprobar y analizar el comportamiento de las diferentes variables (cinéticas, de fuerza, perceptivas y temporales) en la ejecución de un gesto estandarizado (PB) a través de métodos que provocan un cambio de la resistencia externa durante la propia realización del ejercicio (métodos RVIR).

Desde una perspectiva inferencial, el objetivo principal de esta investigación ha sido analizar las diferencias en las variables de fuerza, cinéticas, potencia y perceptivas, entre los métodos tradicionales de entrenamiento y los métodos con resistencia variable intra repetición (RVIR). Se estudió a nivel estadístico descriptivo el comportamiento de las variables para cada método y para cada uno de los porcentajes de la 1RM propuestos (40%-60%-80% y 100%). Posteriormente se realizó un análisis estadístico a partir del cual estimar posibles diferencias significativas entre los métodos para cada variable y cada porcentaje evaluado. Diferentes autores han realizado estudios longitudinales comparando un proceso de entrenamiento tradicional con RVIR (Anderson, Sforzo, & Sigg, 2008; Bellar et al., 2011; Cronin, McNair, & Marshall, 2003; Ghigiarelli et al., 2009; McCurdy, Langford, Ernest, Jenkerson, & Doscher, 2009; Rhea, Kenn, & Dermody, 2009; Shoepe et al., 2011). Los resultados de estos estudios revelan mejoras en alguna de las variables estudiadas para los sujetos entrenados con métodos RVIR en comparación a los tradicionales a través de una programación de al menos siete semanas. Por tanto la justificación de este estudio se da en el hecho de analizar el comportamiento de estas variables a diferentes intensidades para ambos métodos, de esta forma se pretende

conocer cuáles podrían ser los motivos que provocan estas mejoras en los registros de fuerza dinámica máxima en las investigaciones precedentes. Sin embargo existe también la teoría que los beneficios a largo plazo que producen los RVIR pueden estar justificado por el hecho de producirse un reclutamiento de fibras diferente que pueden contribuir a una adaptación neuromuscular distinta durante el periodo de entrenamiento (Anderson et al., 2008).

Matizar que todas las diferencias significativas encontradas en este trabajo son a favor de los métodos RVIR. En ningún caso han aparecido diferencias significativas a favor de los métodos tradicionales con resistencia externa constante.

La metodología de RVIR difiere respecto a los métodos tradicionales de entrenamiento de la fuerza en que la resistencia externa varía dentro de la propia repetición. Esto sucede tanto en fase concéntrica (aumenta la resistencia), como en fase excéntrica (disminuye la resistencia). Tal y como defendía Swinton et al., 2009, el motivo por el cual se ha establecido la tradición del uso de las cadenas y las bandas elásticas como métodos de RVIR, se debe a que estos dos métodos son los que más resguardo científico han tenido y sobre los que más investigaciones se han realizado. Hay que tener en cuenta que, tanto un dispositivo de banda elástica como el de las cadenas, tienen un precio asequible y de fácil manejo en comparación con otros dispositivos. Esto sumado a las evidencias existentes sobre las mejoras del rendimiento que producen estos métodos, están haciendo que cada vez sean más populares y comunes (Page & Ellenbecker, 2003).

Los numerosos estudios que se han basado de una u otra manera en las técnicas de RVIR, han dejado grandes reseñas para explicar los motivos por los cuales sería positiva la inclusión de los métodos de RVIR en las rutinas de entrenamiento. Hay suficientes evidencias científicas para poder asegurar que este tipo de entrenamiento supone una mayor y rápida mejora en comparación con los habituales entrenamientos que tan solo utilizan PL (Anderson, Sforzo, & Sigg, 2008; Bellar et al., 2011; Cronin, McNair, & Marshall, 2003; Ghigiarelli et al., 2009; McCurdy, Langford, Ernest, Jenkerson, & Doscher, 2009; Rhea, Kenn, & Dermody, 2009; Shoepe et al., 2011). Las teorías que defenderían el uso de estos métodos, podrían abarcar aspectos como que el músculo trabaja en su máxima capacidad durante una muy pequeña porción de tiempo en una repetición dinámica (Frost et al., 2010). Por tanto a través de una repetición donde la carga va variando progresivamente de intensidad, sucederá un mayor número de estímulos. En suma, sobre esta teoría Behm & Sale, (1993) comentan que uno de los aspectos más importantes que mejoran el desarrollo de la fuerza, sería entre otros, los esfuerzos físicos destinados a

acelerar una carga. Por su parte Anderson et al. (2008) defienden que ambas teorías son condiciones implícitas en un entrenamiento que incluya método de RVIR. Estos autores aseguran que si entrenamos la fuerza de formas diferentes, cada forma diferente de entrenamiento supondrá una adaptación neuromuscular diferente y específica para ese tipo de entrenamiento. En relación a la demanda muscular, se ha demostrado que para facilitar la máxima participación neuro-muscular, la resistencia debe ser variada a lo largo de la propia fase de contracción del músculo. Es decir durante la propia repetición la carga deberá ir variando (Frost et al., 2010). Todos estos son factores que se esperan encontrar en los métodos de RVIR.

Son muchos los estudios que defienden las virtudes los métodos RVIR por las adaptaciones neurales que estos producen (Anderson et al. 2008; Bellar et al., 2011; McCurdy et al., 2009; Rhea et al., 2009; Ghigiarelli et al., 2009; Cronin et al., 2003; Shoepe et al., 2011). Algunas de estas mejoras significativas podrían deberse a los estímulos nuevos que propician adaptaciones positivas en la forma física en periodos de meseta (Anderson et al., 2009). Por su parte, Bellar et al. (2011) defienden que utilizar un PRV de un 15% produce cambios en el patrón de producción de fuerza durante el gesto deportivo dejando de ser un movimiento isotónico y produciendo unas adaptaciones neurales positivas.

En relación al ciclo estiramiento-acortamiento que sucede en el músculo a la hora de realizar métodos de RVIR hay indicios de que este ciclo se manifiesta en mayor medida como producto de las mayores resistencias finales en la fase concéntrica e iniciales en la fase excéntrica. Esto se debe a que será en estos momentos donde se muestra una mayor actividad EMG produciendo un aumento de la velocidad y los niveles de fuerza y potencia durante la repetición en su fase concéntrica (Baker & Newton, 2009; Israetel et al., 2010; Rhea et al., 2009; Palmer, 2011).

Otro factor fundamental a tener en cuenta es la relación entre la longitud y la tensión que se manifiesta de forma diferente en los métodos de RVIR en comparación a los PL. La adhesión de una banda o una cadena podría ser causa de un aumento en la tensión en determinados ángulos de las articulaciones, donde la producción de fuerza es más ventajosa (Elliott et al., 1989). Bellar et al., (2011) añadían que si a esto le sumamos que esta tensión de más es producida por un componente elástico, habrá cambios constantes en el patrón de producción de fuerza durante el levantamiento, que potencialmente podría causar aún mayores adaptaciones. En definitiva como comentan Wallace et al.(2006) los músculos se encuentran más tiempo cerca de su mejor relación "longitud-tensión" en la fase concéntrica y por tanto son capaces de generar niveles más altos de fuerza. A su vez obtendrá una mayor ventaja mecánica aumentando la resistencia externa.

Por otro lado el trabajo con método de RVIR provocará esta suavización del SP que permitirá el entrenamiento en una posición más ventajosa en relación a los ángulos de las articulaciones (Elliott et al., 1989).

McMaster et al. (2009) matizan que la aceleración inicial y el reclutamiento muscular se incrementan a través del entrenamiento con RVIR. Todo esto tendrá como consecuencia una mayor activación muscular a lo largo de la propia repetición, creando una mayor demanda muscular. La esencia del trabajo con métodos de RVIR en lo relativo a la cinética y la cinemática parece residir en una mayor velocidad y aceleración en la fase concéntrica, sobre todo en su fase final (Aboodarda et al., 2012; Coker et al., 2006; Swinton et al., 2011). De esta forma se le permite al ejecutor llegar a la máxima fase de fuerza con una mayor velocidad. Respecto a la fase excéntrica parece claro que el uso de RVIR va a provocar una mayor activación del ciclo estiramiento-acortamiento, debido en parte a las mayores aceleraciones que se producen durante la propia fase.

Las investigaciones revisadas nos han llevado a la conclusión de que el entrenamiento de la fuerza con métodos de RVIR es un método efectivo para cualquier tipo de población ya que se produce una mejora de la fuerza a nivel neural, producida por un estímulo nuevo externo a la par que un menor daño articular producido por una carga externa aculada menor.

Las teorías que defenderían el uso de estos métodos para todas las poblaciones, abarcan aspectos como que el uso de los RVIR produce en el músculo un trabajo en su máxima capacidad durante una mayor porción de tiempo. Esta condición repercute en la mejora de los niveles de fuerza tanto de una población entrenada como en las recreacionales.

Anderson et al. (2008), demostraron aumentos significativos en la 1RM tanto para el ejercicio de press de banca, como para el squat o sentadilla para los grupos entrenados con RVIR respecto a los tradicionales. Este estudio fue llevado a cabo con atletas entrenados los cuales, al finalizar el periodo de entrenamiento, no experimentaron un incremento en la sección transversal del músculo, por lo que se sugiere que hubo mejoras a nivel neural provocadas por este nuevo estímulo o forma de entrenamiento. La RVIR tienen la capacidad de proporcionar estímulos nuevos que propician adaptaciones positivas en la forma física en poblaciones expertas. Estas adaptaciones ante una RVIR pueden provocar que el músculo sea estimulado de una forma diferente a la habitual, produciendo por tanto una mejora a nivel neural, que se traduce finalmente en la producción de una mayor fuerza máxima (Anderson et al. 2008; Bellar et al., 2011;

McCurdy et al., 2009; Rhea et al., 2009; Ghigiarelli et al., 2009; Cronin et al., 2003; Shoepe et al., 2011).

Otra forma de explicar los incrementos en la fuerza máxima que produce el entrenamiento con RVIR, podría estar explicado por el aumento de la tensión muscular en aquellas zonas del ROM que biomecánicamente son más favorables y paralelamente una disminución de la resistencia externa en las áreas donde existe una pérdida mecánica (Elliott et al., 1989). De esta forma el trabajo con RVIR produce una ventaja biomecánica sobre los métodos tradicionales constantes que tiene como consecuencia el poder desplazar a mayor velocidad cargas más altas. Esta condición favorece la adaptación al método de todo tipo de usuarios, preparados o no, ya que entre otras cosas, el posible daño articular se reduce.

Los métodos de RVIR se entiende como un nuevo estímulo que permite que tanto atletas de alto nivel como sujetos no entrenados consigan adaptaciones en su capacidad funcional de forma más rápida y eficaz, que aquellos que entrenan de manera tradicional (Soria-Gila et al. 2015). Estos mismos autores, en el metanálisis presentado anteriormente, analizaron estudios donde los sujetos no entrenados (con una experiencia inferior a 12 meses en el trabajo de fuerza con resistencias externas) y en sujetos entrenados (con experiencia mayor a 2 años), siguieron un periodo de entrenamiento prolongado (>7 semanas). Los resultados mostraron como ambas poblaciones obtuvieron diferencias significativas respecto al entrenamiento de la fuerza tradicional constante por lo que se tienen evidencias científicas de lo beneficiosos que son los métodos de RVIR para la mejora de la fuerza y la potencia en todo tipo de poblaciones.

Los resultados presentados en el metanálisis de Soria-Gila et al., 2015 demuestran cómo el entrenamiento de la fuerza con métodos de RVIR es un método capaz de producir diferencias significativas sobre la fuerza máxima, en comparación con los métodos tradicionales de fuerza. La medición del efecto del entrenamiento RVIR respecto al constante se realizó en estudios con sujetos no entrenados (con una experiencia inferior a 12 meses en el trabajo de fuerza con resistencias externas) y con sujetos entrenados (con experiencia mayor a 2 años). Tras los análisis realizados, los resultados mostraron que en el entrenamiento con RV, durante un periodo de entrenamiento prolongado (>7 semanas), las ganancias de la fuerza máxima aumentaron muy significativamente ($p < 0.0001$) en comparación a las obtenidas con el programa de entrenamiento tradicional.



Este metanálisis demuestra con evidencia científica el beneficio de usar métodos de RVIR para el entrenamiento de la fuerza. Estos métodos resulta una forma efectiva de mejorar los niveles de fuerza máxima en todo tipo de usuarios.

La metodología de RVIR difiere respecto a los métodos tradicionales de entrenamiento de la fuerza en que la resistencia externa varía dentro de la propia repetición. Esto sucede tanto en fase concéntrica (aumenta la resistencia), como en fase excéntrica (disminuye la resistencia). Como defendían Swinton et al., 2009, el motivo por el cual se ha establecido la tradición del uso de las cadenas y las bandas elásticas como métodos de RVIR al precio asequible y de fácil manejo en comparación con otros dispositivos. Esto sumado a las evidencias existentes sobre las mejoras del rendimiento que producen estos métodos, están haciendo que cada vez sean más populares y comunes (Page & Ellenbecker, 2003).

Los numerosos estudios que se han basado de una u otra manera en las técnicas de RVIR, han dejado grandes reseñas para explicar los motivos por los cuales sería positiva la inclusión de los métodos de RVIR en las rutinas de entrenamiento. Hay suficientes evidencias científicas para poder asegurar que este tipo de entrenamiento supone una mayor y rápida mejora en comparación con los habituales entrenamientos que tan solo utilizan PL (Anderson, Sforzo, & Sigg, 2008; Bellar et al., 2011; Cronin, McNair, & Marshall, 2003; Ghigiarelli et al., 2009; McCurdy, Langford, Ernest, Jenkerson, & Doscher, 2009; Rhea, Kenn, & Dermody, 2009; Shoepe et al., 2011).. Las teorías que defenderían el uso de estos métodos, podrían abarcar aspectos como que el músculo trabaja en su máxima capacidad durante una muy pequeña porción de tiempo en una repetición dinámica (Frost et al., 2010). Por tanto a través de una repetición donde la carga va variando progresivamente en intensidad, sucederá un mayor número de estímulos. En suma, sobre esta teoría Behm & Sale, (1993) comentan que uno de los aspectos más importantes que mejoran el desarrollo de la fuerza, sería entre otros, los esfuerzos físicos destinados a acelerar una carga. Por su parte Anderson et al. (2008) defienden que ambas teorías son condiciones implícitas en un entrenamiento que incluya método de RVIR y aseguran que si entrenamos la fuerza de formas diferentes, cada forma diferente de entrenamiento supondrá una adaptación neuromuscular diferente y específica para ese tipo de entrenamiento. En relación a la demanda muscular se ha demostrado que, para facilitar la máxima participación neuro-muscular, la resistencia debe ser variada a lo largo de la propia fase de contracción del músculo. Es decir durante la propia repetición la carga deberá ir variando (Frost et al., 2010). Todos estos son factores que se esperan encontrar en los métodos de RVIR.

Son muchos los estudios que defienden las virtudes los métodos RVIR por las adaptaciones neurales que estos producen (Anderson et al. 2008; Bellar et al., 2011; McCurdy et al., 2009; Rhea et al., 2009; Ghigiarelli et al., 2009; Cronin et al., 2003; Shoepe et al., 2011). Parte de estas mejoras significativas podrían estar explicadas por lo estímulos nuevos que propician adaptaciones positivas en la forma física en periodos de meseta (Anderson et al., 2009). Bellar et al. (2011) defienden que utilizar un PRV de un 15% produce cambios en el patrón de producción de fuerza durante el gesto deportivo, dejando de ser un movimiento isotónico y produciendo unas adaptaciones neurales positivas.

En relación al ciclo estiramiento-acortamiento que sucede en el músculo a la hora de realizar métodos de RVIR hay indicios de que este ciclo se manifiesta en mayor medida como producto de las mayores resistencias finales en la fase concéntrica e iniciales en la fase excéntrica. Esto se debe a que será en estos momentos donde se muestra una mayor actividad EMG produciendo un aumento de la velocidad y los niveles de fuerza y potencia durante la repetición en su fase concéntrica (Baker & Newton, 2009; Israetel et al., 2010; Rhea et al., 2009; Palmer, 2011).

Otro factor fundamental a tener en cuenta es la relación en la longitud y la tensión que se manifiesta diferente en los métodos de RVIR en comparación a los PL. La adhesión de una banda o una cadena podría ser causa de un aumento en la tensión en determinados ángulos de las articulaciones, donde la producción de fuerza es más ventajosa (Elliott et al., 1989). Bellar et al., (2011) añaden que si a esto le sumamos que esta tensión de más es producida por un componente elástico, habrá cambios constantes en el patrón de producción de fuerza durante el levantamiento que potencialmente podría causar aún mayores adaptaciones. En definitiva como comentan Wallace et al.(2006) los músculos se encuentran más tiempo cerca de su mejor relación "longitud-tensión" en la fase concéntrica y por tanto son capaces de generar niveles más altos de fuerza. A su vez obtendrá una mayor ventaja mecánica aumentando la resistencia externa. Por otro lado el trabajo con método de RVIR provocará esta suavización del SP que permitirá el entrenamiento en una posición más ventajosa en relación a los ángulos de las articulaciones (Elliott et al., 1989).

McMaster et al. (2009) matizan que la aceleración inicial y el reclutamiento muscular se incrementan a través del entrenamiento con RVIR. Todo esto tendrá como consecuencia una mayor activación muscular a lo largo de la propia repetición. La esencia del trabajo con métodos de RVIR en lo relativo a la cinética y la cinemática parece residir en una mayor velocidad y aceleración en la fase concéntrica, sobre todo en su fase final (Aboodarda et al., 2012; Coker et al., 2006; Swinton et al., 2011). De esta forma se le



permite al ejecutor llegar a la máxima fase de fuerza con una mayor velocidad. Respecto a la fase excéntrica parece claro que el uso de RVIR va a provocar una mayor activación del ciclo estiramiento-acortamiento, debido en parte a las mayores aceleraciones que se producen durante la propia fase.

Las investigaciones revisadas nos han llevado a la conclusión de que el entrenamiento de la fuerza con métodos de RVIR es un método efectivo para cualquier tipo de población ya que se produce una mejora de la fuerza a nivel neural, producida por un estímulo nuevo externo a la par que un menor daño articular producido por una carga externa aculada menor.

Las teorías que defenderían el uso de estos métodos para todas las poblaciones abarcan aspectos como que el uso de los RVIR produce en el músculo un trabajo en su máxima capacidad durante una mayor porción de tiempo. Esta condición repercute en la mejora de los niveles de fuerza tanto de una población entrenada como en las recreacionales.

Anderson et al. (2008), demostraron aumentos significativos en la 1RM tanto para el ejercicio de press de banca como para el squat o sentadilla para los grupos entrenados con RVIR respecto a lo tradicionales. Este estudio fue llevado a cabo con atletas entrenados, los cuales al finalizar el periodo de entrenamiento no experimentaron un incremento en la sección transversal del músculo, por lo que se sugiere que hubo mejoras a nivel neural provocadas por este nuevo estímulo o forma de entrenamiento. La RVIR tiene la capacidad de proporcionar estímulos nuevos que propician adaptaciones positivas en la forma física en poblaciones expertas. Estas adaptaciones ante una RVIR pueden provocar el hecho de que el músculo sea estimulado de una forma diferente a la habitual, produciendo por tanto una mejora a nivel neural, que se traduce finalmente en la producción de una mayor fuerza máxima (Anderson et al. 2008; Bellar et al., 2011; McCurdy et al., 2009; Rhea et al., 2009; Ghigiarelli et al., 2009; Cronin et al., 2003; Shoepe et al., 2011).

Otra forma de explicar los incrementos en la fuerza máxima que produce el entrenamiento con RVIR, podría estar en el aumento de la tensión muscular en aquellas zonas del ROM que biomecánicamente son más favorables y paralelamente una disminución de la resistencia externa en las áreas donde existe una pérdida mecánica (Elliott et al., 1989). De esta forma el trabajo con RVIR produce una ventaja biomecánica sobre los métodos tradicionales constantes que tiene como consecuencia el poder desplazar a mayor velocidad cargas más altas. Esta condición favorece la adaptación al

método de todo tipo de usuarios, preparados o no, ya que entre otras cosas, el posible daño articular se reduce.

Los métodos de RVIR se entienden como un nuevo estímulo que permite que, tanto atletas de alto nivel como sujetos no entrenados, consigan adaptaciones en su capacidad funcional de forma más rápida y eficaz que aquellos que entrenan de manera tradicional (Soria-Gila et al. 2015). Estos mismos autores en el metanálisis presentado anteriormente, analizaron estudios donde los sujetos no entrenados (con una experiencia inferior a 12 meses en el trabajo de fuerza con resistencias externas) y en sujetos entrenados (con experiencia mayor a 2 años), siguieron un periodo de entrenamiento prolongado (>7 semanas). Los resultados mostraron cómo ambas poblaciones obtuvieron diferencias significativas respecto al entrenamiento de la fuerza tradicional constante por lo que se tienen evidencias científicas de lo beneficiosos que son los métodos de RVIR para la mejora de la fuerza y la potencia en todo tipo de poblaciones.

Los resultados presentados en el metanálisis de Soria-Gila et al., 2015 demuestran como el entrenamiento de la fuerza con métodos de RVIR en un método capaz de producir diferencias significativas sobre la fuerza máxima, en comparación con los métodos tradicionales de fuerza. La medición del efecto del entrenamiento RVIR respecto al constante se realizó con estudios donde los sujetos no entrenados (con una experiencia inferior a 12 meses en el trabajo de fuerza con resistencias externas) y en sujetos entrenados (con experiencia mayor a 2 años). Tras los análisis realizados los resultados mostraron que el entrenamiento con RV durante un periodo de entrenamiento prolongado (>7 semanas), las ganancias de la fuerza máxima aumentaron muy significativamente ($p < 0.0001$) comparadas a las obtenidas con el programa de entrenamiento tradicional.

Este metanálisis demuestra con evidencia científica el beneficio de usar métodos de RVIR para el entrenamiento de la fuerza. Estos métodos resultan una forma efectiva de mejorar los niveles de fuerza máxima en todo tipo de usuarios.

En la presente investigación se analizaron descriptivamente diferentes variables cinéticas, de fuerza, potencia, perceptivas y temporales relativas a la ejecución de un press de banca. El análisis descriptivo muestra el comportamiento de estas variables a diferentes porcentajes o intensidades de 1RM para un PBT con dos métodos (RC y RVIR) y la subsiguiente relación entre ambas. En el cálculo del análisis descriptivo se registraron para su estudio la repetición en cada serie de los valores más altos obtenidos.



Uno de los propósitos de esta investigación, radica en describir las diferentes variables que forman parte del PBT, sus efectos agudos con diferentes porcentajes de carga, y a su vez relacionar entre si estas variables en búsqueda de explicar las posibles diferencias constatadas cuando el press de banca se realiza a diferente intensidades.

Existe un gran número de variables a controlar y gestionar en la planificación de un entrenamiento orientado a la mejora de la fuerza y/o la potencia. El número de series totales, las repeticiones, el descanso entre series, el orden de los ejercicios, la velocidad de ejecución, el porcentaje de trabajo de un 1RM. Todas estas variables están destinadas a cuantificar la intensidad y el volumen de un entrenamiento (Cornie, McGuian, y Newton, 2011). Conocer el comportamiento entre los factores internos que componen el press de banca, hará que la gestión en la especificidad de la carga y de la velocidad a la hora de planificar los programas de entrenamiento ayude a conseguir, en la mayor medida posible, los objetivos pretendidos. Según Uchida et al. (2009) la realización de un PBT a velocidad máxima requiere de un periodo más largo de recuperación a nivel neuromuscular, por lo que es fundamental conocer cómo evolucionará esta variable ($V_{m\acute{a}x}$) según aumente la carga externa, ya que de esta forma podemos producir adaptaciones de forma más precisa.

Los resultados obtenidos nos pueden ayudar a conocer de forma más precisa el comportamiento de las variables que intervienen en la ejecución de PBT. El conocimiento sobre el aumento o descenso en los valores para diferentes intensidades ayudará a la mejor planificación y organización de las sesiones de entrenamiento, de tal modo que garantice una mayor precisión en la consecución de los objetivos programados (Kristen et al., 2004).

Desde una perspectiva inferencial el objetivo principal de esta investigación fue el analizar las diferencias en las variables de fuerza, cinéticas, potencia y perceptivas entre los métodos tradicionales de entrenamiento y los métodos con resistencia variable intra repetición (RVIR). Se estudió a nivel estadístico descriptivo el comportamiento de las variables para cada método y para cada uno de los porcentajes de la 1RM propuestos (40%-60%-80% y 100%). Posteriormente se realizó un análisis estadístico donde estimar posibles diferencias significativas entre los métodos para cada variable y cada porcentaje evaluado. Diferentes autores han realizado estudios longitudinales comparando un proceso de entrenamiento tradicional con RVIR (Anderson, Sforzo, & Sigg, 2008; Bellar et al., 2011; Cronin, McNair, & Marshall, 2003; Ghigiarelli et al., 2009; McCurdy, Langford,

Ernest, Jenkerson, & Doscher, 2009; Rhea, Kenn, & Dermody, 2009; Shoepe et al., 2011). Los resultados de estos estudios obtuvieron mejoras en alguna de las variables estudiadas para los sujetos entrenados con métodos RVIR en comparación a los tradicionales a través de un una programación de al menos siete semanas. Por tanto la justificación de este estudio se da en el hecho de analizar el comportamiento de estas variables a diferentes intensidades para ambos métodos, de esta se pretende conocer cuáles podrían ser los motivos que provocan estas mejoras en los registros de fuerza dinámica máxima en las investigaciones precedentes. Sin embargo existe también la teoría que los beneficios a largo plazo que producen los RVIR pueden estar justificados por el hecho de producirse un reclutamiento de fibras diferente que pueden contribuir a una adaptación neuromuscular distinta durante el periodo de entrenamiento (Anderson et al., 2008).

Variables cinéticas

A nivel descriptivo

La importancia sobre el control de la velocidad y la disminución de la misma en la ejecución de press de banca tradicional es fundamental en la planificación de los programas de entrenamiento destinados a la fuerza. Según los estudios presentado por González-Badillo et al., (2014) la velocidad de desplazamiento de la carga externa debe ser considerada como un componente fundamental en la ejecución de un press de banca. Esto se debe a que, según un porcentaje de 1RM dado, la velocidad a la que desplaza dicha carga determinará en gran medida el efecto del entrenamiento resultante. La realización de repeticiones a máxima velocidad en un press de banca supone una mejora de los niveles de fuerza mayor que en comparación a ejecuciones a velocidad más lentas (González-Badillo et al., 2014). De forma general los resultados obtenidos en esta investigación muestran un descenso en las variables cinéticas (Velocidad media=VM, Velocidad máxima= Vmáx, Velocidad Máxima Propulsiva=VMP y Aceleración máxima= Amáx) fundamentalmente lineal y proporcional entre las diferentes intensidades evaluadas, siendo el paso del 80% al 100% de una 1RM donde mayor descenso se produce, exceptuando la variable Amáx. Este comportamiento es el natural y el esperado dado el aumento de la carga externa. Según las aportaciones realizadas por Garcia-Ramos et al. (2015), se torna esencial tener un control sobre el comportamiento de la velocidad máxima a medida que aumentan las repeticiones en la realización de PBT a

determinados porcentajes relativos a la 1RM. Estos resultados pueden ayudar a predecir en qué momento el trabajo de la fuerza máxima puede dejar de ser tan efectivo y optimizar la programación del entrenamiento, ya que realizar repeticiones a una velocidad máxima conlleva una mejora mayor en los registros de fuerza (González-Badillo et al., 2014).

En relación al comportamiento del ciclo estiramiento-acortamiento con el método RVIR, hay indicios de que este ciclo pasa a ser más óptimo y eficiente, debido a las menores resistencias iniciales en la fase concéntrica y finales en la fase excéntrica. Esto se debe a que es en estos momentos donde se muestra una mayor actividad muscular, produciendo un aumento de la velocidad y los niveles de fuerza y potencia durante la repetición en su fase concéntrica (Baker & Newton, 2009; Israetel et al., 2010; Rhea et al., 2009; Palmer, 2011). Dada la progresividad en el ROM de la carga externa se observa cómo las variables cinéticas (VM, VMP, Vmáx y Amáx) sufren un descenso de los registros de velocidad. Este descenso es más pronunciado entre INT3-INT4 para las variables VM, VMP y Vmáx (-40,67%, -38,56 y -36,86%) respectivamente. La esencia del trabajo con métodos de RVIR en lo relativo a la cinética parece residir en una mayor velocidad y aceleración en la fase concéntrica, sobre todo en su fase final (Aboodarda et al., 2012; Coker et al., 2006; Swinton et al., 2011). De esta forma se le permite al ejecutor llegar a la máxima fase de carga externa con una mayor velocidad. Sin embargo para el caso de la Amáx el momento de mayor pérdida de velocidad sucede en el paso de INT2-INT3 (36,55%), McMaster et al., (2009) matizaron que la aceleración inicial y el reclutamiento muscular se incrementan a través del entrenamiento con RVIR por lo que todo esto tendrá como consecuencia una mayor activación muscular a lo largo de la propia repetición creando una mayor demanda muscular. Como defienden Behm & Sale (1993) uno de los aspectos más importantes que mejoran el desarrollo de la fuerza, sería entre otros, los esfuerzos físicos destinados a acelerar una carga, este aspecto es un hecho durante el ROM concéntrico en un método de RVIR dado al aumento progresivo de las cargas.

La adhesión de una banda o una cadena podría ser causa de un aumento en la tensión en determinados ángulos de las articulaciones, donde la producción de fuerza es más ventajosa (Elliott et al., 1989). Bellar et al., (2011) añadían que si a esto le sumamos que esta tensión de más es producida por un componente elástico, habrá cambios constantes en el patrón de producción de fuerza durante el levantamiento, que potencialmente podría causar aún mayores adaptaciones. En definitiva como comentan Wallace et al.,

(2006), los músculos se encuentran más tiempo cerca de su mejor relación "longitud. Por tanto el método RVIR provoca una atenuación del Sticking period, que permitirá el entrenamiento en una posición más ventajosa en relación a los ángulos de las articulaciones.

A nivel inferencial

Los resultados muestran diferencias significativas ($p \leq 0,01$) a favor un desplazamiento más rápido para las variables de Vmed y VMP y sus correspondientes porcentajes del 60%, 80% y 100%. En el caso de la velocidad máxima esta significación tan solo aparece para la intensidad máxima. Esta diferencia puede ser debida a que en el trabajo tradicional, resistencia constante, es más difícil mantener una alta velocidad y aceleración hasta alcanzar el final de la fase concéntrica por lo que la velocidad se verá en disminuida en mayor medida con el aumento de la carga externa (Frost, Cronin, & Newton, 2010).

Durante los primeros momentos de la fase concéntrica con un método RVIR, se produce una mayor aceleración ya que la carga es menor. Como consecuencia se posibilita que durante la fase final de la parte concéntrica, se desplace una carga mayor a mayor velocidad. Este aumento en la carga y en la velocidad produce una gráfica de velocidad-desplazamiento totalmente diferente a los métodos tradicionales (Anderson et al., 2008; Baker & Newton, 2009; Cronin et al., 2003a; Ghigiarelli et al., 2009; Stevenson et al., 2010; Palmer, 2011). En los casos de porcentajes de carga más bajos (40%) no se encuentran diferencias significativas, aunque sí valores de velocidades mayores para los métodos de RVIR. Esto puede estar explicado en que la diferencia entre las carga al inicio del ROM entre los dos métodos es menor. Por tanto parece oportuno afirmar que el entrenamiento con RVIR nos permitirá desplazar mayores cargas a mayor velocidad, lo que se manifestará en un aumento en factores de tipo dinámico tales como la fuerza y la velocidad relativas alcanzadas al desplazar una carga. Todo este contexto relativo al desplazamiento constituye una parte fundamental para el desarrollo y la producción de fuerza (González Badillo y Serna, 2002).

Para la aceleración máxima registrada se encuentran diferencias significativas ($p \leq 0,01$) para todos los porcentajes a favor de los métodos de RVIR. Estas diferencias son notables dado el hecho que supone el desplazar una carga menor durante las primeras fases del ROM. En lo relacionado a la desaceleración de la resistencia en la fase excéntrica de la repetición, el tiempo hasta alcanzar la aceleración máxima (al inicio de la fase concéntrica) disminuye en esa zona del ROM provocando adaptaciones neurales muy

positivas (McCurdy et al 2009; Ghigiarelli et al., 2009). En los métodos de RVIR, el peso libre sufre una menor desaceleración debido a la creciente resistencia elástica que no existe en los pesos libres por sí solos (Anderson et al., 2008). La aparición de un factor elástico durante la contracción supone un reto diferente al sistema neuromuscular (Anderson et al. 2008), por lo que el sujeto está expuesto a estímulos nuevos. Los niveles de activación neuromuscular para la mejora de la fuerza dependen de la estabilización necesaria para controlar la resistencia (Behm & Anderson, 2006). Por ello, cuando la carga es más inestable, es necesaria una mayor activación neuromuscular y la producción de fuerza es reducida significativamente (Behm et al., 2005). Por lo tanto, un óptimo nivel de estabilidad podría ser esencial para producir una mejora de la fuerza máxima. El entrenamiento con RVIR usando cadenas, es ligeramente más inestable que el entrenamiento con pesos libres (McCurdy et al., 2009), de ahí que una vez que el sujeto tenga experiencia con el entrenamiento con RVIR y consiga más control neuromuscular, éste puede ser un estímulo óptimo para el desarrollo de la fuerza.

Los resultados presentados en esta investigación coinciden con los encontrados con otras investigaciones (Baker & Newton, 2009; Israetel et al., 2009; Stevenson et al., 2009) los cuales registran mayores valores de velocidad máxima en el método RVIR. Sin embargo, otras investigaciones o bien no encontraron diferencias significativas entre ambos métodos (Godfrey, 2011 sin publicar) o directamente las diferencias halladas fueron en este caso favorables para los métodos constantes (Swinton et al., 2011). Esta dispersión en los resultados puede estar explicada por el hecho de la desigualdad a la hora de programar el PRV, lo que supone que la carga es similar en diferentes momentos del ROM. Para aquellos estudios donde el método RVIR supera el sticking point con una carga menor que los métodos constantes, los resultados de velocidad máxima suelen ser mayores.

Variables de fuerza

A nivel descriptivo

En el caso de las variables de fuerza se comprueba cómo los registros aumentan a medida que la carga externa es mayor, tanto para la media como la máxima. En el caso del RFD sin embargo se produce un descenso de los registros, sucediendo un pico máximo de descenso en la RFD en la INT4 (40,82%). La fuerza media produce un aumento

promedio entre intervalos del 24,5%, aunque este aumento es menor a medida que las cargas son mayores. Para la fuerza máxima el mayor aumento de newton dado sucede en la INT1 (42,18%).

En las variables relativas a la fuerza con RVIR se observa cómo se produce un aumento en su registro de newton de una forma lineal. Este aumento se produce de forma acentuada entre el paso de las INT 1 a la INT 2 (+51,75%) donde se representa más de la mitad del aumento de la fuerza. En el caso de la fuerza máxima el mayor registro de variación se produce en INT2-INT3 (+38,61%). Sin embargo para la RFD, será el paso de la INT3-INT4 donde se produzca la mitad de la pérdida de registro en la aplicación de newton/segundo (-50,73%) para todo el rango de intensidades. Parece fundamental tener en cuenta la relación en la longitud-tensión que se manifiesta durante los métodos de RVIR. La adhesión de una banda o una cadena podría ser causa de un aumento en la tensión en determinados ángulos de las articulaciones, donde la producción de fuerza es más ventajosa (Elliott et al., 1989). Por su parte Bellar et al., (2011) añaden que si a esto le sumamos que esta tensión de más es producida por un componente elástico, habrá cambios constantes en el patrón de producción de fuerza durante el levantamiento, que potencialmente podría causar aún mayores adaptaciones. En definitiva como comentan Wallace et al., (2006), los músculos se encuentran más tiempo cerca de su mejor relación "longitud-tensión" en la fase concéntrica y por tanto son capaces de generar niveles más altos de fuerza.

A nivel inferencial

Los resultados registrados para la fuerza máxima muestran diferencias significativas ($p \leq 0,01$) a favor de los métodos de RVIR para la realización de 1RM. Aun no existiendo diferencias significativas para el resto de porcentajes, éstos tienen valores de fuerza máxima mayores en el método RVIR. A este dato tenemos que añadir que tan solo en la parte final del ROM la carga entre los métodos es similar. Estos resultado están en consonancia con los obtenidos por otros estudios (Israetel et al. 2011; Swinton, Stewart, Keogh, Agouris & Lloyd, 2011; Wallace, Winchester, & McGuigan, 2006) donde se encontraron diferencias significativas en los valores de fuerza analizados a favor de los métodos RVIR. El obtener valores máximos de fuerza puede estar explicado, entre otros aspectos, por la constante corrección de la fuerza que la musculatura implicada se ve obligada a realizar, produciendo una mayor activación muscular (Baker & Newton 2009). Este hecho permitiría superar grandes fuerzas en la última parte de la extensión concéntrica, aspecto que está directamente relacionado con la cinemática articular en la

producción de fuerza (Shoepe et al., 2011). En consecuencia se producirá una mayor velocidad en el ciclo estiramiento-acortamiento y por tanto ante una misma carga (RVIR=Constante), una mayor producción de fuerza máxima (Baker & Newton, 2009). A su vez los métodos RVIR parecen aportar una mayor activación muscular a lo largo de la repetición, creando una mayor demanda muscular y una mayor producción de fuerza al finalizar la misma. (Coker et al., 2006; McMaster et al., 2009). En el estudio llevado a cabo por Ghigiarelli et al. (2009) se observaron incrementos significativos en la fuerza en el grupo que entrenaba con RVIR comparado con el entrenamiento tradicional. No existieron diferencias entre los sujetos que entrenaron con bandas elásticas y aquellos que lo hicieron con cadenas (Israetel, McBride, Nuzzo, Skinner, & Dayne, 2010) especificaron estos resultados describiendo un 5% de mayores índices de fuerza al principio de la fase concéntrica y finales de la excéntrica para el grupo que no usó bandas elásticas (constante). Sin embargo en el grupo que realizó la sentadilla con banda, se obtuvieron diferencias significativamente mayores durante el primer 25% de la fase excéntrica y el último 10% de la fase concéntrica. Son por tanto estos factores los que hacen que se produzcan adaptaciones neuromusculares más acentuadas a la par que un mayor reclutamiento de las fibras tipo II en el entrenamiento con RVIR (Anderson et al. 2008). Al mismo tiempo, parece que a la hora de usar métodos de RVIR en la fase excéntrica también sucederá una demanda y activación muscular diferente que cuando se trabaja con exclusivamente PL. Esta demanda muscular será mayor en el primer tercio de la fase excéntrica, principalmente durante el primer 10% (Anderson et al., 2008) debido a que la tensión elástica de las bandas o la suma de fuerzas producida por la adhesión de cadenas se da cuando mayor cantidad de resistencia se produce. A su vez, los métodos RVIR parecen provocar una mayor aceleración en la fase excéntrica, provocando principalmente en la última parte de la fase excéntrica una mayor velocidad. Esto provocará llegar a la última parte de la fase con una mayor velocidad, provocando a su vez un mayor efecto sobre el ciclo estiramiento-acortamiento, que desembocará en una mayor aportación de fuerza en la post-siguiente fase concéntrica

La RDF (Rate of Force Development) se expresa como la "proporción, tasa o rapidez de desarrollo o producción de fuerza" (Badillo, 2002) es decir, la relación entre la fuerza producida y el tiempo empleado en ello. Los resultados obtenidos muestran diferencias significativas ($p \leq 0,01$) para todos los porcentajes analizados. Esta diferencia denota un RFD mayor para los métodos RVIR respecto a los tradicionales de resistencia constante. Los estudios evaluado hasta la fecha apoyan que el RFD puede ser mejorado a través del

entrenamiento con RVIR mediante RVIR (Anderson et al., 2008; Ghigiarelli et al., 2009; Cronin et al., 2003; Ebben & Jensen, 2002). Los datos obtenidos en anteriores estudios que analizaron el RFD entre sus variables, muestran resultados contradictorios principalmente por diferencias a la hora de configurar el PRV. Existen estudios que comparten resultados con los obtenidos por estas investigaciones (Baker & Newton, 2009; Stevenson et al., 2010; Israel et al., 2011; Godfrey, 2011)[sin publicar]. En contradicción a estos resultados aparecen estudios que no encuentran diferencias significativas (Wallace, Winchester, & McGuigan, 2006) e incluso diferencias a favor de los métodos con resistencia constante (Swinton, Stewart, Keogh, Agouris & Lloyd, 2011). De estos datos podemos concluir que, al optimizar la fase del ciclo estiramiento-acortamiento, en los métodos RVIR se produce una mayor activación debido a un mayor almacenamiento de energía elástica en sus músculos, que se traduce a su vez en un mayor RFD (Rhea et al., 2009). Wallace et al. (2006) sugirieron que el RFD podía ser incrementado como resultado de la fase en la que se alcanza la velocidad pico con el entrenamiento con RVIR debido a que la resistencia aumenta a medida que incrementa la ventaja mecánica, ya que el deportista es teóricamente capaz de generar los niveles de fuerza más altos durante la fase concéntrica cuando los músculos están cerca de su óptima relación longitud-tensión (Edman, 2008).

De esta información concluimos que los RVIR son capaces de generar más fuerza máxima a pesar de tener una carga acumulada en el ROM menor en la 1RM. La no existencia de diferencias a favor de los RVIR en la fuerza media viene explicada también por esta menor carga acumulada durante la repetición.

Variables de potencia

En lo relativo a las variables de potencia, éstas no describen una distribución lineal de pérdida o ganancia entre intervalos, sino que se produce un aumento y descenso de los registros. La potencia media aumenta progresivamente los valores de Watios desde el 20% al 60%, lugar donde se registra el pico máximo de potencia para la resistencia constante. A partir de este punto empieza a descender casi un 43% hasta la 1RM. Sin embargo, en el caso de la potencia máxima, esta alcanza su máximo valor en el INT1 desde la que decrece un 59,82% en relación a la 1RM.

Las variables de potencia evaluadas para los métodos de RVIR describen un aumento de los valores entre las INT1-INT 2 (10,18 y 8,98 respectivamente). Desde aquí comienza



a descender progresivamente, perdiendo la mitad del registro de fuerza en el paso de las INT4-INT5 (-58,93%) la potencia media y (-48,08%) la potencia máxima.

Los resultados obtenidos muestran diferencias significativas ($p \leq 0,01$) para la potencia media en los porcentajes relativos al 80% y 100% de la 1RM. Para la potencia máxima pico se registran diferencias ($p \leq 0,05$) tan solo para la intensidad máxima evaluada. Los resultados obtenidos por otros estudios (Israetel et al. 2011; Godfrey, 2011 [sin publicar], Wallace, Winchester, & McGuigan, 2006) muestran diferencias significativas para porcentajes de trabajo cercanos al 80%. Sin embargo, otro estudio encontró diferencias significativas para los valores de potencia media atribuidos a los métodos constantes (Swinton, Stewart, Keogh, Agouris & Lloyd, 2011). Wallace et al. (2006) demostraron que añadiendo RVIR en el entrenamiento de la sentadilla se aumentan los valores de fuerza y potencia máxima en un entrenamiento de alta intensidad, utilizando cargas cercanas al 85% de 1RM. El entrenamiento con método de RVIR pueden producir mejoras de la fuerza máxima como de la potencia máxima debido, probablemente, a una mejor sincronización de UM y velocidad de codificación al mismo tiempo (Rhea et al., 2009). Esto en parte puede deberse a la posibilidad de un mayor tiempo para alcanzar la máxima fuerza, lo que provoca una mayor activación del tejido muscular gracias a la sincronización de sus UM. Finalmente en el estudio realizado por Stevenson et al., 2010 no aparecieron diferencias significativas asociadas a ninguno de los métodos. En los estudios en donde se da esta circunstancia, la explicación parece venir del hecho de la poca diferencia de carga entre métodos ($PRV \leq 15\%$). Dado este hecho los valores de potencia registrados tienden a ser similares sin ofrecer notables diferencias.

RPE

La percepción subjetiva del esfuerzo relativa al PBT con resistencia constante, muestra un aumento lineal entre intervalos del 24,4% a medida que aumenta un 20% la carga externa.

En el caso de la percepción subjetiva del esfuerzo con RVIR se observa cómo lo que supondría una repetición máxima en la última fase del ROM concéntrico, significa un RPE de 8,57 puntos de promedio, a pesar de que la muestra realizó para la INT4 dos repeticiones. Esto hecho posibilita poder predecir que un sujeto habituado al

entrenamiento y conocedor de la técnica de RVIR, podría superar su 1RM a través del uso de estos métodos.

Los resultados obtenidos en la investigación coinciden con los presentados por Lagally et al. (2004), donde la RPE aumenta progresivamente con la carga, estableciendo además una relación directa con el registro de señal EMG. Los resultados referentes a la percepción subjetiva del esfuerzo muestran niveles más bajo de RPE para los métodos de RVIR. Aparecen diferencias significativas ($p \leq 0,01$) para todos los porcentajes evaluados (40%, 60%, 80% y 100%). Estos resultados difieren a los presentados por Berning et al., (2008) donde se destacaba que, a pesar de producir niveles de fuerza similares entre el uso de cadenas como RVIR y el PL, los sujetos percibieron que el grupo con cadenas requería de un mayor esfuerzo. La diferencia entre los resultados puede estar en el método utilizado. Otras investigaciones obtuvieron resultados en los que a pesar de producir una mejora de la fuerza de forma similar entre los métodos, se dieron tres veces más casos de dolor para el grupo PL (media de los totales de 2,15 vs 6,14) mientras que se informó que el nivel del dolor fue similar (9,38 vs 10,57) para la RVIR y el grupo de PL respectivamente (McCurdy et al., 2009).

Los resultados obtenidos en este estudio son claros, los métodos RVIR suponen un menor esfuerzo ante similar carga en máxima extensión. La contradicción de los estudios parece venir dada por dos motivos. El primero de ellos se debe al hecho de contar con configuraciones distintas a la hora de distribuir el PRV, ya que en algunos casos este porcentaje puede provocar que la carga desplazada sean similares en momentos previos a la máxima extensión, lo que provocaría a su vez una menor diferencia en la RPE. En segundo lugar la literatura no ha centrado sus variables en el control sobre el RPE, por lo que aún son pocos los estudios que se han destinado a este campo.

Estos son por tanto los factores fundamentales en los que se basan las teorías del entrenamiento con RVIR, por lo que a pesar de tener menos carga acumulada durante el ROM de un press de banca, lo que supone un trabajo a nivel articular menos lesivo, y un registro de la percepción subjetiva del esfuerzo significativamente menor, los métodos de RVIR registran una mayor aplicación de fuerzas máximas significativamente mayores para el 1RM en comparación con los métodos tradicionales. Todas estas ventajas pueden encontrar explicación en que el entrenamiento con RVIR modifica la cinética de la barra durante todo el ROM, incrementando la ventaja mecánica del movimiento (Baker & Newton, 2005; Simmons, 1999; Berning et al., 2004).

Una de las problemáticas tradicionales a superar por el uso de los métodos de RVIR para la mejora de la fuerza, sería la necesidad de estandarizar una serie de protocolos que ayuden a que las futuras investigaciones estén basadas en las mismas características



metodológicas. En esta revisión aparecen los fundamentos para establecer un PRV adecuado a la carga de trabajo. Se estima aproximadamente que el mejor PRV para procurar la mejora de la fuerza y la potencia en un músculo sano, sería aproximadamente de un PRV del 20% con PRC del 80%. Esta afirmación está basada en los antecedentes de los estudios con mejores resultados obtenidos (Anderson et al., 2008; Baker & Newton, 2009; Wallace et al., 2006).

En suma, a lo expuesto se aportan evidencias científicas, tanto bibliográficas como estadísticas, de que el entrenamiento realizado con RVIR para aumentar los niveles de fuerza durante un periodo de entrenamiento prolongado, ya sea utilizando cadenas o bandas elásticas adheridas a la barra, representa una estrategia efectiva para aumentar los niveles de fuerza (1RM) tanto en deportistas expertos de diversas disciplinas deportivas, como en sujetos no entrenados o recreativos

Parte IV.

Discusión, conclusiones, limitaciones, perspectivas de futuro y aplicaciones prácticas.

Capítulo VIII.

- Discusión general de los resultados.
- **Conclusiones obtenidas.**
- Limitaciones encontradas en la investigación.
- Perspectivas de futuros. Investigaciones por realizar.
- Aplicaciones prácticas.

Medir el efecto del entrenamiento con RVIR en comparación con los métodos tradicionales de resistencia constante, ha sido otro de los objetivos fundamental propuesto para este documento. Tras los resultados obtenido en el metanálisis (capítulo V) se muestra cómo el entrenamiento con RVIR durante un periodo de entrenamiento prolongado las ganancias de fuerza máxima aumentaron notablemente comparadas con las obtenidas con el programa de entrenamiento tradicional. Por tanto podemos concluir que los métodos de RVIR son muy efectivos para la mejora de la fuerza máxima en poblaciones tanto con experiencia en el entrenamiento como sin ella.

Los resultados obtenidos muestran como los métodos de RVIR a pesar de tener menos carga acumulada durante el ROM de un press de banca, lo que supone un trabajo a nivel articular menos lesivo, y un registro de la percepción subjetiva del esfuerzo significativamente menor, tienen un mayor registro en las variables cinéticas y en la capacidad de producir una mayor fuerza máxima en comparación con los métodos tradicionales.

Los métodos de RVIR muestran un registro de las variables analizadas (velocidad, aceleración RFD y potencia) mayor del que lo hacen los métodos tradicionales con resistencia constante, principalmente en las cargas más altas (80%-100%). Al mismo tiempo que la percepción subjetiva del esfuerzo es menor para el método con RVIR en todos los porcentajes evaluados.

Se concluye que hay suficientes evidencias científicas para poder asegurar que este tipo de entrenamiento supone, al menos, una igual o mayor mejora de la fuerza en comparación con los habituales entrenamientos que tan solo utilizan resistencia constante.

La efectividad de los métodos de RVIR, está en parte explicada por la mejora a nivel neural que se produce con el entrenamiento a través de RVIR, ya que estos suponen un estímulo nuevo de entrenamiento y por tanto una mayor necesidad de adaptación.

El trabajo con RVIR es capaz de suavizar la desventaja física que supone el sticking point (SP) debido a la menor carga y en consecuencia mayor aceleración durante el ROM. Este contexto queda reforzado por los cambios constantes en el patrón de producción de fuerza que se producen durante el levantamiento, provocando que los músculos se encuentren más tiempo cerca de su mejor relación "longitud-tensión" en la fase concéntrica y por tanto son capaces de generar niveles más altos de fuerza.

Las evidencias obtenidas muestran como el entrenamiento con RVIR en usuarios entrenados representa una estrategia de entrenamiento muy efectiva para el entrenamiento de la fuerza dinámica máxima. A su vez son fórmula beneficiosa para deportistas recreacionales o menos preparados para el entrenamiento de la fuerza principalmente por el descenso de daño articular producido por el decremento de la carga total con la que se trabaja y una mejora de la fuerza al menos igual o superior que con métodos tradicionales constantes. De esta forma podemos concluir que el entrenamiento con RVIR, ya sea utilizando cadenas o bandas elásticas anexadas a una carga externa, representa una estrategia efectiva para aumentar los niveles de fuerza máxima tanto en deportistas expertos de diversas disciplinas deportivas, como en sujetos no entrenados.

Una de las grandes posibilidades de los métodos RVIR es que permiten trabajar con carga altas a una alta velocidad. Este hecho supondría también poder sobrepasar la carga teórica del 1RM con resistencia constante, ya que con RVIR se podría establecer una nueva RM supra máxima, dado que permite llegar a la última fase concéntrica del ROM a una mayor velocidad y por tanto superar 1RM cuando se usen métodos con resistencia variable.

Los métodos de RVIR puede pasar a formar una parte importante de los procesos finales de rehabilitación o readaptación en las lesiones articulares dada la menor carga acumulada durante el ROM y el registro de RPE menor registrar unos valores de RPE menores.

A nivel metodológico podemos concluir que el método utilizado en este trabajo garantiza un aumento de la carga de forma lineal para los cinco tramos establecidos durante todo el rango de movimiento. De esta forma, por tanto, se produce un trabajo similar al del método constante en la última quinta parte del ROM. El porcentaje de resistencia variable (PRV) propuesto en este estudio (20%) parece ser un método fiable para provocar adaptaciones a largo plazo dentro de un programa estructurado para la mejora de la fuerza dinámica máxima.

La RVIR se presenta como una estrategia de entrenamiento beneficiosa para poblaciones expertas, proporcionando estímulos nuevos que propician adaptaciones positivas en la forma física en periodos de meseta. Estas adaptaciones ante una RVIR, pueden provocar el hecho de que el músculo sea estimulado de una forma diferente a la habitual, produciendo por tanto una mejora a nivel neural, que se traduce en la producción de una mayor fuerza máxima.

En suma a estas conclusiones y como los resultados presentados en el meta-análisis se aportan evidencias científicas, tanto bibliográficas como estadísticas, de que el entrenamiento realizado con RVIR para aumentar los niveles de fuerza durante un periodo de entrenamiento prolongado, ya sea utilizando cadenas o bandas elásticas adheridas a la barra, representa una estrategia efectiva para aumentar los niveles de fuerza (1RM) tanto en deportistas expertos de diversas disciplinas deportivas, como en sujetos no entrenados o recreativos



Parte IV.

Discusión, conclusiones, limitaciones, perspectivas de futuro y aplicaciones prácticas.

Capítulo IX.

- Discusión general de los resultados
- Conclusiones obtenidas.
- **Limitaciones encontradas en la investigación.**
- Perspectivas de futuros. Investigaciones por realizar.
- Aplicaciones prácticas.

Las limitaciones encontradas en esta investigación son concurrentes con las ofrecidas por los métodos estudiados. La dificultad de graduar con precisión la carga con la que se está trabajando en cada posición del rango de movimiento (ROM) ha sido la principal limitación encontrada a la hora de realizar esta Tesis Doctoral.

Este problema metodológico ha sido solucionado a través de una propuesta de intervención, en la que se ha tenido como objetivo el dividir cada ROM en cinco partes iguales. De esta forma se ha adaptado al ROM individual de cada participante aumentos progresivos en la carga externa. Este sistema viene explicado con detenimiento en el Anexo 1 y puede servir de punto de inflexión en las futuras investigaciones que se realicen con método de RVIR.

Han existido otras limitaciones a nivel metodológico a tener en cuenta. La medición de las variables cinéticas ha sido realizada a través de un encoder de medición lineal. Para la gestión de los datos aportados por el mismo era necesario aportar un peso de referencia para cada repetición. En el caso de la evaluación de los métodos con RC no existió problema ya que el peso de referencia es constante durante toda la repetición. Sin embargo a la hora de medir los métodos de RVIR el peso de referencia a introducir en el software fue una limitación. Para ello se optó por medir cuanto peso correspondía a cada uno de los cinco rangos en los que dividía el ROM y hacer una media aritmética entre ellos.

Ejemplo de cálculo de la carga de referencia para 100 kg.

Peso del ROM con Resistencia constante= 100 constantes durante todo el recorrido.

Carga introducida en el software=100 kg.

Peso del ROM con RVIR= Comienza con 80 kg. Termina con 100 kg. Hay cinco fases donde la resistencia va aumentando. *ROM1=80 KG. ROM 2=85. ROM3=90, ROM4=95, ROM5=100.* Por lo tanto se suma $(80+85+90+95+100)/5$.

Carga introducida en el software=90 kg

Es muy importante aclarar esta limitación ya que los datos cinéticos y de potencia han sido calculados a través del encoder de medición lineal.

Parte IV.

Discusión, conclusiones, limitaciones, perspectivas de futuro y aplicaciones prácticas.

Capítulo X.

- Discusión general de los resultados
- Conclusiones obtenidas.
- Limitaciones encontradas en la investigación.
- **Perspectivas de futuros. Investigaciones por realizar.**
- Aplicaciones prácticas

Los esfuerzos destinados a las futuras investigaciones de los métodos RVIR deben estar principalmente enfocados a la creación de metodologías estables y fiables. El presente trabajo crea un antecedente en la estandarización de estos métodos (ver anexo I), sin embargo es necesario realizar más estudios para asentar la fiabilidad metodológica de los mismos.

Con una situación de metodología estable y fiable en relación a los métodos RVIR, sería necesario realizar estudios longitudinales (al menos 12 semanas) donde comparar los efectos de ambos métodos (tradicional vs RVIR) sobre la fuerza dinámica máxima. En estos estudios sería fundamental establecer un control mensual sobre cómo evolucionan las variables estudiadas, para de este modo asegurar que las posibles mejoras son debidas a las características de los métodos y no a una adaptación aguda del organismo ante un estímulo nuevo (método RVIR).

Antes de la planificación de esta Tesis Doctoral, se plantearon muchas dudas y se formularon objetivos, a los que hemos ido dando respuesta a través de diferentes trabajos e investigaciones. Ahora, una vez finalizada, con esta tesis doctoral no solo conseguimos dar respuesta a esas hipótesis y objetivos que nos planteamos, sino que surgen nuevas dudas a las que necesitamos dar respuesta a través de futuros estudios.

Futura investigación I. *Estandarizar una estructura y método de trabajo con los RVIR.*

El principal problema que se ha encontrado en los antecedentes bibliográficos es la poca cohesión en el método RVIR. Son muchas las variables que pueden afectar en la cuantificación precisa de la carga cuando se utiliza resistencia variable, por lo que la estandarización de un método de trabajo es fundamental antes de plantear cualquier otro estudio relacionado con los RVIR. En los estudios presentados en esta Tesis se ha trabajado con un rigor metodológico, atendiendo a la distribución de la carga variable teniendo en cuenta el ROM individual y una progresión de la resistencia intra repetición en cinco rangos con carga similar (Ver anexo 1).

Podemos ir más allá al señalar que la ubicación del dispositivo que provoque la carga variable (cadenas o bandas elásticas) también puede afectar en el resultado, por lo que sería de utilidad crear una investigación para determinar en qué parte de la barra del peso libre sería oportuno anexar los dispositivos, sean las bandas o las cadenas. También hay que tener en cuenta la forma en la que se fija el dispositivo de RVIR al PL.

Este primer acercamiento a la estandarización de un método con los RVIR, es sin duda un primer paso importante para poder realizar estudios con mayor rigor y precisión científica. De esta forma a la hora de realizar posteriores investigaciones estas podrán estar fundamentadas en una metodología similar.

Futura investigación II. *¿Cuál es el PRV, PRC y PRM más adecuado para cada objetivo?*

Los RVIR disponen de amplias posibilidades en la graduación de la carga pues, como presentamos en los capítulos de la Tesis, debemos tener en cuenta tres factores: El porcentaje de Resistencia que será variable dentro de la repetición (PRV), el porcentaje que será constante, que como mínimo será el peso inicial del ROM (PRC) y, finalmente, el porcentaje de 1RM con el que se está trabajando (PRM) que se corresponde que el peso al final del ROM.

En este contexto las perspectivas de investigación para futuros trabajos deberían estar centradas en estudiar el comportamiento de estas tres variables y adecuarlas a unos objetivos concretos. De esta forma podríamos conocer con mayor precisión cuáles son los porcentajes más adecuados para la mejora de la fuerza máxima, la potencia u otras variables. Esta Tesis Doctoral de nuevo sirve de punto de referencia del cual partir, ya que se han presentado los resultados obtenidos en pasadas investigaciones y especificados a que porcentajes variables se han conseguido.

Futura investigación III. *¿Cuánto más efectivos son los métodos de RVIR sobre los métodos tradicionales?*

Los resultados presentados en el meta-análisis del capítulo V, aportan evidencias científicas a las hipótesis formuladas sobre que los método RVIR son más efectivos que los tradicionales constantes para la mejora de la fuerza máxima y la potencia. Sin embargo, y teniendo como referencia las aportaciones hechas en las futuras investigaciones I y II, consideramos oportuno realizar estudios con una metodología RVIR validada y estandarizada. De esta forma planteamos que los próximos estudios longitudinales sobre RVIR deben ser realizados siguiendo estas determinadas doctrinas, para de esta forma tener aún más valor y precisión científica.

Futura investigación IV. *¿Son igual de efectivos los métodos RVIR en personas acostumbradas a entrenar con dichos métodos?*

Una vez realizados los estudios I, II y III, la orientación que deberían darse a las investigaciones a realizar con los métodos RVIR debe ser la de profundizar con estudios longitudinales sobre diferentes poblaciones. El aumento de la fuerza demostrado que tienen los RVIR puede ser explicada por la nueva adaptación que se le presupone a un nuevo método de trabajo. Por tanto, es importante plantear estudios longitudinales con una muestra ya adaptada al método RVIR y comparar entre esta misma muestra cuanto mejoran con el entrenamiento de resistencia variable en comparación a los de resistencia constante.

Futura investigación V. *¿Son realmente útiles los métodos RVIR para la mejora y mantenimiento de la fuerza en personas en última fase de una lesión o fase readaptativa?*

Finalmente recomendamos para futuros trabajos, aquellos que estén centrados en investigar con personas en la última fase de una lesión deportiva. Uno de los fundamentos que defiende el uso de los RVIR es la mejora que producen sobre la fuerza a pesar de trabajar con una carga menor y, en consecuencia, con una menor carga lesiva (a nivel articular). Dado que los trabajos con métodos de RVIR para la mejora de la fuerza en músculos sanos, tienen cierto recorrido científico, parece oportuno recomendar un trabajo de revisión de aquellos estudios que estén basados en el trabajo con el método de RVIR desde el punto de vista rehabilitador y readaptador. Una vez realizado este trabajo, se deben extraer los fundamentos necesarios del mismo para proponer investigaciones, donde los métodos RVIR formen parte de la planificación de un programa readaptativo.



Parte IV.

Discusión, conclusiones, limitaciones, perspectivas de futuro y aplicaciones prácticas.

Capítulo XI.

- Discusión general de los resultados
- Conclusiones obtenidas.
- Limitaciones encontradas en la investigación.
- Perspectivas de futuros. Investigaciones por realizar.
- **Aplicaciones prácticas.**

El entrenamiento con métodos RVIR tiene una transferencia directa en la práctica de diferentes habilidades deportivas donde la aceleración y la deceleración es un componente vital para el éxito en todos los deportes que requieren movimientos rápidos y explosivos. (Baker & Newton, 2009; Berning et al., 2008; Cronin et al., 2003; McCurdy, Langford, Jenkerson, & Doscher, 2008; McMaster et al., 2009, 2010; Palmer, 2011). De esta forma la musculatura implicada se ve obligada a una constante corrección de la fuerza, teniendo como efecto mejorar la fuerza de salida de una forma constante hasta completar en su totalidad la fase concéntrica del movimiento (Anderson et al., 2008; Baker & Newton, 2009; Cronin et al., 2003a; Ghigiarelli et al., 2009; Stevenson et al., 2010; Palmer, 2011). Por tanto esta metodología posibilita el hecho de trabajar con cargas altas a una alta velocidad.

Las habilidades motrices básicas, como por ejemplo una zancada, es un factor importante que condiciona el éxito en el deporte. Según Cronin et al. (2003) el entrenamiento con RVIR podría permitir una mejor transición de la fase excéntrica a la concéntrica y por lo tanto en acortar el tiempo del ciclo estiramiento-acortamiento, lo cual resultaría en una potenciación de la fase concéntrica (Bosco et al., 1981; Komi et al., 1984) y un rápido desarrollo de la zancada o cualquier habilidad motriz.

El uso de los métodos RVIR puede ocupar un lugar importante dentro de los procesos de rehabilitación y readaptación físico deportiva. Estos métodos producen adaptaciones significativas a pesar de que existe un menor daño articular, por lo que podrían ser incluidos en una fase final antes de la readaptación completa del deportista lesionado, previo al entrenamiento de fuerza con sobrecarga.

Los datos obtenidos en los diferentes estudios presentados y tras la profunda revisión plasmada en los capítulos contextualizadores de la presente Tesis Doctoral, se presentan una serie de aplicaciones prácticas:

Los métodos RVIR como método de entrenamiento...

Después de las investigaciones aportadas por esta tesis doctoral, podemos afirmar que los métodos de RVIR son efectivos en el entrenamiento para el aumento de la fuerza dinámica máxima y la potencia. Los datos obtenidos muestran cómo éstos aportarían un desarrollo de la fuerza o la potencia similar e incluso superior al de los métodos tradicionales constantes. Esta será por tanto la principal aplicación práctica que aportan



las investigaciones presentadas, ya que era el principal objetivo de análisis y por tanto se convierte en la aplicación práctica referencia.

Los métodos RVIR como preparación ante una fuerza externa imprevista...

En un gran número de deportes existe una aplicación de fuerzas imprevistas y no constantes que ayuda a la mejora del rendimiento deportivo. Sírvanos de ejemplo lo que puede suceder en las técnicas de agarre en el Judo, a la hora de contrarrestar un tapón en el baloncesto, evitar un ataque en el balonmano, al quitar un balón a un contrario en el fútbol, etc. En todos estos ejemplos sucede una circunstancia y es que la acción viene dada por una determinada fuerza que en principio parecía suficiente para realizar dicha acción. Sin embargo, por las características del deporte, esa fuerza se ve contrapuesta por otra. Si esa contra-fuerza es fácil de superar no habrá mayor problema para finalizar el gesto deportivo, sin embargo si la contra-fuerza ejercida es mayor a lo esperada y a la calculada, muy probablemente el gesto deportivo se vea anulado. Por tanto aquí podría surgir un nuevo concepto de fuerza, una fuerza "inmediata" donde su perfil variable en la ejecución de la fuerza encaja con las características de un entrenamiento con métodos de RVIR. "Un perfil de resistencia que permite una rápida aceleración inicial seguida por una resistencia aumentada de repente y sin previsión previa de tenerla que superar, podría ser una aplicación práctica de los métodos" (Baker & Newton, 2009). Por lo tanto sería interesante investigar sobre las posibilidades de los métodos de RVIR en relación a este concepto de "contra-fuerza" o "fuerza inmediata."

Los métodos RVIR para la mejora de la explosividad y la reactividad...

Los RVIR permiten una mejor transición de la fase excéntrica a la concéntrica y por lo tanto en acortar el tiempo del ciclo estiramiento-acortamiento, lo cual resultaría en una potenciación de la fase concéntrica. Este hecho tiene una transferencia directa con la posibilidad de mejorar la reactividad y la capacidad de producir fuerza de forma explosiva en habilidades deportivas (zancada, salto, sprint...), habilidades que están directamente relacionadas con el éxito deportivo.

Los métodos RVIR como parte fundamental de un programa readaptativo...

Dentro de la programación de una readaptación deportiva aparece la necesidad de planificar un trabajo de fuerza pero sin una carga demasiado alta. Analizando las

características de los métodos de los métodos de RVIR, observamos cómo estos son efectivos para el trabajo de la fuerza, pero además ofrecen otra capacidad destacable y es que son capaces de generar un menor RPE y trabajar con una menor carga acumulada en la repetición que los métodos tradicionales de fuerza, ofreciendo un esfuerzo menor durante la fase completa del entrenamiento. Esto es debido a las características biomecánicas, fisiológicas e incluso psicológicas que supone el entrenamiento con métodos de RVIR. Esta mayor asequibilidad que supone el trabajo con los métodos de RVIR a la hora de trabajar la fuerza tiene una clara aplicación en el campo de la rehabilitación deportiva. En determinadas lesiones ocurre que en partes concretas de las fases de movimiento de un gesto deportivo a consecuencia de la longitud-tensión que se produce en el músculo, sucede más dolor y peligro de lesión. De esta forma, con los métodos de RVIR, se puede seguir entrenando la fuerza en personas lesionadas, pero que requieran de un mantenimiento alto de su fuerza (deportistas lesionados de alto rendimiento). El trabajo con RVIR permite trabajar con muy poca resistencia en determinadas zonas de la relación longitud-tensión y aumentarlas en zonas de esta relación L-T donde el músculo sí está preparado para una mayor resistencia, provocando que la persona lesionada pueda seguir entrenando la capacidad de fuerza a pesar de las dificultades que le provoca la lesión.





BIBLIOGRAFÍA
CONSULTADA

Aboodarda, SJ, Shariff, MA., Muhamed, A., Ibrahim, F. & Yusof. (2011). Electromyographic Activity and Applied Load during High Intensity Elastic Resistance and Nautilus Machine Exercises. *Journal of Human Kinetics*. 30(-1): 5–12.

Aboodarda, SJ, George, J., Mokhtar, A. H., & Thompson, M. (2011). Muscle strength and damage following two modes of variable resistance training. *Journal of Sport Science and Medicine*. (10), 635-642.

Aboodarda, SJ, Hamid, M, S, A, Che Muhamed, A. M., Ibrahim, F., & Thompson, M. (2011). Resultant muscle torque and electromyographic activity during high intensity elastic resistance and free weight exercises. *European Journal of Sport Science*. 1–9.

Aboodarda, Saied Jalal, Yosuf, A., Abu Osman, N. A., Thompson, M. W., & Mokhtar, A. H. (2012). The Contribution of Elastic Resistance during the Eccentric Phase of a Countermovement Jump Enhances Performance. *International journal of sports physiology and performance* (Abstract).

Anderson, C. E., Sforzo, G. A., & Sigg, J. A. (2008). The Effects of Combining Elastic and Free Weight Resistance on Strength and Power in Athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22 (2): 567–574.

Atkinson, G., y Neville, A. M. (1998). Statistical Methods for assessing measurement error (reliability) in variables relevant to sports medicine. *Sports Medicine*, 26(4), 217–238.

Ayala, G., Sainz de Baranda, P., De Ste Croix, M., y Santoja, F. (2013). Fiabilidad absoluta del as medidas isocinéticas para estimar la función muscular. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte*, 13(52), 799–830.

Baker, D. G., & Newton, R. U. (2009). Effect of kinetically altering a repetition via the use of chain resistance on velocity during the bench press. *Journal of Strength and Conditioning Research / National Strength & Conditioning Association*, 23 (7): 1941–1946.

Behm, D. G., & Sale, D. G. (1993). Velocity specificity of resistance training. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 15(6): 374–388.

Bellar, D. M., Muller, M. D., Barkley, J. E., Kim, C.-H., Ida, K., Ryan, E. J., Bliss, M. V., et al. (2011). The Effects of Combined Elastic- and Free-Weight Tension vs. Free-Weight Tension on One-Repetition Maximum Strength in the Bench Press. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(2): 459–463.

Berning JM, Coker CA, & Adams KJ. (2004). Using chains for strength and conditioning. *National Strength and Conditioning Association Journal*. 26(5), 80-84.

Berning, J. M., Coker, C. A., & Briggs, D. (2008). The Biomechanical and Perceptual Influence of Chain Resistance on the Performance of the Olympic Clean. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22(2): 390–395.

Bosco C, Komi PV, Ito A. (1981). Prestretch potentiation of human skeletal muscle during ballistic movement. *Acta Physiologica Scandinavica*. 111(2):135-40.

Campos, G. E., Luecke, T. J., Wendeln, H. K., Toma, K., Hagerman, F. C., Murray, T. F., Ragg, K. E., Ratamess, N. A., Kraemer, W. J., y Staron R. S. (2002). Muscular adaptations in response to three different resistance – training regimens: specificity of repetition maximum training zones. *European Journal of Applied Physiology*, 88(1-2), 50–60.

Coker, C. A., Berning, J. M., & Briggs, D. L. (2006). A preliminary investigation of the biomechanical and perceptual influence of chain resistance on the performance of the snatch. *Journal of Strength and Conditioning Research / National Strength & Conditioning Association*, 20(4): 887–891.

Colado, J. C., & Triplett, N. T. (2008). Effects of a short-term resistance program using elastic bands versus weight machines for sedentary middle-aged women. *Journal of strength and conditioning research / National Strength & Conditioning Association*, 22(5): 1441–1448.

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. *Journal of strength and conditioning research / National Strength & Conditioning Association*.

Cormie, P., McGuigan, M. R., & Newton, R. U. (2011). Developing maximal neuromuscular power: part 2 - training considerations for improving maximal power production. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 41(2): 125–146.

Conlin B. (2002). Use of elastic bands in force training. *Strength and Conditioning Coach*. 10(2), 2-6.

Cronin, J., McNair, P. J., & Marshall, R. N. (2003). The effects of bungy weight training on muscle function and functional performance. *Journal of sports sciences*, 21(1), 59–71.

Cronin, J. B., McNair, P. J., y Marshall, R. N. (2001). Velocity specificity, combination training and sport specific tasks. *The Journal of Science & Medicine in Sport*, 4(2), 168–178.



Cronin, J. B., y Henderson, M. E. (2004). Maximal strength and power assessment in novice weight trainers. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 18(1), 48–52

Doan, B. K., Newton, R. U., Marsit, J. L., Triplett-McBride, N. T., Koziris, L. P., Fry, A. C., & Kraemer, W. J. (2002a). Effects of increased eccentric loading on bench press 1RM. *Journal of Strength and Conditioning Research / National Strength & Conditioning Association*, 16(1), 9–13.

Dobbs, C. W. (2010). Effect of variable resistance training on lower limb strength and power development: A training study.

Drinkwater, E. J., Galna, B., McKenna, M. J., Hunt, P. H., & Pyne, D. B. (2007). Validation of an optical encoder during free weight resistance movements and analysis of bench press sticking point power during fatigue. *Journal of strength and conditioning research / National Strength & Conditioning Association*, 21(2), 510–517.

Ebben, W. P., & Jensen, R. L. (2002). Electromyographic and kinetic analysis of traditional, chain, and elastic band squats. *Journal of Strength and Conditioning Research / National Strength & Conditioning Association*, 16(4), 547–550.

Edman, P. (2003). Contractile performance of skeletal muscle fibres. In: *Strength and Power in Sport* (2), 119–123.

Escamilla, R. F. Lander, J. E. y Garhammer J. (2000). *Biomechanics of Powerlifting and Weightlifting Exercises*, Chapter 39. In Garret, W. E. y Kirkendall D. F. (Eds.), *Exercise and Sport Science* (pp. 585-615). Philadelphia: Lippincott Williams y Willkins.

Faigenbaum, A. D., McFarland, J. E., Herman, R. E., Naclerio, F., Ratamess, N. A., Kang, J., y Myer, G. D. (2012). Reliability of the One-Repetition-Maximum Power Clean Test in Adolescent Athletes. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 26(2), 432–437.

Findley, B. W. (2004). Training with Rubber Bands. *Strength & Conditioning Journal*. 26(6) 68–69

Flann, K. L., LaStayo, P. C., McClain, D. A., Hazel, M., & Lindstedt, S. L. (2011). Muscle damage and muscle remodeling: no pain, no gain? *The Journal of experimental biology*, 214(Pt 4), 674–679.

Frost, D. M., Cronin, J., & Newton, R. U. (2010). A biomechanical evaluation of resistance: fundamental concepts for training and sports performance. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 40(4), 303–326.

Fry, A. C., Schilling, B. K., Staron, R. S., Hagerman, F. C., Hikida, R. S., & Thrush, J. T. (2003). Muscle fiber characteristics and performance correlates of male Olympic-style weightlifters. *Journal of strength and conditioning research / National Strength & Conditioning Association*, 17(4), 746–754.

García-López, D., Herrero, A. J., González-Calvo, G., Rhea, M. R., & Marín, P. J. (2010). Influence of «in series» elastic resistance on muscular performance during a biceps-curl set on the cable machine. *Journal of strength and conditioning research / National Strength & Conditioning Association*, 24(9), 2449–2455.

García-López, D., Hernández-Sánchez, S., Martín, E., Marín, P. J., Zarzosa, F. & Herrero, A. J. Free-weight augmentation with elastic bands improves bench-press kinematics in



professional rugby players. *Journal of Strength and Conditioning Research*- Epub ahead of print.

Ghigiarelli, J. J., Nagle, E. F., Gross, F. L., Robertson, R. J., Irrgang, J. J., & Myslinski, T. (2009). The effects of a 7-week heavy elastic band and weight chain program on upper-body strength and upper-body power in a sample of division 1-AA football players. *Journal of Strength and Conditioning Research / National Strength & Conditioning Association*, 23(3), 756–764.

Giorgio, P., Samozino, P., & Morin, J. B. (2009). Multigrip Flexible Device: Electromyographical Analysis and Comparison With the Bench Press Exercise. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 23, 652-659.

Gofrey A. (2011). Rubber based resistance and the bench press exercise force and power outputs. Graduate Thesis

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. *Journal of strength and conditioning research / National Strength & Conditioning Association*.

Gonzalez-Badillo, JJ and Sanchez-Medina, L (2010). Movement velocity as a measure of loading intensity in resistance training. *Internaional Journal of Sports Medicine* 31: 347–352,

Hakkinen, K., Alen, M., Komi, P.V. (1985). Changes in isometric force- and relaxation-time, electromyographic and muscle fibre characteristics of human skeletal muscle during strength training and detraining. *Acta Physiologica Scandinavica*, 125 573-585.

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.

Heinecke, M, Jovick, B, Cooper, Z, and Wiechert, J. (2004). Comparison of strength gains in variable resistance bench press and isotonic bench press. *Journal of Strength and Conditioning Research* (Abstract).

Hopkins, W. G. (2000). Measures of reliability in sports medicine and science. *Sports medicine*, 30(1), 1-15.

Hostler, D., Schwirian, C. I., Campos, G., Toma, K., Crill, M. T., Hagerman, G. R., Hagerman, F. C., et al. (2001). Skeletal muscle adaptations in elastic resistance-trained young men and women. *European Journal of Applied Physiology*, 86(2), 112-118.

Howatson, G., & van Someren, K. A. (2008). The prevention and treatment of exercise-induced muscle damage. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 38(6), 483-503.

Israetel, M. A., McBride, J. M., Nuzzo, J. L., Skinner, J. W., & Dayne, A. M. (2010). Kinetic and kinematic differences between squats performed with and without elastic bands. *Journal of strength and conditioning research / National Strength & Conditioning Association*, 24(1), 190-194.

Jakubiak, N., & Saunders, D. H. (2008). The Feasibility and Efficacy of Elastic Resistance Training for Improving the Velocity of the Olympic Taekwondo Turning Kick. *Journal of*



Strength and Conditioning Research, 22(4), 1194–1197.

Jennings, C. L., Viljoen, W., Durandt, J., y Lambert, M. I. (2005). The reliability of the FitroDyne as a measure of muscle power. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 19(4), 859–863.

Joy, J.M., Lowery, R.P., Oliveira de Souza, E., & Wilson, J.M., (2013). Elastic Bands as a Component of Periodized Resistance Training. *Journal of strength and conditioning research / National Strength & Conditioning Association*. Epub ahead of print.

Kraemer, W. J., & Ratamess, N. A. (2004). Fundamentals of resistance training: progression and exercise prescription. *Medicine and science in sports and exercise*, 36(4), 674–688.

Komi PV. (1984). Physiological and biomechanical correlates of muscle function: effects of muscle structure and stretch-shortening cycle on force and speed. *Exercise and sport sciences reviews.*, 12(1):81-122.

Lawrence SP, Judge W, Patrick TJ, Bellar D.(2011). Acute Effects of Combined Elastic and Free-weight Tension on Power in the Bench Press. *The Sport Journal*. 1543-9518

McCurdy, K., Langford, G., Ernest, J., Jenkerson, D., & Doscher, M. (2009). Comparison of chain- and plate-loaded bench press training on strength, joint pain, and muscle soreness in Division II baseball players. *Journal of strength and conditioning research / National Strength & Conditioning Association*, 23(1), 187–195.

McCurdy, K., Langford, G., Jenkerson, D., & Doscher, M. (2008). The validity and reliability of the 1RM bench press using chain-loaded resistance. *Journal of Strength and Conditioning Research / National Strength & Conditioning Association*, 22(3), 678–683.

McMaster, D. T., Cronin, J., & McGuigan, M. (2009). Forms of Variable Resistance Training. *Strength and Conditioning Journal*, 31(1), 50–64.

McMaster, D. T., Cronin, J., & McGuigan, M. R. (2010). Quantification of rubber and chain-based resistance modes. *Journal of strength and conditioning research / National Strength & Conditioning Association*, 24(8), 2056–2064.

Melchiorri, G., & Rainoldi, A. (2011). Muscle fatigue induced by two different resistances: Elastic tubing versus weight machines. *Journal of electromyography and kinesiology: official journal of the International Society of Electrophysiological Kinesiology*, 21(6), 954–959.

Mina, MA., Blazeovich AJ. & Giakas, G. (2014) Influence of variable resistance loading on subsequent free weight maximal back squat performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, (10). 2988-95

Neelly, K. R., Terry, J. G., & Morris, M. J. (2010). A mechanical comparison of linear and double-looped hung supplemental heavy chain resistance to the back squat: a case study. *Journal of strength and conditioning research / National Strength & Conditioning Association*, 24(1), 278–281.

Newton, RU, Hakkinen, K, Hakkinen, A, McCormick, M, Volek, J, & Kraemer, W J. (2002). Mixed methods resistance training increases power and strength of young and older men. *Medicine Science and Sports Exercise*, (34), 1367–1375

Newton, R. U., Murphy, A. J., Humphries, B. J., Wilson, G. J., Kraemer, W. J., & Häkkinen, K.



(1997). Influence of load and stretch shortening cycle on the kinematics, kinetics and muscle activation that occurs during explosive upper-body movements. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, 75(4), 333–342.

Newton RU, Robertson M, Dugan E, Hasson C, Cecil J, Gerber A, Hill J, & Schmier L. (2002). Heavy elastic bands alter force, velocity and power output during back squat lift. *Journal of Strength and Conditioning Research*, (16), 1–18.

Page, P. and Ellenbecker, T. (2005). Strength Band Training. Champaign. *Human Kinetics*, (206).

Palmer, T. (2011). Electromyographic Analysis of Conventional and Rubber-Based Band Squats. Tesis Doctoral

Patterson, R. M., Stegink Jansen, C. W., Hogan, H. A., & Nassif, M. D. (2001). Material properties of Thera-Band Tubing. *Physical therapy*, 81(8), 1437–1445.

Pereira, M. I. R., & Gomes, P. S. C. (2003). Movement velocity in resistance training. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 33(6), 427–438.

Rhea, M. R., Kenn, J. G., & Dermody, B. M. (2009). Alterations in speed of squat movement and the use of accommodated resistance among college athletes training for power. *Journal of strength and conditioning research / National Strength & Conditioning Association*, 23(9), 2645–2650.

Saeterbakken, AH., Andersen, V. & Van den Tillaar, R. 2015). Comparison of kinematics and muscle activation in free weights back squat with and without elastic bands. *Journal*

Shoepe, T. C., Ramirez, D. A., & Almstedt, H. C. (2010). Elastic band prediction equations for combined free-weight and elastic band bench presses and squats. *Journal of Strength and Conditioning Research / National Strength & Conditioning Association*, 24(1), 195–200.

Shoepe, T., Ramirez, D., Rovetti, R., Kohler, D., & Almstedt, H. (2011). The Effects of 24 weeks of Resistance Training with Simultaneous Elastic and Free Weight Loading on Muscular Performance of Novice Lifters. *Journal of Human Kinetics*, 29(1), 93–106.

Silvester LJ, Stiggins C, McGown C & Bryce GR (1981). The effect of variable resistance and free-weight training programs on strength and vertical jump. *National Strength and Conditioning Association Journal*, 3(6), 30-33

Simão, R., de Salles, B. F., Figueiredo, T., Dias, I., & Willardson, J. M. (2012). Exercise order in resistance training. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 42(3), 251–265.

Simon W, Peltonen H, Avela J & Häkkinen K. (2011). Kinetic and electromyographic analysis of single repetition constant and variable resistance leg press actions. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 262–269.

Simmons L. (1996). Chain reactions: accommodating leverages. *Powerlifting USA*, (19), 26-27.

Simmons L. (1999). Bands and chains. *Powerlifting USA*, (22), 26-27.



Simoneau, G. G., Bereda, S. M., Sobush, D. C., & Starsky, A. J. (2001). Biomechanics of elastic resistance in therapeutic exercise programs. *The Journal of orthopedic and sports physical therapy*, 31(1), 16–19

Stevenson, M. W., Warpeha, J. M., Dietz, C. C., Giveans, R. M., & Erdman, A. G. (2010). Acute effects of elastic bands during the free-weight barbell back squat exercise on velocity, power, and force production. *Journal of strength and conditioning research / National Strength & Conditioning Association*, 24(11), 2944–2954.

Soria-Gila MA., Baena, S., Chiroso IJ., Bautista IJ., Chiroso LJ. (2015). Effects of variable resistance training on maximal strength: a meta-analysis. *Journal of Strength and Conditioning Research*. Epub ahead of print.

Stock, M. S., Beck, T. W., DeFreitas, J. M., y Dillon, M. A. (2011). Test–Retest Reliability of Barbell Velocity During the Free-Weight Bench-Press Exercise. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 25(1), 171–177.

Stoppani J. & Velazquez E. (2008). Chain Reaction. *Joe Weider's Muscle & Fitness*, 69(3), 202-214.

Swinton, P. A., Lloyd, R., Agouris, I., & Stewart, A. (2009). Contemporary training practices in elite British powerlifters: survey results from an international competition. *Journal of strength and conditioning research / National Strength & Conditioning Association*, 23(2), 380–384.

Swinton, P. A., Stewart, A. D., Keogh, J. W. L., Agouris, I., & Lloyd, R. (2011). Kinematic and kinetic analysis of maximal velocity dead lifts performed with and without the inclusion

of chain resistance. *Journal of strength and conditioning research / National Strength & Conditioning Association*, 25(11), 3163–3174.

Walker, S., Peltonen, H., Avela, J., & Häkkinen, K. (2011). Kinetic and electromyographic analysis of single repetition constant and variable resistance leg press actions. *Journal of electromyography and kinesiology: official journal of the International Society of Electrophysiological Kinesiology*, 21(2), 262–269.

Wallace, B. J., Winchester, J. B., & McGuigan, M. R. (2006). Effects of elastic bands on force and power characteristics during the back squat exercise. *Journal of strength and conditioning research / National Strength & Conditioning Association*, 20(2), 268–272.

Weir, J. P. (2005). Quantifying Test-Retest Reliability Using THE Intraclass Correlation Coefficient. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 19(1), 231–240.

Weiss, L. W., Fry, A. C., Gossick, E. L., Webber, J. M., & Barrow, E. H. (1998). Reliability of bench press velocity-spectrum testing. *Measurement in Physical Education & Exercise Science*, 2(4), 243–252.

Winters J. (2006). The effects of the application of elastic resistance to a free weight bench press on upper body strength and power output production *Poster Presentation National Strength and Conditioning Conference*. Washington DC (Abstract)





Anexos

Índice de anexos

- Anexo 1.** Propuesta de modelo metodológico para estandarizar una metodología de RVIR estable.....pág. 259
- Anexo 2.** Herramientas de trabajo para facilitar el cálculo de los PRV de una forma rápida y fiable.....pág. 263
- Anexo 3.** Hoja de estimación del aumento proporcional del PRV (20%) para un bagaje de pesos que van de 10 a 150 kg y una variación de la carga cada ocho rangos en un ROM de 40 cm.....pág. 265
- Anexo 4.** Hoja de estimación del aumento proporcional del PRV (20%) para un bagaje de pesos que van de 10 a 150 kg y una variación de la carga cada ocho rangos en un ROM de 40 cm. Se matiza además la carga de trabajo acumulada y la diferencia de carga entre la RVIR y el peso constante.pág. 267
- Anexo 5.** Hoja de estimación del aumento proporcional del PRV (20%) para un bagaje de pesos que van de 10 a 150 kg y una variación de la carga cada ocho rangos en un ROM de 50 cm.....pág. 269
- Anexo 6.** Hoja de estimación del aumento proporcional del PRV (20%) para un bagaje de pesos que van de 10 a 150 kg y una variación de la carga cada ocho rangos en un ROM de 50 cm. Se matiza además la carga de trabajo acumulada y la diferencia de carga entre la RVIR y el peso constante.....pág. 271
- Anexo 7.** Propuesta de modelo metodológico para estandarizar una metodología de RVIR estable con el uso de bandas elásticas (Revista virtual Power Explosive.....pág. 273
- Anexo 8.** Herramienta creada por el Grupo de Investigación CTS-642, utilizada para el cálculo del peso correspondiente en cada lado de la barra atendiendo a un peso concreto y a un tipo y número determinados de discos.....pág. 275
- Anexo 9.** Consentimiento informado presentado a la muestra del estudio.....pág. 277



Anexo 10. Repercusión mediática de los métodos RVIR en las redes sociales.....pág. 279

Anexo 11. Artículo aceptado para su publicación en la revista "Cuadernos de Psicología del Deporte". *Test retest reliability of force, power and velocity of a bench press*.....pág. 281

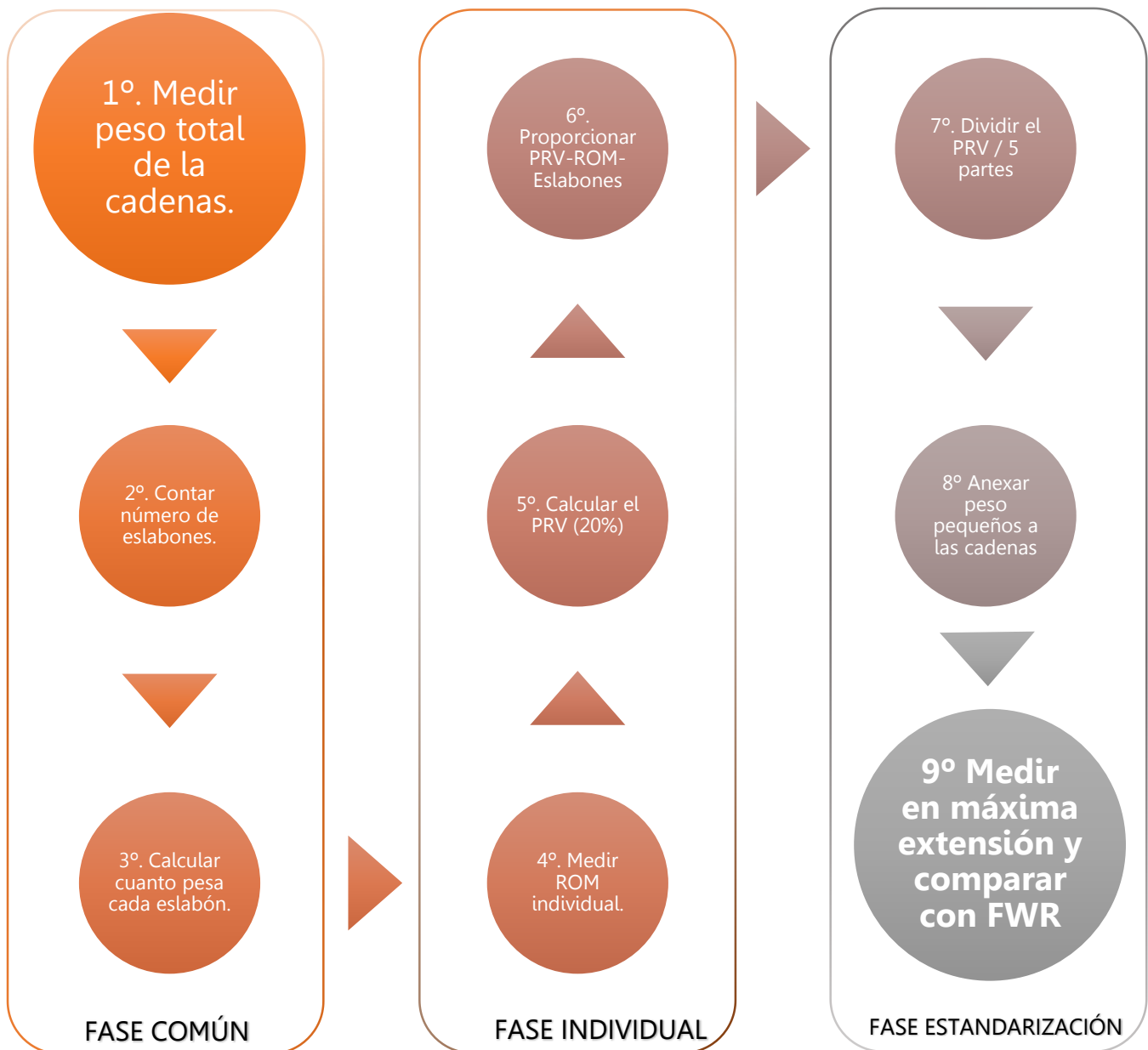
Anexo 12. Artículo aceptado para su publicación en la revista: "European Journal of Human Movement" *Intra-repetition variable resistance training: Part I. An overview*.....pág.299

Anexo 13. Artículo aceptado para su publicación en la revista: "The Journal of Strength and Conditioning Research". *Effects of variable resistance training on maximal strength: a meta-analysis*.....pág. 315

Anexo 14. Abstracts de las comunicaciones y exposiciones presentadas en diferentes congresos internacionales.....pág. 329

ANEXO 1.

Propuesta de modelo metodológico para estandarizar una metodología de RVIR estable.



Ejemplo para levantar 100 kg.

PRC= Porcentaje de Resistencia Constante (80%) – **80 kg.**

PRV= Porcentaje de Resistencia Variable (20%) – **20 kg.**

La pregunta es...

¿Cómo distribuyo estos 20 kg. de forma proporcional?

Distribución del peso a lo largo del ROM



PRC= Resistencia constante (80%)

Peso fijo que es inalterable durante todo el ROM. En nuestra propuesta representará el 80% de la carga total

PRC= Resistencia constante (80%)

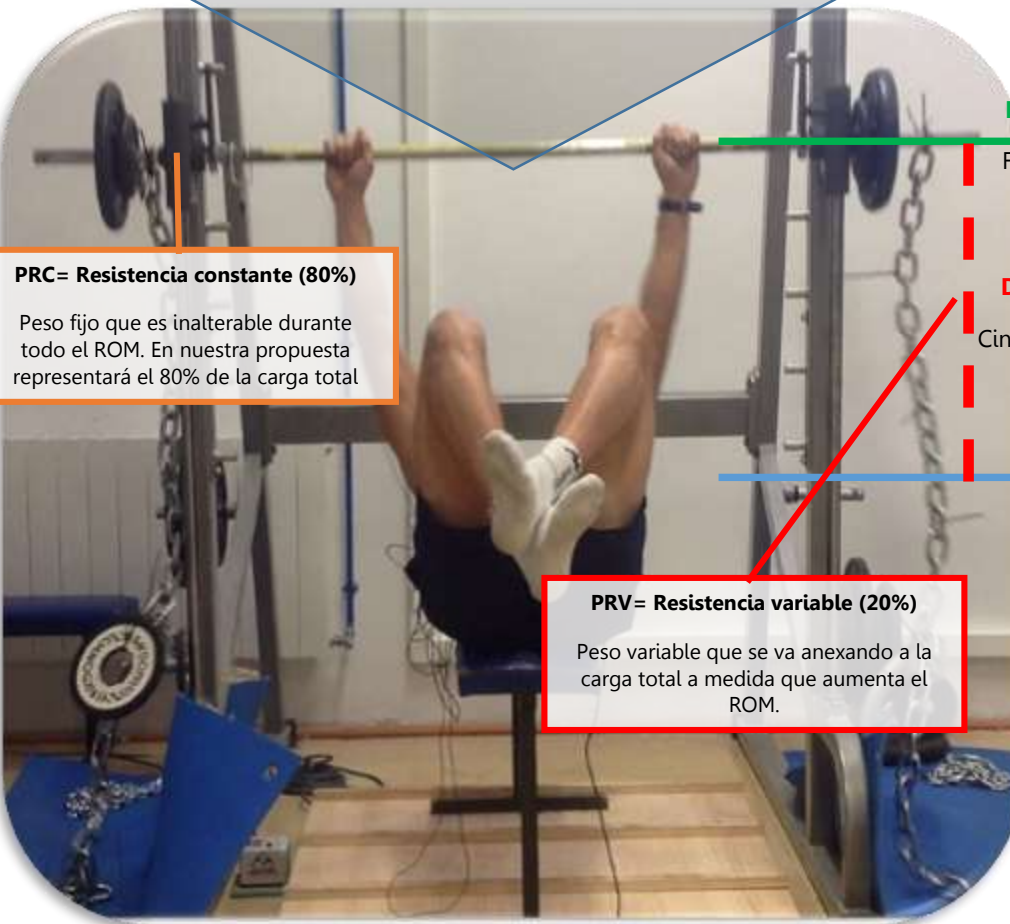
El peso de la cadena que está en suspensión es parte del 80% de la carga fija.

Inicio ROM (0%)

Fase inicial del gesto.

PRV= Resistencia variable (20%)

Carga variable en reposo. Se irá sumando a medida que aumenta el ROM



Final ROM (100%)

Fase final del gesto.

PRC= Resistencia constante (80%)

Peso fijo que es inalterable durante todo el ROM. En nuestra propuesta representará el 80% de la carga total

Dividir el ROM

Cinco partes iguales

Inicio ROM (0%)

Fase inicial del gesto.

PRV= Resistencia variable (20%)

Peso variable que se va anexando a la carga total a medida que aumenta el ROM.

Como se distribuye el PRV a lo largo del ROM

Ejemplo para levantar 100 kg.

PRC= Porcentaje de Resistencia Constante (80%) – **80 kg.**

PRV= Porcentaje de Resistencia Variable (20%) – **20 kg.**

1º Paso. Calcular PRV lateral. Hay que dividir el peso del PRV entre dos. Ya que serán dos las cadenas utilizadas, una en cada extremo de la barra.

Por tanto $20 \text{ Kg}/2 \text{ lado} = \mathbf{10 \text{ Kg. por lado}}$

2º Paso. Conocer peso de un eslabón de la cadena. Ahora sabemos que necesitamos 10 kg por lado. Por tanto el siguiente paso es medir el número de eslabones que tiene las cadenas y pesar el total de las cadenas, para:

1º) Conocer el peso total de la cadena.

2º) Conocer el número de eslabones.

Por tanto: peso de la cadena/número de eslabones= **peso del eslabón**

3º Paso. Conocer el ROM individual de cada usuario para un porcentaje concreto. Hay que tener en cuenta que cada porcentaje de la 1RM afecta en el ROM, por lo que es fundamental medir el ROM del usuario si se varía la carga total. Una vez conocido el ROM individual para ese caso hay que **dividir en cinco partes** iguales para que la proporción de la RVIR sea lo más pareja posible

Ejemplo: Usuario que al levantar 100 kg tiene un ROM de 40 cm.

Por tanto: ROM Total (40cm.) / 5 rangos= **8 cm el rango**

Necesitamos que cada rango sume un total de 2 kg, por tanto cada 8 cm se tienen que añadir 2 kg de peso.

4º Paso. Calcular cuánto peso debe tener los cinco rangos del ROM. Para este ejemplo ya tenemos claro, que hace falta conseguir **2 kg por cada rango de 8 cm.**

Si el tamaño-peso del eslabón no es suficiente, recomendamos anexar a las cadenas pequeños pesos para poder hacer más precisa la carga total



ANEXO 2.

Herramientas de trabajo para facilitar el cálculo de los PRV de una forma rápida y fiable

A través del programa Excel® se han simplificado los procesos de ecuaciones presentados en el Anexo 1 de tal forma que con introducir una serie de datos individuales (peso a levantar y ROM del usuario) estos aparezca de forma rápida y fiable.

En el uso de cadenas

Las cadenas ofrecen un aumento en la carga lineal por lo que estas son más fiables que las bandas elásticas para proporcionar RVIR.

Ejemplo de cuanta carga corresponde de PRV y PRC, según la carga en peso libre y para cuatro rangos de ROM diferentes (30 cm, 40 cm, 50 cm y 60 cm)

Press de Banca	REVIR 100% RM.			
Peso libre	PRV= 20%. PRC=80%	Peso libre (KG)	PRV= 20%.	PRC=80%
10 KG	2 KG-8 KG	10	2	8
20 KG	4 KG-16 KG	20	4	16
30 KG	6 KG-24 KG	30	6	24
40 KG	8 KG-32 KG	40	8	32
50 KG	10 KG-40 KG	50	10	40
60 KG	12 KG-48 KG	60	12	48
70 KG	14 KG-56 KG	70	14	56
80 KG	16 KG-64 KG	80	16	64
90 KG	18 KG-72 KG	90	18	72
100 KG	20 KG-80 KG	100	20	80
110 KG	22 KG-88KG	110	22	88
120 KG	24KG-96KG	120	24	96
130 KG	26 KG-104 KG	130	26	104
140 KG	28 KG- 112 KG	140	28	112
150 KG	30 KG-120 KG	150	30	120

RELATIVA A LA CARGA ACUMULADA				
Distancia recorrida	30 cm	40 cm	50 cm	60 cm
Carga en peso libre	Rangos de 1 cm	Rangos de 1 cm	Rangos de 1 cm	Rangos de 1 cm
10 KG	300	400	500	6000
20 KG	600	800	1000	1200
30 KG	900	1200	1500	1800
40 KG	1200	1600	2000	2400
50 KG	1500	2000	2500	3000
60 KG	1800	2400	3000	3600
70 KG	2100	2800	3500	4200

80 KG	2400	3200	4000	4800
90 KG	2700	3600	4500	5400
100 KG	3000	4000	5000	6000
110 KG	3300	4400	5500	6600
120 KG	3600	4800	6000	7200
130 KG	3900	5200	6500	7800
140 KG	4200	5600	7000	8400
150 KG	4500	6000	7500	9000

ANEXO 4.

Hoja de estimación del aumento proporcional del PRV (20%) para un bagaje de pesos que van de 10 a 150 kg y una variación de la carga cada ocho rangos en un ROM de 40 cm. Se matiza además la carga de trabajo acumulada y la diferencia de carga entre la RVIR y el peso constante.

Variación de la carga en 8 rangos	10 kg	20 kg	30 kg	40 kg	50 kg	60 kg	70 kg	80 kg	90 kg	100 kg	110 kg	120 kg	130 kg	140 kg	150 kg
Carga Inicial	8	16	24	32	40	48	56	64	72	80	88	96	104	112	120
0-5 cm	8,25	16,5	24,75	33	41,25	49,5	57,75	66	74,25	82,5	90,75	99	107,25	115,5	123,75
5-10 cm	8,5	17	25,5	34	42,5	51	59,5	68	76,5	85	93,5	102	110,5	119	127,5
10-15 cm	8,75	17,5	26,25	35	43,75	52,5	61,25	70	78,75	87,5	96,25	105	113,75	122,5	131,25
15-20 cm	9	18	27	36	45	54	63	72	81	90	99	108	117	126	135
20-25 cm	9,25	18,5	27,75	37	46,25	55,5	64,75	74	83,25	92,5	101,75	111	120,25	129,5	138,75
25-30 cm	9,5	19	28,5	38	47,5	57	66,5	76	85,5	95	104,5	114	123,5	133	142,5
30-35 cm	9,75	19,5	29,25	39	48,75	58,5	68,25	78	87,75	97,5	107,25	117	126,75	136,5	146,25
35-40 cm.	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150
Carga de trabajo acumulada en 1 repetición (kg)	81	162	243	324	405	486	567	648	729	810	891	972	1053	1134	1215
Carga de trabajo acumulada en 1 repetición constante (kg)	90	180	270	360	450	540	630	720	810	900	990	1080	1170	1260	1350
Diferencia entre variable y constante	9	18	27	36	45	54	63	72	81	90	99	108	117	126	135

ANEXO 6.

Hoja de estimación del aumento proporcional del PRV (20%) para un bagaje de pesos que van de 10 a 150 kg y una variación de la carga cada ocho rangos en un ROM de 50 cm. Se matiza además la carga de trabajo acumulada y la diferencia de carga entre la RVIR y el peso constante.

Kg por lado y rango	0,5	0,75	1	1,25	1,5	1,75	2	2,25	2,5	2,75	3	3,25	3,5	3,75	
Kg. Por rango	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	6,5	7	7,5	
	10 kg	20 kg	30 kg	40 kg	50 kg	60 kg	70 kg	80 kg	90 kg	100 kg	110 kg	120 kg	130 kg	140 kg	150 kg
Carga Inicial (0-10cm)	8	16	24	32	40	48	56	64	72	80	88	96	104	112	120
10-20 cm.	8,5	17	25,5	34	42,5	51	59,5	68	76,5	85	93,5	102	110,5	119	127,5
20-30 cm.	9	18	27	36	45	54	63	72	81	90	99	108	117	126	135
30-40 cm	9,5	19	28,5	38	47,5	57	66,5	76	85,5	95	104,5	114	123,5	133	142,5
40-50 cm.	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150
Carga de trabajo acumulada en 1 repetición con REVIR (kg)	45	90	135	180	225	270	315	360	405	450	495	540	585	630	675
Carga de trabajo acumulada en 1 repetición constante (kg)	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750
Diferencia entre variable y constante	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	60	65	70	75	80

ANEXO 7.

Propuesta de modelo metodológico para estandarizar una metodología de RVIR estable con el uso de bandas elásticas (Revista virtual Power Explosive)

En el uso de bandas elásticas

Anexamos el trabajo presentado por la revista online "Power Explosive":

<http://powerexplosive.com/tag/bandas-elasticas/>

Cálculo resistencia añadida (kg) con bandas elásticas					
1. Rellenar celdas "longitud inicial", "longitud final" y "nº bandas"					
Bandas powerlifting	Longitud inicial (cm)	Longitud final (cm)	Nº de bandas	Resistencia inicial (kg)	Resistencia final (kg)
Nivel 1					
Nivel 2					
Nivel 3					
Nivel 4					
Nivel 5					
Nivel 6					
Nivel 7					

Thera-Band®	Longitud inicial (cm)*	Longitud final (cm)	Nº de bandas	Resistencia total (kg)
Amarillo				
Rojo				
Verde				
Azul				
Negro				
Plata				
Oro				

*Nota: Si la longitud inicial es la longitud predeterminada de la banda (no hay elongación), poner "longitud inicial = 0,1"



ANEXO 8.

Herramienta creada por el Grupo de Investigación CTS-642, utilizada para el cálculo del peso correspondiente en cada lado de la barra atendiendo a un peso concreto y a un tipo y número determinados de discos


Esta herramienta es muy útil dado la rapidez de su uso y la adaptabilidad de la misma a las disposición del material con el que se pueda trabajar. De tal forma que indicándole el número de disco de cada peso que se tiene, la herramienta calcula de forma inmediata cuanto peso y que discos ser tienen que poner en cada lado de la barra.

Weight Barbell Calculator

kg
35

BAR
20

kg
35



Each Side		
PD	Nº	
15	1	
10	2	
5	0	
2,5	0	
1,25	0	
TOTAL	35	
CALCULAR!!!!		

Total Weight System (kg)	RM_EST	%RM
90	90	100

Consentimiento informado presentado a la muestra del estudio



TÍTULO DEL PROYECTO: Marcadores de daño sarcomérico y metabólicos y registros EMG con cargas crecientes en levantadores de pesas.

INVESTIGADORES: Luis Javier Chiroso Ríos, Ignacio Chiroso Ríos y Jesús Francisco Rodríguez Huertas

Yo, , mayor de edad, y con N° de DNI: por el presente consiento que se me tomen 6 muestras de sangre de 2 ml (reposo, tras cada carga y a los 15 minutos de recuperación), se me realice una antropometría y someta a un cuestionario médico y nutricional.

Asimismo consiento se haga una analítica de mis muestras biológicas, reservándome el derecho de su destrucción y la posibilidad de solicitar cualquier información que se desprenda de ellas.

Afirmo que se me ha explicado la naturaleza, el diseño experimental y el objetivo de lo que se me propone, incluyendo riesgos significativos. Estoy satisfecho con esas explicaciones y las he comprendido.

Granada..... de de 2013

Firma y DNI....

Por la presente certificamos que hemos explicado la naturaleza, propósito, beneficios, riesgos y alternativas del procedimiento propuesto, nos hemos ofrecido a contestar cualquier pregunta y hemos contestado completamente todas las preguntas hechas. Creemos han comprendido completamente lo que hemos explicado y contestado.

Firma y DNI del responsable de la investigación:

ANEXO 10.

Repercusión mediática de los métodos RVIR en las redes sociales

El prestigioso investigador Yann Le Meur publicó recientemente en su cuenta de Twitter®, una infografía sobre el Meta-análisis realizado por el grupo de investigación CTS-642 y que analizaba la eficacia de los métodos RVIR. Destacar que esta publicación fue vista por más 36.000 seguidores que tiene Yann Le Meur en su cuenta de Twitter®



VARIABLE RESISTANCE TRAINING

AN EFFECTIVE METHOD?

Designed by @YLMsportScience

- 1 WHAT IS IT?**
This method combines the resistance generated by the barbell & discs with the variable resistance produced by elastic bands and chains attached to the barbell
- 2 WHICH CONSEQUENCES?**
It improves the coordination between antagonist and synergist muscles, the recruitment of motor units, and reduce the drop in force produced in the sticking region
- 3 ...BUT ALSO**
Positive effects of variable resistance training have been reported on rate of force development and maximal strength after variable resistance training programs
- 4 AN EFFECTIVE COMPLEMENT TO TRADITIONAL TRAINING**
to vary the athletic stimulus once the user has adapted to the previous stimulus, leading to faster training-induced adaptations
- 5 IMPACT OF THE TRAINING STATUS**
For untrained subjects, similar strength gains are produced with traditional free-weight training. In contrast, in trained individuals, variable resistance training will lead to improved strength gains over traditional training
- 6 REHABILITATION**
Variable resistance training represents a useful tool to strengthen certain muscle groups while subjecting injured muscles to lower resistances during a rehabilitation process

Reference
Sorla-Gila, M., Chiroso, I., Bautista, I., Baena, S., Chiroso, I. (2015) J Strength and Cond Research, May 2015



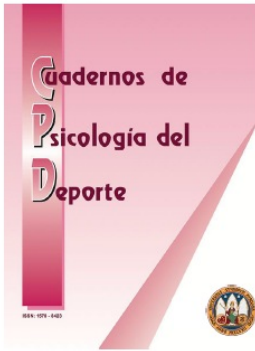
ANEXO 11.

Artículo aceptado para su publicación en la revista "Cuadernos de Psicología del Deporte"



Fiabilidad de un test-retest para la fuerza, potencia y velocidad en press de banca

Test-Retest Reliability of force, power and velocity of a bench press



Grupo de investigación en Psicología del Deporte
Universidad de Murcia
Campus de Espinardo, edf 51
30100 Espinardo (Murcia) España
Tel: +34 868887328
Email: cpd@um.es

Dr. D. Juan González Hernández
Director

Murcia Septiembre de 2015

Salvador Baena Morales
Universidad de Granada

Coautores

Iker Bautista, Luis Javier Chiroso Ríos, Ignacio Martín Tamayo, Ignacio Chiroso Ríos

Estimado Sr.

Le comunicamos que su manuscrito con título “**FIABILIDAD DE UN TEST-RETEST PARA LA FUERZA, POTENCIA Y VELOCIDAD EN PRESS DE BANCA**” ha sido **ACEPTADO** para su publicación en la revista CUADERNOS DE PSICOLOGÍA DEL DEPORTE (ISSN: 1578-8423).

Sin otro particular, reciba un cordial saludo.

Fdo.: Dr. D. Juan González Hernández
Director

Fiabilidad de un test-retest para la fuerza, potencia y velocidad en press de banca

Test-Retest Reliability of force, power and velocity of a bench press

Salvador Baena Morales ¹; Iker Bautista ¹, Luis Javier Chiroso Ríos, ¹, Ignacio Chiroso Ríos¹,
Ignacio Martín Tamayo.²

¹ *Facultad de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte. Universidad de Granada
(España)*

² *Facultad de Psicología. Universidad de Granada (España)*

Dirección para correspondencia: Salvador Baena Morales, Facultad de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte. Carretera de Alfacar, s/n, 18071 Granada Correo electrónico: sbaena@ugr.es, teléfono: 625750924

Resumen: El propósito de este estudio fue analizar la fiabilidad test–retest de un protocolo incremental en press de banca en máquina Smith para las variables de carga (kg), fuerza pico (N), fuerza media (N), potencia media (W), potencia pico (W), velocidad media ($m*s^{-1}$) y velocidad pico ($m*s^{-1}$). Dieciséis participantes (12 hombres y 4 mujeres) ($175,8 \pm 5,6$ cm, $75,4 \pm 5,72$ kg, $24,4 \pm 5,72$ años) realizaron de forma voluntaria este estudio. Los sujetos realizaron un test incremental hasta llegar a la 1RM en dos ocasiones diferentes, con un mínimo de 48 horas de recuperación. Todas las variables fueron registradas mediante un transductor de posición lineal (T-Force System, Murcia, Spain). La fiabilidad test–retest fue medida mediante el índice de correlación intraclase ($ICC_{2,1}$), el error estándar de la medida (SEM) y las mínimas diferencias (MD) para la carga inicial (CI), máxima potencia (MP) y la repetición máxima (RM). Los resultados mostraron altos valores de ICC en 1RM ($ICC_{2,1}= 0,96$, $SEM= 3,2$ kg y $MD= 9,9$ kg). La potencia y velocidad pico y media presentaron valores altos de ICC (0,91–0,98) en la CI y valores moderados–altos ($ICC_{2,1}= 0,52$ –0,89) en las intensidades de MP y RM. El protocolo incremental realizado posee una adecuada fiabilidad test–retest tanto para la 1RM como para el resto de variables analizadas.

Palabras clave: Tren superior, fiabilidad, 1RM, entrenamiento de fuerza.

Abstract: The purpose of this study was to analyze the test–retest reliability of an incremental bench press protocol on a Smith machine for the following variables: load (kg), peak force (N), mean force (N), mean power (W), peak power (W), mean velocity ($m*s^{-1}$) and peak velocity ($m*s^{-1}$). Sixteen healthy subjects (12 males and 4 females) participated (mean: 175.8 ± 5.6 cm, 75.4 ± 5.72 kg, 24.4 ± 5.72 years) in this study voluntarily. Subjects performed an incremental test to reach 1RM on two separate occasions, with at least a 48-hour recovery. A linear position transducer (T-Force System, Murcia, Spain) was used to record mean and peak force, power and velocity. The test–retest reliability was measured by the intraclass correlation coefficient ($ICC_{2,1}$), the standard error of measurement (SEM) and the minimal difference (MD) for the initial load (IL), maximum power (MP) and the repetition maximum (1RM). The reliability analysis showed high values in 1RM ($ICC_{2,1} = 0.96$, $SEM = 3.2$ kg and $MD= 9.9$ kg). Peak power and mean and peak velocity had high ICC values (0,91–0,98) in IL and moderate–high values ($ICC_{2,1}= 0,52$ –0,89) in the MP and 1RM loads. The incremental protocolo performed had a good reliability in 1RM and the rest of variables calculated.

Key words: upper-body, reliability, one repetition maximum, resistance exercise

Resumo : O presente estudo teve como objetivo analisar a fiabilidade do teste-reteste de um protocolo incremental de supino na máquina de Smith para as variáveis de carga (kg), força máxima (N), força média (N), potência média (W), potência máxima (W), velocidade média (m/s) e velocidade máxima (m/s). Dezasseis sujeitos (12 homens e 4 mulheres) (175.8 ± 5.6 cm, 75.4 ± 5.72 kg, 24.4 ± 5.72 anos) participaram no estudo de forma voluntária. Os participantes realizaram o teste incremental até atingirem 1RM em duas ocasiões diferentes, com um intervalo mínimo de 48 horas de recuperação. Todas as variáveis foram registadas mediante um transdutor de posição linear (T-Force System, Murcia, Spain). A fiabilidade foi medida com base no teste-reteste do índice de correlação intra-classe ($ICC_{2,1}$), incerteza das medidas (SEM) e as diferenças mínimas (MD) para a carga inicial (CI), potência máxima (MP)

e repetição máxima (RM). Os resultados apresentam altos valores de ICC no 1RM (ICC2, 1= 0.96, SEM= 3,2 kg e MD= 9.9 kg). A potência e a velocidade máxima apresentaram valores altos de ICC (0.91–0.98) na CI e valores moderados–altos (ICC2, 1= 0.52–0.89) nas intensidades de MP e RM. O protocolo incremental realizado apresenta uma adequada fiabilidade teste-reteste tanto para 1RM como para as restantes variáveis analisadas.

Palavras-chave: trem superior, fiabilidades, 1RM, treino da força.

Introducción

En el entrenamiento de la fuerza, la determinación de la máxima carga que un deportista es capaz de levantar se denomina una repetición máxima (1RM). Los diferentes porcentajes de la 1RM corresponden a las diversas zonas de entrenamiento dentro de las vertientes de la fuerza (Campos y col. 2002). Tagesson y Kvist (2007) diferencian tres zonas de entrenamiento (ligera, media y pesado) en función del porcentaje de la 1RM (60–70% RM, 75–80% RM, >85% RM, respectivamente). La correcta determinación del valor de la 1RM es el principal objetivo por parte de los entrenadores para poder aplicar, con mayor exactitud, los diferentes porcentajes de carga de forma adecuada, tanto para deportistas de alto rendimiento como a pacientes en procesos de rehabilitación. Por otro lado, la fiabilidad de otro tipo de variables como la fuerza, la potencia y la velocidad también resulta de vital importancia para la evaluación de nuestros deportistas y para la planificación deportiva. El término fiabilidad hace referencia a la estabilidad en los valores obtenidos tras múltiples repeticiones de un test de evaluación (Hopkins, 2000). Teniendo siempre presente que siempre que se realiza una intervención para testar la efectividad de algún programa de entrenamiento resulta imprescindible seleccionar variables dependientes que sean válidas y fiables.

Existen numerosos estudios (Ayala, Sainz de Baranda, De Ste Croix, y Santoja, 2013; Cronin y Henderson, 2004; Cronin, McNair, y Marshall, 2001; Hopkins, 2000; Tagesson y Kvist, 2007) que han analizado la fiabilidad de variables como la fuerza, potencia y velocidad, en diferentes cargas hasta llegar a la 1RM en distintos ejercicios. Para el análisis de la fiabilidad, la prueba test–retest suele ser utilizadas para determinar las diferencias entre las medidas de ambas evaluaciones, siendo el índice de correlación intraclase (*ICC*) y el error estándar de la medida (*SEM*) los estadísticos más utilizados para el análisis de la fiabilidad. Otros estadísticos, como las mínimas diferencias (*MD*) pueden ser utilizados para valorar si los cambios obtenidos en el rendimiento son como consecuencia de errores en la medida o de verdaderas mejoras físicas (Weir, 2005). La fiabilidad test–retest para el cálculo de 1RM varía en función de la experiencia, la edad y el sexo de los sujetos. En aquellos sujetos con mayor experiencia, los resultados del *ICC* son más elevados, presentando también valores más bajos de *SEM* y viceversa.

La fiabilidad medida mediante la prueba test–retest para la determinación de la 1RM se puede analizar desde diferentes puntos de vista en función de las variables que se analicen. En primer lugar, la máxima carga levantada (medida en kg). Cronin y Henderson (2004) evaluaron la 1RM en el ejercicio de extensión de rodillas durante un total cuatro veces en un lapso de tiempo de 10 días. Estos autores concluyeron que para la evaluación de la fuerza en deportistas principiantes, es necesario la realización del test en múltiples ocasiones para poder asegurar una buena fiabilidad en la medida. Tagesson y Kvist (2007) compraron 23 sujetos en un ejercicio de extensión de rodilla medidos en dos ocasiones, en días diferentes. El valor del *ICC* fue elevado (0,90), mientras que el *SEM* obtenido fue de 5,1 kg. Estos autores analizaron las sesiones que son necesarias para conseguir una medida consistente en 1RM en el ejercicio de extensión de piernas en sujetos principiantes, llegando a la conclusión que son necesarias un mínimo de 3 a 4 sesiones en jóvenes principiantes, haciendo especial hincapié en el control de posibles errores metodológicos del test de fuerza usado para la evaluación. En segundo lugar, desde el punto de vista del análisis de la fiabilidad de las diferentes manifestaciones de la fuerza.

Cronin y Henderson (2004) analizaron el pico y la media de la velocidad, potencia y fuerza en press de banca en cuatro ocasiones en un periodo de 7–9 días. Dichos autores, no encontraron diferencias significativas en ninguna de las variables medidas en los dos días diferentes de evaluación, aunque desafortunadamente, estos autores no incluyeron en sus análisis ningún estadístico de fiabilidad tal como el *ICC* y/o el *SEM*. Weiss, Fry, Gossick, Webber, y Barrow (1998) analizaron la fiabilidad del press banca a lo largo de un espectro de velocidades, en las variables de fuerza y potencia pico. Cuatro velocidades fueron seleccionadas y evaluadas en dos ocasiones. Los autores concluyeron que la fuerza y la potencia pico presenta altos valores de fiabilidad en las diferentes velocidades seleccionadas. Por su parte, Stock, Beck, DeFreitas, y Dillon (2011) analizaron la fiabilidad de la velocidad de la barra durante el ejercicio del press de banca libre. Los autores concluyeron que resulta muy interesante calcular la fiabilidad test–retest antes de la realización del tratamiento, puesto que los cambios de cualquier programa de intervención serían más adecuados analizarlos teniendo este tipo de información. Jennings, Viljoen, Durandt, y Lambert (2005) analizaron la fiabilidad de un dispositivo de desplazamiento lineal o como se conoce en inglés “lineal position transducer” (LPT), para medir la potencia muscular en ejercicios de fuerza monoarticulares y multiarticulares. Los ejercicios de curl de bíceps y squat presentaron altos niveles de fiabilidad (*ICC*: 0,95–0,98). Estos autores argumentan que el *SEM* de los ejercicios que involucran múltiples articulaciones fue mayor que aquellos ejercicios monoarticulares. Faigenbaum y col. (2012) analizaron la fiabilidad test–retest de 1RM en el ejercicio “power clean”, en sujetos adolescentes entrenados. Los resultados presentados en dicha investigación mostraron altos valores de fiabilidad (*ICC* = 0,98), encontrando un bajo *SEM* (2,3 kg). Cabe destacar que la muestra que utilizaron en ese estudio fueron adolescentes con mucha experiencia en la realización del ejercicio. Por lo que la estabilidad en la medida fue adecuada.

Las fuentes de variación de las diferentes manifestaciones de la fuerza suelen proceder de nuestra variabilidad biológica y del instrumental de medida (Hopkins, 2000), además de otras fuentes de variación, cómo puede ser el propio test a utilizar para la evaluación y la correcta estandarización de las posiciones. Por lo tanto, el propósito de este estudio fue (a) analizar si el test incremental de cargas utilizado para la evaluación proporciona una adecuada fiabilidad para determinar el valor de 1RM y (b) analizar la fiabilidad test–retest hasta llegar a la 1RM en press de banca, en las variables de fuerza media, fuerza pico, potencia media, potencia pico, velocidad pico y velocidad media en las intensidades de la carga inicial (CI), máxima potencia (MP) y una repetición (1RM).

Material y métodos

Sujetos

Dieciséis (n=16) estudiantes de Educación Física (12 hombres y 4 mujeres) sirvieron como sujetos experimentales en este estudio. La media \pm desviación estándar de la altura, masa corporal y edad fue de $175,8 \pm 5,6$ cm, $75,4 \pm 5,72$ kg, $24,4 \pm 5,72$ años, respectivamente. Todos los sujetos firmaron un consentimiento informado previamente a la realización de investigación. Este estudio fue llevado de acuerdo a la declaración de Helsinki y fue previamente aprobado por el comité ético de la Universidad de Granada.

Procedimiento

Durante la primera visita al Laboratorio de Control del Rendimiento de la Facultad de Ciencias del Deporte de la Universidad de Granada, los sujetos realizaron una sesión de familiarización con el material de evaluación. Se realizaron las mediciones del peso corporal, talla y distancia inter-epicondilea para la posterior estandarización y ubicación del agarre en la barra. El agarre fue estandarizado de forma unilateral usando la distancia de la medida epicondilea hasta la escotadura yugular. Posteriormente, los sujetos realizaron un calentamiento estandarizado que se componía de dos partes. Una parte general de activación vegetativa y entrada en calor en cicloergómetro a 50W durante 5 minutos. La segunda parte del calentamiento correspondió a la realización, en una máquina Smith, de 4 series de 15 repeticiones con 20 kg. Tres minutos fueron dejados entre el final del calentamiento y el inicio del test incremental.

El test incremental consistía en aumentos graduales de carga hasta llegar a la 1RM. La carga inicial fue de 20 kg, produciéndose aumentos progresivos de carga de 20 kg (cuando la velocidad de la barra era mayor a $0,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$) y de 5 kg (para velocidades de la barra menores a $0,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$). Se realizaron 4 repeticiones para la carga inicial y 2–3 repeticiones para el resto de cargas, exceptuando la 1RM, que los sujetos sólo fueron capaces de levantar la carga una sola vez. Se les pidió a los sujetos que realizan el movimiento a la máxima velocidad posible, es decir, de forma explosiva. La velocidad de descenso de la barra fue controlada mediante instrucciones del investigador. Los sujetos debían de bajar la barra en dos tiempos y aguantar con la barra en el pecho un máximo de 2 segundos, evitando así el efecto “rebote”. Para impedir que el efecto de la fatiga afectara a los resultados, se dejaron descansos comprendidos entre 3–5 minutos. Los periodos de descanso más pequeños (3 minutos) para aquellas velocidades de la barra mayores a $0,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, y periodos de descanso más amplios (5 minutos), para velocidades de la barra inferiores a $0,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Un periodo mayor a 48 horas fue dejado entre la realización del test en ambas ocasiones. Cada fase concéntrica de la evaluación fue registrada mediante el uso de LPT (T-Force System, Ergotech, Murcia, España). Durante el segundo día de evaluación, los sujetos realizaron exactamente el mismo procedimiento que el primer día.

Análisis estadístico

Todos los datos fueron expresados como media y desviación estándar (SD). El test de Kolmogorov–Smirnov fue realizado para analizar la normalidad de las variables analizadas. Todas las variables cumplieron con el supuesto de normalidad. Una prueba t-test de medidas relacionadas fue realizada para evaluar la 1RM en los dos días que se realizó el test. Un análisis de la varianza de medidas repetidas (ANOVA MR) fue realizado para examinar el efecto de la Fuerza Media, Fuerza Pico, Potencia Pico, Potencia Media y Velocidad Media en las dos evaluaciones realizadas. Cuando no se pudo asumir el supuesto de esfericidad, la corrección Green–House Geisser fue utilizada. Las interacciones del ANOVA MR fueron analizadas mediante los ajustes post hoc de Bonferroni. La fiabilidad test–retest para las variables de Fuerza Media y Pico, Potencia Media y Pico, Velocidad Media y Pico y Carga fue evaluada mediante el uso del Índice de Correlación Intraclase ($ICC_{2,1}$). El error asociado a las medidas de la fuerza, potencia y carga fue analizado mediante el error estándar de la medida (SEM).

Para el cálculo del *SEM*, se utilizó la fórmula de la raíz cuadrada de la media cuadrática de los errores ($SEM = \sqrt{MSe}$) (Weir, 2005). Los resultados del *SEM* fueron expresados en la misma unidad de medida que las variables en cuestión. Se establecieron las mínimas diferencias (*MD*) mediante el uso de la siguiente fórmula: $MD = SEM \times 1.96 \times \sqrt{2}$. Las diferencias significativas se establecieron al nivel de $p \leq 0,05$. Todos los análisis fueron realizados utilizando un software de análisis estadístico (SPSS Inc, Illinois, EEUU).

Resultados

Valor máxima de carga desplazada

El valor de la 1RM durante las evaluaciones del día 1 y 2 fueron de $59,7 \pm 17,37$ kg y $61,56 \pm 18,68$ kg, respectivamente. En términos absolutos, se levantó un 3% más de carga en el segundo día. Los resultados de la prueba t-test para muestras dependientes indicaron que no existieron diferencias significativas ($p = 0,138$) en la carga levantada en el test incremental en ambas ocasiones evaluadas. El $ICC_{2,1}$ para la máxima carga desplazada fue de 0,98 (95% intervalo de confianza = 0,94–0,99). El *SEM* para la 1RM fue de 3,39 kg. El valor de las *MD* fue de 9,9 kg. En la Figura 1 se muestra el gráfico de las diferencias entre los valores de la 1RM en los días 1 y 2. En la Figura 2 se muestra gráficamente la asociación lineal entre las dos evaluaciones ($r = 0,967$, $p = 0,001$).



Figura 1. Gráfico Bland and Altman de las diferencias en la carga de la 1RM. El eje-x representa las diferencias entre la RM_día_2-RM_día_1 (media de 1RM). El eje-y representa las diferencias individuales entre la RM_día_2-RM_día_1. La media de las diferencias (media) y 2SD están representados mediante las líneas discontinuas.

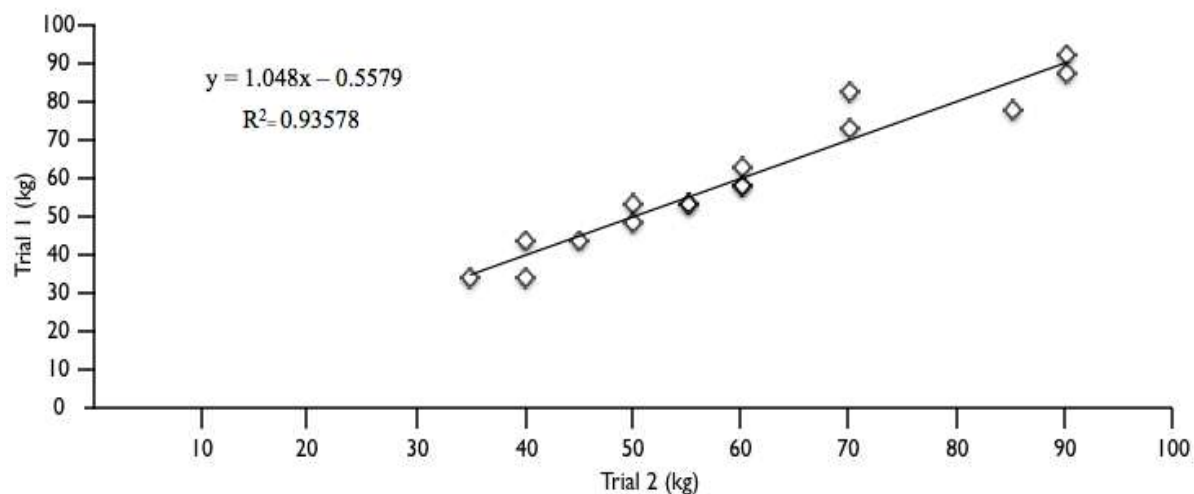


Figura 2. Relación de 1RM (kg) en las dos ocasiones que se evaluaron.

En la Figura 3 se representa los valores residuales y los valores predichos residuales de la variable de la 1RM. El valor de R^2 obtenido fue de 0,002.

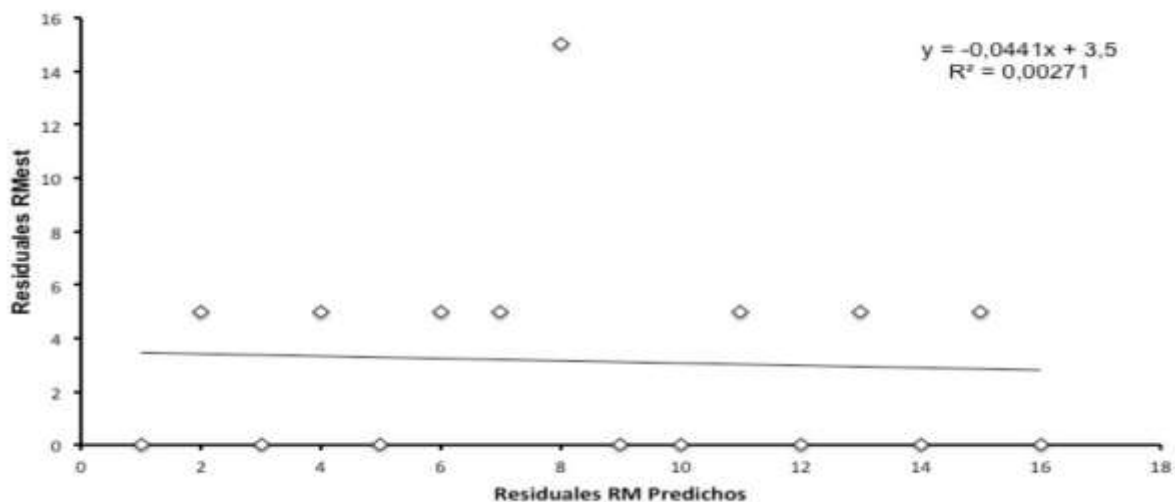


Figura 3. Valores residuales de la 1RM y predichos residuales de la 1RM.

3.2 Fuerza media, potencia media y velocidad media

Con respecto a la variable de Fuerza media el ANOVA MR no mostró diferencias significativas en el efecto principal de la variable *día* ($F[1, 15]=1,69$; $p = 0,214$; $\eta^2 = 0,10$; $1-\beta = 0,23$) ni en la interacción *día x intensidad* ($F[2, 30]=3,06$; $p = 0,06$; $\eta^2 = 0,17$; $1-\beta = 0,55$). En la Figura 1 se pueden observar los valores medios de los dos días de evaluación en la variable de la Fuerza media.

En cuanto a la variable de Potencia media el ANOVA MR no mostró diferencias significativas en el efecto principal de la variable *día* ($F[1, 15]=0,38$; $p = 0,849$; $\eta^2 = 0,04$; $1-\beta = 0,05$) ni en la interacción *día x intensidad* ($F[2, 30]=0,049$; $p = 0,953$; $\eta^2 = 0,03$; $1-\beta = 0,57$).

Finalmente, la variable de Velocidad media el ANOVA MR no mostró diferencias significativas en el efecto principal de la variable *día* ($F[1, 15]=0,103$; $p = 0,752$; $\eta^2 = 0,07$; $1-\beta = 0,06$) ni en la interacción *día x intensidad* ($F[2, 30]=1,107$; $p = 0,344$; $\eta^2 = 0,07$; $1-\beta = 0,27$).

Fuerza pico, potencia pico y velocidad pico

En la variable de Fuerza pico el ANOVA MR no mostró diferencias significativas en el efecto principal de la variable *día* ($F[1, 15]=0,076$; $p = 0,787$ $\eta^2 = 0,05$; $1-\beta= 0,05$) ni en la interacción *día x intensidad* ($F[2, 30]=3,06$; $p = 0,06$; $\eta^2 = 0,13$; $1-\beta= 0,41$). En la Figura 1 se pueden observar los valores medios de los dos días de evaluación en la variable de la Fuerza media.

En cuanto a la variable de Potencia pico el ANOVA MR no mostró diferencias significativas en el efecto principal de la variable *día* ($F[1, 15]=0,232$; $p = 0,637$; $\eta^2 = 0,02$; $1-\beta= 0,05$) ni en la interacción *día x intensidad* ($F[2, 30]=2,206$; $p = 0,234$; $\eta^2 = 0,05$; $1-\beta= 0,34$).

Finalmente, la variable de Velocidad pico el ANOVA MR no mostró diferencias significativas en el efecto principal de la variable *día* ($F[1, 15]=0,075$; $p = 0,788$; $\eta^2 = 0,05$; $1-\beta= 0,08$) ni en la interacción *día x intensidad* ($F[2, 30]=1,121$; $p = 0,373$; $\eta^2 = 0,06$; $1-\beta= 0,21$).

En la Tabla 1 se resumen los estadísticos de fiabilidad de las variables analizadas (Fuerza, Potencia, Velocidad media y pico) en las tres intensidades analizadas (CI = carga inicial; MP = máxima potencia media y RM = repetición máxima).

Tabla 1. Valores del *ICC*, *SEM* y *MD* en las variables de fuerza media, fuerza pico, potencia media y potencia pico.

Fuerza Pico	<i>P</i> valor	ICC_{2.1}	SEM (N)	MD (N)
CI	0,647	0,99	12	34
MP	0,154	0,98	27	75
RM	0,354	0,99	33	92
Fuerza Media	<i>P</i> valor	ICC_{2.1}	SEM (N)	MD (N)
CI	0,979	0,98	11	30
MP	0,001	0,87	49	137
RM	0,034	0,98	35	96
Potencia Pico	<i>P</i> valor	ICC_{2.1}	SEM (W)	MD (W)
CI	0,095	0,99	31	87
MP	0,093	0,97	48	132
RM	0,627	0,89	54	150
Potencia media	<i>P</i> valor	ICC_{2.1}	SEM (W)	MD (W)
CI	0,389	0,96	12	33
MP	0,964	0,98	18	50
RM	0,992	0,52	46	127
Velocidad pico	<i>P</i> valor	ICC_{2.1}	SEM (m*s⁻¹)	MD (m*s⁻¹)
CI	0,231	0,91	0,17	0,49
MP	0,758	0,52	0,24	0,69
RM	0,584	0,67	0,09	0,25
Velocidad media	<i>P</i> valor	ICC_{2.1}	SEM (m*s⁻¹)	MD (m*s⁻¹)
CI	0,840	0,98	0,04	0,10
MP	0,592	0,89	0,07	0,20
RM	0,273	0,53	0,06	0,17

Discusión

El principal objetivo de este estudio fue analizar la fiabilidad test–retest de las variables de la 1RM, Fuerza, Potencia y Velocidad, tanto media como pico en un protocolo incremental de cargas en el ejercicio del press de banca. En las tablas 1 y 2, se muestran los resultados del *ICC*, *SEM* y *MD* para las variables de carga, fuerza pico, fuerza media, potencia pico, potencia media, velocidad pico y velocidad media.

De forma general, nuestros resultados muestran una buena fiabilidad ($ICC = 0,96$) en la máxima carga desplazada en las dos ocasiones que se realizó el test, obteniéndose un valor de *SEM* de 3,39 kg. Durante el test incremental realizado el segundo día de evaluación, un 3% más de carga máxima consiguieron levantar los participantes de nuestro estudio. El coeficiente de correlación de Pearson mostró una fuerte asociación entre ambas evaluaciones ($r = 0.967$, $\rho = 0.001$, ver Figura 2). El gráfico “Bland-Altman” presentado en la Figura 1 muestra que no existieron cambios sistemáticos (p.e., efecto aprendizaje) entre cada una de las evaluaciones realizadas. La ausencia de asociación entre la diferencia y la media vienen a confirmar que el método de evaluación no proporciona errores o cambios sistemáticos. A su vez, en la Figura 3 se aprecia la ausencia de relación entre los valores residuales de la 1RM y los valores predichos, por lo tanto, no se encuentran indicios de heterocedasticidad (Atkinson y Neville, 1998). Las *MD* diferencias fueron calculadas de acuerdo con lo expuesto por Weir (2005). En teoría, este estadístico nos muestra el resultado mínimo que debería haber en una próxima evaluación para que se considerasen que realmente los cambios son debidos a una mejora a causa del entrenamiento y no por un error de la medida. Nuestros resultados muestran que es necesario un cambio mínimo en la 1RM de 9,9 kg para considerarse cambios reales de rendimiento.

Para nuestro conocimiento, este es el primer estudio que analiza la fiabilidad de un test incremental de cargas hasta llegar a la 1RM en las variables de fuerza pico, fuerza media, potencia pico, potencia media y velocidad media, en las intensidades de CI, MP y RM. En cuanto a la variable de la máxima carga desplazada, los resultados presentados en nuestro estudio concuerdan con los indicados por Tagesson y Kvist (2007), en donde en ambas ocasiones donde se evaluó el ejercicio de extensión de rodillas, los sujetos que realizaron las evaluaciones consiguieron levantar un 2% más de carga. Los valores presentados de *ICC* y *SEM* fueron de 0,96 y 3,2 kg, respectivamente. Más concretamente en el ejercicio de press de banca, Cronin y Henderson (2004) analizaron los valores de la 1RM que se alcanzaban, medido en cuatro ocasiones, durante un periodo de 7 a 9 días con sujetos principiantes. Durante las 4 evaluaciones de la 1RM, se encontraron diferencias significativas ($p = 0,001$) en la carga del primer día con el resto de días evaluados, consiguiendo levantar un máximo de un 13,6% kg más de carga en la última evaluación en comparación con el resto de evaluaciones. Estos resultados entran en desacuerdo con los reportados en nuestro estudio. En las evaluaciones llevadas a cabo en nuestra investigación, no se encontraron diferencias significativas ($p = 0,138$) en la máxima carga desplazada en las dos ocasiones que se repitió el test. Un 3% más de carga se levantó el segundo día de evaluación tras 48 horas de recuperación. Probablemente, las diferencias en el protocolo de evaluación o las características de los sujetos sea la explicación más plausible para explicar estas diferencias.

Cuando hablamos del término fiabilidad, estamos haciendo referencia a la consistencia en la medida (Hopkins, 2000). Las fuentes de errores son como consecuencia de la interacción entre diferentes factores como pueden ser el rango de estabilidad de los sujetos (experiencia previa, edad, sexo, nivel de entrenamiento), el protocolo incremental utilizado para la evaluación (tipo de máquina utilizada, aumentos de cargas para llegar a la 1RM, recuperación entre series, recuperación entre las diferentes evaluaciones) y/o el dispositivo utilizado para las mediciones (transductor de posicionamiento lineal, plataforma de fuerzas, acelerómetro). En nuestro estudio, hemos realizado un protocolo de evaluación para la consecución de la 1RM con un LPT. A su vez, las variables de fuerza, potencia y velocidad, han sido obtenidas y analizadas.

La fuerza pico y fuerza media presentan niveles altos de fiabilidad (ver Tabla 1) en las tres intensidades analizadas. En las comparaciones de la fuerza pico y media en las tres intensidades analizadas en los dos días de evaluación, no se encontraron diferencias significativas entre ambas evaluaciones. Weiss y col. (1998) midieron el pico de fuerza en diferentes velocidades en press de banca. Valores altos de *ICC* (rango: 0,95–0,98) fueron encontrados en las diferentes velocidades analizadas. Estos resultados están en concordancia con los valores obtenidos en nuestro estudio. La fuerza pico y media mostraron niveles bajos de *SEM* (rango: 12–33N [fuerza pico] y rango: 11–49N [fuerza media]) en ambas evaluaciones (ver Tabla 1).

En la potencia pico y media valores altos de fiabilidad fueron encontrados a excepción de la potencia media en la intensidad de la 1RM. El $ICC_{2,1}$ en la intensidad de la RM fue de 0,52, reportando niveles medios–bajos de fiabilidad. Además, en esta intensidad fue donde se encontraron los valores más altos de *SEM* (46 W) y *MD* (127 W) (ver Tabla 1). En el trabajo realizado por Jennings, Viljoen, Durandt, y Lambert (2005) analizaron la fiabilidad de las variables de potencia media en los ejercicios de curl de bíceps y squat, durante tres días consecutivos de evaluación. Dichos investigadores, reportaron niveles altos de *ICC* (rango: 0,95–0,98) tanto para el ejercicio que implica una sola articulación (curl de bíceps), como para el ejercicio que envuelve la participación de más de una articulación (squat).

La velocidad pico y media también fueron analizadas en las tres intensidades mencionadas anteriormente (CI, MP y RM). Valores medios–altos de fiabilidad fueron obtenidos en la CI ($ICC = 0,98$ y $0,84$) para la velocidad media y pico, respectivamente. Pero el análisis del resto de cargas (MP y RM), muestran valores medios–bajos de fiabilidad ($ICC = 0,82$, $0,33$ y $0,38$, $0,53$) para la velocidad media y pico, respectivamente. Stock, Beck, DeFreitas, y Dillon (2011) analizaron la fiabilidad de la fuerza y velocidad en ejercicios de saltos con contramovimiento. Los resultados obtenidos en cuanto al *ICC* (0,79–0,99) avalan la fiabilidad de estas variables en el ejercicio evaluado. Los valores de fiabilidad obtenidos en nuestro estudio en la variable velocidad desciende cuanto mayor es la intensidad de la carga. En la investigación de Stock y col. (2011) reportaron moderados valores de *ICC* (rango: 0,56–0,81) para la velocidad media en un espectro de cargas desde el 10% hasta el 90% de 1RM y un largo *SEM* ($0,06 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$) para la carga de 1RM, evaluado en press de banca libre. Los mencionados autores argumentan este hecho en la baja motivación de los atletas. De igual forma, nuestros resultados para la variable de velocidad pico y media, con la carga de 1RM muestran altos valores de *SEM* ($0,10 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ y $0,06 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$). En nuestro caso, una posible explicación a este hecho sea la heterogeneidad de la muestra y la inclusión de mujeres en el estudio. El *ICC* depende de la suma de los errores

al cuadrado, es decir, de la diferencia del valor individual de cada sujeto menos la media al cuadrado. Por lo tanto, en la intensidad de la 1RM, los participantes pertenecientes al sexo femenino difieren mucho del valor que obtienen al valor de la media del grupo.

En cuanto a las principales limitaciones de este estudio fue precisamente el tamaño muestral y la inclusión de participantes del sexo femenino junto a la del masculino. Aunque los resultados obtenidos en este estudio muestran que no existieron diferencias significativas en las variables analizadas en función del día y en la interacción día x intensidad. Sin embargo, la interpretación de estos resultados deben de tomarse con cautela, en primer lugar porque la muestra no eran deportistas profesionales y en segundo lugar, por el bajo tamaño muestral. Algunas otras limitaciones deben ser tenidas en cuenta para comprender mejor los resultados de este estudio. Los LPT son dispositivos que calculan el espacio, generalmente, con base en las diferencias de voltaje (Harris, Cronin, Taylor, Boris, y Sheppard, 2010). El resto de variables obtenidas son cálculos derivados de fórmulas matemáticas. A nuestro parecer, la baja fiabilidad obtenida en algunas variables como la velocidad o la potencia en cargas altas, podría ser debido a esto entre los otros hechos comentados.

Conclusiones

Los resultados presentados en este estudio, hacen referencia a una evaluación de la fiabilidad test–retest de un protocolo incremental de cargas hasta llegar a la 1RM en press de banca. De forma general y a modo de conclusión, podemos decir que el protocolo utilizado proporciona valores fiables en la medición de la carga máxima desplazada. El resto de variables analizadas (fuerza, potencia y velocidad, y sus respectivos picos y medias) presentan moderados–altos valores de fiabilidad, exceptuando la potencia media, velocidad media y pico en la intensidad de la 1RM. Otro aspecto a considerar en la obtención de bajos *ICC* y altos *SEM* y *MD* puede ser por los sujetos que participaron en esta investigación. La heterogeneidad de la muestra y la experiencia previa, puede influir en la fiabilidad de las variables de potencia y velocidad con cargas máximas. A la luz de los resultados, el análisis de la fiabilidad test–retest de las variables de fuerza y potencia, debería ser analizado en futuros estudios con otro tipo de dispositivos que sean capaces de calcular la fuerza de una forma directa, como las plataforma de fuerzas. De esta forma, se podría asegurar, que el error producido en estas variables no es por el dispositivo de medición.

Aplicaciones prácticas

Para poder evaluar con mayor precisión en que medida se producen los cambios en los diferentes tratamientos utilizados, resulta necesario, sino imprescindible, la realización por parte de los deportistas una prueba test–retest previa al tratamiento. Por un lado, nos proporcionará información sobre el estado operacional actual de nuestros deportistas, pero por otro lado nos podrá ayudar en el proceso de planificación de los entrenamientos. La obtención de información tal como la fiabilidad de una medida en una determinada variable (*ICC* y *SEM*), o las *MD* que en teoría debería desarrollar nuestros deportistas en futuras evaluaciones para que se consideren cambios en el rendimiento, resulta información muy útil para la prescripción y diseño de programas de entrenamiento.

Referencias bibliográficas

1. Atkinson, G., y Neville, A. M. (1998). Statistical Methods for assessing measurement error (reliability) in variables relevant to sports medicine. *Sports Medicine*, 26(4), 217–238.
2. Ayala, G., Sainz de Baranda, P., De Ste Croix, M., y Santoja, F. (2013). Fiabilidad absoluta de las medidas isocinéticas para estimar la función muscular. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte*, 13(52), 799–830.
3. Campos, G. E., Luecke, T. J., Wendeln, H. K., Toma, K., Hagerman, F. C., Murray, T. F., Ragg, K. E., Ratamess, N. A., Kraemer, W. J., y Staron R. S. (2002). Muscular adaptations in response to three different resistance – training regimens: specificity of repetition maximum training zones. *European Journal of Applied Physiology*, 88(1-2), 50–60.
4. Cronin, J. B., McNair, P. J., y Marshall, R. N. (2001). Velocity specificity, combination training and sport specific tasks. *The Journal of Science & Medicine in Sport*, 4(2), 168–178.
5. Cronin, J. B., y Henderson, M. E. (2004). Maximal strength and power assessment in novice weight trainers. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 18(1), 48–52.
6. Faigenbaum, A. D., McFarland, J. E., Herman, R. E., Naclerio, F., Ratamess, N. A., Kang, J., y Myer, G. D. (2012). Reliability of the One-Repetition-Maximum Power Clean Test in Adolescent Athletes. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 26(2), 432–437.
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. Hopkins, W. G. (2000). Measures of reliability in sports medicine and science. *Sports medicine*, 30(1), 1–15.
9. Jennings, C. L., Viljoen, W., Durandt, J., y Lambert, M. I. (2005). The reliability of the FitroDyne as a measure of muscle power. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 19(4), 859–863.
10. Stock, M. S., Beck, T. W., DeFreitas, J. M., y Dillon, M. A. (2011). Test–Retest Reliability of Barbell Velocity During the Free-Weight Bench-Press Exercise. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 25(1), 171–177.
11. Tagesson, S. K. B., y Kvist, J. (2007). Intra and interrater reliability of the establishment of one repetition maximum on squat and seated knee extension. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 21(3), 801–807.
12. Weir, J. P. (2005). Quantifying Test-Retest Reliability Using THE Intraclass Correlation Coefficient. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 19(1), 231–240.
13. Weiss, L. W., Fry, A. C., Gossick, E. L., Webber, J. M., & Barrow, E. H. (1998). Reliability of bench press velocity-spectrum testing. *Measurement in Physical Education & Exercise Science*, 2(4), 243–252.

ANEXO 12.

Artículo aceptado para su publicación en la revista: "European Journal of Human Movement"



Intra-repetition variable resistance
Training: Part 1-an overview

INTRA-REPETITION VARIABLE RESISTANCE TRAINING: PART 1-AN OVERVIEW

Ignacio J. Chiroso ; S. Baena ; M. Soria ;
Iker Javier Bautista ; Luís Javier Chiroso

CTS-642. Research and development on physical activity and sport. University of Granada

ABSTRACT

This series of reviews focuses on changes in external resistance during a repetition, and the ability to generate maximal muscular strength and power in a repetition. Part 1 focuses on the types and effects of Variable Resistance on neuromuscular adaptations. Part 2, which will follow in an upcoming edition of EJHM, explores the practical applications and methodological findings to the design of training programs that most effectively enhance maximal force production. The use of new strategies will help athletes and specialists improve performance, and will increase effectiveness of strength-training programs. The ability to generate maximal force is influenced by the time available to develop force, the magnitude of the external resistance, and the amount of resistance progressively added or reduced. This Part analyzes the most common ways of modifying external resistance using chains and elastic bands. These reviews discuss acute changes in the muscle environment and the impact that this has in maximal force production over different expressions of strength. Intra-Repetition Variable Resistance (irVR) training has been shown to impact different neuromuscular factors in many specific ways. Therefore, an understanding of the biological basis of maximal force production is essential for developing training programs that effectively enhance human strength capacity.

Key Words: intra-repetition, variable resistance, elastic bands, chains

RESUMEN

Esta serie de revisiones se centran en los cambios que provocan la resistencia variable (RV) durante una repetición, y la capacidad de generar la fuerza muscular máxima y la potencia durante la misma. La Parte 1 se centra en los tipos y efectos de la RV sobre diferentes adaptaciones neuromusculares. En la Parte 2, aparecerá en otra edición de la EJHM, explora las aplicaciones prácticas y hallazgos metodológicos para el diseño de programas de capacitación que mejoren de forma más efectiva la producción de fuerza máxima. El uso de nuevas estrategias ayudará a los atletas y especialistas a mejorar el rendimiento y aumentará la eficacia de los programas de entrenamiento de fuerza. La capacidad de generar fuerza máxima se ve influida por el tiempo disponible para desarrollar la fuerza, la magnitud de la resistencia externa (RE), así como la cantidad de resistencia añadida o reducida de forma variable. En esta parte se analizan las formas más comunes de modificación de la RE usando cadenas y bandas elásticas. Estas revisiones discuten los cambios agudos en el músculo y el impacto que esto tiene sobre la producción de fuerza máxima a través de las diferentes manifestaciones de la fuerza. Se ha demostrado que el impacto de diferentes factores neuromusculares en muchas formas específicas de RV intra-repetición. La comprensión de las bases biológicas de la producción de fuerza máxima es esencial para el desarrollo de programas que mejoran la eficacia de la capacidad producción de fuerza.

Palabras clave: intra-repetición, resistencia variable, bandas elásticas, cadenas

Correspondence:

Ignacio J. Chiroso Ríos.
Dpto. de Educación Física. Facultad de Ciencias del Deporte.
Universidad de Granada
Carretera de Alfacar s/n 18011. Granada (Spain)
ichiroso@ugr.es

Submitted: 15/06/2014

Accepted: 30/06/2014

INTRODUCTION

In a training process every moment counts. A split second can mean the difference between winning an Olympic medal or not. In order to apply the best stimulus it is necessary to join the largest number of structural training principles possible per unit of time. For this reason the concept of Intra-repetition Variable Resistance (irVR) is postulated as a new means to improve the responses of the neuromuscular system. The contexts in which an athlete performs, regardless of the level, change in space and time. Given these different scenarios, it is necessary to provide training stimuli that at least equal these mechanical-energy profiles.

In the scientific literature, the training methods that produce a progressive increase or decrease in the total weight of the load, both in concentric and eccentric phases of exercises are called Variable Resistance Exercises (VR). There are different strategies to modify the load during an exercise. This literature review focuses on those that change the resistance during repetition itself (encompassing both the concentric and eccentric phase) which are called Intra-repetition Variable Resistance exercises (irVR).

This strength training trend, like many others, is based on the principle of optimal stimulation intensity, and the concept of limited maximum efforts. When an athlete tries to develop different expressions of force, the muscles work at full capacity for a very small portion of time in a dynamic action (Frost, Cronin, & Newton, 2010). Behm & Sale, (1993) stated that one of the most important elements for improving the development of muscle strength is a mechanical impulse to accelerate a given load. Both ideas are implicit conditions to include in irVR training methods. This is the theoretical basis underpinning possible new hypotheses associated with irVR training and its positive effect on different strength expressions (Anderson, Sforzo, & Sigg, 2008).

To facilitate and optimize neuromuscular adaptations, the resistance must vary along each stage and type of muscle contraction (concentric contraction [CC], eccentric contraction [EC], isometric contraction [IC], stretch shortening cycle [SSC]). Therefore, load varies during the repetition itself (Cronin, McNair, & Marshall, 2003; Frost, Cronin, & Newton, 2010). This factor is characteristic of irVR, because in the concentric phase of the repetition the load will be progressively increased. Inversely, during the eccentric phase load will progressively decrease. The scientific evidence reviewed in this article seems sufficient to determine that this type of training provides a more rapid improvement in muscle strength, as compared to traditional training methods using only free weights (FW). Strength training that includes diverse stimuli,

results in different neuromuscular adaptations in each muscle action, giving athletes greater wealth within their motor repertoire.

Terminological approach

In recent literature related to strength training the concept of Variable Resistance (VR) arises. Several VR methods are analyzed in this literature review, however it seems appropriate to clarify one aspect of nomenclature associated with them. Most authors who conduct research on VR use this name to refer to many aspects of the concept and this is not entirely accurate. The VR concept refers to a change of an established resistance or load of a repetition in a given exercise. Currently this concept is used to define a change in the resistance within a single repetition. This is not completely accurate, since there is no explicit mention of a load variation within the same repetition. This can lead to confusion as the load varies not only within the same repetition, but also at other times of training.

Therefore it is necessary to distinguish between sets and repetitions as the main parts of the design of resistance training programs. The total training load depends on many variables including the number of sets and repetitions, velocity, external resistance, the time between repetitions, and recovery time between sets (Bird, Tarpenning & Marino, 2005). The load will thus be modulated by repetitions and sets depending on the sort of material modified and the moment of the workout. As such, the point at which the resistance training will be varied must be determined. This distinction allows for two situations in which the load can be modulated (sets and repetitions). However, there are also two other times in which the load may be changed, and these are: between sets or repetitions, or within the same series or repetition. Thus, to use the concept of Variable Resistance only to refer to the variation of resistance within a single repetition, would be wrong and could lead to confusion about the lack of specificity.

There are four ways or times when external resistance can be modulated and modified external resistance: a) Variable Resistance Between Reps (VRbr), when the resistance is changed between repetitions in the same set. b) Variable Resistance Between Sets (VRbs), when the resistance is changed between sets of a training session. c) Intra-set Variable Resistance (isVR), where resistance is modified within the series being done, d) Intra-repetition Variable Resistance (irVR), when a resistance change occurs within a single repetition (figure 1). The majority of authors refer to the concept of varying the resistance within the same repetition as RV. García-López, Herrero, Gonzalez-Calvo, Rhea, & Marin (2010) named this change of resistance in a different way calling it Intra-repetition or even calling it "in-set".

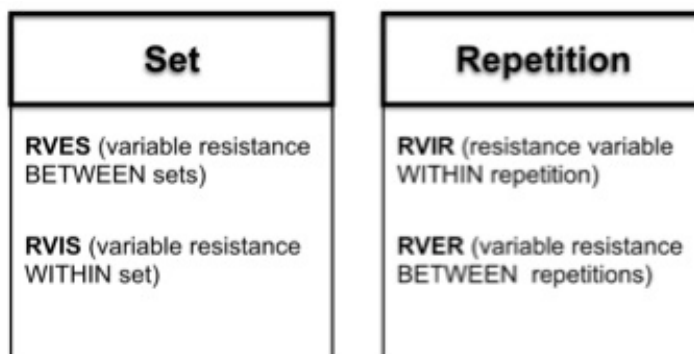


FIGURE 1: Types of variable resistance

Notice that, in this literature review, the focus has been on only one type of VR, that is irVR.

Types of intra-repetition variable resistance

There are many ways to modulate external resistance during a repetition; it depends on the material or accessory used. Most frequently studies found in the specific literature showed chains and elastic resistance (i.e. rubber bands) are generally used. Swinton, Lloyd, Agouris, & Stewart, (2009) performed a survey in 32 elite British powerlifters at an International competition, and the results showed that the use of irVR had become a common practice among athletes who lifted weights regularly. In this study 57% of the sample used chains, while the other 39% preferred using elastic bands to modify the load. The wide acceptance of these irVR techniques may be due to ease of transport, low cost, versatility and independence of gravity to perform the training, especially for elastic bands. McMaster, Cronin, & McGuigan (2009) reviewed common training methods, which fall within the concept of irVR methods, namely:

Lever and cams

The main feature of cams is their ability to consistently create resistance that matches muscular capacity that is being worked and keep it consistent in the entire range of motion (ROM) of an exercise. These training systems are suitable for beginners as they follow a fixed path of motion requiring less skill and less inter-muscular coordination (McMaster et al., 2009). The result is that it is likely to cause fewer injuries compared with other modes of training, since it is easier to maintain control of the load (Haff 2000; Harman 2000). The main

function of this type of irVR seems destined mainly for therapeutic and rehabilitative use.

One of the biggest problems with cams and levers is that they cannot adapt to the user, and therefore the user needs to adapt to the possibilities offered by the cams and levers. McMaster et al., (2009) affirmed "a problem arises in the fact that the tool is designed for the average person and cannot accommodate people with extreme differences in anthropometry". Therefore, this type of resistance may not be beneficial as a specific method of sport training (Haff, 2009).

Elastic bands-Rubber based resistance (RBR)

The addition of elastic bands to FW training to convert it into an irVR method, is a clear example of how a load can be modulated linearly during a ROM. The resistance increases within the same repetition throughout the concentric phase and descends in the eccentric phase of a repetition. RBR use increases and decreases tension based on a product of curved shape deformation (McMaster et al., 2009). Due to the elastic characteristics of the RBR, several factors affect the amount of resistance supplied (McMaster et al., 2010; Palmer, McCurdy, Williams, & Walker, 2012). These include the density, the width, thickness, cross-sectional area, the resting length, and changes in the deformation of the corresponding band. If any of these variables of the material were to be altered, it is also likely to change in the tension-deformation relationship. With the wide variety of features intrinsic to the RBR, there are a mixture of variables and therefore increased difficulty when adapting to the personal/individual characteristics of the users (McMaster et al, 2009, 2010; Palmer et al., 2012). For this reason it is necessary to know deformation and thus the resistance produced by elastic. Thus the tension supplied to the exercise can be easily predicted based on equations that have been developed (Shoepe, Ramirez, & Almstedt, 2010). Other research, Shoepe et al., (2010) established regression equations and corresponding resistance values for all bands, establishing fixed patterns for the bench press and squats using elastic bands. These investigations (McMaster et al, 2010; Shoepe et al, 2010) offset, to some extent, the problems of establishing a protocol adapting the tension provided by the RBR to the personal characteristics of each individual.

Chains

The use of irVR including chains is becoming increasingly popular in high performance training though it is not a common form of training (Coker, Berning, & Briggs, 2006; Simmons, 1999). The big difference in using chains versus elastic bands is that the external resistance describes a linear function.

In other words, that is because the same weight is always added, progressively through the ROM by each link in the chain. The properties of chains and elastic bands are based on the same system of load augmentation as the load increases in the concentric phase and decreases in the eccentric phase. The biggest difference between the two methods is that the chains offer linear resistance (the load increases and decreases steadily) while with RBR this increase and decrease in load occurs in an exponential function.

The RBR are dependent on the "tension-deformation" relationship, while the resistance chain depends on the vertical displacement and the gravitational force. Also, the use of chains allows addition of free weights to the chain in the form of links and thus varies the pattern of the load (external resistance) and the neuromuscular stimulus provoked (McMaster et al., 2009). Therefore training is special when elastic bands or chains are combined with FW, as different types of training involve singular physiological effects. But despite the profile and differences between chains and RBR, the scientific literature reflects similar results between one method and another. A physiological difference was found only in one study (Rhea, Kenn, & Dermody, 2009); in this case muscle is capable of storing elastic potential energy during the eccentric phase of the lift and then release this energy in the form of kinetic energy during the concentric phase of lifting (Hostler et al., 2001).

Effects of irVR resistance on different strength parameters

To improve training efficiency, new methods are continually evolving. In recent years, the method of irVR has gained wide acceptance as part of workout routines. Theories of irVR training argue that these methods produce greater neuromuscular activation, increased fatigue and consequently greater muscle demand, thereby producing a greater improvement in strength and power than could be achieved through traditional workouts using only free weights. This type of training is performed not only to develop muscle strength, but there is also scientific evidence of the benefits of irVR in physical therapy and rehabilitation. The method provides greater ROM through a muscle strengthening and controlled stretching (Dobbs, 2010; Patterson, Stegink Jansen, Hogan & Nassif, 2001; Wallace, Winchester, & McGuigan, 2006).

A study developed by Anderson et al., (2008) evaluated a sample of 44 athletes for seven weeks. The objective was to assess the improvement in force production in the bench press and squat. Mean power output and body composition were measured. There were two training groups with the experimental group using irVR (free weights plus elastic bands) and the control group using traditional FW. Results showed a significant improvement in the experimental group over the control one of nearly three times greater for squat

(16.47 ± 5.67 vs 6.84 ± 4.42 kg), twice as high for the bench press (6.68 ± 3.41 vs 3.34 ± 2.67 kg), and almost three times for mean power (68.55 ± 84.35 W vs 23.66 ± 40.56 W.)

Bellar et al., (2011) performed a similar study with untrained subjects for thirteen weeks. In this case, only the improvement in 1RM was measured between the control group (FW) and the experimental group, who used FW plus elastic bands (irVR). Again the experimental group obtained significant improvements as compared to the control group (irVR = 9.95 ± 3.7 kg vs FW = 7.56 ± 2.8 kg). Meanwhile, Baker & Newton, (2009), analyzed thirteen professional rugby players, measuring mean and maximum velocity in the concentric phase, when executing a bench press at 75% of the 1RM for 2 sets of 3 repetitions. In this case the experimental group used FW in addition to chains, as compared to the control group that only used FW. Results showed a 10% increase in mean and maximum velocity in the experimental group over the control group, thereby justifying the use of chains in explosive heavy loads workouts.

Wallace et al., (2006) through a cross-sectional study with semi-trained subjects in the squat, compared possible improvements in maximum strength, peak power and strength development throughout the concentric phase of the movement. This evaluation compared FW and irVR (rubber bands) with different load percentages. The squat was performed in 2 sets of 3 repetitions on two non-consecutive days. Significant differences were found in both peak power and peak maximum force, which improved under certain irVR percentages (20% irVR + 80% FW). However, there were no significant improvements when working with the same load but different modulations of external resistance (35% irVR + 65% FW).

Aboodarda, George, Mokhtar, & Thompson, (2011) compared the effect of 10 RM performed with Nautilus Machine and irVR training on indicators of muscle damage; maximum voluntary force production, the rate of muscle soreness (DOMS), the concentration of creatine kinase in the plasma (CK), and increased muscle CSA in magnetic resonance. The results showed significantly higher average forces applied in the Nautilus Machines as compared to irVR group (362 ± 34.2 N vs 266.73 ± 44.6 N, respectively). However, indicators of muscle damage (DOMS and CK) had a very similar response in both training modes. These results suggest that both forms of training provide similar external resistance, although in the irVR method a lower external force was needed.

Colado & Triplett, (2008) compared the effect of the irVR training method and workout with weight machines on body composition and functional capacity in healthy sedentary middle-aged women. The results concluded that

irVR training leads to similar physiological responses compared to those obtained using traditional weight training machines in the first phase of training.

García-López et al., (2010) conducted a study in which an elastic resistance (ER) was applied to a bicep curl machine to compare the number of repetitions, perceived exertion (RPE) and kinematic parameters at 70% of 1RM. They established a control group where the biceps curl exercise was applied without ER. Although there were no significant differences in relation to the intra-repetition kinematics, the ER group tended to reduce the peak acceleration of the load. Distributing a more uniform external resistance throughout the ROM, caused increased fatigue, which could explain why the ER group obtained a lower number of repetitions. The authors concluded that this type of work would be more favorable for users who want an improvement in muscle hypertrophy.

Another study carried out by Prejean, Cronin & Lawrence (2011) investigated acute effects on power in the bench press. Two sessions were held prior to the measurement of 3 sets x 5 reps at 85% of 1RM in bench press. The only difference is that one session was carried out with only FW and the other with the irVR method, combining resistance bands and FW with a 15% variable load and an 85% fixed load. There were 72 hours between the two training sessions and at the end of each session power production was assessed with 50% of 1RM. The difference between the two assessments was only 1 watt in the case of the irVR session, while the difference between the free weight session was 46 watts. Therefore, this research showed a greater improvement of acute power in the irVR group compared to the FW group.

Cronin et al, (2003) conducted two studies related to irVR methods. The first analyzed the electromyographic characteristics (EMG) and kinematics of three different techniques: "traditional squat, non-bungy jump squat and bungy jump squat." The second study examined training with and without the inclusion of a rubber band in a deep squat jump, to determine how it affected muscle function, multidirectional agility, capacity and performance of the single jump with one leg. The two experimental groups performed 10 weeks of training with ballistic weights. The kinematic and EMG data of the bungee and non-bungee squat technique differ significantly from those of the traditional squat in all measured variables. The only difference between bungee and non-bungee squatting position was increased EMG during activity the latter stages (70-100%) of the phase. However, training with elastic bands and free weights resulted in a significant improvement in the performance (21.5%) compared with the other groups.

The study by Jakubiak & Saunders, (2008) aimed to optimize the transfer of irVR training methods to a specific technical movement in Taekwondo. Twelve Taekwondo professionals trained with elastic resistance for 4 weeks. The sample was divided into two groups of six; a control group that performed regular taekwondo training and an experimental group who trained for the technical gesture using elastic bands. The results showed significant improvement between groups: a 7% increase in the speed of impact, in the experimental group while there was no improvement in the control group.

From the point of view of physical rehabilitation, a study by McCurdy, Langford, Ernest, Jenkerson, & Doscher, (2009) obtained interesting results. This study compared possible improvements in strength and perception of shoulder pain in the shoulder in two groups of professional baseball players. The first group trained using chains attached to free weights and the other trained with the traditional method of FW. Maximum force (1RM) was evaluated at the beginning and at the end of 9 weeks of training. The results showed no significant improvements in strength between groups. However, despite producing a similar improvement in strength, three times the incidence of shoulder pain was reported in the FW group (average total of 2.15 vs 6.14). However a similar level of pain was reported (9.38 vs 10.57) for the irVR and FW groups respectively.

Ghigiarelli et al., (2009) evaluated the effect of seven weeks of training on the execution velocity with 1 RM and 5 RM. Thirty-six semi-professional footballers were divided into 3 groups of 12 each. They conducted similar training routines. The three groups were 1) elastic resistance attached to FW (ER), 2) chains attached to FW (CFW) and finally 3) traditional training FW (Control). The results showed improvements in the irVR groups, although they were not significant enough EB (848-883 W) and CFW (856-878 W) versus control (918-928 W).

It is important to address the velocity of execution in any exercise as different velocities imply different actions (Pereira & Gomes, 2003). Under this premise, Rhea et al., (2009) evaluated the effect of heavy, slow movements in irVR training on peak power and strength development in the jump ability. 48 athletes completed a 12-week training program in which the sample was divided into 3 groups with similar training characteristic except for velocity. The groups were slow (S), fast (F), and fast, plus irVR using elastic bands (FVR). Pre-post testing of maximum strength and jumping power were performed. Data revealed a significant difference between improvements in power between the slow and FVR groups ($p = 0.02$). The FVR treatment group demonstrated a much greater effect size (ES) (17.8%, SE = 1.06) than the Fast group (11.0%, SE = 0.80) and a greater adaptation than the slow group (4.8%,

ES = 0.28). This suggests that irVR training with elastic bands at a fast rate appears to offer greater performance advantages with respect to the maximum force and peak power developed with a slow endurance exercise.

Shoepe, Ramirez, Rovetti, Kohler, & Almstedt (2011) investigated the effects of traditional free weight training (FW) and irVR method in two training groups for 24 weeks. The workout routines were similar but used a variable 20-35% load percentage, provided by elastic bands. The subjects were evaluated in 1RM for squat and bench press while strength and power were assessed by isokinetic dynamometry. The results show how the mean power for the squat 1RM was significantly higher after training in the irVR group as compared with the control ($p < 0.05$). However, the FW group also showed significant improvements in 1RM for bench press. Thus, no significant differences between groups irVR and FW were found. The author concludes that the key lies in the combination of irVR and FW exercises to increase strength and power in this particular sample (men and untrained college women).

Stevenson, Warpeha, Dietz, Giveans, & Erdman, (2010) evaluated the differences between a FW and elastic band (irVR) squat. Peak and mean velocity in the eccentric and concentric phases (PV-I, PV-C, E-MV, MV-C), peak force (PF), and peak power in the concentric phase and the RFD were measured immediately before and after the movement could even be perceived. The evaluation was performed using 3 sets of 3 reps of squats (55% maximum repeat [1RM]) on 2 separate days: one day without bands and the other using bands in random order. The rate used by the variable resistance was 20% of the 1RM. Results showed that PV-E and RFD were significantly higher ($p < 0.05$) using irVR while PV-C and C-MV were higher with FW. There were no differences in other variables.

CONCLUSIONS

Intra-repetition Variable Resistance training methods are increasingly accepted in strength training. In the scientific literature about strength training methods the results of irVR are clear. Traditionally, these methods have relied on the use of chains and elastic bands, although these are not the only methods that cause a resistance change in the same repetition. Other tools used in this training method include tires, cams or eccentric pulleys. However, the literature concerning strength training with irVR almost exclusively refers to chains and elastic bands.

The reasons behind these finds are still unclear. More research is needed to understand the phenomenon completely, although the evidence shows that muscle working at full capacity for a very small portion of time in a dynamic repetition leads to greater results than achieved with traditional free weights.

Therefore, throughout a repetition where the load is progressively varying in intensity there is more stimuli. In addition to this aspect, one of the most important factors that enhances the development of strength, among others, are the physical efforts required to accelerate a load. If force is trained in different ways, each different form of training creates a distinct and specific neuromuscular adaptation for such training. In relation to the muscular action, it has been shown that to facilitate maximum neuromuscular participation resistance should be varied along all stages of muscle contraction. To achieve this, the load itself should change, congruent with the factors found in irVR methods.

REFERENCES

- Aboodarda, S. J., George, J., Mokhtar, A. H., & Thompson, M. (2011). Muscle strength and damage following two modes of variable resistance training. *Journal of Sports Science and Medicine*, *10*(4), 635-642.
- Anderson, C. E., Sforzo, G. A., & Sigg, J. A. (2008). The effects of combining elastic and free weight resistance on strength and power in athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *22*(2), 567-574.
- Baker, D. G., & Newton, R. U. (2009). Effect of kinetically altering a repetition via the use of chain resistance on velocity during the bench press. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *23*(7), 1941-1946.
- Behm, D., & Sale, D. (1993). Velocity specificity of resistance training. *Sports Medicine*, *15*(6), 374-388.
- Bellar, D. M., Muller, M. D., Barkley, J. E., Kim, C., Ida, K., Ryan, E. J., & Glickman, E. L. (2011). The effects of combined elastic- and free-weight tension vs. free-weight tension on one-repetition maximum strength in the bench press. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *25*(2), 459-463.
- 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.
- Coker, C. A., Berning, J. M., & Briggs, D. L. (2006). A preliminary investigation of the biomechanical and perceptual influence of chain resistance on the performance of the snatch. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *20*(4), 887-891.
- Colado, J. C., Garcia-Masso, X., Triplett, T. N., Flandez, J., Borreani, S., & Tella, V. (2012). Concurrent validation of the omni-resistance exercise scale of perceived exertion with theraband resistance bands. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *26*(11), 3018-3024.

- Cronin, J., McNair, P., & Marshall, R. (2003). The effects of bungy weight training on muscle function and functional performance. *Journal of Sports Sciences*, 21(1), 59-71.
- Dobbs, C. W. (2010). *Effect of variable resistance training on lower limb strength and power development: A training study*.
- Frost, D. M., Cronin, J., & Newton, R. U. (2010). A biomechanical evaluation of resistance fundamental concepts for training and sports performance. *Sports Medicine*, 40(4), 303-326.
- Garcia-Lopez, D., Herrero, A. J., Gonzalez-Calvo, G., Rhea, M. R., & Marin, P. J. (2010). Influence of "in series" elastic resistance on muscular performance during a biceps-curl set on the cable machine. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(9), 2449-2455.
- Ghigiarelli, J. J., Nagle, E. F., Gross, F. L., Robertson, R. J., Irrgang, J. J., & Myslinski, T. (2009). The effects of a 7-week heavy elastic band and weight chain program on upper-body strength and upper-body power in a sample of division 1-aa football players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(3), 756-764.
- Haff, G. G. (2000). Roundtable discussion: Machines versus free weights. *Strength and Conditioning Journal*, 22(6), 18-30.
- Harman E. (2000). *Biomechanics of resistance exercise*. In: Essentials of Strength Training and Conditioning (2nd ed.). T. R. Baechle and R. W. Earle, eds. Champaign, IL Human Kinetics, 25-55.
- Hostler, D., Schwirian, C. I., Campos, G., Toma, K., Crill, M. T., Hagerman, G. R., & Staron, R. S. (2001). Skeletal muscle adaptations in elastic resistance-trained young men and women. *European Journal of Applied Physiology*, 86(2), 112-118.
- Jakubiak, N., & Saunders, D. H. (2008). The feasibility and efficacy of elastic resistance training for improving the velocity of the olympic taekwondo turning kick. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22(4), 1194-1197.
- McCurdy, K., Langford, G., Ernest, J., Jenkerson, D., & Doscher, M. (2009). Comparison of chain- and plate-loaded bench press training on strength, joint pain, and muscle soreness in division ii baseball players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(1), 187-195.
- McCurdy, K., Langford, G., Jenkerson, D., & Doscher, M. (2008). The validity and reliability of the 1rm bench press using chain-loaded resistance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22(3), 678-683.
- McMaster, D. T., Cronin, J., & McGuigan, M. (2009). Forms of variable resistance training. *Strength and Conditioning Journal*, 31(1), 50-64.

- McMaster, D. T., Cronin, J., & McGuigan, M. R. (2010). Quantification of rubber and chain-based resistance modes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(8), 2056-2064.
- Newton, R. U., Murphy, A. J., Humphries, B. J., Wilson, G. J., Kraemer, W. J., & Hakkinen, K. (1997). Influence of load and stretch shortening cycle on the kinematics, kinetics and muscle activation that occurs during explosive upper-body movements. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 75(4), 333-342.
- Palmer, T. B., McCurdy, K. W., Williams, J. S., & Walker, J. L. (2012). Electromyographic analysis of the biceps femoris during conventional and rubber-based band squats. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 44, 625-625.
- Patterson, R. M., Jansen, C. W. S., Hogan, H. A., & Nassif, M. D. (2001). Material properties of thera-band tubing. *Physical Therapy*, 81(8), 1437-1445.
- Pereira, M. I. R., & Gomes, P. S. C. (2003). Movement velocity in resistance training. *Sports medicine*, 33(6), 427-438.
- Rhea, M. R., Kenn, J. G., & Dermody, B. M. (2009). Alterations in speed of squat movement and the use of accommodated resistance among college athletes training for power. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(9), 2645-2650.
- Shoepe, T. C., Ramirez, D. A., & Almstedt, H. C. (2010). Elastic band prediction equations for combined free-weight and elastic band bench presses and squats. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(1), 195-200.
- Shoepe, T. C., Ramirez, D. A., Rovetti, R. J., Kohler, D. R., & Almstedt, H. C. (2011). The effects of 24 weeks of resistance training with simultaneous elastic and free weight loading on muscular performance of novice lifters. *Journal of Human Kinetics*, 29, 93-106.
- Simmons LP (1999). Bands and chains. *Pow USA* 22: 26-27.
- Stevenson, M. W., Warpeha, J. M., Dietz, C. C., Giveans, R. M., & Erdman, A. G. (2010). Acute effects of elastic bands during the free-weight barbell back squat exercise on velocity, power, and force production. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(11), 2944-2954.
- Swinton, P. A., Lloyd, R., Agouris, I., & Stewart, A. (2009). Contemporary training practices in elite british powerlifters: Survey results from an international competition. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(2), 380-384.
- Wallace, B. J., Winchester, J. B., & McGuigan, M. R. (2006). Effects of elastic bands on force and power characteristics during the back squat exercise. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 20(2), 268-272.

ANEXO 13.

Artículo aceptado para su publicación en la revista: "The Journal of Strength and Conditioning Research"



Effects of variable resistance
training on
Maximal strength: A meta-analysis

EFFECTS OF VARIABLE RESISTANCE TRAINING ON MAXIMAL STRENGTH: A META-ANALYSIS

MIGUEL A. SORIA-GILA, IGNACIO J. CHIROSA, IKER J. BAUTISTA, SALVADOR BAENA, AND LUIS J. CHIROSA

Department of Physical Education and Sport, University of Granada, Granada, Spain

ABSTRACT

Soria-Gila, MA, Chiroso, IJ, Bautista, IJ, Baena, S, and Chiroso, LJ. Effects of variable resistance training on maximal strength: A meta-analysis. *J Strength Cond Res* 29(11): 3260–3270, 2015—Variable resistance training (VRT) methods improve the rate of force development, coordination between antagonist and synergist muscles, the recruitment of motor units, and reduce the drop in force produced in the sticking region. However, the beneficial effects of long-term VRT on maximal strength both in athletes and untrained individuals have been much disputed. The purpose of this study was to compare in a meta-analysis the effects of a long-term (≥ 7 weeks) VRT program using chains or elastic bands and a similar constant resistance program in both trained adults practicing different sports and untrained individuals. Intervention effect sizes were compared among investigations meeting our selection and inclusion criteria using a random-effects model. The published studies considered were those addressing VRT effects on the 1 repetition maximum. Seven studies involving 235 subjects fulfilled the selection and inclusion criteria. Variable resistance training led to a significantly greater mean strength gain (weighted mean difference: 5.03 kg; 95% confidence interval: 2.26–7.80 kg; $Z = 3.55$; $p < 0.001$) than the gain recorded in response to conventional weight training. Long-term VRT training using chains or elastic bands attached to the barbell emerged as an effective evidence-based method of improving maximal strength both in athletes with different sports backgrounds and untrained subjects.

KEY WORDS one repetition maximum, elastic bands, chains, biomechanics

INTRODUCTION

Over the past few years, strength training protocols designed to optimize the efficiency and benefits of training have gained popularity (20,33). Strength training programs including variable resistance (VR) exercises are typically performed using

accessories, such as elastic bands or chains, and machines that allow for variation in the velocity of load displacement and its magnitude. One of the main objectives of the use of chains or elastic bands is to induce a high variation of stimuli and thus provoke neural adaptations improving the different expressions of strength, including maximal strength or the 1 repetition maximum (1RM) (3,28). These methods combine the resistance generated by fixed loads (e.g., barbell and disks) with the VR produced by elastic bands and chains attached to the barbell. The most characteristic feature of this training modality is that resistance directed against the target muscle or muscle group can be varied over the range of athletic movement (1,20). Many authors claim that this type of resistance training reduces the mechanical disadvantage of the sticking point encountered in free weight training (2–4,33,38). The sticking point or sticking region refers to the loss of velocity produced in external resistance exercise and was first described by the authors of classic studies such as Elliott et al. (18). More recently, van der Tillar and Ettema (44) discovered that the sticking region is dependent on loading and accounts for 35–45% of the range of movement. The sticking region is the most inefficient stage of a joint movement in that the muscle groups involved cannot meet the demands of exercise when working with loads as high as 90% of the 1RM (36) or even 80% (18). In this region, movement velocity decreases most likely because of compromised neural intermuscular and intramuscular coordination, resulting in a reduction in the force sustained (44). The rationale for variable resistance training (VRT) is that a greater absolute external load will be supported if this neuromechanical disadvantage is minimized by applying lower resistances (loads lower than 85% 1RM, Table 1 indicating the loads sustained at the end of the athletic movement) across less efficient movement ranges (2,18). According to van den Tillaar and Saterbakken (45), in practical terms, this means that these movement ranges could be avoided by controlling exercise velocity to increase the mechanical impulse of each exercise repetition for workloads greater than 80% 1RM at the start of the sticking region.

During a variable intrarepetition stimulus weight lifting protocol, a load increase takes place as the barbell is moved through the concentric phase of the range of motion, making it increasingly more difficult to maintain a high velocity and

Address correspondence to Miguel Á. Soria-Gila, ma88@correo.ugr.es. 29(11)/3260–3270

Journal of Strength and Conditioning Research
© 2015 National Strength and Conditioning Association

TABLE 1. Details of the studies included in the meta-analysis.*†

Reference	n	Gender	Subject characteristics					Sports activity
			Age ($\pm SD$) (y)	Weight ($\pm SD$) (kg)	Height ($\pm SD$) (cm)	Training level		
Anderson et al. (2)	44	Mixed	20 \pm 1	66.2 \pm 13.8	‡	Trained (4 \pm 2 y)	Basketball, wrestling, and hockey	
Bellar et al. (9)	11	Men	23.6 \pm 3.2	84.4 \pm 18.8	179 \pm 8.5	Untrained	‡	
Cronin et al. (15)	40	Mixed	23.1 \pm 4.8	76.3 \pm 11	175 \pm 9	Trained (3 y)	‡	
Ghigiarelli et al. (22)	36	Men	19.96 \pm 1.03	96.3 \pm 15	180.83 \pm 6.24	Trained	American football (36 Division 1AA)	
McCurdy et al. (31)	27	Men	20.63 \pm 1.33	84.79 \pm 5.84	178.89 \pm 5.46	Trained (4.8 \pm 2.7 y)	Baseball (Division II)	
Rhea et al. (40)	48	Men	21.4 \pm 2.1	‡	‡	Trained	Athletics (NCAA) Division I	
Shoepe et al. (42)	29	Mixed	19.76 \pm 1.33	66.8 \pm 11.1	168.77 \pm 10.3	Scarce training (12 mo)	Free weight lifting	

Reference	VRT	Duration	Sets	Repetitions	Rest (s)	Intensity		
						PCR	PVR	PMR
Anderson et al. (2)	Elastic bands	3 d \cdot wk ⁻¹ \times 7 wk	3–6	2–10	120–180	85	15	85
Bellar et al. (9)	Elastic bands	2 d \cdot wk ⁻¹ \times 13 wk	5	5	90	85	15	85
Cronin et al. (15)	Elastic bands	2 d \cdot wk ⁻¹ \times 10 wk	3	8–15	‡	‡	‡	‡
Ghigiarelli et al. (22)	Elastic bands and chains	4–5 d \cdot wk ⁻¹ \times 7 wk	5–6	4–6	‡	‡	‡	85
McCurdy et al. (31)	Chains	2 d \cdot wk ⁻¹ \times 9 wk	5–7	5–10	‡	80–90	10–20	‡
Rhea et al. (40)	Elastic bands	2–3 d \cdot wk ⁻¹ \times 12 wk	4	10	‡	‡	‡	75–85
Shoepe et al. (42)	Elastic bands	3 d \cdot wk ⁻¹ \times 24 wk	3–6	6–10	60–120	80–65	20–35	65–95

*d \cdot wk⁻¹ = days per week; VRT = variable resistance training; PCR = percentage constant resistance; PVR = percentage variable resistance; PMR = percentage maximum resistance; NCAA = National Collegiate Athletic Association.

†Individual details of each study in terms of sample size (n), subject characteristics, and resistance training characteristics.

‡Not defined.

acceleration (11,13,19,48). When using elastic bands, sufficient acceleration is needed in the early lifting stage to overcome elastic recoil and complete the movement (19). Contrarily to the use of bands, chains act by adding mass (19). The magnitude of this system of masses is proportional to the height reached by the barbell from the ground. The gradual increase produced in external resistance causes instability, which could induce an optimal stimulus for strength gains (32), and a high neuromuscular demand, increasing both motor unit recruitment and rate coding (25). Such neuromuscular adaptations could be the consequence of improved coordination between antagonist and synergist muscles controlling movement (2,8,9,16,31,38). Some authors have argued that greater muscle activation due to stored elastic energy translates to an improved rate of force development (RFD) (40). The resistance produced by elastic bands or chains generates the greatest workload at the end of the range of motion. In other words, a steady load increase is produced through the trajectory of movement, whereas in traditional training using free weights, this greatest load is sustained at the onset of the concentric phase (22,23). A further issue to consider is that elastic bands increase resistance in a curvilinear manner, whereas chains do so linearly because of their different physical and mechanical properties (15,19,33,34).

The results of recent studies (2,9) assessing the efficiency of combining elastic tension with the tension induced by free weights in traditional back squat exercise suggest that 80–85% of the load should be provided by free weights and 15–20% by VR. To improve peak power during explosive movements when elastic bands and free weights are used in the back squat, other authors (28,33,38,48) recommend figures of 20–35% and 65–80% for VR- and free-weight loaded resistance, respectively.

A further characteristic feature of varying resistance is that, besides increasing velocity, it increases the eccentric stimulus of training, and thus the strength needed to slow down or stop the load at the end of the eccentric phase, inducing greater myoelectric activity in the muscles (15). Researchers examining VRT using chains have also reported that this type of training induces stimulus variations, as a consequence of the oscillations that chains produce, which provoke better coordination between agonist, synergistic, and stabilizing muscles to control the load (11,31). Several studies (2,21,48) have detected improvements in muscular strength and power generated in bench press and squat exercises in response to elastic plus free weight loaded training, compared with similar training in the absence of elastic resistance. In addition, VRT improves resistance to fatigue through the physiologic response to an acute effect of fatigue during training (46). Individual differences in muscle contractile properties can also lead to different degrees of fatigue (47).

Based on the available literature, it is difficult to extract whether the different VRT programs show true benefits in improving muscular strength. The present meta-analysis was

designed to examine research-based information on the effects on maximal strength, or 1RM, of a long-term VRT program under different training conditions.

METHODS

A meta-analysis was designed following the recommendations and criteria proposed by the Cochrane Review Group (26). Each step (article identification, filtering, eligibility assessment, and inclusion/exclusion of a study) was performed by the present authors.

Selection and Inclusion/Exclusion Criteria

All randomized controlled studies assessing the effects of a 7-week or longer VRT intervention providing maximal strength as the main outcome variable were identified. There were no restrictions made on the search regarding gender, training status, sport specialty, or body mass index.

A study was included if VRT intervention duration was ≥ 7 weeks and involved ≥ 2 sessions per week. The former cutoff was based on the finding that 6 weeks of resistance training is sufficient to improve the maximal strength of the knee extensors by 35%, as a consequence of an increase in the motor unit firing rate (29). The number of sessions per week was based on the findings of Rhea et al. (39). The use of elastic bands or chains was also an inclusion criterion although the training method (e.g., bench press or back squat) used to improve strength was not a limitation. Only articles providing preintervention and postintervention 1RM data were included. Studies were excluded if designed to treat a disorder or disease.

Articles were required to report on at least 1 subject group undergoing VRT and to include a control group of individuals training using the more traditional method (i.e., using free weights). Also as an inclusion criterion, we considered all valid and reliable methods commonly used to measure maximum strength in the different studies (14,32,34).

Search Methods

The following databases were searched for articles published before January 2014: MEDLINE, PubMed; Scopus, SPORT-Discus, and Web of Science using the keywords bench press, bungee weight, chain, concentric, eccentric, elastic bands, exercise, force, free weight, load, lower limb, maximal, muscle, neuromuscular, output, performance, power, resistance program, rubber bands, squat, strength, traditional, training, upper limb, variable, and velocity. Annual scientific conference abstracts, comments, or duplicated publications of the same study were not included. We also examined references listed and cited in the articles identified, including review articles, to identify additional studies. The full texts of the all the articles selected were examined by 3 of the present authors (M.A.S.-G., I.J.C., and S.B.).

Statistical Analyses

Study Inclusion. To select the studies for final inclusion in the meta-analysis, the 3 reviewers independently screened the

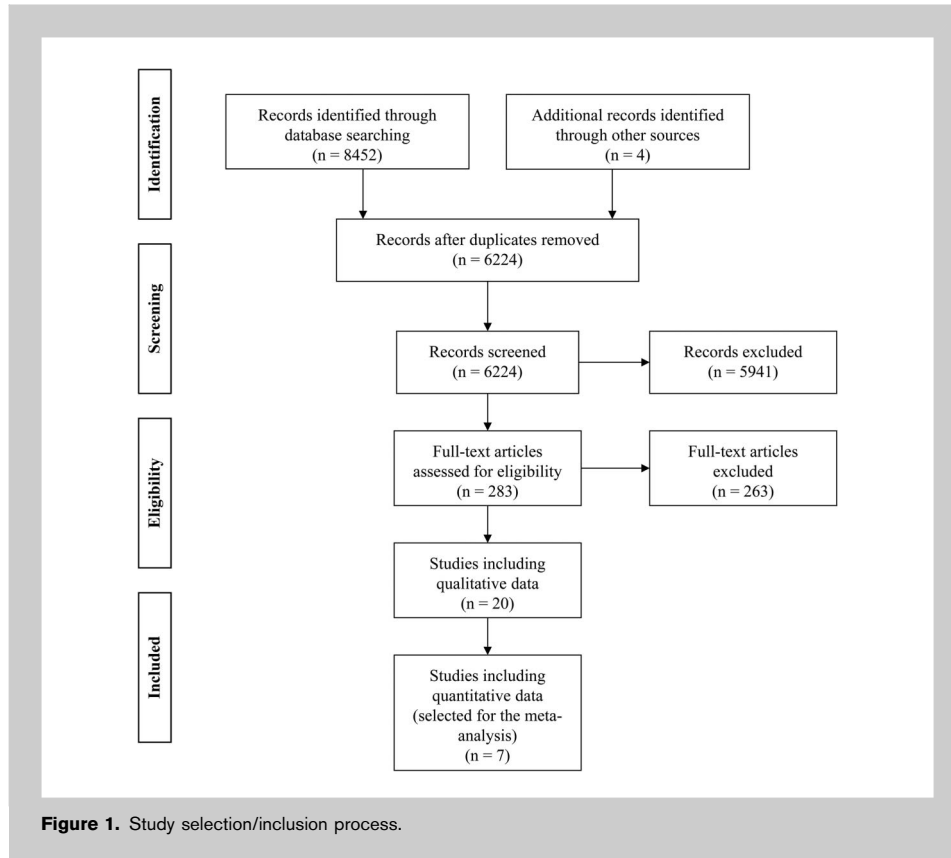


Figure 1. Study selection/inclusion process.

index I^2 was also determined, where 0% indicates homogeneity and 100% heterogeneity (27).

Coding of Studies. Each study was read and coded by the main investigator according to the following variables: descriptive information including sample size, gender, age, weight, height, training level, sports activity, type of VRT, extremities trained, training duration, sets, repetitions, rest, percentage constant resistance, percentage VR, and percentage maximum resistance (PMR).

Coder drift was assessed (37) by randomly selecting 4 studies for recoding. Per case agreement was determined by dividing the variables coded the same by the total number of variables. A greater mean agreement level was observed (93%) than the minimum accepted level of 90%.

references identified for eligibility. Abstracts were assessed for the studies' fulfillment of inclusion/exclusion criteria. Study quality criteria were also considered (experimental design, subject withdrawal, and possible conflicts of interest). The recently developed QAREL checklist (30) was used to evaluate the methodological quality of included interrater reliability and agreement studies. This checklist was chosen

Effect Size. The effects of the intervention were calculated for each study using the pretraining and posttraining mean and SD s recorded for the main outcome measure (1RM) in the VRT and control (conventional training) groups. The pooled ES was estimated in terms of the change in SD produced. When a study lacked the necessary data to estimate the SD change, the following equation was used:

$$SD \text{ change} = \sqrt{([SD \text{ pre}]^2 + [SD \text{ post}]^2 - 2 \times \text{corr} - [\text{pre, post}] \times SD \text{ pre} \times SD \text{ post})}, \quad (1)$$

because it seems to be the only available quality appraisal tool for reliability studies at the moment. Any disagreement between reviewers was resolved by consensus.

Interstudy Heterogeneity. Variation between studies was assessed in terms of the effect under investigation (i.e., maximal strength). Effect sizes (ES) are provided as differences in weighted means, along with the corresponding 95% confidence interval (CI). To estimate interstudy heterogeneity, the χ^2 method was used with significance set at $p \leq 0.05$. The

where, corr is a correlation factor that relates pretraining and posttraining results based on the data provided by Rhea et al. (40) (0.96 for the VRT groups and 0.97 for the control groups).

A random-effects model was used to examine the grouped data extracted from the different studies. The relative strength of the intervention effect and 95% CIs for each study were illustrated in a forest plot. The ES of the intervention was calculated as the difference between pretraining and posttraining 1RM mean.

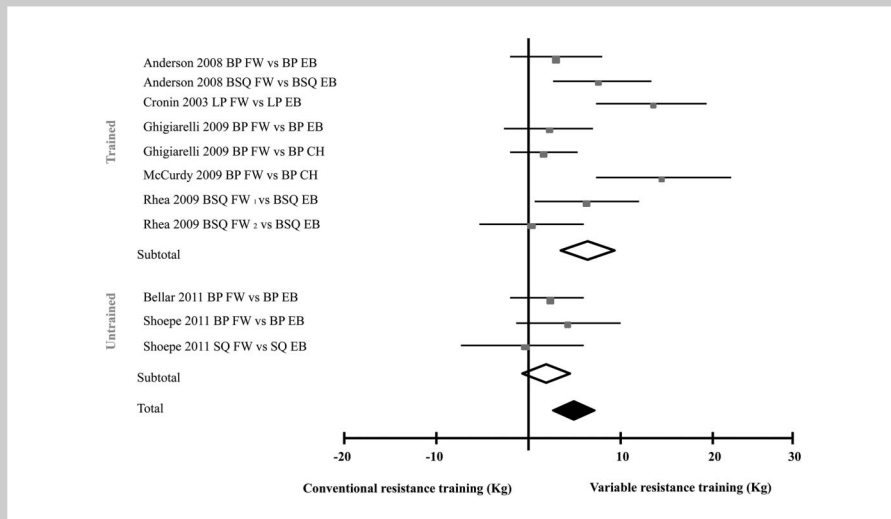


Figure 2. Forest plot of the results of the meta-analysis of random effects showing the difference in mean weighted 1RM and 95% CI detected for the bench press, leg press, back squat, and squat (5.03 kg; 95% CI: 2.26–7.80 kg; $Z = 3.55$; $p < 0.001$) in trained and untrained subjects. Gray squares indicate the intervention effect. Square sizes are proportional to the weights assigned to each study in the meta-analysis. The horizontal line joins the lower and the upper limits of the effect at a 95% CI. The diamonds represent the subgroup mean difference (◊) and pooled mean difference (◆). BP = bench press; LP = leg press; SQ = squat; BSQ = back squat; EB = elastic band; CH = chain; FW = free weight; CI = confidence interval; 1 = fast-velocity group; 2 = slow-velocity group.

In a separate sensitivity analysis, we determined the contribution of each study to the overall improvement in maximal strength detected in this meta-analysis by successively

omitting the results of each study from the comparisons made using the data from the remaining studies.

omitting the results of each study from the comparisons made using the data from the remaining studies.

All calculations were performed using the RevMan software package (Review Manager-Version 5.2; The Cochrane Collaboration, 2012).

RESULTS

Study Characteristics

Seven studies providing results for 16 subject groups met the criteria for inclusion in our meta-analysis (2,9,15,22,31,40,42), (Figure 1). Publication dates were 2003–2011. An overview of the characteristics of the 7 studies included in this meta-analysis is provided in Table 1. All studies selected were designed to address the same issue although working hypotheses differed slightly. Some studies compared the effects on the 1RM of training using free weights with chains (22,31), whereas others compared several experimental groups subjected to different VRT interventions (elastic bands or chains) with a control group (traditional free weight training) (15,22). In the study by Rhea et al. (40), several experimental groups undertaking different training protocols with chains were compared. Another study compared the effects of training with elastic bands attached to free weights in bench presses and squats (42).

Subject Characteristics

The data examined were obtained from 235 subjects aged 18.3–27.9 years (mean \pm SD: 21.21 \pm 2.11 years) (Table 1). Four of the 7 studies were conducted only in men (10 groups) and 3 in both men and women (6 groups). The participants of 2 studies were untrained subjects or had less than 12 months of experience (4 groups). In 5 studies, subjects had experience of 2 years or longer or were trained (12 groups). Trained subjects

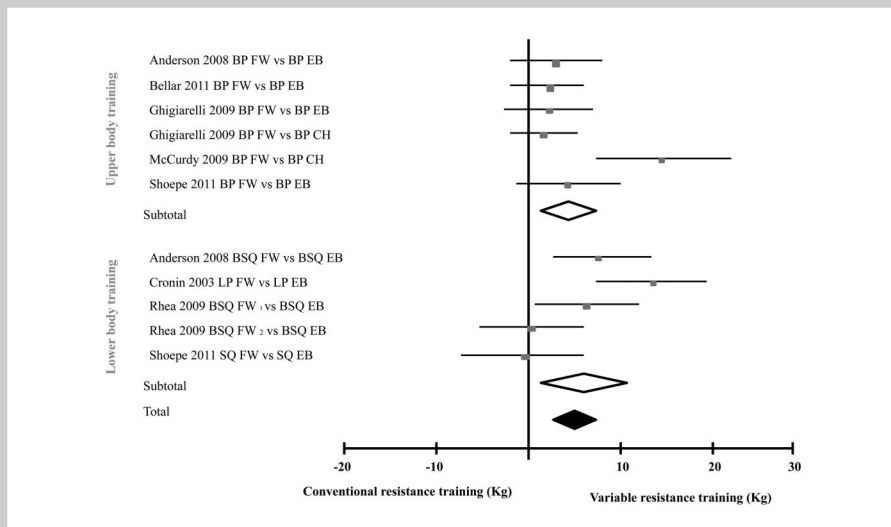


Figure 3. Forest plot of the results of the meta-analysis of random effects showing the difference in mean weighted 1RM and 95% CI detected for the bench press, leg press, back squat, and squat (5.03 kg; 95% CI: 2.26–7.80 kg; $Z = 3.55$; $p < 0.001$) in upper-body training and lower-body training subjects. Gray squares indicate the intervention effect. Square sizes are proportional to the weights assigned to each study in the meta-analysis. The horizontal line joins the lower and the upper limits of the effect at a 95% CI. The diamonds represent the subgroup mean difference (◊) and pooled mean difference (◆). BP = bench press; LP = leg press; SQ = squat; BSQ = back squat; EB = elastic band; CH = chain; FW = free weight; CI = confidence interval; 1 = fast-velocity group; 2 = slow-velocity group.

TABLE 2. Results of the 7 studies included in the meta-analysis.*

Reference	Exercise	n	1RM										
			Control groups					Experimental groups					
			Pretreatment (kg)	SD (kg)	Posttreatment (kg)	SD (kg)	ES	n	Pretreatment (kg)	SD (kg)	Posttreatment (kg)	SD (kg)	ES
Anderson et al. (2)	BP	21	81.07	32.82	84.41	33.37	0.43	23	80.69	35.34	87.37	35.52	0.66
	BSQ	21	108.19	35.61	115.28	33.70	0.86	23	105.80	33.70	121.75	35.70	1.58
Bellar et al. (9)	BP	11	101.50	19.60	109.00	20.30	1.60	11	100.00	18.90	109.90	19.40	1.80
Cronin et al. (15)	LP	12	122.00	34.10	118.95	33.25	0.39	14	128.00	27.50	139.14	29.90	1.30
Ghigiarelli et al. (22)	BP	12	141.80	23.00	149.50	23.00	1.44	12	127.70	25.00	137.70	25.00	1.40
	BP							12	129.50	15.00	138.60	14.00	2.13
McCurdy et al. (31)	BP	27/2†	102.65	14.42	109.09	12.98	1.85	27/2†	151.85	27.12	174.26	13.47	1.52
Rhea et al. (40)	BSQ	16	115.94	36.07	119.18	35.56	0.38	16	116.00	31.43	125.81	30.69	1.10
	BSQ	16	122.31	39.04	131.94	36.43	1.08						
Shoepe et al. (42)	BP	12	56.30	30.30	66.70	27.00	1.40	12	53.60	21.00	59.30	24.50	0.77
	SQ	12	66.90	16.50	88.90	23.20	2.72	12	69.30	27.00	91.40	31.90	2.27

*n = number of subjects in each group; ES = effect size; BP = bench press; BSQ = back squat; SQ = squat; LP = leg press.
†Not defined.

were Division I athletes (National Collegiate Athletic Association [NCAA]), baseball players (Division II) and American football players (36 Division 1AA players).

Variable Resistance Training

Mean training program duration was 12 ± 5 weeks (range, 7–24 weeks). From 2 to 5 training sessions were conducted per week, with a mean of 3 ± 1 per week. Training took the form of upper limb exercise (bench press) in 4 studies (10 groups), lower limb exercise (back squat) in 1 study (2 groups), and both upper and lower limb training (bench press and back squat) in 2 studies (4 groups). Chains attached to the barbell in the bench press were used in 2 studies (2 groups), and elastic bands attached to the barbell in bench press or back squat exercise were used in 5 studies (6 groups each).

Publication Bias and Interstudy Heterogeneity

A scatter plot of intervention effect (1RM) against the study size showed a funnel-shaped symmetric distribution indicating no publication bias. The treatment effect, or 1RM, yielded the values $\chi^2(10) = 27.21$; $p = 0.002$; $I^2 = 63\%$ indicating moderate interstudy heterogeneity.

Maximal Strength (One Repetition Maximum)

The mean strength gain produced was greater in the subjects undertaking long-term VRT, the ES being 1.42 ± 0.51 expressed as the mean \pm SD (difference in the weighted mean 1RM was 5.03 kg; 95% CI: 2.26–7.80 kg; $Z = 3.55$; $p < 0.001$; Figure 2) than in those subjected to a conventional resistance training program, with an ES of 1.24 ± 0.71 . Furthermore, a subgroup analysis by training status indicated a significantly better 1RM gain in response to VRT, ES = 1.35 ± 0.43 , vs. traditional training, ES = 0.98 ± 0.56 , for trained subjects (pooled estimate = 6.12 kg; 95% CI: 2.43, 9.80 kg; $Z = 3.25$; $p = 0.001$; Figure 2). However, in untrained subjects, the greater improvement produced in the 1RM with VRT, ES = 1.62 ± 0.77 , compared with conventional training, ES = 1.91 ± 0.71 was nonsignificant (pooled estimate = 2.56 kg; 95% CI: -0.55, 5.68 kg; $Z = 1.61$; $p = 0.11$; Figure 2). Another subgroup analysis revealed that for upper extremity training, significant differences in 1RM gains existed between the VRT program, ES = 1.38 ± 0.57 , and traditional training program, ES = 1.36 ± 0.48 (pooled estimate = 3.99 kg; 95% CI: 0.92, 7.06 kg; $Z = 2.54$; $p = 0.01$; Figure 3). Similarly, for lower limb training, VRT also led to a significantly better improvement in the 1RM, ES = 1.47 ± 0.49 , than conventional training, ES = 1.09 ± 0.96 (pooled estimate = 6.07 kg; 95% CI: 0.95, 11.20 kg; $Z = 2.32$; $p = 0.02$; Figure 3). In Table 2, we provide details of the effects of the VRT program detected in each study.

Sensitivity

In each comparison (preintervention vs. postintervention) in which the results of 1 study were omitted, no significant differences were detected ($p < 0.001$) in each case indicating the significant contribution of all the studies to the overall strength gains observed.

DISCUSSION

In this meta-analysis, we compared the effects of traditional vs. VRT on the adaptive response produced in terms of maximal strength. The studies meeting the selection and inclusion criteria for the meta-analysis were those by Cronin et al. (15), Anderson et al. (2), Ghigiarelli et al. (22), McCurdy et al. (31), Rhea et al. (40), Bellar et al. (9), and Shoepe et al. (42). Participants were either untrained (with under 12 months' experience in strength training) or trained (longer than 2 years' experience). Our results indicate that VRT over at least 7 weeks (≥ 2 sessions per week) leads to a significantly greater strength gain ($p < 0.001$) than that produced in response to a traditional strength training program. When subjects were stratified according to training status, trained individuals achieved a significantly greater strength gain with the VRT than the traditional training program ($p = 0.001$). However, the strength gains observed for the nontrained subjects undertaking a VRT program vs. a traditional program did not vary significantly ($p = 0.11$). When stratified according to the extremities trained, for both the lower and upper limbs, VRT gave rise to significantly better gains in 1RM than conventional training ($p \leq 0.02$).

According to the Rhea scale (38) used to determine the magnitude of the ES in a study comparing the effects of resistance training as a function of training status, in trained subjects who undertook a VRT (ES = 1.35 ± 0.43) vs. conventional training program (ES = 0.98 ± 0.56), the ES was moderate, although sufficient for a significant difference to exist between the 2 groups. This indicates that in individuals with more experience in resistance exercises such as the bench press and back squat, ≥ 7 weeks of VRT is an effective stimulus for them to show a performance peak during training.

However, in our study, a moderate ES was also observed in untrained subjects undertaking both a VRT program (ES = 1.62 ± 0.77) or conventional training program (ES = 1.91 ± 0.71). It should be noted that subjects labeled in our study as "trained subjects," would according to Rhea classification (38), be considered "recreationally trained" given they had more than 1 year of experience but a training duration of less than 5 years.

It also remains unclear whether a VRT program of duration under 7 weeks or longer than 12 weeks would be adequate for athletes to develop sufficient neural and muscular adaptations in a short time span to improve their 1RM while also continuing to improve their 1RM over the ensuing weeks. Only one of the studies reviewed here (42) examined a VRT program lasting longer than 12 weeks. This 24-week intervention in untrained subjects produced no significant impact on 1RM.

Evidence has only recently started to mount indicating that VRT leads to a greater RFD and muscular power than the more conventional form of resistance training (42). The findings of the latter study suggest that during VRT, the training impulse and muscle activation achieved on completion of

each repetition are enhanced. According to Shoepel et al. (42), this means that the lifter develops greater force in the final portion of the concentric phase. Despite this, no significant strength differences were detected in response to a 24-week program of traditional training and VRT training combining elastic and free weight loading in subjects with limited RT experience. McCurdy et al. (31) also noted improved strength gains in individuals undertaking the VRT program but again differences with respect to controls were not significant. These authors attributed the strength gains observed to the different stability involved in the variable and conventional training protocols, such that the neuromuscular activity required for a strength improvement depends on the stabilization needed to control resistance (5). Accordingly, for a more unstable load, greater neuromuscular activation is necessary and force production is significantly reduced (6). Our findings confirm those of the study by Shoepel et al. (42) in that subjects unaccustomed to free weight training showed no significant differences when comparing the effects of conventional and VRT. Thus, an optimal level of stability could be a prerequisite for an improvement in maximal strength. Chain-loaded VRT is slightly more unstable than free weight resistance training (31). Consequently, once an individual becomes accustomed to VRT and acquires more neuromuscular control, VRT can be an optimal stimulus to develop the different expressions of strength.

The general trend detected in this meta-analysis is in line with the findings of the study by Anderson et al. (2), in which significant 1RM improvements were obtained both in the bench press and squat. Participants of this study were trained athletes who showed no muscle cross-section increase at the end of the training period, suggesting improvements at the neural level. Variable resistance training emerged as a beneficial strategy for trained athletes, offering new stimuli inducing fitness adaptations. The strength gains produced in these athletes could also be attributed to increased muscle tension in the more mechanically productive regions of the range of movement, accompanied by reduced loading in the less efficient sticking region. According to Anderson et al. (2), during traditional free weight training, the barbell gains velocity during muscle shortening until the sticking region. In the latter study, subjects executing VRT achieved approximately 10% less resistance in the lower region of the range of movement and 10% more resistance toward the top, or end, of the athletic movement. Acceleration remained constant over a long period within each repetition, determining that deceleration is reduced in VRT. Bellar et al. (9) argue that another method of modifying resistance during a traditional resistance exercise is to add elastic resistance. Thus, variable-resistance loading during the bench press makes the lifting movement no longer isoinertial. The percentage-load variation produced by elastic bands here was 15%, and this modified the strength production pattern during lifting. This type of variable stimulation could be responsible for beneficial neural adaptations. In the subject populations entered in our meta-analysis, resistance

exercise led to improved performance in terms of maximal strength gains (2,9,15,22,31,40,42).

Elastic recoil during eccentric contraction in VRT training may differently challenge the neuromuscular system during each repetition (2). Häkkinen et al. (24) reported increased electromyographic activity and a controlled increase in velocity during eccentric actions. In another study, Cronin et al. (15) concluded that VRT using elastic bands attached to a jump squat machine induced greater electromyographic activity in eccentric contractions compared with traditional training methods. Anderson et al. (2) proposed that greater muscle fiber recruitment and stimulation during the eccentric portion of each repetition may bring about greater neuromuscular adaptations and/or type IIx fiber recruitment with VRT than with free weights alone. This explanation offered by Anderson et al. (2) is consistent with the preferential recruitment of high-threshold motor units during high-force eccentric contractions reported by Nardone et al. (35).

In the study by Ghigiarelli et al. (22), significant maximal strength increases were observed in VR compared with traditional resistance-trained individuals, regardless of the use of chains or elastic bands. Wallace et al. (48) observed that adding elastic-loaded resistance to free weight training in the back squat led to maximal strength and power improvements when working with loads approaching 85% of the 1RM.

According to Cronin et al. (15), the ability to quickly complete a stride and return to the starting position or move in another direction is a determining factor for success in sports, such as squash, badminton, tennis, and fencing, among others. In their study, subjects undertaking VRT using elastic bands on the leg press machine showed improvement in the move toward the stride, especially in the last part of the eccentric phase. These subjects were able to complete a stride faster than their peers who trained on the same machine in the traditional way. Thus, it seems that VRT serves to improve the transition from eccentric to concentric phase exercise, and thus, shortens the stretch-shortening cycle, which would potentiate the concentric phase (12) and expedite the stride. Despite an increased prevalence of VRT programs using heavy chains and elastic bands, some studies have generated contradictory results (4,10,48), whereas others have found that VRT programs offer promising results in the long term (15,22).

Variable resistance training using heavy chains modifies the kinetics of the barbell for all movement ranges, increasing the mechanical advantage of the athlete's movement (4,10,38). However, because of the gradual resistance reduction at the end of the eccentric phase, the time taken to reach maximum acceleration (at the start of the concentric phase) decreases in that range of movement zone causing neural adaptation (22,31). McCurdy et al. (31) identified the individual range of movement as an important factor to consider when quantifying the workload. Behm and Sale (7) described the user's intention to displace the barbell as rapidly as possible as the main force driving neural adaptations

of muscular power and strength. Neuromuscular adaptations are specific to the nature of the training load (43). Thus, it has been proposed that the different characteristics of load distribution during VRT affect muscle recruitment patterns (2). In the study by Anderson et al. (2), subjects in the VRT group were able to complete the prescribed exercise sets, whereas some of the control group subjects had to pause for 5–10 seconds between some repetitions to complete a set.

In their study, Rhea et al. (40) noted maximal strength gains when they compared subjects in whom VRT involved high-velocity movements ($0.6\text{--}0.8\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$) with subjects in the traditional training group working at slower velocities ($0.2\text{--}0.4\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$). These results support the idea that the RFD can be improved through VRT training using elastic bands (2,15,16,22). Wallace et al. (48) suggested that the RFD increase could correspond to an earlier phase in which the peak velocity is reached in VRT. This is because as resistance progressively increases with the mechanical advantage, higher levels of force are generated during the concentric phase just at the moment when muscles approach their optimal length-tension relationship (17). A further factor inducing an increase in RFD is a shorter muscle tissue stretch-shortening cycle (40). The muscle is able to store elastic energy during the eccentric phase of movement and then releases this energy as kinetic energy during the concentric phase of the lift (15). According to Rhea et al. (40), when the time taken needed to reach maximal force is not limited, strength relates more to activation of muscle mass with some relationship to synchronization. Athletes using elastic bands as the VRT stimulus showed both improved muscular strength and power, most likely because of simultaneously improved motor unit synchronization and coding velocity, although this needs to be confirmed in further work (40).

The finding of this meta-analysis that VRT training using chains or elastic bands leads to strength gains has obvious implications to be considered by coaches and specialists in sport sciences. This new training modality enables both elite athletes and untrained individuals to more rapidly and efficiently achieve adaptations in their functional capacity than the more traditional resistance training methods.

As a limitation to this meta-analysis, we should mention that many studies were excluded because of the strict inclusion criteria established. Similarly, because of missing data in some of the selected studies, a correlation factor (Equation 1) had to be calculated from the data provided by Rhea et al. (40). A further limitation was the possible effects of publication bias (41). Despite these limitations, this meta-analysis provides an overview of the research in this field and offers an explanation based on the scientific literature of the benefits of the use of VRT to increase maximal strength.

PRACTICAL APPLICATIONS

This meta-analysis provides research-based data supporting the benefits of VRT using chains or elastic bands as an

effective strategy to increase maximal strength (1RM) in athletes of different sports disciplines. Thus, VRT could be used as a complement to traditional training to vary the athletic stimulus once the user has adapted to the previous stimulus, leading to faster training-induced adaptations.

This training modality could help avoid overload during the range of athletic movement and may therefore be used throughout a sport's season to gradually improve a competition skill. It is also a useful tool to strengthen certain muscle groups while subjecting injured muscles to lower resistances during a rehabilitation process.

Variable resistance training is an economic simple strategy for use with barbells in exercises such as the bench press or back squat. The chains or elastic bands are quick to attach and unattach meaning that strength conditioning coaches can readily prescribe a different exercise after a variable-resistance exercise without wasting valuable training time. Our results indicate that training status affects the impacts of conventional and VRT. For untrained subjects, we would not recommend VRT, because similar strength gains are produced with traditional free weight training. In contrast, in trained individuals, VRT will lead to improved strength gains over traditional training. This type of protocol would be ideal in adults with training experience to achieve stimulus variations and thus avoid plateaus in their physical fitness. This issue should be borne in mind by strength conditioning experts and coaches to better design training regimens.

Based on our findings, it would also seem that both upper and lower limb VRT produces greater adaptations than conventional free weight training, indicating similar effects of this training form on both halves of the body.

Our findings provide direction for future studies designed to determine whether other percentages of VR work and/or PMR will produce the same 1RM adaptations or whether single-joint exercises will give rise to similar results as multijoint actions. Future research efforts should also explore whether the impacts of VRT are reduced with training duration and establish the minimum period for VRT to produce the strength gains detected here.

ACKNOWLEDGMENTS

The authors thank Pedro Femia Marzo for help with the data analysis and useful comments. This study received no funds from an external source. The results of this study do not represent the endorsement of any product by the authors or National Strength and Conditioning Association. This article was based on data from a PhD thesis in Biomedicine (Universidad de Granada, Spain) by M.A. Soria-Gila.

REFERENCES

1. Aboodarda, SJ, Shariff, MAH, Muhamed, AMC, Ibrahim, F, and Yusof, A. Electromyographic activity and applied load during high intensity elastic resistance and nautilus machine exercises. *J Hum Kinet* 30: 5–12, 2011.

2. Anderson, CE, Sforzo, GA, and Sigg, JA. The effects of combining elastic and free weight resistance on strength and power in athletes. *J Strength Cond Res* 22: 567–574, 2008.
3. Baker, DG and Newton, RU. Effect of kinetically altering a repetition via the use of chain resistance on velocity during the bench press. *J Strength Cond Res* 23: 1941–1946, 2009.
4. Baker, D and Newton, RU. Methods to increase the effectiveness of maximal power training for the upper body. *Strength Cond J* 27: 24–32, 2005.
5. Behm, DG and Anderson, KG. The role of instability with resistance training. *J Strength Cond Res* 20: 716–722, 2006.
6. Behm, DG, Leonard, AM, Young, WB, Bonsey, WAC, and MacKinnon, SN. Trunk muscle electromyographic activity with unstable and unilateral exercises. *J Strength Cond Res* 19: 193–201, 2005.
7. Behm, DG and Sale, DG. Intended rather than actual movement velocity determines velocity-specific training response. *J Appl Physiol* (1985) 74: 359–368, 1993.
8. Behm, DG and Sale, DG. Velocity specificity of resistance training. *Sports Med* 15: 374–388, 1993.
9. Bellar, DM, Muller, MD, Barkley, JE, Kim, C, Ida, K, Ryan, EJ, Bliss, MV, and Glickman, EL. The effects of combined elastic- and free-weight tension vs. free-weight tension on one-repetition maximum strength in the bench press. *J Strength Cond Res* 25: 459–463, 2011.
10. Berning, JM, Coker, CA, and Adams, KJ. Using chains for strength and conditioning. *Strength Cond J* 26: 80–84, 2004.
11. Berning, JM, Coker, CA, and Briggs, D. The biomechanical and perceptual influence of chain resistance on the performance of the olympic clean. *J Strength Cond Res* 22: 390–395, 2008.
12. Bosco, C, Komi, PV, and Ito, A. Pre-stretch potentiation of human skeletal-muscle during ballistic movement. *Acta Physiol Scand* 111: 135–140, 1981.
13. Coker, CA, Berning, JM, and Briggs, DL. A preliminary investigation of the biomechanical and perceptual influence of chain resistance on the performance of the snatch. *J Strength Cond Res* 20: 887–891, 2006.
14. Cormie, P, McGuigan, MR, and Newton, RU. Developing maximal neuromuscular power part 2-training considerations for improving maximal power production. *Sports Med* 41: 125–146, 2011.
15. Cronin, J, McNair, PJ, and Marshall, RN. The effects of bungee weight training on muscle function and functional performance. *J Sports Sci* 21: 59–71, 2003.
16. Ebben, WP and Jensen, RL. Electromyographic and kinetic analysis of traditional, chain, and elastic band squats. *J Strength Cond Res* 16: 547–550, 2002.
17. Edman, KAP and Komi, PV. *Contractile Performance of Skeletal Muscle Fibres*, Blackwell Science Ltd, Oxford, UK: PV Komi, 2008.
18. Elliott, BC, Wilson, GJ, and Kerr, GK. A biomechanical analysis of the sticking region in the bench press. *Med Sci Sports Exerc* 21: 450–462, 1989.
19. Frost, DM, Cronin, J, and Newton, RU. A biomechanical evaluation of resistance fundamental concepts for training and sports performance. *Sports Med* 40: 303–326, 2010.
20. Garcia-Lopez, D, Hernandez-Sanchez, S, Martin, E, Marin, PJ, Zarzosa, F, and Herrero, AJ. Free-weight augmentation with elastic bands improves bench-press kinematics in professional rugby players. *J Strength Cond Res* 2014. Epub ahead of print.
21. Garcia-Lopez, D, Herrero, AJ, Gonzalez-Calvo, G, Rhea, MR, and Marin, PJ. Influence of “in series” elastic resistance on muscular performance during a biceps-curl set on the cable machine. *J Strength Cond Res* 24: 2449–2455, 2010.
22. Ghigiarelli, JJ, Nagle, EF, Gross, FL, Robertson, RJ, Irrgang, JJ, and Myslinski, T. The effects of a 7-week heavy elastic band and weight chain program on upper-body strength and upper-body power in a sample of division 1-AA football players. *J Strength Cond Res* 23: 756–764, 2009.
23. Gonzalez-Badillo, JJ and Sanchez-Medina, L. Movement velocity as a measure of loading intensity in resistance training. *Int J Sports Med* 31: 347–352, 2010.
24. Häkkinen, K, Alen, M, and Komi, PV. Changes in isometric force-time and relaxation-time, electromyographic and muscle-fiber characteristics of human skeletal-muscle during strength training and detraining. *Acta Physiol Scand* 125: 573–585, 1985.
25. Heckman, CJ and Enoka, RM. Motor unit. *Compr Physiol* 2: 2629–2682, 2012.
26. Higgins, JPT and Green, S. *Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions Version 5.1.0 (updated March, 2011)*. The Cochrane Collaboration, 2011. Available at: www.cochrane-handbook.org/. Accessed January 18, 2012.
27. Higgins, JPT, Thompson, SG, Deeks, JJ, and Altman, DG. Measuring inconsistency in meta-analyses. *Br Med J* 327: 557–560, 2003.
28. Joy, JM, Lowery, RP, Oliveira de Souza, E, and Wilson, JM. Elastic bands as a component of periodized resistance training. *J Strength Cond Res* 2013. Epub ahead of print.
29. Kamen, G and Knight, CA. Training-related adaptations in motor unit discharge rate in young and older adults. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 59: 1334–1338, 2004.
30. Lucas, NP, Macaskill, P, Irwig, L, and Bogduk, N. The development of a quality appraisal tool for studies of diagnostic reliability (QAREL). *J Clin Epidemiol* 63: 854–861, 2010.
31. McCurdy, K, Langford, G, Ernest, J, Jenkerson, D, and Doscher, M. Comparison of chain- and plate-loaded bench press training on strength, joint pain, and muscle soreness in division II baseball players. *J Strength Cond Res* 23: 187–195, 2009.
32. McCurdy, K, Langford, G, Jenkerson, D, and Doscher, M. The validity and reliability of the 1RM bench press using chain-loaded resistance. *J Strength Cond Res* 22: 678–683, 2008.
33. McMaster, DT, Cronin, J, and McGuigan, M. Forms of variable resistance training. *Strength Cond J* 31: 50–64, 2009.
34. McMaster, DT, Cronin, J, and McGuigan, MR. Quantification of rubber and chain-based resistance modes. *J Strength Cond Res* 24: 2056–2064, 2010.
35. Nardone, A, Romano, C, and Schieppati, M. Selective recruitment of high-threshold human motor units during voluntary isotonic lengthening of active muscles. *J Physiol* 409: 451–471, 1989.
36. Newton, RU, Murphy, AJ, Humphries, BJ, Wilson, GJ, Kraemer, WJ, and Häkkinen, K. Influence of load and stretch shortening cycle on the kinematics, kinetics and muscle activation that occurs during explosive upper-body movements. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 75: 333–342, 1997.
37. Orwin, R. *The Handbook of Research Synthesis*. H. Cooper and L.V. Hedges, eds. New York, NY: Russell Sage Foundation, 1994. pp. 139–162.
38. Rhea, MR. Determining the magnitude of treatment effects in strength training research through the use of the effect size. *J Strength Cond Res* 18: 918–920, 2004.
39. Rhea, MR, Alvar, BA, Burkett, LN, and Ball, SD. A meta-analysis to determine the dose response for strength development. *Med Sci Sports Exerc* 35: 456–464, 2003.
40. Rhea, MR, Kenn, JG, and Dermody, BM. Alterations in speed of squat movement and the use of accommodated resistance among college athletes training for power. *J Strength Cond Res* 23: 2645–2650, 2009.
41. Rosenthal, R. *Meta-Analytic Procedures for Social Research*. Thousand Oaks, CA: Sage Publications, Inc, 1991.
42. Shoepe, TC, Ramirez, DA, Rovetti, RJ, Kohler, DR, and Almstedt, HC. The effects of 24 weeks of resistance training with simultaneous elastic and free weight loading on muscular performance of novice lifters. *J Hum Kinet* 29: 93–106, 2011.

43. Staron, RS, Leonardi, MJ, Karapondo, DL, Malicky, ES, Falkel, JE, Hagerman, FC, and Hikida, RS. Strength and skeletal-muscle adaptations in heavy-resistance-trained women after detraining and retraining. *J Appl Physiol* (1985) 70: 631–640, 1991.
44. van den Tillaar, R and Ettema, G. The “sticking period” in a maximum bench press. *J Sports Sci* 28: 529–535, 2010.
45. van den Tillaar, R and Saterbakken, A. The sticking region in three chest-press exercises with increasing degrees of freedom. *J Strength Cond Res* 26: 2962–2969, 2012.
46. Walker, S, Hulmi, J, Wernbom, M, Nyman, K, Kraemer, W, Ahtiainen, J, and Häkkinen, K. Variable resistance training promotes greater fatigue resistance but not hypertrophy versus constant resistance training. *Eur J Appl Physiol* 113: 2233, 2013.
47. Walker, S, Peltonen, H, Avela, J, and Hakkinen, K. Neuromuscular fatigue in young and older men using constant or variable resistance. *Eur J Appl Physiol* 113: 1069–1079, 2013.
48. Wallace, BJ, Winchester, JB, and McGuigan, MR. Effects of elastic bands on force and power characteristics during the back squat exercise. *J Strength Cond Res* 20: 268–272, 2006.

ANEXO 14.

Abstracts de las comunicaciones y exposiciones presentadas en diferentes congresos internacionales



VII Congreso Internacional
de la Asociación Española de
Ciencias del Deporte

Facultad de Ciencias del Deporte.
Universidad de Granada



Asociación Española de Ciencias del Deporte

ICTS

II INTERNATIONAL CONGRESS ON TEAM SPORTS

II INTERNATIONAL CONGRESS ON TEAM SPORTS



*Estudio de un dispositivo de desplazamiento en dos protocolos
Incrementales para pronosticar la carga máxima/ Study of a linear displacement
device in two incremental protocols for predicting the value of the maximum load
being moved*

Baena, S^a., Bautista, I.J^a., Chiroso, I.J^a., Chiroso, L.J^a, Aguilar, D., ^a Martín, I^b

^aDepartamento de Educación Física y Deportiva. Universidad de Granada.

^bDepartamento de Metodología y Ciencias del Comportamiento. Universidad de Granada.

Correo electrónico: sbaena@ugr.es

Resumen

Introducción/objetivo: El propósito de este estudio fue analizar la precisión de la fórmula de predicción de un dispositivo de desplazamiento lineal (LPT) para la predicción de la máxima repetición (1RM) mediante la relación fuerza/velocidad.

Método: Veinticuatro (n = 24) varones fueron asignados de forma aleatoria a dos grupos. El primer grupo, realizó un protocolo incremental de + 10 kg, mientras que el segundo grupo, realizó un protocolo incremental de + 20 kg. **Resultados:** Durante la realización de los protocolos se produjeron una media de 6 ± 1.45 y 4 ± 0.94 incrementos de cargas, para el grupo 1 y 2 respectivamente. La prueba T-test de medidas repetidas mostró diferencias significativas ($p = 0.000$ y $p = 0.000$) en la 1RM real y estimada de ambos protocolos. Ninguna diferencia significativa ($p = 0.581$) fue encontrada cuando se compararon los datos de la RM real de ambos protocolos. La fórmula de predicción del LPT predijo un 7.42% y un 8.92% más de carga para los protocolos 1 y 2 respectivamente. El índice de correlación intraclase (ICC) y el error estándar de la medida (SEM) fueron de 0.925 y 0.986 y de 2.25 kg y de 2 kg, para los grupos 1 y 2 respectivamente. **Conclusión:** Los resultados de este estudio sugieren que para predecir la 1RM es indiferente el protocolo a utilizar, aunque los estadísticos de fiabilidad muestran mayor precisión con el protocolo incremental +20 kg.

Palabras clave: Evaluación fuerza, press de banca, dispositivo de desplazamiento lineal, fórmula de predicción, relación fuerza/velocidad.



Referencias:

1. Bosquet, L., Porta-Benache, J., & Blais, J. (2010). Validity of a commercial linear encoder to estimate bench press 1 RM from the force-velocity relationship. *Journal of Sports Science & Medicine*, 9(3), 459–463.
2. Cormie, P., McGuigan, M. R., & Newton, R. U. (2010). Influence of strength on magnitude and mechanisms of adaptation to power training. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 42(8), 1566.
3. Jidovtseff, Boris, Harris, N. K., Crielaard, J.-M., & Cronin, J. B. (2011). Using the load-velocity relationship for 1RM prediction. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(1), 267–270.

Study of a linear displacement device in two incremental protocols for predicting the value of the maximum load being moved

Abstract

Introduction/Aim: The purpose of this study was to assess the accuracy of the prediction formula to a linear displacement device (LPT) for the prediction of the maximum repetition (1RM) using the force / speed. **Method:** Twenty-four (n = 24) males were randomly assigned to two groups. The first group performed incremental protocol + 10 kg, while the second group, made an incremental protocol + 20 kg. **Results:** During the performance of the protocols produced an average of $6 \pm 4 \pm 1.45$ and 0.94 increases in charges, for group 1 and 2 respectively. The test T-test for repeated measures showed significant differences ($p = 0.000$ and $p = 0,000$) in actual and estimated 1RM for both protocols. There were no significant differences ($p = 0.581$)



when comparing the actual MRI data of both protocols. The prediction formula of LPT predicted a 7.42% and 8.92% more load for protocols 1 and 2 respectively. The index intraclass correlation (ICC) and standard error of measurement (SEM) were 0.925 and 0.986 and 2.25 kg and 2 kg for groups 1 and 2 respectively. **Conclusions:** The results of this study suggest that to predict the 1RM is indifferent to the protocol to use, although reliable statistics show greater accuracy with the incremental protocol +20 kg.

Keywords: Assessment strength, bench press, linear displacement device, prediction formula, strength / speed.

References:

1. Bosquet, L., Porta-Benache, J., & Blais, J. (2010). Validity of a commercial linear encoder to estimate bench press 1 RM from the force-velocity relationship. *Journal of Sports Science & Medicine*, 9(3), 459–463.0
2. Cormie, P., McGuigan, M. R., & Newton, R. U. (2010). Influence of strength on magnitude and mechanisms of adaptation to power training. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 42(8), 1566.
3. Jidovtseff, Boris, Harris, N. K., Crielaard, J.-M., & Cronin, J. B. (2011). Using the load-velocity relationship for 1RM prediction. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(1), 267–270.

“LOS MÉTODOS RVIR. ANÁLISIS DESCRIPTIVO Y COMPARATIVO DE VARIABLES CINÉTICAS, CINEMÁTICAS, PSICOLÓGICAS Y FISIOLÓGICAS”

Piepoli, A.¹, Baena-Morales, S.¹, Soria-Gila, M.¹,
¹Universidad de Granada.

INTERNATIONAL CONFERENCE IN TEAM SPORTS

Correo: sbaena@ugr.es

Introducción

En la literatura reciente hay pocos estudios destinados a la investigación de los métodos de Resistencia Variable Intra-Repetición (RVIR), aquellos donde la resistencia aplicada en la carga variará en la propia repetición. Ya sea en la fase concéntrica como en la excéntrica de la misma. El objetivo de este estudio es analizar como influyen los métodos RVIR en las variables cinéticas, cinemáticas, psicológicas y fisiológicas respecto a los métodos de entrenamiento tradicionales (FWR).

Método

La muestra consistió de 15 sujetos varones habituados al entrenamiento con pesas. Se formó a todos los sujetos para la correcta realización técnica en el gesto del press de banca. Fue estimada la 1RM a través de un protocolo incremental de cargas. Una vez conocida la 1RM personal para cada sujeto se realizaron los test experimentales con unos determinados porcentajes: 40%, 60%, 80% y 100% de la 1 RM.

En cada uno de estos porcentajes se midieron: EMG, RPE, variables cinemáticas y aplicación de fuerzas sobre plataforma de fuerza. En el método RVIR se utilizó la misma carga que lo método FWR, en la fase de máxima extensión, y el 20% menos en la fase concéntrica inicial. Para esto se utilizaron cadenas y pesas.

Resultados

Las variables cinéticas y cinemáticas: Velocidad media, RFD máxima, aceleración máxima asumen valores mayores con el método RVIR ($P < 0,05$), mientras la Potencia media asume valores mayores en RVIR solo con 80%RM ($P < 0,05$) y 100%RM ($P < 0,001$) sin embargo con porcentajes inferiores de carga no hay diferencia significativa entre los dos métodos ($P > 0,05$).

En la activación muscular (Deltoides, Pectorales, Triceps y Dorsales) con RVIR y FWR, medida con EMG, no hay diferencias significativas ($P > 0,05$).

Finalmente la RPE presenta diferencias significativas en los dos métodos ($P < 0,05$), con una percepción del esfuerzo menor en RVIR.

Discusión

Los resultados sugieren que aunque con el método RVIR se utilizan cargas inferiores la activación muscular es igual que con el método a resistencia constante. Además el RVIR permite desarrollar Potencias superiores sobre todo con porcentajes de RM elevadas gracias a las velocidades tan superiores que podemos desarrollar con este método.

Finalmente podemos afirmar que con una menor RPE, misma activación muscular y desarrollo de potencia superiores, el método RVIR podría ser una óptima alternativa de entrenamiento respecto a los métodos tradicionales. Es evidente que son necesarios otros estudios donde se midan los efectos de los entrenamientos con RVIR.

Referencias

- Anderson, C. E., Sforzo, G. A., & Sigg, J. A. (2008). The effects of combining elastic and free weight resistance on strength and power in athletes. *J Strength Cond Res*, 22(2), 567-574.
- Bellar, D. M., Muller, M. D., Barkley, J. E., Kim, C. H., Ida, K., Ryan, E. J., . . . Glickman, E. L. (2011). The effects of combined elastic- and free-weight tension vs. free-weight tension on one-repetition maximum strength in the bench press. *J Strength Cond Res*, 25(2), 459-463.
- Ghigiarelli, J.J., Nagle, E.F., Gross, F.L., Robertson, R.J., Irrgang, J.J., & Myslinski, T. (2009). The effects of a 7-week heavy elastic band and weight chain program on upper-body strength and upper-body power in a sample of division 1-AA football players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 23(3), 756-764.

Los métodos de Resistencia Variable Intra Repetición (R.V.I.R). Revisión bibliográfica
Baena, S., Piepoli, A Soria-Gila, M.A.,
Facultad de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte, Universidad de Granada
Correo electrónico: sbaena@ugr.es

INTERNATIONAL CONFERENCE IN TEAM SPORTS

Resumen

La presente revisión se centra en encontrar las evidencias científicas existentes en el desarrollo de la fuerza y la potencia con los métodos que trabajan a través de una resistencia variable dentro de la misma repetición (RVIR).

En la literatura reciente hay una creciente tendencia al estudio y análisis de los RVIR, ya que se ha demostrado que aun aplicando una menor carga acumulada en la repetición, se produce una mejora tanto de la fuerza como de la potencia, mayor que con el habitual trabajo con pesos libres (PL).

Esta mejora en los niveles de fuerza a través de los métodos de RVIR, parece estar fundamentado en las ventajas biomecánicas y aún trabajo neuro-muscular como cinético y cinemático diferente al PL.

Sin embargo estos métodos deben seguir sometidos a investigación y revisión con el objetivo de estandarizar su uso y clarificar en mayor medida las ventajas e inconvenientes de los mismos.

Palabras clave: Resistencia Variable, Fuerza, Potencia, Método,

REFERENCIAS

- Anderson, C. E., Sforzo, G. A., & Sigg, J. A. (2008). The effects of combining elastic and free weight resistance on strength and power in athletes. *J Strength Cond Res*, 22(2), 567-574.
- Bellar, D. M., Muller, M. D., Barkley, J. E., Kim, C. H., Ida, K., Ryan, E. J., . . . Glickman, E. L. (2011). The effects of combined elastic- and free-weight tension vs. free-weight tension on one-repetition maximum strength in the bench press. *J Strength Cond Res*, 25(2), 459-463.
- Ghigiarelli, J.J., Nagle, E.F., Gross, F.L., Robertson, R.J., Irrgang, J.J., & Myslinski, T. (2009). The effects of a 7-week heavy elastic band and weight chain program on upper-body strength and upper-body power in a sample of division 1-AA football players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 23(3), 756-764.
- Shoepe, T. C., Ramirez, D. A., Rovetti, R. J., Kohler, D. R., & Almstedt, H. C. (2011). The Effects of 24 weeks of Resistance Training with Simultaneous Elastic and Free Weight Loading on Muscular Performance of Novice Lifters. *J Hum Kinet*, 29, 93-106.



U N I V E R S I D A D

PABLO^D
OLAVIDE

S E V I L L A

Efecto del entrenamiento con resistencias externas a través de métodos de estímulo variable intra-repetición sobre la fuerza dinámica máxima: Un Meta-Análisis

Soria-Gila, M.A., Baena, S., Piepoli, A., Chiroso, I.J.

Facultad de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte, Universidad de Granada

Correo electrónico: ma88@correo.ugr.es

INTRODUCCIÓN: Los métodos con estímulos variables intra-repetición (MEVIR) estimulan un mayor “Rate of Force Development” (RFD), una alta coordinación entre los músculos agonistas y sinergistas, un mayor reclutamiento de unidades motoras (UM) y atenúan el efecto del “sticking period”. Sin embargo, existe mucha discrepancia en la literatura acerca de la mejora que presentan los programas prolongados de entrenamiento con resistencia variable (RV) sobre la fuerza dinámica máxima (FDM). El objetivo de este estudio fue conocer el efecto del entrenamiento prolongado con RV (con rangos de fluctuación de carga de un 15-35% dentro del ROM) en diferentes estudios sobre la FDM (1RM).

MÉTODO: Una revisión sistemática fue realizada bajo los criterios que propone el Cochrane Review Group, mediante el uso de un modelo de meta-análisis de efectos fijos. Los datos de la variable FDM se obtuvieron de estudios aleatorizados investigando el efecto del programa de entrenamiento prolongado (≥ 7 semanas) con RV.

RESULTADOS: Los datos incluidos corresponden a 7 estudios que incluyeron a 235 sujetos. El entrenamiento con RV mejoró significativamente las ganancias medias de FDM en 1RM tras el periodo de entrenamiento prolongado (diferencia de medias ponderada: 3,81 kg; 95% CI: 2,10 , 5,51 kg; $P < 0,0001$) cuando fue comparado con el grupo que realizó un entrenamiento tradicional.

DISCUSIÓN: Los hallazgos de este meta-análisis están en contraposición a los obtenidos en un reciente estudio (Shoepe, Ramirez, Rovetti, Kohler, & Almstedt, 2011) en el cual mostraron que no existieron diferencias significativas entre el entrenamiento tradicional y el basado en RV combinando bandas elásticas con pesos libres. La tendencia general encontrada en este meta-análisis está en relación con lo manifestado en las últimas investigaciones (Anderson, Sforzo, & Sigg, 2008; Bellar et al., 2011; Ghigiarelli et al., 2009), que demostraron aumentos estadísticamente significativos en la 1RM medida en los ejercicios de press de banca y sentadilla del grupo que entrenaba con RV con respecto al grupo que entrenaba con pesos libres.

REFERENCIAS

Anderson, C. E., Sforzo, G. A., & Sigg, J. A. (2008). The effects of combining elastic and free weight resistance on strength and power in athletes. *J Strength Cond Res*, 22(2), 567-574.

Bellar, D. M., Muller, M. D., Barkley, J. E., Kim, C. H., Ida, K., Ryan, E. J., . . . Glickman, E. L. (2011). The effects of combined elastic- and free-weight tension vs. free-weight tension on one-repetition maximum strength in the bench press. *J Strength Cond Res*, 25(2), 459-463.

Ghigiarelli, J.J., Nagle, E.F., Gross, F.L., Robertson, R.J., Irgang, J., & Myslinski, T. (2009). The effects of a 7-week heavy elastic band and weight chain program on upper-body strength and upper-body power in a sample of division 1-AA football players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 23(3), 756-764.

Shoepe, T. C., Ramirez, D. A., Rovetti, R. J., Kohler, D. R., & Almstedt, H. C. (2011). The Effects of 24 weeks of Resistance Training with Simultaneous Elastic and Free Weight Loading on Muscular Performance of Novice Lifters. *J Hum Kinet*, 29, 93-106.

