

Monitorización de la intensidad del entrenamiento de la fuerza mediante la percepción subjetiva de la velocidad

2013

Miguel Herrera Díaz

TESIS DOCTORAL

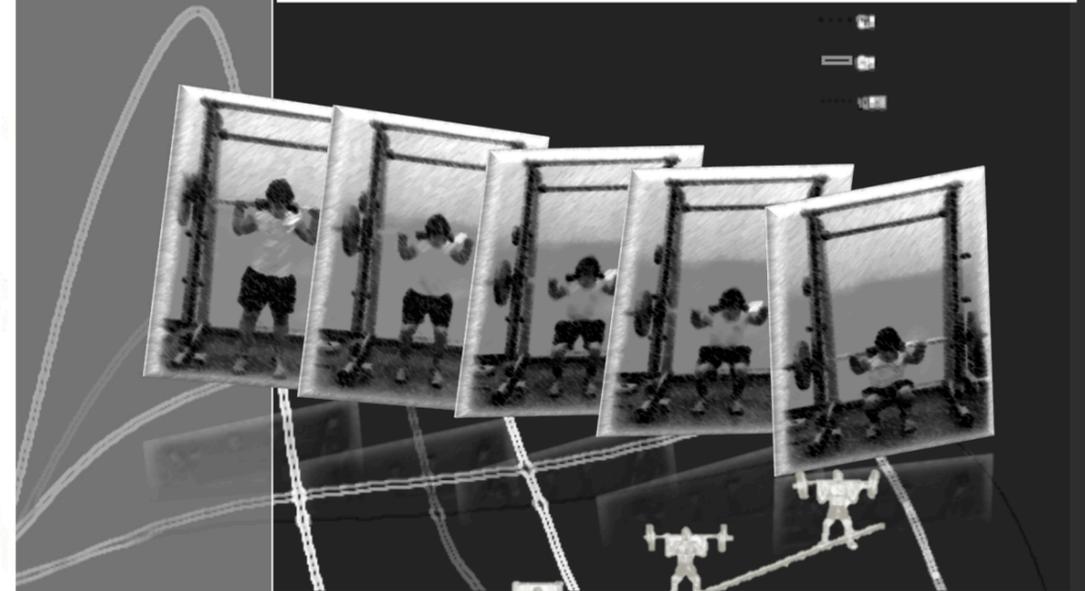


Facultat de Ciències de l'Activitat Física i l'Esport

MONITORIZACIÓN DE LA INTENSIDAD DEL ENTRENAMIENTO DE LA FUERZA MEDIANTE LA PERCEPCIÓN SUBJETIVA DE LA VELOCIDAD



VNIVERSITAT
DE VALÈNCIA



Miguel Herrera Díaz
Mayo, 2013



VNIVERSITAT
DE VALÈNCIA



Facultat de Ciències de l'Activitat Física i l'Esport

Departament d'Educació Física i Esportiva

Programa de doctorado 122 A – Educació Física i Esport

MONITORIZACIÓN DE LA INTENSIDAD DEL
ENTRENAMIENTO DE LA FUERZA MEDIANTE LA
PERCEPCIÓN SUBJETIVA DE LA VELOCIDAD

TESIS DOCTORAL

Presentada por:

Miguel Herrera Díaz

Dirigida por:

Dr. Rafael Aranda Malavés

Dr. Ignacio Jesús Chiroso Ríos

Dr. Iker J. Bautista González

Valencia, 2013



D. Rafael Aranda Malavés

Doctor en Ciències de l'Activitat Física i Esport
Universitat de València

D. Ignacio Jesús Chiroso Ríos

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

D. Iker Javier Bautista González

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

CERTIFICAN: Que la presente Tesis Doctoral titulada "MONITORIZACIÓN DE LA INTENSIDAD DEL ENTRENAMIENTO DE LA FUERZA MEDIANTE LA PERCEPCIÓN SUBJETIVA DE LA VELOCIDAD" ha sido realizada bajo nuestra dirección, por D. Miguel Herrera Díaz para optar al grado de Doctor en Ciencias de la Actividad Física y el Deporte. Concluida y reuniendo a nuestro juicio, las condiciones de originalidad y rigor científico necesarias, autorizamos su presentación a fin de que pueda ser defendida ante el tribunal correspondiente. Y para que así conste, expiden y firman este informe, a 28 de Mayo de 2013.

D. Rafael Aranda Malavés D. Ignacio J. Chiroso Ríos D. Iker J. Bautista González

A ti,
porque desde que llegaste a mi vida,
sólo haces que iluminarla y hacer los momentos difíciles más dulces.

A los dos,
porque sois parte de mi y de lo que soy.

A todos,
con los que he coincidido en el sendero de la vida,
a los que me quieren, porque sí, y al resto... ¿por qué no?

Agradecimientos

El proceso de elaboración de una Tesis Doctoral entiendo que se inicia mucho antes del inicio de la redacción de la misma. Así, en él interactúan muchas personas que han coincidido en mi vida, no sólo desde el punto de vista académico, sino también desde el profesional y el personal. Citarlas a todas en este apartado sería un largo proceso mental y afectivo, en el que seguro se me olvidaría a alguien y posiblemente, al leer este epígrafe y no verse incluido, quedaría defraudado. Así, que el primer agradecimiento que quiero dedicar es a todos aquellos que no os veis reflejados en este capítulo, porque no es así, sois parte de este proceso, porque seguro que académica o afectivamente habéis aportado algo. A todos vosotros muchas gracias.

A una persona muy especial para mí, a mi amigo y hermano Jorge. Gracias por enseñarme que la vida es un regalo y que hay que disfrutar cada instante que nos brinda. Viva la buena gente de Cádiz.

A mis directores y amigos. Gracias Iker por tus ideas y aportaciones, por todo tu trabajo, gracias por todas las llamadas contestadas a cualquier hora, por soportarme y sufrirme, por animarme y hacerme crecer. Gracias Ignacio, por tu humildad, tu sinceridad, tu empatía y tu amistad, sinceramente eres irreplicable. Gracias Rafa por tu ayuda, por las aportaciones, y por la libertad de elección que me has dado en este proceso. Gracias Lujá por recibirme con los brazos abiertos, por confiar en mí y por tus continuos mensajes de ánimo.

A Hugo y a Meri, por robaros el tiempo que espero recuperar en un futuro. Por entender mi egoísmo y permitírmelo.

A mis padres Ángel y María, y a mi hermana Ángela, a quienes les debo gran parte de lo que soy. Gracias por todos los valores que me habéis dado en la vida. Gracias por estar siempre ahí velando por mí.

A Víctor por iniciarme en este fantástico mundo de la investigación.

A mis alumnos/as de la FCAFE, especialmente a ti Rego, y a Isabel, Laura, Vicente, Pablo, Jorge, Miquel, Lina y Nacho.

A todos los entrenadores que me han permitido crecer y trabajar con ellos. Gracias a ti Paco, a Pepe Rosales, a Pepe Balaguer, a Benjamín Motoso, a Toni Aparicio, a Carlos Gimeno, a Claudio Ranieri, a Toni López, y especialmente a Ángel Pedraza y a Javier Piquer, allá donde estéis.

A mis compañeros de profesión por compartir su conocimiento conmigo. Gracias a Juan Torrijo, a Josep Alcácer, a José Alfonso Morcillo, a Antonio Gómez, a David Vidal, a Toni Astorgano y a Xavi Tamarit.

A la inestimable ayuda proporcionada por Santi Cortés e Ismael Cervera, a los que considero además de compañeros, grandes amigos. Muchas gracias.

A mis amigos de toda la vida, especialmente a Dani, a Santi, a Sime, a Raúl, a Carlos, a Javi, a Paco, a Vicente. Os prometo que a partir de ahora iré con más asiduidad a la cena de los lunes.

A mi gran amigo José Gregorio Bollado, por todas las tertulias de entrenamiento, por los momentos compartidos y por los que nos quedan aún por disfrutar.

A Jaume Tamarit por confiar siempre en mí y darme su sincera amistad.

A todas esas personas que han confiado y confían en mí. MUCHAS GRACIAS.

INDICE DE CONTENIDOS

CAPITULO I: Marco Teórico.....	9
1. Aproximación teórica a los conceptos de fuerza, potencia y velocidad	9
1.1. Vertientes del entrenamiento de la fuerza.....	13
1.1.1. Concepto de fuerza.....	15
1.1.2. Manifestaciones de la fuerza	17
1.1.3. Adaptaciones provocadas por el entrenamiento de las diferentes manifestaciones de la fuerza.....	21
1.1.3.1. Curva fuerza - tiempo.....	24
1.1.3.2. Curva fuerza - velocidad.....	26
1.1.3.3. Curva de potencia.....	28
1.2. Entrenamiento de la Velocidad	30
1.2.1. Conceptos y elementos asociados a la velocidad de ejecución	31
1.2.2. Comportamiento de la velocidad a lo largo del espectro de cargas	32
1.2.3. Importancia del control de la velocidad de ejecución en el entrenamiento de la fuerza.....	34
1.3. Entrenamiento de la potencia.....	38
1.3.1. ¿A qué nos referimos cuando hablamos de potencia?.....	40
1.3.2. Aspectos a tener en cuenta en el entrenamiento de la potencia	42
1.3.3. ¿Cómo se entrena la potencia? Elementos diferenciadores de los métodos de fuerza/potencia	49
1.4. Evaluación y control de la Potencia/Fuerza	59
1.4.1. El Control de las fuentes de Error	61
1.4.1.1. Dispositivos.....	64
1.4.1.2. Estandarización del proceso de evaluación.....	72
1.4.1.3. Variabilidad biológica del Individuo/Participante.....	77
1.5. Percepción subjetiva del esfuerzo y de la velocidad.....	80
1.5.1. RPE.....	81
1.5.2. Percepción Subjetiva de la Velocidad (RPV)	87
1.5.3. Factores que contaminan la percepción del esfuerzo y la velocidad	89
1.5.4. Validación de las escalas de percepción del esfuerzo.....	94
2. Planteamiento del problema.....	98

Objetivos	99
Metodología	100
CAPITULO II. Material y Método	105
Método	105
Estudio I	105
Estudio II	108
Estudio III	110
Material e instrumentación de medida	113
CAPITULO III. Resultados.....	119
CAPITULO IV. Discusión.....	131
CAPITULO V. Conclusiones.....	143
CAPITULO VI. Aplicaciones Prácticas	147
CAPITULO VII. Futuras Investigaciones	155
CAPITULO VIII. Referencias Bibliográficas.....	159
Referencias Capítulo I.....	159
Referencias Estudio I	188
Referencias Estudio II	192
Referencias Estudio III	194
CAPITULO IX. Anexos	197

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Manifestaciones de la fuerza (tomado de Tous, 1999, pág 32)	19
Figura 2. Manifestaciones de la fuerza (adaptado de González-Badillo y Ribas, 2002, pág. 17).....	20
Figura 3. Adaptaciones neuromusculares, morfológicas y metabólicas en relación a la C f-v	24
Figura 4. Adaptaciones en la C f-t tras un entrenamiento pliométrico, y un entrenamiento con resistencias externas en sentadilla (tomado de Cappa, D., 2000, pág 35).....	25
Figura 5. Efecto producido por diferentes tipos de cargas sobre la C f-v.....	28
Figura 6. Curva de potencia. Relación de la Potencia Media con la carga desplazada en media sentadilla.....	28
Figura 7. Curva velocidad – tiempo.....	31
Figura 8. Curva velocidad media – tiempo y curva potencia media.	32
Figura 9. Comportamiento de la curva de velocidad-tiempo a lo largo del espectro de cargas.....	33
Figura 10. Representación del “Sticking Period” sobre de la Curva de Velocidad/Tiempo en una repetición máxima (adaptado de Gutiérrez, J., 2012).....	34
Figura 11. Proceso de entrenamiento con resistencias y adaptación neuromuscular. UM = Unidad Motora (adaptado de Kawamori y Newton, 2006, pág. 88).	35
Figura 12. Relación fuerza-velocidad y fuerza-potencia en una activación muscular concéntrica	39
Figura 13. Cálculo de la Potencia desde la mecánica.....	41
Figura 14. Relación fuerza y velocidad a lo largo de la C f-v, y su nivel de potencia... ..	41
Figura 15. Estimación indirecta de la potencia durante la fase de trabajo concéntrica (Aguado y González-Montresinos, 1996).	43

Figura 16. Fórmulas para estimar la potencia en el SJ y el CMJ.	44
Figura 17. Cálculo de la potencia media para un salto vertical.	44
Figura 18. Adaptaciones provocadas según el Carácter del Esfuerzo (tomado de Tous, 1999, pág. 154).	48
Figura 19. Resumen de los elementos diferenciadores de un método de fuerza (tomado de Chiroso, I., 2002).	50
Figura 20. Recomendaciones a tener en cuenta en las variables del entrenamiento de la potencia.	58
Figura 21. Aspectos diferenciadores en el Control de las Fuentes de Error (CFE).	62
Figura 22. Dispositivo de Desplazamiento Lineal.	65
Figura 23. Plataforma de fuerza.	66
Figura 24. Acelerómetro deportivo.	68
Figura 25. Sistema de electromiografía de superficie para la valoración de la actividad muscular.	69
Figura 26. Esquema y fotografía de la colocación para el análisis del movimiento con dos LPT (tomado de Cormie et al., 2007a).	71
Figura 27. Factores que afectan a la estandarización del ejercicio press de banca (tomado de Gutiérrez, J., 2012).	74
Figura 28. Factores que afectan a la estandarización del ejercicio de la sentadilla.	77
Figura 29. Escala de percepción subjetiva del esfuerzo de 0 a 10.	80
Figura 30. Escala de percepción subjetiva del esfuerzo en relación al tiempo de duración de la actividad.	81
Figura 31. Asociación de la escala CR – 10 de Borg con la 1 RM. Buckely y Borg (2011).	85
Figura 32. Escala OMNI-RES para adultos (A) y para niños (B).	85
Figura 33. Nueva Escala de Percepción de la Velocidad a color.	88
Figura 34. Un sujeto durante la realización del protocolo en la fase de validación. Con las gafas de esquí y el gorro ocluyendo la visión periférica.	112
Figura 35. Balanza con tallímetro.	113

Figura 36. Dispositivo de Desplazamiento Lineal.....	113
Figura 37. Máquina Smith o multipower	114
Figura 38. Ordenador personal Asus K52J	114
Figura 39. Velocidad media y potencia media de cada una de las series.....	120
Figura 40. Repeticiones medias realizadas en cada una de las series.....	120
Figura 41. Análisis de regresión lineal.....	123
Figura 42 Análisis de correlación lineal entre la Velocidad percibida (Vel_{Escala}) y la Velocidad Real (Vel_{Real}) incluyendo las 6 intensidades analizadas del día 1.	126
Figura 43. Análisis de correlación lineal entre la Velocidad percibida (Vel_{Escala}) y la Velocidad Real (Vel_{Real}) incluyendo las 6 intensidades analizadas del día 2.	127
Figura 44. Velocidad Real y Velocidad Percibida en cada Porcentaje de la RM. * = Diferencias significativas ($\rho < 0.05$) en la Velocidad Real (Vel_{Real}) en todas las intensidades. ** = Diferencias significativas ($\rho < 0.05$) en la Velocidad Percibida (Vel_{Escala}) en todas las intensidades.....	128
Figura 45. Temporalización de la fase de familiarización y ajuste.....	151

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Media y desviación de la Carga, Velocidad media y valor medio de la escala OMNI-RES para cada una de las series de 20 a 90 kg.	121
Tabla 2. Valores de la correlación de Pearson para cada una de las Velocidades medias de cada carga.	122
Tabla 3. Correlación de Pearson entre la Velocidad media y los valores medios de la escala OMNI-RES.	122
Tabla 4. Ecuaciones predictoras de la Velocidad media en función de los valores obtenidos de la escala OMNI-RES.	123
Tabla 5. Media y desviación típica de la carga (kg), velocidad media real (Vel_{Real}) y velocidad percibida en la escala (Vel_{Escala}) en las seis intensidades analizadas en las dos ocasiones de evaluación.	125
Tabla 6. Análisis de correlación lineal entre la velocidad real (Vel_{Real}) y la velocidad percibida (Vel_{Escala}) en función de las 3 intensidades analizadas (30%, 50% y 70% de la 1RM).	126



RESUMEN

Resumen General de la Tesis Doctoral

Resumen

La monitorización y cuantificación de la intensidad en ejercicios con resistencias externas es una máxima en el alto rendimiento deportivo. Diferentes propuestas metodológicas y dispositivos se utilizan para su valoración. Las escalas subjetivas del esfuerzo tratan de abordar esta temática. Tradicionalmente, las escalas subjetivas del esfuerzo para monitorizar y cuantificar la intensidad en los ejercicios con resistencias externas son la escala de Borg y la escala OMNI-RES. Recientemente ha aparecido un concepto novedoso en cuanto a la percepción subjetiva. Este es el de la percepción subjetiva de la velocidad.

Los estudios aquí presentados tienen como hilo conductor la percepción subjetiva del esfuerzo, a través de las diferentes escalas (OMNI-RES y Escala de Percepción de la Velocidad). La Nueva Escala de Percepción de la Velocidad (NEPV) es una herramienta de valoración de la percepción subjetiva de la velocidad en ejercicios basados en resistencias externas. Esta escala se había validado previamente, pero no se había probado su eficacia durante el desarrollo de una sesión de trabajo. Por lo tanto, el objetivo principal del primer estudio fue comprobar la validez de dicha escala en una sesión de trabajo con el ejercicio del press de banca.

Posteriormente, en el Estudio II se analizó la relación entre la percepción subjetiva del esfuerzo (RPE) y la velocidad de ejecución en el ejercicio de la media sentadilla. Los resultados mostraron que a mayor valor de la RPE, menor fue la velocidad de ejecución. Este hecho permitió crear una fórmula de predicción de la velocidad usando un valor de la RPE. De este modo, se le proporciona una nueva funcionalidad a la escala OMNI-RES. Conociendo los valores de velocidad que provocan adaptaciones específicas en el ejercicio de la sentadilla, se puede asociar un rango de valores de la escala OMNI-RES para un trabajo concreto (p.e. máxima potencia, valores de 4-6).

Por último, se analizó la validez de la NEPV para monitorizar la intensidad del ejercicio de la sentadilla. Del mismo modo que ocurrió en la validación de la NEPV en el ejercicio del press de banca, la relación lineal positiva entre los

valores de la percepción subjetiva de la velocidad y los valores reales de velocidad permitieron concluir que la NEPV es una herramienta válida para monitorizar la intensidad en el ejercicio de la sentadilla.

Estas investigaciones confirman, por un lado, que la escala OMNI-RES, es una herramienta válida para cuantificar la intensidad en el entrenamiento de fuerza. Por otro lado, la utilización de NEPV es una herramienta útil y económica para poder monitorizar los entrenamientos del día a día. Estos tipos de escalas (OMNI-RES y NEPV) pueden ser realmente útiles cuando se trabaja con grupos numerosos y no se dispone de herramientas especializadas en la monitorización del entrenamiento.

Fuerza (418) Evaluación CR-10
Acelerómetro **Biomecánica** Validez
Potencia (312) Error Test-retest Power
Sesión **CINEMÁTICA** **RPE (94)** OMNI-RES
Pretemporada Encoder CFA Curva f-t
Latencia **Velocidad de ejecución (85)**
Borg Plataforma de fuerza **Electromiografía** 1 RM
Estandarización **Sentadilla (81)**
Multipower **Fiabilidad** Diferencias
significativas Intensidad Porcentaje
Repetición (75) DDL Manifestación
Adaptación Resistencias externas Curva

potencia **Series (60)** Remo **CONCÉNTRICO**
Evaluación Especificidad Objetivos **Press de**
banca (54) Outpower Capítulo
Pliometría Neuromuscular Cinética
NEPV (31) Test Metabólico Protocolo
Escala Isométrico **Percepción subjetiva**
del esfuerzo (21) Carga **Unidad Motora**
Peso libre Activación muscular
Percepción subjetiva de la
velocidad (15) T-Force **Test**
Mecánica **Curva f-v** Excéntrico



CAPÍTULO I
MARCO TEÓRICO

CAPITULO I: Marco Teórico

1. Aproximación teórica a los conceptos de fuerza, potencia y velocidad

El objetivo del presente capítulo es establecer el apoyo terminológico que servirá de punto de partida para clarificar los estudios y conceptos que se van a tratar en la presente tesis doctoral. Para introducirnos en el apasionante mundo del entrenamiento de la fuerza, es prioritario definir claramente los conceptos de fuerza y potencia, y su relación con la velocidad de ejecución, como variable criterio en el entrenamiento de las manifestaciones explosivas de la fuerza.

Concepto de fuerza

La fuerza es la función específica que desarrollan los músculos esqueléticos y por tanto, es una cualidad que está involucrada en cualquier movimiento (Knuttgen y Kraemer, 1987). Tiene una relevante importancia en el desarrollo de la aptitud física de un individuo, tanto a nivel deportivo como en los programas de salud. Definir el concepto de fuerza ha sido fruto de diversas interpretaciones en el ámbito de las ciencias del deporte. Así, es común observar multitud de definiciones y etiquetas terminológicas que muchas veces aportan confusión.

González-Badillo y Gorostiaga (1995) la definen como la capacidad de producir tensión que tiene el músculo al activarse. Otra aproximación la ofrecen, Kuznetsov (1984), Ehlenz (1990), Manno (1991), Harre y Hauptmann (1994), Zatsiorsky (1995), o Hartman y Tünnemann (1996) definiéndola como la capacidad de vencer u oponerse ante una resistencia externa mediante tensión muscular. Grosser y Muller (1989) ofrecen una definición que especifica lo anteriormente citado: capacidad del sistema neuromuscular de superar resistencias a través de la actividad muscular (trabajo concéntrico), de actuar en contra de las mismas (trabajo excéntrico) o bien de mantenerlas (trabajo isométrico).

Fuerza aplicada

González-Badillo y Gorostiaga (1995) hablan del concepto de fuerza aplicada, definiéndola como el resultado de la acción muscular sobre las resistencias externas como puede ser el peso corporal u otra resistencia. A partir de este concepto surgen otros de fuerza aplicados al rendimiento deportivo:

- Fuerza es la manifestación externa (fuerza aplicada) que se hace de la tensión interna generada en el músculo.
- Fuerza es la manifestación externa (fuerza aplicada) que se hace de la tensión interna generada en el músculo o grupo muscular a una **velocidad** de desplazamiento determinada.
- Fuerza es la manifestación externa (fuerza aplicada) que se hace de la tensión interna generada en el músculo o grupo muscular en un **tiempo** de desplazamiento determinado.

Estas asociaciones de fuerza, velocidad, tiempo y carga desplazada, nos aproxima hacia el análisis de componentes que son de vital importancia para comprender el significado de la propia fuerza, su entrenamiento y su evaluación, como son la curva fuerza- tiempo (C f-t), la curva fuerza-velocidad (C f-v) y la curva carga-potencia (C c-p).

Velocidad de ejecución

Asociada a la intensidad del entrenamiento de fuerza encontramos variables como el número de repeticiones, tiempo de descanso entre series y sesiones, orden de desarrollo dentro de la sesión y la velocidad de ejecución. En el deporte la velocidad de ejecución se relaciona con la velocidad del movimiento en competición. El carácter de la actividad muscular condiciona el método de entrenamiento y, en particular, su velocidad de ejecución. La velocidad del movimiento usada en el entrenamiento depende de los objetivos de éste, estando limitada por la sobrecarga del ejercicio y el patrón de movimiento realizado.

La fuerza y la velocidad mantienen una relación inversa en su manifestación. En otras palabras, cuanto mayor sea la velocidad con la que se realiza un gesto deportivo, menor será la fuerza que podamos aplicar y viceversa. Movimientos lentos con altas intensidades producen ganancias superiores de fuerza, potencia y velocidad de ejecución, comparados con movimientos lentos a intensidades bajas. Sin embargo, los ejercicios con altas velocidades son superiores a los realizados con baja velocidad para incrementar la rapidez y potencia de ejecución. Para una misma sobrecarga, una alta velocidad de ejecución necesita un mayor reclutamiento de unidades motoras, provocando mayores ganancias de fuerza (Newton, Kraemer, Häkkinen, Humphries, y Murphy, 1996). Los movimientos lentos pueden no ser tan efectivos en producir ganancias a nivel de masa muscular como moderadas o altas velocidades, debido a su baja activación nerviosa, y teniendo en cuenta que el nivel de hipertrofia depende del volumen, intensidad y carga total realizados en el entrenamiento. Por ello, el camino más eficaz para incrementar la fuerza, potencia y velocidad gestual es seguir una progresión lógica y combinar las velocidades de los ejercicios utilizados en el entrenamiento.

Potencia

La potencia es definida como el producto de la fuerza y la velocidad, es decir, es el resultado de la interacción de la fuerza con la velocidad. También se puede definir como la cantidad de trabajo producido por unidad de tiempo o el producto de la fuerza y la velocidad en cada instante de movimiento. Así, la mayor potencia se consigue cuando realizamos el movimiento con cargas y con velocidades intermedias, aunque, como veremos posteriormente, la generación de la máxima potencia depende de otros muchos factores. Es fundamental para optimizar el entrenamiento de la potencia entender la relación fuerza por velocidad y en qué cargas se produce.

La mejora de los niveles de fuerza, potencia y velocidad son factores de gran relevancia para optimizar el rendimiento en los deportes, sobre todo en aquellos donde se dan gestos explosivos, que requieren aplicación de altos

niveles de fuerza sobre resistencias muy ligeras (McBride, Triplett-McBride, Davie y Newton, 2002). Estos aspectos se deben considerar al seleccionar los ejercicios de acondicionamiento físico, donde todavía no está bien determinado en qué medida el control de la fuerza, velocidad y potencia influye en la eficiencia para mejorar las acciones propias del deporte (Baker y Nance, 1999). En los ejercicios realizados contra resistencias externas que actúan por medio de la gravedad (masa constante), aunque el sujeto siempre intente aplicar la máxima aceleración, a medida que aumenta el peso a vencer la velocidad disminuye con una relación lineal casi perfecta respecto al aumento del peso de la resistencia externa (Baker, 2001). Teniendo en cuenta que las adaptaciones producidas por los entrenamientos de fuerza son específicas, no sólo respecto al peso utilizado sino también a la velocidad y potencia producida. Al seleccionar los ejercicios de entrenamiento, debería considerarse la influencia que tienen éstos sobre el rendimiento específico, y cuáles son los niveles de fuerza, velocidad y potencia adecuados para mejorarlo. El nivel de los deportistas tanto desde el punto de vista físico como técnico, también influye en el rendimiento siendo otro aspecto a tener en cuenta en el entrenamiento de la fuerza y la potencia. Así, en sujetos de medio a bajo nivel, la mejora de los niveles de fuerza máxima en los ejercicios inespecíficos puede influir positivamente en el rendimiento específico, produciéndose rápidas adaptaciones. En cambio, cuanto más alto es el nivel de rendimiento la variable más importante a tener en cuenta es la potencia (Baker, 1998; Baker y Nance, 1999).

1.1. Vertientes del entrenamiento de la fuerza

Los principales beneficios del entrenamiento con resistencias son la mejora de la fuerza muscular y la resistencia, aunque también tiene asociados otros beneficios para la salud, como pueden ser el aumento de la densidad ósea, la reducción de la presión sanguínea, el incremento del tejido muscular y conectivo (CSA), la reducción de la grasa corporal y que puede aliviar el dolor de espalda (Kraemer, Ratamess, y French, 2002). La tecnología moderna ha reducido la necesidad de desarrollar niveles altos de producción de fuerza durante las actividades diarias. La comunidad científica y médica reconocen que la fuerza muscular es fundamental para la salud, la capacidad funcional y la calidad de vida (American College of Sports Medicine, 2002). El entrenamiento de la fuerza muscular tiene un importante papel para todas las disciplinas deportivas. Mientras que el entrenamiento de la fuerza en el deporte rendimiento está presente desde hace años, en el deporte orientado hacia la salud o la prevención no se ha valorado como se debiera el entrenamiento adecuado de la fuerza. Este hecho es más grave si se tiene en cuenta la creciente automatización y tecnificación de nuestra sociedad, ya que, ineludiblemente, conlleva un descenso de actividad física. Los efectos de esta reducción o falta de movimiento han llevado a un aumento del peso corporal medio de la población mundial, llegando a niveles de obesidad desconocidos hasta la fecha. Pero esta falta de movimiento también puede conllevar enfermedades cardiovasculares degenerativas, y problemas del sistema locomotor. Así, los problemas de espalda representan la causa de baja laboral más común en nuestra sociedad. En una sociedad cada vez más longeva, se debe ampliar los objetivos para el entrenamiento de la fuerza orientada hacia la salud y la forma física. Para un gran sector de deportistas, el entrenamiento deportivo supone una herramienta en el cuidado de su cuerpo desde el punto de vista estético, en el que la característica más decisiva es la masa muscular.

Son numerosos los estudios que muestran los beneficios que supone un entrenamiento de la fuerza muscular y la buena capacidad de entrenamiento en

personas mayores (Charette et al., 1991; Bassey et al., 1992). Igualmente ocurre con el entrenamiento de la fuerza en jóvenes (García Manso, Navarro, Ruíz, 1996; García Manso, Campos, Lizaur, Pablos, 2003; Malina, Bouchard, Bar-Or, 2004) en los que se muestra cómo chicos en edad prepuberal muestran ganancias de fuerza muscular a través de un entrenamiento apropiado, con un bajo riesgo de lesión (Fry et al., 1993).

Para Jiménez (2003) el entrenamiento de la fuerza muscular debe constituir necesariamente una parte importante de los programas de actividad física en el campo de la salud, especialmente si se tienen en cuenta las consecuencias que la ausencia de movimiento, derivada del modelo de vida sedentario imperante, produce en la reducción de la función muscular. Pollock, Franklin y Balady (2000), reconocían que, aunque está aceptado hace tiempo que el entrenamiento de fuerza es útil para desarrollar y mantener la fuerza muscular, la resistencia, la potencia y la masa muscular, su relación positiva con los factores de salud y con las enfermedades crónicas han sido reconocidas sólo recientemente. También en la línea de la salud, Smutok et al. (1993), llegan a poner de manifiesto que el entrenamiento de fuerza puede producir reducciones similares al entrenamiento aeróbico en los factores de riesgo de las enfermedades cardiovasculares. Durante mucho tiempo se ha promocionado al ejercicio aeróbico como el ideal para mantener la forma física y la salud, sin embargo en la actualidad el entrenamiento de la fuerza se reconoce como importante en las actividades cotidianas del ser humano, la salud y la calidad de vida. Entre las ventajas que nos ofrece el entrenamiento de la fuerza podemos encontrar la mejora de la postura, el aumento de gasto de calorías, la correcta disposición de órganos, la prevención de lesiones, la mejora de la apariencia física, la amortiguación en los cambios del envejecimiento y el favorecimiento del rendimiento deportivo.

Tous (1999), al hablar del entrenamiento de la fuerza, distingue entre entrenamiento cognitivo, entrenamiento funcional y entrenamiento estructural. Dentro del entrenamiento estructural sitúa la musculación deportiva y musculación estética. La primera busca el aumento de la masa muscular para que sea útil (hipertrofia sarcomérica o crecimiento de los componentes

contráctiles del músculo), acompañándose de un incremento de fuerza tan importante en el entrenamiento deportivo. La musculación estética busca el desarrollo a nivel hipertrófico (hipertrofia sarcoplásmica) de definición muscular, la simetría corporal y la máxima reducción de grasa corporal. Así, y a modo de resumen de este prefacio podemos concluir que los tres grandes campos de aplicación del entrenamiento de la fuerza son **la salud, la estética y el alto rendimiento**.

1.1.1. Concepto de fuerza

El concepto de fuerza se puede entender desde dos ámbitos: considerándolo como una magnitud física, o como un aspecto fundamental para la ejecución del movimiento deportivo.

En la literatura científica se pueden encontrar tantas definiciones como autores, lo cual provoca una gran controversia entre practicantes e investigadores (Enoka, 1988). De esta forma, lo primero que se va a describir es una diferenciación entre fuerza como magnitud física y fuerza como presupuesto para la ejecución de gestos deportivos. En la presente tesis doctoral, se va a tratar la fuerza desde su importancia para el movimiento deportivo, y por ello, cuando hablemos de fuerza desde el ámbito del entrenamiento, la denominaremos "**capacidad de fuerza**", siguiendo la línea terminológica de Harre y Hauptmann (1994).

La fuerza humana ha sido denominada de distintas maneras, aunque lo que se debe de considerar es su importancia, puesto que sin ella no podríamos realizar ningún ejercicio físico, ya que una de las características de los ejercicios físicos es su **intencionalidad**. Toda acción deportiva se basa en aplicación de las distintas manifestaciones de fuerza, en mayor o menor medida en función de las características propias de cada disciplina deportiva.

Harman (1993) la define como la habilidad de generar tensión bajo determinadas condiciones, definidas por la posición del cuerpo, el movimiento

en el que se aplica la fuerza, el tipo de activación muscular y la velocidad de movimiento.

El término **contracción** significa acortamiento y no todas las contracciones musculares son de acortamiento, sino de alargamiento/estiramiento o de estiramiento/acortamiento, sin olvidar las activaciones isométricas, aunque en éstas se produce acortamiento sin desplazamiento articular. Así pues, sería más adecuado y correcto utilizar el término **activación** (González – Badillo y Gorostiaga, 1995).

La capacidad de producir fuerza viene relacionada con otras capacidades condicionales como son la velocidad y/o la resistencia. Se debe analizar y entender la capacidad de generar fuerza siempre en relación con el gesto deportivo, y por ello, no es raro ver cómo un deportista con una gran fuerza máxima puede ser menos efectivo en un deporte en donde prevalezca la fuerza-resistencia. Por esto, la fuerza se debe de trabajar en función de las necesidades de la propia actividad deportiva.

Dentro del rendimiento deportivo, la fuerza está relacionada con la técnica en muchas actividades, pudiendo producirse fallos en la técnica como consecuencia de la falta de fuerza en algunos casos. Existen otros deportes en los que la potencia es factor fundamental de rendimiento, teniendo importancia la velocidad de ejecución técnica. En otras actividades deportivas tiene más importancia la resistencia de la fuerza ante cargas ligeras. Cuando tratamos de mejorar el rendimiento deportivo de un deportista, debemos de conocer bien sus características y las necesidades físicas del deporte para poder desarrollar las condiciones más idóneas para dicha actividad. Es aquí precisamente en donde radica la importancia de la fuerza en el entrenamiento.

La motricidad va a depender de la adaptación de nuestras fuerzas internas a las resistencias externas que hay que vencer, y en ese sentido se debe de dirigir el entrenamiento para poder alcanzar altos rendimientos deportivos. Esto nos lleva a analizar el resultado de la acción muscular externa en un gesto deportivo.

Es sabido que los deportistas de mayor peso son capaces de manejar cargas superiores a los más livianos, por lo que a la hora de competir, en algunos deportes, se igualan fuerzas basándose en el criterio del peso corporal de los deportistas. Este criterio debe estar presente a la hora de realizar comparaciones de la fuerza a nivel individual. Es conveniente normalizar los valores de fuerza alcanzados con el peso corporal para obtener valores en términos de **fuerza relativa** ($F \text{ relativa} = \text{fuerza} / \text{peso corporal}$) y así asegurarnos de que la comparación de los niveles de fuerza entre sujetos es correcta.

En la literatura se encuentran gran cantidad de definiciones de fuerza. Muchas de ellas difieren en pequeñas matizaciones pero a veces éstas son indispensables para la comprensión de su desarrollo y planificación del entrenamiento (Bompa, 1983; Kuznetsov, 1984; Knutgen y Kraemer, 1987; Ehlenz, 1990; Manno, 1991; Harman, 1993; González-Badillo y Gorostiaga, 1995; Zatsiorsky, 1995; Hartman y Tünnemann, 1996; Stiff y Verkhoshansky, 1996; Kroemer, 1999; Wilmore y Costill, 1999).

La definición que ofrecen Grosser y Müller (1989), refleja los diferentes tipos de activación muscular: “capacidad del sistema neuromuscular de superar resistencias a través de la actividad muscular (trabajo concéntrico), de actuar en contra de las mismas (trabajo excéntrico) o bien de mantenerlas (trabajo isométrico).

1.1.2. Manifestaciones de la fuerza

Siguiendo la definición de Grosser y Müller (1989), Tous (1999) establece las diferentes manifestaciones o vertientes de la fuerza distribuyéndolas en manifestaciones estáticas, activas y reactivas.

Por **manifestación estática** se entiende que no hay trabajo mecánico externo (Komi, 1979), aunque sí lo hay a nivel intramuscular. Se diferencian dos tipos: la fuerza estática máxima o fuerza isométrica máxima y la fuerza estática submáxima o fuerza isométrica submáxima. La primera hace referencia a la

que se produce cuando el sujeto realiza una contracción voluntaria máxima (MCV) contra una resistencia insalvable. La fuerza estática o isométrica submáxima es aquella que se produce cuando el sujeto realiza una contracción voluntaria submáxima contra una resistencia superable.

La **manifestación activa** es el efecto de la fuerza producida por un ciclo simple de trabajo muscular (acortamiento de la parte contráctil), que debe producirse desde una posición de inmovilidad total (sin contramovimientos). Dentro de esta situaríamos la fuerza máxima dinámica, la fuerza inicial, la fuerza de aceleración y la fuerza explosiva máxima. Por **fuerza máxima dinámica** se entiende aquella que aparece al mover, sin limitación de tiempo, la mayor carga posible, en un solo movimiento. La **fuerza inicial** (starting strength) es definida como la capacidad de manifestar la mayor fuerza posible al inicio de una acción muscular. Algunos autores se refieren a ella como la fuerza desarrollada durante los primeros 30-50 ms, es decir, durante la primera parte de la curva f-t (Gallozi, 1996). Por **fuerza de aceleración** (acceleration strength) se entiende la capacidad de los músculos para manifestar tensión lo más rápidamente posible una vez la acción muscular ha comenzado. Por último, la **fuerza explosiva máxima** se define como la capacidad de ejercer la mayor cantidad de fuerza posible en el mínimo tiempo posible, por lo que se manifiesta en acciones lo más rápidas posibles.

La **manifestación reactiva** es el efecto de la fuerza producido por un ciclo doble de trabajo muscular, es decir, el ciclo estiramiento acortamiento (CEA), tanto de CEA lento o fuerza elástico-explosiva (más de 250 ms) como de CEA rápido o fuerza reflejo-elástico-explosiva (entre 100 y 250 ms) (Schmidtbleicher, 1992).

Por último, la manifestación que permite hacer frente a estas necesidades competitivas resulta de una combinación adecuada de fuerza y de resistencia, que recibe diferentes denominaciones en función de los diferentes autores que la han tratado. González-Badillo y Gorostiaga (1995) afirman que la fuerza-resistencia no es una manifestación de la fuerza, sino que ocurre realmente en el músculo, aunque se podría utilizar este término para definir la relación entre niveles de fuerza máximos o submáximos y resistencia.

En la Figura 1 se representa un resumen de las manifestaciones de la fuerza adaptado de Tous (1999) y Verkhoshansky (1986).



Figura 1. Manifestaciones de la fuerza (tomado de Tous, 1999, pág 32)

González-Badillo y Gorostiaga (1995) nos indican que en la manifestación de fuerza existen dos relaciones de suma importancia. Por un lado, la relación entre la propia fuerza y el tiempo necesario para ello y, por otro lado, la relación entre las manifestaciones de fuerza y la velocidad de movimiento. Estas relaciones son claves para comprender el significado de la propia fuerza y de su entrenamiento. A la hora de medir y valorar la fuerza y sus manifestaciones en el campo deportivo, dos de las variables que se obtienen son el pico de fuerza conseguido y el tiempo necesario para alcanzarlo, o dicho de otra manera, el valor de la fuerza alcanzado y la relación entre esta fuerza y el tiempo necesario para conseguirla. Esta relación da lugar a lo que se conoce como curva fuerza-tiempo (C f-t) que se utiliza, sobretodo, para mediciones de fuerza estáticas. En mediciones de fuerza en acciones dinámicas, la C f-t tiene un equivalente en la curva fuerza-velocidad (C f-v).

En la Figura 2 se muestran las manifestaciones de fuerza en acciones estáticas y dinámicas concéntricas.

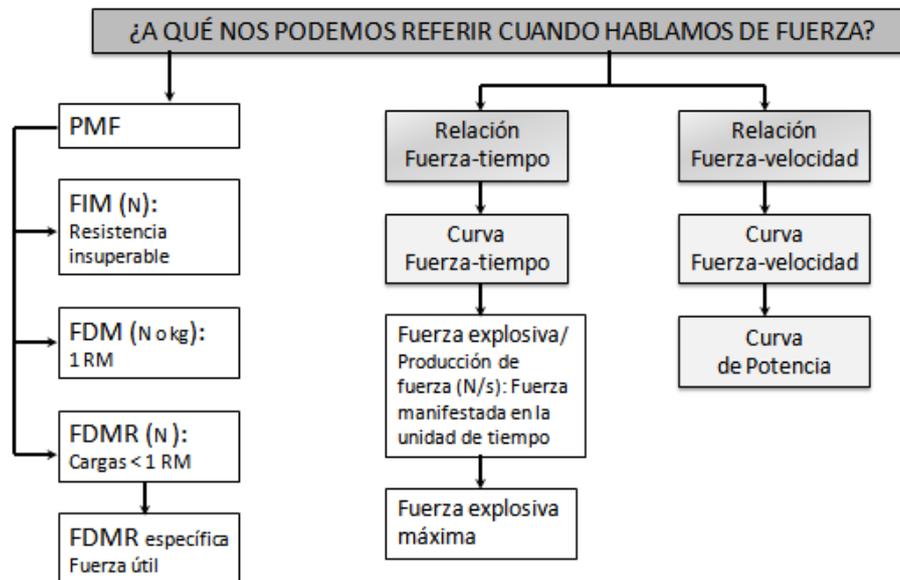


Figura 2. Manifestaciones de la fuerza (adaptado de González-Badillo y Ribas, 2002, pág. 17).

En esta misma figura también se puede diferenciar las manifestaciones y los componentes de la fuerza. El conocimiento de estos componentes es muy importante para optimizar la programación, dosificación y control del entrenamiento, así como para diferenciar las características de fuerza entre deportistas y diferentes actividades deportivas. Conocer la relación del pico máximo de fuerza (PMF) o la magnitud de la fuerza producida o el valor de la fuerza isométrica máxima (FIM) o fuerza estática máxima (se mide cuando no hay movimiento), la fuerza dinámica máxima (FDM), y de la fuerza dinámica máxima relativa (FDMR) con la C f-t, nos dará información sobre las características del deportista evaluado y de su estado de forma actual. Además, para adecuar el entrenamiento de fuerza de los deportistas en función de las necesidades de cada deporte, es necesario valorar la fuerza que aplica el deportista a la hora de realizar los gestos específicos de competición. Este

valor se denomina **fuerza útil** y la mejora de este valor debe ser el principal objetivo del entrenamiento. Además, es el que más relación guarda con el rendimiento deportivo (González-Badillo, y Gorostiaga, 1995). Esta fuerza se produce a una velocidad específica y en el tiempo específico del gesto de competición. Así que la relación entre la magnitud de la fuerza producida y la velocidad del movimiento es otro componente a tener en cuenta como intensidad del entrenamiento. Esta relación da lugar a lo que se conoce con el nombre de curva fuerza-velocidad (C f-v), que a su vez y dependiente de ésta nos lleva a la relación entre la magnitud de la fuerza por la velocidad y la carga desplazada, relación que se denomina curva de carga potencia (C c-p).

Estas curvas están determinadas por la constitución del deportista y por el entrenamiento. Su conocimiento y análisis permitirá a entrenadores y deportistas optimizar la programación del entrenamiento, establecer y comparar los diferentes niveles y manifestaciones de fuerza entre deportistas, prever y evaluar el efecto de las cargas de entrenamiento realizadas, y valorar la forma actual del deportista.

1.1.3. Adaptaciones provocadas por el entrenamiento de las diferentes manifestaciones de la fuerza

Los efectos del entrenamiento sobre la capacidad de generar fuerza ha sido uno de los principales temas de investigación en el deporte. La aplicación de distintos estímulos de carga y las adaptaciones provocadas a nivel neuronal, a nivel morfológico, a nivel mecánico y a nivel metabólico, permitirán orientar eficazmente los programas de entrenamiento.

La manifestación de fuerza depende principalmente de la tensión generada por el músculo, de la velocidad de la acción muscular y del tipo de activación (factores internos). Estos factores están interrelacionados entre sí, aunque no son los únicos a tener en cuenta, ya que existen otros factores (factores externos) como la especificidad de la carga, la especificidad del movimiento y

la especificidad de la velocidad que tienen un papel muy importante en la dirección y la optimización del entrenamiento de la fuerza.

Así, la utilización de cargas altas, ligeras, métodos pliométricos, ejercicios balísticos y/o movimientos olímpicos, pueden tener efectos positivos, en una dirección determinada, en función de la manifestación de fuerza a considerar. Cormie, McBride, y McCaulley (2007a) demostraron que el aumento de la fuerza máxima mediante el uso de cargas altas es fundamental para alcanzar cotas de máxima producción de potencia. Asimismo, para generar altos niveles de potencia durante movimientos rápidos y desplazando una resistencia baja, se recomienda el uso de movimientos balísticos o pliométricos.

Diferentes estudios han relatado que el aumento de fuerza está en relación al aumento de la sección transversal del músculo (CSA) y el aumento de la fibra muscular (Häkkinen, 1989; Harris, Stone, O'Bryant, Proulx, y Johnson, 2000; Campos et al., 2002; Häkkinen et al., 2003; Cormie, McBride, y McCaulley, 2009; Kraemer y Ratamess, 2004). Estos aumentos de fuerza se conocen como hipertrofia muscular. También es posible aumentar la fuerza sin hipertrofia a través del aumento de la sincronización y reclutamiento de unidades motoras (Campos et al, 2002), aumento de la frecuencia de disparo de las alpha-motoneurona a las fibras musculares (Enoka, 1995; Un et al., 2012; Serrau et al., 2012) y la sincronización inter-muscular (agonistas-sinergistas-antagonistas) (Gabriel, Kamen, y Frost, 2006; Cormie et al, 2009; Cormie, McGuigan, y Newton, 2011a).

Cometti (1998), describe los objetivos a conseguir en función de las diferentes adaptaciones del entrenamiento de la fuerza. Estos objetivos son:

- Adaptaciones morfológicas: mejorar la fuerza mediante hipertrofia y aumento de los sarcómeros en serie.
- Adaptaciones neuromusculares: conseguir un reclutamiento óptimo de las unidades motoras (UM), conseguir una máxima sincronización de las mismas, y conseguir una óptima coordinación intermuscular.

- Adaptaciones mecánicas (Ciclo Estiramiento Acortamiento): mejorar el máximo aprovechamiento del reflejo miotático, y mejorar el máximo aprovechamiento de la capacidad elástica.

Se debe tener en cuenta el orden en el que se producen las adaptaciones. Así en Ortiz (1999) citando a Fleck y Kraemer (1987) establece que la progresión de las adaptaciones de la fuerza es la siguiente:

- Reclutamiento de nuevas UM, que antes no eran capaces de activarse, es decir, se produce una adaptación coordinativa (no hay incremento en el tamaño del músculo) 1-2 semanas.
- Mejora de la producción de fuerza por una mayor sincronización de las UM, se activan simultáneamente más unidades motoras (reclutamiento temporal) y más tarde, se incrementa la fuerza por crear mayores frecuencias de activación, produciéndose una adaptación neuromuscular. 3-6 semanas.
- Mejora de la producción de fuerza por una adaptación por hipertrofia. 7-12 semanas.

Existen estudios que nos dicen que cuando se sobrepasan las 10-12 semanas con un entrenamiento de cargas altas, las adaptaciones dejan de ser positivas no alcanzando mayores niveles de fuerza, e incluso empeoran (Häkkinen, Alen, y Komi, 1985a). Igualmente ocurre a partir de las doce semanas con el trabajo de tipo explosivo. Así, en un estudio de Häkkinen et al. (1990) se evaluó el tiempo medio necesario para producir una fuerza submáxima de un nivel de 500 N en los extensores de la pierna. La muestra utilizada eran mujeres realizando un entrenamiento de fuerza de tipo explosivo. Los autores concluyeron que a partir de la octava semana no se manifestaron mejoras, incluso después de las doce semanas empezaba un empeoramiento de sus manifestaciones de la fuerza.

Para comprender qué adaptaciones son necesarias en la mejora de las distintas manifestaciones de la fuerza se debe tener en cuenta los componentes de PMF, y las curvas $f-t$, $C f-v$ y C carga-potencia, aunque en la práctica, para evaluar las mejoras de rendimiento, después de un programa de

entrenamiento de la fuerza y la potencia, se utiliza, principalmente, la C f-v. En la Figura 3 se muestra la C f-v y las diferentes adaptaciones que se pueden generar a lo largo de las diferentes partes de la misma.

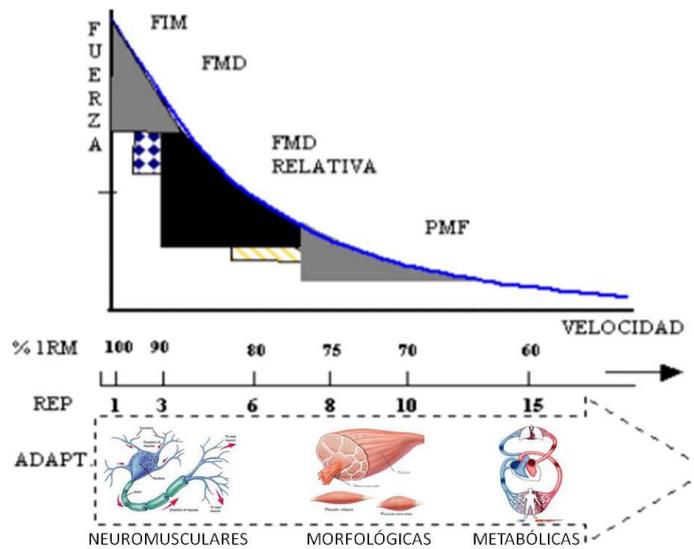


Figura 1. Adaptaciones neuromusculares, morfológicas y metabólicas en relación a la C f-v.

De esta forma, las cargas altas provocarán una mejora en la parte alta de la C f-v, mientras que las cargas ligeras movilizadas a alta velocidad y el trabajo de tipo pliométrico lo harán en la parte baja de la C f-v.

1.1.1.1. Curva de fuerza-tiempo

Toda manifestación de fuerza evoluciona en el tiempo de forma diferente, pero pasa por las mismas fases hasta llegar a su máxima expresión. La relación entre la fuerza manifestada y el tiempo necesario para ello se conocen como la curva fuerza-tiempo. Así pues, el porcentaje de fuerza máxima conseguida y el tiempo necesario para desarrollarlo, son dos puntos de referencia fundamentales a tener en cuenta en la planificación y control del entrenamiento de la fuerza.

En un mismo sujeto, el efecto del entrenamiento se manifiesta por modificaciones en las diferentes partes de la C f-t. Lo que se pretende con el entrenamiento será lo siguiente:

- Un aumento de la fuerza máxima aplicada ante la misma carga.
- Una reducción del tiempo necesario para aplicarla.
- El consiguiente acortamiento del tiempo de ejecución del trabajo.

Todos estos cambios tienen una repercusión directa en la mejora de los resultados deportivos.

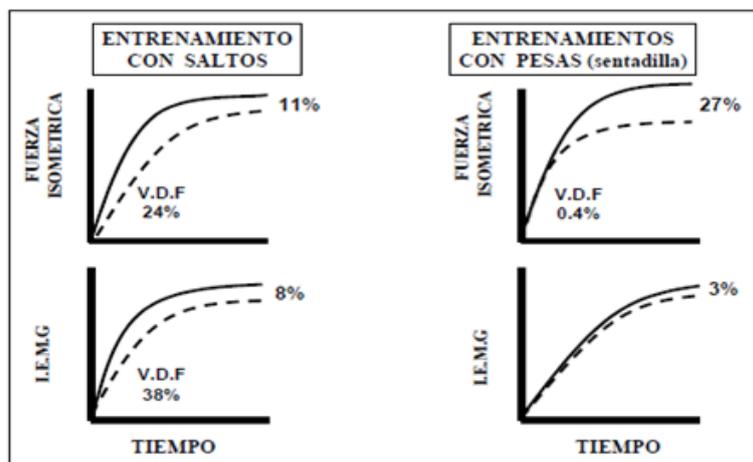


Figura 4. Adaptaciones en la C f-t tras un entrenamiento pliométrico, y un entrenamiento con resistencias externas en sentadilla (tomado de Cappa, D., 2000, pág 35)

La especificidad del entrenamiento se puede observar en la C f-t (Figura 4). Así, en uno de los trabajos más citados en la literatura (Häkkinen y Komi, 1986), tras aplicar dos tipos de entrenamiento diferente, uno con ejercicios pliométricos y otro con ejercicios de sobrecarga, se observó que la fuerza máxima isométrica mejoró un 11% con el entrenamiento pliométrico, lográndose un 24% antes. Mientras que el grupo que entrenó con sobrecarga mejoró la fuerza máxima isométrica un 27% pero tan solo se logró generarla un 0.4% antes en el tiempo.

1.1.3.2. Curva de fuerza-velocidad

La C f-v es la relación entre la magnitud de la fuerza producida y la velocidad del movimiento. La fuerza y la velocidad mantienen una relación inversa en su manifestación: cuanto mayor sea la velocidad con la que se realiza un gesto deportivo, menor será la fuerza que podamos aplicar. Si el entrenamiento es el adecuado y aumentamos nuestros niveles de fuerza, lo más probable será que podamos desplazar una resistencia de forma más rápida. La C f-v no tiene las mismas características en todos los deportistas y en todas las especialidades. Para un mismo sujeto, la C f-v se podrá modificar como consecuencia del tipo de entrenamiento que realice. El objetivo del entrenamiento del deportista será mejorar esta curva en su totalidad para ser capaz de conseguir cada vez más velocidad ante cualquier resistencia. Temporalmente y en función de nuestras necesidades y objetivos de entrenamiento, nos interesará trabajar las diferentes partes de la curva, tanto para buscar adecuadas transferencias y adaptaciones, como para respetar la variabilidad en el entrenamiento.

Numerosos son los estudios que relacionan el uso de cargas altas para la mejora de la fuerza y la potencia en el entrenamiento deportivo (Campos et al., 2002; Cormie et al., 2009; Harris et al., 2000; Harris, Cronin, Hopkins y Hansen, 2008; Baker, Nance y Moore, 2001). El entrenamiento en estos parámetros produce principalmente adaptaciones neuromusculares con base en cambios en el reclutamiento de unidades motoras, frecuencia de impulso y sincronización intermuscular.

Con el uso en el entrenamiento de cargas altas (Figura 5A), el objetivo principal será mejorar la porción de baja velocidad, es decir la zona alta de la C f-v, desplazandola hacia la derecha, consiguiendo así una mejora en la capacidad de entrenar con cargas altas de ese deportista, como así constatan numerosos autores (Häkkinen, 1994; Häkkinen y Komi, 1986; Stone, 1993; Stone, y O'Bryant, 1987).

El entrenamiento de fuerza con resistencias máximas o submáximas durante años produce adaptaciones a largo plazo que se traducen en una mayor coordinación inter-muscular (Moritani, 1993; Sale, 2003), una mayor rigidez músculo-tendinosa (Kubo, Morimoto, Komuro, Tsunoda, Kanehisa, y Fukunaga, 2007; Kyrolainen y Komi, 1994), un aumento de las unidades motrices de contracción rápida (Sale, 2003) y una hipertrofia selectiva en las fibras que componen las unidades motrices de contracción rápida (Goldspink, 1992; Häkkinen, Alen, y Komi, 1985b; Häkkinen, Komi, y Kauhanen, 1986).

Por otro lado, autores como Fleck y Kraemer (2004) o Kraemer y Ratameses (2004), indican que el estímulo proporcionado por el uso de cargas ligeras a través de ejercicios tradicionales de pesas es insuficiente para producir adaptaciones en la curva f-v. En esta línea, se recomienda el uso de movimientos balísticos y/o pliométricos, con poca a ninguna carga externa, para aquellos deportes de colaboración/oposición donde nos interese generar altos niveles de potencia durante movimientos rápidos y sin necesidad de desplazar una elevada resistencia.

El objetivo principal del uso de cargas ligeras (Figura 5B) en el entrenamiento, será mejorar la zona baja de la curva (zona de alta velocidad), desplazando la curva hacia arriba, consiguiendo así una mejora en la capacidad de entrenar con cargas ligeras de ese deportista.

El trabajo para la mejora de la zona intermedia de la curva (zona de máxima potencia) a través de cargas medias (Figura 5C), produce un efecto intermedio de fuerza y velocidad. El porcentaje de trabajo óptimo en función de la RM dependerá de la naturaleza del ejercicio (monoarticular y/o poliarticular), la experiencia previa que se tenga, además del lugar donde se realice (máquina Smith o peso libre). Kawamori y Haff (2004) afirman que la zona de máxima potencia varía entre un 10 y un 70% de la RM.

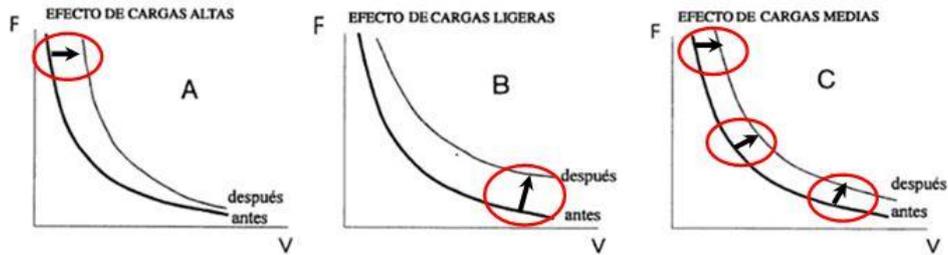


Figura 5. Efecto producido por diferentes tipos de cargas sobre la C f-v.

1.1.1.1. Curva de potencia

La relación entre la magnitud de la fuerza por la velocidad y la carga desplazada se denomina **curva de carga potencia (C c-p)**.

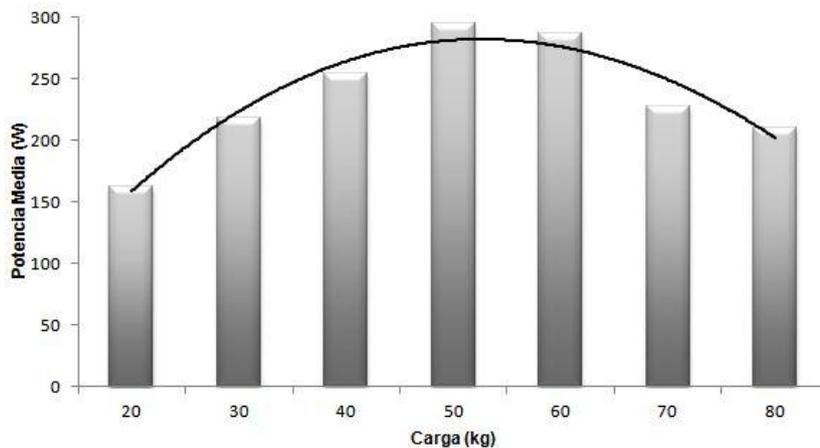


Figura 6. Curva de potencia. Relación de la Potencia Media con la carga desplazada en media sentadilla.

La Figura 6 muestra la relación entre la carga absoluta (eje X) y la potencia media (eje Y). Estos datos fueron obtenidos por medio de un dispositivo de

desplazamiento lineal (Estudio II de la presente Tesis Doctoral). También se puede expresar a través de un porcentaje relativo de la 1 RM y la potencia pico. El análisis detallado de la C c-p nos ofrece, por un lado, la cantidad de vatios (W) desplazados por el deportista (ya sea en términos absolutos o relativizado en función del peso corporal) mientras que, por otro lado, la carga o el porcentaje de carga con la que se obtiene la mejor relación entre la fuerza y la velocidad. Lo más importante desde el punto de vista del entrenamiento es el pico máximo de potencia, que define las características dinámicas (fuerza aplicada) durante el ejercicio.

Kawamori y Haff (2004) afirman que los factores neurales, la sincronización entre fibras, el reclutamiento de unidades motoras, la sección transversal del músculo y el tipo de fibra, son aspectos importantes en la producción de la máxima potencia.

1.2. Entrenamiento de la Velocidad

En los últimos años, una de las variables de las que más se está investigando es la velocidad de ejecución (Kaneko, Fuchimoto, Toji y Suei 1983; McBride et al., 2002; Kawamori y Newton, 2006; Sánchez-Medina, Pérez y González-Badillo, 2010; González-Badillo y Sánchez-Medina, 2010). Mover una carga dada a la mayor velocidad posible incrementa la intensidad del ejercicio (Fleck y Kraemer, 1987; Poliquín, 1990), y producirá una mayor potencia y un mayor índice de realización de trabajo (cargas submáximas y máximas). En este sentido, Kraemer y Fleck (2010) afirman que la velocidad de movimiento con una cierta resistencia depende de la producción de potencia. Si uno de los objetivos principales del programa de entrenamiento, p.e., es aumentar la capacidad máxima de salto vertical, el programa de entrenamiento debería incluir ejercicios específicos para la parte inferior del cuerpo que enfatizen la velocidad del movimiento y la producción de potencia, tales como la sentadilla con salto, la arrancada y los ejercicios pliométricos. Cuanto más próxima a la velocidad máxima es la ejecución del ejercicio, mayor es la intensidad y el efecto neuromuscular del entrenamiento. Los movimientos realizados a menor velocidad de la que es capaz de desarrollar un deportista, dan lugar a una disminución de la fuerza rápida (Tihany, 1989; Kraemer y Ratamess, 2004). Así pues, la velocidad de ejecución es una variable importante a la hora de incrementar la potencia y mejorar la capacidad para levantar cargas máximas. El entrenamiento con base en esta variable, determinará las adaptaciones específicas (p.e. neurales, estructurales, hormonales) que nuestro organismo producirá (Eloranta y Komi, 1980; Buitrago, Wirtz, Yue, Kleinöder, y Mester, 2012; Housh, Housh, Johnson, y Chu, 1992).

Por lo tanto, la velocidad de ejecución de los ejercicios incide en la intensidad del entrenamiento y determina la dirección de sus efectos. En el entrenamiento de la fuerza, se debe conocer y aplicar la intensidad adecuada, pero también es muy importante cuidar la forma en que se utiliza. A continuación se desglosarán una serie de conceptos en relación a la velocidad de ejecución en el entrenamiento con resistencias externas.

1.2.1. Conceptos y elementos asociados a la velocidad de ejecución

Los conceptos asociados al trabajo de velocidad de ejecución son los siguientes:

- **Fase propulsiva:** la porción de la fase concéntrica hasta que la fuerza es mayor o igual que cero. (Sánchez-Medina, Pérez y González-Badillo (2010). Hablando en términos de aceleración, la fase concéntrica se considera desde el inicio del movimiento hasta el momento en que la aceleración es menor que g (-9.81 m x s^{-2}).
- **Fase de frenado:** la porción de la fase concéntrica hasta que la velocidad es igual a 0.
- **Velocidad media:** la media de velocidad de todos los valores de una repetición (incluyendo fase propulsiva y fase de frenado).
- **Velocidad media de la fase propulsiva:** la media de velocidad de todos los valores hasta que la fuerza es igual a cero.
- **Velocidad pico:** es el valor máximo de velocidad durante la fase concéntrica de una repetición.
- **Tiempo en alcanzar la velocidad pico:** es el tiempo en milisegundos en llegar al punto de máxima velocidad.

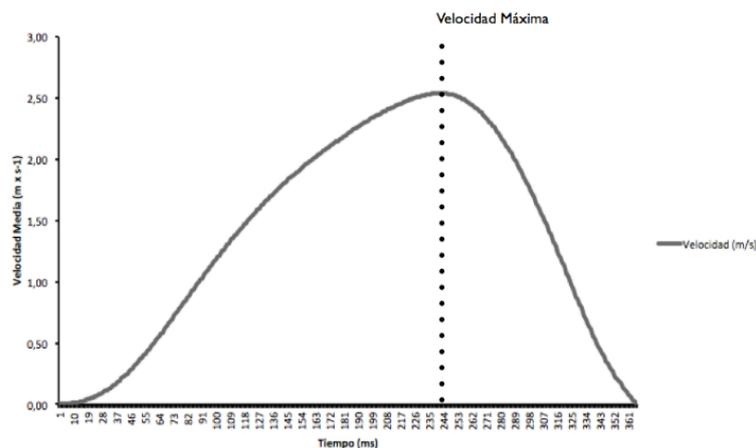


Figura 7. Curva velocidad – tiempo.

En las figuras 7 y 8, se representan cada uno de estos conceptos.

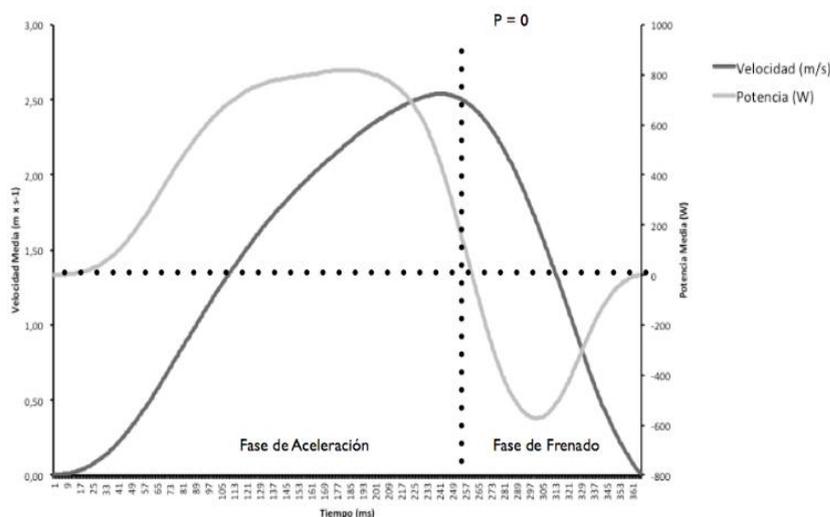


Figura 8. Curva velocidad media – tiempo y curva potencia media.

1.2.2. Comportamiento de la velocidad a lo largo del espectro de cargas

Cuando hacemos referencia al entrenamiento de fuerza con resistencias externas, la cualidad desarrollada dependerá del peso utilizado, de la velocidad de ejecución y del número de repeticiones totales y por serie que realicemos, así como de los descansos entre serie (Iglesias-Soler et al., 2010; Fleck, 1999). Cada repetición se hace con una velocidad y potencia determinada, que está en relación con la cualidad que queremos entrenar. Si se controla la potencia y la velocidad de ejecución, podremos monitorizar la intensidad óptima de trabajo, siempre que se haya ajustado correctamente la potencia. Si se toma como referencia únicamente la velocidad, un descenso de la carga permitirá mantener o superar dicha velocidad, pero no asegura que se haya aumentado la potencia. A una carga determinada sólo se le saca el máximo provecho cuando la velocidad de ejecución es máxima o próxima a ella (González-Badillo,

y Gorostiaga, 1995). El principio de la especificidad del entrenamiento se cumple especialmente con la velocidad de ejecución. La fuerza ganada de una forma no se transfiere fácilmente a otras formas de fuerza. Así, si se entrena a una velocidad se obtendrá ganancias a una velocidad similar, con descensos de los resultados cuando nos alejemos de ella.

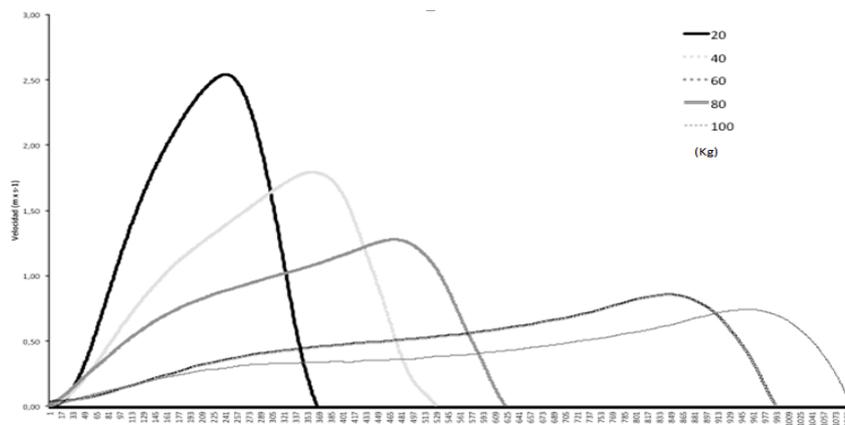


Figura 9. Comportamiento de la curva de velocidad-tiempo a lo largo del espectro de cargas.

La velocidad de ejecución variará en dos direcciones a lo largo de un espectro de cargas. La primera dirección será reduciendo la velocidad pico en función del aumento de la carga externa. Además, otra consecuencia del aumento de la magnitud de la carga externa será el aumento del tiempo de ejecución total de cada repetición. En la Figura 9 se representan estos cambios de la velocidad en función de un espectro de cargas en un sujeto representativo

La información más relevante que podemos obtener de este tipo de gráficas es el tiempo en alcanzar la velocidad máxima o velocidad pico. Como se puede apreciar en la Figura 9, el tiempo (medido en ms) en alcanzar la velocidad pico variará en función de la carga. Con cargas no superiores al 30% de la 1RM, la velocidad pico se obtiene con tiempos no superiores a 300-350 ms. En cambio, con cargas superiores al 80% de la 1RM, el pico de velocidad se obtendrá prácticamente al final de la repetición. Es importante resaltar que con cargas superiores al 80% de la 1RM ocurre un fenómeno denominado “sticking region”

o “sticking period” (Lander, Bates, Sawhill, y Hamill, 1985; Van den Tillar y Ettema, 2009). Este fenómeno se define como la primera pérdida de velocidad de la barra durante la fase ascendente. Diferentes autores (Lander et al., 1985; Madsen y McLaughlin., 1984; Van den Tillar y Ettema, 2010) asocian esta región a una falta de eficiencia mecánica, en donde si no se aplica la aceleración suficiente, es más probable que se produzca el fallo muscular (García y Requena, 2011).

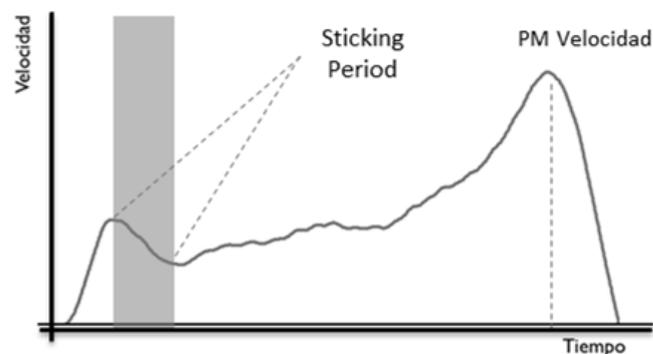


Figura 10. Representación del “Sticking Period” sobre de la Curva de Velocidad/Tiempo en una repetición máxima (adaptado de Gutiérrez, J., 2012).

En la Figura 10 se representa la Curva de Velocidad/Tiempo en una repetición máxima. Se puede apreciar en la zona marcada en gris que hay un descenso pronunciado de la velocidad (“Sticking Period”).

1.2.3. Importancia del control de la velocidad de ejecución en el entrenamiento de la fuerza

La velocidad de ejecución en el entrenamiento tiene un papel importante en el tipo de adaptaciones específicas (neurales, metabólicas y estructurales) que provoca sobre nuestro organismo. Si nuestra meta es aumentar la hipertrofia general muscular, los movimientos más eficaces son los lentos y controlados,

sin embargo, para aumentar la CSA de las fibras IIb y IIa, estará indicada la utilización de cargas máximas y submáximas a velocidades altas.

El entrenamiento de la fuerza, en el ámbito del alto rendimiento deportivo, tiene como fin el aumento útil de la masa muscular, a través de un crecimiento de los componentes contráctiles del músculo, también conocido como hipertrofia sarcomérica (Tous, 1999) o hipertrofia selectiva (Tihany, 1989; García Manso et al., 1996). La hipertrofia muscular provoca un aumento del número y de la talla de las miofibrillas, acompañado de un incremento de la cantidad de tejido conectivo (McDonagh y Davies, 1984). La hipertrofia sarcomérica aumenta el tamaño y el número de sarcómeros, además de las propias miofibrillas, incrementando el número de filamentos de actina y miosina. Al sintetizarse proteínas contráctiles y aumentar la densidad de los filamentos, este tipo de hipertrofia se acompaña de un incremento de la fuerza muscular, objetivo del entrenamiento deportivo. Este aumento de sarcómeros puede darse transversalmente o longitudinalmente. El aumento longitudinal o en serie aumenta la velocidad de contracción muscular (Edgerton, Roy, Gregor, y Rugg, 1986). La Figura 11 resume las posibles adaptaciones provocadas por el entrenamiento de la velocidad de ejecución.

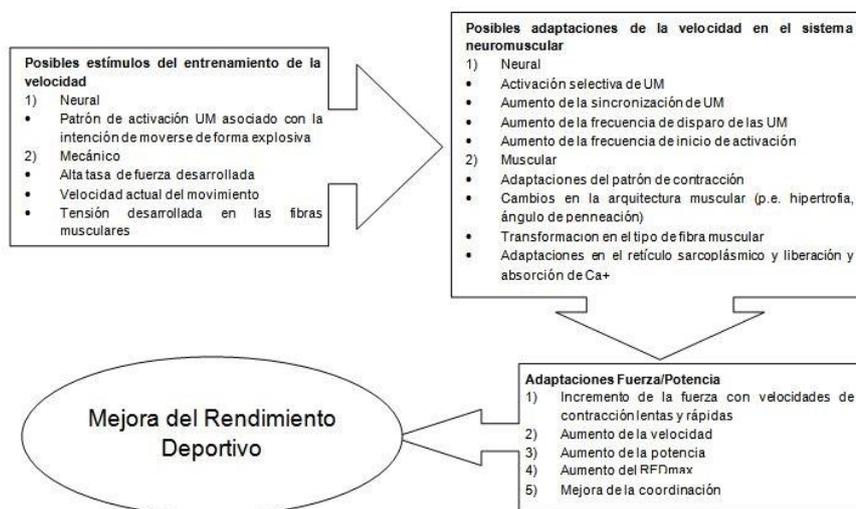


Figura 11. Proceso de entrenamiento con resistencias y adaptación neuromuscular. UM = Unidad Motora (adaptado de Kawamori y Newton, 2006, pág. 88).

Son numerosos los estudios que comparan las adaptaciones producidas por el entrenamiento con cargas altas, cargas ligeras y la combinación de ambas (Baker, 1996; Newton, y Kraemer, 1994; Stone, 1993; Harris et al. 2000; Harris et al., 2008). Estos autores sugieren que la combinación de estas cargas de entrenamiento favorece adaptaciones musculares y del sistema nervioso, con una transferencia en las habilidades relacionadas con la velocidad y la potencia.

En el estudio de Harris et al., (2000) se estableció un grupo de trabajo con altas cargas (80-85% 1 RM), otro grupo de alta potencia (aproximadamente sobre 30% pico fuerza isométrica) y otro grupo que combinaba ambos trabajos. Los autores concluyeron que la combinación de entrenamiento de cargas altas y movimientos a alto nivel de potencia provoca mejoras en las variables de entrenamiento de fuerza, potencia y velocidad.

El uso de cargas altas en el entrenamiento aumenta la máxima velocidad y la potencia del movimiento por dos mecanismos. Primero, las fibras II desempeñan un rol principal en los altos niveles de fuerza y el rendimiento de potencia asociado con la fuerza y potencia dinámica en actividades como el sprint, el salto y el levantamiento de pesas. Segundo, la velocidad de movimiento se puede mejorar si la intención del entrenamiento es producir altos porcentajes de desarrollo de fuerza muscular y realizarlo a la mayor velocidad posible (Behm, y Sale, 1993). La intención de movilizar a máxima velocidad cargas ligeras provoca cambios en la arquitectura muscular con tan solo cinco semanas de entrenamiento (Blazevich, Grill, Bronks, y Newton, 2003).

Fielding et al. (2002) realizaron un estudio en el que compararon dos grupos de entrenamiento diferente, ambos a intensidades del 70% de la 1 RM, pero un grupo enfatizando la intención de mover la carga a la máxima velocidad y el otro grupo a baja velocidad. Estos autores concluyeron que el grupo que trabajó con la intención de mover la carga a máxima velocidad incrementó significativamente la potencia muscular en comparación al grupo de baja velocidad de ejecución, aunque en ambos grupos los incrementos en la fuerza máxima fueron similares.

El entrenamiento con cargas ligeras (McBride et al., 2002) y, con una intención de contracción voluntaria máxima, provoca diferentes adaptaciones que el entrenamiento con cargas altas (Kaneko et al., 1983) también con la máxima intención de velocidad. Pero queda poco claro qué tipo de entrenamiento proporciona la mayor transferencia de adaptación a los deportes. Parte de esta cuestión puede vislumbrarse en un estudio de Duchateau y Hainaut (1986) en que concluyen que la velocidad de movimiento con cargas ligeras, es esencial para la mejora del RFDmax, mientras que las cargas altas son esenciales para mejorar la capacidad de máxima fuerza.

En este sentido una revisión de Kawamori y Newton (2006) intenta responder a la pregunta “¿Qué es más importante en la determinación de la velocidad de entrenamiento con resistencias externas: la especificidad de la velocidad o la intención de mover rápida/explosivamente la resistencia? Estos autores llegan a las siguientes conclusiones:

- a. Tanto la intención de mover explosivamente una carga y el movimiento a velocidad real son estímulos importantes y cruciales que provocan adaptaciones neuromusculares en los deportistas.
- b. Se recomienda la variabilidad de las cargas de entrenamiento y tratar de levantar una carga dada tan rápido como sea posible, a través de movimientos deportivos reales para maximizar la transferencia del efecto del entrenamiento.
- c. También se recomienda el entrenamiento a través de movimientos a velocidades máximas durante la fase de aceleración en todo el rango de movimiento y reducir al mínimo la fase de desaceleración.

1.3. Entrenamiento de la potencia

La potencia está definida y, al mismo tiempo, limitada por la relación de la fuerza y la velocidad, y afectada por la relación longitud-tensión muscular. La capacidad del sistema neuromuscular para generar la máxima potencia está influenciada por el tipo de acción muscular a realizar y, en particular, por el tiempo disponible para desarrollar la fuerza. Estos y otros **factores neuromusculares** están interrelacionados entre sí: almacenamiento y utilización de la energía elástica, interacción y potenciación de los elementos contráctiles y elásticos, así como los reflejos de estiramiento.

Además, la producción de la máxima potencia se ve influenciada por **factores morfológicos**, como el tipo de fibra, las características de la arquitectura muscular y las propiedades del tendón, así como de **factores neurales** entre los que se incluye el reclutamiento de unidades motoras, frecuencia de disparo, sincronización y coordinación intermuscular (Cormie et al., 2011a).

Los cambios agudos que se provocan en el músculo (p.e. alteraciones resultantes de la fatiga, cambios hormonales y cambios de temperatura del músculo) afectan a la capacidad para generar la máxima potencia.

El entrenamiento con resistencias externas ha demostrado que afecta a cada uno de estos factores de forma específica. Por lo tanto, entender las bases biológicas que producen la máxima potencia es esencial para que los programas de entrenamiento produzcan los aumentos y orientación deseada.

La potencia máxima indica el nivel más alto de potencia (trabajo/tiempo) logrado en una contracción muscular (Gollnick y Bayley, 1986). La potencia máxima representa la mayor potencia alcanzada durante un movimiento con el objetivo de realizarlo a la máxima velocidad. Esto abarca movimientos que se aplican a la mayoría de deportes tal como carreras de velocidad, saltos, cambios de dirección, lanzamientos y golpes.

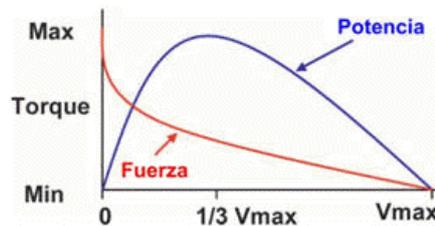


Figura 12. Relación fuerza-velocidad y fuerza-potencia en una activación muscular concéntrica

La capacidad de generar la máxima potencia muscular esta considerablemente influenciada por los niveles de fuerza del deportista y, por lo tanto, mejorar y mantener esos niveles de fuerza máxima es esencial para el desarrollo de la potencia.

El estudio de la especificidad del patrón de movimiento, la carga y la velocidad de ejecución es esencial en el diseño de programas de entrenamiento de la potencia. Los ejercicios balísticos, pliométricos y ejercicios tradicionales de movilización de resistencias externas, pueden ser efectivos dentro de un programa del entrenamiento de la potencia para llegar a incrementar esta variable de entrenamiento. Las cargas aplicadas a estos ejercicios dependerán de las necesidades específicas de cada deporte y el tipo de movimiento elegido. Así, el uso de ejercicios balísticos con cargas que van de 0 a 50% de la 1 RM y/o ejercicios de levantamiento de pesas tradicionales con cargas que van desde el 30 a 70% de la 1 RM, parecen ser la carga óptima para la mejora de la potencia máxima en movimientos multiarticulares (Cormie, McGuigan, y Newton, 2011b). Los ejercicios pliométricos deben implicar estiramiento previo (CEA), así como cargas similares al deporte específico del deportista, con poca o ninguna resistencia externa.

Es fundamental considerar el margen de mejora del deportista para cada factor neuromuscular, contribuyendo a la máxima producción de potencia con el entrenamiento adecuado.

La integración de las numerosas técnicas de entrenamiento para la mejora de la potencia es esencial, ya que permitirá la variabilidad y orientación de la potencia a lo largo de la temporada y sus ciclos de entrenamiento.

1.3.1. ¿A qué nos referimos cuando hablamos de potencia?

Recientemente, Knudson (2009) pone de manifiesto la gran proliferación de referencias en la literatura científica que hacen referencia al término de potencia. En los últimos años se ha pasado de 500 referencias en 1998 a más de 21.000 en el año 2008. Este aumento de referencias ha creado igualmente confusión a la hora de utilizar y definir el término potencia y sus manifestaciones.

La combinación de los datos cinéticos y cinemáticos, y el modelo biomecánico son necesarias para obtener mediciones precisas de potencia en los movimientos humanos (Cormie et al., 2007a; Cormie, McCaulley, Triplett, y McBride, 2007b).

Knudson (2009) recoge la falta de especificidad de muchos trabajos, errores en el cálculo de la potencia, falta de consistencia terminológica y metodológica. Argumenta que algunos artículos eluden el término de potencia, y que la estimación de la potencia a través de la altura del salto es inexacta, debido a la naturaleza impulsora del movimiento, variación debida a la técnica, las acciones musculares, el tamaño cuerpo y a la débil asociación entre las medidas de la altura y el verdadero flujo de potencia. Para evitar estos hechos recomienda que las investigaciones futuras, utilicen una terminología más correcta y usen los análisis estadísticos multivariados para determinar las asociaciones entre los efectos del entrenamiento y el rendimiento deportivo.

La potencia puede ser definida como la cantidad de trabajo producido por unidad de tiempo ($P (w) = W/t$) o la intensidad con la que la fuerza es ejercida. También es definida como la velocidad de ejecución de un trabajo, el producto de la fuerza y la velocidad en cada instante de movimiento. Es por ello que

existe una curva de potencia dependiente de la C f-v. Knudson (2009) la define como la tasa de trabajo mecánico realizado.

$$\Delta P \text{ (W)} = F \text{ (N)} \cdot \Delta v \text{ (m / s)}$$

Figura 13. Cálculo de la Potencia desde la mecánica.

Una de las definiciones más aceptadas en la literatura es la que ofrece Komi (1992), quien define la potencia como la capacidad que tiene el sistema neuromuscular para superar resistencias con la mayor velocidad de contracción posible.

Los conceptos relacionados con la potencia y que se describen con mayor asiduidad en la literatura, son los siguientes:

- **Potencia media:** promedio de la producción de potencia en una actividad, puede ser de la fase propulsiva o de todo el movimiento.
- **Potencia media hasta la velocidad máxima:** potencia media desde el inicio de la fase concéntrica hasta el instante en que se alcanzó la velocidad máxima (pico) en dicha fase.
- **Potencia máxima o pico:** valor máximo de potencia registrado durante la fase concéntrica.

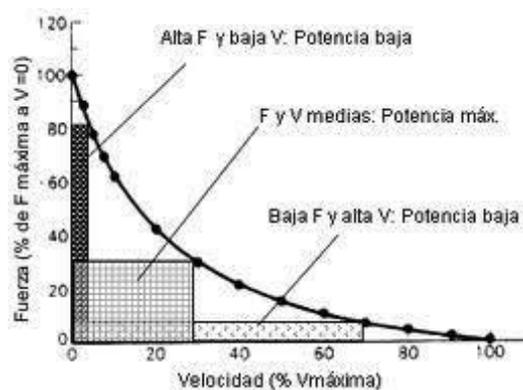


Figura 14. Relación fuerza y velocidad a lo largo de la C f-v, y su nivel de potencia.

La mayor potencia se consigue cuando realizamos el movimiento tanto con cargas como con velocidades intermedias. La relación óptima entre la fuerza y la velocidad de ejecución se conoce como el continuum de los ejercicios explosivos (Haff, Whitley, y Potteiger, 2001). La Figura 14 muestra la relación de la fuerza y la velocidad a lo largo de la Curva f-v, y los diferentes niveles de potencia.

Para optimizar el entrenamiento de potencia se debe entender la relación Fuerza x Velocidad y en qué cargas, de todo el espectro de intensidades, se produce. La investigación sobre la producción de potencia se ha centrado en la relación potencia media/carga y potencia pico/carga (Baker y Newton, 2006; Baker et al., 2001; Izquierdo et al., 2006; De Assis, Gonzçalves, Miarka, y Eranchini, 2012; Leontijevic, Pazin, Kukulji, Ugarkovic, y Jaric, 2012), llegando al consenso de que el porcentaje en donde se consigue la potencia media y pico en el ejercicio del press de banca se encuentra entre el 30 y el 70% de la 1 RM. Según Newton, Rogers, Volek, Häkinen y Kraermer (1997) los valores de potencia más altos se dan entre 30% y 45% de la RM.

Entender los factores dependientes del aumento y mejora de la fuerza, vistos anteriormente (factores internos), son claves para comprender cómo producir la máxima potencia.

1.3.2. Aspectos a tener en cuenta en el entrenamiento de la potencia

Son numerosos los aspectos que se deben tener en cuenta a la hora de entrenar la potencia. En este apartado vamos a referirnos únicamente a aquellos aspectos que tienen que ver con la estandarización de los cálculos de la potencia, y los factores que afectan al proceso de análisis y comparación entre diferentes estudios. Además se tratará la relación entre la potencia óptima y la RM, atendiendo a las diferentes investigaciones que hay al respecto, así como el control de la intensidad de la carga a través del carácter del esfuerzo.

Cálculo de la potencia

El cálculo de la potencia ha sido motivo de controversia existiendo diferentes fórmulas para estimarla de una forma indirecta. Para el cálculo de la potencia siempre será más interesante tener la evolución de las variables a lo largo del tiempo, antes que un valor o una estimación indirecta. Será más apropiado calcular la potencia de una forma más directa, p.e. a partir de registros continuos de fuerza (plataforma o una galga de fuerzas) y velocidad (p.e. a partir de las lecturas de un electrogoniómetro colocado en las articulaciones implicadas, de un dispositivo de desplazamiento lineal) (Aguado y González Montresinos, 1996). La realidad y sobre todo en los saltos, es que el cálculo de la potencia se suele realizar con estimaciones indirectas. La Figura 15 muestra dos fórmulas diferentes (estimación indirecta) para el cálculo de la potencia en un salto (A), y un test de saltos repetidos (B) (Assmussen y Bonde-Petersen, 1974).

$$\begin{array}{l}
 \mathbf{A} \\
 P (W) = \frac{m \text{ (kg)} \cdot g \text{ (m / s}^2\text{)} \cdot h \text{ (m)}}{t \text{ (s)}}
 \end{array}
 \quad
 \begin{array}{l}
 \mathbf{B} \\
 P (W / \text{kg}) = \frac{g^2 \text{ (m / s}^2\text{)} \cdot t_v \text{ (s)} \cdot t_t \text{ (s)}}{4n \cdot (t_t \text{ (s)} - t_v \text{ (s)})}
 \end{array}$$

Figura 15. Estimación indirecta de la potencia durante la fase de trabajo concéntrica (Aguado y González-Montresinos, 1996).

En la fórmula A, la estimación se hace a partir del tiempo de no contacto en el suelo, es decir, del tiempo de vuelo. Mientras que en la fórmula B, la estimación se realiza a través del tiempo total de la prueba (t_t), el tiempo de vuelo (t_v) y el número de saltos (n) en un test de saltos repetidos. En la Figura 15B se asume que el tiempo de trabajo concéntrico es la mitad del tiempo total de contacto con el suelo.

Bosco (1992), estimó la potencia del SJ y del CMJ a través de dos fórmulas que se detallan en la Figura 16. La crítica que se le hace es que esta estimación no está relacionando constructos puros (F-P, P-V, etc.) sino pruebas que se relacionan altamente con esos constructos (Knudson, 2009).

$P(w) = 61.2 \times \text{SJ (cm)} + 47.2 \times \text{peso (kg)} - 2223$	$R^2 = 0.89$	$\text{SEE} = 379.2$
$P(w) = 48.3 \times \text{CMJ (cm)} + 50.1 \times \text{peso (kg)} - 1980$	$R^2 = 0.74$	$\text{SEE} = 613.9$

Figura 16. Fórmulas para estimar la potencia en el SJ y el CMJ.

Según las aportaciones de Kraemer y Fleck (2010), se puede calcular la potencia media durante un salto vertical mediante una ecuación con constantes para la aceleración de la gravedad. Así, la potencia media durante un salto vertical se puede calcular mediante la fórmula que aparece en la Figura 17.

$\text{Potencia media (Kgm} \times \text{s}^{-1}) = 2.21 \times 100 \text{ kg} \times \sqrt{\text{salto vertical máximo en metros}}$
--

Figura 17. Cálculo de la potencia media para un salto vertical.

También existen otras ecuaciones para calcular el pico de potencia, como por ejemplo, en el trabajo de Johnson y Bahamonde (1996). En definitiva, en función de numerosos factores, se puede realizar un cálculo más o menos directo de la potencia en diferentes ejercicios.

Los cambios de la potencia media pueden ser provocados por un cambio del propio peso corporal o por un aumento o disminución en la capacidad de salto. Así, un incremento del peso corporal, si no existe ningún cambio en la capacidad de salto vertical, incrementará la potencia media. Una disminución

del peso corporal, si no existe ningún cambio en la capacidad de salto vertical, disminuirá la potencia media. Un incremento en la capacidad de salto vertical, si no existe ningún cambio en el peso corporal, producirá un incremento de la potencia media. Por esto el cómo se produce un incremento en la potencia media del salto vertical es interesante a la hora de considerar las adaptaciones que el programa de entrenamiento ha provocado.

Otro aspecto que se debe tener en cuenta a la hora de analizar los resultados de potencia y sus variables es el plano sobre el que se ejecuta el ejercicio. Así, los movimientos o flujos de movimiento que se dan en el plano horizontal, afectarán el cálculo correcto de la potencia.

Proceso de análisis y comparación de diferentes estudios

Las discrepancias encontradas en los resultados publicados se pueden atribuir a diferentes aspectos relacionados con los métodos y cálculos que se utilizan para determinar la producción de fuerza y sus diferentes variables (velocidad, potencia, aceleración). Así la inclusión (Cormie et al, 2007a) o exclusión (Baker et al., 2001) del peso corporal en los cálculos de potencia, utilización del valor medio o del pico de potencia para analizar la relación óptima entre carga y potencia, la obtención de los valores de carga óptima en términos de porcentaje de la 1 RM o en términos de porcentaje del peso corporal, son puntos a tener en cuenta a la hora de comparar datos entre diferentes investigaciones. Por ejemplo, Dugan, Doyle, Humphries, Hasson, y Newton (2004) consideran que el peso corporal debe ser incluido como resistencia externa en el ejercicio de sentadilla con salto, basándose en el hecho de que el cuerpo es también proyectado contra la gravedad en un plano vertical, perdiendo contacto con el suelo al final de la fase concéntrica del movimiento. La inclusión del peso corporal incrementa considerablemente el valor de potencia absoluta y, por otro lado, reduce la carga relativa a la cual se produce la potencia pico a valores del 0 – 20% de 1 RM (Cormie et al., 2007a; McBride et al., 2001), en lugar del 50-60% de 1 RM (Sleivert y Taingahue, 2004; Baker et al., 2001). Lo que parece estar claro es que a la hora de realizar cualquier

comparación, se debe ser cauto y extremar las precauciones a la hora de identificar si se ha incluido o no el peso corporal dentro del sistema. Es por esto, que cuando se realizan comparaciones de trabajos que versan sobre la potencia, hay que identificar de forma clara el método que han utilizado para el cálculo.

El método utilizado para calcular la fase de aceleración de la potencia también es un elemento que se debe tener en cuenta a la hora de comparar los resultados de diferentes estudios. Lake, Lauder y Smith (2012) muestran diferentes valores de potencia en función de si para el cálculo de la potencia se tiene en cuenta la velocidad del centro de masas de todo el sistema, o la velocidad de la barra.

Todas estas apreciaciones se deben tener en cuenta a la hora de la planificación y evaluación del entrenamiento de la fuerza, y en especial, de la potencia.

Relación Potencia óptima y RM

Como hemos citado en el apartado anterior la investigación sobre la potencia se ha centrado en la relación potencia media/carga y potencia pico/carga, llegando al consenso de que el porcentaje en donde se consigue la potencia media y pico en el ejercicio del press de banca se encuentra entre el 30 y el 70% de la 1 RM. (Baker y Newton, 2006; Baker, et al, 2001; Izquierdo et al., 2006; De Assis Ferreira et al, 2012; Leontijevic et al 2012). Otros estudios establecen la máxima potencia entre el 30-45% de 1 RM (Baker y Nance, 1999; Bembem, Rohrs, Bembem, Ware, 1991; Kaneko et al., 1983; Mayhew, Johns, Bembem, Bembem, 1992; Newton, Rogers, Volek, Häkkinen, Kraemer, 2006; Wilson, Newton, Murphy, Humphries, 1993).

Queda patente el gran espectro en los porcentajes de la 1 RM tanto en potencia media como en potencia pico se refiere. Ello nos lleva a la necesidad de la individualización de estos porcentajes para optimizar el entrenamiento. Harris et al. (2007) realizan una reflexión a tener en cuenta a la hora de trabajar con valores de potencia. Esta reflexión hace alusión a que muchos deportes

requieren la expresión de la potencia funcional a lo largo de un rango de carga de potencia, no de un valor en concreto, por lo que la elección de una carga única puede ser incorrecta. Estos autores apuntan que es necesaria más investigación al respecto.

Carácter del Esfuerzo

El Carácter del Esfuerzo (CE) se define como el grado real de exigencia en relación con las posibilidades actuales de entrenamiento (González-Badillo y Ribas, 2002). El objetivo que persigue este método es dosificar y controlar la carga de entrenamiento diaria. Surge como una alternativa al trabajo de RM, ya que, el entrenamiento a través de RM obliga a entrenar siempre con el máximo número de repeticiones, y tiene como consecuencia una reducción importante en la velocidad de ejecución ante cualquier carga, así como un posible riesgo de sobrecarga muscular. El CE calcula la intensidad de la carga según el grado de esfuerzo. En otras palabras, la intensidad viene expresada por el número de repeticiones realizadas (Rrd) y las realizables (Rrb) o programadas. La relación entre las Rrd y las Rrb tiene una correspondencia con el grado de estrés provocado y es medible por indicadores como el grado de metabolitos producidos (amonio y ácido láctico), y la pérdida de la velocidad de ejecución y de la potencia después de una serie. El control de la velocidad de ejecución es un punto interesante desde el punto de vista del entrenamiento de la potencia. Conocer la velocidad de cada porcentaje de la 1 RM, el número de repeticiones que se puede hacer en función de la velocidad de la primera repetición de una serie, y la relación entre el porcentaje de velocidad perdido y el número de repeticiones realizadas dentro de la serie, mejorará la precisión de la carga con este método. Si el CE no es máximo se trabajará la fuerza a una alta velocidad de ejecución así como la producción de fuerza ante cargas ligeras. Si el CE es máximo se trabajará la fuerza máxima a expensas de las adaptaciones funcionales si realizan de 1 a 3 repeticiones y a expensas de adaptaciones estructurales si se realizan de 8 a 10 repeticiones. En el supuesto de un esfuerzo supramáximo (aquel que no logra completar las repeticiones previstas) predominarán las adaptaciones estructurales no útiles (Tous y Moras, 1999).

La Figura 18 muestra las adaptaciones al programar una serie con una intensidad X RM según el CE sea no máximo, máximo y supramáximo.



Figura 18. Adaptaciones provocadas según el Carácter del Esfuerzo (tomado de Tous, 1999, pág. 154).

Investigaciones al respecto, concluyen que cuando se han realizado el 50% de las repeticiones realizables, la velocidad de la primera repetición ha disminuido un 20% para el press de banca y un 15% para la sentadilla (González – Badillo, y Gorostiaga, 1995). Las aplicaciones prácticas de la utilización del CE parten del conocimiento de la velocidad de la primera repetición de una serie, que permitirá según sus creadores:

- Determinar el porcentaje de la 1 RM real o CE que representa la carga desde la primera repetición.

- Conocer el número de repeticiones que se puede hacer dentro de la serie desde la primera repetición.
- Disponer de un criterio válido para determinar el CE.
- Ajustar la carga propuesta a la carga programada (carga real).

La crítica que realizan algunos autores a esta metodología de control de la intensidad del entrenamiento, es que si el fin es tener un mayor control de la intensidad del trabajo realizado, faltaría un control de la velocidad a la que se moviliza la carga de una manera objetiva, aunque queda justificado su rigor.

1.3.3. ¿Cómo se entrena la potencia? Elementos diferenciadores de los métodos de fuerza/potencia

El entrenamiento de la potencia y su transferencia a la competición, ha sido y es, fuente de interés y debate. A la hora de entrenar la potencia se deben tener en cuenta varios **principios** fundamentales dentro del programa para que éste asegure las adaptaciones deseadas. Así, se debería incluir principios como el de aumento progresivo de la carga, la especificidad, la adaptación, la progresión, individualización y mantenimiento.

Además de respetar los principios de entrenamiento se deben tener en cuenta las **variables agudas** del programa de entrenamiento. Estas variables son elementos que pueden cambiarse durante una sesión y/o a lo largo del programa de entrenamiento (macrociclo-mesociclo-microciclo). En la Figura 19 se representa un resumen de los elementos diferenciadores de un método de fuerza (Chirosa, 2003).

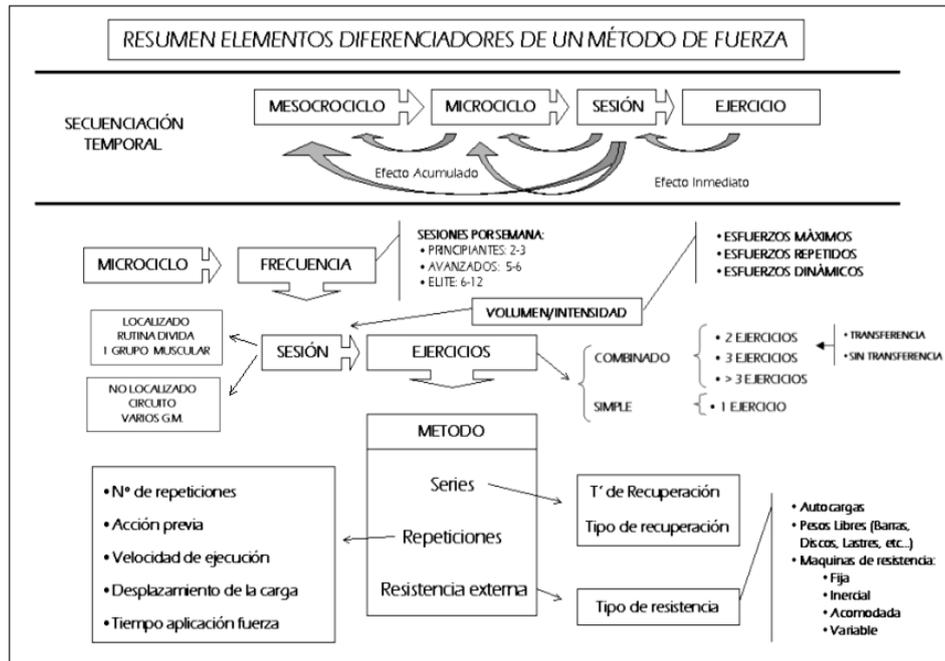


Figura 19. Resumen de los elementos diferenciadores de un método de fuerza (tomado de Chiroso, I., 2002).

Principio de Especificidad

Como ocurre en todos los programas de entrenamiento, el entrenamiento de la potencia tiene un alto grado de especificidad. Esta especificidad hace referencia al patrón de movimiento y a la producción de potencia necesaria para alcanzar los objetivos del entrenamiento. Así, las adaptaciones conseguidas a través de un programa para la mejora de los niveles de potencia, son específicas de los músculos ejercitados, del tipo de acción muscular, de la velocidad de movimiento, de la amplitud del movimiento y de la fuente de energía (ACSM, 2002; Kraemer y Ratamess, 2004). Las adaptaciones conseguidas con el entrenamiento están específicamente relacionadas con las exigencias de reclutamiento del tejido muscular provocado por la realización del movimiento con una resistencia específica (Kraemer y Fleck, 2010).

Aumento progresivo de la carga

El aumento progresivo de la carga (Delorme y Watkins, 1948) significa el incremento gradual del esfuerzo del ejercicio a lo largo de cualquier programa de entrenamiento físico. Tras crear adaptaciones por las demandas de un programa de entrenamiento específico, se debe reajustar algún elemento del programa para producir adaptaciones continuadas. Ploutz, Tessh, Biro, y Dudley (1994) nos dicen que una vez que se ha producido la hipertrofia muscular, se recluta menos masa muscular para el mismo ejercicio después de esta adaptación. Por lo que si se quiere reclutar el mismo porcentaje de masa muscular la carga empleada debe aumentar. En el entrenamiento de la potencia esto es fundamental para adquirir mayores niveles de fuerza.

Variables agudas del programa

Los objetivos del programa de entrenamiento de potencia son los que marcarán las decisiones que se tomen en cuanto a las variables de entrenamiento. Kraemer (1983) propone cinco variables del programa: elección de los ejercicios, orden de los ejercicios, número de series de un ejercicio, intensidad del entrenamiento y duración de los períodos de descanso entre series y ejercicios. Atendiendo a trabajos más recientes (ACSM, 2002; Bird, Tarpinning, y Marino, 2005) las variables agudas que se deben considerar en el programa de entrenamiento son: tipo de acción muscular, carga y volumen, elección de los ejercicios y orden de los ejercicios, períodos de descanso, velocidad de la repetición y frecuencia de entrenamiento. Otras variables susceptibles de tener en cuenta, a la hora del entrenamiento de la potencia, son la amplitud de movimiento y la fuente de energía requerida durante el movimiento. A continuación vamos a detallar cada una de estas variables y cómo afectan al entrenamiento de la potencia.

Tipo de Acción Muscular

La especificidad en la acción muscular es importante para la planificación de los programas de entrenamiento de la potencia y la fuerza. Muchos programas de entrenamiento incluyen repeticiones de tipo concéntrico y excéntrico, y activaciones de tipo isométrico con un fin estabilizador (ACSM, 2002). Muchos de los cambios producidos a nivel morfológico son provocados por la utilización de activaciones concéntricas y excéntrica en los programas de entrenamiento (Coliander y Tesch, 1990; O'Hagan, Sale, y MacDougall, 1995). La recomendación para el entrenamiento de la potencia es que se combinen estos dos tipos de acción muscular, enfatizando mayormente sobre las activaciones concéntricas (Bird et al., 2005).

Amplitud de Movimiento

La mayoría de los ejercicios de entrenamiento con resistencia se realizan con la mayor amplitud de movimiento que nos permite el propio gesto deportivo y los ángulos de las articulaciones. El trabajar de esta forma provoca un incremento de fuerza y potencia a lo largo de todo el movimiento. El objetivo del entrenamiento de la potencia para un ejercicio tanto mono como multiarticular será aumentar la fuerza y la potencia en toda la amplitud de movimiento (Fleck y Kraemer, 2004).

Fuente de Energía

El entrenamiento con cargas externas se considera un ejercicio anaeróbico. Existen dos fuentes anaeróbicas de energía: las acumulaciones intramusculares de fosfatos (ATP y fosfocreatina) y el metabolismo anaeróbico de los carbohidratos (glucosa o glucógeno). El ATP y fosfocreatina (PCr) es la fuente de energía que proporciona mayor cantidad de energía por segundo, pero su almacenaje en el músculo es limitado y por eso algunas fibras musculares agotan en cuestión de varios segundos esta fuente de energía. Estos fosfógenos de gran energía son la fuente energética de la máxima

expresión de fuerza y potencia (Wilmore y Costill, 2004). Estas consideraciones energéticas se deben tener en cuenta a la hora de la duración del tiempo de trabajo en el entrenamiento de la potencia y el tiempo necesario para recuperar los niveles de ATP y PCr, y se deben interrelacionar con el nivel de potencia al que deseamos orientar el entrenamiento, la velocidad de ejecución, la carga, el período de recuperación entre serie y repeticiones, etc.

Carga y Volumen de entrenamiento

Las modificaciones en la carga y volumen del entrenamiento se ha demostrado que afectan a las respuestas y adaptaciones hormonales, neurales y de hipertrofia. El orientarlas hacia una manifestación u otra de fuerza estará en función de los objetivos a desarrollar en cada fase o período de entrenamiento.

Cuando hablamos de carga nos referimos al peso de la resistencia externa que se moviliza en cada serie y algunos autores indican que se debe considerar como la variable más importante a la hora de diseñar los programas de entrenamiento (Baechle, Earle y Wathen, 2000).

Inicialmente, los entrenadores y los profesionales han debatido la posibilidad de utilizar varias cargas para el desarrollo de la potencia. La interpretación de los resultados de los trabajos científicos al respecto, ha dado lugar a dos escuelas de pensamiento. Una que era de origen occidental y defendía el uso de cargas más ligeras (<50% 1RM) para mejorar la potencia y el rendimiento deportivo. La otra representada por los entrenadores del bloque del Este propusieron cargas más pesadas (50-70% de 1RM) (Cronin y Sleivert, 2005).

Como se ha comentado en apartados anteriores, la correcta interpretación de la Curva f-v es clave para entender las diferentes cargas a las que se debe trabajar para orientar el trabajo de los diferentes niveles de potencia a los que nos interesa trabajar (niveles bajos o máximos).

Por volumen se entiende la cantidad total de trabajo realizado dentro de una sesión de entrenamiento (Rhea, Alvar, Burkett, y Ball, 2003) y se calcula como: las repeticiones totales (series × repeticiones); o el volumen de carga (series ×

repeticiones × resistencia). Campos et al. (2002) investigaron qué adaptaciones se produjeron en respuesta a tres tipos de entrenamiento con diferente número de repeticiones (bajas 3 a 5, medias 9 a 11, y altas 20 a 28 repeticiones) en los ejercicios de prensa, sentadilla y extensión de rodilla sentado. Los resultados de su estudio mostraron que todos los grupos de entrenamiento transformaron de forma similar el tipo de fibra (i.e. IIB a IIA), y que los grupos de pocas e intermedias repeticiones aumentaron el CSA, hecho que no ocurrió en el grupo de entrenamiento con alto número de repeticiones. También el valor de la 1 RM aumentó en todos los grupos, siendo este aumento superior en el grupo de entrenamiento de bajas repeticiones. Igualmente concluye que aquellos individuos que se entrenaron con cargas altas mejoran más su fuerza máxima, mientras que aquellos que se entrenaron con cargas ligeras mejoraron más usando su 60% de 1 RM.

Bird et al. (2005) recomiendan un número mínimo de series de tres y máximo de cinco para el entrenamiento de la potencia. Wolfe, LeMura y Cole (2004) no encuentran diferencias en cuanto al número de series para obtener incrementos de fuerza para hombres y mujeres.

Tipo de ejercicio

La elección de los recursos materiales y ejercicios en la planificación del entrenamiento de la fuerza y la potencia, es un aspecto crucial. A lo largo de los años, para el entrenamiento de la potencia, se han utilizado ejercicios tradicionales con resistencias externas, ejercicios balísticos, pliométricos y los ejercicios de movimientos olímpicos.

La principal crítica que se le atribuye a los **ejercicios tradicionales** con resistencias externas es el tiempo de desaceleración durante la fase de frenado (al final del movimiento). Así, Elliot, Wilson y Kerr (1989) encontraron que la fase de frenado correspondía al 23% del movimiento total en el ejercicio de press banca.

En los **ejercicios balísticos** la fase de aceleración se realiza durante todo el rango de movimiento (ROM) (Frost, Cronin, y Newton, 2008), lo que permite

producir mayores niveles de fuerza, potencia y velocidad. Un estudio de Newton et al. (2006) concluye que un programa de entrenamiento con base en ejercicios balísticos no incrementó sustancialmente los niveles de rendimiento, pero permitió un mantenimiento de las capacidades explosivo-balísticas durante el período de competición.

La diferencia entre los ejercicios balísticos y los **ejercicios pliométricos** radica en la naturaleza de la carga. Mientras los ejercicios balísticos se ejecutan con cargas externas máximas o submáximas, las cargas en los ejercicios pliométricos se realizan sin carga externa o como mucho con un 30-40% de la 1 RM. Así, Khelifa et al. (2010) encontraron, en un grupo de jugadores de baloncesto, que el entrenamiento pliométrico con cargas del 10% peso corporal produce una mejora más alta en el salto vertical y el salto horizontal que el entrenamiento pliométrico sin carga. En cuanto al tiempo de aplicación de estos programas con ejercicios pliométricos una investigación reciente de Roopchand-Martin y Lue-Chin (2010) concluye que, tras tres semanas de entrenamiento pliométrico, provocó una mejora significativa en la capacidad de salto en jugadores de netball. Aunque este tiempo de entrenamiento es relativamente menor que el de la mayoría de investigaciones que tienen un período de intervención entre 6 y 21 semanas (Ahtiainen, Pakarinen, Alen, Kraemer, y Häkkinen, 2003). En cuanto a la periodicidad de entrenamiento de este tipo de ejercicios, Sáez-Sáez, González-Badillo e Izquierdo (2008) concluyen que una frecuencia de dos sesiones por semana produce similares adaptaciones que utilizando una frecuencia de cuatro sesiones por semana.

Los requerimientos de alta fuerza-velocidad en los **movimientos olímpicos** hacen de estos ejercicios los ideales para mejorar aspectos relacionados con la potencia (Cormie et al., 2011b). Así, las grandes aceleraciones producidas durante la realización de estos ejercicios provocan una mejora de la potencia a lo largo de un amplio espectro de cargas. Kawamori et al. (2005) concluyeron que con cargas submáximas (70% de la 1 RM) se producen mayores ganancias de potencia en comparación con cargas cercanas a la 1 RM.

Otras particularidades que podemos asociar al tipo de ejercicio realizado para optimizar los niveles de potencia, es el tipo de instrumento de entrenamiento,

(máquina Smith, peso libre, mancuernas, bandas elásticas, cadenas), la variabilidad del ejercicio utilizado para el trabajo de un mismo grupo/s muscular/es, y la elección de ejercicios mono o multiarticulares. Así los ejercicios multiarticulares son considerados como los más eficaces para incrementar la fuerza y la potencia de todo el cuerpo (Fleck y Kraemer, 2004). Estos ejercicios muestran las mayores respuestas metabólicas (Ballor, Becque, y Katch, 1987) y la mayor respuesta aguda de algunas hormonas (Kraemer y Ratamess, 2003). Realizar ejercicios diferentes para el mismo grupo muscular cambiará su patrón de reclutamiento (Barnett, Kippers, y Turner, 1995; Escamilla et al., 2001). Este cambio de patrón significará que se enfatizan diferentes porciones del músculo durante el ejercicio.

Orden de los ejercicios

El orden de los ejercicios se refiere a la secuencia de estos durante una sesión de entrenamiento. Tradicionalmente, se han realizado los ejercicios de grupos musculares grandes o multiarticulares, antes que los de grupo musculares pequeños o monoarticulares (Hass, Feigenbaum y Franklin, 2001). La argumentación de este orden se debe a que el estímulo de entrenamiento que se presenta en los músculos en estos ejercicios multiarticulares es mayor, consecuencia de una respuesta neuronal, metabólica, hormonal y circulatoria más alta, que puede intensificar el entrenamiento de los músculos o los ejercicios a posteriori dentro de la sesión de entrenamiento (Kraemer, Fleck y Deschenes, 1988). Un estudio de Sforzo y Touey (1996) mostró que, cuando los ejercicios monoarticulares para los mismos grupos musculares implicados en el press de banca y la sentadilla se realizaban antes de éstos, se producía una disminución del rendimiento del 75 y el 22%, respectivamente. El orden de los ejercicios otorga la posibilidad de utilizar cargas mayores para el número de repeticiones deseado. Minimizar la fatiga en el entrenamiento de potencia constituye un factor importante. Así, en un estudio de Spreuwenberg et al. (2006), demostró que el orden de los ejercicios puede facilitar mayores niveles de potencia. Cuando el ejercicio de la sentadilla se colocaba el primero en una rutina se podían realizar un gran número de repeticiones con el 85% de la 1

RM, mientras que, cuando se realizaba al final de la rutina, las repeticiones realizadas eran menores.

Duración de los períodos de descanso

La duración de los períodos de descanso entre series y ejercicios depende de los objetivos perseguidos por el entrenamiento, de la carga levantada y del nivel de entrenamiento individual. Además, influye en las respuestas hormonales, metabólicas y cardiorespiratorias (ACSM, 2002; Kraemer y Ratamess, 2004). Otro factor importantísimo, es que la duración del descanso afecta a la fatiga que se produce a medida que se realiza el entrenamiento. La realización de series sucesivas depende en gran parte de la recuperación de las fuentes de energía anaeróbica (ATP y PCr) y, ésta, tarda aproximadamente entre tres y cinco minutos en reconstruirse o recuperarse por completo (Kraemer et al., 2002). Así, para el entrenamiento de la potencia muscular Bird et al. (2005) prescriben un tiempo de recuperación entre series de entre 5 y 8 minutos. Este es uno de los factores claves del entrenamiento de la fuerza, y a su vez, uno de los más olvidados. Una estudio reciente de Iglesias-Soler et al. (2013) muestra cómo aunque el entrenamiento de fuerza planificado tenga el mismo volumen y el mismo descanso total pueden tener orientaciones totalmente diferentes si los descansos entre las series y repeticiones se distribuyen de diferente manera.

Frecuencia de entrenamiento

La frecuencia de entrenamiento es el número de sesiones semanales de entrenamiento en las cuales se trabaja o se insiste sobre un grupo muscular concreto. La frecuencia óptima de entrenamiento depende de factores como el volumen, la intensidad, la selección de los ejercicios, el nivel de preparación física y la capacidad que tiene un grupo muscular para recuperarse (Kraemer et al., 1988). Kraemer y Fleck (2010) hacen referencia a que los levantadores de pesos olímpicos (potencia) suelen entrenarse entre cuatro y seis días por semana. Estos parámetros son similares a los recogidos en Bird et al. (2005). Para frecuencias de entrenamiento sobre otras manifestaciones de fuerza

recomendamos la revisión de Rhea et al. (2003) y la de Bird et al. (2005), citadas anteriormente.

Velocidad de ejecución

Este apartado se ha tratado ampliamente en el punto 1.2. de la presente Tesis Doctoral. Solamente recalcar la distinción entre la velocidad de ejecución y la intención de realizar el movimiento a la mayor velocidad posible, lo que conlleva diferentes adaptaciones. A modo de resumen, para el entrenamiento de la potencia y conseguir sus mayores cotas, la velocidad del movimiento ha de tener un carácter explosivo.

Como conclusión de este apartado se muestra, en la Figura 20, un resumen sobre las recomendaciones en las variables agudas de un programa de entrenamiento para el desarrollo de la potencia.



Figura 20. Recomendaciones a tener en cuenta en las variables del entrenamiento de la potencia.

1.4. Evaluación y control de la Potencia/Fuerza

En la actualidad y gracias al desarrollo electrónico industrial, el material a disposición de los profesionales para el control y evaluación de la fuerza y la potencia abarca un gran abanico de posibilidades. Existen muchas investigaciones sobre la potencia en ejercicios con resistencias externas (Baker et al., 2001; Bourque y Sleivert, 2003; Esliger y Sleivert, 2003; Haff et al., 1997; Izquierdo et al., 1999, 2001, 2002; Kawamori et al., 2005; McBride, Triplett-McBride, Davie, y Newton, 1999.; Siegel et al., 2002; Sleivert y Taingahue., 2004; Stone et al., 2003; Winchester, Erickson, Blaak, y McBride, 2005). Estas investigaciones han intentado determinar con qué carga (normalmente se describe como un porcentaje de 1RM) se maximiza la potencia. Por ejemplo, la carga que provoca la mayor potencia en la sentadilla con salto varía desde el 0% de 1RM (McBride et al., 1999) a aproximadamente 60% de los 1RM (Baker et al., 2001; Esliger y Sleivert, 2003; Sleivert y Taingahue, 2004). Estas grandes disparidades en la carga óptima de potencia, han dado lugar a la ambigüedad que rodea a la relación potencia/carga. Es difícil extraer conclusiones de la literatura en lo relativo al trabajo de potencia. Aunque la heterogeneidad de las poblaciones utilizadas en los diferentes estudios puede ser parcialmente responsable de las discrepancias observadas en la literatura. La metodología utilizada para la determinación de la potencia también se ha sugerido que es un factor que contribuye a esta ambigüedad (Dugan et al., 2004).

Verkhoshansky (1996) nos dice que “para valorar adecuadamente el rendimiento de la fuerza, sería necesario aplicar una metodología que permita estimar, no solo los niveles de fuerza máxima a partir del valor de 1RM, sino también de la capacidad de aplicar fuerza, velocidad y potencia con pesos submáximos, de modo que nos permitiría conocer la forma en que cada persona aplica fuerza al movilizar todo tipo de resistencias, desde las muy ligeras hasta las muy pesadas, ya que estas capacidades, pueden responder a características neuromusculares muy diferentes”.

A lo largo de la literatura, diversos aparatos han sido utilizados para recoger y analizar los datos sobre de potencia. Una de las principales ventajas que nos proporcionan estos dispositivos para el control del entrenamiento, es el feedback a tiempo real que proporcionan a entrenadores y deportistas. En el estudio de Randell, Cronin, Keogh, Gill, y Pedersen, (2011) se compararon los resultados en diferentes test (salto horizontal; salto vertical; 10, 0 y 30 metros de sprint) de dos grupos de jugadores de rugby profesionales. A uno de los grupos, se les proporcionó la velocidad pico durante cada repetición, en el ejercicio de la sentadilla, de las 6 semanas que duró el periodo de intervención. En cambio, al otro grupo, ningún tipo de feedback fue dado. Los resultados obtenidos mostraron diferencias significativas en el salto horizontal y los 30 metros de sprint en el grupo que se le proporcionó el feedback de la velocidad. Dichos autores concluyeron que el uso de la tecnología para monitorizar y proporcionar feedback a los deportista ayuda en el proceso de conseguir los objetivos del entrenamiento.

Medir variables de fuerza, potencia, velocidad y aceleración, a tiempo real, es posible gracias a dispositivos de desplazamiento lineal (DDL o LPT), acelerómetros, plataformas de fuerza (PF), plataformas de saltos, electromiógrafos, etc.

La gran proliferación de estas herramientas de control ha dado lugar a su utilización en gran cantidad de investigaciones en donde se miden variables de fuerza. Este hecho, por un lado, amplía el conocimiento y el saber científico, pero al existir gran variedad entre las características técnicas de estos aparatos que miden las mismas variables, hace que sea prácticamente imposible la comparación de los resultados entre dispositivos (Gómez-Piriz, Sánchez, Manrique, y González, 2012).

Uno de los estudios más completos al respecto es el de Cormie et al. (2007a). Estos autores realizan una comparación de diferentes técnicas de evaluación de la potencia en miembro inferior. Las técnicas utilizadas fueron el uso de 1 LPT (linear position transducer), 1 LPT + MASS (relativiza con el peso del sujeto), 1 LPT + FP (force platform), 1 FP, 2 LPT y 2 LPT + FP. En éste estudio se indica que los métodos que dependen solamente de los datos

cinemáticos o cinéticos, tienen limitaciones cuando se utilizan para la determinación de potencia durante los ejercicios de sentadilla con salto, sentadilla y arrancada. Tanto 1-LPT y 2-LPT son técnicas que sobreestiman la potencia debido al incremento de fuerza derivado de la doble diferenciación de desplazamiento de la barra (movimiento en el plano vertical y horizontal) (Hori, Newton, Nosaka, y McGuigan, 2005). El método de 1-LPT + MASS rechaza los procedimientos biomecánicos estándar mediante la determinación de la fuerza sin tener en cuenta la aceleración producida a través de un movimiento (Dugan et al., 2004). Además, la precisión del método de PF está restringida por la incapacidad de monitorizar con precisión la velocidad del movimiento (Hori et al., 2005). El uso de estas metodologías ha solucionado la falta de información de la relación carga-potencia, conduciendo a la identificación de la carga óptima en aproximadamente el 60% de 1RM en el Squat Jump (Baker et al., 2001; Esliger y Sleivert, 2003; Sleivert y Taingahue, 2004). La carga óptima, tal como se determina por la combinación de cinemática y datos cinéticos, es 0% de 1RM en el jump squat, de 56% de 1RM en sentadilla, y el 80% de 1RM en la arrancada para atletas de fuerza y potencia.

1.4.1. El Control de las fuentes de Error

Es de vital importancia para avanzar hacia la normalización de los datos la recolección y análisis de los procedimientos involucrados en la potencia mecánica a fin de obtener una más clara comprensión de la relación carga-potencia. Antes de abordar los factores que afectan a los elementos propios de la evaluación, se va a realizar una aproximación terminológica sobre los conceptos de validez y fiabilidad para entender más claramente estos factores. La Figura 21 muestra los diferentes aspectos a tener en cuenta en el análisis y control de las fuentes de error (CFE).



Figura 21. Aspectos diferenciadores en el Control de las Fuentes de Error (CFE).

Validez y Fiabilidad

El término validez hace referencia a la habilidad de una herramienta de medición para medir lo que está diseñado para medir (p.e, un metro mide distancia) (Atkinson, y Nevill, 1998). El término fiabilidad se refiere a la reproductibilidad de los valores de un test u otras medidas repetidas en diferentes series de un mismo sujeto. Una mayor fiabilidad implica una mejor precisión en una única medida y un mejor control de los cambios en cualquier investigación que se contextualice en un período de tiempo concreto.

La medida más importante de fiabilidad que los investigadores y entrenadores deben tener presente es la **variación intrasujeto**, puesto que ésta afecta a los resultados de la evaluación (Hopkins, 2000). Los factores más comunes de estas variaciones son debido a factores biológicos y factores relacionados con

el equipamiento utilizado en las evaluaciones. Para disminuir la variación de los factores biológicos (por ejemplo, la diferencia de un día respecto a otro en la valoración de la 1 RM, potencia media) se realiza en las valoraciones un test – retest con el objeto de aumentar la fiabilidad de los datos obtenidos. En cuanto a los factores relacionados con el equipamiento de evaluación, estos pueden afectar a la medida de la fiabilidad intrasujeto, denominado también **error sistemático**. Además de este error, tenemos que tener en cuenta el error de aleatorización, que hace referencia a la variación biológica o la heterogeneidad en el protocolo de evaluación. La suma de los errores sistemáticos y los errores de aleatorización se conoce como **error total** (Atkinson y Nevill, 1998).

A la hora del cálculo de la fiabilidad, la literatura recoge diferentes pruebas estadísticas para tal efecto: el error estándar de la medida (desviación estándar de la fiabilidad intrasujeto) (Bland y Altman, 1986; Hopkins, 2000), el índice de correlación intraclass (ICC) (Weir, 2005) y la correlación de Pearson. Aunque cabe resaltar que son muchas las pruebas estadísticas que se conocen al respecto, pero aun así y con todo no existe un criterio fijo para analizar la fiabilidad. En función de qué autor o qué corriente se escoja, se debaten diferentes pruebas estadísticas.

Son numerosos los artículos existentes en la literatura científica que no describen con el detalle suficiente, cuáles han sido las condiciones de evaluación. Es por esto que se considera necesario establecer las bases para evaluar siempre bajo las mismas condiciones. Las propias diferencias (físicas y biológicas) entre los seres humanos es un factor que introduce variabilidad en la medida. Esto hace necesaria una cierta estandarización de la evaluación para poder comparar los resultados hallados entre estudios y permitir la transferencia plena del conocimiento. Aspectos tan elementales y al mismo tiempo de índole diversa, como las condiciones de evaluación, estandarización del gesto técnico a evaluar, las diferencias técnicas entre el instrumental de evaluación, diferencias entre el material utilizado, posición de inicio-final, diferencias en la superficie de apoyo, protocolo de evaluación, heterogeneidad de los sujetos, posición de los segmentos, plano de ejecución, velocidad de desplazamiento, rango de movimiento, magnitud de la carga, entre otros,

pueden tener un efecto contaminante en la medida, si estos factores no han sido descritos en el método.

1.4.1.1. Dispositivos

Debemos tener cuidado a la hora de comparar datos de diferentes dispositivos utilizados en las evaluaciones. Las diferencias técnicas en cuanto a fabricación y programación de este **instrumental de evaluación** se refiere, hace que sea prácticamente imposible la comparación de resultados entre dispositivos (Gómez-Piriz et al., 2012). Es importante conocer las características técnicas de los aparatos de evaluación. La cantidad de datos que nos proporcionan estos instrumentos por segundo se conoce como **frecuencia de muestreo**. Así, en el caso de los DDL, ésta es una de las características más importantes a tener en cuenta a la hora de adquirir uno de estos dispositivos. Harris, Cronin, Taylor, Boris y Sheppard (2010) recomiendan que las frecuencias de muestreo sean superiores a 500 Hz. Hoy en día, la gran mayoría de los dispositivos que existen en el mercado tienen una frecuencia de muestreo de 1000 Hz, es decir, nos proporcionan un dato cada milisegundo.

Uno de los aspectos que los investigadores han analizado sobre las características del instrumental de medida es la validez y la fiabilidad de los diferentes dispositivos de evaluación. A continuación se describen los principales dispositivos utilizados para la evaluación de la fuerza, velocidad y potencia. Además de describir su funcionamiento se citan investigaciones en las que se han utilizado, así como otras en las que se ha analizado su validez y fiabilidad.

Los DDL

Un método comúnmente citado es el cálculo de la potencia a través de un **dispositivo de desplazamiento lineal** (Alemany et al., 2005; Baker et al.,

2001; Bourque y Sleivert, 2003; Cronin y Henderson, 2004; Esliger y Sleivert, 2003; Falvo et al., 2005; Izquierdo et al., 1999; Rahmani, Viale, Dalleau, y Lacour, 2001; Siegel, Gilders, Staron, y Hagerman, 2002; Thomas, Fiatores, y Fielding, 1996; Weiss et al., 2005). Este tipo de dispositivos nos proporciona información en cuanto al desplazamiento de la barra en un movimiento lineal. A raíz de estos cálculos y utilizando derivadas del desplazamiento, es posible el cálculo de la velocidad, fuerza y potencia.

Newton et al. (2009) encontraron altos coeficientes de correlación intraclassa (ICC) al realizar la validación de los datos de velocidad y espacio de un DDL junto a una filmación con una cámara de alta velocidad en el salto con contramovimiento. También Jennings, Viljoen, Durandt, y Lambert (2005), analizaron la fiabilidad de un DDL (FitroDyne) para la evaluación de la potencia muscular en los ejercicios de sentadilla y el curl de bíceps, obteniendo un ICC superior a 0.97 en ambos ejercicios. Por su parte, Bosquet, Porta-Benche, y Jérôme (2010) analizaron la validez de un DDL comercial (MuscleLab) para estimar la 1RM en función de la relación fuerza-velocidad. Los autores concluyeron que la 1RM estimada en función de la fuerza-velocidad es una buena medida para monitorizar los cambios producidos por el entrenamiento, pero no es del todo preciso a la hora de prescribir intensidades de entrenamiento. Además, hacen mención a que más investigaciones son necesarias para determinar la precisión de este dispositivo con personas de diferente sexo, edad y estado de entrenamiento.



Figura 22. Dispositivo de Desplazamiento Lineal

Las Plataformas de Fuerza

El uso de una **plataforma de fuerza** para calcular la potencia vertical de las fuerzas de reacción del suelo es otro método común utilizado en la investigación de potencia. La particularidad de este dispositivo es que nos permite conocer la fuerza antes de que se inicie la fase de movimiento. (Delecluse, Roelants, Diels, Koninckx, y Verschueren; 2005; French et al., 2004; Haff et al., 1997; Iossifidou, Baltzopoulos, y Giakas, 2005; McBride et al., 1999, 2002; Sands et al., 2005). Esta modalidad se basa en la relación impulso-momento para determinar la velocidad y permite calcular la potencia a través de una aproximación dinámica. Sin embargo, la metodología de la plataforma de fuerza ha sido, por lo general, utilizada para comparar el rendimiento entre los diversos tipos de saltos con el propio peso corporal o para supervisar el rendimiento de los saltos verticales después de un entrenamiento con diferentes cargas y diferentes niveles de potencia.



Figura 23. Plataforma de fuerza.

Acelerómetros

La acelerometría es una técnica frecuentemente utilizada en ingeniería mecánica y Biomecánica capaz de, por medio de una herramienta de registro denominada acelerómetro, traducir la aceleración/deceleración de un sistema en una señal eléctrica. Estos instrumentos son capaces de registrar información relativa a una sola dirección, dos o incluso tres (acelerómetro triaxial). La variable criterio de estos aparatos es la aceleración/deceleración en el tiempo. Aunque esta variable pertenece a la cinemática, los resultados de la acelerometría se asocian al análisis de impactos o a la reducción de fuerzas, obteniéndose parámetros más cercanos a la cinética. El punto de encuentro de estas dos ciencias es la relación del movimiento y la fuerza mediante la segunda ley de Newton ($F = m \times a$). La principal aplicación de esta metodología es en el estudio de la transmisión de las fuerzas de impacto que se producen durante la marcha, la carrera, los saltos y otros movimientos a lo largo del sistema musculoesquelético. La utilización de los acelerómetros en el campo deportivo tiene objetivos diversos, y uno de ellos, es la evaluación de la velocidad y aceleración en los gestos deportivos (Izquierdo, 2008)

Sato, Smith y Sands (2009) analizaron la validez de un acelerómetro comparando los resultados obtenidos por el acelerómetro y un vídeo grabando a una frecuencia de muestreo de 100 Hz, obteniendo unos valores de correlación muy altos (rango $r = 0.94 - 0.99$). Requena, Requena, García, Saez-Saez de Villarreal, y Pääsuke (2012) analizaron la validez y fiabilidad de un acelerómetro (KeimoveTM) para medir el salto vertical. Como variable criterio utilizaron un DDL sincronizado junto a una plataforma y una cámara de alta velocidad. El ICC y el coeficiente de variación entre las diferentes series realizadas mostraron valores entre 0.92-0.97 y 2.1-7.4, respectivamente. Los autores concluyeron que el acelerómetro utilizado proporciona datos válidos y fiables de la altura de vuelo y velocidad de despegue para evaluar el rendimiento en el ejercicio del salto con contramovimiento.

En la Figura 24 se muestra un acelerómetro deportivo de una marca comercial conocida. La reducción de su tamaño hace posible que sea un instrumento de fácil uso sin que interfiera en la práctica deportiva, lo que hace de este elemento una herramienta sencilla y eficaz para la evaluación de las variables de rendimiento deportivo tales como altura de vuelo, velocidad y aceleración, entre otras.



Figura 24. Acelerómetro deportivo.

Electromiografía (EMG)

Otro método que nos permite obtener datos sobre variables de fuerza, velocidad y potencia es la **electromiografía**, que consiste en el registro de los potenciales de acción generados por la activación de las masas musculares al ser excitadas por las terminaciones nerviosas, las cuales pueden ser amplificadas, monitorizadas y grabadas. Para obtener dichos registros, en el campo deportivo suelen utilizarse electrodos no invasivos o de superficie. Las señales eléctricas se envían al ordenador por medio de radio frecuencias generadas por el nivel de activación del músculo. El análisis de la respuesta eléctrica de una contracción muscular nos permite estudiar también diferentes aspectos relacionados con la fuerza-velocidad, como es el caso de: latencia del

EMG (LEMG), latencia del dinamograma (Ldin); tiempo de transducción electromecánica (Tte); fuerza del primer pico (FPP); tiempo del primer pico (Tpp); fuerza máxima (FM); tiempo de fuerza máxima (Tfm); tiempo de relajación del EMG (TrEMG); latencia del dinamograma (LrDin); tiempo de relajación del dinamograma (Tr); fuerza de relajación (Fr). Y a partir de estos parámetros se determinan los siguientes coeficientes:

- Coeficiente de explosividad = $F_{pp} / (T_{pp} + T_{fe}) \times P$
- Grado de fuerza máxima = $F_m / T_{fm} \times P$
- Coeficiente de relajación = F_r / T_r



Figura 25. Sistema de electromiografía de superficie para la valoración de la actividad muscular.

Combinaciones de dispositivos

La combinación de dispositivos a la hora de evaluar los niveles de potencia es un recurso que se está dando con mayor asiduidad en los últimos años. El uso de dos o más dispositivos busca subsanar la falta de control sobre algunas variables importantes a la hora de la valoración de la potencia, atendiendo a los posibles errores metodológicos que se han ido describiendo en la literatura. Así, investigaciones recientes han comparado la fuerza y variables de potencia utilizando un LPT y una plataforma de fuerza (**LPT + FP**) (Chiu, Schilling, Fry, y

Weiss, 2004; Cronin y Henderson, 2004; Hori et al., 2005; Rahmani et al., 2001). Hori et al. (2005) encontraron diferencias significativas en el pico de fuerza, velocidad y potencia durante el ejercicio de arrancada, al comparar el uso de un único LPT, con los cálculos derivados de una plataforma de fuerza. En contraste, algunas comparaciones entre LPT y las plataformas de fuerza no encontraron diferencias durante el JS (Chiu et al., 2004) y saltos con el propio peso corporal (Cronin y Henderson, 2004), así como en la media sentadilla durante la fase concéntrica (Rahmani et al., 2001) cuando los datos se obtuvieron por los dos métodos. Sin embargo, las metodologías que se basan únicamente en cualquiera de los datos cinemáticos (1-LPT) o cinéticos (FP) todavía no se han comparado con una metodología basándose tanto en las variables cinéticas y cinemáticas, es decir, utilizando al mismo tiempo, un LPT y una plataforma de fuerza (1-LPT + FP). Esta técnica ha sido utilizada con frecuencia en la investigación que examina la potencia a través de diversas intensidades en el squat jump (Lyttle, Wilson, y Ostrowski, 1996.; McBride et al., 1999; ; Wilson et al., 1993) y press de banca (Lyttle et al., 1996; Newton et al., 1996). Con base en los datos de este estudio, existen diferencias en la potencia durante un jump squat, tanto en 30 y 90% de 1RM cuando se comparan cálculos de 1-LPT frente a un 1-LPT + FP. Estos recientes hallazgos se oponen a anteriores estudios de validación que comparaban la potencia obtenida en LPT y plataforma de fuerza (Chiu et al., 2004; Cronin y Henderson, 2004; Rahmani et al., 2001). Además, existen pocas investigaciones que determinen la potencia de movimientos que se realicen tanto el plano horizontal como el vertical. Esto sería posible utilizando 2 LPT y una plataforma de fuerza (**2-LPT + FP**). Este método fue utilizado y descrito por Cormie et al. (2007a). Los autores colocaron dos LPTS y la barra formando un triángulo en el que las dimensiones del triángulo son conocidos. Esto permite calcular la velocidad tanto de los movimientos verticales como de los horizontales (Figura 26).

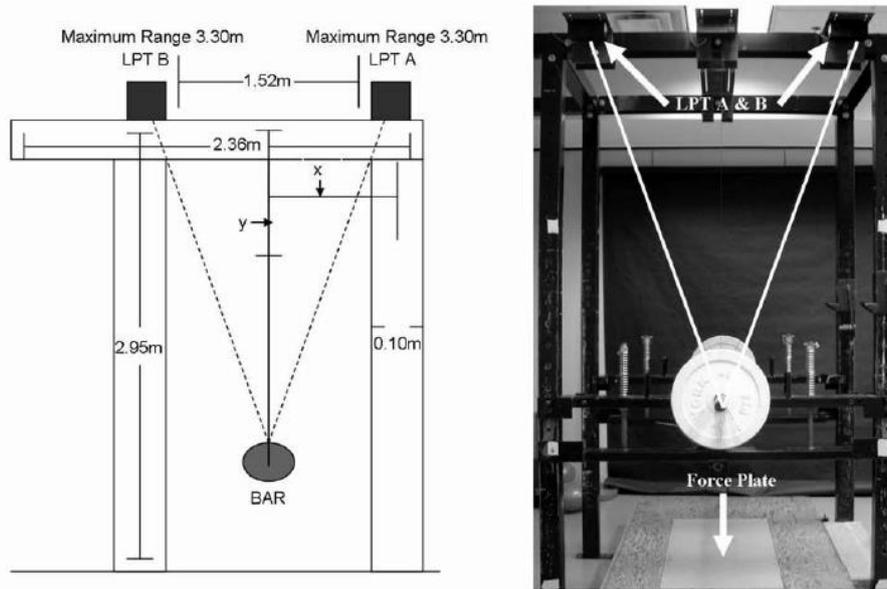


Figura 26. Esquema y fotografía de la colocación para el análisis del movimiento con dos LPT (tomado de Cormie et al., 2007a).

La ventaja de este sistema es que permite obtener el desplazamiento en el plano vertical y el horizontal, lo que nos da el cálculo de la potencia de una forma más precisa. Aunque investigaciones previas no han utilizado esta metodología, el uso de 2 LPTS y una plataforma de fuerza es la opción más válida de medir el desplazamiento, la velocidad y la potencia en los movimientos multidimensionales.

Rambaud, Rahmani, Moyon y Bourdin (2008) analizaron el movimiento de press banca con una plataforma de fuerzas y con un LPT. Cuando la masa del miembro superior no es tenida en cuenta en el análisis, como ocurre con el LPT, los datos relativos a la fuerza fueron diferentes, con porcentajes de error en los resultados de fuerza que variaban entre el 6 y el 45% en función de diferentes condicionantes como la velocidad y la masa. En el mismo estudio, cuando se tomaron los valores de las extremidades, no dieron diferencias significativas en cuanto a los valores de fuerza comparando el LPT con las plataformas de fuerza.

1.4.1.2. Estandarización del proceso de evaluación

El ejercicio más utilizado para la evaluación y entrenamiento de la fuerza en el miembro superior es el press de banca, mientras que para el miembro inferior es la sentadilla. A pesar de existir gran cantidad de estudios en los que se utilizan estos ejercicios, no existe un consenso a la hora de establecer los criterios de cómo deben ejecutarse. La falta de estandarización de estos ejercicios dificulta la transferencia e intercambio de conocimiento, ya que la capacidad de producción de fuerza se ve alterada cuando se modifican las condiciones de ejecución del gesto (Clemons y Aaron, 1997; McLaughlin, 1985; Wagner, Evans, Weir, Housh, y Johnson, 1992). Hopkins (2000) nos dice que una manera de introducir error en el proceso de evaluación es la ausencia de control en la estandarización del gesto. El objetivo del presente apartado es describir los diferentes factores que afectan a la estandarización y evaluación de los ejercicios de press de banca y la sentadilla.

Ejercicio de Press de Banca

A lo largo de la literatura podemos encontrar diferentes descripciones del ejercicio del press banca. Estas diferencias, que modifican las condiciones de ejecución del gesto, alteran los valores de las variables medidas, y provoca un error metodológico que científicamente hace imposible la comparación de resultados cuando no se ha reproducido el gesto en las mismas condiciones. El efecto producido a la hora de trabajar en diferentes condiciones y con diferente **equipamiento** es un factor que nos puede inducir a error si no está correctamente descrito en el método de la investigación. El realizar el ejercicio del press banca en un pórtico guiado o máquina Smith, y situaciones de mayor inestabilidad o mayor exigencia funcional como la que se requiere con peso libre, no son comparables. Un error importante es comparar las diferentes variables de fuerza que han sido evaluadas con estos diferentes métodos (press de banca libre vs máquina Smith). Si esto se produce, todo el análisis que

viene a posteriori no es ni válido ni fiable. La limitación del ejercicio en la máquina Smith a un solo plano, afecta a la ejecución del mismo. En la evaluación de un ejercicio en máquina Smith se pierde información a la hora de medir la fuerza, puesto que la acción se realiza en un solo plano, al contrario de lo que sucede con el peso libre (González-Badillo y Rivas-Serna, 2002).

En este sentido, existen estudios específicos del press banca (Cotterman, Darby, y Skelly, 2005; Saeterbakken, Van der Tillar, y Fimland, 2011; Floyd, Otte y Mayhew, 2009) que coinciden en que al realizar los ejercicios en máquina Smith se reduce la necesidad por parte del sujeto de garantizar el equilibrio y consecuentemente, la actividad muscular necesaria para mantener la estabilidad en el movimiento se ve disminuida. Esto podría justificar el hecho de que el peso o carga levantada con peso libre, en el ejercicio de press banca, sea mayor que el levantado con máquina guiada. Así, Saeterbakken et al. (2011) analizaron la carga levantada en el press banca en tres situaciones diferentes (mancuernas, máquina Smith y peso libre). En sus resultados encontraron que la carga levantada realizando el ejercicio con las mancuernas era un 14% y 17% menor en comparación con la máquina Smith y el peso libre, respectivamente.

Otro factor importante a la hora de realizar cualquier evaluación es la anchura del agarre. Teniendo en cuenta la **anchura agarre** de la barra en el press de banca, Lehman (2005) concluye que la capacidad de desplazar más carga aumenta cuando la anchura del agarre se desplaza por fuera de la línea biacromial, existiendo un espacio óptimo inter-individual entre el 165 y 180% de la distancia biacromial para poder generar los mayores valores de fuerza. Cuando aumenta la inclinación del tronco del sujeto a la hora de la realización del gesto, hace que disminuya la capacidad de desplazar carga (Barnett et al., 1995; Glass y Armstrong, 1997; Trebs, Brandenburg, y Pitney, 2010). El **punto de partida-llegada** también es otra variable a tener en cuenta en la estandarización del gesto. Acercarse más a la escotadura yugular o a la apófisis xifoides condiciona el patrón de reclutamiento, movimiento y la cantidad de la fuerza aplicada a la barra. El patrón de reclutamiento en los músculos de la cintura escapular cambia totalmente cuando el **ángulo de**

abducción del hombro aumenta o disminuye (Wattanaprakornkul, Halaki, Cathers, y Ginn, 2011). En una situación estable de estandarización los puntos formados por codos y hombros deberían estar en el mismo plano, es decir, en abducción de hombro de 90°, cayendo la barra en una línea cercana a la escotadura yugular. También al variar el **plano de ejecución** cambia el patrón de reclutamiento. Al ejecutar el gesto en el plano vertical, el factor impulso o inercia generada por la fuerza de la gravedad desaparece modificando de esta manera la forma de activar la musculatura del miembro superior. Independientemente de los beneficios que tenga el entrenamiento en diversas posiciones (tumbado o inclinado), debemos seguir los mismos criterios para alcanzar la fiabilidad necesaria en la medida.

En la Figura 27 se muestra los factores que afectan a la estandarización del ejercicio press de banca, tanto para situaciones de entrenamiento como para la evaluación.

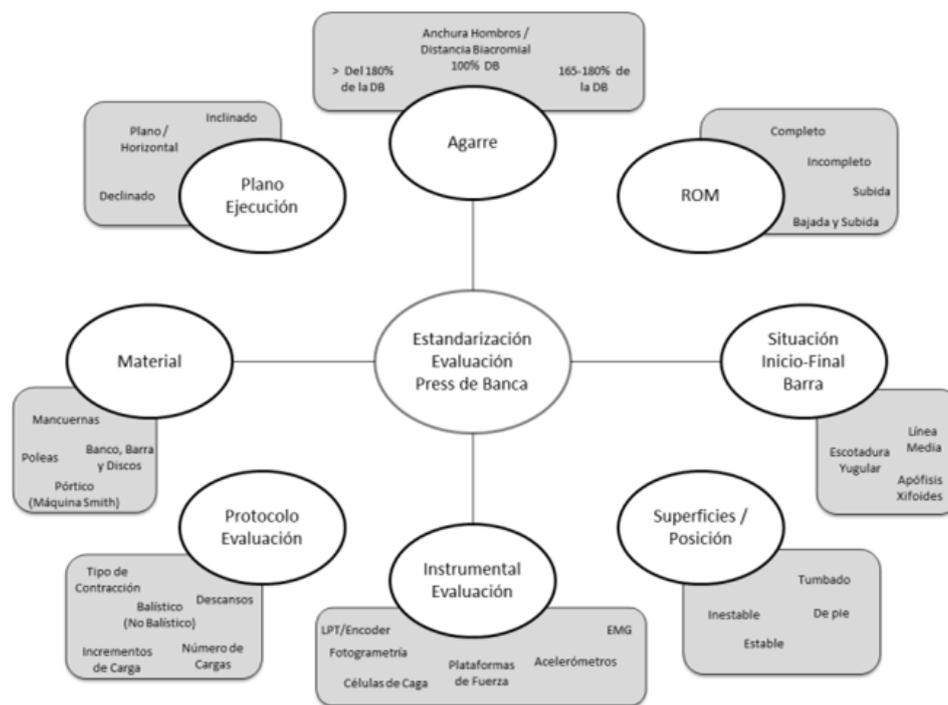


Figura 27. Factores que afectan a la estandarización del ejercicio press de banca (tomado de Gutiérrez, J., 2012).

Ejercicio de la Sentadilla

Al igual que ocurre en el press de banca, el efecto producido a la hora de trabajar con diferente **equipamiento** es un factor que nos puede inducir a error en los resultados de la investigación. Así, en lo referente a la sentadilla, Cotterman et al. (2005), encontraron valores superiores con máquina guiada que con peso libre (171.5 ± 35.7 kg en máquina guiada por 168.2 ± 32.2 kg). Estos valores son contrarios a lo que ocurre en el press de banca. Doktor (1993) demostró que el aumento del ángulo tronco-muslo durante la sentadilla ejecutada en una máquina guiada simulaba la ejecución de levantadores experimentados en el entrenamiento de sentadilla con pesos libres y que, por tanto, la carga que se podría levantar por parte de sujetos menos experimentados con esta técnica sería mayor, lo que podría justificar los resultados obtenidos en el estudio de Cotterman et al. (2005).

Una de las variables que provocan mayor variabilidad en los estudios de la literatura es la **profundidad** que se alcanza en la sentadilla con el movimiento de flexión de rodillas. Esta profundidad influye en la capacidad del sujeto para aplicar fuerza máxima en este gesto (Sleivert y Taingahue, 2004; Harris et al., 2007, 2008). Harris, Cronin, y Hopkins (2007) y Harris et al, 2008), recogieron valores medios absolutos y relativos de 1 RM más altos que los recogidos por otros estudios (280 ± 50 kg/ 2.67 ± 0.46 kg/kg y 305 ± 46.6 kg/ 3.07 ± 0.48 kg/kg, respectivamente). Estos autores atribuyeron los resultados obtenidos a la posición inicial de 110° de flexión de rodillas, que permitió a los sujetos un movimiento más explosivo debido a la relación ventajosa tensión-longitud en los extensores de rodilla y cadera (Hay, 1992). En esta línea, Sleivert y Taingahue (2004) encontraron diferencias significativas en los valores de 1 RM entre una sentadilla ejecutada con técnica Split (206.6 ± 34.4 kg) y una sentadilla tradicional (149.5 ± 22.6 kg) argumentando también diferencias en la angulación de partida para ambos ejercicios (100° para la sentadilla Split y 90° para la sentadilla tradicional). La **posición y colocación de los pies** en la sentadilla también ha sido motivo de investigación (Escamilla et al. 1998, 2001;

McCaw y Melrose, 1999; Ninos, Irgang, Burdett, y Weiss, 1997; Signorile, Kwiatkowski, Caruso, y Robertson, 1995). El giro de los pies en la sentadilla tradicional, independientemente de la colocación y de la profundidad del movimiento, no provoca ningún efecto notable sobre la actividad muscular de las extremidades inferiores (Escamilla et al., 1998, 2001; McCaw y Melrose, 1999; Ninos et al., 1997; Signorile et al., 1995). Sin embargo, los estudios de McCaw y Melrose (1999) y Ninos et al. (1997) demostraron que, variando la colocación de los pies, se producían alteraciones en los patrones de reclutamiento muscular que se traducían en un incremento de la actividad del aductor mayor cuando dicha **separación de pies** era superior a la anchura de los hombros. También se debería tener en cuenta en la estandarización del gesto de sentadilla la **limitación del movimiento anterior de rodillas** en la posición de máxima flexión. Fry, Smith, y Schilling, (2003) observaron que limitando el movimiento anterior de las rodillas (de forma que éstas al flexionarse no sobrepasen la punta del pie) se producía una disminución de las fuerzas sobre la articulación de la rodilla (150.1 ± 50.8 N.m sin limitación en el movimiento anterior de rodillas a 117.3 ± 34.2 N.m con limitación en el movimiento anterior de rodillas). Sin embargo, estos autores observaron que restringiendo el movimiento anterior de las rodillas se producía un incremento en la tensión sobre la cadera y la zona lumbar de la columna vertebral (282 ± 65 N.m sin limitación en el movimiento anterior de rodillas a 302.7 ± 71.2 N.m con limitación en el movimiento anterior de rodillas). También Donnelly, Berg, y Fiske (2006), analizaron los efectos en la **dirección de la mirada** y su relación con la optimización de la técnica de ejecución del ejercicio de sentadilla. Encontraron que tanto una mirada hacia abajo como una mirada hacia arriba permitían prevenir el incremento en las fuerzas, y con ello, el exceso de tensión sobre la zona lumbar. Otro de los aspectos que se han tratado en la literatura es la **colocación de la barra**, tanto por delante como por detrás (Gullet, Tilman, Gutierrez, y Chow, 2009; Russell, y Phillip, 1989). Gullet et al. (2009) concluyeron que durante la sentadilla con barra por detrás se obtuvieron mayores fuerzas de compresión en la rodilla que durante la sentadilla con barra por delante. Pero por otro lado, la posición de la barra no influyó en la actividad

muscular, es decir, que en términos de reclutamiento muscular la sentadilla frontal fue tan eficaz como la sentadilla con la barra por detrás pero con fuerzas significativamente menores en cuanto a compresión de los elementos articulares de la rodilla en el momento extensor.

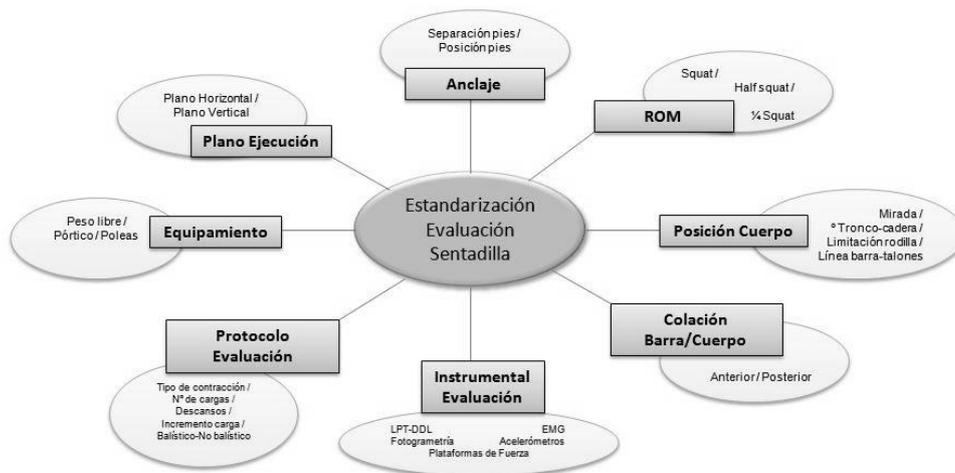


Figura 28. Factores que afectan a la estandarización del ejercicio de la sentadilla.

1.1.1.1. Variabilidad biológica del Individuo/Participantes .

La variabilidad en los resultados encontrados en la literatura está relacionada, entre otros, con factores intrínsecos de la muestra. Esta heterogeneidad en los datos puede deberse a diferencias relacionadas con la edad de los sujetos, el sexo y/o el historial de entrenamiento de fuerza de los sujetos según su práctica deportiva.

La **experiencia previa** de los sujetos en la realización de ejercicios con resistencias externas es una variable que aumenta la fiabilidad en los test de la 1 RM (Ritti – Díaz, Avelar, Salvador, Cirino, 2011). Ploutz – Snyder y Giamis (2001) encontraron diferencias significativas en el número de sesiones para adaptarse a un ejercicio de evaluación de fuerza máxima (1 RM) entre mujeres jóvenes (3-4 sesiones) y mujeres mayores (8-9 sesiones). Izquierdo, Häkkinen, Gonzalez-Badillo, Ibañez, y Gorostiaga (2002) y McBride, Triplett-McBride, Davie, y Abernethy (2003), encontraron diferencias en la fuerza dinámica máxima (FDM) producida en el ejercicio de sentadilla entre sujetos que practicaban diferentes modalidades deportivas. Estos autores argumentan las diferencias de FDM entre estos grupos de deportistas a adaptaciones producidas por el historial de entrenamiento y/o a diferencias en la composición de las fibras musculares. También Baker y Newton (2008) encontraron diferencias en sujetos que practicaban la misma modalidad deportiva pero en diferentes niveles de competición.

El **sexo** del ejecutante es otro factor que afecta a la capacidad de generar fuerza en un gesto deportivo. Cotterman et al. (2005) afirman que las características fisiológicas y antropométricas que diferencian a hombres y mujeres influyen importantemente en la producción de los niveles de fuerza máxima a favor de los hombres. En esta línea existen otros estudios que nos dicen que los hombres son capaces de producir niveles de fuerza mayores que las mujeres (Lynch et al., 1999; Newman et al., 2006) basándose en el hecho de que las mujeres presentan una masa muscular inferior tanto en extremidades superiores como inferiores (Goodpaster et al., 2001). Diferentes estudios muestran que el valor medio de la 1 RM, obtenido en el ejercicio de sentadilla, son superiores en los hombres con respecto a las mujeres (Thomas et al., 2007; Peterson, Alvar, y Rhea, 2006).

Otro factor que puede determinar la fuerza máxima aplicada es la **edad del sujeto** experimental. Diferentes investigaciones han descrito que la fuerza máxima decrece con la edad y especialmente cuando se llegan a los 60 años (Häkkinen, Hallinen, e Izquierdo, 1998; Häkkinen, Kraemer, y Kallinen, 1996). En el ejercicio de sentadilla en concreto, encontramos un estudio de Newton et

al. (2002) que mide en un grupo de sujetos jóvenes (29.75 ± 5.34 años) y mayores (61 ± 4.40 años) la fuerza isométrica máxima en sentadilla antes y después de aplicar un programa de entrenamiento de fuerza de 10 semanas de duración. Los datos obtenidos en el estudio mostraban que los sujetos jóvenes aplicaron un 60% más de fuerza que los mayores antes y después del entrenamiento. Estos resultados siguen la fundamentación de que con la edad se produce una disminución de la capacidad de generar fuerza máxima.

1.5. Percepción subjetiva del esfuerzo y de la velocidad

El método más utilizado para cuantificar la carga interna desarrollada de una forma subjetiva es la escala de la percepción subjetiva del esfuerzo (RPE) con sus diferentes variantes. La escala de la RPE ha sido utilizada por múltiples autores tanto en deportes colectivos como en deportes individuales, tal y como exponen Chen, Fan y Moe (2002) en su trabajo de revisión. Existen dos tipos de escalas que se han usado con más asiduidad. En algunos estudios (Impellizzari et al., 2004; Alexiou y Coutss, 2008; Borresen y Lambert, 2008; Buchheit et al., 2009; Coutts, Rampinini, Marcora, Castagna, e Impellizzeri, 2009; Green et al., 2009) usan la escala que oscila de 0 a 10 puntos (Borg, 1982) (Figura 29), mientras que en otros estudios (Loftin, Anderson, Lytton, Pittman, y Warren, 1996; Little y Williams, 2007; Hill-Hass, Coutts, Rowsell y Dawson, 2008; Hill-Hass, Rowsell, Dawson y Coutts, 2009) la escala utilizada está compuesta por 15 categorías las cuales oscilan del 6 al 20. Ambas escalas se usan indistintamente y son igualmente válidas para las tomas de la percepción subjetiva del esfuerzo. Según Eston (2012), el método más común para medir la RPE en adultos es la escala de Borg (6-20), seguida de la escala CR-10 de Borg. La escala de Borg fue diseñada para ser un indicador de la intensidad del ejercicio (aeróbico), además de la gran aplicabilidad a tareas de rehabilitación y prescripción del ejercicio. Esta aplicabilidad se ha demostrado que sirve tanto para poblaciones de niños como en adultos sanos, con diferentes niveles de entrenamiento.

0
1 Extremadamente ligero
2 Ligero
3 Moderado
4
5 Duro
6
7 Muy Duro
8
9
10 Extremadamente Duro

Figura 29. Escala de percepción subjetiva del esfuerzo de 0 a 10.

1.5.1. RPE

Uso de la escala de Borg

Aunque la RPE fue diseñada para proporcionar datos que aumentaran linealmente con la intensidad, la frecuencia cardíaca y el consumo de oxígeno para trabajos aeróbicos de carácter estable, recientemente se ha utilizado para controlar la intensidad de ejercicios más intensos tales como saltos, desplazamientos a máxima velocidad y entrenamiento con resistencias externas (Nacleiro et al., 2011).

El uso de esta escala consiste en el registro de un valor por parte del deportista tras la realización de un esfuerzo concreto que puede ser un ejercicio, la competición o el entrenamiento. Se almacenará la valoración dada por el deportista y se interpretarán los resultados por parte del entrenador. La escala de 15 categorías creada por Borg (1962), parte de 6 hasta 20. La razón de esta numeración es que si multiplicamos el número resultante por diez, tendremos un valor aproximado a la frecuencia cardíaca del sujeto durante el ejercicio evaluado.

20	10
19 2 minutos	9 1 hora
18	8
17 4 minutos	7 2 horas
16	6
15 8 minutos	5 4 horas
14	4
13 15 minutos	3 8 horas
12	2
11 30 minutos	1 6 horas

Figura 30. Escala de percepción subjetiva del esfuerzo en relación al tiempo de duración de la actividad.

Borg, y Kaijser (2006), proponen una nueva escala numerada de 0 a 100 y junto con las otras dos anteriores, realizan estudios y comparativas con la frecuencia cardíaca y la concentración de lactato en sangre. Borresen y Lambert (2008), siguiendo a Foster, Daines, Hector, Snyder y Welsh (1996) utilizan la escala de 0 a 10 puntos multiplicando el valor obtenido por la duración total de ejercicio, cuantificando así la carga total de la actividad (Figura 30).

La RPE de 10 categorías ha sido utilizada usando el múltiplo del valor de la percepción subjetiva del esfuerzo con la duración de la sesión (RPE x Duración de la sesión) (Foster et al., 1996; Borresen y Lambert, 2008).

En casi todos los casos, la RPE ha sido una herramienta de apoyo para las otras formas de cuantificación, y en pocos casos la hemos podido encontrar como herramienta única para la cuantificación de la carga. Chen et al. (2002), discuten la fiabilidad de la RPE. Impellizzeri (2004) expone que aunque no sea del todo una herramienta precisa, podemos usarla para estimar de una forma aproximada la carga del deportista. Esta herramienta es de muy fácil uso y su bajo coste hace posible que sea una herramienta útil para deportistas con escasos recursos económicos. Gracin et al. (2003) utilizan otra vertiente de la escala de percepción del esfuerzo, la cual relaciona el tiempo que pueden mantener una actividad concreta a una intensidad determinada. Ambas escalas (de esfuerzo y tiempo) pueden conjugarse para cuantificar la carga de entrenamiento.

Otro de los puntos importantes de las escalas subjetivas del esfuerzo es el conocimiento de los límites personales propios de cada deportista. Uno de los aspectos más importantes del control del estímulo del entrenamiento nos lo dan las propias sensaciones de los deportistas. La información sensitiva y perceptiva del entrenamiento por parte del deportista, es el resultado de complejos mecanismos derivados de los procesos metabólicos, cognitivos y perceptuales (Borg, 1990, 1998).

Borresen y Lambert (2008) muestran correlaciones altas de la RPE con el uso del índice TRIMP ($r = 0.76$). También se ha denotado una correlación alta con el método sumatorio de zonas de Edwards ($r = 0.84$), lo que da fuerza al uso de la RPE como medio de cuantificación de la carga de entrenamiento. En la misma línea, obtienen correlaciones fuertes ($r = 0.84$ y $r = 0.85$) y además valoran la relación existente entre las zonas delimitados por el lactato y la RPE ($r = 0.83$). Little y Williams (2007) muestran las posibilidades del uso conjunto de la RPE de 15 puntos con la Frecuencia cardíaca, para el control de los ejercicios en fútbol. Estos autores exponen también que la escala de la percepción subjetiva del esfuerzo puede no tener una buena correlación a intensidades altas de trabajo. El ejercicio que utilizaron para analizar esta relación fue el de dos contra dos durante dos minutos. Los autores concluyen que los sujetos subestimaron la intensidad del ejercicio, cuando realmente los parámetros fisiológicos no indican esta relación de intensidad.

Es difícil obtener datos objetivos de la carga interna diaria que soportan nuestros deportistas, a no ser que los tuviéramos siempre monitorizados. La aparición de las escalas de percepción del esfuerzo surge como una alternativa a los dispositivos de evaluación, dispositivos caros y no al alcance de todos los deportistas o entidades deportivas. Es aquí donde el buen uso de la RPE puede ser una herramienta fiable para cuantificar la carga. Aunque sea una herramienta subjetiva, según los estudios consultados, podremos hacernos una idea fiel de cuál es la carga que le estamos aplicando a nuestros deportistas, sin necesidad de tener que monitorizarlos en todos los entrenamientos, ni tener que hacer una extensa interpretación de datos. Podemos conocer también la carga que han desarrollado los deportistas durante la competición, ya que no es permitido el uso de aparatos de monitorización en competiciones oficiales.

Críticas a la escala de Borg

El proceso de emisión de una respuesta subjetiva a un estímulo de entrenamiento, está influenciado por factores psicológicos y por factores situacionales de la prueba (Eston, 2012), y también por cambios de temperatura, como describe Pandolf (1983), y por el efecto de la presión parcial de oxígeno. Estos factores pueden ser considerados como elementos de crítica al modelo propuesto por Borg, pero podemos hablar de dos argumentos bien definidos en contra de este modelo. El primero es que, modificando algunas variables externas, provocan cambios en variables fisiológicas sin tener una relación en la percepción subjetiva del esfuerzo (Chen et al., 2002). El segundo, descrito por Lambert y Borresen (2010), argumenta que como la RPE de la sesión es un método subjetivo de evaluación, las comparaciones intrasujeto quizás sean inadecuadas. Sin embargo, Impellizzeri, Borg, y Coutts (2011) argumentan que el modelo de Borg mide un rango de intensidad, que es el mismo en cada sujeto (del mínimo al máximo posible) y por tanto no afecta a las comparaciones intrasujeto.

Diferentes escalas basadas en la percepción del esfuerzo

La aparición de diferentes escalas basadas en la percepción del esfuerzo y las modificaciones de algunas de ellas, surge como resultado de la propia utilización de la escala en diferentes situaciones de entrenamiento deportivo con diferentes niveles de intensidad. A partir de la escala original de **Borg (6-20)**, que como hemos comentado fue diseñada para medir las sensaciones del cuerpo en tareas de carácter aeróbico (Buckley y Borg, 2011), surgió la escala de **Borg CR-10** como un intento de simplificar la escala original. La escala de Borg (6-20) (Eston y Evans, 2009; Lagally y Robertson, 2006; Row, Knutzen, y Skogsberg, 2012) y la escala CR-10 de Borg (Pincivero, Coelho, y Campy, 2003; Shimano et al., 2006; Hackett, Johnson, Halaki, y Chow, 2012) han sido usadas para cuantificar la intensidad del entrenamiento basado en resistencia externas. Así, Buckley y Borg (2011) propusieron una tabla en donde se

asociaba los diferentes valores de la escala de Borg CR-10 con un porcentaje determinado de la 1 RM. En la Figura 31 se muestran las asociaciones sobre la escala CR-10 con los porcentajes de 1 RM.

Escala Borg CR -10	Asociación con la 1 RM
0	
1 Extremadamente ligero	15%
2 Ligero	30%
3 Moderado	40 – 45%
4	
5 Duro	60 – 65%
6	
7 Muy Duro	75 – 80%
8	
9	
10 Extremadamente duro	100%

Figura 31. Asociación de la escala CR – 10 de Borg con la 1 RM. Buckely y Borg (2011).

La necesidad de controlar la intensidad en ejercicios de carácter anaeróbico ha hecho que surgieran nuevas escalas. Bajo esta necesidad aparece la **CR-100**, que aportaba un mayor afinamiento graduado de los valores recogidos durante actividades anaeróbicas (Borg, 1990). Así, en el ámbito de la fuerza para poder registrar ejercicios con sobrecargas o resistencia externas, es frecuente el uso de la escala OMNI Perceived Exertion (**OMNI-RES**).

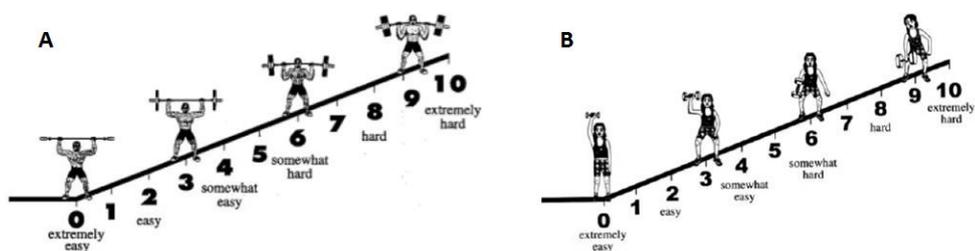


Figura 32. Escala OMNI-RES para adultos (A) y para niños (B).

Esta escala fue diseñada por Robertson en el año 2002 (Figura 32 A). Se ha observado que posee una relación lineal fuerte y positiva con el modelo de Borg 6-20 (Lagally y Robertson, 2006). El uso de la escala y su concepto es muy sencillo. La escala adopta 10 posiciones (0 a 10). Seis ítems cualitativos califican las puntuaciones de la escala para su mayor comprensión. Estos van desde “extremadamente fácil” o valor 0, hasta “extremadamente duro” o valor 10. Para facilitar su comprensión, diferentes pictogramas representativos de un esfuerzo con resistencias externas fueron incluidos. En función de la población a la que se aplique la escala, estos pictogramas son diferentes Robertson et al. (2008). En la Figura 32 B, se observa la escala OMNI-RES adaptada a niños.

También para controlar diferentes actividades físicas realizadas por la población infantil encontramos diferentes **escalas para niños**, sin llegar a un consenso de cuál es la más idónea. Entre ellas encontramos la gráfica Caler, la gráfica Babe, la escala PCert y la representación curvilínea de Eston y Partif.

1.5.2. Percepción Subjetiva de la Velocidad (RPV)

En los últimos tiempos, la velocidad de ejecución ha pasado a tener un papel muy importante en el control del entrenamiento, y diferentes estudios concluyen que es un buen indicador de la intensidad de los ejercicios de fuerza (Pereira y Gomes, 2003; Kawamori y Haff, 2004; Kawamori y Newton, 2006; Sánchez-Medina et al., 2010). La importancia de esta variable de entrenamiento sube de rango cuando la asociamos a la potencia, siendo un binomio esencial para el entrenamiento y el desarrollo del mismo (Baker et al., 2001). La velocidad con la que se realizan las repeticiones afectará a las adaptaciones específicas que nuestro organismo produce, tanto a nivel neural, metabólico (Buitrago et al., 2012) como a nivel hipertrófico (Housh et al., 1992). Por esto podemos concluir que la velocidad de ejecución es un magnífico indicativo de la intensidad del ejercicio. Aunque en la literatura científica, la velocidad de ejecución ha sido propuesta como un criterio eficaz para cuantificar la intensidad en el entrenamiento de fuerza (Pereira y Gomes, 2003; Sánchez-Medina y González-Badillo, 2011) en los estudios sobre RPE no se ha tenido en cuenta esta variable para su análisis.

Bajo este prisma y ante la necesidad de poder cuantificar la velocidad de ejecución sin la necesidad de contar con instrumental de alto coste económico, surge la Nueva Escala de Percepción de la Velocidad (NEPV), cuyo objetivo principal es la identificación de forma subjetiva de aquellos valores de velocidad con la que el deportista realiza el ejercicio contra resistencias externas (press de banca) (Bautista, 2012). La NEPV posee rangos numéricos que comprenden desde 1.6 hasta 0.1 m x s⁻¹. Estos valores corresponden a la velocidad máxima media encontrada durante la realización del ejercicio del press de banca. La escala, además de los valores numéricos, posee 5 valores cualitativos, los cuales son: Muy rápido, Rápido, Medio, Lento y Muy Lento.

Para la validación de la escala, se utilizó como variable criterio la velocidad real de cada una de las repeticiones y series obtenidas mediante un DDL, y de forma global, los autores encontraron grandes correlaciones entre la Velocidad real y la velocidad percibida en la escala por los deportistas.

Para poder identificar de una forma más precisa las diferentes zonas de entrenamiento, los autores incluyeron a la escala tres colores. Esta subdivisión de colores fue con base en las diferentes zonas de entrenamiento de la fuerza y correspondían a: 1) **(Azul)** parte alta de la escala: trabajo con cargas ligeras, cercano a la máxima velocidad, y con un rango de 1.6 a 1 m x s⁻¹ (aproximadamente); 2) **(Verde)** Parte media de la escala: trabajo con cargas de potencia, es decir, la mejor relación entre la fuerza y la velocidad. En términos de velocidad aproximadamente entre 0.55 y 0.85 m x s⁻¹; 3) **(Rojo)** parte baja de la escala: trabajo con cargas altas, con velocidades de ejecución menores a 0.4 m x s⁻¹. También existen unas zonas de transición entre las diferentes zonas de trabajo propuestas, que se identifican en la escala por tener un color más claro o tenue (Figura 33).

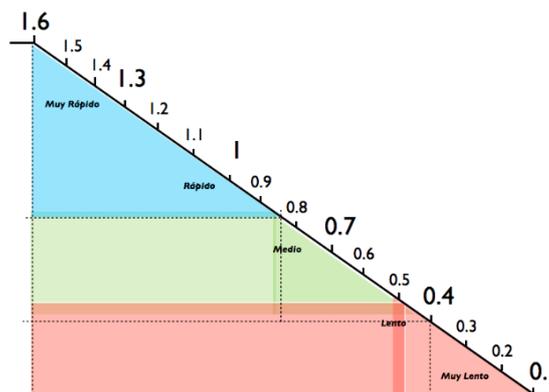


Figura 33. Nueva Escala de Percepción de la Velocidad a color.

La primera aproximación a la percepción subjetiva de la velocidad se ha realizado en el ejercicio del press de banca. Como se ha comentado anteriormente, se obtuvieron fuertes coeficientes de correlación entre la velocidad real y la velocidad percibida. Además, los autores encontraron que cuanto más se utilizaba el concepto de la percepción subjetiva de la velocidad en las sesiones de entrenamiento, mayores coeficientes de correlación entre la velocidad real y la velocidad percibida se encontraban.

1.5.3. Factores que contaminan la percepción del esfuerzo y la velocidad

El control de la intensidad a través de las escalas de RPE en los ejercicios de resistencias externas ha suscitado en los últimos años gran interés (Day, McGuigan, Brice, y Foster, 2003; Sweet, Foster, McGuigan, y Brice, 2004; McGuigan et al., 2008; Fontes et al., 2010; Nakamura et al., 2010). Durante la ejecución de un ejercicio de fuerza se toman decisiones en cuanto a la velocidad y recorrido del movimiento. Este proceso conlleva poner en funcionamiento diferentes zonas cerebrales que procesan la información para iniciarlo con garantías de éxito (Guillot, Hoyek, Louis, y Collet, 2012; Madan y Singhal, 2012). Gracias a la coordinación de estructuras como la corteza cerebral, el cerebelo o los ganglios basales se produce una mejor elección del movimiento a ejecutar y un mayor ajuste durante el tiempo que se mantiene. Mejorar la capacidad de control sobre la velocidad de ejecución permite una mejor regulación de la intensidad con la que se realizan los esfuerzos musculares (Knutten, 2007). Conseguirlo depende de la estimación del tiempo empleado en realizar el movimiento. Esta percepción temporal se basa en un proceso en el que se obtiene información a través de estímulos externos, fisiológicos, motores o psicológicos (Stein y Stanford, 2008; Díaz 2011).

El objetivo principal a la hora de planificar los entrenamientos del deportista, es saber modular la intensidad adecuada para generar las adaptaciones específicas en el sentido que nos interesa. Recordando a González-Badillo y Ribas (2002), proponen calcular la intensidad de la carga según el **carácter del esfuerzo** que suponga, es decir, la intensidad viene expresada por el número de repeticiones que hacemos o dejamos de hacer en una serie según lo que se había programado. Se debe tener en cuenta que la carga de entrenamiento se suele cuantificar previamente a la realización del entrenamiento. Este hecho suele contaminar la carga real de entrenamiento. En este intento de ajustar la carga de entrenamiento de acuerdo con el trabajo real realizado, los entrenadores contabilizan variables como el número de series, número de

repeticiones, peso movido (total de sesión, de cada serie o por repetición), tiempo de trabajo, tiempo de recuperación, tipo de contracción muscular, implicación muscular, velocidad de ejecución, etc.

El objeto de este capítulo es mostrar la relación existente entre estos factores y cómo son percibidos por los deportistas.

RPE e Intensidad

Analizar la percepción subjetiva que tiene un deportista en relación a la intensidad de trabajo ha sido motivo de numerosas investigaciones. Gearhart, Lagally, Riechman, Andrews, y Roberson (2009) analizaron si mediante el uso de la escala OMNI-RES se podía cuantificar la intensidad de las sesiones de fuerza durante doce semanas de entrenamiento, en **personas mayores**. Los resultados mostraron cómo, en una determinada puntuación de la escala, la carga total levantada aumentó de forma significativa en todos los ejercicios realizados. McGuigan et al. (2008) estudiaron el comportamiento de la OMNI-RES para monitorizar la intensidad de diferentes sesiones de fuerza en **niños** con sobrepeso. Las puntuaciones de la escala OMNI-RES fueron notadas tras cada serie y al finalizar la sesión, durante un período de cuatro semanas. Los datos de este estudio mostraron que los valores de RPE fueron mayores cuando las puntuaciones de la escala OMNI-RES se tomaron al final de la sesión, en comparación con la media de todos los ejercicios realizados. Estos autores además indican que sería necesario realizar más investigación analizando la RPE en este tipo de población y que es necesaria la realización de unas adecuadas sesiones de familiarización para asegurar la comprensión y la eficacia de la misma por parte de los niños.

Lins-Filho (2012) realizaron un estudio en personas habituadas al entrenamiento con resistencias externas donde testaron la efectividad de la escala OMNI-RES para discriminar la intensidad de dos sesiones de fuerza. Se realizaron dos sesiones con los mismos ejercicios (extensión de tríceps, press de banca, curl de bíceps y remo sentado), cambiando únicamente la intensidad realizada (70% y 50% de la 1 RM, respectivamente). Se encontraron

diferencias significativas en la RPE en todos los ejercicios testados en función de la intensidad aplicada. Asimismo, en la sesión realizada al 50% de la 1RM, no existieron diferencias significativas en la percepción subjetiva entre las series. Sin embargo, con la sesión de 70% de la 1 RM, se encontraron diferencias significativas en la RPE entre las series realizadas. Los autores concluyen que la RPE es capaz de reflejar la fatiga muscular durante la realización de ejercicios intensos.

RPE y Repeticiones

Buckley y Borg (2011) evaluaron como variaba la RPE (Borg CR-10) en función del número de repeticiones-duración, concluyendo que el comportamiento fue lineal positivo, mientras que cuando fue medida en función de la carga-intensidad, el comportamiento de la misma fue curvilíneo.

Hackett et al. (2012) validaron una nueva escala para predecir el valor de las repeticiones hasta la fatiga total usando una carga submáxima en el press de banca y la sentadilla. El estudio consistía en realizar 5 series de 10 repeticiones con una carga relativa del 70% de la RM. Tras la realización de cada serie se les preguntaba a cada sujeto sobre la RPE y sobre el número de repeticiones que podrían realizar más hasta llegar a la fatiga. Se obtuvieron coeficiente de correlación de $r = 0.91$ y $r = 0.87$ para el press de banca y la sentadilla respectivamente demostraron que la nueva escala era válida para estimar las repeticiones necesarias para alcanzar la fatiga total.

RPE y Carga

Una de las variables más estudiadas en relación con la percepción del esfuerzo es la carga levantada. Su análisis se ha realizado tanto en términos de carga total levantada como en porcentajes. Lodo et al. (2012) analizaron la carga total levantada y su relación con la RPE. Se testaron a 18 sujetos en tres entrenamientos con diferente intensidad en el ejercicio de press banca. El resultado de una correlación lineal positiva entre el volumen de la carga

levantado y la media de la percepción subjetiva de la sesión, afianza la hipótesis de que existe un nexo de unión entre la carga total levantada (magnitud externa de intensidad) y la percepción del esfuerzo (magnitud interna de intensidad).

Row et al. (2012) relacionó los porcentajes de cargas con los valores de la RPE (escala BORG 6 – 20). Un total de 21 personas mayores participaron en un protocolo incremental de cargas en el ejercicio de extensión de piernas. El análisis de regresión lineal mostró que la media de la RPE predecía en un 99.5% el porcentaje de carga. Una de las conclusiones a la que llegan estos autores es la posibilidad de monitorizar los ejercicios explosivos en personas mayores utilizando la relación carga/RPE.

Naclerio et al. (2011) investigaron la aplicabilidad de la escala OMNI-RES para controlar la intensidad del press de banca relacionando los valores de la RPE, la carga y la potencia mecánica. Los resultados del estudio mostraron una relación entre el porcentaje de carga/RPE y potencia mecánica/RPE. Así, los autores concluyeron que la OMNI-RES es un buen instrumento para controlar la intensidad en el ejercicio del press de banca en función de un determinado porcentaje de carga y, que esta escala puede usarse para utilizar rangos adecuados de porcentaje de carga para producir la máxima potencia.

RPE y Predicción de la 1 RM

Diversos estudios han analizado el RPE y la predicción de la 1 RM (Hatfield et al., 2006; Robertson et al., 2008; Eston y Evans, 2009; Naclerio, Larumbe, Jiménez, y Alvar, 2010). Robertson et al. (2008) desarrollaron un modelo matemático para estimar el valor de la 1 RM usando valores submáximos de la RPE (OMNI-RES) como variable de predicción en niños. Con una correlación de Pearson de $r = 0.87$ y $r = 0.89$ entre la RPE submáxima y la RM, los autores concluyeron que el modelo de predicción de la RM con base en la RPE proporciona una precisa predicción de la máxima carga desplazada en personas jóvenes.

Eston y Evans (2009) analizaron la validez del uso de valores submáximos de RPE (Borg 6 – 20) para predecir la 1 RM con personas adultas. Los resultados de este estudio mostraron correlaciones entre la RPE y la 1 RM de 0.92 y 0.97 para los ejercicios de la extensión de rodilla y curl de bíceps respectivamente. De esta forma, los autores concluyeron que es posible predecir un valor de la 1 RM estimado usando valores submáximos de la RPE.

Naclerio et al. (2010) utilizando la velocidad de desplazamiento de la barra, propusieron dos fórmulas de predicción para estimar la 1 RM, ya sea utilizando la RPE (OMNI-RES) o los valores de velocidad. Los resultados demostraron la validez y la fiabilidad de ambas fórmulas ($r = 0.97$ y $r = 0.93$, para las fórmulas de la RPE y la velocidad, respectivamente).

RPE y Velocidad de ejecución

Aunque en los últimos años la velocidad de ejecución se ha incluido como una variable importante en el control del entrenamiento, son escasos los estudios que relacionan RPE y velocidad de ejecución. La velocidad con la que se realizan las repeticiones tendrán un efecto específico sobre nuestro organismo, tanto a nivel neural, metabólico (Buitrago et al., 2012) como a nivel hipertrófico (Housh et al., 1992).

Así, Bautista (2012), nos presenta en su Tesis Doctoral dos estudios que relacionan escalas perceptivas del esfuerzo con la velocidad de ejecución.

En el Estudio II de esta mencionada Tesis, Bautista realiza una investigación que pretende analizar la aplicabilidad de la RPE para controlar la intensidad del entrenamiento del miembro superior. Mediante la realización del ejercicio de press banca se analizó la relación entre los valores de la escala OMNI-RES y la velocidad media. El autor concluye que la escala OMNI-RES puede ser utilizada para predecir los valores de la velocidad media en el ejercicio de press banca, pudiendo cuantificar de una forma más precisa la intensidad del ejercicio.

En la misma Tesis Doctoral (Bautista, 2012), el Estudio III valida una nueva escala de percepción de la velocidad en el entrenamiento de fuerza del miembro superior, siendo ésta, la primera referencia y/o escala subjetiva que trata de controlar la velocidad.

1.5.4. Validación de las escalas de percepción del esfuerzo.

Como todo instrumento de medida, cuanto más preciso (fiabilidad) y valido sea, mejor. Esto ayudará a la correcta planificación de las diferentes intensidades a utilizar. El objetivo de este apartado, es pues, describir las validaciones que se han realizado sobre estas escalas. Se desglosarán dos apartados para tal efecto. En el primero se describirán los estudios e investigaciones más relevantes en la validación de las escalas de percepción del esfuerzo sobre las escalas derivadas de Borg y la OMNI-RES (RPE). En el segundo se profundizará en el único estudio que, hasta la fecha, ha validado una escala de percepción de la velocidad (RPV). Tanto las RPE como las RPV para el entrenamiento de la fuerza necesitan ser válidas y fiables para tal fin.

Validación de la Percepción Subjetiva del Esfuerzo (RPE)

Para analizar la validez de estas escalas suelen utilizarse como variables criterio el lactato y la carga total levantada (Robertson et al., 2003; Robertson et al., 2005), la escala de Borg (6 – 20) (Lagally & Robertson, 2006), la actividad muscular medida con electromiografía (Colado et al., 2011; Lagally et al., 2002) o el porcentaje de la frecuencia cardiaca máxima y el porcentaje de $VO_2\max$ (Pfeifer, Pivarnik, Womack, Reeves, y Malina, 2002).

La escala de Borg ha sido validada para la mayoría de tareas cíclicas usando de forma general diferentes variables como la frecuencia cardiaca, el $VO_2\max$ y los niveles de lactato en sangre (Chen et al., 2002). En las últimas dos décadas el estudio de la percepción subjetiva del esfuerzo en el campo del deporte ha sido uno de los temas más investigados (Faulker, parfitt, y Eston, 2008; Nacleiro et al., 2011). Se han realizado multitud de investigaciones en

actividades deportivas, donde la frecuencia cardiaca ha sido la forma más común para medir los esfuerzos. En los que no se utilizaba la frecuencia cardiaca, se utilizó de forma más frecuente el VO_2 máx y la concentración de lactato en sangre. También fue utilizada la RPE, pero siempre en compañía de alguno de las tres formas anteriormente citadas. Así, Borg y Linderholm (1970) en un estudio con tres tipos de pacientes con diferentes patologías, concluyeron que la RPE podía servir para realizar un diagnóstico diferencial entre pacientes con distinta etiología patológica. Little y Williams (2007) evaluaron a 28 jugadores profesionales de fútbol para estudiar la relación entre frecuencia cardiaca y RPE, denotándose una relación significativa en un amplio rango, pero siendo menos significativo en rangos de alta intensidad. Aunque también existen investigaciones en donde no se ha encontrado ningún tipo de asociación entre la frecuencia cardíaca y la RPE (Robertson, Goss, y Metz, 1998).

En cuanto a comparaciones del VO_2 máx y la RPE Chen et al. (2002) observaron coeficientes de correlación de 0.63 entre la RPE y el VO_2 máx. Las investigaciones sobre estas variables han mostrado diferencias significativas entre el sexo, el tipo de ejercicio y la escala utilizada.

Estos mismos autores resaltan que no existe consenso entre los científicos cuando se habla de concentración de lactato y RPE. Esta variable es un marcador de la intensidad del ejercicio (Robertson y Noble, 1997), y es característico de la predominancia del metabolismo aeróbico. Si bien, Fabre et al. (2012) concluyen que es posible determinar los umbrales de lactato con una gran precisión usando la RPE en un test incremental en cicloergómetro.

El trabajo citado anteriormente de Chen et al. (2002), es una revisión donde se recogen hasta esa fecha los estudios relativos a la RPE. En el mismo concluye que los coeficientes de validación utilizados entre la RPE y los diferentes marcadores fisiológicos empleados como variables criterio están lejos de los encontrados en la mayoría de los estudios. Así, utilizando la frecuencia cardiaca como variable criterio los resultados de la correlación fueron de $r = 0.62$, en el caso del lactato $r = 0.57$ y con el VO_2 máx $r = 0.63$.

Para analizar la validez de la escala OMNI-RES se ha llevado a cabo varias investigaciones, tanto para analizar la validez en la aplicación en niños (Robertson et al., 2003) como en adultos (Robertson et al., 2005; Colado et al., 2011).

El estudio citado de Colado et al. (2011) analiza la validez y fiabilidad de la escala OMNI-RES en ejercicios con bandas elásticas. Los resultados mostraron diferencias significativas en la frecuencia cardíaca, y en la EMG en función de las intensidades analizadas, con una ICC entre 0.72 y 0.76.

Validación de la Percepción Subjetiva de la Velocidad (RPV)

Como hemos comentado anteriormente, los estudios e investigaciones sobre la percepción subjetiva de la velocidad, es una temática, dentro de las escalas de percepción del esfuerzo, que se han empezado a tratar en el año 2012. Concretamente la Tesis Doctoral del Dr. Bautista González (2012), perteneciente al Grupo de Investigación CTS 642 de la Universidad de Granada, titulada "Diseño y Validación de una Escala de Percepción de la Velocidad para Monitorizar la Intensidad en el Entrenamiento de la Fuerza", es el primer estudio conocido referente a este tema. En el Estudio III de la tesis referida se presenta y valida una nueva escala de percepción de la velocidad en el entrenamiento de fuerza del tren superior. Para ello, se comprobó la validez concurrente de la escala en el ejercicio de press de banca, utilizando 21 sujetos adultos entrenados. La variable criterio utilizada, evidentemente, fue la velocidad media de ejecución en el ejercicio de press de banca, sobre tres intensidades de trabajo: carga ligera, máxima potencia y carga alta. A los sujetos se les realizó un protocolo incremental de cargas hasta llegar a la 1 RM en el ejercicio de press de banca. Se produjeron aumentos progresivos de cargas de 10 kg, cuando la velocidad de ejecución era mayor a $0.5 \text{ m} \times \text{s}^{-1}$; y aumentos de cargas de 5 kg cuando la velocidad era inferior a $0.5 \text{ m} \times \text{s}^{-1}$. Posteriormente a la realización de la serie, se les hizo saber la velocidad media de ejecución de la repetición máxima y mínima de esa serie y al sujeto se le obligaba a señalar sobre la escala (NEPV) el valor de velocidad media que se

le había dicho. Posteriormente, se eligieron tres cargas a evaluar en cada sujeto (ligera, media y alta), extraídas de la curva de potencia de cada uno de ellos. La carga ligera correspondía a una velocidad de la barra superior a 1 m x s^{-1} ; la carga media correspondía a velocidades de la barra entre $0.6 - 0.7 \text{ m x s}^{-1}$; y la carga alta, a velocidades de la barra inferiores a 0.4 m x s^{-1} . El orden de realización de cada una de las cargas fue aleatorio y durante la realización de las series (2 – 4 repeticiones con un descanso de 5 minutos) a los sujetos se les colocó un oclisor de la visión lateral para no ver la carga de trabajo. Posteriormente a cada serie, el sujeto debía identificar y señalar en la escala el valor percibido de la velocidad basándose en su percepción subjetiva. Para establecer la validez de la escala se calculó la correlación entre la NEPV y la velocidad media de ejecución. Los resultados mostraron una correlación lineal y positiva ($r = 0.69 - 0.81$) entre las tres intensidades, analizadas de forma individual, entre la velocidad real y la velocidad percibida en la escala. La correlación de Pearson mostró que conforme se usaba la escala la correlación era mayor ($r = 0.88 - 0.96$). Estos resultados demostraron la validez concurrente de la NEPV para cuantificar la intensidad del ejercicio de press de banca con base en la velocidad de ejecución en adultos entrenados.

2. Planteamiento del problema

Operativizar el tiempo que se dedica al entrenamiento es una máxima en el deporte actual. Para conseguir este objetivo, la planificación del entrenamiento debe asegurar que se obtengan las adaptaciones deseadas en el momento de la temporada que nos interese. El cómo conseguir estas adaptaciones y los recursos empleados para ello, es la base de la programación del entrenamiento.

El carácter de las propias competiciones y la profesionalización de los estamentos deportivos (cuerpos técnicos, deportistas, medios de trabajo) han provocado una mejora en el control de la carga de entrenamiento del deportista. A pesar de estos avances, en algunas ocasiones debido a la escasez de tiempo, y en otras a la no disponibilidad del material adecuado, conlleva una falta de evaluación del proceso de entrenamiento que nos guía en la aplicación de los diferentes estímulos de entrenamiento.

Se han descrito, a lo largo de la presente introducción, diversas metodologías para el control de la carga diaria de entrenamiento. Una gran parte de ellas requiere la utilización de un material de gran coste económico y, evidentemente, no está al alcance de todos los deportistas. Por otro lado, tenemos las escalas subjetivas del esfuerzo. Estas escalas, de mínimo coste, combinan dos aspectos fundamentales en el control de la carga de entrenamiento: el estímulo de entrenamiento dado por el entrenador, y la influencia que el deportista percibe de ese estímulo en su cuerpo. De esta forma, logramos implicar en este proceso de control de la carga diaria, al deportista, aunando esfuerzos y objetivos con los entrenadores.

Diferentes estudios descritos en la introducción de la presente Tesis Doctoral, han corroborado la validez y fiabilidad de estas escalas en la utilización diaria del entrenamiento. Estos estudios han relacionado la percepción subjetiva del esfuerzo con variables del entrenamiento como intensidad, repeticiones, carga, porcentaje de 1RM. La especificidad en las adaptaciones (neurales, metabólicas y estructurales) que el entrenamiento a diferentes velocidades de ejecución provoca en el organismo, es uno de los índices más utilizados en el

entrenamiento para cuantificar el entrenamiento de la fuerza y/o la potencia. A pesar de ello, no ha gozado de suficiente interés como para generar investigaciones en las que se relacione con las escalas subjetivas del esfuerzo. Solamente existe una referencia de ultimísima fecha sobre este tipo de investigación. Partiendo de que los ejercicios más utilizados para la evaluación/entrenamiento de la fuerza son el press de banca para el miembro superior, y la sentadilla para el miembro inferior, deberíamos tener un gran control de la dosis de entrenamiento adecuada para cada uno de estos ejercicios.

Objetivos

La principal motivación de la presente Tesis Doctoral es validar la Nueva Escala de Percepción de la Velocidad para el ejercicio de la sentadilla. Para ello, se ha analizado la relación ente la velocidad de ejecución y la RPE en el ejercicio de la sentadilla y el press de banca, como elemento que puede ayudar en el proceso de cuantificación de la intensidad de entrenamiento. Para alcanzar este objetivo se han realizado tres estudios. Los objetivos específicos de cada uno de ellos, complementan y justifican el objetivo principal de esta Tesis Doctoral.

En el primer estudio (**Estudio I**) los objetivos principales fueron, (a) usar la percepción subjetiva de la velocidad de ejecución para monitorizar un entrenamiento de la máxima potencia con el ejercicio de press de banca.

El **Estudio II** tenía como objetivo principal (b) determinar la zona de entrenamiento de la máxima potencia en la sentadilla usando la escala OMNI-RES, y (c) analizar la relación ente la velocidad de ejecución y la RPE en el ejercicio de la sentadilla.

Para finalizar, el objetivo principal del **Estudio III** fue (d) validar una escala de percepción de la velocidad en el ejercicio de la sentadilla con jóvenes esquiadores de élite.

Metodología

Diferentes propuestas metodológicas se llevaron a cabo para la consecución de estos objetivos. En el Estudio I, el diseño experimental constó de dos fases. Una fase de familiarización y otra de evaluación. En la fase de familiarización se realizaron un total de 6 sesiones de entrenamiento con la NEPV en el ejercicio del press de banca. La selección de las cargas dentro de dichas sesiones fue teniendo como criterio la curva de potencia individual obtenida durante el protocolo incremental. Se tomaron los datos relativos a la velocidad media (a través de un DDL) y la percepción subjetiva del esfuerzo (NEPV). En la fase de evaluación se realizó una sesión de entrenamiento. El objetivo principal fue realizar un entrenamiento con las cargas que maximizan la potencia en el ejercicio de press de banca. Se determinaron un total de 4 series en la sesión de trabajo. El número total de repeticiones lo determinaba cada sujeto de forma individual en función de su percepción de la velocidad. La carga seleccionada para cada sujeto fue determinada en la última sesión de la fase de familiarización.

En el Estudio II, se realizó un protocolo incremental de cargas en el ejercicio de la media sentadilla. Se tomaron datos relativos a la velocidad media (DDL) y la percepción subjetiva del esfuerzo (escala OMNI-RES). Todos los participantes, posteriormente a la realización de cada una de las series a los investigadores sobre un valor concreto de la escala OMNI-RES.

Para cumplir los objetivos del Estudio III (f) el apartado método se dividió en dos partes. En la primera, se realizó un protocolo incremental de cargas hasta llegar a una velocidad de la barra inferior a $0.6 \text{ m} \times \text{s}^{-1}$ (aproximadamente a un 80% RM). A los sujetos se les proporcionó un feedback con el valor de la velocidad media durante la realización de cada una de las repeticiones. En la segunda parte, los sujetos realizaron un protocolo de orden aleatorio con 3 cargas. Para que cada sujeto no viera la carga que estaba desplazando durante las series aleatorias, se utilizaron unas gafas de esquiador. Se individualizaron las cargas en función de la curva de potencia obtenida durante

la primera parte experimental. Aunque en término absolutos, cada deportista levantó una carga diferente, en términos relativos, todos los sujetos realizaron el mismo esfuerzo. Las variables medidas en esta segunda parte de la investigación fueron la velocidad media (DDL) y la velocidad subjetiva (NEPV). Para cumplir el objetivo (f) se llevó a cabo un análisis de correlación lineal, tomando como variable dependiente la variable percibida.



CAPÍTULO II
MATERIAL Y MÉTODO

CAPITULO II. Material y Método

Método

La presente Tesis Doctoral se ha subdividido en diferentes estudios de investigación. En este apartado se explicará, estudio por estudio, el material y método correspondiente a cada estudio realizado.

Estudio I

Sujetos: un total de 18 sujetos voluntarios participaron en el presente estudio. Todos los participantes eran estudiantes de la Facultad de las Ciencias de la Actividad Física y el Deporte de la Universitat de València. La media y desviación estándar de la edad, peso y altura fue de 22 ± 2.33 años, 77 ± 5.30 kg y 177 ± 5.34 cm. Todos los participantes firmaron un consentimiento informado sobre los beneficios y perjuicios de la investigación.

Procedimiento: La experimentación fue llevada a cabo en el Laboratorio de Rendimiento de la Facultad de las Ciencias de la Actividad Física y el Deporte de la Universitat de València. Previamente a la primera sesión se procedió a las valoraciones del peso, la altura y a la estandarización de las posiciones de ejecución del ejercicio de press de banca. Para estandarizar el agarre de ejecución se le pidió a cada sujeto que cogiera la barra de la forma habitual de entrenamiento. La barra fue debidamente milimetrada para poder anotar el agarre individual realizado por los participantes. Los sujetos realizaron siempre los mismos agarres en las diferentes ejecuciones. La proyección de la barra sobre el pecho fue estandarizada a 5 cm de la línea intermamilar.

El diseño experimental constó de dos fases. Una fase de familiarización y otra de evaluación. En la fase de familiarización se realizaron un total de seis sesiones de entrenamiento con la Nueva Escala de Percepción de la Velocidad

(NEPV). En la primera sesión se realizó un protocolo incremental de cargas en el ejercicio de press de banca. Previamente a la realización del protocolo, se realizó un calentamiento consistente en 5 minutos en un cicloergómetro a una intensidad de 75 W y 3 series de 10 repeticiones con 20 kg. El protocolo incremental comenzó con una carga inicial de 20 kg (correspondiente al peso de la barra). Se produjeron aumentos de 20 kg cuando la velocidad de la barra fue superior a $5 \text{ m} \times \text{s}^{-1}$ y aumentos de 10 kg cuando la velocidad de la barra fue inferior a $5 \text{ m} \times \text{s}^{-1}$. El protocolo finalizó cuando el sujeto no era capaz de levantar la carga de forma correcta al menos en una ocasión. Entre cada una de las series se dejaron 5 minutos de recuperación para evitar el efecto de la fatiga. Todos los sujetos realizaron un total de 1 a 4 repeticiones. Posteriormente a la finalización de cada serie, se le proporcionó al sujeto el feedback de la velocidad media de ejecución de cada repetición y la velocidad media de la serie. El sujeto tras conocer este valor debía indicar y señalar en la NEPV el valor dado por los investigadores.

Un total de cuatro sesiones de familiarización fueron realizadas. La selección de las cargas dentro de dichas sesiones fue teniendo como criterio la curva de potencia individual obtenida durante el protocolo incremental. Se seleccionó un rango de intensidades desde el 30 al 80% de la 1RM. Un total de 3 cargas se testaron por sesión de entrenamiento. Las cargas fueron administradas de forma aleatoria. El procedimiento específico fue el siguiente: El sujeto salía de una habitación situada al lado de la zona de evaluación con los ojos cerrados y acompañado por un ayudante. Se le colocaba en el banco de evaluación ajustándosele los agarres en la barra. Una vez colocado el sujeto podía abrir los ojos. Mediante las instrucciones del investigador principal el sujeto realizaba la serie. Posteriormente a la finalización de cada una de las series al sujeto se le preguntó por un valor de la velocidad percibida a la que le había desplazado la barra, instándole a señalar en la NEPV la zona y valor numérico correspondiente. En la última sesión de la fase de familiarización se realizaron tres cargas para identificar de forma precisa la intensidad con la que el sujeto expresa la máxima potencia. Para ello se testó una carga correspondiente a una intensidad de 5 kg menor a la carga donde se obtuvo la máxima potencia

en el protocolo incremental. Otra carga con la máxima potencia, y una última carga con 5 kg más que la máxima potencia obtenida en el protocolo incremental. Un total de 3 repeticiones se realizaron en cada una de las cargas. Se dejaron cinco minutos de recuperación entre las series de trabajo.

En la fase de evaluación se realizó una sesión de entrenamiento. El objetivo principal fue realizar un entrenamiento con las cargas que maximizan la potencia en el ejercicio de press de banca. Se determinaron un total de 4 series de trabajo. Mientras que el número total de repeticiones lo determinaba cada sujeto de forma individual en función de su percepción de la velocidad. La carga seleccionada para cada sujeto fue determinada en la última sesión de la fase de familiarización. Entre cada una de las series de la sesión se realizaron ejercicios de abdominales y lumbares (p.e. 2 series x 15 repeticiones).

Análisis Estadístico: Todos los datos están expresados como media \pm desviación estándar. Todos los modelos cumplieron con el test de normalidad (p.e Kolmogorov-Smirnov) y de homogeneidad (p.e. Test de Levene). Un ANOVA de medidas repetidas (MR) fue utilizado para analizar la potencia media (Pot_{media}) la velocidad media (Vel_{media}) y el número de repeticiones de las cuatro series correspondientes a la fase de evaluación. Las diferencias significativas se establecieron al nivel de $p < 0.05$. Todos los análisis fueron realizados usando un software de análisis estadístico (SPSS v.20, SPSS Inc., Chicago, Illinois, USA).

Estudio II

Sujetos: un total de 15 sujetos voluntarios participaron en el presente estudio. Todos los participantes eran estudiantes de la Facultad de las Ciencias de la Actividad Física y el Deporte de la Universitat de València. La media y desviación estándar de la edad, peso y altura fue de 21 ± 2.21 años, 75 ± 6.46 kg y 179 ± 6.48 cm. Todos los participantes firmaron un consentimiento informado sobre los beneficios y perjuicios de la investigación.

Procedimiento: La experimentación fue llevada a cabo en el Laboratorio de Rendimiento de la Facultad de las Ciencias de la Actividad Física y el Deporte de la Universitat de València. En una primera sesión, los participantes acudieron al laboratorio para la evaluación del peso, altura y posición de los pies en el ejercicio de la sentadilla. Tras la toma de los valores antropométricos y estandarización de la posición, a los participantes se les enseñó e instruyó sobre el funcionamiento de la escala OMNI-RES, siguiendo el mismo procedimiento explicado en Robertson et al. (2003).

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

periodos más largos (5 minutos) fueron dejados para velocidades de la barra inferiores a $0.5 \text{ m} \times \text{s}^{-1}$. Inmediatamente después de terminar cada serie, al sujeto se le instó a que dijera y señalara con un dedo en la escala OMNI-RES el cómo de intenso le había parecido la serie que había realizado. Las puntuaciones fueron anotadas para cada sujeto en cada carga del protocolo. Para el control de la velocidad, un transductor de posicionamiento lineal (T-Force System, Ergotech, Murcia, España) fue utilizado para medir la fase concéntrica de cada repetición. Posteriormente, los datos fueron exportados y analizados en Excel.

Análisis Estadístico: Todos los datos están expresados como media \pm desviación estándar. Para la predicción de la velocidad en función de los valores de la escala OMNI-RES un análisis de regresión lineal simple fue realizado. Como variable dependiente fueron escogidas la media de las velocidades medias en las diferentes cargas (20, 30, 40, 50, 60, 70, 80 y 90 kg). Como variable predictora, los valores medios de las puntuaciones obtenidas en la escala OMNI-RES. La correlación de Pearson fue realizada para analizar la correlación de la velocidad media con las puntuaciones de la escala OMNI-RES en las 8 cargas del protocolo incremental en cada uno de los participantes en esta investigación. Todos los análisis fueron realizados usando un software de análisis estadístico (SPSS v.20, SPSS Inc., Chicago, Illinois, USA).

Estudio III

Sujetos: un total de 11 deportistas (8 chicos y 3 chicas) todos ellos pertenecientes a la Federación Andaluza de Deportes de Invierno participaron en este estudio. La media \pm desviación estándar de la edad, peso, altura, RM estimada y ratio RM/BM fue de 15 ± 1.12 años, 64 ± 11.56 kg, 167 ± 8.63 cm y 1.61 ± 0.40 . Los participantes en la presente investigación se encontraban en una concentración de la Federación Andaluza de Deportes de Invierno en las instalaciones del Centro de Alto Rendimiento de Sierra Nevada (Granada, España). Todos los deportistas firmaron un consentimiento informado sobre los beneficios y perjuicios de la investigación.

Procedimiento: Todas las evaluaciones se realizaron en las instalaciones del Centro de Alto Rendimiento de Sierra Nevada (Granada, España). El apartado de procedimental se dividió en:

Fase de Familiarización

En la fase de familiarización los sujetos realizaron un protocolo incremental de cargas en el ejercicio de la sentadilla hasta llegar a una velocidad de desplazamiento de la barra inferior a $0.6 \text{ m} \times \text{s}^{-1}$. La elección de dicha velocidad para finalizar el protocolo incremental se debió a motivos propedéuticos. Los deportistas evaluados no realizaban en sus entrenamientos habituales levantamientos con cargas cercanas a la 1RM.

Calentamiento: Todos los sujetos realizaron un calentamiento previo a la realización de los protocolos. El calentamiento constaba de dos partes. En la primera parte se realizó 10 minutos en un cicloergómetro a una intensidad de 75 W, mientras que en la segunda parte, los sujetos realizaron 3 series de 15 repeticiones en una máquina Smith con el peso de la barra (16 kg).

Protocolo: El protocolo comenzó con una carga inicial de 16 kg (correspondiente al peso de la barra). Se produjeron aumentos de cargas de 20 kg hasta llegar a una velocidad de desplazamiento de la barra inferior a 0.6 m x s⁻¹. La muestra femenina realizó el mismo protocolo incremental pero con incrementos de carga de 10 kg. Todos los participantes realizaron un total de 4 repeticiones en cada una de las series. Durante la realización de cada una de las repeticiones se proporcionó al sujeto un feedback de la velocidad media de desplazamiento de la barra. Para evitar la acción de rebote el descenso de la barra fue controlado mediante instrucciones verbales emitidas por los investigadores. Se dejaron descansos de 3 minutos entre la realización de cada una de las series, exceptuando las dos últimas cargas en donde 5 minutos de recuperación fueron dejados.

Fase de Validación

En la fase de validación se realizó un protocolo de seis cargas de orden aleatorio. Se seleccionaron 6 intensidades relativas a la 1RM (20%, 30%, 40%, 50%, 60% y 70%). La selección de dichas cargas atendió a todo el rango de cargas que estos deportistas realizaban en su entrenamiento habitual. Todos los sujetos realizaron un total de 3 - 4 repeticiones en las intensidades seleccionadas. Posteriormente a la ejecución de cada serie, se preguntó a los sujetos por la velocidad media percibida a la que habían desplazado la barra. Para evitar que los sujetos vieran la carga antes de la realización de las series se utilizó unas gafas de esquí y un gorro que tapaba la visión periférica (ver Figura 34).



Figura 34. Un sujeto durante la realización del protocolo en la fase de validación. Con las gafas de esquí y el gorro ocultando la visión periférica.

Análisis Estadístico: Los datos descriptivos para las variables perceptuales y de velocidad fueron expresados como media y desviación típica. La validación de la escala fue determinada mediante un análisis de correlación y de regresión lineal simple entre la velocidad percibida (percepción en la nueva escala) y la velocidad media de ejecución (variable criterio). Se realizó un ANOVA de MR (día [2 niveles] x intensidad [6 niveles]) de las diferencias de velocidad ($Dif = Vel_{Escala} - Vel_{Real}$) para comprobar el ajuste de la percepción de la Vel_{Escala} con la Vel_{Real} . Además se realizó un ANOVA de medidas repetidas por cada una de las variables analizadas (Vel_{Escala} y Vel_{Real}) en las diferentes intensidades. Las diferencias significativas se establecieron al nivel de $p < 0.05$. Todos los análisis fueron realizados usando un software de análisis estadístico (SPSS v.20, SPSS Inc., Chicago, Illinois, USA).

Material e instrumentación de medida

Material utilizado para la valoración biométrica

Para la evaluación del peso y la altura de cada uno de los participantes se utilizó un peso y un tallímetro (ver Figura 35).



Figura 35. Balanza con tallímetro.

Material utilizado para la valoración en los test realizados

Dispositivo de desplazamiento lineal (DDL)

Un DDL (T-Force System, Ergotech, Murcia, España) fue utilizado para medir las variables de la velocidad, fuerza y potencia de cada uno de los ejercicios realizados. El DDL utilizado constaba con una velocidad de muestreo de 1.000 Hz. El dispositivo consta de un cable que se engancha a la barra y la información del desplazamiento queda registrada, después de pasar por una tarjeta de adquisición de datos, en un ordenador personal.



Figura 36. Dispositivo de Desplazamiento Lineal.

Máquina Smith o Multipower

Tanto para el ejercicio de press de banca como para la sentadilla se utilizó una máquina Smith (Gervasport, Madrid, España) debidamente calibrada para la evaluación. El peso total de la barra sin discos fue de 20 kg. La barra fue milimetrada para anotar el agarre individual realizado por los participantes.



Figura 37. Máquina Smith o multipower.

Ordenador Personal

Para la recogida de los datos se utilizó un ordenador portátil (Asus Core i5, modelo K52J). Este mismo ordenador fue utilizado para el posterior procesamiento de los datos (Ver Figura 40).



Figura 38. Ordenador personal Asus K52J.

Variables Perceptivas

Escala OMNI-RES

Para la evaluación de la percepción subjetiva del esfuerzo la escala OMNI-RES fue administrada. Dicha escala consta de 10 valores numéricos y 5 ítems cualitativos. Además, se acompaña de pictogramas para facilitar su comprensión. Esta escala fue validada por Robertson et al. (2003) y Robertson et al. (2005), tanto para ser utilizada con niños, como con una muestra adulta (Ver Figura 32 A y B).

Nueva Escala de la Percepción de la Velocidad

Para la evaluación perceptiva de la velocidad se utilizó la nueva escala de la percepción de la velocidad a color (Bautista, 2012). Los rangos numéricos de la escala comprenden desde 1.6 hasta $0.1 \text{ m} \times \text{s}^{-1}$. La escala, además de los valores numéricos, posee cinco valores cualitativos, los cuales son: Muy Rápido, Rápido, Medio, Lento y Muy Lento. Esta escala fue validada por Bautista (2012) en el ejercicio de press banca en una población de adultos entrenados (Ver Figura 33).



CAPÍTULO III
RESULTADOS

CAPITULO III. Resultados

En este capítulo se desarrollarán los resultados obtenidos durante las diferentes tomas de datos realizadas para cada uno de los estudios. Siguiendo el orden lógico de los objetivos propuestos para la presente Tesis Doctoral.

Estudio I

La carga absoluta (kg) donde se alcanzó la mejor relación entre la fuerza y la velocidad fue de 51 ± 7.89 kg. En términos de porcentaje de la 1RM, esta carga correspondió a un valor de 64 ± 8.5 % 1RM, y a una velocidad de ejecución 0.75 ± 0.06 m x s⁻¹.

El ANOVA de MR no mostró diferencias significativas ($F[3,51] = 2.734$; $\rho = 0.081$; $\eta^2 = 0.123$; $1-\beta = 0.562$) entre la potencia media analizada en las diferentes series de trabajo. Las Pot_{Media} de las series de trabajo fueron de: 359 ± 54 , 359 ± 52 , 351 ± 54 y 351 ± 56 W, respectivamente para las series 1, 2, 3 y 4 (Ver Figura 39).

El ANOVA de MR no mostró diferencias significativas ($F[3,51] = 2.734$; $\rho = 0.081$; $\eta^2 = 0.123$; $1-\beta = 0.562$) entre la velocidad media analizada en las diferentes series de trabajo. Las Velocidad Media de las series de trabajo fueron de: 0.72 ± 0.06 , 0.71 ± 0.06 , 0.71 ± 0.06 y 0.70 ± 0.05 m x s⁻¹ respectivamente, para las series 1, 2, 3 y 4 (Ver Figura 39).

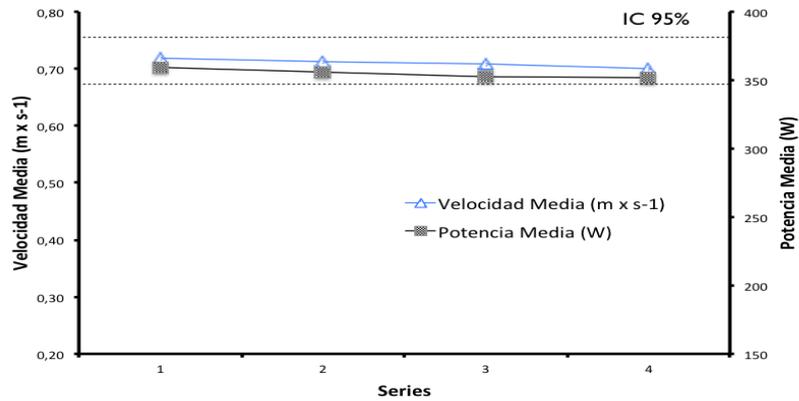


Figura 39. Velocidad media y potencia media de cada una de las series.

El ANOVA de MR no mostró diferencias significativas ($F[3,51] = 0.979$; $\rho = 0.410$; $\eta^2 = 0.054$; $1-\beta = 0.252$) entre las repeticiones realizadas en las cuatro series de trabajo. Las repeticiones medias fueron de 8.17 ± 2.18 , 8 ± 2.50 , $7,83 \pm 2.57$ y 7.33 ± 3.14 , respectivamente para las series 1, 2, 3 y 4 (Ver Figura 40).

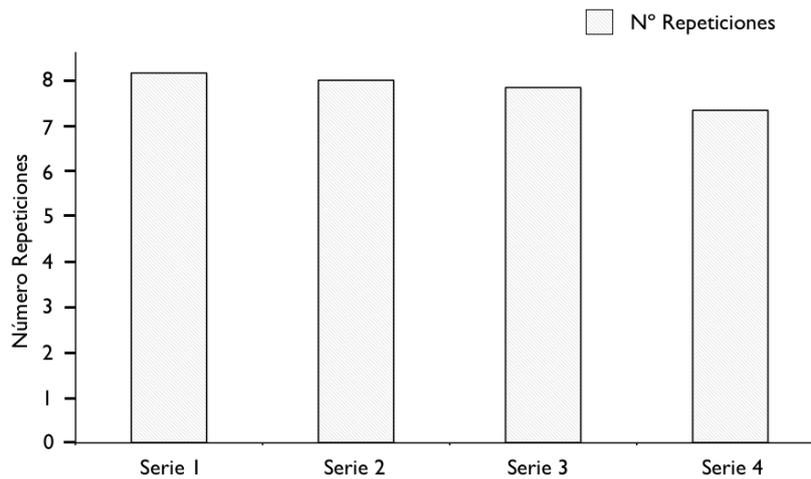


Figura 40. Repeticiones medias realizadas en cada una de las series.

Estudio II

La velocidad media de la barra en el ejercicio de sentadilla y las puntuaciones de la escala OMNI-RES fueron registradas en cada carga del protocolo incremental. En la Tabla 1 se muestran los datos de la media y la desviación para estas dos variables.

N	15	15	15	15	15	15	12	12
Carga (kg)	20	30	40	50	60	70	80	90
Vel_{Media} (m*s⁻¹)	0.91	0.82	0.75	0.69	0.61	0.56	0.50	0.48
SD	0.12	0.08	0.08	0.08	0.09	0.12	0.12	0.10
OMNI-RES_{Media}	0.43	1.42	2.73	3.62	5.10	6.55	7.80	8.56
SD	0.37	0.50	0.70	1.06	1.19	1.43	1.51	1.48

Tabla 1. Media y desviación de la Carga, Velocidad media y valor medio de la escala OMNI-RES para cada una de las series de 20 a 90 kg.

En la Tabla 2 se muestra el análisis de la correlación de Pearson para cada una de las Velocidades medias de cada carga.

	N	Correlación de Pearson
Vel _{media_20} vs OMNI _{media_20}	15	-0.48
Vel _{media_30} vs OMNI _{media_30}	15	-0.61*
Vel _{media_40} vs OMNI _{media_40}	15	-0.67**
Vel _{media_50} vs OMNI _{media_50}	15	-0.57*
Vel _{media_60} vs OMNI _{media_60}	15	-0.53*
Vel _{media_70} vs OMNI _{media_70}	15	-0.73**
Vel _{media_80} vs OMNI _{media_80}	12	-0.79**
Vel _{media_90} vs OMNI _{media_90}	12	-0.84**

p < 0.05; ** p < 0.01

Tabla 2. Valores de la correlación de Pearson para cada una de las Velocidades medias de cada carga.

La velocidad media (Vel_{media}) de todos los participantes en cada carga del protocolo (8 cargas) fue correlacionada con los valores medios de la escala OMNI-RES. El resultado de la correlación de Pearson se muestra en la Tabla 3.

	N	Correlación Pearson
Vel _{media} vs OMNI _{media}	125	-0.899 **

** p < 0.01

Tabla 3. Correlación de Pearson entre la Velocidad media y los valores medios de la escala OMNI-RES.

El análisis de regresión lineal se muestra el Figura 41. La variable predictora (puntuaciones escala OMNI-RES) situada en el eje x. Como variable dependiente (Vel_{Media}) situada en el eje y. El análisis de la correlación de Pearson mostró una fuerte correlación lineal negativa (r = -0.899; $\rho = 0.000$) entre ambas variables.

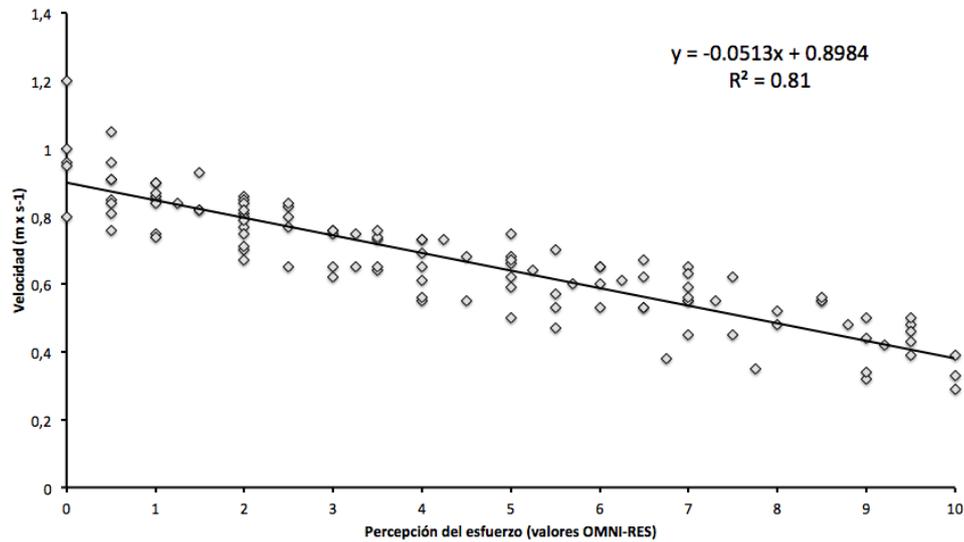


Figura 41. Análisis de regresión lineal entre los valores de la escala OMNI-RES (eje x) y los resultados de la velocidad (eje y) en el ejercicio de la media sentadilla.

En la Tabla 4 se muestran las ecuaciones predictoras de la Vel_{media} en función de los valores obtenidos de la escala OMNI-RES.

Fórmulas de Predicción		
$Vel_{media} = (-0.051 * \text{valor OMNI-RES}) + (0.898)$	$r = 0.899$	$r^2 = 0.809$
$Vel_{media} = (-0.047 * \text{valor OMNI-RES}) + (0.923)$	Limite Superior 95% IC	
$Vel_{media} = (-0.056 * \text{valor OMNI-RES}) + (0.874)$	Limite Inferior 95% IC	

Tabla 4. Ecuaciones predictoras de la Velocidad media en función de los valores obtenidos de la escala OMNI-RES.

Estudio III

En la Tabla 5 se resumen los datos descriptivos (media y desviación estándar) para las variables de la carga, Vel_{Real} y Vel_{Escala} en las seis intensidades analizadas (20%, 30%, 40%, 50%, 60% y 70% RM) en las 2 ocasiones evaluadas.

	20 % RM			30 % RM			40 % RM			50 % RM			60 % RM			70 % RM		
	Vel _{Real} (m·s ⁻¹)	Vel _{Escala}	Carga (kg)	Vel _{Real} (m·s ⁻¹)	Vel _{Escala}	Carga (kg)	Vel _{Real} (m·s ⁻¹)	Vel _{Escala}	Carga (kg)	Vel _{Real} (m·s ⁻¹)	Vel _{Escala}	Carga (kg)	Vel _{Real} (m·s ⁻¹)	Vel _{Escala}	Carga (kg)	Vel _{Real} (m·s ⁻¹)	Vel _{Escala}	Carga (kg)
Día 1	1.36 (0.18)	1.33 (0.17)	23 (6)	1.27 (0.09)	1.27 (0.09)	32 (11)	1.13 (0.06)	1.16 (0.08)	43 (15)	1.05 (0.05)	1.05 (0.06)	53 (19)	0.88 (0.04)	0.83 (0.05)	63 (23)	0.73 (0.14)	0.69 (0.12)	73 (37)
Día 2	1.39 (0.20)	1.37 (0.19)	23 (6)	1.26 (0.11)	1.26 (0.13)	32 (11)	1.15 (0.10)	1.16 (0.08)	43 (15)	1.06 (0.07)	1.06 (0.11)	53 (19)	0.86 (0.02)	0.86 (0.04)	63 (23)	0.76 (0.09)	0.70 (0.12)	73 (37)

Tabla 5. Media y desviación típica de la carga (kg), velocidad media real (Vel_{Real}) y velocidad percibida en la escala (Vel_{Escala}) en las seis intensidades analizadas en las dos ocasiones de evaluación.

En la Tabla 6 se resumen los resultados relativos al análisis de correlación lineal en función de las intensidades realizadas.

	20% RM		30% RM		40% RM		50% RM		60% RM		70% RM	
	r	R ²	r	r	r	R ²						
Día 1	0.92**	0.85	0.96**	0.82	0.90**	0.81	0.81**	0.66	0.89**	0.79	0.93**	0.86
Día 2	0.96**	0.92	0.91**	0.83	0.93**	0.86	0.90**	0.81	0.58	0.33	0.96**	0.92

** $\rho = 0.01$

Tabla 6. Análisis de correlación lineal entre la velocidad real (Vel_{Real}) y la velocidad percibida (Vel_{Escala}) en función de las 3 intensidades analizadas (30%, 50% y 70% de la 1RM).

En las Figuras 42 y 43 se muestran los resultados relativos al análisis de correlación lineal entre la Vel_{Real} y Vel_{Escala} atendiendo al global de las seis intensidades analizadas en los dos días de evaluación.

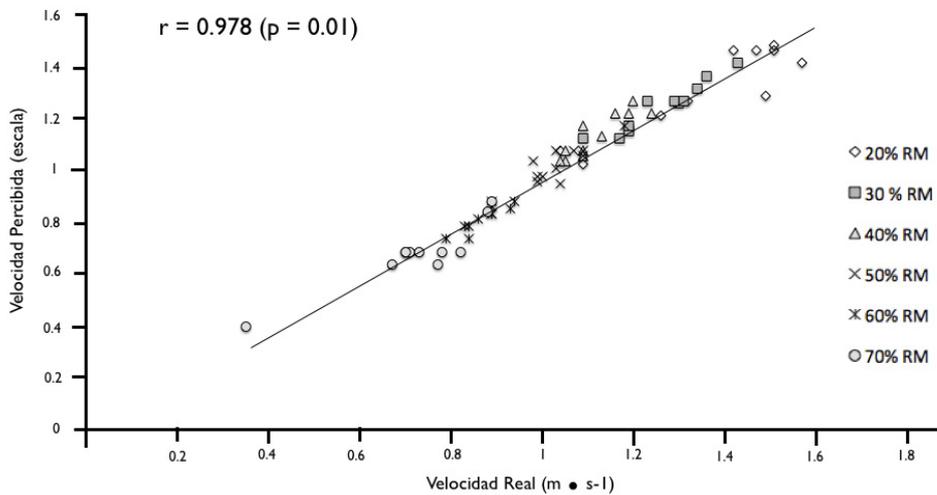


Figura 42. Análisis de correlación lineal entre la Velocidad percibida (Vel_{Escala}) y la Velocidad Real (Vel_{Real}) incluyendo las 6 intensidades analizadas del día 1.

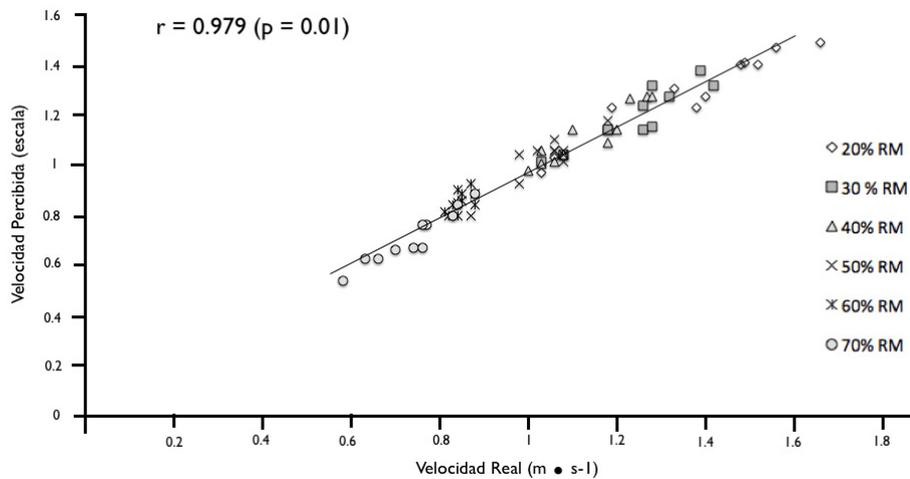


Figura 43. Análisis de correlación lineal entre la Velocidad percibida (Vel_{Escala}) y la Velocidad Real (Vel_{Real}) incluyendo las 6 intensidades analizadas del día 2.

El ANOVA de MR de las diferencias de velocidad ($Vel_{Escala} - Vel_{Real}$) no mostró diferencias significativas en el efecto de la variable *día* ($F[1,10] = 0.152$; $\rho = 0.705$; $\eta^2 = 0.015$; $1-\beta = 0.064$) ni en la interacción *día x intensidad* ($F[5,50] = 1.560$; $\rho = 0.189$; $\eta^2 = 0.135$; $1-\beta = 0.501$). Diferencias significativas fueron encontradas en el efecto de la variable *intensidad* ($F[5,50] = 5.878$; $\rho = 0.001$; $\eta^2 = 0.370$; $1-\beta = 0.989$). El post Hoc de Bonferroni mostró diferencias significativas para las comparaciones de las intensidades 30% RM con 70% RM ($\rho = 0.047$) y la intensidad del 40% RM con 60% y 70% RM ($\rho = 0.045$ y $\rho = 0.021$, respectivamente).

El ANOVA de MR mostró diferencias significativas ($F[5,50] = 87.23$; $\rho = 0.0001$; $\eta^2 = 0.899$; $1-\beta = 0.999$) en la Vel_{Real} en las diferentes intensidades analizadas (20%, 30%, 40%, 50%, 60% y 70% RM). El post Hoc de Bonferroni mostró diferencias significativas ($\rho = 0.043$; $\rho = 0.001$; $\rho = 0.001$; $\rho = 0.001$ y $\rho = 0.0001$) para las comparaciones de la intensidad de 20% RM con las intensidades del 30%, 40%, 50%, 60% y 70% RM, respectivamente. Para las comparaciones de la intensidad del 30% RM con las intensidades del 40%, 50%, 60% y 70% RM ($\rho = 0.0001$, para todas las comparaciones), para las comparaciones del 40% RM con las intensidades del 50%, 60% y 70% RM ($\rho = 0.0001$, para todas las

intensidades), las comparaciones del 50% RM con las intensidades del 60% y 70% RM ($\rho = 0.0001$, para todas las intensidades), y para las comparaciones del 60% RM con la intensidad del 70% RM ($\rho = 0.0001$) (ver Figura 44).

El ANOVA de MR de la variable Vel_{Escala} mostró diferencias significativas ($F[5,50] = 89.47$; $\rho = 0.0001$; $\eta^2 = 0.897$; $1-\beta = 0.999$) en las diferentes intensidades analizadas (20%, 30%, 40%, 50%, 60% y 70% RM). El post Hoc de Bonferroni mostró diferencias significativas ($\rho = 0.045$; $\rho = 0.002$; $\rho = 0.001$; $\rho = 0.0001$ y $\rho = 0.0001$) para las comparaciones de la intensidad de 20% RM con las intensidades del 30%, 40%, 50%, 60% y 70% RM, respectivamente. Para las comparaciones de la intensidad del 30% RM con las intensidades del 40%, 50%, 60% y 70% RM ($\rho = 0.0001$, para todas las intensidades) y para las comparaciones del 40% RM con las intensidades del 50%, 60% y 70% RM ($\rho = 0.0001$, para todas las intensidades), las comparaciones del 50% RM con las intensidades del 60% y 70% RM ($\rho = 0.0001$, para todas las intensidades), y para las comparaciones del 60% RM con la intensidad del 70% RM ($\rho = 0.0001$) (ver Figura 44).

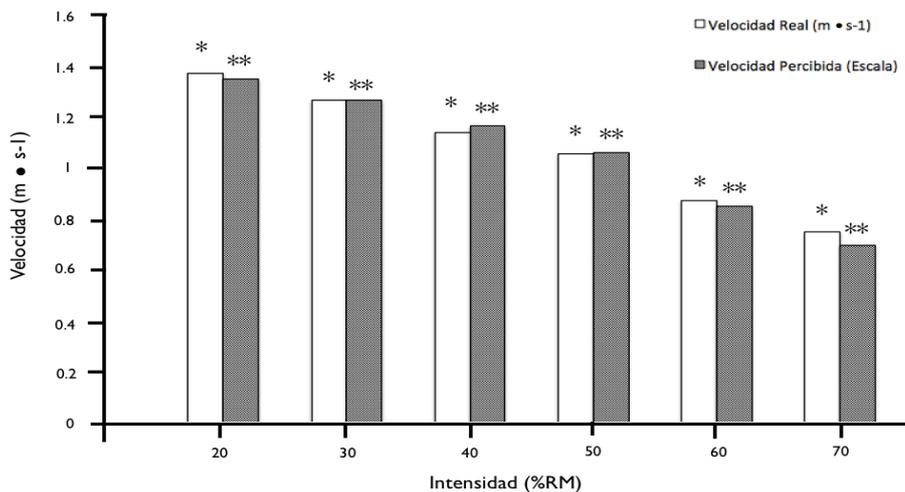


Figura 44. Velocidad Real y Velocidad Percibida en cada Porcentaje de la RM. * = Diferencias significativas ($\rho < 0.05$) en la Velocidad Real (Vel_{Real}) en todas las intensidades. ** = Diferencias significativas ($\rho < 0.05$) en la Velocidad Percibida (Vel_{Escala}) en todas las intensidades.



CAPÍTULO IV
DISCUSIÓN

CAPITULO IV. Discusión

Estudio I

El objetivo principal de esta investigación fue analizar si mediante el uso de una escala de percepción de la velocidad era posible monitorizar una sesión de entrenamiento con la carga en la que se maximizaba la máxima potencia. Para ello, se seleccionaron las cargas óptimas donde se desarrollaba la máxima potencia (es decir, la mejor relación de la fuerza con la velocidad). El número de repeticiones fue seleccionado por cada sujeto en función de su percepción subjetiva de la velocidad. Específicamente para el press de banca, la velocidad media donde se desarrolla la máxima potencia es de aproximadamente 0.7 m x s^{-1} , hablando en términos de porcentaje de la 1RM en torno al 60% (Backer et al., 2001; Kamawori y Newton, 2006). Estos datos concuerdan con los encontrados en nuestro estudio, ya que el porcentaje de la 1RM correspondió a un $64 \pm 8.5 \%$ de la 1RM. Cuando los datos fueron expresados en función de la velocidad de ejecución encontramos que la carga absoluta media fue de aproximadamente 52 kg desplazadas a una velocidad de $0.75 \pm 0.06 \text{ m x s}^{-1}$.

La habilidad de mejorar el entrenamiento de la potencia es considerada uno de los factores más importantes para optimizar el rendimiento en las actividades atléticas y deportivas (Cronin y Sleivert, 2005). La investigación sobre la producción de potencia se ha centrado en la relación potencia media/carga y potencia pico/carga (Baker y Newton, 2006; Baker et al., 2001; Izquierdo et al., 2006; De Assis et al., 2012; Leontijevic et al., 2012), llegando al consenso de que el porcentaje en donde se consigue la potencia media y pico en el ejercicio del press de banca se encuentra entre el 30 y el 70% de la 1 RM. Según Newton et al. (1997) los valores de potencia más altos se dan entre el 30% y el 45% de la 1 RM.

En la literatura podemos encontrar diferentes estudios que investigan las variables a tener en cuenta en el entrenamiento de la fuerza y sus diferentes

orientaciones: la carga de entrenamiento (Cronin y Sleivert, 2005; Kawamori et al., 2005; Cormie et al., 2007), el número de series (Bird et al., 2005), el tipo de ejercicio (Elliot et al., 1989; Fleck y Kraemer, 2004; Newton et al., 2006; Frost et al., 2008; Cormie et al., 2011b), el orden de los ejercicios (Sforzo y Touey, 1996; Kraemer et al., 1988; Spreuwenberg et al., 2006), la duración de los períodos de descanso (Kraemer y Ratamess, 2004), la frecuencia de entrenamiento (Kraemer et al., 1988; Rhea et al., 2003; Kraemer y Fleck, 2010) y la velocidad de ejecución (Kaneko et al., 1983; McBride et al., 2002; Fielding et al., 2002; Kawamori y Newton, 2006; Sánchez-Medina et al., 2010; Sánchez-Medina y González-Badillo y, 2011; Buitrago et al, 2012).

Los resultados obtenidos en nuestra investigación no muestran diferencias significativas entre 1) Pot_{media} , 2) Vel_{media} y 3) el número de repeticiones en las cuatro series de trabajo. Así, la Pot_{media} se mantuvo en unos rangos de 473 y 273 W. Por otra parte, el rango de la Vel_{media} estuvo entre 0.90 y 0.66 m x s⁻¹. Igualmente, la media de repeticiones obtenidas fueron de 8.17 ± 2.18 , 8 ± 2.50 , $7,83 \pm 2.57$ y 7.33 ± 3.14 , respectivamente para las series 1, 2, 3 y 4.

Analizando la Pot_{media} , la Vel_{media} y las repeticiones realizadas en las cuatro series y una vez visto que no mostraron diferencias significativas entre ellas, podemos concluir que el trabajo realizado por parte de los sujetos fue un trabajo de potencia máxima para el ejercicio de press de banca. Los datos obtenidos en nuestro estudio corroboran los resultados obtenidos por Bird et al. (2005) y Fleck y Kraemer (2004) quienes establecen un número mínimo de tres series y un máximo de cinco para el entrenamiento de la potencia.

Producir picos o potencia media con múltiples cargas no implica que se proporcione un estímulo favorable para mejorar el rendimiento deportivo sobre la potencia. En este sentido Most, Refsnes, Abildgaard, Nicolaysen, y Jensen (1997) dicen que el éxito puede estar limitado por la habilidad de desarrollar potencia con una carga determinada, enfatizando de esta forma la dependencia de la velocidad de ejecución a la contribución de niveles altos de potencia. Sin embargo, Frost et al. (2008) sugieren que un ajuste de este amplio espectro de cargas mejoraría los resultados deportivos. En este sentido y atendiendo a la

sugerencia de este autor, la carga seleccionada con la que cada sujeto trabajó fue su carga de máxima potencia, establecida previamente.

En los últimos tiempos, la velocidad de ejecución ha pasado a tener un papel muy importante en el control del entrenamiento, y diferentes estudios concluyen que es un buen indicador de la intensidad de los ejercicios de fuerza (Fielding et al., 2002; Pereira y Gomes, 2003; Kawamori y Haff, 2004; Kawamori y Newton, 2006; Sánchez-Medina et al., 2011). El trabajo de Fielding (2012) analiza la intención de desplazar explosivamente una carga, comparando dos grupos de deportistas que movilizaban una carga del 70% de la 1 RM. A uno de los grupos se le pidió que intentaran movilizar la barra a máxima velocidad, mientras que el otro debía realizarlo a velocidad controlada. Los resultados obtenidos demuestran que el grupo que se entrenó enfatizando la explosividad en la velocidad de ejecución mejoró significativamente la potencia en un amplio abanico de cargas (40 al 90% de la 1 RM). En este sentido, se ha demostrado que es posible, mediante una fase de familiarización con la NEPV, realizar un trabajo enfocado hacia la máxima potencia basándonos en los valores de la velocidad percibida de ejecución. Este hecho supone un gran avance en cuanto a la periodización del entrenamiento de la fuerza, puesto que no nos basamos en “recetas” estándar para programar un número determinado de repeticiones, si no que son los propios deportistas los que determinan el número adecuado de las mismas.

En nuestro estudio, atendiendo a la variable velocidad de ejecución, se familiarizó a los sujetos a trabajar por encima de velocidades de $0.7 \text{ m} \times \text{s}^{-1}$, y se les instruyó para que cesaran las repeticiones una vez percibieran que estaban por debajo de de la zona de la máxima potencia. Así, la velocidad de ejecución determinó el número total de repeticiones realizadas, tal como concluye Buitrago et al. (2012).

A pesar de la proliferación de estudios que atienden a la variable criterio de la velocidad de ejecución, en la literatura tan solo encontramos un estudio en donde se ha analizado la relación existente entre la RPE y la intensidad en términos de velocidad (Bautista, 2012). El propósito de la investigación de este autor fue analizar la relación existente entre la percepción subjetiva del

esfuerzo medida con la escala OMNI-RES y la Vel_{media} de la barra en el press de banca en un protocolo incremental de cargas. Se obtuvo una correlación de -0.884 ($\rho = 0.0001$) entre la Vel_{media} y los valores de la escala OMNI-RES. De esta forma el autor concluyó que es posible obtener un valor estimado de la velocidad de ejecución utilizando la escala OMNI-RES.

A modo de conclusión de este estudio, podemos señalar que la utilización de la NEPV como herramienta de monitorización de la intensidad en las sesiones de entrenamiento de la fuerza para el ejercicio de press de banca, es una forma útil y válida para determinar el número de repeticiones adecuadas a cada orientación de trabajo.

Estudio II

El propósito de este estudio fue analizar la relación existente entre los valores de la escala OMNI-RES y la velocidad media (Vel_{media}) en un protocolo incremental de cargas en media sentadilla realizado en máquina Smith. Una vez estudiadas las correlaciones entre las cargas (8 en total) con sus correspondientes valores de la escala OMNI-RES, también se examinó la correlación de la Vel_{media} con las medias de las puntuaciones en la escala de percepción del esfuerzo. Para finalizar se estableció una fórmula de predicción (Ver Tabla 4) de la Vel_{media} en función de los valores obtenidos de la escala OMNI-RES.

Diferentes estudios correlacionan la intensidad de trabajo de fuerza con los valores de la escala OMNI-RES en diferentes edades de la población (Gearhart et al, 2009; McGuigan et al., 2008; Lins-Filho et al., 2012). Más concretamente Gearhart et al. (2009) analizaron si mediante el uso de la escala OMNI-RES se podía cuantificar la intensidad de las sesiones de fuerza durante doce semanas de entrenamiento en personas mayores (hombres 64.3 ± 3.2 años, mujeres 63.8 ± 2.8 años). Los resultados obtenidos en esta investigación mostraron

cómo en una determinada puntuación de la escala, la carga total levantada aumentó de forma significativa ($\rho < 0.05$) en todos los ejercicios realizados (prensa de piernas, polea tras nuca, press de banca, extensión de rodilla, extensión de brazos y flexión de brazos). Los autores concluyeron que la escala OMNI-RES es sensible a los cambios de percepción subjetiva con el entrenamiento, y por consiguiente, es una buena herramienta de control del rendimiento. Así al aumentar la fuerza, las personas mayores pueden realizar el seguimiento de los cambios de la fuerza con la RPE de la escala OMNI-RES, sin necesidad de realizar la evaluación de la 1 RM, reduciendo de este modo el riesgo de lesión durante los programas de entrenamiento de la fuerza.

McGuigan et al. (2008) estudiaron el comportamiento de la OMNI-RES para monitorizar la intensidad de diferentes sesiones de fuerza en niños (9.7 ± 1.4 años) con sobrepeso. El coeficiente de correlación entre los valores medios y la sesión de RPE fue significativa ($r = 0,88$, $\rho < 0,05$). Los datos de este estudio mostraron que los valores de la RPE fueron mayores cuando las puntuaciones de la escala OMNI-RES se tomaron al final de la sesión, en comparación con la media de todos los ejercicios realizados.

Lins-Filho et al. (2012) realizaron un estudio en personas habituadas al entrenamiento con resistencias externas (22.9 ± 3.8 años) donde testaron la efectividad de la escala OMNI-RES para discriminar la intensidad de dos sesiones de fuerza (70% y 50% de la 1RM, respectivamente). Los autores encontraron diferencias significativas en la RPE en todos los ejercicios testados en función de la intensidad aplicada. En la sesión realizada al 50% de la 1RM, no existieron diferencias significativas en la RPE. Sí encontraron diferencias significativas en la RPE de las sesiones realizadas al 70% de la 1RM. Los autores concluyen que la RPE es capaz de reflejar la fatiga muscular durante la realización de ejercicios intensos.

Naclerio et al. (2011) relacionaron rango de porcentajes de la 1 RM con un valor aproximado de la escala OMNI-RES. Estos autores concluyen que el valor de la RPE no empieza a ser discriminatorio hasta el rango 70-80% de la 1 RM, que corresponde con un valor de RPE de 6.8 ± 1.0 .

Los datos correspondientes a la correlación de Pearson presentados en nuestro estudio, se analizaron carga a carga para comprobar la correlación entre la Vel_{media} y los $OMNI_{Media}$ (Ver Tabla 3). El análisis de la correlación de Pearson mostró una fuerte correlación lineal negativa ($r = -0.899$; $\rho = 0.0001$) entre ambas variables (ver Figura 41). Con estos resultados, nuestros hallazgos indican que mediante el uso de la escala OMNI-RES es posible la cuantificación de la intensidad del entrenamiento en el miembro inferior, mediante el control de la Vel_{media} de ejecución. En este sentido Bautista (2012) encontró valores de correlación de $r = -0.884$ entre la velocidad media y los valores de la escala OMNI-RES en el ejercicio del press de banca.

Existen diferentes estudios que han analizado la RPE y la predicción de la 1RM (Hatfield et al., 2006; Robertson et al., 2008; Eston y Evans, 2009; Naclerio et al., 2010). Eston y Evans (2009) analizaron la validez del uso de valores submáximos de RPE (Borg 6 – 20) para predecir la 1 RM con personas adultas. Los resultados de este estudio mostraron correlaciones entre la RPE y la 1RM de 0.92 para el ejercicio de la extensión de rodilla. Los autores concluyeron que es posible predecir un valor de la 1RM estimado usando valores submáximos de la RPE. Naclerio et al. (2010) utilizando la velocidad de desplazamiento de la barra, propusieron dos fórmulas de predicción para estimar la 1RM, ya sea utilizando la RPE (escala OMNI-RES) o los valores de velocidad. Los resultados demostraron la validez y la fiabilidad de ambas fórmulas ($r = 0.97$ y $r = 0.93$, para la RPE y la velocidad, respectivamente). Robertson et al. (2008) desarrollaron un modelo matemático para estimar el valor de la 1 RM usando valores submáximos de la RPE (escala OMNI-RES) como variable de predicción en niños. Con una correlación de $r = 0.87$ y $r = 0.89$ entre la RPE submáxima y la RM, los autores concluyeron que el modelo de predicción de la RM con base en la RPE proporciona una precisa predicción de la máxima carga desplazada en personas jóvenes.

Diferentes estudios concluyen que la velocidad de ejecución es un buen indicador de la intensidad de los ejercicios de fuerza (Pereira y Gomes, 2003; Kawamori y Haff, 2004; Kawamori y Newton, 2006; Sánchez-Medina et al., 2010). A pesar de ello, en la literatura tan sólo encontramos un estudio en

donde se ha analizado la relación existente entre la RPE y la intensidad en términos de velocidad (Bautista, 2012). El propósito de la investigación de este autor fue analizar la relación existente entre la percepción subjetiva del esfuerzo medida con la escala OMNI-RES y la Vel_{media} de la barra en el press de banca en un protocolo incremental de cargas. Se obtuvo una correlación de -0.884 ($\rho = 0.0001$) entre la Vel_{media} y los $Valor_{Escala}$. Los datos obtenidos en nuestra investigación se analizaron desde dos puntos de vista. El primer análisis correspondió a cada carga correlacionado con las puntuaciones de la escala OMNI-RES (ver Tabla 2). Posteriormente se correlacionaron todos los valores obtenidos en la escala OMNI-RES con su correspondiente velocidad de ejecución (ver Tabla 3 y Figura 41). En ambos casos, el coeficiente de correlación de Pearson fue negativo, es decir, cuando aumenta la intensidad (carga externa) disminuye el valor de velocidad de ejecución. A nivel relativo, es decir, las correlaciones carga a carga de la velocidad y la puntuación de la escala OMNI-RES todas las comparaciones, excepto una (Vel_{media_20} vs $OMNI_{media_20}$) fueron significativas. Este resultado es lógico, puesto que la escala OMNI-RES mide la percepción subjetiva del esfuerzo dentro de unos mínimos y máximos individuales. Lo cual, quiere decir que todos los participantes, ante una carga ligera (p.e. 20 kg) dijeron un valor de 0 o de 1, independientemente de que su velocidad de ejecución fuera mayor o menor.

En resumen, los resultados obtenidos en nuestro estudio tienen una buena correlación entre Vel_{media} y $Valor_{Escala}$ permitiéndonos obtener una ecuación predictora de la velocidad media para poder cuantificar la intensidad de las repeticiones, series y sesiones. Así se podría evaluar la intensidad del ejercicio mediante la velocidad de ejecución sin necesidad de tener un dispositivo de desplazamiento lineal. Además, se puede utilizar la escala OMNI-RES para predefinir unos rangos de trabajo (p.e. trabajo de máxima potencia).

Una de las limitaciones del estudio es la muestra ($n = 15$). A pesar de ello, los resultados obtenidos corroboran que es posible predecir la velocidad de ejecución del ejercicio de sentadilla usando los valores de la escala OMNI-RES. Estos hallazgos, junto a los de Bautista (2012) en el ejercicio del press de

banca, proporcionan una nueva utilidad a la escala OMNI-RES, ya sea utilizada en el ejercicio del press de banca o en el ejercicio de la media sentadilla.

Estudio III

En el estudio III se examinó la validez concurrente de la nueva escala de la percepción de la velocidad (NEPV) para monitorizar la intensidad en el entrenamiento de la fuerza en el ejercicio de la sentadilla. Para validar la escala se estableció una muestra de jóvenes esquiadores de nivel internacional. Como variable criterio para validar la NEPV se utilizó la velocidad media real (Vel_{Real}) de ejecución medida con un DDL. En el proceso de validación se estipuló que: (a) la Vel_{Real} se distribuyera positiva y linealmente con la velocidad percibida sobre la NEPV (Vel_{Escala}) en cada una de las intensidades evaluadas (20%, 30%, 40%, 50%, 60% y 70% RM), (b) la Vel_{Real} se distribuyera positiva y linealmente con la Vel_{Escala} en el conjunto de todas las intensidades analizadas, y (c) que existieran diferencias significativas entre los valores de la Vel_{Escala} y los valores de la Vel_{Real} en los diferentes porcentajes de la RM analizados. Los hallazgos de esta investigación apoyan cada una de los objetivos planteados.

Validez concurrente de la nueva escala de percepción de la velocidad: a nivel relativo. En la presente investigación, la Vel_{Real} fue considerada como variable criterio (p.e., gold estándar) para la validación de la NEPV. Los valores de correlación de Pearson de la Vel_{Escala} relativo a cada intensidad (6 intensidades en total) fueron desde un rango de 0.58 – 0.96 (ver Tabla 6). Diferentes autores (Sanchez-Medina y González-Badillo, 2011; Kawamori y Newton, 2006) han propuesto la velocidad de ejecución como una medida efectiva para cuantificar la intensidad del ejercicio. Los resultados obtenidos en esta investigación muestran que la velocidad percibida en la escala correlacionó de forma lineal positiva con la velocidad real con un amplio rango

en todas la intensidades analizadas. De esta forma se deduce que, si se sigue un proceso de familiarización con la NEPV es posible cuantificar de una forma precisa la velocidad media de ejecución en el ejercicio de la sentadilla completa.

Validez concurrente de la nueva escala de percepción de la velocidad: a nivel absoluto. La validez de la NEPV se analizó teniendo en cuenta todo el espectro de intensidades analizadas (20%, 30%, 40%, 50%, 60% y 70% RM) en ambos días de evaluación. De este modo, el análisis de correlación lineal simple entre la Vel_{Real} y la Vel_{Escala} reportó unos altos coeficientes de correlación para ambos días (ver Figura 42 y 43). El ajuste de la percepción de la velocidad con los valores reales de la velocidad de ejecución fue casi perfecto en ambos días de evaluación.

Sensibilidad de la Nueva Escala de Percepción de la Velocidad. Uno de los indicadores de la sensibilidad para discriminar las intensidades en función del porcentaje de la RM de la NEPV se aprecia en las diferencias significativas encontradas entre los porcentajes de la RM y la Vel_{Real} y la Vel_{Escala} analizadas de forma separada (ver Figura 44). Los participantes en el estudio fueron capaces de discriminar la Vel_{Real} entre todas las cargas analizadas. Investigaciones previas (Robertson et al. 2003; Robertson et al. 2005) que han empleado la escala de Borg han demostrado como con el aumento del porcentaje de carga se produce un aumento en las puntuaciones de la RPE. La presente investigación está en concordancia con los resultados de dichas investigaciones previas, puesto que cuanto mayor es la carga menor es el valor de velocidad percibida, por lo tanto mayor es la intensidad realizada. Por otro lado, no se encontraron diferencias significativas en el efecto *día* ni en la interacción *día x intensidad*. Por lo tanto, la NEPV funciona con la misma precisión independientemente del día o la intensidad que se desarrolle.

Para nuestro conocimiento, este es el primer estudio en donde se realiza la validación de una escala de percepción de la velocidad en el ejercicio de la sentadilla. Sólo existe un estudio donde se analizó la validación de la

percepción de la velocidad, pero en el ejercicio del press de banca (Bautista, 2012). En dicho estudio, se obtuvieron altos coeficientes de correlación en los 5 días de evaluación (rango de $r = 0.88-0.96$). A diferencia de la validación de otras escalas subjetivas del esfuerzo (Robertson et al., 2003; Robertson et al., 2005; Lagally y Robertosn, 2006; Hackett et al., 2012) la variable criterio para usada fue la velocidad real de ejecución medida con un DDL. Por lo tanto, se ha utilizado el mejor gold estándar posible, puesto que la escala está diseñada para medir valores de velocidad de ejecución y las comparaciones se realiza con los valores reales de velocidad. Los resultados obtenidos muestran que la percepción de la velocidad por parte de los sujetos se ajusta de forma muy precisa. De esta forma, es posible discriminar la velocidad de ejecución para poder cuantificar la intensidad en el entrenamiento de la fuerza.



CAPÍTULO V
CONCLUSIONES

CAPITULO V. Conclusiones

Siguiendo un orden cronológico se expondrán las conclusiones de cada uno de los estudios y objetivos propuestos.

Estudio I

1. La utilización de la NEPV como herramienta de monitorización de la intensidad realizada en las sesiones de entrenamiento de la fuerza (en el ejercicio del press de banca) es una forma útil y válida para determinar el número de repeticiones adecuadas a cada orientación del trabajo.

Estudio II

2. La escala OMNI-RES de percepción del esfuerzo es una herramienta válida para la monitorización de las sesiones de entrenamiento de la fuerza en el ejercicio de la media sentadilla.
3. La relación lineal y negativa entre la escala OMNI-RES y la velocidad de ejecución en el ejercicio de la media sentadilla ha permitido la obtención de una fórmula de predicción de la velocidad media. Mediante la utilización de la escala OMNI-RES es posible predecir con una gran precisión la velocidad de ejecución del ejercicio de la media sentadilla.

Estudio III

4. Los valores de la percepción subjetiva de la velocidad (p.e., Nueva Escala de Percepción de la Velocidad) se distribuyeron positiva y linealmente con la velocidad real de ejecución, tanto a nivel relativo como a nivel absoluto. Además, mediante el análisis de varianza, se ha demostrado la sensibilidad de la nueva escala para diferenciar los valores de velocidad en todos los rangos de cargas analizados. Por todos los argumentos expuestos, los presentes hallazgos proporcionan la validez concurrente de la NEPV para monitorizar la intensidad del entrenamiento de la fuerza en el miembro inferior (sentadilla completa).



CAPÍTULO VI
APLICACIONES PRÁCTICAS

CAPITULO VI. Aplicaciones Prácticas

Las escalas de percepción subjetiva del esfuerzo (RPE) y de percepción subjetiva de la velocidad (RPV) son una herramienta sencilla y de gran utilidad con un coste económico mínimo. Los estudios al respecto avalan su uso para la evaluación de la intensidad de los ejercicios de diferentes deportes.

La principal aplicabilidad de estas escalas en el entrenamiento de la fuerza reside en la facilidad con la que los deportistas son capaces de discriminar las diferentes intensidades de trabajo utilizadas durante las sesiones de entrenamiento. Lo cual supone una gran ventaja para los preparadores físicos a la hora de planificar las diferentes intensidades de trabajo en las sesiones.

El uso de estas escalas perceptivas tiene una doble funcionalidad desde el punto de vista del entrenamiento. Por un lado, su aplicación ayudará a los entrenadores a ajustar la carga de entrenamiento de trabajo, diferenciando de esta forma entre la carga prevista y la carga real de trabajo realizado. Por otro lado, implica al deportista en el proceso de control y planificación del entrenamiento, aunando esfuerzos entre entrenadores y deportistas y, convirtiéndose así en un canal de comunicación importantísimo para ambas partes. El cómo perciben los deportistas las cargas óptimas de entrenamiento y las sensaciones que éstas conllevan en su organismo, favorecerán el éxito del programa de entrenamiento.

Así, se ha comprobado que a través de estas escalas se puede ajustar el nivel óptimo de trabajo, incluso que puede ser utilizada para predecir la 1RM o el porcentaje de la 1RM con el que se está trabajando, o el número de repeticiones que se puede realizar con una carga dada.

Se ha demostrado la validez de la nueva escala de percepción de la velocidad para monitorizar la intensidad realizada durante los ejercicios de press de banca y sentadilla en deportistas, proporcionando un feedback de la velocidad de ejecución en cada repetición realizada, especialmente con las cargas de

potencia máxima, es decir, aquellas cargas que tienen una mejor relación entre la fuerza y la velocidad.

Por todo ello, las escalas de RPE y RPV pueden ser una herramienta complementaria y se pueden integrar con otros sistemas de monitorización que ayuden en el proceso de control de la carga de entrenamiento, como los DDL.

La gestión del tiempo de entrenamiento y el tiempo dedicado a la evaluación es uno de los factores que más preocupa a los entrenadores, principalmente a aquellos que están al frente de un grupo numeroso de deportistas y/o deporte colectivo (p.e. fútbol, balonmano, baloncesto). El tiempo que se utiliza en la evaluación debe ser el justo y necesario, y cuanto más se operativice mayor será el tiempo que se podrá dedicar a otras áreas del entrenamiento o al período de recuperación y/o adaptación. En la gestión de grupos numerosos como los deportes colectivos esto es una máxima, principalmente en períodos de acumulación de mucho trabajo condicional y técnico-táctico como son las pretemporadas. El uso de estas escalas como control y evaluación del estímulo y/o carga de entrenamiento ayudarán en esta gestión del tiempo, y al mismo tiempo nos servirá para reorientar las adaptaciones del entrenamiento hacia donde nos interese en cada fase de la temporada.

Asimismo, el uso de estas escalas se puede considerar que es de acceso universal, ya que su coste económico es mínimo y está al alcance de cualquier bolsillo, pudiendo ser aplicadas en cualquier población de deportistas, independientemente de su nivel deportivo y recursos económicos. En concreto, en los deportes colectivos, el poder tener al alcance de la mano una herramienta como la NEPV es muy importante. La máxima de estos deportes es anticiparse y ser más rápido que el rival, así que entrenar con base en el concepto de velocidad como variable para cuantificar la intensidad del ejercicio es prioritario, en especial con las cargas de potencia máxima, que en estos deportes debe ser el objetivo fundamental del entrenamiento deportivo.

Ejemplificación práctica

Para entender mejor la aplicación, desde el punto de vista del entrenamiento deportivo, se pasa a describir de forma práctica cómo se desarrollaría este

proceso en un deporte colectivo. Aprovechando mi relación profesional, el deporte elegido para la ejemplificación es el fútbol.

De forma general podemos afirmar que el fútbol es un deporte en el que las necesidades de fuerza dinámica máxima son bajas, aunque su mejora provoca adaptaciones (con base en factores estructurales y especialmente neuromusculares) necesarias para la mejora de la fuerza específica útil o funcional, a la vez que la coordinación intermuscular necesaria para poder aplicar niveles interesantes de fuerza explosiva ante cargas ligeras. La pérdida de fuerza tiene como consecuencia una reducción de la potencia y la fuerza explosiva.

La temporada de fútbol suele tener entre 40 y 44 semanas de duración y a pesar de que hay competiciones prácticamente durante toda la temporada, se dispone de cerca de mes y medio o dos meses para confeccionar una pretemporada relativamente estructurada. El resto del año, tras seleccionar las fechas de las competiciones más relevantes, deberemos ir alternando fases de carga, con fases de recuperación y fases de sobrecompensación.

Una correcta estructuración del entrenamiento de la fuerza en la pretemporada conlleva el desarrollo de las siguientes fases:

- **Fase de Adaptación anatómica y fuerza máxima estructural (hipertrofia).** Los objetivos a conseguir en esta fase son acondicionamiento general de fuerza, mejora de la resistencia de fuerza y preparación para el entrenamiento de máxima intensidad, así como la mejora de la fuerza máxima por efecto sobre hipertrofia sarcomérica.

Duración: 2 semanas

Frecuencia semanal: 3-4 sesiones

- **Fase de aumento de fuerza máxima neuronal (funcional) y fuerza explosiva.** Los objetivos a conseguir en esta fase son la mejora de la fuerza máxima por efecto neuronal (coordinación intramuscular) y mejora de la fuerza explosiva ante cargas medias-altas. Reducir el déficit de fuerza.

Duración: 3 semanas

Frecuencia semanal: 2-4 sesiones

- **Fase de potencia** o de transferencia de la fuerza máxima a la fuerza explosiva. Los objetivos a alcanzar en esta fase son transferencia de fuerza máxima a fuerza explosiva o máxima potencia ante cargas medias-bajas, y mantenimiento de la fuerza máxima.

Duración: 2 semanas

Frecuencia semanal: 2-3 sesiones

- **Fase de mantenimiento** o de preparación inmediata para la competición, cuyos objetivos a perseguir son la puesta a punto para la competición manteniendo la fuerza máxima y explosiva.

Duración: 2 semanas

Frecuencia semanal: 1-2 sesiones

Aproximadamente a lo largo de la pretemporada se realizan unas 20 sesiones de entrenamiento de la fuerza, buscando conseguir diferentes adaptaciones a lo largo de este período. Para utilizar de forma correcta la NEPV es necesario pasar por un período de familiarización. Nuestra propuesta es que en las primeras dos fases del entrenamiento de la fuerza de pretemporada (Fase 1: Adaptación anatómica y fuerza máxima estructural, y Fase 2: Aumento de fuerza máxima neuronal y fuerza explosiva) se realicen estas sesiones de familiarización, utilizando para ello el ejercicio de press de banca y el ejercicio de sentadilla, junto un dispositivo de desplazamiento lineal. Para asegurarnos el conocimiento de todo el rango de velocidades y carga en cada uno de los ejercicios, así como la familiarización con la unidad de medida de la velocidad ($m \times s^{-1}$) se realizará un protocolo incremental de cargas para cada uno de los ejercicios, hasta llegar a un valor de aproximadamente $0.4 m \times s^{-1}$.

En los estudios I y III de la presente Tesis Doctoral se describen con más detalle los pasos a seguir durante el protocolo incremental de cargas, y el desarrollo de las sesiones de familiarización, quedando demostrado la validez

de la NEPV para cuantificar la intensidad del ejercicio de press de banca y del ejercicio de sentadilla con base en la velocidad de ejecución.

A partir de la familiarización con la NEPV para los ejercicios de press de banca y sentadilla, y coincidiendo con la Fase 3 (Fase de potencia o de transferencia de la fuerza máxima a la fuerza explosiva) del entrenamiento de la fuerza en pretemporada, los deportistas estarían preparados para trabajar de forma autónoma en trabajos a altos niveles de potencia, ajustando y/o cesando el ejercicio cuando consideren que están trabajando por debajo de velocidades de ejecución a óptima potencia. De esta forma se utilizaría como criterio para la finalización del ejercicio la velocidad de ejecución, y no el porcentaje de carga de la 1 RM o un número de repeticiones adecuada, independientemente del número de repeticiones que se hayan realizado, autoajustando cada deportista el trabajo a sus niveles óptimos de potencia.

Para mayor control y reajuste de los estímulos de entrenamiento sería conveniente volver a valorar puntualmente (cada mes o mes y medio) con un DDL estos dos ejercicios, por un lado, como recordatorio de cuáles son las velocidades de ejecución a máxima potencia, y por otro, para reajustar las cargas óptimas de potencia.

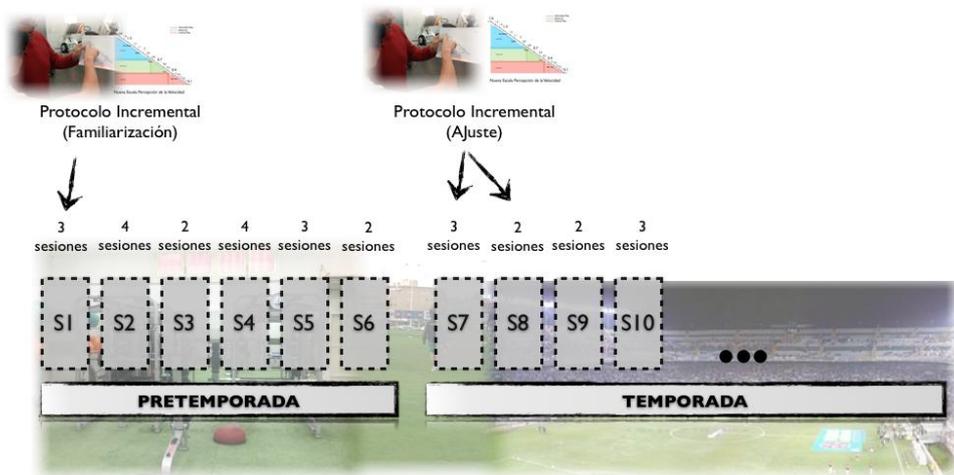


Figura 45. Temporalización de la fase de familiarización y ajuste.



CAPÍTULO VII
FUTURAS INVESTIGACIONES

CAPITULO VII. Futuras Investigaciones

Los diferentes estudios recogidos en la presente Tesis Doctoral pueden originar dos líneas de futuras investigaciones, bien diferenciadas, pero conectadas entre sí.

Por un lado, una línea de trabajo que recoge la temática de la percepción subjetiva del esfuerzo en actividades con resistencias externas. En este sentido sería necesaria más investigación para comprender qué mecanismos perceptivos son los responsables a la hora de diferenciar las diferentes intensidades de trabajo.

La segunda línea de trabajo se inició con la creación de la Nueva Escala de Percepción de la Velocidad, a través del estudio del ejercicio de press de banca. La presente Tesis Doctoral en sí, atiende a las futuras investigaciones planteadas por el Dr. Bautista González en su Tesis Doctoral (Bautista, 2012). Una vez validada la NEPV en el press de banca, el Estudio III de la presente Tesis, valida la escala para monitorizar la intensidad en el entrenamiento de la fuerza en el ejercicio de sentadilla. Con estos dos ejercicios se ha validado la NEPV para los ejercicios de empuje más utilizados en el entrenamiento del miembro superior y el miembro inferior. Así, planteamos proseguir la investigación con los ejercicios de tracción, como puede ser el ejercicio de remo.

A partir de investigar con los análisis de los ejercicios de empuje y tracción, se podría iniciar otra línea de investigación extrapolando el uso de la velocidad como variable criterio en rendimiento deportivo (Estudio I) y con deportistas de alto rendimiento.

De esta forma, se podría llevar a la práctica una programación con resistencias externas, pero en vez de ajustar el nivel óptimo de trabajo a través de establecer la 1 RM, hacerlo mediante la utilización de la percepción de la velocidad de ejecución. También sería interesante el poder analizar el uso de la escala en diferentes modelos de planificación. Personalmente me genera gran

interés comparar la utilización en un modelo de periodización lineal clásico con la periodización ondulante.

En un espacio concreto de tiempo (p.e. seis semanas de entrenamiento o una pretemporada), analizar el uso de la NEPV con estos dos tipos de planificación, atendiendo a las características diferenciadoras de cada una de ellas, podría ser otra de las futuras líneas de investigación que da pie el presente trabajo.

Dentro de este campo sería importante estudiar el tiempo que tarda en desaparecer los efectos de la fase de la familiarización, es decir, cuando la correlación entre la percepción de la velocidad de ejecución del deportista se alejan de la velocidad real. De esta forma se establecería el período de tiempo a partir del cual sería necesario y conveniente volver a realizar un recordatorio de la fase de familiarización.



CAPÍTULO VIII
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CAPITULO VIII. Referencias Bibliográficas

Referencias Capítulo I

- Aguado, X., y González Montresinos, J. L. (1996). La capacidad de salto: problemas de medición y soluciones. *Revista de entrenamiento deportivo*, 9(4): 17-23.
- Ahtiainen, J. P., Pakarinen, A., Alen, M., Kraemer, W. J., y Häkkinen, K. (2003). Muscle hypertrophy, hormonal adaptations and strength development during strength training in strengthtrained and untrained men. *European Journal of Applied Physiology*, 89 (6), 555–563.
- Aleman, J. A., Pandorf, C. E., Montain, S. J., Castellani, J. W., Tuckow, A. P., y Nindl, B. C. (2005). Reliability assessment of ballistic jump squats and bench throws. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 19: 33-38.
- Alexiou, H., y Coutts, A. J. (2008). A comparison of methods used for quantifying internal training load in women soccer players. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 3(3), 320-330.
- American College of Sports Medicine. (2002). Position Stand: progression models in resistance training for healthy adults. *Medicine Science and Sports Exercise*, 34: 364-380.
- Assmussen, E., y Bonde-Petersen, F. (1974). Storage of elastic energy in skeletal muscles in man. *Acta Physiologica Scandinavica*, 91: 385-392.
- Atkinson, G., y Nevill, A. M. (1998). Statistical methods for assessing measurement error (reliability) in variables relevant to sports medicine. *Sports Medicine*, 26 (4), 217–238.

- Baechle, T. R., Earle, y R. W., Wathen, D. (2000). Resistance training. *Essentials of strength training and conditioning*. Champaign, IL: Human Kinetics, 395-304.
- Baker, D. (1996). Improving vertical jump performance through general, special and specific strength training. A brief review. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 10: 131-136.
- Baker, D. (1998). Applying the in-season periodization of strength and power training to football. *Strength and conditioning*, 20 (2), 18-24.
- Baker, D. (2001) Comparison of upper body strength and power between professional and college aged rugby league player. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 15 (1), 30-35.
- Baker, D., Nance, S., y Moore, M. (2001). The load that maximizes the average mechanical power output during jump squats in power trained athletes. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 15, 92-97.
- Baker, D., y Nance, S. (1999). The relationship between strength and power in professional rugby league player. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 13 (3): 230-235.
- Baker, D., y Newton, R. U. (2006). Adaptations in upper-body maximal strength and power output resulting from long-term resistance training in experienced strength-power athletes. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 20 (3): 541–546.
- Ballor, D. L., Becque, M. D., y Katch, V. L. (1987). Metabolic responses during hydraulic resistance exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 19: 363-367.
- Barnett, C., Kippers, V., y Turner, P. (1995). Effects of variations of the bench press exercise on the EMG activity of five shoulder muscles. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 9: 222-227.
- Bassey, E. J., Fiatarone, M. A., O'Neill, E. F., Kelly, M., Evans, W. J., y Lipsitz, L. A. (1992). Leg extensor power and functional performance in very old men and women. *Clinical Science*, 82 (3): 321-327.

- Bautista, I. J. (2012). Tesis Doctoral: “*Diseño y Validación de una Escala de Percepción de la Velocidad para Monitorizar la Intensidad en el Entrenamiento de la Fuerza*”. Universidad de Granada.
- Behm, D. G., y Sale, D. G. (1993). Intended rather than actual movement velocity determines velocity specific training response. *Journal of Applied Physiology*. 74: 359-368.
- Bemben, M. G., Rohrs, D. M., Bemben D. A., y Ware, J. (1991). Effect of resistance training on upper body strength, power and performance. *J. Applied of Sports Science. Res.* 5: 162–171.
- Bird, S. P., Tarpenning, K. M., y Marino, F. E. (2005). Designing resistance training programmes to enhance muscular fitness. *Sports medicine*, 35(10), 841-851.
- Bland, J. M., y Altman, D. G. (1986). Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet*, 1 (8476), 307–310.
- Blazevich, A. J., Grill, N. D. Bronks, R., y Newton R. U. (2003). Training-specific muscle architecture adaptation after 5-wk training in athletes. *Medicine Science of Sports Exercise*. 35: 2013–2022.
- Bompa, T. (1983). *Theory and methodology of training*. Duberque: Kendall and Hunt.
- Borg, E., y Kaijser, L. (2006). A comparison between three rating scales for perceived exertion and two different work tests. *Scandinavian journal of medicine and science in sport*. 16 (1) 57 - 69.
- Borg, G. (1982). A category scale with ratio properties for intermodal and interindividual comparisons. In: Geissler H-G, Petzold P, eds. *Psychophysical judgment and the process of perception*. Berlin: *VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften*, 25–34.
- Borg, G. (1990). Psychophysical scaling with applications in physical work and the perception of exertion. *Scandinavian Journal of Work, Environment and Health*, 16 Suppl 1, 55–58.

- Borg, G. (1998). *Borg's perceived exertion and pain scales*. New Zealand. Human Kinetics Publishers.
- Borg, G., y Linderholm, H. (1970). Exercise performance and perceived exertion in patients with coronary insufficiency, arterial hypertension and vasoregulatory asthenia. *Acta medica Scandinavica*, 187 (1-2), 17–26.
- Borresen, J., y Lambert, M. I. (2008). Quantifying training load: A comparison of subjective and objective methods. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 3(1), 16-30.
- Bosco, C. (1992). *La valutazione della forza con il test di Bosco*. Roma. Societa Stampa Sportiva.
- Bosco, C., Luhtanen, P., y Komi, P. V. (1983). A simple method for measurement of mechanical power in jumping. *European Journal of Applied Physiology*, 45: 209-215.
- Bourque, S., y Sleivert, G. G. (2003). *Determinants of load at peak power during maximal effort squat jumps in endurance and power trained athletes*. Fredericton: University of New Brunswick.
- Buchheit, M., Lepretre, P. M., Behaegel, A. L., Millet, G. P., Cuvelier, G., y Ahmaidi, S. (2009). Cardiorespiratory responses during running and sport-specific exercises in handball players. *Journal of Science and Medicine in Sport / Sports Medicine Australia*, 12(3), 399-405.
- Buckley, J. P., y Borg, G. A. V. (2011). Borg's scales in strength training; from theory to practice in young and older adults. *Applied physiology, nutrition, and metabolism*, 36 (5), 682–692.
- Buitrago, S., Wirtz, N., Yue, Z., Kleinöder, H., y Mester, J. (2013). Mechanical load and physiological responses of four different resistance training methods in bench press exercise. *The Journal of strength and conditioning research*, 27(4): 1091-100.
- Campos, G. E., Luecke, T. J., Wendeln, H. K., Toma, K., Hagerman, F. C., Murray, T. F., Ragg, K. E., Kraemer, W. J., Luecke, T. J., Toma, K., Murray, T. F., Ratamess, N. A., 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 (12): 50–60.
- Cappa, D. (2000). *Entrenamiento de la potencia muscular*. Mendoza, Argentina. SE.
- Caw, S. T. M., y Melrose, D. R. (1999). *Stance width and bar load effects on leg muscle activity during the parallel squat*.
- Charette, S. L., McEvoy L., Pyka G., Snow-Harter C., Guido D., Wiswell R. A., y Marcus, M. (1991). Muscle hypertrophy response to resistance training in older women. *Journal of Applied Physiology*, 70 (5): 1912-1916.
- Chen, M. J., Fan, X., y Moe, S. T. (2002). Criterion-related validity of the borg ratings of perceived exertion scale in healthy individuals: A meta-analysis. /meta-analyse de la fiabilité des critères de l'échelle de valeur de borg sur la perception de l'effort chez des personnes en bonne santé. *Journal of Sports Sciences*, 20(11), 873-899.
- Chirosa, I. J. (2002). Tesis Doctoral: "Efecto de dos metodologías de aplicación de una carga submáxima en el entrenamiento de la fuerza en el entrenamiento en circuito frente a un régimen de trabajo localizado". Universidad de Granada.
- Chiu, L.Z.F., Schilling, B.K., Fry, A.C., y Weiss, L.W. (2004). Measurement of resistance exercise force expression. *Journal of Applied Biomechanics*, 20: 204-212.
- Clemons, J. M., y Aaron, C. (1997). Effect of Grip Width on the Myoelectric Activity of the Prime Movers in the Bench Press. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 11, 82.
- Colado, J. C., García-Masso, X., TravisTriplett, N., Flandez, J., Borreani, S., y Tella, V. (2011). Concurrent Validation of the OMNI-Resistance Exercise Scale of Perceived Exertion with Thera-Band Resistance Bands. *The Journal of strength and conditioning research*, 26 (11), 3018-3024.

- Coliander, E., y Tesch, P. A. (1990). Effects of eccentric and concentric muscle actions in resistance training. *Acta Physiology Scandinava*, 140: 31-9.
- Cometti, G. (1998). *Los métodos modernos de musculación*. Barcelona: Paidotribo.
- Cormie, P., McBride, J. M., y McCaulley, G. O. (2007a). Validation of power measurement techniques in dynamic lower body resistance exercises. *Journal of Applied Biomechanics*, 23: 103-118.
- Cormie, P., McBride, J. M., y McCaulley, G. O. (2009). Power-Time, force-time, and velocity-time curve analysis of the countermovement jump: impact of training. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 23 (1): 177–186.
- Cormie, P., McCaulley, G. O., Triplett, N. T., y McBride, J. M. (2007b). Optimal loading for maximal power output during lower-body resistance exercises. *Medicine and science in sports and exercise*, 39(2), 340.
- Cormie, P., McGuigan, M. R., y Newton, R. U. (2011a). Developing maximal neuromuscular power: Part 1 biological basis of maximal power production. *Sports Medicine*, 41 (1): 17–38.
- Cormie, P., McGuigan, M. R., y Newton, R. U. (2011b). Developing maximal neuromuscular power: Part 2 training considerations for improving maximal power production. *Sports Medicine*, 41 (2): 125-146.
- Cotterman, M. L., Darby, L. A., y Skelly, W. A. (2005). Comparison of Muscle Force Production Using the Smith Machine and Free Weights for Bench Press and Squat Exercises. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 19, 169.
- Coutts, J., Rampinini, E., Marcora, S. M., Castagna, C., e Impellizzeri, F. M. (2009). Heart rate and blood lactate correlates of perceived exertion during small-sided soccer games. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 12(1), 79-84.

- Cronin, J.B., y Henderson, M.E. (2004). Maximal strength and power assessment in novice weight trainers. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 18 (1): 48-52.
- Day, M. L., McGuigan, M., Brice, G., y Foster, C. (2003). *Monitoring work intensities during resistance training using a session RPE scale*. University of Wisconsin–La Crosse.
- De Assis Ferreira, S. L., Gonçalves Panissa, V. L., Miarka, B., y Franchini, E. (2012). Postactivation Potentiation: Effect of Various Recovery Intervals on Bench Press Power Performance. *The Journal of Strength y Conditioning Research*, 1, 26 (3): 739–44.
- Delecluse, C., Roelants, M., Diels, R., Koninckx, E., y Verschueren, S. (2005). Effects of whole body vibration training on muscle strength and sprint performance insprint-trained athletes. *International Journal of SportsMedicine*, 26: 662-668.
- Delorme, T. L., y Watkins, A. L. (1948). Techniques of progressive resistance exercise. *Archives of Physical Medicine*, 29: 263-273.
- Doktor, I. (1993). *The effect of load on lifting characteristics of the parallel squat (Tesis de maestría)*. University of Windsor, Windsor, Ontario, Canada.
- Donnelly, D. V., BERG, W. P., y FISKE, D. M. (2006). The effect of the direction of gaze on the kinematics of the squat exercise. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 20(1), 145-150.
- Duchateau, J., y Hainaut, K. (1986). Nonlinear summation of contractions in striated muscle: I. Twitch potentiation in human muscle. *Journal of Muscle Research and Cell Motility*, 7, 11-17.
- Dugan, E.L., Doyle, T.L.A., Humphries, B., Hasson, C., y Newton, R.U. (2004). Determining the optimal load for jump squats: a review of methods and calculations. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 18, 668-674.
- Edgerton, V. R., Roy, R. R., Gregor, R. J., y Rugg, S. (1986). *Morphological basis of skeletal muscle power output*. Human muscle power, 43-64.
- Ehlenz, H. (1990). *Entrenamiento de la fuerza*. Barcelona: Martínez Roca.

- Elliot, B. C., Wilson, G. J., y Kerr, G. K. (1989). A biomechanical analysis of the sticking region in the bench press. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 21 (4): 450–462.
- Eloranta, V., y Komi, P. V. (1980). Function of the quadriceps femoris muscle under maximal concentric and eccentric contractions. *Electromyography and clinical Neurophysiology*, 20 (2): 159-164.
- Enoka, R. (1988). Muscle strength and its development. New perspectives. *Sports Medicine*, 6: 146-168.
- Enoka, R. M. (1995). Morphological features and activation patterns of motor units. *Journal of Clinical Neurophysiology*, 12(6): 538-559.
- Escamilla, R. F., Fleisig, G. S., Zheng, N., Barrentine, S. W., Wilk, K. E., y Andrews, J. R. (1998). Biomechanics of the knee during closed kinetic chain and open kinetic chain exercises. *Medicine and science in sports and exercise*, 30(4), 556.
- Escamilla, R. F., Fleisig, G. S., Zheng, N., Landers, J. E., Barrentine, S. W., Andrews, J. R., Bergman, B. W., y Moorman, C. T. (2001). Effects of technique variations on knee biomechanics during the squat and leg press. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 33: 1552-1566.
- Esliger, D.W., y Sleivert, G.G. (2003). *The neuromechanics of maximal effort squat jumps*. Fredericton, AB: University of New Brunswick.
- Eston, R. (2012). Use of ratings of perceived exertion in sports. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 7(2), 175–182.
- Eston, R., y Evans, H. J. L. (2009). The validity of submaximal ratings of perceived exertion to predict one repetition maximum. *Journal of Sports Science and Medicine*, 8, 567–573.
- Falvo, M., Moore, C., Weiss, L., Schilling, B., Ermert, R.C., Fry, A., ... y Leroux. C. (2005). Reliability and precision of force, power, and velocity measures obtained during jump squats. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 19, 14.

- Faulkner, J., Parfitt, G., y Eston, R. (2008). The rating of perceived exertion during competitive running scales with time. *Psychophysiology*, 45 (6), 977–985.
- Fielding, R. A., LeBrasseur, N. K., Cuoco, A., Bean, J., Mizer, K., y Fiatarone Singh, M. A. (2002). High-velocity resistance training increases skeletal muscle peak power in older women. *Journal of the American Geriatrics Society*, 50 (4), 655–662.
- Fleck, S. J. (1999). Periodized strength training: A critical review. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 13: 82-89.
- Fleck, S. J., y Kraemer, W. J. (1987). *Designing resistance training programs*. Champaign, Illinois. Human kinetics.
- Fleck, S. J., y Kraemer, W. J. (2004). *Designing Resistance Training Programs*. Human Kinetics.
- Floyd, L., Otte, A., y Mayhew, J. L. (2009). Comparison of 1. RM Bench Press Performance between Free Weights and Machine Weights. *Missouri Journal of Health, Physical Education, Recreation y Dance*, 19, 95-103.
- Fontes, E. B., Smirmaul, B. P. C., Nakamura, F. Y., Pereira, G., Okano, A. H., Altimari, L. R., Dantas, J. L., y De Moraes, A. C. (2010). The relationship between rating of perceived exertion and muscle activity during exhaustive constantload cycling. *International journal of sports medicine*, 31 (10), 683–688.
- Foster, C., Daines, E., Hector, L. Snyder, A. C., y Welsh, R. (1996). Athletic performance in relation to training load. *Wis Med J.*; 95(6): 370–374.
- French, D.N., Gomez, A.L., Volek, J.S., Rubin, M.R., Ratamess, N.A., Sharman, M.J., ... y Kraemer, W. J. (2004). Longitudinal tracking of muscular power changes of NCAA Division I collegiate women gymnasts. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 18, 101-107.
- Frost, D. M., Cronin, J. B., y Newton, R. U. (2008). Have we underestimated the kinematic and kinetic benefits of non-ballistic motion? *Sports Biomechanics*, 7 (3): 372–385.

- Fry A. C., Kraemer W. J., Stone M. H., Warren B. J., Kearney J. T., Maresh C. M., Weseman C. A., y Fleck S. J. (1993). Endocrine and performance responses to high volume training and amino acid supplementation in elite junior weightlifters. *International journal of sports nutrition*, 3 (3): 306-22.
- Fry, A. C., Smith, J. C., y Schilling, B. K. (2003). Effect of knee position on hip and knee torques during the barbell squat. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 17(4), 629-633.
- Gabriel, D. A., Kamen, G., y Frost, G. (2006). Neural adaptations to resistive exercise: mechanisms and recommendations for training practices. *Sports Medicine*, 36 (2), 133–149.
- Gallozi, C. (1996). La valutazione della forza. *SDS / Rivista di cultura sportiva*, 15: 22-35.
- García Manso, J. M., Campos, J., Lizaur, P., y Pablos, C. (2003). *El talento deportivo: formación de élites deportivas*. Barcelona: Editorial Gymnos.
- García Manso, J. M., Navarro, M., y Ruíz, J. A. (1996). *Bases teóricas del entrenamiento deportivo*. Madrid: Editorial Gymnos.
- García, I., y Requena, B. (2011). La repetición máxima en el ejercicio de sentadilla: procedimientos de medida y factores determinantes. *Apunts Educación Física y Deportes*, 104 (2): 96-105.
- Garcin, M., Mille-Hamard, L., Devillers, S., Delattre, E., Dufour, S., y Billat, V. (2003). Influence of the type of training sport practised on psychological and physiological parameters during exhausting endurance exercises. *Perceptual and Motor Skills*, (3 Pt 2), 1150-1162.
- Gearhart Jr, R. F., Lagally, K. M., Riechman, S. E., Andrews, R. D., & Robertson, R. J. (2009). Strength tracking using the OMNI resistance exercise scale in older men and women. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 23(3), 1011-1015.

- Glass, S. C., y Armstrong, T. (1997). Electromyographical activity of the pectoralis muscle during incline and decline bench presses. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 11, 163–167.
- Goldspink, G. (1992). Cellular and molecular aspects of adaptation in skeletal muscle. En P. V. Komi (Ed.), *Strength and Power in Sport* (pp. 211-229). Boston: Blackwell Scientific Publications.
- Gollnick, P. D., y Bayley, W. M. (1986). Biochemical training adaptations and maximal power. In: Jones NL, McCartney N, McComas AJ, editors. *Human muscle power*. Champaign (IL): Human Kinetics, 255-67.
- Gomez-Piriz, P. T., Sanchez, E. T., Manrique, D. C., y Gonzalez, E. P. (2012). Reliability and Comparability of the Accelerometer and the Linear Position Measuring Device in Resistance Training. *The Journal of Strength and Conditioning Research* [Epub ahead of print]
- González-Badillo, J. J., y Gorostiaga, E. (1995). *Entrenamiento de la fuerza*. Barcelona: Inde.
- González-Badillo, J. J., y Ribas, J. (2002). *Bases de la Programación Del Entrenamiento de Fuerza*. Barcelona. INDE.
- Goodpaster, B. H., Carlson, C. L., Visser, M., Kelley, D. E., Scherzinger, A., Harris, T. B., ... Newman, A. B. (2001). Attenuation of skeletal muscle and strength in the elderly: The health ABC study. *Journal of Applied Physiology*, 90(6), 2157-2165.
- Green, J. M., McIntosh, J. R., Hornsby, J., Timme, L., Gover, L., y Mayes, J. L. (2009). Effect of exercise duration on session RPE at an individualized constant workload. *European Journal of Applied Physiology*, 107(5), 501-507.
- Grosser, M., y Müller, H. (1989). *Desarrollo muscular*. Barcelona: Hispano Europea.
- Guillot, A., Hoyek, N., Louis, M., y Collet, C. (2012). Understanding the timing of motor imagery: recent findings and future directions. *International Review of Sport and Exercise Psychology*, 5 (1), 3–22.

- Gullett, J. C., Tillman, M. D., Gutierrez, G. M., y Chow, J. W. (2009). A biomechanical comparison of back and front squats in healthy trained individuals. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(1): 284-92.
- Gutiérrez, J. A. (2012). Tesis Doctoral: "El control de las fuentes de error en la evaluación de la fuerza en el tren inferior". Universidad de Granada.
- Hackett, D. A., Johnson, N. A., Halaki, M., y Chow, C.-M. (2012). A novel scale to assess resistance-exercise effort. *Journal of sports sciences*, 30 (13), 1405–1413.
- Haff, G. G., Whitley, y Potteiger. (2001). A Brief Review: Explosive Exercises and Sports Performance. *National Strength and Conditioning Association*, 23 (3): 13–20.
- Haff, G.G., Stone, M., O'Bryant, H.S., Harman, E., Dinan, C., Johnson, R., y Han, K. H. (1997). Force-time dependent characteristics of dynamic and isometric muscle actions. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 11: 269-272.
- Häkkinen, K. (1989). Neuromuscular and hormonal adaptations during strength and power training. A review. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 29 (1), 9–26.
- Häkkinen, K. Neuromuscular adaption during strength training, aging, detraining and immobilization. (1994) *Crit. Rev. Physical Rehabilitation Medicine*. 6: 161-198.
- Häkkinen, K., Alen, M., Kraemer, W. J., Gorostiaga, E., Izquierdo, M., Rusko, H., y Mikkola, J. (2003). Neuromuscular adaptations during concurrent strength and endurance training versus strength training. *European Journal of Applied Physiology*, 89 (1): 42–52.
- Hakkinen, K., Alen, M., y Komi, P. V. (1985a). Changes in isometric force and relaxation-time, electromyographic and muscle fiber characteristics of human skeletal muscle during strength training and detraining. *Acta Physiologica Scandinavica*, 125(4): 573-585.

- Hakkinen, K., Hallinen, M., e Izquierdo, M. (1998). Changes in agonist-antagonist EMG, muscle CSA and force during strength training in middle-aged and older people. *Journal of Applied Physiology*, 84(4), 1341-1349.
- Häkkinen, K., Komi, P. V., y Alen, M. (1985b) Effective of explosive type strength training on isometric forcé and relaxation time, electromyography and muscle fibre characteristics of leg extensor muscles. *Acta Physiologica Scandinavica* 125: 587-600.
- Hakkinen, K., Komi, P. V., y Kauhanen, H. (1986). Electromyo-graphic and force production characteristics of leg extensor mus-cles of elite weight lifters during isometric, concentric and various strength-shortening cycle exercises. *International Journal of Sports Medicine*, 7(3): 144-151.
- Hakkinen, K., Kraemer, W. J., y Kallinen, M. (1996). Bilateral and unilateral neuromuscular function and muscle cross-sectional area in middle-aged and elderly men and women. *Journal of Gerontology Biological Science*, 51(1), B21-B29.
- Häkkinen, K., Pakarinen, A., Kyrolainen, H., Cheng, S., Kim, D. H., y Komi, P. V. (1990). Neuromuscular adaptations and serum hormones in females during prolonged power training. *International Journal of sports medicine*, 11 (2): 91-98.
- Häkkinen, K., y Komi, P. V. (1986) Training-induced changes in neuromuscular performance under voluntary and reflex conditions. *European Journal of Applied Physiology*, 55: 147–155.
- Harman, E. (1993). Strength and power: a definition of terms. *NCSA Journal*, 15: 18-20.
- Harre, D., y Hauptmann, M. (1994). La capacidad de la fuerza y su entrenamiento. *Revista Entrenamiento Deportivo*, 7 (1).
- Harris, G. R., Stone, M. H., O'Bryant, H. S., Proulx, C. M., y Johnson, R. L. (2000). Short-Term performance effects of high power, high force, or

- combined weight-training methods. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 14 (1): 14-20.
- Harris, N. K., Cronin, J. B., Hopkins W. G., y Hansen, K. T. (2008). Squat jump training at maximal power loads vs. Heavy loads: Effect on sprint ability. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 22 (6): 1742-1749.
- Harris, N. K., Cronin, J. B., y Hopkins W. G. (2007). Power outputs of a machine squat-jump across a spectrum of loads. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 21 (4): 1260-1264.
- Harris, N. K., Cronin, J., Taylor, K.-L., Boris, J., y Sheppard, J. (2010). Understanding Position Transducer Technology for Strength and Conditioning Practitioners. *Strength and Conditioning Journal*, 32 (4), 66–79.
- Hartman, J., y Tünnemann, H. (1996). *Entrenamiento moderno de la fuerza*. Barcelona: Paidotribo.
- Hass, C. J., Feigenbaum, M. S., y Franklin, B. A. (2001). Prescription of resistance training for healthy populations. *Sports Medicine*, 31(14), 953-964.
- Hatfield, D. L., Kraemer, W. J., Spiering, B. A., Häkkinen, K., Volek, J. S., Shimano, T., Spreuwenberg, L. P. B., et al. (2006). The impact of velocity of movement on performance factors in resistance exercise. *The Journal of strength and conditioning research*, 20(4), 760–766.
- Hay, J. G. (1992). Mechanical basis of strength expression. En P.V. Komi (Ed.), *Strength and Power in Sport* (pp. 197-207). Oxford: Blackwell Scientific Publications.
- Hill-Haas, S. V., Rowsell, G. J., Dawson, B. T., y Coutts, A. J. (2009). Acute physiological responses and time-motion characteristics of two small-sided training regimes in youth soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research / National Strength and Conditioning Association*, 23(1), 111-115.

- Hill-Haas, S., Coutts, A., Rowsell, G., y Dawson, B. (2008). Variability of acute physiological responses and performance profiles of youth soccer players in small-sided games. *Journal of Science and Medicine in Sport / Sports Medicine Australia*, 11(5), 487-490.
- Hopkins, W. G. (2000). Measures of reliability in sports medicine and science. *Sports Medicine*, 30 (1), 1–15.
- Hori, N., Newton, R.U., Nosaka, K., y McGuigan, M.R. (2005). Comparison of system versus barbell force, velocity and power in the hang snatch. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 19, e19.
- Housh, D. J., Housh, T. J., Johnson, G. O., y Chu, W. K. (1992). Hypertrophic response to unilateral concentric isokinetic resistance training. *Journal of Applied Physiology*, 73 (1): 65-70.
- Iglesias-Soler, E., Carballeira, E., Sánchez-Otero, T., Mayo, X., Jiménez, A., y Chapman, M. L. (2012). Acute effects of distribution of rest between repetitions. *International Journal of Sports Medicine*, 33: 351-358.
- Impellizzeri, F. M., Borg, E., y Coutts, A. J. (2011). Intersubjective comparisons are possible with an accurate use of the Borg CR scales. *International journal of sports physiology and performance*, 6 (1), 2–4.
- Impellizzeri, F. M., Rampinini, E., Coutts, A. J., Sassi, A., y Marcora, S. M. (2004). Use of RPE-based training load in soccer. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 36(6), 1042-1047.
- Iossifidou, A., Baltzopoulos, V., y Giakas, G. (2005). Isokinetic knee extension and vertical jumping: are they related? *Journal of Sports Science*, 23: 1121-1127.
- Izquierdo, M. (2008). *Biomecánicas y bases neuromusculares de la actividad física y el deporte*. Buenos Aires: Madrid. Médica Panamericana.
- Izquierdo, M., González-Badillo, J. J., Häkkinen, K., Ibáñez, J., Kraemer, W. J., Altadill, A., Eslava, J., y Gorostiaga, E. M. (2006). Effect of loading on unintentional lifting velocity declines during single sets of repetitions to

- failure during upper and lower extremity muscle actions. *International Journal of Sports Medicine*, 27 (9): 718–724.
- Izquierdo, M., Häkkinen, K., Gonzalez-Badillo, J.J., Ibanez, J., y Gorostiaga, E.M. (2002). Effects of long-term training specificity on maximal strength and power of the upper and lower extremities in athletes from different sports. *European Journal of Applied Physiology*, 87: 264-271.
- Izquierdo, M., Häkkinen, K., Ibanez, J., Garrues, M., Anton, A., Zuniga, A., ..., y Gorostiaga, E. M. (2001). Effects of strength training on muscle power and serum hormones in middle-aged and older men. *Journal of Applied Physiology*, 90(4): 1497-1507.
- Izquierdo, M., Ibanez, J., Gorostiaga, E., Garrues, M., Zuniga, A., Anton, A., ..., y Haekkinen, K. (1999). Maximal strength and power characteristics in isometric and dynamic actions of the upper and lower extremities in middle-aged and older men. *Acta Physiologica Scandinavica*, 167: 57-68.
- 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 and Conditioning Research*, 19 (4), 859-863.
- Jiménez, A. (2003). Aspectos metodológicos del entrenamiento de la fuerza en el campo de la salud. *Lecturas EF y Deportes, Revista digital*. Nº 61, Junio.
- Johnson, D. L., y Bahamonde, R. (1996). Power output estimate in university athletes. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 10(3): 161-166.
- Kaneko, M., Fuchimoto, T., Toji, H., y Suei, K. (1983). Training effect of different loads on the force-velocity relationship and mechanical power output in human muscle. *Scandinavian Journal of Sports Science*. 5: 50–55.
- Kawamori, M. S., y Newton, R. U. (2006). Velocity specificity of resistance training: actual movement velocity versus intention to move explosively. *National strength and conditioning association*, 28 (2): 86-91.

- Kawamori, N., Crum, A.J. Blumert, P.A., Kulik, J.R., Childers, J.T., Wood, J.A., Stone, M.H., y Haff, G.G. (2005). Influence of different relative intensities on power output during the hang power clean: identification of the optimal load. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 19: 698-708.
- Kawamori, N., y Haff, G. G. (2004). The optimal training load for the development of muscular power. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 18 (3): 675-684.
- Khelifa, R., Aouadi, R., Hermassi, S., Chelly, M. S., Jlid, M. C., Hbacha, H., y Castagna, C. (2010). Effects of a plyometric training program with and without added load on jumping ability in basketball players. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(11): 2955–2961.
- Knudson, D. V. (2009). Correcting the use of the term “Power” in the strength and conditioning literature. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(6): 1902-1908.
- Knutgen, H. G., y Kraemer, W. J. (1987). Terminology and measurement in exercise performance. *Journal of Applied Sports Science Research* 1: 1-10.
- Knutten, H.G. (2007). Strength training and aerobic exercise: comparison and contrast. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21 (3), 973-978.
- Komi, P. V. (1979). Neuromuscular performance: factors influencing force and speed production. *Scandinavian Journal of Sports Sciences*, 2-15.
- Komi, P. V. (1992). Stretch-Shortening Cycle. In: *Strength and power in sport*. Edited by P. Komi. *Blackwell Scientific Publication*, London, 169-179.
- Kraemer, W. J., Fleck, S. J., y Deschenes, M. (1988). A review: factors in exercise prescription of resistance training. *National Strength and Conditioning Association Journal*, 52: 139-155.
- Kraemer, W. J., Ratamess, N. A., y French, D. N. (2002). Resistance training for health and performance. *Curr Sports Medicine Rep*, 1: 165-171.
- Kraemer, W. J., y Fleck, S. J. (2010). *Optimizing strength training*. Champaign, Illinois. Human kinetics.

- Kraemer, W. J., y Ratamess, N. A. (2003). Endocrine sponsors and adaptations to strength and power training. En P: V. Komi (ed.), *Strength and power sports* (2ª ed.), Oxford: Blackwell Science. 361-368.
- Kraemer, W. J., y Ratamess, N. A. (2004). Fundamentals of resistance training: Aggression and exercise prescription, *Medicine and science in sports and exercise*, 36: 674-688.
- Kroemer, K. H. E. (1999). Assessment of human strength for engineering purposes: a review of the basis. *Ergonomics* 42 (1): 74-93.
- Kubo, K., Morimoto, M., Komuro, T., Tsunoda, N., Kanehisa, H., y Fukunaga, T. (2007). Influences of tendon stiffness, joint stiffness and electromyographic activity on jump performance using single joint. *European Journal of Applied Physiology*, 99(3): 235- 243.
- Kuznetsov, V. V. (1984). *Metodología del entrenamiento de la fuerza para deportistas de alto nivel*. Buenos Aires: Stadium
- Kyrolainen, H., y Komi, P. V. (1994). Differences in mechanical efficiency between power- and endurance-trained athletes while jumping. *European Journal of Applied Physiology*, 70(1): 36-44.
- Lagally, K. M., Robertson, R. J., Gallagher, K. I., Goss, F. L., Jakicic, J. M., Lephart, S. M., McCaw, S. T., et al. (2002). Perceived exertion, electromyography, and blood lactate during acute bouts of resistance exercise. *Medicine and science in sports and exercise*, 34 (3), 552–559.
- Lagally, K. M., y Robertson, R. J. (2006). Construct validity of the omni resistance exercise scale. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 20 (2), 252–256.
- Lake, J., Lauder, M., Smith, N., y Shorter, K.(2012). A comparison of ballistic and non ballistic lower-body resistance exercise and the methods used to identify their positive lifting phase. *Journal of Applied Biomechanics*, 28, 431–437.

- Lander, J. E., Bates, B. T., Sawhill, J. A., y Hamill, J. (1985). A comparison between free weight and isokinetic bench pressing. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 17(3): 344-353.
- Lehman, G. J. (2005). The Influence of Grip Width During the Flat Bench Press. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 19(3), 587–591.
- Leontijevic, B., Pazin, N., Bozic, P. R., Kukolj, M, Ugarkovic, D., y Jaric, S. (2012) Effects of loading on maximum vertical jumps: Selective effects of weight and inertia. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 22(2): 286-93.
- Lins-Filho, O., Robertson, R. J., Farah, B. Q., Rodrigues, S. L. ., Cyrino, E. S., y Ritti-Dias, R. M. (2012). Effects of Exercise Intensity on Rating of Perceived Exertion During a Multiple-Set Resistance Exercise Session. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 26 (2), 466–472.
- Little, T., y Williams, A. G. (2007). Measures of exercise intensity during soccer training drills with professional soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research / National Strength and Conditioning Association*, 21(2), 367-371.
- Lodo, L., Moreira, A., Zavanela, P. M., Newton, M. J., McGuigan, M. R., y Aoki, M. S. (2012). Is there a relationship between the total volume of load lifted in bench press exercise and the rating of perceived exertion? *The Journal of sports medicine and physical fitness*, 52 (5), 483–488.
- Loftin, M., Anderson, P., Lytton, L., Pittman, P., y Warren, B. (1996). Heart rate response during handball singles match-play and selected physical fitness components of experienced male handball players. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 36(2), 95-99.
- López-Segovia, M., Palao, J. M., y González-Badillo, J. J. (2010). Effect of 4 months of training on aerobic power, strength, and acceleration in twounder-19soccerteams. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(10): 2705–2714.

- Lynch, N. A., Metter, E. J., Lindle, R. S., Forzard, J. L., Tobin, J. D., Roy, T. A., ... Hurleu, B. F. (1999). Muscle quality. I. Aged- associated differences between arm and leg muscle groups. *Journal of Applied Physiology*, 86(1), 188-194.
- Lyttle, A.D., Wilson, G.J., y Ostrowski, K.J. (1996). Enhancing performance: maximal power versus combined weights and plyometrics training. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 10: 173-179.
- Madan, R.M., y Singhal, A. (2012). Motor imagery and higher-level cognition: four hurdles before research can sprint forward. *Cognitive Processing*, 13, 211-229.
- Madsen, N., y McLaughlin, T. (1984). Kinematic factors influencing performance and injury risk in the bench press exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 16: 376–381.
- Malina, R. M., Bouchard, C., y Bar-Or, O. (2004) *Growth, maturation and physical activity* (2nd edn.). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Manno, R. (1991). *Fundamentos del entrenamiento deportivo*. Barcelona: Paidotribo.
- Mayhew, J. L., Johns R. A., Ware, J. S., Bembem, M. G., Bembem D. A. (1992). Changes in absolute upper body power following resistance training in college males. *Journal of Applied Sports Science Research*. 6: 187.
- McBride, J. M., Triplett-McBride, T., Davie, A. J., Abernethy, P. J., y Newton, R. U. (2003). Characteristics of titin in strength and power athletes. *European journal of applied physiology*, 88(6), 553-557.
- McBride, J.M., Triplett-McBride, T., Davie, A., y Newton, R.U. (1999). A comparison of strength and power characteristics between power lifters, Olympic lifters and sprinters. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 13: 58-66.
- McBride, J.M., Triplett-McBride, T., Davie, A., y Newton, R.U. (2002). The effect of heavy- vs. light-load jump squats on the development of strength,

- power, and speed. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 16: 75-82.
- McDonagh, J. D., y Davies, C. T. M. (1984). Adaptative response of mammalian skeletal muscle to exercise with high loads. *European Journal of Applied Physiology*, 52: 139-155.
- McGuigan, M. R., Al Dayel, A., Tod, D., Foster, C., Newton, R. U., y Pettigrew, S. (2008). Use of session rating of perceived exertion for monitoring resistance exercise in children who are overweight or obese. *Pediatric exercise science*, 20 (3), 333–341.
- McLaughlin, T. (1985). Grip spacing and arm position. *Powerlifting USA*, 8(6), 24.
- Moritani, T. (1993). Neuromuscular adaptations during the acquisition of muscle strength, power and motor tasks. *Journal of Biomechanics*, 26 (Supl. 1), 95-107.
- Moss B. M., Refsnes P. E., Abildgaard A., Nicolaysen K., y Jensen J. (1997) Effects of maximal effort strength training with different loads on dynamic strength, cross-sectional area, load–power and load–velocity relationships. *European Journal Applied Physioloy*, 75:193–199.
- Naclerio, F., Larumbe, E., Jiménez, A., y Alvar, B. (2010). 1 RM Prediction From The Linear Velocity And The Rate Of Perceived Exertion In Bench Press And Paralell Squat. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 24, 1.
- Naclerio, F., Rodríguez-Romo, G., Barriopedro-Moro, M. I., Jiménez, A., Alvar, B. A., y Triplett, N. T. (2011). *Control of resistance training intensity by the Omni perceived exertion Scale. The Journal of Strength and Conditioning Research*, 25 (7), 1879–1888.
- Nakamura, F. Y., Pereira, G., Chimin, P., Siqueira-Pereira, T. A., Simoes, H. G., y Bishop, D. J. (2010). Estimating the perceived exertion threshold using the OMNI scale. *The Journal of Strength and Conditioning research*, 24 (6), 1602–1608.

- Newman, A. B., Kupelian, V., Visser, M., Simonsick, E. M., Good-paster, B. H., Kritchevsky, S. B., ... Harris, T. B. (2006). Strength, but not muscle mass, is associated with mortality in the health, aging and body composition study cohort. *Journal of Gerontology Biological Science*, 61(1), 72-77.
- Newton, R. U., Kraemer, W. J., Häkkinen, K., Humphries, B. J., y Murphy, A. J. (1996). Kinematics, kinetics and muscle activation during explosive upper body movements. *Journal of Applied Biomechanics*, 12: 31-43.
- Newton, R. U., Murphy, A. J., Humphries, B, Wilson, G. J., Kraemer, W. J., y 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): 333-42.
- Newton, R. U., Rogers, R. A., Volek, J. S., Häkkinen, K., y Kraemer, W. J. (2006). Four weeks of optimal load ballistic resistance training at the end of season attenuates declining jump performance of women volleyball players. *The Journal of Strength y Conditioning Research*, 20 (4): 955–961.
- Newton, R. U., y Kraemer, W. J. (1994) Developing explosive muscular power. Implications for a mixed methods training strategy. *Strength Conditioning*. 15 (5): 20-31.
- Newton, U. R., Hakkinen, K., Hakkinen, A., McCormick, M., Volek, J., y Kraemer, W. (2002). Mixed-methods resistance training increases power and strength of young and older men. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 34(8), 1367-1375.
- Ninos, J. C., Irrgang, J. J., Burdett, R., y Weiss, J. R. (1997). Electromyographic analysis of the squat performed in self-selected lower extremity neutral rotation and 30 degrees of lower extremity turn-out from the self-selected neutral position. *The Journal of orthopaedic and sports physical therapy*, 25(5), 307.

- O'Hagan, F. T., Sale, D. G., y MacDougall, J. D. (1995). Comparative effectiveness of accommodating and weight resistance training mode. *Medicine and science in sports and exercise*, 27: 1210-9.
- Ortiz, V. (1999). *Entrenamiento de la fuerza y explosividad para la actividad física y el deporte de competición*. Barcelona: INDE.
- Pandolf, K. B. (1983). Advances in the study and application of perceived exertion. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 11, 118–158.
- Pereira, M. I., y Gomes, P. S. (2003). Movement velocity in resistance training. *Sports Medicine*, 33(6), 427-438.
- Peterson, M. D., Alvar, B. A., y Rhea, M. R. (2006). The contribution of maximal force production to explosive movement among young collegiate athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 20(4), 867-873.
- Pfeiffer, K. A., Pivarnik, J. M., Womack, C. J., Reeves, M. J., y Malina, R. M. (2002). Reliability and validity of the Borg and OMNI rating of perceived exertion scales in adolescent girls. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 34 (12), 2057–2061.
- Pincivero, D. M., Coelho, A. J., y Campy, R. M. (2003). Perceived exertion and maximal quadriceps femoris muscle strength during dynamic knee extension exercise in young adult males and females. *European Journal of Applied Physiology*, 89 (2), 150–156.
- Ploutz, L. L., Tessh, P. A., Biro, R. L., y Dudley, G. A. (1994). Effect of resistance training on muscle use during exercise. *Journal of Applied Physiology*, 76: 1675-1681.
- Ploutz-Snyder, L. L., y Giamis, E. L. (2001). Orientation and familiarization to 1RM strength testing in old and young women. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 15(4), 519-523.
- Poliquin, C. (1990). At which speed should repetitions be performed. *Sports Coach*, April-June, 35-38.

- Pollock, M. L., Franklin, B. A., y Balady, G. J. (2000). Resistance exercise in individuals with and without cardiovascular disease: benefits, rationale, safety, and prescription. *Circulation* 101: 828-833.
- Rahmani, A., Viale, F., Dalleau, G., y Lacour, J.R. (2001). Force/velocity and power/velocity relationships in squat exercise. *European Journal of Applied Physiology*, 84: 227-232.
- Rambaud, O., Rahmani, A., Moyen, B., y Bourdin, M. (2008). Importance of upper-limb inertia in calculating concentric bench press force. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 22(2), 383-389.
- Randell, A. D., Cronin, J. B., Keogh, J. W., Gill, N. D., y Pedersen, M. C. (2011). Reliability of performance velocity for jump squats under feedback and nonfeedback conditions. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(12): 3514–3518.
- Requena, B., Requena, F., García, I., de Villarreal, E. S. S., & Pääsuke, M. (2012). Reliability and validity of a wireless microelectromechanicals based system (Keimove™) for measuring vertical jumping performance. *Journal of Sports Science and Medicine*, 11(1), 115-122.
- Rhea, M. R., Alvar, B. A., Burkett, L. N., y Ball, S. D. (2003). A meta-analysis to determine the dose response for strength development. *Medicine and science in sports and exercise*, 35: 456-64.
- Ritii-Dias, R.M., Avelar, A., Salvador, E. P., y Cyrino, E. S. (2011). Influence of Previous Experience on Resistance Training on Reliability of One-Repetition Maximum Test. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 25 (5), 1418- 1422.
- Robertson, R. J, Goss, F. L., y Metz, K. F. (1998). Perception of physical exertion during dynamic exercise: a tribute to Professor Gunnar A. V. Borg. *Perceptual and motor skills*, 86 (1), 183–191.
- Robertson, R. J, y Noble, B. J. (1997). Perception of physical exertion: methods, mediators, and applications. *Exercise and sport sciences reviews*, 25, 407–452.

- Robertson, R. J., Goss, F. L., Aaron, D. J., Gairola, A., Kowallis, R. A., Ying Liu, Randall, C. R., Tessmer, K. A., Schnorr, T. L., Schroeder, A. E, y White, B. (2008). One repetition maximum prediction models for children using the OMNI-RPE scale. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 22 (1), 196–201.
- Robertson, R. J., Goss, F. L., Andreacci, J. L., Dube, J. J., Rutkowski, J. J., Frazee, K., Aaron, D. J., Metz, K. F, Kowallis, R. A, y Snee, B. M. (2005). Validation of the Children's OMNIResistance Exercise Scale of Perceived Exertion. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 37 (5), 819–826.
- Robertson, R. J., Goss, F. L., Rutkowski, J., Lenz, B., Dixon, C., Timmer, J., Frazee, K., Dube, J., y Andreacci, J. (2003). Concurrent validation of the OMNI perceived exertion scale for resistance exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 35 (2), 333–341.
- Roopchand-Martin, S., y Lue-Chin, P. (2010). Plyometric training improves power and agility in Jamaica's national netball team. *West Indian Medicine Journal*, 59 (2): 182-187.
- Row, B. S., Knutzen, K. M., y Skogsberg, N. J. (2012). Regulating explosive resistance training intensity using the rating of perceived exertion. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 26 (3), 664–671.
- Russell, P. J., y Phillips, S. J. (1989). A preliminary comparison of front and back squat exercises. *Research quarterly for exercise and sport*, 60 (3): 201-8.
- Saeterbakken, A. H., Van den Tillaar, R., y Fimland, M. S. (2011). A comparison of muscle activity and 1-RM strength of three chest-press exercises with different stability requirements. *Journal of sports sciences*, 29(5), 533-538.
- Sáez-Sáez, E., González-Badillo, J. J. e Izquierdo, M. (2008) Low and moderate plyometric training frequency produces greater jumping and spring. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 22 (3): 715-725.

- Sale, D. G. (2003). Neural adaptation to strength training. En P.V. Komi (Ed.), *Strength and Power in Sport* (2.^a ed., pp. 281-314). Oxford: Blackwell Scientific Publications.
- Sanchez Medina, L., Pérez, C. E., y Gonzalez-Badillo, J. J. (2010). Importance of the propulsive phase in strength assessment. *International journal of sports medicine*, 31: 123-129.
- Sánchez-Media, L., y González-Badillo, J. J. (2011). Velocity loss as an indicator of neuromuscular fatigue during resistance training. *Medicine and Sciences in sports and exercise*, 43(9):1725-1734.
- Sands, W.A., Smith, L.S., Kivi, D.M., McNeal, J.R., Dorman, J.C., Stone, M.H., y Cormie, P. (2005). Anthropometric and physical abilities profiles: US national skeleton team. *Sports Biomechanics*, 4: 197-214.
- Sato, K., Smith, S. L., y Sands, W. A. (2009). Validation of an accelerometer for measuring sport performance. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 23 (1), 341–347.
- Schimidbleicher, D. (1992). Training for power events. In Komi, P. V. (editor). *Strength and power in sport*. London: Blackwell scientific publications: 381-395.
- Serrau, V., Driss, T., Vandewalle, H., Behm, D. G., Lesne-Chabran, E., y Le Pellec-Muller, A. (2012). Muscle Activation of the Elbow Flexor and Extensor Muscles During Self-Resistance Exercises: Comparison of Unilateral Maximal Cocontraction and Bilateral Self-Resistance. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 26 (9): 2468–2477.
- Sforzo, G. A., y Touey, P. R. (1996). Manipulating exercise order affects muscular performance during a resistance exercise training sesión. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 10: 20-4.
- Shimano, T., Kraemer, W. J., Spiering, B. A., Volek, J. S., Hatfield, D. L., Silvestre, R., Vingren, J. L., et al. (2006). Relationship between the number of repetitions and selected percentages of one repetition

- maximum in free weight exercises in trained and untrained men. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 20 (4), 819–823.
- Siegel, J.A., Gilders, R.M., Staron, R.S., y Hagerman, F.C. (2002). Human muscle power output during upper- and lower-body exercises. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 16: 173-178.
- Signorile, J. F., Kwiatkowski, K., Caruso, J. F., y Robertson, B. (1995). Effect of foot position on the electromyographical activity of the superficial quadriceps muscles during the parallel squat and knee extension. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 9(3), 182-187.
- Sleivert, G., y Taingahue, M. (2004). The relationship between maximal jump-squat power and sprint acceleration in athletes. *European Journal of Applied Physiology*, 91: 46-52.
- Smutok, M.A., Reece, C., Kokkinos, P.F., Farmer, C., Dawson, R, P. Shulman, R., DeVane-Bell, Patterson, J., Charabogos, C., Goldberg, A.P., y Hurley, B.F. (1993). Aerobic versus strength training for risk factor intervention middle-aged men at high risk for coronary heart disease. *Metabolism*. 42(2):177-184
- Spreuwenberg, L. P. B., Kraemer, W. J., Spiering, B. A., Volek, J. S., Hatfield, D. L., Silvestre, R., Vingren, J. L., Fragala, M. S., Häkkinen, K., Newton, R. U., Maresh, C. M., y Fleck, S. J. (2006). Influence of exercise order in a resistance training exercise session. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 20: 141-144.
- Stein, B.E., y Stanford, T.R. (2008). Multisensory integration: current issues from the perspective of the single neuron. *Nature Review Neuroscience*, 9, 255–266.
- Stiff, M. S., y Verkhoshansky, Y. V. (1996). Supertraining Special Strength. Training for Sporting Excellence. *Sportstraining*, Co.: Escondido, CA.
- Stone, M. H. (1993) Explosive exercise: Position stance. *National Strength Conditioning Association*. 15 (4): 7-15.

- Stone, M. H., y O'Bryant, H. S. (1987) *Weight Training: A Scientific Approach*. Minneapolis. MN: Burgess International.
- Stone, M.H., O'Bryant, H.S., McCoy, L., Coglianesi, R., Lehmkuhl, M., y Schilling, B. (2003). Power and maximum strength relationships during performance of dynamic and static weighted jumps. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 17: 140-147.
- Sweet, T. W., Foster, C., McGuigan, M. R., y Brice, G. (2004). Quantitation of resistance training using the session rating of perceived exertion method. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 18, 796–802.
- Thomas, G. A., Kraemer, W. J., Spiering, B. A., Volek, J. S., Anderson, J. M., y Maresh, C. M. (2007). Maximal power at different percentages of one repetition maximum: Influence of resistance and gender. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(2), 336- 342.
- Thomas, M., Fiatarone, M.A., y Fielding, R.A. (1996). Leg power in young women: Relationship to body composition, strength and function. *Medicine and science in sports and exercise*, 28: 1321-1326.
- Tihany, J. (1989). Fisiología y mecánica de la fuerza. *Revista de entrenamiento deportivo*. 3 (2): 2-10.
- Tous, J. (1999). *Nuevas Tendencias en Fuerza y Musculación*. Barcelona: Ergo.
- Tous, J., y Moras, G. (1999). Control del entrenamiento de la fuerza mediante el número de repeticiones realizado por bloques de tiempo. *Libro de. In Actas del IV Congreso de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte*.
- Trebs, A. A., Brandenburg, J. P., y Pitney, W. A. (2010). An Electromyography Analysis of 3 Muscles Surrounding the Shoulder Joint During the Performance of a Chest Press Exercise at Several Angles. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(7), 1925.
- Un, C. P., Lin, K. H., Shiang, T. Y., Chang, E. C., Su, S. C., y Wang, H. K. (2013). Comparative and reliability studies of neuromechanical leg muscle performances of volleyball athletes in different divisions. *European Journal of Applied Physiology*, 113(2), 457-466.

- Van den Tillaar, R., y Ettema, G. (2010). The “sticking period” in a maximum bench press. *Journal of Sports Sciences*, 28 (5): 529–535.
- Verkhoshansky, Y. V. (1986). Componenti e struttura dell’impegno esplosivo di forza. *SDS/ Rivista di cultura sportiva*, 15: 15-21.
- Wagner, L., Evans, S., Weir, J., Housh, T., y Johnson, G. (1992). The effect of grip width on bench press performance. *International J Sport Biomech*, 8, 1–10.
- Wattanaprakornkul, D., Halaki, M., Cathers, I., y Ginn, K. A. (2011). Direction-specific recruitment of rotator cuff muscles during bench press and row. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 21(6), 1041–1049.
- Weir, J. P. (2005). Quantifying Test-Retest Reliability Using the Intraclass Correlation Coefficient. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 19 (1), 231–240.
- Weiss, L.W., Moore, C., Schilling, B., Ermert, R.C., Fry, A., Chiu, L., et al. (2005). Reliability and precision of multiple expressions of hang power clean bar velocity. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 19, 36.
- Wilmore, J. H., y Costill, D. L. (1999). *Physiology of Sport and Exercise*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Wilson, G. J., Newton, R. U., Murphy, A., y Humphries, B. (1993). The optimal training load for the development of dynamic athletic performance. *Medicine Science of Sports Exercise*. 25: 1279–1286.
- Winchester, J. B., Erickson, T.M., Blaak, J.B., y McBride, J.M. (2005). Changes in bar-path kinematics and kinetics after power-clean training. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 19: 177-183
- Wolfe, B. L., LeMura, L. M., y Cole, P. J. (2004). Quantitative analysis of single versus multiple-set programs in resistance training. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 18: 35-47.
- Zatsiorsky, V. (1995). *Science and practice of strength training*. Champaign, IL: Human Kinetics.

Referencias Estudio I

- Baker, D., Nance, S., y Moore, M. (2001). The load that maximizes the average mechanical power output during jump squats in power trained athletes. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 15, 92-97.
- Baker, D., y Newton, R. U. (2006). Adaptations in upper-body maximal strength and power output resulting from long-term resistance training in experienced strength-power athletes. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 20 (3): 541–546.
- Bautista, I. J. (2012). Tesis Doctoral: “*Diseño y Validación de una Escala de Percepción de la Velocidad para Monitorizar la Intensidad en el Entrenamiento de la Fuerza*”. Universidad de Granada.
- Bird, S. P., Tarpenning, K. M., y Marino, F. E. (2005). Designing resistance training programmes to enhance muscular fitness. *Sports medicine*, 35(10), 841-851.
- Buitrago, S., Wirtz, N., Yue, Z., Kleinöder, H., y Mester, J. (2013). Mechanical load and physiological responses of four different resistance training methods in bench press exercise. *The Journal of strength and conditioning research*, 27(4): 1091-100.
- Cormie, P., McCaulley, G. O., Triplett, N. T., y McBride, J. M. (2007). Optimal loading for maximal power output during lower-body resistance exercises. *Medicine and science in sports and exercise*, 39(2), 340.
- Cormie, P., McGuigan, M. R., y Newton, R. U. (2011). Developing maximal neuromuscular power: Part 2 training considerations for improving maximal power production. *Sports Medicine*, 41 (2): 125-146.
- Cronin, J., y Sleivert, G. (2005). Challenges in Understanding the Influence of Maximal Power Training on Improving Athletic Performance. *Sports Medicine*, 35 (3): 213-234.

- De Assis Ferreira, S. L., Gonçalves Panissa, V. L., Miarka, B., y Franchini, E. (2012). Postactivation Potentiation: Effect of Various Recovery Intervals on Bench Press Power Performance. *The Journal of Strength y Conditioning Research*, 1, 26 (3): 739–44.
- Elliot, B. C., Wilson, G. J., y Kerr, G. K. (1989). A biomechanical analysis of the sticking region in the bench press. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 21 (4): 450–462.
- Fielding, R. A., LeBrasseur, N. K., Cuoco, A., Bean, J., Mizer, K., y Fiatarone Singh, M. A. (2002). High-velocity resistance training increases skeletal muscle peak power in older women. *Journal of the American Geriatrics Society*, 50 (4), 655–662.
- Fleck, S. J., y Kraemer, W. J. (2004). *Designing Resistance Training Programs*. Human Kinetics.
- Frost, D. M., Cronin, J. B., y Newton, R. U. (2008). Have we underestimated the kinematic and kinetic benefits of non-ballistic motion? *Sports Biomechanics*, 7 (3): 372–385.
- Izquierdo, M., González-Badillo, J. J., Häkkinen, K., Ibáñez, J., Kraemer, W. J., Altadill, A., Eslava, J., y Gorostiaga, E. M. (2006). Effect of loading on unintentional lifting velocity declines during single sets of repetitions to failure during upper and lower extremity muscle actions. *International Journal of Sports Medicine*, 27 (9): 718–724.
- Kaneko, M., Fuchimoto, T., Toji, H., y Suei, K. (1983). Training effect of different loads on the force-velocity relationship and mechanical power output in human muscle. *Scandinavian Journal of Sports Science*. 5: 50–55.
- Kawamori, M. S., y Newton, R. U. (2006). Velocity specificity of resistance training: actual movement velocity versus intention to move explosively. *National strength and conditioning association*, 28 (2): 86-91.
- Kawamori, N., Crum, A.J. Blumert, P.A., Kulik, J.R., Childers, J.T., Wood, J.A., Stone, M.H., y Haff, G.G. (2005). Influence of different relative intensities

- on power output during the hang power clean: identification of the optimal load. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 19: 698-708.
- Kawamori, N., y Haff, G. G. (2004). The optimal training load for the development of muscular power. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 18 (3): 675-684.
- Kraemer, W. J., Fleck, S. J., y Deschenes, M. (1988). A review: factors in exercise prescription of resistance training. *National Strength and Conditioning Association Journal*, 52: 139-155.
- Kraemer, W. J., y Fleck, S. J. (2010). *Optimizing strength training*. Champaign, Illinois. Human kinetics.
- Kraemer, W. J., y Ratamess, N. A. (2004). Fundamentals of resistance training: Aggression and exercise prescription, *Medicine and science in sports and exercise*, 36: 674-688.
- Leontijevic, B., Pazin, N., Bozic, P. R., Kukolj, M, Ugarkovic, D., y Jaric, S. (2012) Effects of loading on maximum vertical jumps: Selective effects of weight and inertia. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 22(2): 286-93.
- McBride, J.M., Triplett-McBride, T., Davie, A., y Newton, R.U. (2002). The effect of heavy- vs. light-load jump squats on the development of strength, power, and speed. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 16: 75-82.
- Moss B. M., Refsnes P. E., Abildgaard A., Nicolaysen K., y Jensen J. (1997) Effects of maximal effort strength training with different loads on dynamic strength, cross-sectional area, load–power and load–velocity relationships. *European Journal Applied Physioly*, 75:193–199.
- Newton, R. U., Murphy, A. J., Humphries, B, Wilson, G. J., Kraemer, W. J., y 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): 333-42.

- Pereira, M. I., y Gomes, P. S. (2003). Movement velocity in resistance training. *Sports Medicine*, 33(6), 427-438.
- Rhea, M. R., Alvar, B. A., Burkett, L. N., y Ball, S. D. (2003). A meta-analysis to determine the dose response for strength development. *Medicine and science in sports and exercise*, 35: 456-64.
- Robertson, R. J., Goss, F. L., Rutkowski, J., Lenz, B., Dixon, C., Timmer, J., Frazee, K., Dube, J., y Andreacci, J. (2003). Concurrent validation of the OMNI perceived exertion scale for resistance exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 35 (2), 333-341.
- Sanchez Medina, L., Pérez, C. E., y Gonzalez-Badillo, J. J. (2010). Importance of the propulsive phase in strength assessment. *International journal of sports medicine*, 31: 123-129.
- Sánchez-Media, L., y González-Badillo, J. J. (2011). Velocity loss as an indicator of neuromuscular fatigue during resistance training. *Medicine and Sciences in sports and exercise*, 43(9):1725-1734.
- Sforzo, G. A., y Touey, P. R. (1996). Manipulating exercise order affects muscular performance during a resistance exercise training sesión. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 10: 20-4.
- Spreuwenberg, L. P. B., Kraemer, W. J., Spiering, B. A., Volek, J. S., Hatfield, D. L., Silvestre, R., Vingren, J. L., Fragala, M. S., Häkkinen, K., Newton, R. U., Maresh, C. M., y Fleck, S. J. (2006). Influence of exercise order in a resistance training exercise session. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 20: 141-144.

Referencias Estudio II

- Bautista, I. J. (2012). Tesis Doctoral: *“Diseño y Validación de una Escala de Percepción de la Velocidad para Monitorizar la Intensidad en el Entrenamiento de la Fuerza”*. Universidad de Granada.
- Eston, R., y Evans, H. J. L. (2009). The validity of submaximal ratings of perceived exertion to predict one repetition maximum. *Journal of Sports Science and Medicine*, 8, 567–573.
- Gearhart Jr, R. F., Lagally, K. M., Riechman, S. E., Andrews, R. D., & Robertson, R. J. (2009). Strength tracking using the OMNI resistance exercise scale in older men and women. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 23(3), 1011-1015.
- Hatfield, D. L., Kraemer, W. J., Spiering, B. A., Häkkinen, K., Volek, J. S., Shimano, T., Spreuwenberg, L. P. B., et al. (2006). The impact of velocity of movement on performance factors in resistance exercise. *The Journal of strength and conditioning research*, 20(4), 760–766.
- Kawamori, M. S., y Newton, R. U. (2006). Velocity specificity of resistance training: actual movement velocity versus intention to move explosively. *National strength and conditioning association*, 28 (2): 86-91.
- Kawamori, N., y Haff, G. G. (2004). The optimal training load for the development of muscular power. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 18 (3): 675-684.
- Lins-Filho, O., Robertson, R. J., Farah, B. Q., Rodrigues, S. L. ., Cyrino, E. S., y Ritti-Dias, R. M. (2012). Effects of Exercise Intensity on Rating of Perceived Exertion During a Multiple-Set Resistance Exercise Session. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 26 (2), 466–472.
- McGuigan, M. R., Al Dayel, A., Tod, D., Foster, C., Newton, R. U., y Pettigrew, S. (2008). Use of session rating of perceived exertion for monitoring resistance exercise in children who are overweight or obese. *Pediatric exercise science*, 20 (3), 333–341.

- Naclerio, F., Larumbe, E., Jiménez, A., y Alvar, B. (2010). 1 RM Prediction From The Linear Velocity And The Rate Of Perceived Exertion In Bench Press And Paralell Squat. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 24, 1.
- Pereira, M. I., y Gomes, P. S. (2003). Movement velocity in resistance training. *Sports Medicine*, 33(6), 427-438.
- Robertson, R. J., Goss, F. L., Aaron, D. J., Gairola, A., Kowallis, R. A., Ying Liu, Randall, C. R., Tessmer, K. A, Schnorr, T. L, Schroeder, A. E, y White, B. (2008). One repetition maximum prediction models for children using the OMNI-RPE scale. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 22 (1), 196–201.
- Sanchez Medina, L., Pérez, C. E., y Gonzalez-Badillo, J. J. (2010). Importance of the propulsive phase in strength assessment. *International journal of sports medicine*, 31: 123-129.

Referencias Estudio III

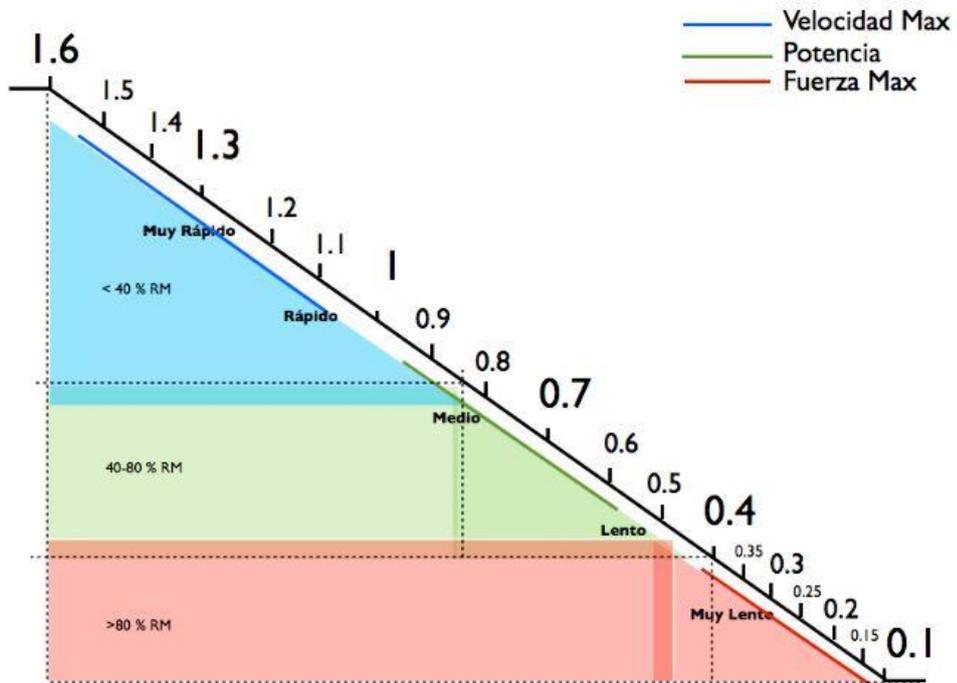
- Hackett, D. A., Johnson, N. A., Halaki, M., y Chow, C.-M. (2012). A novel scale to assess resistance-exercise effort. *Journal of sports sciences*, 30 (13), 1405–1413.
- Lagally, K. M., Robertson, R. J., Gallagher, K. I., Goss, F. L., Jakicic, J. M., Lephart, S. M., McCaw, S. T., et al. (2002). Perceived exertion, electromyography, and blood lactate during acute bouts of resistance exercise. *Medicine and science in sports and exercise*, 34 (3), 552–559.
- Robertson, R. J., Goss, F. L., Andreacci, J. L., Dube, J. J., Rutkowski, J. J., Frazee, K., Aaron, D. J., Metz, K. F., Kowallis, R. A, y Snee, B. M. (2005). Validation of the Children's OMNIResistance Exercise Scale of Perceived Exertion. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 37 (5), 819–826.
- Robertson, R. J., Goss, F. L., Rutkowski, J., Lenz, B., Dixon, C., Timmer, J., Frazee, K., Dube, J., y Andreacci, J. (2003). Concurrent validation of the OMNI perceived exertion scale for resistance exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 35 (2), 333–341.
- Sánchez-Media, L., y González-Badillo, J. J. (2011). Velocity loss as an indicator of neuromuscular fatigue during resistance training. *Medicine and Sciences in sports and exercise*, 43(9):1725-1734.



CAPÍTULO IX
ANEXOS

ANEXO I.

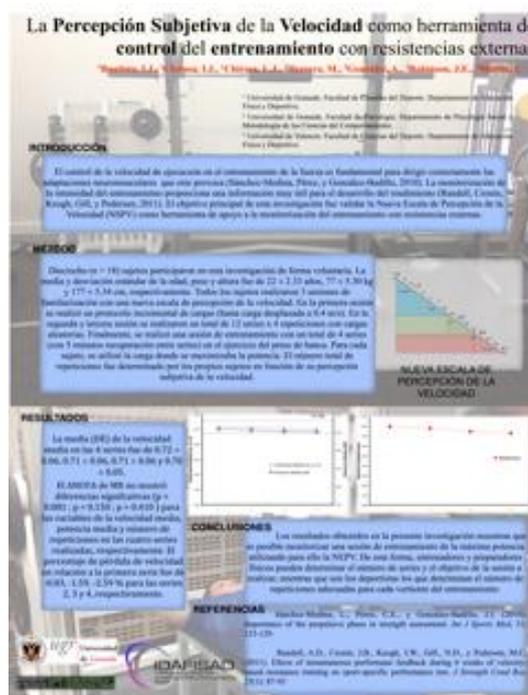
Nueva Escala de Percepción de la Velocidad



Nueva Escala de Percepción de la Velocidad

ANEXO II.

Presentación poster



“La percepción subjetiva de la velocidad como herramienta del control del entrenamiento con resistencias externas”

Presentado en el II Simposio Internacional en Avances en ciencias del deporte. Universidad Pablo de Olavide, Sevilla 3 y 4 de mayo de 2013.

Título de los estudios

Estudio I: Uso de la escala de percepción de la velocidad para monitorizar una sesión de potencia del miembro superior.

Estudio II El control de la potencia ejercida en el miembro inferior usando la escala ONMI-RES ó Ecuación de predicción de la velocidad de ejecución en media sentadilla

Estudio III Validación de una escala de percepción de la velocidad en el entrenamiento de la fuerza del tren inferior.

Antecedentes

La cuantificación y monitorización de la intensidad en ejercicios con resistencias externas es una máxima en el alto rendimiento deportivo. El número total de series y repeticiones, el porcentaje de una repetición máxima (RM), los descansos entre series, el orden de los ejercicios en el entrenamiento y la velocidad de ejecución son los parámetros habituales que se utilizan para cuantificar la intensidad de los ejercicios en el entrenamiento de la fuerza. Numerosos dispositivos se han utilizado para cuantificar variables como la fuerza, la potencia y la velocidad. Entre ellos podemos destacar las plataformas de fuerza, los acelerómetros y los dispositivos de desplazamiento lineal (DDL). El elevado coste de estos dispositivos es un hándicap a la hora de poder acceder a estos recursos para la evaluación y cuantificación del entrenamiento. Las escalas perceptivas del esfuerzo nacen desde la necesidad de cuantificar y monitorizar el entrenamiento y se han convertido en un método económico y fiable para tal efecto.

Método Experimental

Descripción de los test

Test Incremental de Cargas hasta llegar a la 1 RM

El protocolo incremental comenzará con una carga inicial de 20 kg (correspondiente al peso de la barra). Se producirán aumentos de 20 kg cuando la velocidad de la barra fue superior a $5 \text{ m} \times \text{s}^{-1}$ y aumentos de 10 kg cuando la velocidad de la barra fue inferior a $5 \text{ m} \times \text{s}^{-1}$. El protocolo finalizará cuando el sujeto no sea capaz de levantar la carga de forma correcta al menos en una ocasión. Entre cada una de las series se dejará 5 minutos de recuperación para evitar el efecto de la fatiga. Todos los sujetos realizarán un total de 1 a 4 repeticiones. El descenso de la barra será controlado mediante instrucciones verbales por parte de los investigadores.

Test de cargas de orden aleatorio

Se realizará un test con tres intensidades (ligera, media y submáxima) de orden aleatorio. El procedimiento en cuanto a descansos será el mismo que en el test incremental de cargas hasta llegar a la 1 RM. Los sujetos no verán en ningún la carga que estén desplazando.

Sesión de potencia del miembro superior

Se determinará un total de 4 series de trabajo. Mientras que el número total de repeticiones lo determinará cada sujeto de forma individual en función de su percepción de la velocidad. La carga seleccionada para cada sujeto se determinará en utilizando tres cargas para identificar de forma precisa la intensidad con la que el sujeto expresa la máxima potencia. Para ello se testará una carga correspondiente a una intensidad de 5 kg menor a la carga donde se obtuvo la máxima potencia en el protocolo incremental. Otra carga con la máxima potencia, y una última carga con 5 kg más que la máxima potencia obtenida en el protocolo incremental. Un total de 3 repeticiones se realizarán en cada una de las cargas. Se dejarán cinco minutos de recuperación entre las series de trabajo.

Beneficios de los sujetos que participen en el estudio

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

Datos personales,

Nombre y Apellidos:

Dirección:

Teléfono:

E-mail:

Firma y fecha del sujeto voluntario

Firma y fecha del Investigador