

Entrenamiento de Fuerza

*Nuevas Perspectivas
Metodológicas*

**Carlos Balsalobre-Fernández
Pedro Jiménez-Reyes**



Entrenamiento de Fuerza

Nuevas Perspectivas

Metodológicas

Carlos Balsalobre-Fernández
Pedro Jiménez-Reyes



Prólogo

Entrenamiento de Fuerza: Nuevas perspectivas metodológicas es el primer libro de texto interactivo de Ciencias del Deporte en español. Escrito por jóvenes investigadores y expertos en entrenamiento de la Universidad Autónoma de Madrid y la Universidad Católica de Murcia, este libro muestra, de una forma sencilla, clara e interactiva, un nuevo paradigma en el entrenamiento de la fuerza que, sin duda, dejará sorprendido al lector/a. ¿Es necesario medir la Repetición Máxima? ¿Se deben prescribir entrenamientos al fallo? ¿Qué ejercicios son los más apropiados para la mejora de la producción de fuerza?

Estas preguntas serán respondidas a lo largo de sus 8 capítulos mediante evidencias científicas de máximo rigor, siempre con una orientación práctica y audiovisual con múltiples vídeos de atletas de élite de la talla de Lydia Valentín (halterófila, Campeona Olímpica, del Mundo y de Europa), o Luis Alberto Marco (corredor 800m, subcampeón de Europa de pista cubierta 2009) entre otros.

Además, las preguntas de repaso interactivas disponibles al final de cada capítulo, así como los enlaces incluidos a los abstracts de todas y cada una de las referencias citadas en el texto permitirán al lector/a mejorar su aprendizaje como nunca antes se había visto en un libro de Ciencias del Deporte en nuestro idioma.

Por último, dado que los libros “made for iBooks” pueden actualizarse como las apps, ¡nunca quedará desfasado! Estamos continuamente trabajando en nuevos capítulos que iremos incluyendo en futuras actualizaciones, junto a nuevos vídeos y contenido interactivo.

Este libro está orientado a todos los estudiosos y profesionales del entrenamiento con ganas de aprender y de cuestionarse lo que siempre han hecho. ¡Esperamos que os guste!

Carlos Balsalobre-Fernández y Pedro Jiménez-Reyes

Sobre los autores



Carlos Balsalobre-Fernández

Universidad Autónoma de Madrid

[@cbalsalobre](#)

Carlos es Doctor en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte y Máster de Alto Rendimiento Deportivo (COE-UAM) y Rendimiento Físico y Deportivo (UPO).

Ha trabajado como asesor en el diseño de planes de evaluación y entrenamiento de la fuerza con deportistas de diversas disciplinas, desde corredores de alto nivel hasta equipos de NBA. Es profesor e investigador en la Universidad Autónoma de Madrid, donde da clases sobre nuevas tecnologías para el control del entrenamiento y, además, es el desarrollador de conocidas aplicaciones para evaluar la fuerza como My Jump 2 o PowerLift.

Autor de varios artículos en revistas científicas internacionales (JCR), sus principales intereses son la evaluación y el entrenamiento de la fuerza en deportistas de alto nivel, y el uso de nuevas tecnologías.

Apasionado por la tecnología y los videojuegos, es raro encontrarlo sin algún dispositivo de Apple o Nintendo alrededor. O sin levantar alguna pesa, por supuesto.

Pedro Jiménez-Reyes

Universidad Católica de Murcia

@peterjr49



Pedro se licenció en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte en la Universidad de Granada, posteriormente realizó los Máster de Alto Rendimiento Deportivo (COE-UAM) y Rendimiento Físico y Deportivo (UPO), doctorándose en la Universidad Pablo de Olavide en 2010 bajo la dirección del Dr. Juan José González-Badillo.

Actualmente es profesor contratado doctor en la Universidad Católica de Murcia, donde realiza sus tareas de docencia en la asignatura de Nuevas Tecnologías para el Alto Rendimiento Deportivo.

Autor de varios artículos en revistas científicas nacionales e internacionales (JCR), sus principales intereses son la evaluación, el control y el entrenamiento de la fuerza y la velocidad en deportistas de alto nivel, con la clara intención de aplicar la evidencia científica en el entrenamiento diario.

Agradecimientos

“Quiero dar las gracias a todos los deportistas de alto nivel que han participado amablemente en este libro facilitando sus fotografías y/o vídeos. Lydia Valentín, Luis Alberto Marco, Elena García, Élian Périz, Roberto Sotomayor, Ricardo Rosado, Víctor Corrales, Marta Silvestre, David Lorenzo, Enrique Sánchez, Pablo Alonso, Fernando Carro, Pedro García... Sin vosotros el resultado no habría sido el mismo. No me puedo olvidar de Arturo Martín, entrenador de corredores de alto nivel que ha permitido realizar mi Tesis Doctoral con su increíble grupo. Por supuesto, también quiero agradecer a Carlos Tejero y Juan del Campo, mis directores de tesis y amigos, la confianza que siempre han tenido en mí, haciendo muy sencilla la a veces complicada carrera de fondo que supone la actividad investigadora en la Universidad. Gracias a todos los profesores y compañeros que me han inspirado y de los cuales he aprendido gran parte de lo que se muestra en esta obra. Sois una motivación constante. Por último, gracias a mi familia y a mi mujer por...bueno, por todo.”

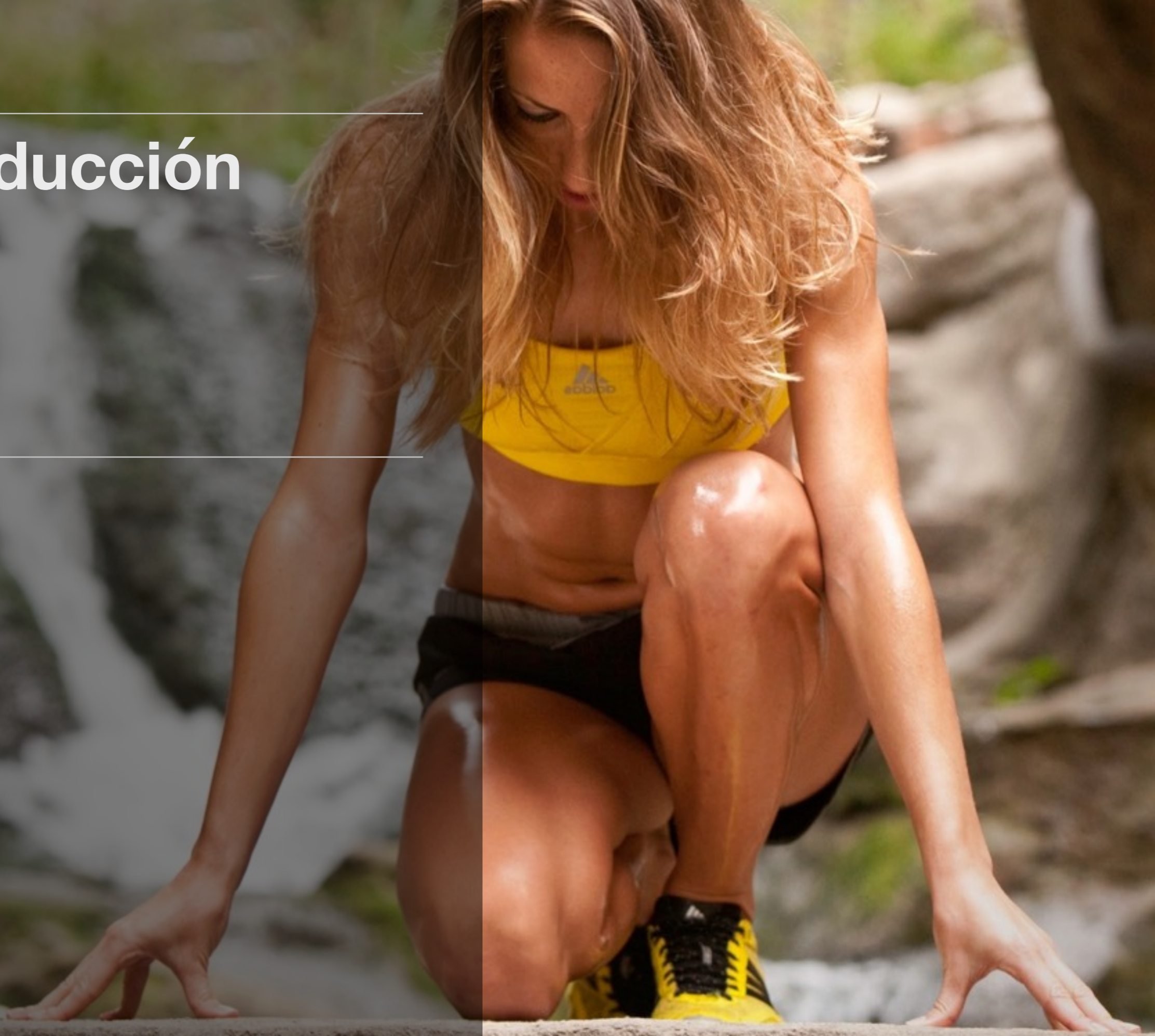
Carlos Balsalobre-Fernández

“Quiero agradecer sinceramente el ofrecimiento de todos los deportistas de alto nivel que sin ninguna duda y toda la amabilidad y disposición posible han participado en este proyecto. Además, quiero aprovechar la oportunidad para dar las gracias al que está detrás de cada una de las palabras que con tanta ilusión he escrito en este proyecto para transmitir con toda la alegría lo que viene enseñándonos a tantos y tantos en este mundo del entrenamiento deportivo. Gracias Juanjo (Juan José González-Badillo) porque no solo eres el director de cada uno de los proyectos que llevamos a cabo sino el director de una trayectoria por el camino de la ciencia y la investigación en el ámbito del entrenamiento, el rendimiento y la fuerza que comenzó hace 9 años y sin la cual no habría sido capaz de lograr nada de lo que poco a poco se va consiguiendo. Gracias por cada comentario, consejo, anécdota y enseñanza durante todo este tiempo, porque con cada una de estas cosas demuestras lo grande que eres. Gracias porque me has enseñado la rigurosidad del método científico y transmitido la pasión por la investigación y el verdadero valor de las cosas bien hechas. Además de las innumerables sabias lecciones sobre entrenamiento y fuerza también has demostrado tu increíble calidad humana y comprensión. Espero seguir aprendiendo a tu lado. Gracias por todo Juanjo, nunca podré agradecer todo lo que has hecho por mí en este tiempo. Por último, me gustaría dedicar las palabras a una persona especial que me enseñó a querer ser y hacer “antes, más y mejor”, gracias...”

Pedro Jiménez-Reyes

Capítulo 1

Introducción



De dónde venimos

ÍNDICE

1. De dónde venimos
2. Conceptos básicos
3. Ideas Clave
4. Preguntas de Repaso
5. Referencias Bibliográficas

El objetivo de este libro es, primero, analizar desde un punto de vista crítico los métodos del **entrenamiento de fuerza** que, sin apenas cambios, se han venido utilizando desde hace décadas con la intención de incrementar el rendimiento físico de multitud de deportistas y, segundo, proponer una nueva forma de trabajo más racional, eficaz y con el máximo rigor científico. Poner un texto de prueba

Para ello, y valiéndonos de las últimas investigaciones, este primer capítulo pretende mostrar los errores metodológicos y los efectos negativos que puede conllevar este popular paradigma de trabajo que se ha trasladado desde el mundo del culturismo a muchas otras especialidades deportivas. En concreto, a lo largo de todo el texto citaremos trabajos científicos de máxima calidad (incluidos en el [Journal Citation Reports](#)) y, simplemente pinchando en ellos, se accederá a su abstract en la web para que el lector/a amplíe su información al respecto. Adicionalmente, este capítulo pretende actualizar la terminología del entrenamiento de fuerza desbancando conceptos erróneos pero muy frecuentes en la jerga de la preparación física pues, bajo nuestro punto de vista, esto ayudará a entender mejor qué es la fuerza muscular y cómo se puede mejorar.

El paradigma de la Repetición Máxima

Para poder programar el entrenamiento, independientemente de la capacidad física que se quiera mejorar, es indispensable conocer el grado de esfuerzo que un determinado estímulo le supone al deportista. En otras palabras, es fundamental conocer la **intensidad relativa** a la que un atleta en concreto realiza las tareas de entrenamientos, pues sólo así podremos planificar la **carga de entrenamiento**, esto es, la cantidad y calidad del esfuerzo físico que el sujeto debe realizar en cada sesión para mejorar su rendimiento deportivo. Así, las distintas capacidades físicas han de tener un referente con el que poder comparar la intensidad de cada entrenamiento. En el entrenamiento de la resistencia cardiovascular, el consumo máximo de oxígeno ($VO_2Máx$) es el referente más utilizado para conocer el grado de esfuerzo durante el ejercicio. Por ejemplo, menos del 40% del $VO_2Máx$ se considera una intensidad relativa baja, en torno al 65% moderada y por encima del 85% alta. En cuanto al entrenamiento de fuerza, la referencia más utilizada es la **Repetición Máxima (RM)**. La RM es la cantidad de kg que un sujeto puede desplazar una, y sólo una vez en un ejercicio determinado. Así, las intensidades relativas de entrenamiento se expresan en %RM según el grado de esfuerzo al que se desee trabajar. Sin embargo, y a pesar de que aún en la actualidad es el principal estándar en la programación del entrenamiento de fuerza, el paradigma de la RM tiene grandes inconvenientes. **Primero**, medir la RM conlleva un protocolo muy exigente a nivel físico que no todas las personas pueden (ni deben) realizar por riesgo de lesión y, además, supone un esfuerzo de tal magnitud

que interfiere en los programas de entrenamiento por generar un grado alto de **fatiga**. **Segundo**, la medición de la RM es muy

imprecisa pues, dado que se necesita una máxima voluntad por parte del sujeto para alcanzarla, es muy probable que el valor que se obtenga sea inferior al real en el caso de que el individuo no esté lo suficientemente preparado psicológicamente. Como consecuencia, es muy difícil comparar sucesivas mediciones de la RM, pues no podemos saber con precisión si dichas Repeticiones Máximas son las reales o si están subestimadas.

Tercero, la RM puede variar tras muy pocas sesiones de entrenamiento, por lo que sería necesario hacer test de RM cada muy pocas semanas para reajustar las cargas de entrenamiento. Pongamos un ejemplo. Un sujeto realiza un test de RM en **press de banca** y obtiene una marca de 100kg. Se le programa un entrenamiento de 8 semanas al 75%RM, por lo que debe entrenar con 75kg. ¿De verdad en la semana 8 los 75kg significan el 75% de su máximo? Lo más probable es que su RM haya cambiado mucho antes y que, por lo tanto, no esté entrenando a la intensidad que se desea. Imaginemos que en la semana 4 su RM ha pasado a ser 104kg. Si no se midiese con frecuencia la RM, el sujeto seguiría entrenando hasta el final del programa con los 75kg, que ya no le suponen el 75%RM como se pretendía, sino el 71%. Por lo tanto, para garantizar que se programa el entrenamiento con precisión, sería imprescindible medir constantemente la RM, lo cual conllevaría interferencias importantes al entrenamiento y riesgos de lesión innecesarios. Para solucionar este problema, se han realizado investigaciones en las que se ha identificado la cantidad de **Repeticiones Máximas** que se puede hacer con un determinado porcentaje de

Película 1.1 Test de Repetición Máxima



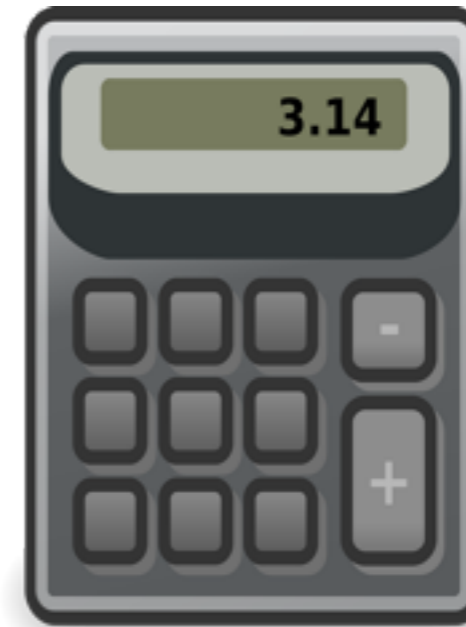
El test de Repetición Máxima (1RM) supone un gran esfuerzo para la persona que lo realiza. Lydia Valentín enfrentándose a 140kg en dos tiempos.

la RM en distintos ejercicios. Por ejemplo, si se quiere trabajar al 70%RM en press de banca, se debe ejecutar el ejercicio con un peso que sólo pueda moverse 10 veces, y no 11. Esta práctica, denominada **entrenamiento al fallo**, no sólo es altamente imprecisa en la determinación de la intensidad de trabajo, sino que constituye un **cuarto** y último inconveniente del paradigma de la RM. Se ha demostrado que el entrenamiento al fallo es menos eficaz en la mejora del rendimiento que entrenamientos en los que no se llega al fallo, pues genera un grado de fatiga metabólica y mecánica excesiva (Izquierdo et al., 2006). Además, dado que la velocidad de ejecución en las series hasta el fallo es

muy lenta (pues se pierde mucha velocidad de la primera a la última repetición), este tipo de entrenamientos podría producir una transición hacia fibras lentas, lo cual significaría una menor capacidad de producir **fuerza explosiva**. En realidad, el entrenamiento hasta el fallo es utilizado por los culturistas para ganar masa muscular, pues parece muy claro que este es el método más eficaz para producir hipertrofia. Sin embargo, más allá del culturismo, el entrenamiento hasta el fallo carece de sentido en deportistas con necesidades de fuerza e hipertrofia mucho menores, y las últimas investigaciones demuestran que son menos eficaces para mejorar el rendimiento en acciones tan importantes en muchos deportes como el **salto vertical** o la aceleración en sprints cortos. A pesar de todo, las Repeticiones Máximas se siguen prescribiendo en programas de entrenamiento de todo el mundo y tienen una gran presencia incluso en algunas publicaciones científicas muy prestigiosas, y ello se debe a que, hasta hace muy pocos años, no ha surgido



Imagen interactiva 1.1 Calculadora de RM en función del número de repeticiones



una alternativa más precisa y eficaz para programar el entrenamiento de fuerza. Por ello, en el próximo capítulo describiremos una nueva metodología para conocer la intensidad de los ejercicios con cargas con la mayor precisión existente en la actualidad sin necesidad de medir la RM ni realizar repeticiones hasta el fallo.

Conceptos básicos

Usos erróneos de la terminología sobre fuerza en el deporte

Fuerza elástico-explosivo-refleja, fuerza-resistencia, fuerza-velocidad, fuerza dinámica máxima relativa... Seguro que has oído más de una vez alguno de estos términos y, sin embargo, ninguno de ellos describe con precisión aquello que se supone que deberían definir. Aunque tratan de categorizar distintas manifestaciones de la fuerza, lo cierto es que dichos términos son confusos y no representan con precisión lo que ocurre en una determinada acción deportiva. ¿Qué quiere decir, por ejemplo, fuerza-resistencia? ¿Una manifestación de fuerza a baja velocidad que puede repetirse un determinado número de veces? ¿Y fuerza-velocidad? ¿Aquella fuerza rápida que sólo se produce en movimientos explosivos? ¿Acaso Usain Bolt no necesita resistir la capacidad de producir fuerza en cada una de las zancadas que realiza en 100 metros? ¿Y Mo Farah no produce la máxima velocidad posible durante todo un 10.000 para ganar la prueba? Aunque en distintos niveles, tanto el sprinter como el fondista que ganan la medalla olímpica son aquellos que han corrido *más rápido*, es decir, aquellos que han sido capaces de producir *más fuerza y más veces* que los

demás. Es más, el que corre más rápido es el que tiene menos tiempo los pies en el suelo, por lo que en ambas especialidades deportivas también podría encajar eso que se ha llamado “fuerza refleja”.

Para intentar aclarar las confusiones que puedan generar diversos términos de la jerga del entrenamiento deportivo, a continuación vamos a redefinir algunos de los conceptos sobre la fuerza muscular más utilizados en el mundo del deporte:

I. Fuerza Máxima

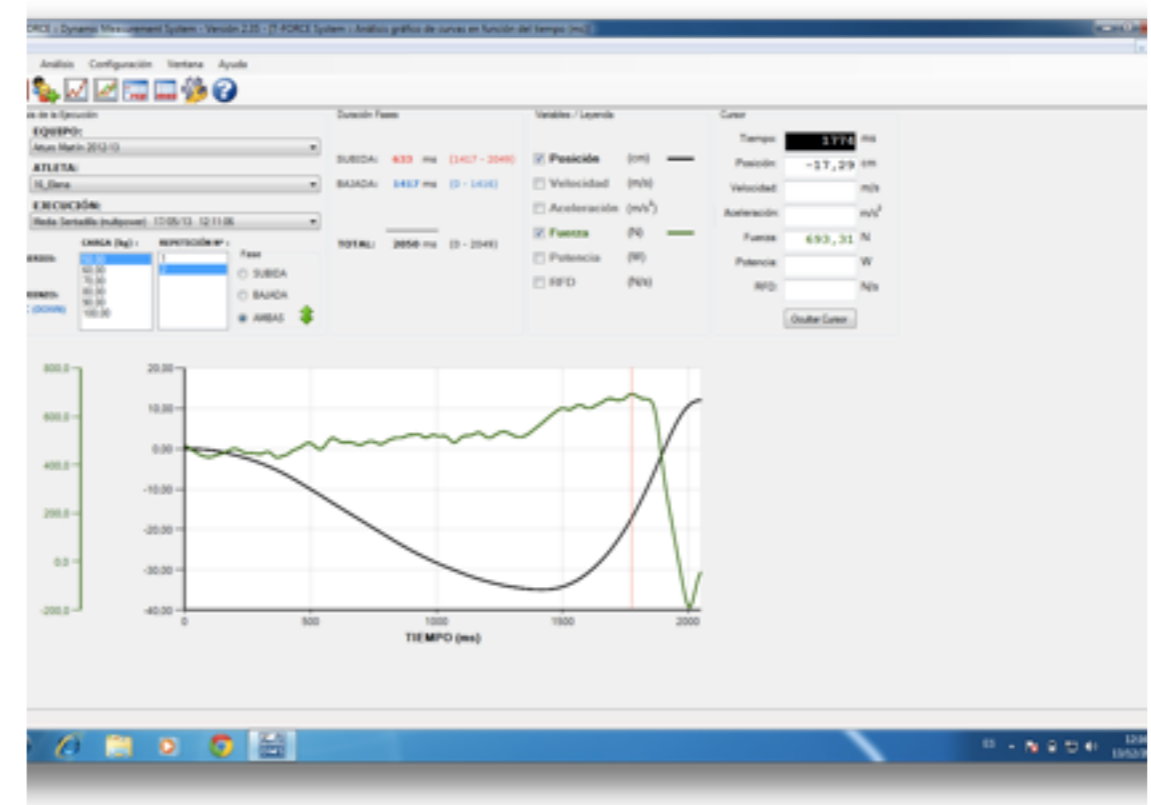
Usualmente, cuando se habla de fuerza máxima tanto en las investigaciones como en los centros de entrenamiento, se hace referencia a cargas de entrenamiento cercanas a la Repetición Máxima y cuyo objetivo es mejorar ésta. Por extensión, a todas aquellas manifestaciones de la fuerza que no impliquen movilizar cargas muy próximas a la RM se las ha categorizado como submáximas. Sin embargo, estas definiciones son erróneas y no representan la realidad de las acciones deportivas. Veámoslo de esta forma. Por un lado, según el diccionario de la Real Academia Española, máximo/a es

un adjetivo que representa “el límite extremo al que puede llegar algo”. Por otro lado, el único deporte en el que realmente se produce la fuerza máxima (según la definición anterior) es la halterofilia. Teniendo esto en mente, ¿significa que todos los deportistas, salvo los halterófilos, realizan sus acciones con niveles de fuerza deliberadamente por debajo de sus posibilidades? ¿Es que LeBron James no salta lo máximo que puede para poner un tapón? ¿O Manolo Martínez no empujaba lo máximo posible el peso para lanzarlo más allá de los 21 metros? Evidentemente, la respuesta a todas estas preguntas es negativa. Así pues, la **fuerza máxima** podría definirse como la cantidad máxima de fuerza que un sujeto puede aplicar ante una determinada carga y en una determinada acción deportiva. Por lo tanto, para un mismo sujeto, existen infinitos valores de fuerza máxima, tantos como cargas pueda manejar.

II. Potencia y velocidad

Sin duda, uno de los términos de los que más se habla en el mundo del entrenamiento de fuerza es la potencia. Existen infinidad de estudios que giran en torno a la mejora de la potencia muscular, ejercicios destinados a incrementar la potencia de los deportistas e incluso existen aplicaciones para iPhone para medir la potencia en ejercicios de pesas. Sin embargo, a pesar de su popularidad, la potencia es un término engañoso. Ello se debe a que, matemáticamente, la **potencia** es el resultado de multiplicar la fuerza por la velocidad de ejecución

Galería 1.1 Fuerza máxima en sentadilla ante diferentes cargas (kg)



Con 50kg, la fuerza máxima que produce esta atleta es de 693.31 N

en un determinado ejercicio (es decir, $P=F \times V$). Esto significa que un mismo valor de potencia puede obtenerse desplazando muy poco peso muy rápido, o movilizándolo mucho kg muy despacio. Como se aprecia en la **imagen interactiva 1.2**, la forma de la curva de fuerza-potencia es una especie de U invertida en la que todos los valores de potencia, salvo uno (el de potencia máxima), se pueden conseguir con cargas muy distintas.

De esta forma, hay que tener una primera consideración cuando se habla de potencia: la mejora de la potencia en términos absolutos no es un indicador de la mejora del rendimiento. Es tan simple como que, por ejemplo, un atleta puede saltar lo mismo que hace 2 meses, pero si ha engordado 2kg, habrá mejorado su potencia. La segunda consideración es que, debido a lo anterior, sólo nos interesa la mejora de la potencia *ante una misma carga*, o lo que es lo mismo, sólo nos interesa mejorar el factor velocidad dejando intacto el factor fuerza (la carga) en la ecuación $P=F \times V$. De esta forma, como corolario y ya terminando este apartado, es totalmente incorrecto hablar de “un entrenamiento destinado a la mejora de la potencia” pues, dado que el objetivo del entrenamiento de la inmensa mayoría de los deportes es movilizar una misma carga más rápido (el peso corporal o un implemento como la jabalina), *todos los entrenamientos están destinados a la mejora de la potencia ante una misma carga*. O lo que es lo mismo, *todos los entrenamientos están destinados a la mejora de la velocidad de ejecución*. ¿O acaso alguien entrena a sus deportistas para que sean más lentos?

III. Fuerza explosiva

De todos los términos que hemos ido comentando, probablemente el de “fuerza explosiva” sea el que se utiliza más erróneamente pues, tradicionalmente, se refiere a acciones deportivas sin carga (o casi) y a muy altas velocidades, como

Imagen interactiva 1.2 Curva de fuerza-potencia



(Pulsar para ver) Para dos cargas tan diferentes como 40 y 80 kg la potencia producida es la misma.

saltos verticales o aceleraciones. Pues bien, analicemos el término. Según la Real Academia Española, “explosivo” hace referencia a un “desarrollo repentino y violento de algo”. Es decir, por “fuerza explosiva” entenderíamos aquellas acciones en las que se produce fuerza de una manera muy rápida. Hasta aquí todo correcto. De hecho, no queremos decir que los saltos o las aceleraciones no son acciones explosivas, porque efectivamente lo son. Sin embargo, en la literatura científica existe un término biomecánico que representa precisamente la rapidez con la que se genera una determinada cantidad de fuerza: la [Rate of Force](#)

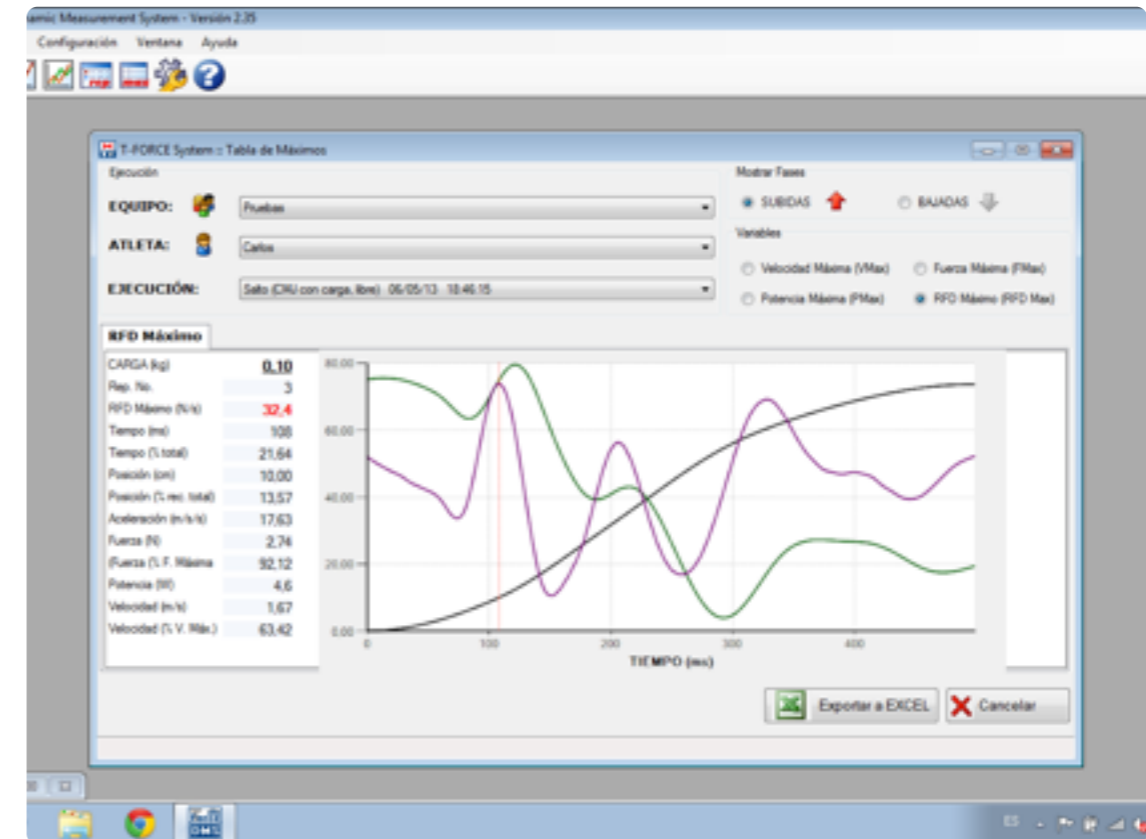
Development (RFD), o producción de fuerza en la unidad de tiempo. La RFD es la derivada de la fuerza respecto al tiempo, o lo que es lo mismo, representa el incremento en la producción de fuerza en un intervalo de tiempo determinado. Es decir, la RFD representa la **fuerza explosiva**. Su valor máximo, la RFD máxima, es la cantidad de fuerza alcanzada más alta en el menor tiempo, y en la curva fuerza-velocidad, corresponde con la máxima pendiente en el incremento de la producción de fuerza.

Pues bien, la RFD máxima se suele alcanzar antes de los 100-200 primeros ms de la ejecución, y sólo se consigue con cargas superiores al 30% de la **Fuerza Isométrica Máxima (FIM)**. ¿Qué quiere decir esto? Muy sencillo: no sólo significa que es falso que la fuerza explosiva sólo haga referencia a acciones realizadas a altas velocidades con cargas minúsculas, como los saltos, sino que la auténtica fuerza explosiva máxima sólo se consigue con cargas superiores al 30% de la FIM. Por lo tanto, siendo rigurosos con la definición, se alcanzan mayores niveles de fuerza explosiva en 1RM en sentadilla que realizando dicho ejercicio sólo con la barra.

Para concluir este apartado, realizaremos el mismo razonamiento que en los precedentes. La mejora del rendimiento deportivo de la inmensa mayoría de los deportes conlleva generar más potencia ante una misma carga, es decir, producir más velocidad. Es decir, el objetivo es producir más fuerza en menos

tiempo, por lo que *todos los entrenamientos están destinados a la mejora de la RFD o fuerza explosiva*.

Galería 1.2 Diferentes valores de RFD según el ejercicio



Curva fuerza-tiempo de la fase concéntrica en un salto vertical CMJ. La línea negra es el desplazamiento, la verde la fuerza y la morada la RFD. El valor máximo de la RFD es 32,4 N/s

Fuerza aplicada en el deporte

Como hemos visto, todos los entrenamientos y acciones deportivas realizados a la máxima capacidad del sujeto (salvo en unos casos muy reducidos como los deportes de precisión)

podrían considerarse de fuerza máxima, de potencia, de velocidad y de fuerza explosiva. A pesar de la inmensidad de acciones deportivas existentes, todas tienen en común una cosa: consisten en desplazar una *carga externa* mediante la *producción interna* de una fuerza superior a dicha carga. Es decir, en todas las acciones deportivas, lo que genera unos determinados valores de velocidad, potencia o fuerza explosiva es la diferencia entre la fuerza producida por una carga externa y la fuerza interna producida por los músculos esqueléticos. Así, todas las manifestaciones de fuerza en el deporte provienen de la interacción entre la fuerza externa e interna, y esto se conoce como **Fuerza Aplicada**. De esta forma, si la fuerza externa es mayor o igual a la fuerza interna generada por el deportista, el resultado será la producción de fuerza isométrica, es decir, no se conseguirá desplazar la carga. Por el contrario, si la fuerza interna es mayor que la fuerza externa, se producirá un desplazamiento de la carga. Por lo tanto, todas las acciones deportivas (ya sea en competición o en ejercicios de entrenamiento) resultan de la cantidad de fuerza que un deportista aplica ante una determinada carga, independientemente del deporte.

Galería 1.3 Fuerza aplicada en el deporte



Todos estos deportistas verán mejorada su marca personal si son capaces de aplicar más fuerza ante una misma carga externa. Pedro García Fernández (@Pedrogarfdez) junto a otros vallistas españoles de alto nivel.



Ideas Clave

1. Programar las cargas de entrenamiento de fuerza tomando como referencia la RM es impreciso, interfiere con el entrenamiento y es potencialmente lesivo.
2. Realizar series con repeticiones hasta el fallo tampoco es un método apropiado para conocer la intensidad del ejercicio, pues produce un excesivo grado de fatiga que impide mejoras en el rendimiento, especialmente en acciones explosivas.
3. La fuerza máxima es la máxima producción de fuerza en un ejercicio y ante una carga determinados, por lo que existen infinitos valores de fuerza máxima para cada deportista.
4. La potencia es el producto de la fuerza y la velocidad, por lo que un mismo valor de potencia puede alcanzarse con dos cargas diferentes. Por ello, lo relevante para mejorar el rendimiento físico es aumentar la potencia ante una misma carga, o lo que es lo mismo, incrementar la velocidad de ejecución.
5. El término correcto para hablar de fuerza explosiva es la Rate of Force Development (RFD) y hace referencia a la pendiente de la curva fuerza-velocidad. Alcanza valores máximos con cargas superiores al 30% de la Fuerza Isométrica Máxima. Por lo tanto, los ejercicios con cargas altas, aunque se ejecuten a una velocidad inferior, permiten producir mayores valores de RFD que con cargas muy bajas.
6. Todos los entrenamientos que buscan mejorar el rendimiento físico deben estar destinados a la mejora de la potencia antes una misma carga. Esto es lo mismo que decir que deben estar destinados a la mejora de la velocidad, la RFD o la fuerza máxima ante una determinada carga.
7. Todas las manifestaciones de fuerza son el resultado de una determinada aplicación de fuerza ante una determinada carga. La fuerza aplicada es la interacción entre la fuerza externa que supone la carga a movilizar (ya sea el peso corporal u otro tipo de sobrecarga) y la fuerza interna que generan los músculos esqueléticos.

Preguntas de repaso

Pregunta 1 de 4

Selecciona los inconvenientes de programar el entrenamiento de fuerza tomando como referencia la RM
(varias respuestas correctas)

- A.** La RM no se puede medir en niños
- B.** La RM es una medida imprecisa
- C.** El test de RM *produce* lesiones articulares
- D.** El test de RM genera un excesivo grado de fatiga y *puede* suponer lesiones



Comprobar
respuesta



Referencias Bibliográficas

1. Izquierdo, M., Ibañez, J., González-Badillo, J., Häkkinen, K., Ratamess, N. A., Kraemer, W. J., . . . Gorostiaga, E. M. (2006). Differential effects of strength training leading to failure versus not to failure on hormonal responses, strength, and muscle power gains. *Journal of Applied Physiology*, 100(5), 1647-1656.

Capítulo 2

La velocidad de ejecución para controlar el entrenamiento



Relación entre carga y velocidad

ÍNDICE

1. Relación entre carga y velocidad
2. Ideas Clave
3. Preguntas de Repaso
4. Referencias Bibliográficas

Introducción

El conocimiento de los aspectos mecánicos y fisiológicos subyacentes a diferentes estímulos de entrenamiento de fuerza es fundamental para poder prescribir adecuadamente un programa de ejercicio físico encaminado a mejorar el rendimiento neuromuscular del deportista (1). En el caso del entrenamiento o tareas de fuerza, tradicionalmente se han definido una serie de variables que van a definir el estímulo o la carga de entrenamiento, como: volumen (número de series y repeticiones), intensidad (normalmente expresada como porcentaje de 1RM o como número máximo de repeticiones por serie – XRM), tipo y orden de los ejercicios a emplear, relación entre el tiempo de trabajo y descanso (2) y también, para algunos autores, potencia y/o velocidad de ejecución (3). Por tanto, el tipo y magnitud de las respuestas fisiológicas (metabólicas, hormonales y neuromusculares) y, por ende, las adaptaciones al entrenamiento de fuerza dependerán de la forma en que se manipulen las citadas variables (4).

La programación del entrenamiento de fuerza contempla la manipulación de estas variables en función de los objetivos que se persiguen en relación a una serie de características como podría ser: las necesidades de fuerza de la disciplina a entrenar, el grado de experiencia y de entrenamiento del deportista, metodología de entrenamiento, etc, y dentro de esta adecuada o no manipulación de estas variables necesitamos conocer el efecto que producen determinados

estímulos de entrenamiento. Y es aquí donde nos encontramos con un verdadero problema, como ya hemos descrito en el capítulo anterior, ya que en la mayoría de los casos los entrenadores no son capaces de evaluar correctamente estos efectos debido a que el entrenamiento que se programa en un alto porcentaje no se corresponde con el entrenamiento que realmente se realiza debido a que se usan métodos de una alta imprecisión como indicadores del grado de intensidad en el entrenamiento de fuerza.

Es ampliamente conocido que en el proceso de entrenamiento, los procesos de adaptación orientados hacia la mejora del rendimiento se desarrollan a través de ciclos que se repiten periódicamente. Y la repetición sistemática es indispensable para desencadenar los procesos de adaptación dentro del proceso de entrenamiento. Esta repetición sistemática no es más que la aplicación de estímulos de entrenamiento (cargas de entrenamiento / [grados de fatiga](#)) adecuados y eficaces que contribuyan a una respuesta adaptativa **positiva**. Pero llegados a este punto, cuestión relevante es plantearse hasta qué punto es conveniente repetir un determinado ejercicio o carga de entrenamiento. Ya que, tanto si lo repetimos muy pocas veces como si superamos un cierto límite, lo más probable es que los resultados sean negativos. El entrenador generalmente programa el entrenamiento y decide continuar o interrumpir la sesión guiándose de su intuición, lo que en algunos casos ha podido dar buen resultado, pero no es suficiente ni adecuado

Galería 2.1 Ejecución en sentadilla al 70%RM



Si hace 2 semanas a este deportista se le midió una RM de 150kg, ¿de verdad el 70%RM sigue siendo 105kg, o habrá mejorado su rendimiento y, por lo tanto, 105kg ya no le supone una intensidad del 70%, sino menos? ¿Medimos una RM cada semana para ajustar cargas?

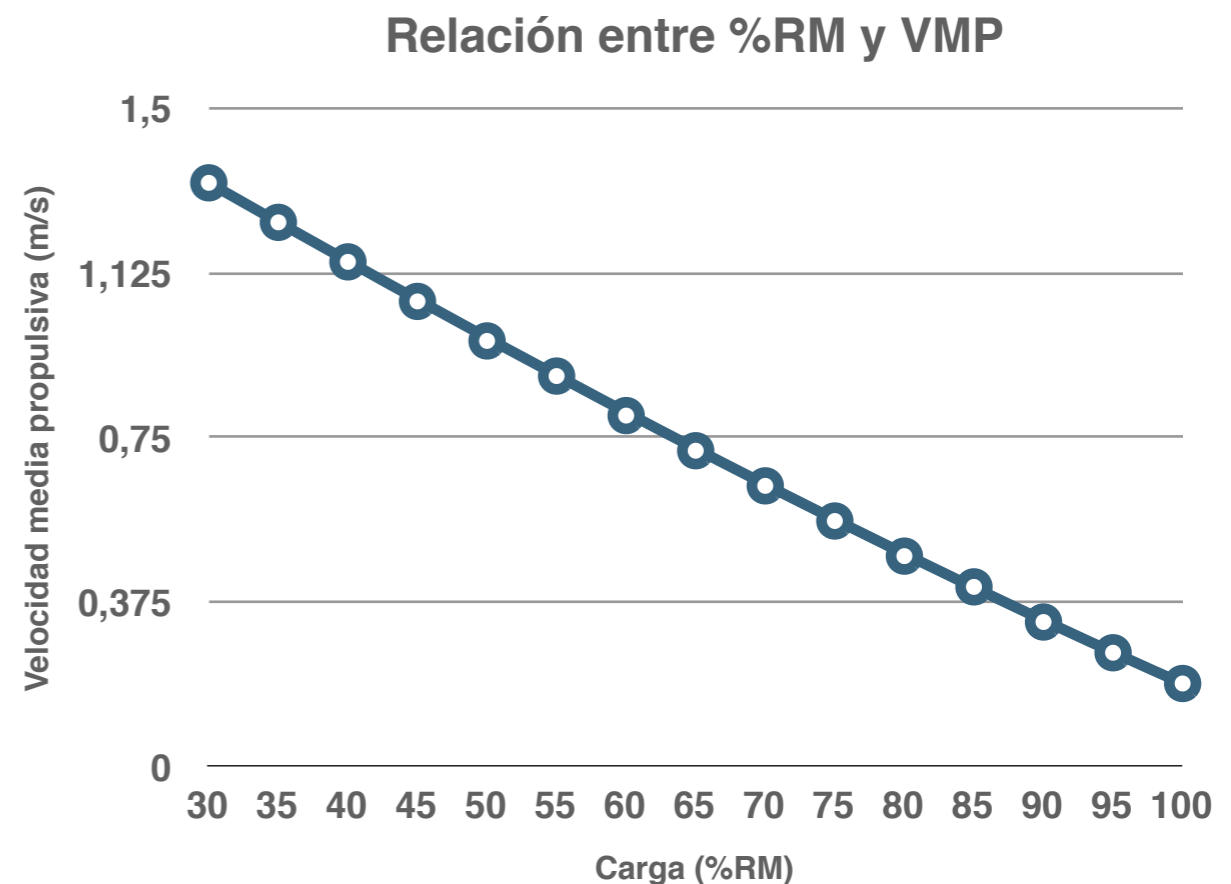
para asegurar una progresión eficaz y una respuesta adaptativa positiva, puesto que en la mayoría de ocasiones una falta de información ocasionará que el efecto del entrenamiento se desvíe de los objetivos planteados. Y es que, el efecto del entrenamiento, ya a medio plazo, empieza a desviarse de los objetivos previstos si no se mantiene dentro de unos límites adecuados de carga, y esto no se puede controlar sólo con la

intuición durante muchas sesiones seguidas, es necesario tener unos márgenes preestablecidos dentro de los cuales si esté permitido ajustar diariamente la carga, así como una serie de herramientas e **indicadores** a través de los cuáles obtener información relevante sobre el efecto del entrenamiento. Y es por esto que adquiere especial importancia el **control del entrenamiento**.

Específicamente, es de vital importancia conocer con exactitud las cargas de entrenamiento que prescribimos para poder conocer la intensidad de trabajo de nuestros deportistas y así valorar la eficacia de los programas que les administramos. Sin embargo, **hasta ahora** el entrenamiento de fuerza no ha contado con herramientas suficientes para conocer la intensidad de los ejercicios propuestos como ocurre con el entrenamiento de resistencia. Hasta ahora.

La velocidad de ejecución, el mejor indicador de intensidad

Ya hemos tratado aspectos sobre la problemática de la RM y el denominado **XRM** para la dosificación y el control de la carga de entrenamiento para las tareas de fuerza en el capítulo anterior. Básicamente, esta metodología implica un excesivo grado de fatiga, un potencial riesgo de lesión y una constante medición de la fuerza máxima para reajustar las cargas de entrenamiento,



La relación entre el porcentaje de la RM y la velocidad media propulsiva en press de banca es muy estrecha, formando una recta casi perfecta con un $R_{cuadrado}=0.98$

lo cual puede interferir notablemente en el entrenamiento de los deportistas. Además, la medición de la RM puede ser notablemente imprecisa, pues constituye un esfuerzo máximo que requiere de la mayor voluntad del sujeto. Así, los sujetos no expertos en levantamiento de cargas máximas (e incluso estos) pueden obtener valores de RM inferiores a su potencial real y, en consecuencia, todas las cargas de entrenamiento programadas a raíz de dicha medición será incorrectas. Ante esta problemática,

surge la necesidad de utilizar otros indicadores en el entrenamiento de fuerza para expresar el grado de intensidad que representan distintos tipos de estímulos de entrenamiento con precisión y sin necesidad de realizar levantamientos máximos. Y esta alternativa a la tradicional RM y XRM será la **velocidad de ejecución**.

La velocidad de ejecución es una variable que ya en 1991 González-Badillo proponía como el mejor indicador para el grado de intensidad en el entrenamiento de fuerza, y en 2010, con el importante artículo publicado en la revista International Journal of Sports Medicine titulado: “**Movement Velocity as a Measure of Loading Intensity in Resistance Training**” se confirma toda esta línea de investigación en base a la velocidad de ejecución. Este estudio es el primero en examinar la relación entre la carga relativa (% 1RM) y la **velocidad media propulsiva (VMP)** a la que se moviliza dicha carga. En dicho estudio se analizaron las **curvas de carga-velocidad** de 176 expertos en fuerza, midiendo la VMP en cada porcentaje de la RM en el ejercicio de press de banca, y se encontraron resultados muy interesantes y con enorme aplicación práctica. En primer lugar, se observó una estrechísima relación (**Rcuadrado=0.98**) entre el porcentaje de la RM y la VMP a la que los sujetos movilizaron cada carga. En segundo lugar, se observó que, tras un periodo de entrenamiento y a pesar de una mejora evidente en el rendimiento físico, cada porcentaje de la RM estuvo asociado al mismo valor de VMP obtenido antes del entrenamiento. Por lo tanto, estos hallazgos permitieron concluir

Película 2.1 Medición de la velocidad media propulsiva



Medición de la velocidad media propulsiva para conocer la intensidad exacta que una determinada carga le supone al deportista

a los autores que, independientemente del nivel de los sujetos, y a pesar de las variaciones en el rendimiento, **cada porcentaje de la RM tiene un valor de VMP asociado**.

Así, conociendo el valor de velocidad media propulsiva a la que un sujeto moviliza una determinada carga, podemos conocer con exactitud a qué intensidad (%RM) está trabajando sin tener que realizar nunca más un test de RM. En la **Imagen interactiva 2.1** podrás calcular por ti mismo la velocidad de ejecución asociada a cada porcentaje de la RM tanto para el ejercicio de press de banca como para la sentadilla completa.

La velocidad de ejecución, por tanto, se convierte en el indicador más fiable y válido para conocer el grado de esfuerzo o intensidad que representa cada uno de los estímulos que un entrenador propondrá a sus deportistas. La solución a toda la problemática anterior quedaría, por tanto, solucionada parcialmente por el momento, ya que ante todo podemos asegurarnos que los deportistas realizarán el entrenamiento que realmente pretendemos, pudiendo comprobar los efectos ante estos estímulos. Por tanto, esta relación puede ser utilizada para dosificar y controlar la carga (grado de esfuerzo) que realiza cualquier sujeto, desde los niños hasta los deportistas más avanzados, pasando por los adultos y personas mayores que pretenden mejorar su fuerza con fines preventivos o de mejora de la salud. Por otra parte, si la velocidad de ejecución se mide en cada sesión de entrenamiento, se puede determinar si el peso propuesto al sujeto (kg) representa fielmente el verdadero esfuerzo (% 1RM) que se ha programado para él (5). Así, la medición de la velocidad de ejecución permite trabajar diariamente a la intensidad real programada con precisión y sin necesidad de evaluar continuamente la RM para reajustar las cargas de entrenamiento.

Imagen interactiva 2.1 Calculadora de la velocidad de ejecución asociada a cada %RM



Con esta sencilla herramienta podrás calcular la velocidad media propulsiva asociada a cada porcentaje de la RM tanto para press de banca como para sentadilla

Ideas Clave

1. Cada porcentaje de 1RM tiene su correspondiente velocidad de ejecución. Por lo tanto, medir la velocidad de ejecución nos permite conocer con alta precisión qué porcentaje de 1RM está utilizando el sujeto nada más realizar –a la máxima velocidad posible– la primera repetición con una carga dada
2. Es posible evaluar la fuerza de un sujeto sin necesidad de realizar un test de 1RM ni de XRM nunca, los cuales pueden ser potencialmente lesivos y fatigantes.
3. Lo más adecuado es programar, dosificar y controlar el entrenamiento de fuerza a través de la velocidad, y no a través de un porcentaje de 1RM o de una serie de XRM, ya que si se mide la velocidad en cada sesión de entrenamiento, se puede determinar si la carga propuesta al sujeto (kg) representa fielmente el verdadero esfuerzo (% de 1RM) que se ha programado para él. Por tanto, lo que se programa (o se debe programar) no es el porcentaje de 1RM, sino la velocidad de la primera repetición de una serie.
4. La medición de la velocidad de ejecución permite programar las cargas de entrenamiento con todos los sujetos, desde los niños hasta los deportistas más avanzados o los adultos y personas mayores que pretenden mejorar su salud, sin necesidad de hacer tests de 1RM o XRM en ningún caso.
5. Esta metodología permite estimar la mejora en el rendimiento diario sin realizar ningún test, simplemente midiendo la velocidad con la que se desplaza una carga absoluta determinada.
6. Si la velocidad de ejecución se mide en cada sesión de entrenamiento, se puede determinar si el peso propuesto al sujeto (kg) representa fielmente el verdadero esfuerzo (% 1RM) que se ha programado para él

Preguntas de repaso

Pregunta 1 de 4

¿Qué velocidad corresponde a un 50%RM en press de banca?

- A.** 1.13m/s
- B.** 0.94m/s
- C.** 0.82m/s
- D.** Ninguno de los anteriores



Comprobar
respuesta



Referencias Bibliográficas

1. Sanchez-Medina L, Perez C, Gonzalez-Badillo J. Importance of the Propulsive Phase in Strength Assessment. *Int J Sports Med.* 2010;31(2):123-9.
2. Kraemer WJ, Ratamess NA. Fundamentals of resistance training: progression and exercise prescription. *Med Sci Sports Exerc.* 2004;36(4): 674-688
3. González-Badillo JJ, Ribas-Serna J. Bases de la programación del entrenamiento de fuerza: INDE; 2002.
4. Spiering BA, Kraemer WJ, Anderson JM, Armstrong LE, Nindl BC, Volek JS, Maresh CM. Resistance exercise biology. Manipulation of resistance exercise programme variables determines the responses of cellular and molecular signaling pathways. *Sports Med.* 2008;38(7): 527-540
5. González-Badillo J, Sánchez-Medina L. Movement Velocity as a Measure of Loading Intensity in Resistance Training. *Int J Sports Med.* 2010;31(5):347-52.

Capítulo 3

Test y tecnologías para controlar el rendimiento



Principales test de fuerza

ÍNDICE

1. Principales test de fuerza
2. Ideas Clave
3. Preguntas de Repaso
4. Referencias Bibliográficas

Uno de los pilares fundamentales del entrenamiento es la evaluación del rendimiento de los deportistas, ya que ello permite valorar sus capacidades físicas y analizar la eficacia de los distintos programas de preparación. De hecho, toda la programación del entrenamiento deportivo se debería basar en la medición objetiva de unas cuantas variables importantes para cada especialidad, aunque la realidad es que todavía muchos entrenadores y preparadores físicos, incluso en la élite deportiva, sólo realizan alguna evaluación al inicio de la temporada. Esto es un grave error. Es como si un médico prescribiese unas pastillas para mejorar los niveles de colesterol a un paciente y no le hiciese análisis de sangre periódicos para ver si va mejorando. Así, de la misma forma que el médico realiza análisis de colesterol para ajustar la dosis del tratamiento del paciente, un buen entrenador o preparador físico debería realizar mediciones de ciertas variables claves del deporte para observar si los programas de entrenamiento tienen efectos (mejora de la fuerza, del sprint, del tiempo de reacción...) o si deben modificarse.

Por ello, consideramos fundamental dedicar este capítulo a los test más prácticos para medir el rendimiento en actividades de fuerza, así como a las principales tecnologías que se usan para ello. Dada la gran cantidad de variables que pueden medirse y tecnologías que se utilizan en el análisis del rendimiento deportivo, aquí sólo mostraremos las que, a nuestro juicio, son más apropiadas por su facilidad de aplicación en el trabajo de campo, es decir, aquellas que

pueden realizarse fuerza del laboratorio y, lo que es más importante, de una manera accesible y asequible usando aplicaciones para móvil científicamente validadas. Para tal fin, presentaremos cada uno de los test de una manera sencilla, junto con un completo vídeo de ejemplo, para que el lector/a pueda revisarlo con facilidad.

RELACIÓN CARGA-VELOCIDAD

Descripción: La relación carga-velocidad consiste en la medición de la velocidad de ejecución en los ejercicios de fuerza ante cargas de diversas intensidades, de tal manera que conozcamos el rendimiento específico de los atletas con pesos ligeros, medios y altos. Dependiendo del tipo de deportistas con el que trabajemos, será adecuado utilizar cargas más o menos elevadas. No obstante, como el objetivo principal del test es comparar el rendimiento ante unas mismas cargas en distintas ocasiones, nunca será necesario (ni conveniente) llegar hasta la RM. En este test se suelen utilizar ejercicios como la sentadilla, el press de banca, el peso muerto, las dominadas, el hip thrust o el press militar.

Variables medidas: La principal variable de estudio es la velocidad, pudiendo ser la velocidad media o la **velocidad media propulsiva** (VMP, en m/s), dependiendo del instrumental que utilicemos. Los transductores profesionales miden la VMP; sin

Película 3.1 Test con cargas crecientes en sentadilla



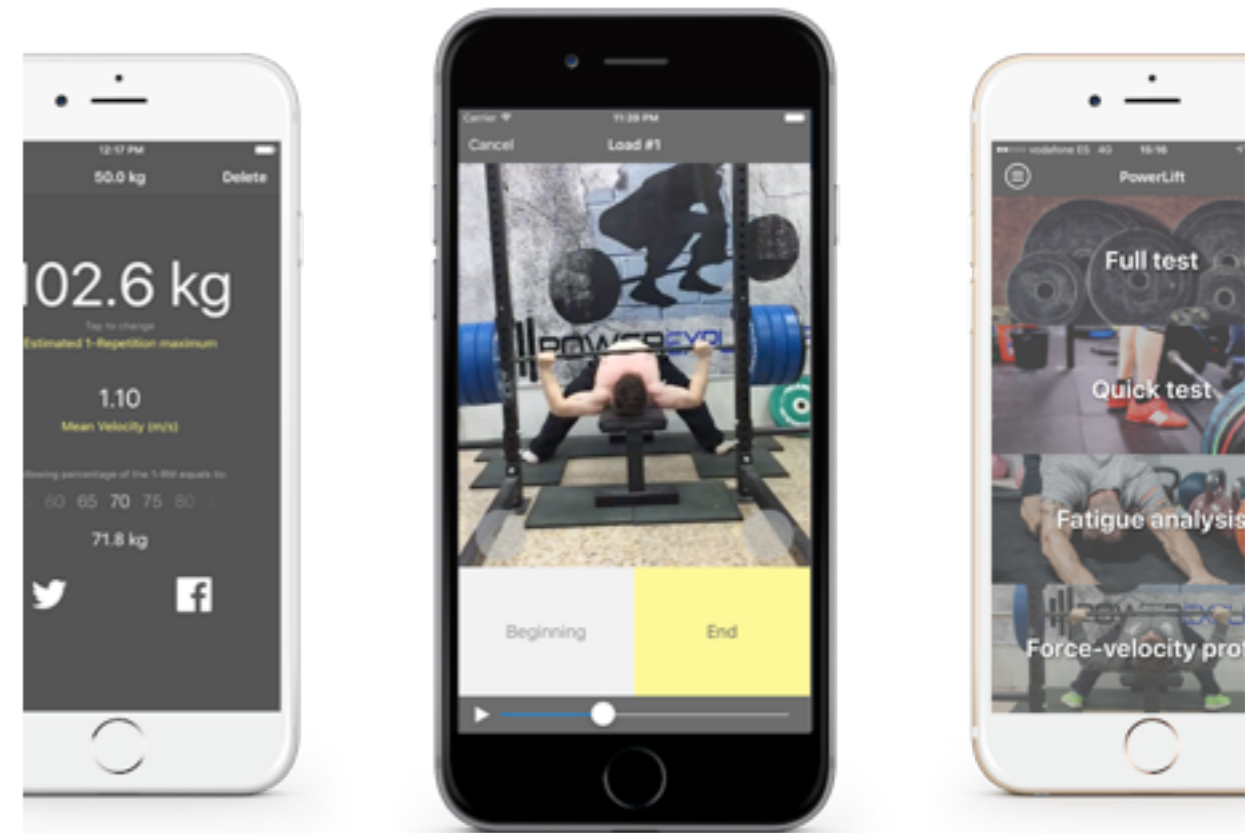
embargo, investigaciones recientes han demostrado que la velocidad media es igual de fiable, y su medición no requiere materiales tan costosos (6). La medición de la velocidad es el mejor indicador de la intensidad de trabajo como vimos en el Capítulo 2 y, además, está directamente relacionada con variables como la potencia o la fuerza aplicada. Es decir, si ante una misma carga un sujeto produce más velocidad, esto quiere decir sin ningún tipo de duda que ha sido capaz de aplicar más fuerza y producir más potencia.

Realización: Dicho test consiste en ejecutar 2-3 repeticiones a la máxima velocidad posible en la **fase concéntrica** con al menos 4 cargas distintas de peso homogéneamente

creciente, registrando en cada carga la velocidad más alta. Por ejemplo, 40-50-60-70 kg. Nunca se debe llegar a la RM, pues la valoración de cargas submáximas es más que suficiente para observar los cambios en el rendimiento, y el riesgo de lesión o sobreentrenamiento es significativamente menor. Entre cada carga se descansan unos 3 minutos para garantizar la menor acumulación posible de fatiga.

Instrumental: Tradicionalmente, los instrumentales utilizados eran los transductores lineal de posición y velocidad. Los **transductores lineales de posición y velocidad** miden directamente la posición y la velocidad de desplazamiento de la barra y son el instrumental más utilizado para analizar la producción de velocidad en los ejercicios con cargas. Sin entrar en detalles técnicos, los transductores lineales consisten en un cable que se engancha al extremo de una barra de pesas de tal manera que quede perpendicular al suelo, y gracias a ello es capaz de medir la posición y la velocidad de la barra. Dado que los transductores lineales sólo miden velocidad en una vertical perfecta, se recomienda medir los ejercicios en una máquina multipower para obtener los datos más precisos. Existen otros materiales, **las plataformas de fuerza**, que miden directamente la fuerza que se aplica contra ella y son la fuente más precisa para medir variables como la fuerza aplicada o la RFD. Sin embargo, dado que su coste es muchísimo más alto y su portabilidad mucho más limitada (son grandes y pesan muchos kilos), su utilización fuera del laboratorio no es posible.

Galería 3.1 Algunos de los instrumentales para medir la velocidad en ejercicios de fuerza



Algunas de las pantallas principales de la app Powerlift (resultados, grabación y menú principal)



Es por ello que en los últimos años han surgido tecnologías menos costosas, portátiles, ligeras, sin cables y conectadas a móvil para medir la velocidad en ejercicios de fuerza. Por un lado, están los acelerómetros como PUSH y Beast, que han demostrado científicamente ser unas herramientas válidas y fiables (7,8). Estos dispositivos, llamados *wearables* (del inglés, *vestible*) se colocan en el brazo a modo de pulsera y miden la velocidad gracias a los acelerómetros y giroscopios de 3 ejes que tienen en

su interior y son mucho más asequibles que los transductores tradicionales, costando en torno a 200-300€ actualmente.

Yendo un paso más allá en la búsqueda de la simplicidad en la valoración de la velocidad en ejercicios de fuerza, el Dr. Balsalobre diseñó una app para iPhone y iPad llamada **PowerLift** que ha demostrado medir la velocidad con gran precisión, validez y fiabilidad en comparación con un transductor de laboratorio (9). El funcionamiento de esta app es muy sencillo: se graba el levantamiento (por ejemplo, un press de banca), y mediante análisis de vídeo se selecciona el inicio y el final del movimiento, lo cual puede hacerse con gran precisión gracias a la cámara lenta disponible en los iPhone y iPad actuales. Este procedimiento tan sencillo permite medir la velocidad de ejecución simplemente con una app de tan sólo 10€, lo cual ha abaratado enormemente los costes de las evaluaciones de fuerza tradicionales. Además, *PowerLift* usa algoritmos basados en la relación carga-velocidad para estimar la RM de manera precisa sin tener que hacer nunca una RM real.

Valoración: La principal utilidad de este test es observar la evolución en el rendimiento físico de un determinado deportista a lo largo del tiempo. Además, gracias a la relación carga-velocidad, permite estimar la RM con precisión. Para ello, se realizará el test con cargas crecientes con cierta frecuencia (normalmente, cada 2 meses) y se analizará si cada carga se ejecuta a una velocidad mayor, menor o igual a la anterior

medición. Un sujeto ha mejorado su rendimiento si la recta de carga-velocidad se ha desplazado hacia arriba y la derecha, es decir, si ha sido capaz de producir más velocidad antes las mismas cargas. Del mismo modo, el rendimiento habrá mejorado si la RM predicha se ha incrementado tras el entrenamiento.

TEST DE SALTO VERTICAL

Descripción: Los tests de salto vertical son de gran interés para evaluar la producción de fuerza explosiva de los deportistas. Entre los test de salto vertical más comunes encontramos el Squat Jump (SJ), el Drop Jump (DJ) o el test de saltos repetidos, aunque, sin duda, el más versátil, fiable y aplicable al mundo del rendimiento deportivo es el **Countermovement Jump (CMJ)**. El CMJ ha mostrado unas correlaciones muy altas con los niveles de fuerza máxima o de velocidad en sprint cortos (1,2) y, además, es un excelente indicador de los estados de fatiga de los deportistas (3). Hablaremos más del CMJ y su relación con la fatiga en el Capítulo 7.

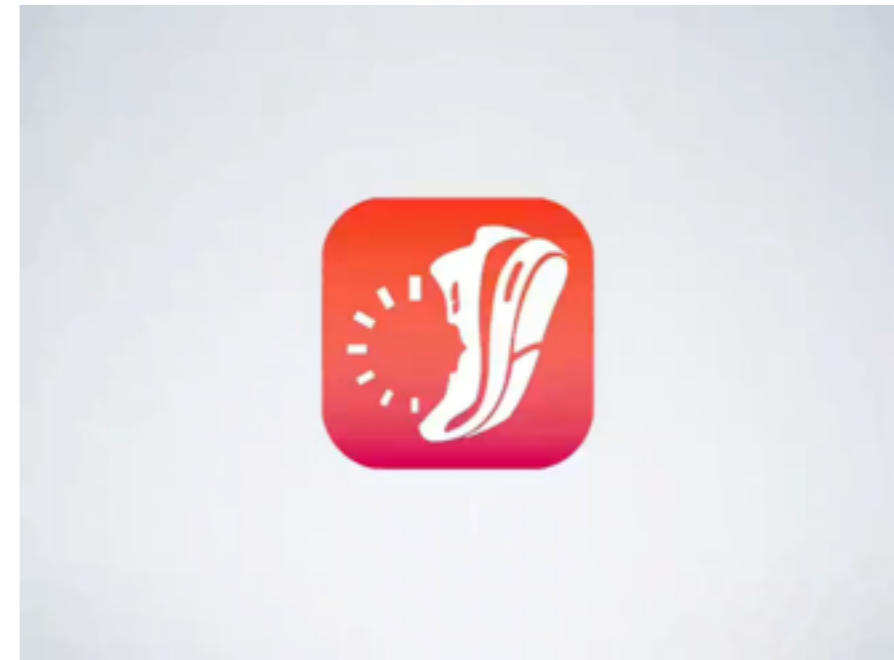
Variables medidas: Altura de salto (cm) en los test de salto vertical como el CMJ o el SJ, y en test de saltos continuos o de reacción (como el Drop Jump), también se suele medir el tiempo de contacto, es decir, el tiempo que el deportista tarda en despegar desde el aterrizaje de un salto anterior. No obstante, dependiendo del instrumental que utilicemos podremos incluso

medir los niveles de fuerza, velocidad y potencia máxima gracias al test de perfil de fuerza-velocidad desarrollado por Samozino y Morin (10).

Realización: Todos los test de salto vertical se deben realizar con las manos en la cintura para evitar la influencia de los miembros inferiores en los resultados, con las piernas a la anchura de las caderas y tratando de saltar lo máximo posible sin doblar las rodillas en el aire. Normalmente se realizan 3 ejecuciones de cada salto, salvo en el caso de los test de saltos repetidos que, según sus características, consistirán en realizar un número determinado de saltos en el menor tiempo posible, o el mayor número de saltos en un tiempo pre-establecido.

Instrumental: El instrumental *gold-standard* para medir el salto vertical son las plataformas de fuerza, pues son las que aportan los datos más precisos. Sin embargo, su alto coste y su escasa portabilidad hacen que hayan surgido otras soluciones más asequibles como **las plataformas de infrarrojos**. Las plataformas de infrarrojos calculan la altura del salto mediante la medición del tiempo que el atleta permanece en el aire, y consisten en dos “bastones” conectados entre sí que emiten una señal infrarroja de uno a otro. Esta señal infrarroja permite crear una capa invisible que reacciona ante la presencia de un objeto (en este caso, el deportista), pudiendo así cronometrar el tiempo que transcurre desde que el deportista despegue del suelo hasta que vuelve a aterrizar. Sin embargo, dichos dispositivos no están

Película 3.2 Demostración del uso de My Jump 2



carentes de limitaciones. En primer lugar, pese a ser más baratas que una plataforma de fuerzas, su precio sigue sin ser para todo el mundo: en torno a 2000€. En segundo lugar, los palos infrarrojos necesitan estar perfectamente alineados para evitar interferencias, por lo que su uso en terrenos irregulares, o en campos de fútbol con hierba alta, no es posible.

Es por ello que el Dr. Balsalobre diseñó una app llamada **My Jump 2** (disponible tanto para iOS como Android) que permite medir el tiempo de vuelo y, por tanto, la altura de salto con gran precisión gracias a la grabación en cámara lenta disponible en los smartphones actualmente. Su funcionamiento, al igual que *PowerLift*, consiste en la cámara de vídeo: se graba al deportista realizando un salto y, posteriormente, se selecciona

el despegue y aterrizaje del salto. La app calculará la altura de salto con gran precisión, validez y fiabilidad como se ha demostrado en múltiples estudios (11). Es más, My Jump 2 usa las ecuaciones de Samozino para calcular el perfil de fuerza-velocidad, un novedoso método de evaluación que permite conocer los niveles de fuerza, velocidad y potencia máxima del deportista así como el posible déficit en alguna de esas capacidades que pudiera tener, lo cual ayuda enormemente a orientar el entrenamiento de fuerza (12).

Valoración: Sencillamente, analizaremos si los deportistas han sido capaces de saltar más, menos, o de la misma forma que en la anterior medición. Del mismo modo, también se pueden comparar sujetos de distintas especialidades, o de diferentes niveles. Por ejemplo, se ha demostrado que el nivel del CMJ es significativamente más alto en karatekas de nivel internacional que en los amateurs (4). Los test de salto vertical, especialmente el CMJ, no suponen demasiado esfuerzo a los deportistas, y se pueden realizar con mayor frecuencia que el test con cargas crecientes (por ejemplo, cada una o dos semanas).

TESTS DE SPRINTS

Descripción: Los test de sprint consisten en correr a la máxima velocidad posible distancias muy cortas, que generalmente van desde los 20 hasta los 50 metros. Los test de

sprints más utilizados para controlar el rendimiento constan de 2-3 repeticiones máximas separadas por unos 3 minutos de descanso, pero la aplicación a los deportes de equipo, donde se suceden múltiples sprints con recuperaciones muy cortas, ha incrementado el interés en la investigación de la capacidad de repetir sprints ([repeated sprint ability](#) o [RSA](#) según sus siglas en inglés). Así, los test de RSA se basan en la repetición sin apenas descanso (10-30 segundos generalmente) de sprints cortos o muy cortos realizados a la máxima velocidad posible. De esta forma, describiremos dos tipos de test de sprint: única repetición o RSA.

Variables medidas: La variable principal es el tiempo total en recorrer la distancia de estudio (medido en segundos y centésimas de segundo). Si se dispone del suficiente instrumental, también se suelen medir los tiempos parciales por tramos (por ejemplo, de 0-20 y de 20-40 en un sprint de 40 metros). En cuanto a los sprints repetidos, además del tiempo de cada sprint individual, se mide el *índice de fatiga* o pérdida de velocidad desde el primer hasta el último sprint. Para ello se pueden utilizar diversas fórmulas, pero la más sencilla es la que calcula el porcentaje de pérdida de velocidad que supone el último sprint respecto al primero, y se puede calcular mediante la siguiente expresión:

$$Ps = ((SF * 100) / S1) - 100$$

Donde P_s es la pérdida de velocidad en el sprint, S_1 es el primer sprint del test y S_F es el sprint final del test. El valor obtenido es el porcentaje de pérdida de velocidad desde el primer hasta el último sprint.

Realización: A no ser que trabajemos con atletas velocistas, los sprints se realizarán desde bipedestación, parados, con un pie adelantado y situados un metro por detrás de la línea de salida. Los deportistas deben correr cada sprint en línea recta y a la máxima velocidad posible, frenándose sólo cuando han llegado a la línea de llegada y no antes. En el caso de los sprints repetidos, los deportistas se situarán rápidamente en la línea de salida para realizar la siguiente repetición. Para permitir tiempos de recuperación cortos, en los test de RSA los diferentes sprints se suelen hacer de ida y vuelta, es decir, lo que en un principio era la línea de llegada, para el siguiente sprint se convierte en la línea de salida y así sucesivamente. Un ejemplo de test RSA es el *running-based anaerobic sprint test (RAST)* (5). Este test surgió como una alternativa al test de Wingate en cicloergómetro específico de carrera, y consiste en 6 sprints de 35 metros separados por 10 segundos de recuperación. No obstante, dependiendo del deporte en el que se aplique, existen numerosos protocolos de test RSA.

Instrumental: El instrumental más preciso y utilizado para el cronometraje de los sprints son las células fotoeléctricas. Las células fotoeléctricas consisten en un emisor infrarrojo y un

Película 3.3 Test de sprints repetidos RAST



Este test consiste en 6 sprints de 35 metros con 10 segundos de descanso entre sprints.

refractor que le devuelve la señal creando una línea invisible similar a las plataformas de infrarrojos para el salto vertical. Un par se coloca en la línea de salida y otro en la línea de llegada, y cuantos más se quieran en tramos intermedios para analizar los tiempos parciales. Cuando el deportista “corta” la célula de salida el cronómetro comienza, según va pasando las células intermedias se van tomando los tiempos parciales y cuando pasa la célula de llegada el cronómetro se para obteniéndose así los tiempos totales y parciales de cada sprint. No obstante, pese a la popularidad de las células, su uso no está tan extendido como sería deseable dado al gran coste de dichos dispositivos. Por ello, siguiendo el trabajo del Dr. Balsalobre con My Jump, el Dr.

Jiménez ideó **My Sprint**, una app que, basándose en el mismo concepto de grabación con cámara de vídeo, permite medir de manera válida y fiable la velocidad en distancias cortas, así como variables biomecánicas avanzadas como la fuerza horizontal, la potencia o el ratio de fuerzas gracias a las ecuaciones de Samozino (13). Gracias a ello, actualmente podemos realizar valoraciones biomecánicas avanzadas simplemente con un smartphone, lo cual hasta hace poco tiempo sólo podía realizarse con sistemas avanzados y extremadamente costosos como pistolas radar o plataformas de fuerzas en serie.

Valoración: En los sprints de única repetición sencillamente se compararán los tiempos entre cada una de las mediciones que se realicen a lo largo de la temporada para observar si se ha mejorado o no la velocidad máxima en la distancia de estudio, mientras que en los test de RSA se compararán, además, los valores de pérdida de velocidad desde el primer al último sprint. Por último, en estos tests también se suelen comparar los valores medios de todos los sprints de la primera mitad del test con los sprints de la segunda mitad del test (por ejemplo, en un test RSA de 6 sprints, la media de los 3 primeros y 3 últimos sprints). Así, para analizar el rendimiento en los test de RSA, se compararán al menos las siguientes variables entre cada una de las mediciones que se realicen periódicamente: tiempo del mejor sprint, pérdida de velocidad del primer al último sprint, tiempo medio de la primera mitad de sprints y tiempo medio de la segunda mitad de sprint

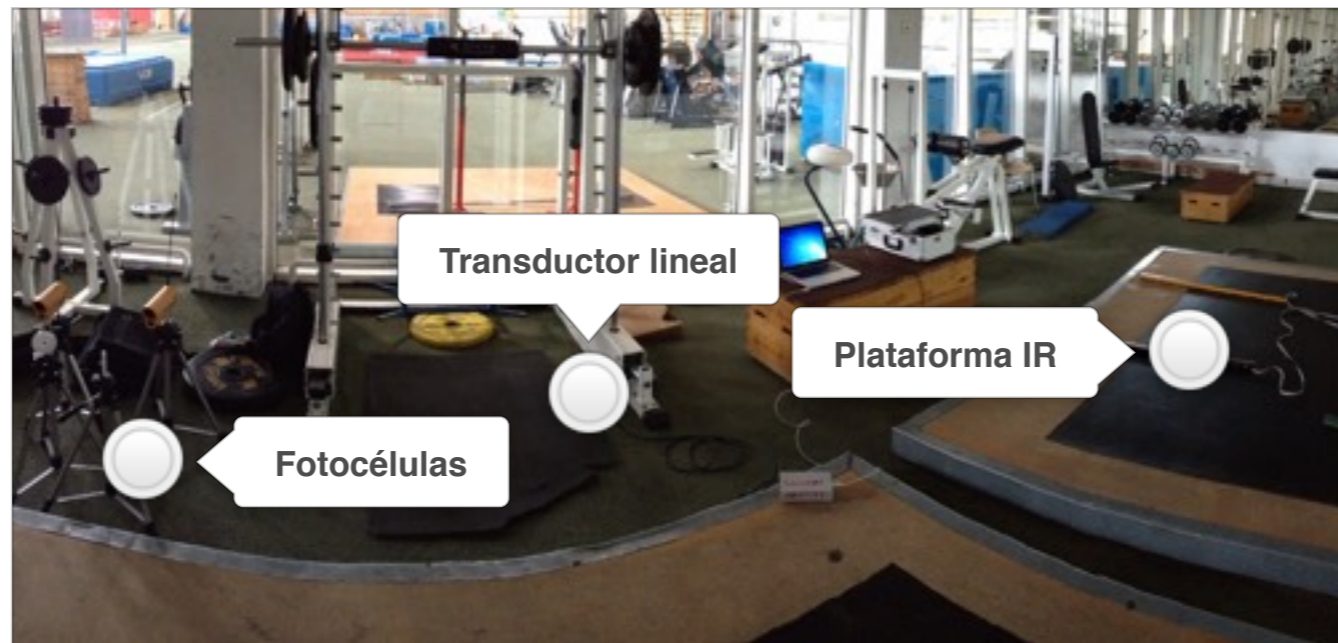
Ideas Clave

1. Los test de más útiles en el día a día del entrenamiento son los que pueden realizarse in situ, es decir, sin necesidad de llevar a los deportistas al laboratorio a hacer pruebas descontextualizadas.
2. Los test más apropiados para valorar la producción de fuerza de los deportistas con tareas específicas de entrenamiento son los que miden ejercicios habituales como la sentadilla, los saltos o los sprints.
3. En los test con cargas crecientes para analizar la relación-velocidad, nunca debe llegarse a la RM, pues la comparación de cargas submáximas y la predicción de la RM mediante dicha relación es suficiente para estudiar las variaciones en el rendimiento, y conllevan menos riesgo de sobreentrenamiento o lesión.
4. De todos los test de saltos, el más versátil, aplicable y fiable de todos es el CMJ. Es un excelente indicador del estado de forma y del grado de fatiga, y no supone apenas esfuerzo para el deportista, por lo que puede realizarse incluso a diario.
5. Los test de sprint son una excelente opción para analizar la fuerza explosiva de los deportistas en una tarea tan específica como la carrera. En cuanto a los test de RSA, sus características variarán dependiendo del deporte en el que se aplique, pero generalmente consisten en 5-10 sprints de 10-40 metros con descansos de 10-30 segundos.
6. El objetivo principal de los test es comparar los valores de las diversas variables estudiadas entre cada una de las mediciones periódicas realizadas durante la temporada. Una frecuencia apropiada de medición es, aproximadamente, cada 2-3 meses.

Preguntas de repaso

Pregunta 1 de 5

Coloca cada etiqueta con el instrumental correspondiente



Fotocélulas

Transductor lineal

Plataforma IR



Comprobar
respuesta



Referencias Bibliográficas

1. Balsalobre-Fernández C, Tejero-González CM, Campo-Vecino J, Alonso-Curiel D. The Effects of a Maximal Power Training Cycle on the Strength, Maximum Power, Vertical Jump Height and Acceleration of High-Level 400-Meter Hurdlers. *J Hum Kinet.* 2013;36:119-126.
2. Shalfawi SAI, Sabbah A, Kailani G, Tønnessen E, Enoksen E. The relationship between running speed and measures of vertical jump in professional basketball players: a field-test approach. *J Strength Cond Res.* 2011;25(11):3088-3092.
3. Jiménez-Reyes P, Cuadrado-Peñafiel V, González-Badillo JJ. Application of the Counter Movement Jump Test to Monitor Training Load in Sprint Sessions. *Cult Sci Sport.* 2011;7(17):105-112.
4. Balsalobre-Fernández C, Martínez-Majolero V, Villacieros-Rodríguez J, Tejero-González CM. Differences in vertical jumping and mae-geri kicking velocity between international and national level karateka. *Revista de Artes Marciales Asiaticas.* 2013;8(1):13-20.
5. Keir D, Thériault, F., Serresse, O. Evaluation of the Running-Based Anaerobic Sprint Test as a Measure of Repeated Sprint Ability in Collegiate Level Soccer Players. *J Strength Cond Res.* 2013;27(6):1671-1678.
6. García-Ramos, A., Pestaña-Melero, F. L., Pérez-Castilla, A., Rojas, F. J., & Haff, G. G. (2017). Mean velocity vs. mean propulsive velocity vs. peak velocity. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 1
7. Balsalobre-Fernández, C., Marchante, D., Baz-Valle, E., Alonso-Molero, I., Jiménez, S. L., & Muñoz-López, M. (2017). Analysis of Wearable and Smartphone-Based Technologies for the Measurement of Barbell Velocity in Different Resistance Training Exercises. *Frontiers in Physiology*, 8(8). <https://doi.org/10.3389/fphys.2017.00649>
8. Balsalobre-Fernández, C., Kuzdub, M., Poveda-Ortiz, P., & Campo-Vecino, J. Del. (2016). Validity and Reliability of the PUSH Wearable Device to Measure Movement Velocity During the Back Squat Exercise. *Journal of Strength and*

- Conditioning Research, 30(7), 1968–1974. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001284>
9. Balsalobre-Fernández, C., Marchante, D., Muñoz-López, M., & Jiménez, S. L. (2018). Validity and reliability of a novel iPhone app for the measurement of barbell velocity and 1RM on the bench-press exercise. *Journal of Sports Sciences*, 36(1), 64–70. <https://doi.org/10.1080/02640414.2017.1280610>
 10. Samozino, P., Rejc, E., Di Prampero, P. E., Belli, A., & Morin, J. B. (2012). Optimal force-velocity profile in ballistic movements--altius: citius or fortius? *Med Sci Sports Exerc*, 44(2), 313–322. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e31822d757a>
 11. Balsalobre-Fernández, C., Glaister, M., & Lockey, R. A. (2015). The validity and reliability of an iPhone app for measuring vertical jump performance. *Journal of Sports Sciences*, 33(15), 1574–1579. <https://doi.org/10.1080/02640414.2014.996184>
 12. Jiménez-Reyes, P., Samozino, P., Brughelli, M., & Morin, J.-B. (2017). Effectiveness of an Individualized Training Based on Force-Velocity Profiling during Jumping. *Frontiers in Physiology*, 7, 1–13. <https://doi.org/10.3389/fphys.2016.00677>
 13. Romero-Franco, N., Jiménez-Reyes, P., Castaño-Zambudio, A., Capelo-Ramírez, F., Rodríguez-Juan, J. J., González-Hernández, J., ... Balsalobre-Fernández, C. (2016). Sprint performance and mechanical outputs computed with an iPhone app: Comparison with existing reference methods. *European Journal of Sport Science*, 1–7. <https://doi.org/10.1080/17461391.2016.1249031>

Principales ejercicios para el entrenamiento de la fuerza



Consideraciones previas

ÍNDICE

1. Principales ejercicios
2. Programación de las cargas
3. Ideas Clave
4. Preguntas de Repaso
5. Referencias Bibliográficas

Consideraciones previas

Tal como indicábamos en el capítulo correspondiente a la velocidad de ejecución, existen diferentes parámetros que afectan en mayor o menor grado a la carga de entrenamiento. Entre éstos encontramos el tipo y orden de ejercicio empleado, constituyendo, tanto la elección del ejercicio como su forma de organización dentro de una sesión e incluso de un ciclo de entrenamiento, un determinado grado de fatiga o carga de entrenamiento. Como ya sabemos, otros parámetros como el volumen, la intensidad o las relaciones entre el tiempo de trabajo y recuperación, serán factores esenciales en la programación de las cargas de trabajo. Pero a pesar de la necesidad de controlar todos los parámetros, en este capítulo nos vamos a centrar en los principales ejercicios que los entrenadores podrán usar para el entrenamiento del desarrollo de la fuerza así como para la evaluación de los diferentes indicadores o parámetros necesarios para conocer si el efecto del entrenamiento se está produciendo de manera adecuada.

La elección de los ejercicios determina la forma de acción, la cantidad de masa muscular implicada y los aspectos biomecánicos particulares de cada uno. El orden de los ejercicios tiene influencia en el estrés metabólico y en el estado de fatiga de un músculo o grupo de músculos determinado al comienzo de un ejercicio. Además de este importante parámetro para la programación de la carga,

sería conveniente que no olvidásemos la necesidad de estimar de manera adecuada la carga que los deportistas utilizarán ya que ésta afectará de forma específica al tipo de esfuerzo requerido en relación a la activación o reclutamiento de unidades motoras rápidas, así como al grado de estrés mecánico y metabólico generado. La carga además determinará la velocidad de ejecución, y junto a esta información deberíamos tener en cuenta el número de repeticiones y series a realizar, lo que determinará tanto el volumen como la intensidad de una sesión, no siendo lo mismo 2 sesiones en las que a pesar de trabajar con una misma carga, tanto absoluta como relativa, el sujeto realice el máximo número de repeticiones posibles ante una determinada carga (por ejemplo realizar 12 repeticiones sobre 12 posibles repeticiones – 12(12)] o la mitad del máximo número de repeticiones ante esa “aparente” misma carga (realizar 6 repeticiones sobre 12 posibles repeticiones – 6(12)]. Dedicaremos más tiempo a las diferencias de entrenar con [repeticiones al fallo](#) respecto a entrenar con la mitad de las repeticiones posibles en el próximo capítulo.

Antes de comenzar a describir los ejercicios, es necesario indicar que en relación a la elección de los ejercicios, será importante elegir aquellos que, por sus características, sean más relevantes para la mejora del rendimiento específico de cada deporte en función de los factores determinantes y las necesidades de fuerza del mismo. De esta forma, no necesitará realizar los mismos ejercicios, con la misma frecuencia y las mismas cargas, un saltador que un mediodfondista. Más adelante

describiremos dos programas diferentes para dichas especialidades en los que se podrán observar claramente las diferencias.

A continuación, mostramos algunos de los principales ejercicios que pueden ser usados en el entrenamiento para el desarrollo de la fuerza, lo que influirá y determinará el estímulo y con ello el efecto del entrenamiento.

Ejercicios para la mejora de la producción de fuerza

Vamos a describir brevemente algunos de los ejercicios de entrenamiento de fuerza más adecuados para la mejora de la velocidad y potencia muscular. Todos ellos son de carácter multiarticular y trabajan los principales grupos musculares implicados en la mayoría de acciones deportivas como lanzar, saltar o correr. Sin más, vamos a mostrar los ejercicios que proponemos.

Sentadilla completa



@NickBavaresco y @Marco800

Press de banca



@HelenHoneyH

Cargada



Lydia Valentín Pérez

Arrancada



Lydia Valentín Pérez

Yerk



Lydia Valentín Pérez

Saltos verticales con carga (CMJ)



@Marco800 y @HelenHoneyH

Saltos verticales sin carga



@HelenHoneyH

Arrastres



@HelenHoneyH

Segundos de triple



Natalia Romero Franco y Lysvanis Arlis Pérez

Programación de las cargas

Programación de las cargas de entrenamiento

Una vez que conocemos estos ejercicios y su correcta ejecución técnica, un aspecto esencial y necesario para su utilización dentro de un programa de entrenamiento será de qué manera un entrenador los organiza dentro del proceso de entrenamiento para conseguir los efectos deseados en función de los objetivos, estado del deportista, necesidades de fuerza, etc. Para una correcta organización de los ejercicios lo verdaderamente importante es la programación del entrenamiento, la cual entendemos como una **serie ordenada de esfuerzos y con una dependencia entre sí**.

Para programar correctamente es de vital importancia obtener información sobre los efectos del entrenamiento para conocer si se está generando la fatiga que se pretendía o por el contrario ésta es excesiva o se encuentra por debajo de la diseñada. Para ello, un aspecto fundamental será el uso de algunos indicadores relacionados con la fatiga (tratados en el tema de monitorización de la fatiga), que nos permitirían comprobar con precisión esta consideración. Además el uso de estos indicadores de fatiga se podrían usar no solo para

comprobar el efecto del entrenamiento sino para programar el entrenamiento en base a estos indicadores (1). El uso de la velocidad de ejecución sería el mejor parámetro para programar el entrenamiento y además sería un indicador que nos aportaría información sobre el grado de fatiga provocado por los diferentes estímulos de entrenamiento, proporcionando una información muy precisa para saber si una sesión podría o debería interrumpirse porque ya se haya alcanzado el grado de fatiga que se pretende para un deportista en concreto.

Específicamente, lo más adecuado es programar el entrenamiento de fuerza mediante la velocidad de ejecución pues, como hemos visto en el Capítulo 2, éste es el mejor método para conocer la intensidad real del esfuerzo (2). Hecho esto, el control de la velocidad de ejecución dentro de la serie permitirá ajustar el número de repeticiones óptimas a realizar. Como comentaremos en el Capítulo 5, parece que lo más adecuado es realizar la mitad de las repeticiones dentro de cada serie para optimizar el desarrollo de la potencia y minimizar el grado de fatiga, habiéndose demostrado que entrenar con todas las repeticiones posibles es perjudicial para el rendimiento (3). En

concreto, la pérdida de un 20% de la velocidad de la primera repetición en press de banca y del 15% en sentadilla son unos niveles recomendados de trabajo, pues dichos decrementos se producen sobre la mitad de las repeticiones posibles para una determinada carga (1, 2).

Pautas básicas para la programación de las cargas

Sabiendo que, en esencia, la programación del entrenamiento de fuerza consiste en la administración de unos determinados esfuerzos caracterizados por la pérdida de velocidad que se produce en la serie, a continuación, y a modo de síntesis, vamos a numerar algunas pautas básicas para tener en cuenta a la hora de realizar una planificación. Dichas pautas están basadas en el trabajo de **González-Badillo y Ribas (2002)**:

1. Los objetivos del entrenamiento de fuerza deben estar claros. Recordemos que, a menos que entrenemos a culturistas, el objetivo fundamental del entrenamiento de fuerza es conseguir aplicar más fuerza en menos tiempo en el gesto deportivo.
2. Según dichos objetivos, el nivel de los deportistas y las necesidades de fuerza del deporte en cuestión, se utilizarán distintas repeticiones por serie para programar unos grados de esfuerzo diferentes. Para la mayoría de los deportes que no tienen necesidades de fuerza altas como la halterofilia, realizar la mitad de las repeticiones posibles por serie es suficiente.

3. Por tanto, el grado y tipo de esfuerzo se define tanto por el número de repeticiones realizadas por serie como por el número de repeticiones que se dejan de hacer en una serie. Así, no significa el mismo tipo de esfuerzo dejar de hacer dos repeticiones por serie si se hacen 2 sobre 4 posibles que si se ejecutan 8 sobre 10.
4. En función de las exigencias de fuerza de la especialidad deportiva, deberán considerarse las intensidades de trabajo mínimas y máximas dentro del ciclo de entrenamiento, así como el número de repeticiones por serie (o **carácter del esfuerzo**) mínimo y máximo.
5. Dentro del ciclo de entrenamiento, se debe progresar de menor a mayor carácter del esfuerzo (CE). Por ejemplo, empezar con 10(20) y terminar con 7(12) repeticiones por serie.
6. Del mismo modo, dentro del ciclo se debe progresar de más a menos repeticiones realizadas y realizables por serie. El ejemplo del punto anterior sirve también para este.
7. Como consecuencia de los dos puntos anteriores, la progresión en el entrenamiento de fuerza debe ir de más a menos velocidad de ejecución en los ejercicios. Esto es lógico teniendo en cuenta que utilizar CE más altos por serie significa perder más velocidad y, por lo tanto, un grado de esfuerzo más elevado.

8. Por último, los ejercicios deben ordenarse dentro de la sesión de menor a mayor velocidad de ejecución. Por ejemplo, se comenzará por ejercicios como la sentadilla y se terminará con ejercicios como los saltos con carga.

Pautas específicas para cada ejercicio

Una vez conocemos los ejercicios y algunas indicaciones básicas sobre programación, nos disponemos a mostrar un ejemplo de un plan de un entrenamiento de fuerza de 8 semanas para dos deportistas de disciplinas con distintas necesidades de fuerza: triple salto (necesidades altas) y 1500m lisos (necesidades medias-bajas). Sin embargo, antes vamos a mostrar unas pautas específicas de la programación de las cargas de los ejercicios seleccionados:

1. Todas las repeticiones de todos los ejercicios se realizan a la máxima velocidad posible en la fase concéntrica. Incluso cuando las cargas sean altas y la velocidad absoluta no pueda ser elevada, los sujetos deben intentar movilizar la carga lo más rápido que puedan.
2. Entre cada serie se recuperan de 2-4min

TABLA 4.1 Relación entre repeticiones posibles, velocidad media propulsiva y %RM en press de banca y sentadilla

Repeticiones posibles	%RM	VMP en press de banca (m/s)	VMP en press de sentadilla (m/s)
1	100	0.15	0.36
2	95	0.22	0.44
3-4	90	0.30	0.52
5-6	85	0.37	0.60
7-8	80	0.45	0.67
9-10	75	0.53	0.75
11-13	70	0.61	0.83
15	65	0.69	0.91
20	60	0.77	0.98
25	55	0.86	1.06
30	50	0.94	1.13

Conocer estas relaciones nos ayudará a entender mejor las características de los estímulos que propongamos. La velocidad media propulsiva asociada a cada carga se refiere a la de la primera repetición. Luego, la velocidad comienza a decrecer notablemente a partir de la mitad de las repeticiones por serie (ver Capítulo 5, sección 2 para más detalles).

3. Entre cada repetición de cada serie se recuperan 1-2s. Es decir, no se realizan todas las repeticiones muy seguidas, sino que se descansa un poco entre cada repetición para maximizar la aplicación de fuerza. Una derivación de este principio es el denominado entrenamiento en clúster que se abordará en el siguiente capítulo.
4. Entre cada ejercicio se recuperan 5 min.
5. Antes de realizar las cargas indicadas para los ejercicios de sentadilla y cargada se deben realizar 1-3 series de calentamiento con pesos inferiores y el mismo número de repeticiones por serie que el indicado para el peso de cada día de entrenamiento
6. Antes de los 2º de triple se calienta con 1-2 series con menor intensidad que la máxima.
7. Antes de las aceleraciones/arrastrés hay que hacer 1-2 series de calentamiento a menor velocidad. En el caso de los arrastres, dichas series se realizarán sin carga.
8. Dependiendo de las exigencias de fuerza de la especialidad, la carga utilizada en los arrastres no será mayor a un 10% del peso corporal (PC), o no producirá más de un 15-20% de pérdida de velocidad en comparación con un sprint de la misma distancia realizado sin arrastre.
9. Los saltos con cargas utilizarán cargas que permitan, como mucho, perder el 50% de la altura de un CMJ sin carga. Como recomendación general, no se utilizarán cargas que produzcan saltos menores de 20 cm.

TABLA 4.2 Programación de un entrenamiento de fuerza de 8 semanas para triple salto

	Sentadilla	Cargada	Salto con carga	2° triple	Salto sin carga	Arrastres	Aceleraciones
Semana 1	3x6(25)	3x6(10)	3x4 (30% pérdida CMJ sin carga)	3x(2x10) zancadas	3x6	4x30m (5%PC)	3x50m
Semana 2	3x6(25)	3x6(10)	3x4 (30% pérdida CMJ sin carga)	3x(2x10) zancadas	3x6	4x30m (5%PC)	3x50m
Semana 3	3x4(20)	3x4(8)	3x5 (30% pérdida CMJ sin carga)	3x(2x10) zancadas	3x5 (+1 altura)	5x30m (5%)	3x50m
Semana 4	3x4(20)	3x4(8)	3x4 (40% pérdida CMJ sin carga)	3x(2x10) zancadas	3x6(+1 altura)	5x30m (8%)	4x50m
Semana 5	3x4(20)	3x4(8)	3x5 (40% pérdida CMJ sin carga)	3x(2x12) zancadas	3x5 (+2 altura)	5x30m (8%)	4x50m
Semana 6	3x3(18)	3x3(6)	3x3 (50% pérdida CMJ sin carga)	3x(2x12) zancadas	3x5 (+2 altura)	3x30m (10%PC)	5x40m
Semana 7	3x3(18)	3x3(6)	3x3 (50% pérdida CMJ sin carga)	3x(2x12) zancadas	3x6 (+2 altura)	3x30m (10%PC)	5x40m
Semana 8	3x3(18)	3x3(6)	3x4 (50% pérdida CMJ sin carga)	3x(2x12) zancadas	3x4 (+3 altura)	3x30m (10%PC)	5x40m

TABLA 4.3 Programación de un entrenamiento de fuerza de 8 semanas para 1500m lisos

	Sentadilla	Cargada	Saltos con carga	Saltos sin carga	Arrastres
Semana 1	3x12(40)	3x8(20)	3x4 (10% perdida CMJ sin carga)	3x3	4x20m (3%PC)
Semana 2	3x12(40)	3x8(20)	3x4 (10% perdida CMJ sin carga)	3x4	4x20m (3%PC)
Semana 3	3x10(35)	3x7(18)	3x5 (10% perdida CMJ sin carga)	3x5	3x30m (5%PC)
Semana 4	3x10(35)	3x7(18)	3x4 (20% perdida CMJ sin carga)	3x3 (+1 altura)	3x30m (5%PC)
Semana 5	3x8(30)	3x6(15)	3x5 (20% perdida CMJ sin carga)	3x4 (+1 altura)	4x30m (5%PC)
Semana 6	3x8(30)	3x6(15)	3x3 (30% perdida CMJ sin carga)	3x3 (+2 altura)	3x20m (8%PC)
Semana 7	3x6(25)	3x4(10)	3x4 (30% perdida CMJ sin carga)	3x3 (+2 altura)	3x20m (8%PC)
Semana 8	3x6(25)	3x4(10)	3x5 (30% perdida CMJ sin carga)	3x5 (+5 altura)	3x20m (10%PC)

Ideas Clave

1. Los ejercicios en función de sus características, organización, orden, progresión, etc, representan por sí mismos una determinada carga de entrenamiento.
2. Es fundamental conocer los factores determinantes del rendimiento en cada deporte junto con las necesidades de fuerza para adaptar el tipo de ejercicios a utilizar.
3. El entrenamiento de fuerza debe tener tales características que no genere ningún tipo de alteraciones para seguir entrenando después.
4. Es de vital importancia controlar la velocidad de ejecución para programar el entrenamiento de fuerza.
5. Derivado de lo anterior, lo más adecuado sería programar el entrenamiento de fuerza usando como criterio la pérdida de velocidad en la serie. Específicamente, no se debería perder más de un 15-20% de la velocidad de la primera repetición, lo cual está asociado a realizar la mitad de las repeticiones por serie.
6. Lo ideal es programar, dosificar y controlar el entrenamiento de fuerza con alta precisión a través de la velocidad, y no a través de un porcentaje de 1RM o de una serie de XRM, ya que si se mide la velocidad en cada sesión de entrenamiento, se puede determinar si la carga propuesta al sujeto (kg) representa fielmente el verdadero esfuerzo (% de 1RM) que se ha programado para él. Por tanto, lo que se programa o se debe programar no es el porcentaje de 1RM, sino la velocidad de la primera repetición de una serie.
7. Si no se puede medir velocidad de ejecución, realizar no más de la mitad de las repeticiones por serie garantiza trabajar con unos niveles de pérdida de velocidad aceptables.
8. En la programación de las cargas se ha de progresar de menos a más carácter del esfuerzo, de más a menos velocidad de ejecución o de más a menos repeticiones por serie. Todos estos factores están interrelacionados y, en resumen, significan que se ha de programar de un menor a un mayor grado de esfuerzo.

Preguntas de repaso

Pregunta 1 de 4

Se han programado 6(12) repeticiones para este sujeto. Cuando lleva 3, ha perdido un 10% de la velocidad de la primera repetición. Lo más adecuado sería:

- A.** Seguir hasta que pierda un 15%
- B.** Seguir hasta que pierda un 20%
- C.** Seguir hasta que haga la mitad de las repeticiones posibles
- D.** Parar en ese momento



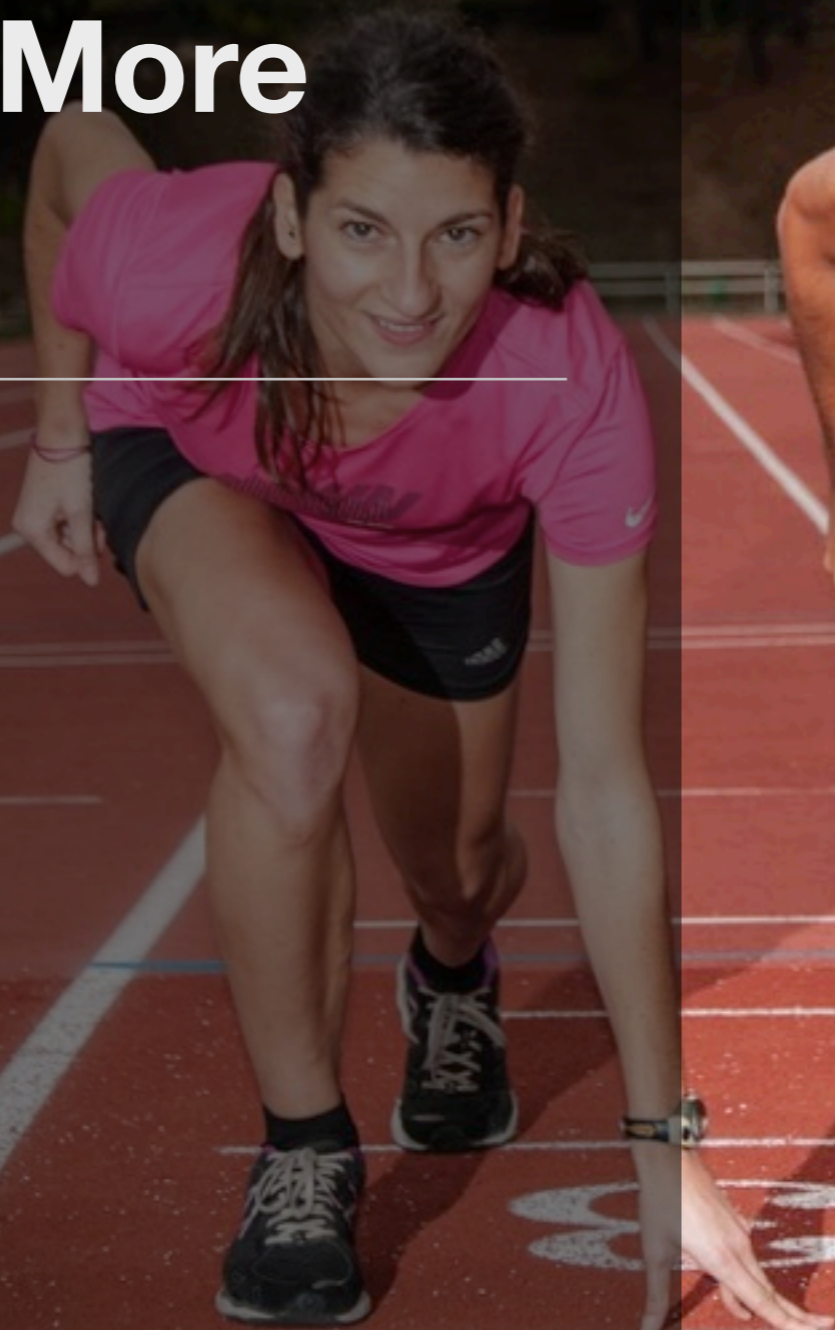
Comprobar
respuesta



Referencias Bibliográficas

1. Sanchez-Medina L, González-Badillo JJ. Velocity Loss as an Indicator of Neuromuscular Fatigue during Resistance Training. *Med Sci Sport Exer.* 2011;43(9):1725-34.
2. González-Badillo J, Sánchez-Medina L. Movement Velocity as a Measure of Loading Intensity in Resistance Training. *Int J Sports Med.* 2010;31(5):347-52.
3. Izquierdo-Gabarren M, De Txabarri Expósito RG, García-Pallarés J, Sánchez-Medina L, De Villarreal ESS, Izquierdo M. Concurrent Endurance and Strength Training Not to Failure Optimizes Performance Gains. *Med Sci Sport Exer.* 2010;42(6):1191-1199.
4. González-Badillo JJ, Ribas-Serna J. Bases de la programación del entrenamiento de fuerza: INDE; 2002.

Reducción del entrenamiento: No Pain, More Gain



No Pain, More Gain

ÍNDICE

1. Volumen de trabajo: menos es más
2. Repeticiones al fallo
3. ¿Es la fatiga necesaria?
4. Ideas Clave
5. Preguntas de Repaso
6. Referencias Bibliográficas

Volumen de trabajo: menos es más

“Hay que sudar la camiseta”. Esta frase tantas veces reproducida en la jerga del deporte ejemplifica a la perfección un dogma que en la teoría del entrenamiento se considera clave desde hace décadas: para mejorar hay que sufrir. Probablemente, este concepto tan profundamente arraigado en los centros de tecnificación tenga su origen en uno de los principios del entrenamiento conocido como el *Principio de Adaptación*. El principio de adaptación se basa en la Teoría de Adaptación General de Seyle (1), según la cual el organismo, ante un estado de alarma o estrés como podría ser un ejercicio intenso, produce unas respuestas adaptativas que, tras una disminución previa del rendimiento consecuencia de dicho estado de alarma, genera una *supercompensación* que incrementa determinadas capacidades por encima de sus niveles previos. De esta forma, en el ámbito del entrenamiento deportivo está tremendamente aceptado que para producir mejoras en el rendimiento hay que someter al organismo a múltiples estímulos generadores de fatiga. Esto, si bien es correcto hasta cierto punto, ha promulgado la elaboración de programas de entrenamiento abusivos, con grandes volúmenes e intensidades de trabajo extenuantes con la intención de incrementar la capacidad física de los deportistas.

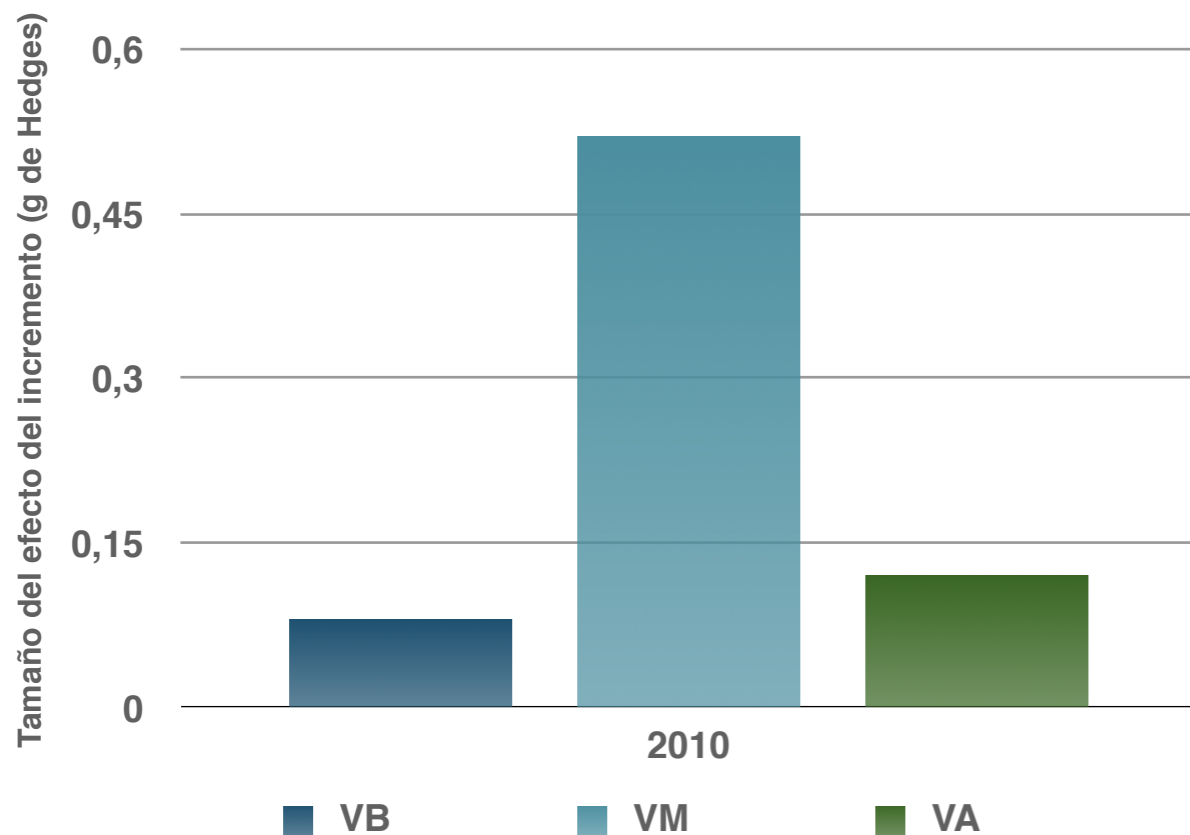
Sin embargo, desde hace algunos años este paradigma tradicional del entrenamiento deportivo está siendo cuestionado. Así, varios autores se han

preocupado de investigar los efectos de la aplicación de cargas de entrenamiento de diversas magnitudes con el fin de optimizar la preparación de los deportistas. Por ejemplo, González-Badillo, Gorostiaga, Arellano e Izquierdo (2) analizaron los efectos de tres programas de entrenamiento de fuerza idénticos pero con volúmenes de trabajo diferentes: bajo (VB), medio (VM) y alto (VA). Los programas VB y VM tenían, respectivamente, un 63% y 85% del volumen de VA. Después de un periodo de 10 semanas, se observaron dos resultados interesantes. En primer lugar, el programa de entrenamiento VM fue el que más incrementos produjo en el rendimiento

(medido mediante test de sentadilla, arrancada y cargada), siendo su volumen de trabajo el más adecuado para la mejora de la fuerza. En segundo lugar, se observó que no había diferencias en las mejoras producidas por los programas VB y VA. Así, se demostró que entrenar con un volumen sustancialmente menor no sólo permite adaptaciones similares sino que, de hecho, produce mayores incrementos en el rendimiento que un programa con hasta un 37% más de volumen de trabajo.

Resultados similares se han observado en otros estudios que comparan volúmenes de trabajo diferentes. En esta línea, Villarreal, González-Badillo e Izquierdo (3) demostraron que un programa de *entrenamiento pliométrico* de 420 y 840 saltos semanales produce mayores incrementos en el sprint de 20 metros, en la capacidad de salto vertical y la RM en press de piernas que un programa de 1680 saltos semanales. Del mismo modo, un reciente estudio de Balsalobre-Fernández y González-Badillo (datos pendientes de publicación) demostró que un programa de entrenamiento de fuerza con cargas ligeras (<45%RM) y un volumen de trabajo con la mitad del volumen que otro programa con cargas más altas (70-75%RM) produce mayores incrementos en el salto vertical, el sprint de 20 metros y la velocidad media propulsiva en sentadilla en jugadores jóvenes de baloncesto de alto nivel. Para ello, se midieron dichas variables una vez a la semana durante un periodo de tres semanas durante el cual los jugadores llevaron a cabo un típico programa de entrenamiento de hipertrofia, con 2 sesiones

Figura 5.1 Incrementos en arrancada con 3 programas diferentes



semanales de 3 series de 10RM (es decir, repeticiones hasta el fallo) y 10 ejercicios diferentes, sumando un total de 600 repeticiones semanales. Acabado dicho periodo, se comprobó que ninguna de las variables estudiadas vio incrementados sus valores sino que, de hecho, fueron disminuidos. Hecho esto, se comenzó un programa de entrenamiento con cargas ligeras (menos de un 45%RM) con 4 ejercicios: sentadilla completa, saltos con carga, saltos sin carga y sprints de 20 metros. Dicho programa se realizó 2 veces por semana, y los ejercicios constaron de 3 series de 5-8 repeticiones, sumando un total de 120-150 repeticiones semanales, es decir, la mitad que el programa de hipertrofia. A las 4 semanas de trabajo, se observaron incrementos significativos en todas las variables estudiadas.

Yendo más allá, García-Pallarés, García-Fernández, Sánchez-Medina e Izquierdo (4) realizaron un seguimiento durante dos temporadas a 10 kayakistas de élite en donde utilizaron dos estrategias de entrenamiento muy diferentes. Durante la primera temporada, se utilizó un modelo de periodización tradicional (PT), basada en ciclos de entrenamiento más extensos y con mayor presencia de entrenamiento de resistencia de larga duración, mientras que durante la segunda temporada se llevó a cabo una *periodización por bloques* (PB), constituida por 10 semanas y 120h de trabajo menos que en la PT y con menor cantidad de volumen de trabajo de larga duración. De hecho, el volumen del entrenamiento de resistencia

fue un 50% menor en PB respecto a PT. Se realizaron 4 pruebas anuales en las que se midieron diversas variables fisiológicas como el consumo máximo de oxígeno, los umbrales ventilatorios o la potencia de pedaleo. Pues bien, se observó que la periodización PB obtuvo mayores incrementos en el VO₂máx y el consumo de oxígeno en el umbral ventilatorio 2 que durante la PT, a pesar de contar con un volumen de trabajo un 50% y 10 semanas menos de entrenamiento.

De esta forma, estos trabajos apoyan con contundencia la hipótesis de que los volúmenes de entrenamiento reducidos pueden favorecer el aumento del rendimiento de manera más eficaz y, sobre todo, más eficiente, que los programas que utilizan grandes cantidades de trabajo. Desde luego, esta es una apasionante línea de investigación que debería seguir siendo estudiada para, algún día, conseguir tirar por tierra la extendida concepción del cuanto más, mejor.

Repeticiones al fallo

Entrenamiento hasta el fallo

Como ya hemos comentado en el Capítulo 1, el paradigma de la RM sigue teniendo un papel protagonista en la programación de las cargas de entrenamiento de fuerza. Dicha metodología consiste en utilizar la Repetición Máxima como referencia para programar las intensidades de trabajo (p.ej, 3x10 con 70%RM). Sin embargo, para solucionar el gran inconveniente que supone realizar test de RM de manera repetida, se ha establecido una relación entre el porcentaje de la RM y el número de repeticiones que se pueden realizar con dicho porcentaje. Así, por ejemplo, está muy aceptado que el 75%RM corresponde a una carga que pueda moverse 10 repeticiones, y no 11, y a dicha carga se le ha llamado 10RM. Esta forma de organizar las cargas del entrenamiento de fuerza, por lo tanto, consiste en la ejecución sistemática de repeticiones al fallo, es decir, se basa en la realización de todas las repeticiones posibles, hasta que no se pueda hacer ni una más, dentro de cada serie de cada ejercicio de trabajo. Una distribución de cargas muy típica usando la metodología de las repeticiones al fallo es realizar, de cada ejercicio, 4x10RM.

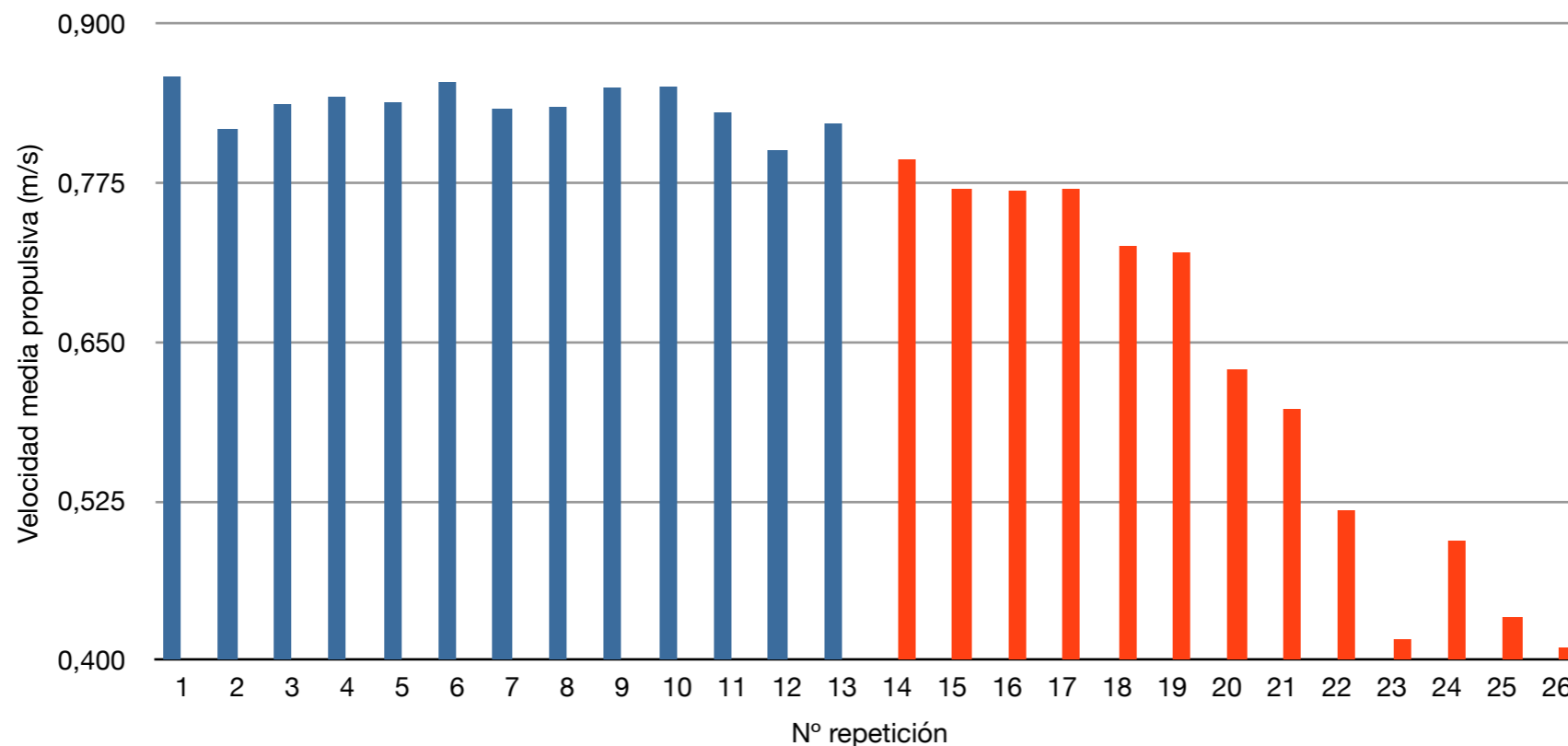
Si bien este tipo de entrenamientos ha mostrado ser muy eficaz para la mejora de la hipertrofia muscular (5), existen varios estudios que proponen que la realización de repeticiones al fallo puede no ser lo más adecuado para la mejora del rendimiento físico. Así, se ha probado que un ciclo de entrenamiento de fuerza de 11 semanas con repeticiones al fallo genera los mismos incrementos en la RM en press de banca y sentadilla, así como en la potencia de miembros superiores e inferiores y en el número de repeticiones máximas en sentadilla que un entrenamiento idéntico pero con la mitad de repeticiones por serie (6). De hecho, en dicho estudio se observó que el entrenamiento sin llegar al fallo produjo menores incrementos de cortisol (recordemos, hormona relacionada con la fatiga y el estrés) y mayor producción de testosterona que el entrenamiento al fallo. Es decir, entrenando sin llegar al fallo se obtuvieron los mismos resultados pero de una manera más eficiente y menos fatigante. Es más, hay estudios que sostienen que el entrenamiento hasta el fallo ni siquiera parece producir mayores mejoras en el número de repeticiones máximas, a pesar de que dicho incremento de la resistencia muscular es un efecto tradicionalmente atribuido a este tipo de trabajo (6, 7). Por su

parte, Izquierdo-Gabarren et al. (8) compararon los efectos de 8 semanas de entrenamiento de fuerza al fallo con un entrenamiento sin llegar al fallo en un grupo de piragüistas de alto nivel. Para ello, dividieron aleatoriamente al grupo de deportistas en distintos sub-grupos: repeticiones al fallo (RF), repeticiones sin llegar al fallo (NRF). Todos los piragüistas realizaron el mismo entrenamiento de fuerza, con la única diferencia de que el grupo RF realizó 10RM en cada serie mientras que el grupo NRF realizó 5 repeticiones (es decir, **la mitad de volumen**). Después de las 8 semanas de entrenamiento, se observó que el grupo NRF mejoró

más la RM y la potencia máxima en press de banca, así como la potencia media y máxima de palada en remo en comparación con el grupo RF.

De esta forma, parece que entrenar con la mitad de las repeticiones posibles es más adecuado para la mejora del rendimiento físico pues, como poco, tiene los mismos efectos que utilizar **repeticiones al fallo** (cuando no más), y esto es probablemente debido, entre otros factores, al menor grado de fatiga que produce en el organismo. Sin embargo, llegados a este

Figura 5.2 Pérdida de velocidad dentro de una serie de sentadilla



A partir de la mitad de las repeticiones, la pérdida de velocidad es notable. Nótese que en la última repetición posible la velocidad es muy próxima a la asociada a la RM (ver Capítulo 2).

punto es probable que le lector/a se haya preguntado el porqué utilizar la mitad de las repeticiones posibles y no otra cantidad como alternativa a las repeticiones al fallo. Pues bien, está demostrado que la velocidad de ejecución dentro de una serie comienza a decrecer significativamente a partir de la mitad de las repeticiones posibles (véase la figura 5.2) (6). Otro dato interesante que se puede observar en dicha figura es que la **velocidad de la última repetición es la misma que la asociada a la RM**. Es decir, si llegamos al fallo, estamos produciendo, en la última repetición, la misma velocidad (por el incremento de la fatiga) que si estuviésemos movilizand nuestra RM. Así, realizar la mitad de las repeticiones posibles por serie garantiza una correcta ejecución técnica, con altos niveles de potencia y sin la acumulación de fatiga propia de las repeticiones al fallo.

No obstante, lo más adecuado sería controlar la velocidad de ejecución del ejercicio para observar el punto a partir del cuál el rendimiento comienza a descender significativamente, pues, dependiendo del nivel y el grado de fatiga del deportista, esto puede producirse antes de llegar a la mitad de las repeticiones posibles.

Película 5.1 Serie de press de banca realizando sólo las repeticiones ejecutadas sin perder velocidad



Usando el T-Force, se especifica que indique cuándo se pierde más de un 15% (nivel aceptable de pérdida de velocidad). Cuando el sujeto pasa de ese 15% dos repeticiones consecutivas, se para el ejercicio. En el vídeo, la mediofondista Elena García Grimau (@HelenHoneyH).

¿Es la fatiga necesaria?

Cluster training

Hemos discutido sobre la utilización de volúmenes de entrenamiento elevados y repeticiones hasta el fallo, exponiendo evidencias científicas que mantienen que esta forma de trabajo no es ni más eficaz, ni más eficiente. También hemos visto algunos estudios que afirman que dichas metodologías producen mayores grados de fatiga que entrenamientos idénticos con la mitad del volumen propuesto. Llegados a este punto, el siguiente paso sería abordar la siguiente cuestión: ¿es la fatiga necesaria para el incremento del rendimiento? Recordemos brevemente que la fatiga es un proceso multifactorial que resulta en una menor producción de fuerza (9).

Abordando esta problemática, Folland et al. (10) investigaron los efectos de dos protocolos de entrenamiento distintos: uno altamente fatigante (F) y otro no fatigante (NF). El protocolo fatigante consistió en 4 series de 10RM de extensión de rodillas con 30 segundos de descanso entre series, mientras que el protocolo no fatigante constó de 40 repeticiones con la misma carga, pero dejando 30 segundos de descanso **entre cada repetición**. Después de 9 semanas de entrenamiento en

las que un grupo realizó el programa F y otro grupo realizó el NF, se compararon las ganancias de fuerza isométrica e isocinética en el ejercicio de extensión de rodillas, comprobando que no hubo diferencias entre grupos. Es decir, la acumulación de fatiga propia del protocolo F no fue necesaria en la ganancia de fuerza de los sujetos que lo llevaron a cabo, pues el grupo NF obtuvo las mismas mejoras sin experimentar una fatiga significativa. El método de entrenamiento NF se ha denominado *entrenamiento en clúster*, y consiste en la ejecución de un determinado número de repeticiones dejando un descanso sustancial entre cada repetición para favorecer la recuperación y retrasar la aparición de fatiga. Los autores que proponen el entrenamiento en clúster como una alternativa a los programas de entrenamiento de fuerza tradicionales sostienen que este método permite un incremento del rendimiento físico mediante dos factores. Por un lado, la realización de muy pocas repeticiones por serie (normalmente, de 1 a 3) facilitaría enormemente la recuperación entre series al generar un grado de fatiga muy leve. Por otro lado, esta organización del entrenamiento permitiría producir mayor fuerza, velocidad y potencia en cada repetición, incidiendo de esta manera sobre los aspectos neurales del

rendimiento en actividades de fuerza. De esta forma, el entrenamiento en cluster sería especialmente interesante en la mejora del rendimiento en actividades explosivas. Por ejemplo, Hansen, Cronin y Newton (11) estudiaron la producción de potencia de jugadores profesionales de rugby ante 3 configuraciones diferentes de entrenamiento en cluster respecto a una configuración tradicional (T) de 4 series de 6 repeticiones y

Película 5.2 Serie de press de banca ejecutada en cluster



En la serie en clúster, se realizan 10 repeticiones en 5 bloques de 2 con 30 segundos de descanso entre bloques. En el vídeo los descansos son más cortos para hacer la visualización más dinámica.

2 minutos de descanso entre series: el entrenamiento en cluster 1 (C1) consistió en 4x6 repeticiones, con 12 segundos de descanso entre cada repetición y 2 minutos entre series; el entrenamiento en cluster 2 (C2) consistió en 4x6 repeticiones con 30 segundos de descanso cada 2 repeticiones y 2 minutos entre series; y el entrenamiento en cluster 3 (C3) consistió en 4x6 repeticiones con 60 segundos de descanso cada 3 repeticiones y 2 minutos entre series. Pues bien, se comprobó que la producción de potencia fue significativamente mayor en C1, C2 y C3 que en T para las repeticiones 4, 5 y 6 de cada serie. Es decir, el entrenamiento en cluster permitió una mayor producción de potencia en la segunda mitad de las repeticiones de cada serie respecto al entrenamiento tradicional. Como vemos, en realidad el entrenamiento en cluster comparte el mismo principio que hemos expuesto antes respecto a entrenar con la mitad de las repeticiones posibles: evitar la aparición de fatiga mediante la ejecución de un número bajo de repeticiones que permitan niveles de velocidad y potencia máximos para cada carga.

Potenciación post-activación

El principio de adaptación del entrenamiento, incuestionable desde hace décadas, afirma que para que se produzca una mejora en el rendimiento, primero ha de darse una situación de estrés que disminuya los niveles previos de manera momentánea, para que así el organismo responda mediante el mecanismo de la supercompensación. Sin embargo, a lo largo del capítulo hemos

mostrado algunas evidencias que sostienen que la aparición de fatiga en el entrenamiento de fuerza puede no ser beneficiosa para la mejora del rendimiento físico, sino todo lo contrario. Así, rompiendo con uno de los principios básicos de la teoría del entrenamiento, algunos autores han sugerido que no todas las sesiones de entrenamiento deben producir fatiga (con el consecuente descenso momentáneo del rendimiento) sino que, en realidad, ciertas sesiones pueden **potenciar** la capacidad de producir fuerza de los deportistas. Desde hace algunos años se vienen investigando estas estrategias que consisten en sesiones de entrenamiento que apenas producen fatiga y que incrementan el rendimiento directamente, lo que en la literatura científica se ha denominado *potenciación post-activación* (PAP) (12, 13, 14). La potenciación post-activación consiste en la utilización de ejercicios de fuerza con muy pocas repeticiones, generalmente con cargas elevadas, de tal manera que se permita la máxima producción de fuerza, velocidad y potencia con cada carga. De esta manera, este trabajo estimularía fundamentalmente el sistema nervioso sin generar apenas fatiga, potenciando así la capacidad del deportista de producir fuerza. Parece que los protocolos PAP que mejor resultado han dado en la literatura científica son aquellos que utilizan ejercicios multiarticulares como la sendatilla (para la potenciación de saltos o sprints) o el press de banca (para los ejercicios de lanzamiento), con no más de 5 repeticiones por serie, con cargas rondando el 90%RM y tiempos de recuperación entre series de más de 3 minutos. Por poner un ejemplo, Boullosa et al. (15) comprobaron que un

entrenamiento en cluster consistente en 5 repeticiones de sentadilla al 87%RM con 30 segundos de descanso entre cada repetición incrementó el rendimiento en el salto vertical en personas entrenadas a los 3, 6, 9 y 12 minutos después de finalizar el entrenamiento.

No obstante, la eficacia del PAP es todavía cuestionada, pues hay aún pocos estudios y existen resultados contradictorios en la literatura. Así, algunos autores han observado efectos nulos tras un protocolo PAP, probablemente por una mala utilización de las cargas de trabajo, pues es frecuente encontrar estudios que utilizan repeticiones máximas como procedimientos de potenciación. Aún no están claros los mecanismos que producen la potenciación pues, entre otros, factores, ésta podría depender de las propias características del sujeto, como su composición de fibras o si nivel de entrenamiento (14). De esta forma, la elección de los ejercicios, series, repeticiones y tiempos de descanso en las sesiones de potenciación es fundamental. Específicamente, la ejecución de repeticiones al fallo con cargas altas (por ejemplo, 5RM) probablemente sea demasiado exigente, especialmente para deportistas con menos necesidades de fuerza. Además, teniendo en cuenta todo lo comentado anteriormente sobre los perjuicios de realizar repeticiones al fallo, consideramos que un protocolo de PAP debería constar de unos pocos ejercicios multiarticulares, realizados con menos de la mitad de las repeticiones posibles, ejecutando a la máxima velocidad y específicos de la actividad que se desea potenciar.

Esto favorecería la activación neuromuscular evitando la acumulación de fatiga propia de las repeticiones al fallo y permitiría realizar cada una de las repeticiones con unos niveles de velocidad y potencia óptimos.

No obstante, son necesarios más estudios que analicen los efectos de distintos protocolos de PAP en atletas de diversas especialidades. A continuación, mostramos un vídeo donde proponemos un protocolo de PAP diseñado para una atleta de 1500m de alto nivel.

Película 5.3 Protocolo de potenciación post activación



Este protocolo consiste en 3x4(12) repeticiones en sentadilla con 3' de descanso, lo cual supone una carga aproximada del 70%RM. Además, se realizan 3x3 saltos con una carga que permite saltar 20 cm y, por último, se ejecutan 4 sprints de 20 metros ejecutados a la máxima velocidad posible. En el vídeo, @HelenHoneyH.

Ideas Clave

1. Se ha demostrado que los programas de entrenamiento con volúmenes elevados son menos beneficiosos para el rendimiento que los que tienen menor cantidad de trabajo. La reducción del volumen de entrenamiento es beneficiosa incluso para deportistas de alto nivel.
2. El entrenamiento hasta el fallo es una derivación de los programas de los culturistas y no debe utilizarse a no ser que la prioridad única sea la hipertrofia muscular.
3. La utilización de repeticiones máximas (RMs) como medida para programar el entrenamiento es inadecuada, pues se ha demostrado que realizar la mitad de las repeticiones posibles por serie tiene efectos más beneficiosos para el rendimiento.
4. Las causas por las cuales las repeticiones al fallo son menos eficientes para la mejora del rendimiento son, entre otros factores, el mayor grado de fatiga que generan, la menor potencia producida durante la serie o la transición a fibras lentas propias del entrenamiento de hipertrofia.
5. La velocidad de ejecución (y, con ella, la producción de fuerza y potencia) desciende significativamente a partir de la mitad de las repeticiones posibles dentro de una serie, por lo que no realizar nunca más de la mitad de las repeticiones posibles puede ser una buena recomendación para la inmensa mayoría de deportistas (salvo, por ejemplo, los culturistas o los luchadores que necesitan ganar mucha masa muscular).
6. El entrenamiento en cluster (cluster training) consiste en la realización de bloques de muy pocas repeticiones (1-3) con periodos de descanso de hasta 60 segundos entre bloques. Sus defensores argumentan que de esta forma se retrasa la aparición de fatiga y se maximiza la producción de potencia y se estimulan en mayor medida los factores neurales de la fuerza.
7. La Potenciación-Post Activación (PAP) permite incrementar el rendimiento físico de los deportistas (generalmente en actividades explosivas como saltos, lanzamientos o sprints) mediante la utilización adecuada de unos pocos ejercicios de fuerza con cargas altas (p.ej., 3x3 en sentadilla con 85%RM) que permitan maximizar los factores neurales de la fuerza y retrasar la producción de fatiga.

Preguntas de repaso

Pregunta 1 de 4

El entrenamiento al fallo no es adecuado porque:
(varias respuestas correctas)

- A.** Genera un elevado grado de fatiga que interfiere con las mejoras en el rendimiento
- B.** Supone un elevado gasto energético
- C.** Aumenta la transición hacia fibras lentas
- D.** Todas son correctas



Comprobar
respuesta



Referencias Bibliográficas

1. Smith LL. Cytokine hypothesis of overtraining: a physiological adaptation to excessive stress? *Med Sci Sport Exer.* 2000;32(2):317-331.
2. González-Badillo J, Gorostiaga EM, Arellano R, Izquierdo M. Moderate resistance training volume produces more favorable strength gains than high or low volumes during a short-term training cycle. *J Strength Cond Res.* 2005;19(3):689-697.
3. de Villarreal ESS, González-Badillo JJ, Izquierdo M. Low and moderate plyometric training frequency produces greater jumping and sprinting gains compared with high frequency. *J Strength Cond Res.* 2008;22(3):715-725.
4. García-Pallarés J, García-Fernández M, Sánchez-Medina L, Izquierdo M. Performance changes in world-class kayakers following two different training periodization models. *Eur J Appl Physiol.* 2010;110(1):99-107.
5. Nishimura A, Sugita M, Kato K, Fukuda A, Sudo A, Uchida A. Hypoxia Increases Muscle Hypertrophy Induced by Resistance Training. *Int J Sport Physiol Perform.* 2010;5(4):497-508.
6. Izquierdo M, Ibañez J, González-Badillo J, et al. Differential effects of strength training leading to failure versus not to failure on hormonal responses, strength, and muscle power gains. *J Appl Physiol.* 2006;100(5):1647-1656.
7. Willardson JM, Emmett J, Oliver JA, Bressel E. Effect of Short-Term Failure Versus Nonfailure Training on Lower Body Muscular Endurance. *Int J Sport Physiol Perform.* 2008;3(3):279-293.
8. Izquierdo-Gabarren M, De Txabarri Expósito RG, García-Pallarés J, Sánchez-Medina L, De Villarreal ESS, Izquierdo M. Concurrent Endurance and Strength Training Not to Failure Optimizes Performance Gains. *Med Sci Sport Exer.* 2010;42(6):1191-1199.
9. Knicker AJ, Renshaw I, Oldham ARH, Cairns SP. Interactive Processes Link the Multiple Symptoms of Fatigue in Sport Competition. *Sports Med.* 2011;41(4):307-328.
10. Folland JP, Irish CS, Roberts JC, Tarr JE, Jones DA. Fatigue is not a necessary stimulus for strength gains during resistance training. *Br J Sports Med.* 2002;36(5):370.

11. Hansen KT, Cronin JB, Newton MJ. The Effect of Cluster Loading on Force, Velocity, and Power During Ballistic Jump Squat Training. *Int J Sport Physiol Perform*. 2011;6(4):455-468.
12. Docherty D, Hodgson MJ. The Application of Postactivation Potentiation to Elite Sport. *Int J Sport Physiol Perform*. 2007;2(4):439-444.
13. Hodgson M, Docherty D, Robbins D. Post-Activation Potentiation: Underlying physiology and implications for motor performance. *Sports Med*. 2005;35(7):585-595.
14. Tillin NA, Bishop D. Factors Modulating Post-Activation Potentiation and its Effect on Performance of Subsequent Explosive Activities. *Sports Med*. 2009;39(2):147-166.
15. Bouldosa DA, Abreu L, N. Beltrame LG, Behm DG. The acute effect of different half squat set configurations on jump potentiation. *J Strength Cond Res*. 2013;27(8):2059-2066.

Capítulo 6

Monitorización de la fatiga



Fatiga metabólica y mecánica

ÍNDICE

1. Fatiga metabólica y mecánica
2. Salto vertical: Indicador de fatiga
3. Ideas Clave
4. Preguntas de Repaso
5. Referencias Bibliográficas

¿Qué es la fatiga?

La **fatiga muscular** ha sido el foco de innumerables investigaciones científicas, siendo uno de los fenómenos más estudiados por la fisiología del ejercicio. Está totalmente aceptado que la fatiga es un fenómeno complejo y multifactorial, siendo diversas las causas atribuidas a su aparición, como el tipo de tarea a realizar, la intensidad, la frecuencia de repetición de dicha tarea, etc. No obstante, en última instancia la fatiga resulta en un descenso de la capacidad de aplicar fuerza y el incremento del grado de fatiga ante una misma carga (1).

Aunque tradicionalmente se ha diferenciado entre una fatiga de origen central y otra de origen periférico (2), el deterioro de la función muscular es en general causado por los cambios en los mecanismos centrales (procesos a nivel espinal y supraespinal) y periféricos (propagación neuromuscular, proceso de contracción relajación, actividad miofibrilar...) (3). Esta distinción no parece suficiente para explicar el problema. Actualmente, está aceptado que las causas de la fatiga son muy diversas y dependientes de la tarea a realizar (3). En una contracción voluntaria, los músculos son activados por vías complejas que comienzan en el córtex cerebral y continúan con la excitación de **neuronas motoras** en la médula espinal. Los axones de dichas neuronas conducen los potenciales de acción hasta la unión neuromuscular, donde, tras la despolarización, comienza una cascada de eventos que concluye con la puesta

en marcha de la maquinaria contráctil mediante el establecimiento de puentes cruzados entre los filamentos de actina y miosina. A lo largo de todo este camino, se han identificado numerosos lugares donde puede producirse la fatiga (4). Los mecanismos involucrados en la fatiga, y su importancia cuantitativa como factores limitantes del rendimiento, dependerán del tipo concreto de tarea que se realice (5).

Por tanto, el diseño correcto de las tareas a realizar en una sesión de entrenamiento será esencial para que el entrenador pueda monitorizar el grado de fatiga que genera con cada una de sus propuestas. A continuación presentamos los principales efectos producidos por la repetición de diferentes tareas y los parámetros utilizados en la literatura para intentar cuantificar el grado de fatiga provocado por las mismas.

Relaciones entre la fatiga metabólica y mecánica

La repetición de diferentes ejercicios y la sollicitación de la musculatura empleada para ello ocasiona una serie de cambios que, habitualmente, está asociada con un descenso del rendimiento físico del deportista. Esto es lo que hemos denominado fatiga neuromuscular. Esta fatiga va acompañada de importantes cambios mecánicos y metabólicos que afectan a la musculatura implicada. Además de un descenso en la producción de fuerza requerida o esperada, otros aspectos del

rendimiento muscular como la [velocidad de acortamiento](#) y el tiempo de relajación también sufren cambios con la fatiga (6).

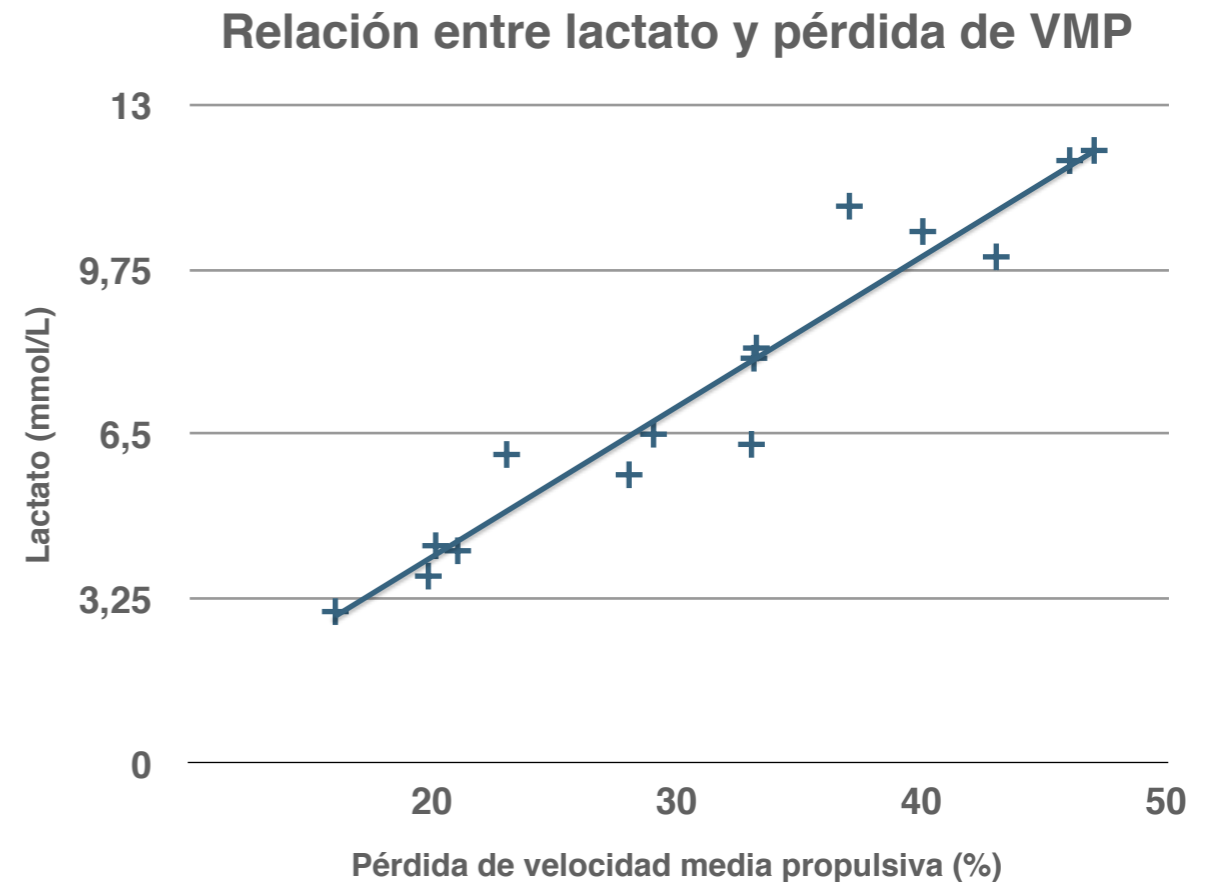
Sin embargo, como hemos comentado, las causas que se traducen en la aparición de un cierto grado de fatiga tienen orígenes muy diversos y, de hecho, muchos mecanismos siguen sin estar claros. Existen muchas evidencias científicas sólidas que sugieren que la mayor participación del [metabolismo anaeróbico](#), la cual resulta en una acumulación de [lactato](#) e [hidrogeniones \(H⁺\)](#) y un descenso rápido de la [fosfocreatina](#), entre otros factores, está estrechamente relacionada con la disminución del rendimiento físico. Así, la acidosis intramuscular propia de la acumulación de hidrogeniones ha mostrado fuertes relaciones con la reducción de la fuerza o potencia o la velocidad de acortamiento de fibras musculares in vitro (7, 8).

En concreto, cuando realizamos esfuerzos de alta intensidad relacionados fundamentalmente con la fuerza (acciones donde la aplicación de fuerza rápidamente es el factor determinante, como el sprint), una gran cantidad de [ATP](#) y [PCr](#) es consumida como consecuencia de una alta actividad glucolítica anaeróbica (9). Es por ello que las pruebas de lactato como indicador indirecto del grado de [acidosis muscular](#) es ampliamente utilizado por los fisiólogos del ejercicio para evaluar la fatiga aunque, paradójicamente, se ha demostrado que el lactato no es uno de los causantes de la fatiga, sino simplemente un marcador de participación del metabolismo anaeróbico (10).

En resumen, la acidosis muscular disminuye la producción de fuerza, aunque los mecanismos exactos que lo provocan se desconocen.

La producción de amonio durante la actividad física intensa también se ha asociado a la aparición de fatiga (11). Diferentes tipos, intensidades y duraciones de ejercicio muscular han demostrado producir incrementos en la concentración sanguínea de amonio. Existen dos vías principales por las que se puede producir amonio durante el ejercicio: 1) como consecuencia de la desaminación del adenosín monofosfato (AMP), dentro de lo que se ha denominado “ciclo de los nucleótidos de purina” (12), una secuencia de reacciones químicas que se pone en marcha cuando las concentraciones de los fosfágenos musculares (ATP/PCr) caen por debajo de cierto límite crítico; y 2) mediante el catabolismo de los aminoácidos de cadena ramificada (13).

La formación de amonio en el músculo va acompañada de un descenso en el conjunto total (pool) de mononucleótidos de adenina. Dicho descenso es normalmente temporal, y el nivel de nucleótidos de adenina se restablecerá más tarde durante el descanso y la recuperación. Para que se mantenga el pool de nucleótidos de adenina, el ritmo de degradación debe estar en equilibrio con el de producción pero cuando la intensidad del ejercicio es muy alta dicho equilibrio se rompe. En el ámbito de la realización de protocolos de fuerza y sprints y su repetición, dicho mecanismo podría intervenir cuando se realizan esfuerzos



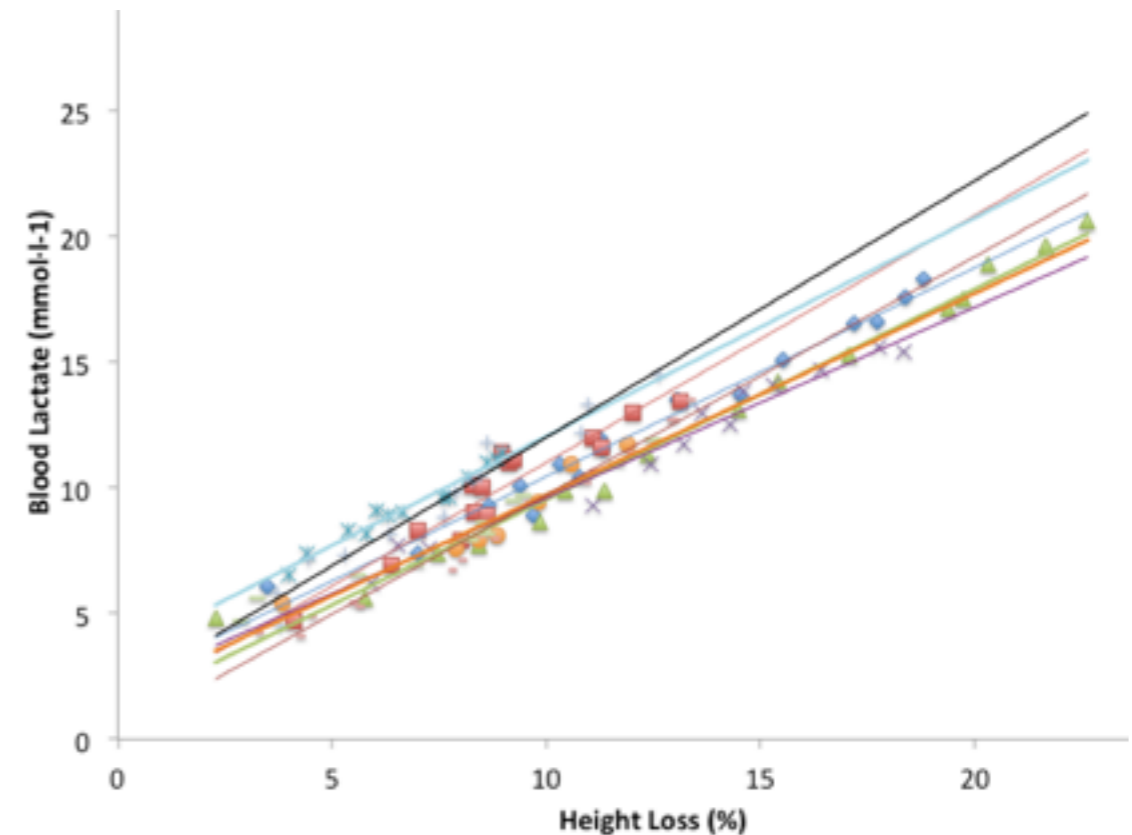
Relación entre los niveles de lactato en sangre y la pérdida de velocidad media propulsiva en sentadilla completa sobre 3 series de entrenamiento. Adaptado de Sánchez-Medina y González-Badillo (2011).

musculares muy exhaustivos dando lugar a concentraciones de amonio por encima de los niveles normales o de reposo (47-65 $\mu\text{g}/\text{dl}$), lo cual sería indicativo de que se está soportando un alto grado de estrés metabólico. Así, el amonio producido en estas situaciones de esfuerzo muscular intenso contribuiría a la fatiga muscular local, pudiendo tener también efectos perjudiciales sobre el sistema nervioso central (14).

De esta forma, la evaluación de los niveles de lactato y amonio después de un ejercicio intenso puede ayudar a predecir el grado de fatiga que dicho estímulo supone al deportista. Además, dado que esa aparición de fatiga está relacionada con una pérdida en la capacidad de aplicar fuerza, es lógico pensar que la propia evaluación de la producción de fuerza puede ser también un indicador robusto del grado de fatiga que producen determinados ejercicios.

En este sentido, **Sánchez-Medina y González-Badillo (2011)** en su interesante estudio analizaron las correlaciones existentes entre los niveles de lactato y amonio post-ejercicio y el descenso de la velocidad de producción de fuerza. Por un lado, se midió la pérdida de **velocidad media propulsiva** dentro de la serie en press de banca y sentadilla con distintas cargas: desde 6(12) hasta 4(4). Es decir, se realizaron diferentes configuraciones en las que se realizaban **caracteres del esfuerzo** distintos, ejecutando desde la mitad de las repeticiones posibles hasta el 100% de las repeticiones posibles (al fallo). Posteriormente, se midieron los niveles de lactato y amonio después de cada tipo de esfuerzo, y se encontraron correlaciones altísimas ($r > 0.90$) entre el nivel de pérdida de velocidad dentro de la serie y las concentraciones de dichos metabolitos. De esta forma, se demostró que, a mayor pérdida de velocidad dentro de una serie en press de banca o sentadilla se produce una mayor concentración de lactato y amonio. Del mismo modo, los autores probaron que la pérdida del salto vertical **CMJ** (diferencia entre el valor pre y post

Galería 6.1 Pérdida de CMJ y acumulación de lactato y amonio tras un entrenamiento de sprints



Relación entre la pérdida de CMJ y la acumulación de lactato en sangre tras cada repetición de sprints de 40-80m en sprinters de alto nivel. Se observe una relación casi perfecta entre la acumulación de lactato y la pérdida de CMJ.

• •

ejercicio) correlaciona de una manera altísima (otra vez $r > 0.90$) con las concentraciones de lactato y amonio.

Por su parte, en un estudio actualmente en prensa hemos observado de nuevo estas relaciones entre la acumulación de

metabolitos y el rendimiento físico en la producción de fuerza, esta vez medido mediante la ejecución de sprints cortos (Jiménez-Reyes y González-Badillo, en prensa). Para ello, realizaron sprints de 40, 60 y 80 metros con 9 sprinters de alto nivel, haciendo repeticiones hasta que los deportistas perdieron el 3% de la velocidad del primer sprint, y se midió el CMJ, el amonio y el lactato en sangre después de cada repetición. Se observaron relaciones altísimas ($r > 0.90$) entre la pérdida de CMJ y los niveles de amonio y lactato. Esto tiene sentido ya que el sprint es una aplicación de fuerza y el descenso de la fuerza aplicada como consecuencia de la repetición de los mismos se verá reflejado de la misma manera que cuando realizamos repeticiones en distintos ejercicios de fuerza como la sentadilla.

Por lo tanto, dada la estrecha relación que la disminución en la producción de fuerza tiene con la aparición de indicadores fisiológicos del grado de fatiga, es lógico pensar en la utilización de una prueba que mida la fuerza de una manera sencilla, fuera del laboratorio y que permita evaluar la fatiga de manera no invasiva, sin pinchazos ni molestias al deportista. Y esta prueba no es otra que el salto vertical.

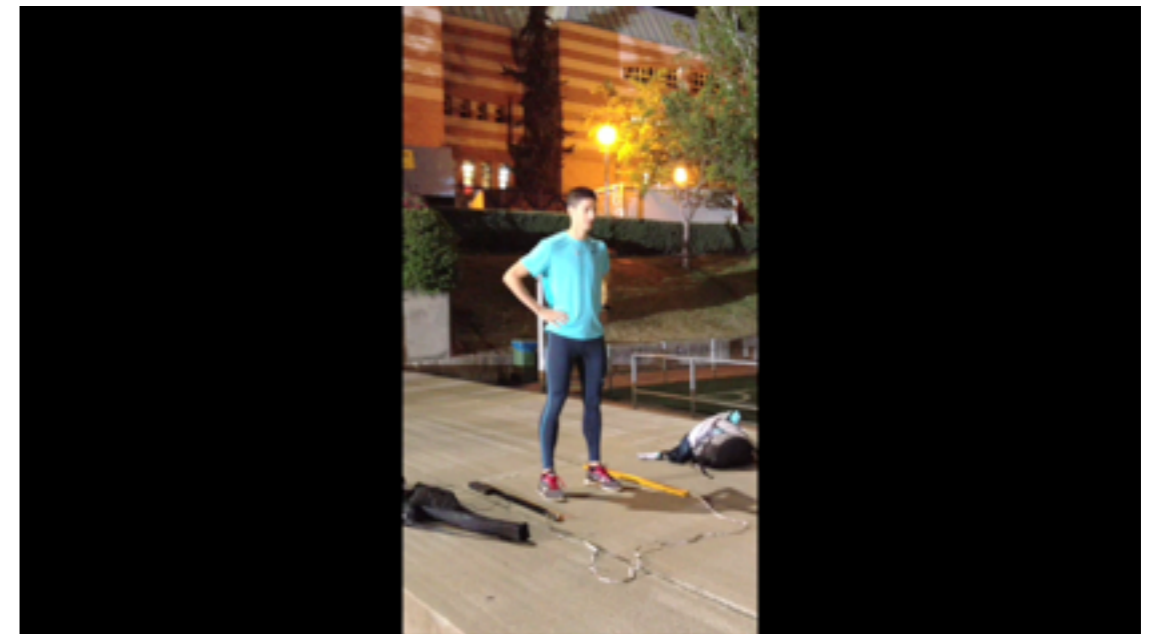
Salto vertical: Indicador de fatiga

El salto vertical como indicador de fatiga

Durante décadas los profesionales del entrenamiento de fuerza y acondicionamiento físico mostraron gran interés por pruebas validadas para predecir el rendimiento físico de sus deportistas. Los saltos verticales son un método común usado por los entrenadores para evaluar la potencia muscular de la capacidad de impulsión vertical. Por ello, el rendimiento en salto se ha convertido en una parte importante de los tests de capacidades físicas en los deportes y en ciertas áreas médicas. En particular, se ha mostrado hace años que la altura de varios tipos de salto vertical podría servir para la valoración de la fuerza muscular y la potencia e incluso de la composición de fibras musculares (16).

El salto vertical forma parte del llamado "rendimiento explosivo" en numerosas actividades atléticas. Así, el éxito en el alto rendimiento deportivo depende en muchos casos de la capacidad explosiva del tren inferior de los sujetos. De hecho, la capacidad de producir rápidamente fuerza es un factor importante para alcanzar el máximo rendimiento en múltiples especialidades como las carreras de velocidad, los lanzamientos

Película 6.1 Test de salto vertical post-competición



Luis Alberto Marco (@Marco800) realizando un test de CMJ después del Campeonato de España Absoluto 2013.

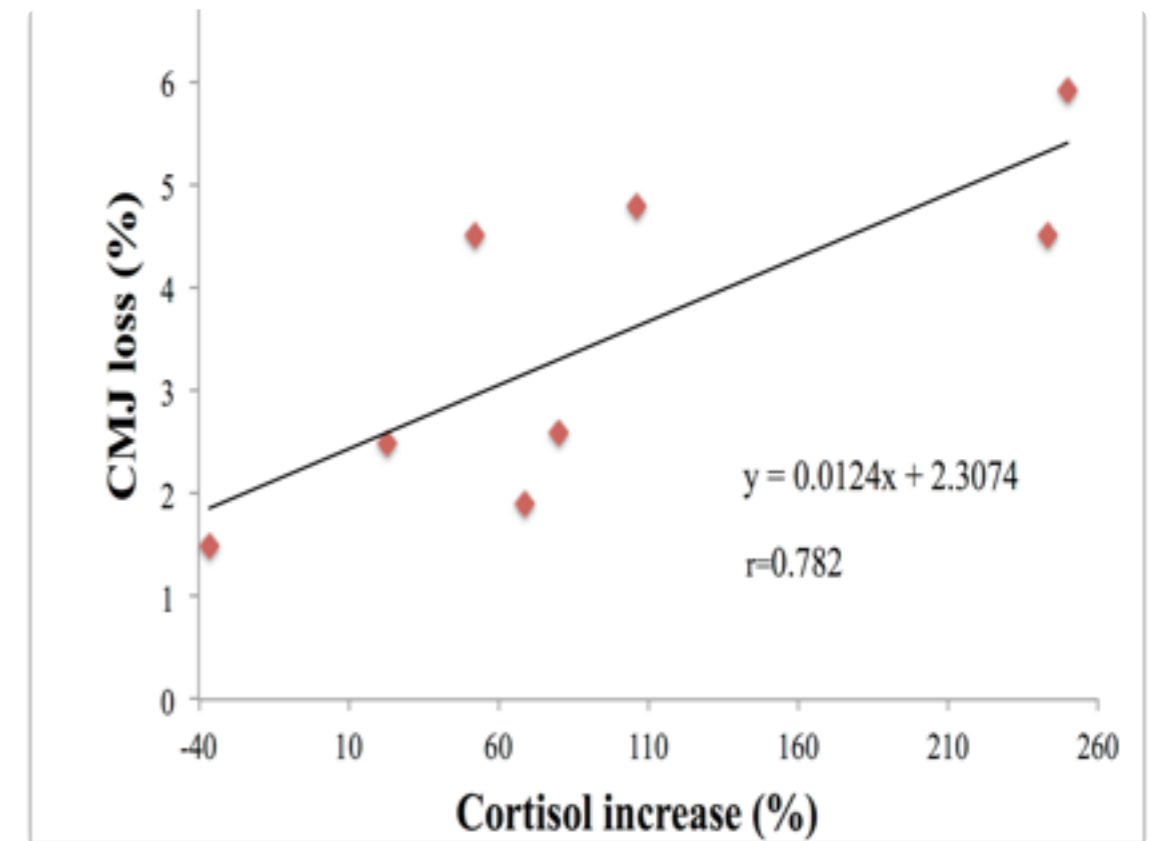
o la halterofilia (17). En concreto, el salto vertical CMJ se ha utilizado para estimar la producción de fuerza en la unidad de tiempo (estimación de la RFD), la capacidad de reclutamiento de unidades motoras, la distribución de fibras musculares, y, probablemente, pueda servir para cuantificar la contribución de

la energía acumulada en los elementos elásticos del músculo (18).

Una vez conocidas las relaciones entre los factores metabólicos y mecánicos explicadas en la sección anterior, es razonable pensar que la altura alcanzada en saltos verticales realizados después de una determinada tarea de fuerza también podría ser un reflejo del efecto de la carga utilizada. Si el efecto de la fatiga se produce por la disminución en la producción de fuerza en la unidad de tiempo, entonces, la altura de salto después de, por ejemplo, un sprint, podría servir para evaluar el efecto del entrenamiento o la carga de trabajo. Los movimientos que implican el CEA incorporan elementos metabólicos, mecánicos y neuronales relacionados con la fatiga junto con el deterioro de la activación del reflejo de estiramiento (19). Sin embargo, hay datos limitados sobre el uso del CMJ para determinar el efecto de las típicas sesiones de entrenamiento de fuerza o velocidad sobre la fatiga neuromuscular en el entrenamiento.

Aún así, como se ha comentado en la sección anterior, se ha demostrado la estrecha relación entre la acumulación de metabolitos asociados a la fatiga y la pérdida de salto vertical post-ejercicio (15, 21). En concreto, los estudios de Jiménez-Reyes y González-Badillo (21, 22) han analizado el efecto de realizar carreras de velocidad a la máxima intensidad, usando el CMJ como un indicador muy fiable de la fatiga. Del mismo modo,

Galería 6.2 CMJ como indicador de fatiga en mediofondo y fondo de alto nivel



Se observa una importante relación entre el incremento post-competición de los niveles de cortisol libre en saliva y la pérdida de salto vertical.

Gorostiaga et al. (2010) estudiaron los efectos de 6 sesiones de entrenamiento interválico de sprints de diferentes distancias e intensidades sobre las concentraciones de lactato y amonio y los niveles de salto vertical. Los autores encontraron que los niveles de salto vertical disminuyeron notablemente a partir de un número determinado de repeticiones que estaba asociado a una acumulación de lactato de entre 8-12 mmol/L y a unos niveles de

amonio mucho más elevados que en reposo. Así, se confirma la utilidad y validez del uso del CMJ para controlar la carga de entrenamiento en los entrenamientos de velocidad y cuantificar el grado de fatiga neuromuscular durante dichas sesiones y las competiciones (22).

Pero el salto vertical no sólo es un buen indicador del grado de fatiga ante estímulos cortos a máxima velocidad, sino que se ha demostrado que su aplicación también es apropiada para valorar el grado de fatiga ante ejercicios de resistencia (23). Recientemente hemos publicado los resultados de un estudio en el que medimos el salto vertical, el [cortisol libre en saliva](#) y el [esfuerzo percibido](#) antes y después de la competición más importante del año en un grupo de mediodondistas y fondistas de alto nivel (23). Los resultados indican que la pérdida de CMJ correlaciona significativamente con el incremento de cortisol post competición y el esfuerzo percibido ante dicha carrera.

Por tanto, la utilización del salto vertical constituye una herramienta sencilla, fiable y no invasiva para valorar el grado de fatiga de los deportistas ante diversos estímulos de entrenamiento. Además, este test puede ser realizado en el propio campo (fuera de los laboratorios) y a diario sin influir en el entrenamiento de los deportistas, lo cual aumenta su versatilidad. De esta forma, el control del entrenamiento mediante el uso del CMJ informaría con más precisión sobre qué grado de esfuerzo real se está realizando en cada momento, lo que permitiría a los

entrenadores una mejor dosificación de la carga propuesta a los deportistas (22).

Ideas Clave

1. La fatiga neuromuscular se define como un descenso de la fuerza máxima o potencia de un músculo relacionada con el ejercicio realizado, tanto si la tarea puede ser mantenida en el tiempo como si no.
2. El diseño correcto de las tareas a realizar en una sesión de entrenamiento será esencial para que el entrenador pueda monitorizar el grado de fatiga que genera con cada una de sus propuestas.
3. La fatiga va acompañada de importantes cambios mecánicos y metabólicos que afectan a la musculatura implicada.
4. La concentración de lactato ha sido propuesta como un indicador para determinar la intensidad del ejercicio y cuantificar en qué medida interviene la vía metabólica de la glucólisis en los esfuerzos desarrollados.
5. El incremento del nivel de concentración de amonio en sangre también puede servir para controlar la intensidad del ejercicio.
6. A través del control del CMJ se puede estimar el estrés metabólico que se está produciendo durante el esfuerzo.
7. Si durante una sesión de entrenamiento no se puede medir de manera precisa la velocidad, ni la concentración de lactato, el test de CMJ debe ser utilizado para el control y dosificación de la carga, porque la reducción de la capacidad de producción de fuerza en la unidad de tiempo, factor determinante de la velocidad, viene expresada por la pérdida de altura en el salto vertical. Por tanto, la pérdida de altura en el salto nos proporciona una información razonablemente precisa para tomar la decisión sobre el momento en el que el sujeto debería interrumpir la sesión de entrenamiento.

Preguntas de repaso

Pregunta 1 de 4

Selecciona las variables que pueden indicar un incremento del grado de fatiga

(varias respuestas correctas)

- A.** Lactato en sangre
- B.** Amonio en sangre
- C.** Pérdida de salto vertical
- D.** Todas son correctas



Comprobar
respuesta



Referencias Bibliográficas

1. Enoka RM, Stuart DG. Neurobiology of muscle fatigue. *J Appl Physiol.* 1992;72(5): 1631-1648.
2. Bigland-Ritchie B, Furbush F, Woods JJ. Fatigue of intermittent submaximal voluntary contractions: central and peripheral factors. *J Appl Physiol.* 1986;61(2): 421-429
3. Knicker AJ, Renshaw I, Oldham ARH, Cairns SP. Interactive Processes Link the Multiple Symptoms of Fatigue in Sport Competition. *Sports Med.* 2011;41(4):307-28.
4. Westerblad H, Lee JA, Lännergren J, Allen DG. Cellular mechanisms of fatigue in skeletal muscle. *Am J Physiol.* 1991;261(2 Pt 1): C195-209.
5. Barry BK, Enoka RM. The neurobiology of muscle fatigue: 15 years later. *Integrative and Comparative Biology.* 2007;47(4): 465-473
6. Allen DG, Lamb GD, and Westerblad H. Skeletal muscle fatigue: cellular mechanisms. 2008;*Physiol Rev*;88(1):287–332.
7. Cady, EB., Elshove, H., Jones, DA and Moll., A. The metabolic causes of slow relaxation in fatigued human skeletal muscle. *J. Physiol.* 1989; 418:327–337. 1989.
8. Kentish JC, Stienen GJ. Differential effects of length on maximum force production and myofibrillar ATPase activity in rat skinned cardiac muscle. *J Physiol.* 1994;475(1):175-84.
9. Ward-Smith, AJ and Radford, PF. Investigation of the kinetics of anaerobic metabolism by analysis of the performance of elite sprinters. 2000;*Journal of Biomechanics*, pp. 8.
10. de Paoli FV, Overgaard K, Pedersen TH, Nielsen OB. Additive protective effects of the addition of lactic acid and adrenaline on excitability and force in isolated rat skeletal muscle depressed by elevated extracellular K⁺. *J Physiol.* 2007;581(Pt 2):829-39.
11. Banister EW, Rajendra W, Mutch BJ. Ammonia as an indicator of exercise stress implications of recent findings to sports medicine. *Sports Med.* 1985;2(1): 34-46.

12. Lowenstein JM. Ammonia production in muscle and other tissues: the purine nucleotide cycle. *Physiol Rev.* 1972;52: 382-414.
13. MacLean DA, Graham TE, Saltin B. Branched-chain amino acids augment ammonia metabolism while attenuating protein breakdown during exercise. *Am J Physiol.* 1994;267(6 Pt 1): E1010-1022.
14. Mutch BJ, Banister EW. Ammonia metabolism in exercise and fatigue: a review. *Med Sci Sports Exerc.* 1983;15(1): 41-50.
15. Sánchez-Medina, L & González-Badillo, JJ. Velocity Loss as an Indicator of Neuromuscular Fatigue during Resistance Training. *Med Sci Sports Exerc.* 2011;43(9):1725-34.
16. Bosco, C, Luhtanen, P & Komi, PV. A simple method for measurement of mechanical power in jumping. *Eur. J. App. Physiol.* 1983;50:273-282.
17. Lees, A., Vanrenterghem J., and De Clercq D. The maximal and submaximal vertical jump: implications for strength and conditioning. *J. Strength Cond. Res.* 2004;18(4), 787–791.
18. González-Badillo JJ, Ribas-Serna J. Bases de la programación del entrenamiento de fuerza: INDE; 2002.
19. Nicol, C, Avela, J, and Komi, PV. The stretch-shortening cycle: a model to study naturally occurring neuromuscular fatigue. *Sports Med.* 2006;36: 977–999.
20. Gorostiaga EM, Asiain X, Izquierdo M, Postigo, A; Aguado, R; Alonso, JM and Ibáñez, J. Vertical jump performance and blood ammonia and lactate levels during typical training sessions in elite 400-m runners. *J Strength Cond Res.* 2010; 24(4):1138–49.
21. Jiménez Reyes, P.; Cuadrado-Peñafiel, V.; Pareja-Blanco, F.; Ortega-Becerra, M.A.; González-Badillo, J. Acute Metabolic And Mechanical Effects Of Different Sprint Workouts In High Level Sprinters. *Med Sci Sports Exerc*, 2012;S582, Vol 44 (5).
22. Jiménez-Reyes, P., Molina-Reina, M., González-Hernández, J., González-Badillo, JJ. A new insight for monitoring training in sprinting. *Br J of Sports Med.* 2013; 47.
23. Balsalobre-Fernandez C, Tejero-Gonzalez CM, Del Campo-Vecino J. Hormonal and Neuromuscular Responses to High Level Middle and Long-Distance Competition. *Int J Sports Physiol Perform.* 2014.

Capítulo 7

Entrenamiento de fuerza: De la niñez a la vejez



Fuerza en niños

ÍNDICE

1. Entrenamiento de fuerza en niños
2. Entrenamiento de fuerza en ancianos
3. Programas de ejemplo
4. Ideas clave
5. Preguntas de Repaso
6. Referencias Bibliográficas

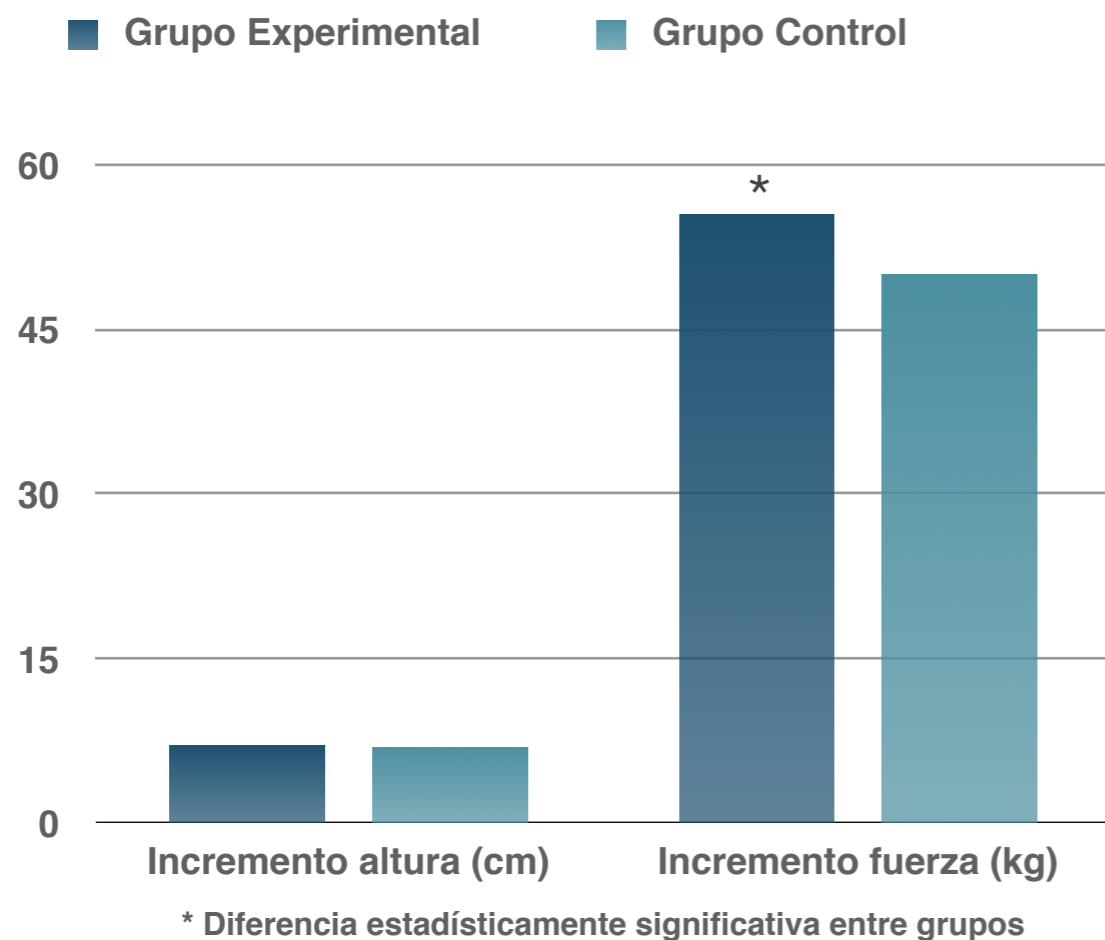
Introducción

Si bien el mundo del entrenamiento de fuerza está lleno de mitos, leyendas y medias verdades, probablemente una de las más escuchadas es que los ejercicios con pesas son perjudiciales para los niños por que disminuyen su crecimiento. Evidentemente, los programas de entrenamiento de fuerza para esta población deben estar correctamente adaptados, limitando su volumen y su intensidad, y han de supervisarse por un profesional cualificado en Ciencias del Deporte pero, si todo esto se realiza adecuadamente, los ejercicios con pesas no sólo no son perjudiciales para el crecimiento sino que pueden suponer numerosos beneficios para la salud y el rendimiento físico y deportivo de los niños y niñas. A continuación, exploraremos algunas evidencias científicas que avalan la idoneidad del entrenamiento de fuerza en niños.

Incidencia sobre el crecimiento

Como hemos comentado, la preocupación más común respecto al entrenamiento de fuerza en niños es el supuesto retraso que produce en su crecimiento. Sin embargo, algunos autores se han ocupado de desmontar este mito mediante diversas investigaciones. Por ejemplo, [Sadres et. al \(2001\)](#) realizaron un estudio longitudinal de 2 años con niños de 9 años para observar si durante ese periodo de tiempo el entrenamiento de fuerza produjo retrasos en el

crecimiento. Para ello, dividió a un grupo de 49 niños en 2 sub-grupos, el experimental (E) y el control (C). El grupo E realizó 2 sesiones a la semana de entrenamiento con pesas durante los 2 años de estudio, mientras que el grupo C simplemente siguió con sus clases normales de Educación Física. En el grupo E, las sesiones de entrenamiento de fuerza consistieron en 1-4 series de peso muerto, cargada, arrancada, push-press o sentadilla completa con aproximadamente el 50% de la RM. Pasados los 2 años de estudio, los investigadores no sólo no encontraron diferencias entre la altura de los grupos E y C, sino que se



observó un aumento notable de la fuerza de los niños del grupo E. Es decir, este estudio demostró que el entrenamiento de fuerza con niños de 9 años es capaz de incrementar sus niveles de fuerza sin efectos perjudiciales sobre su crecimiento.

Pero este estudio no es un caso aislado. De hecho, [Malina \(2006\)](#) llevó a cabo una [revisión sistemática](#) en la que analizó exhaustivamente los artículos científicos que analizaban los efectos del entrenamiento con cargas en el crecimiento de niños pre-adolescentes y adolescentes para observar si había algún consenso al respecto. Dicho trabajo de revisión llegó a la conclusión de que en la literatura existen evidencias más que suficientes que demuestran que el entrenamiento con cargas no genera ningún retraso en el crecimiento de niños en edad pre-adolescente o adolescente. Del mismo modo, [Faigenbaum y Myer \(2010\)](#) realizaron una interesante revisión en la que avalando la seguridad y la eficacia del entrenamiento con cargas en niños, cuya lectura recomendamos encarecidamente a los interesados en el tema.

Beneficios para el rendimiento físico

Sabiendo que el entrenamiento con cargas es seguro para niños y niñas en edad pre-adolescente, en tanto en cuanto no afecta a su normal desarrollo físico, vamos ahora a abordar otra pregunta: ¿pueden los niños incrementar su rendimiento físico

con el entrenamiento con cargas? A pesar de que también se ha dicho que el entrenamiento con cargas no es adecuado para niños porque su elevada intensidad les impediría incrementar su rendimiento, una vez más las evidencias científicas nos demuestran que, efectivamente, un buen programa de entrenamiento con cargas es muy beneficioso para la mejora del rendimiento físico de los niños, incrementando sus niveles de fuerza, [potencia](#) y velocidad.

Por ejemplo, se ha demostrado que 8 semanas de entrenamiento con cargas puede incrementar el rendimiento físico de niños y niñas de 9-10 años de edad (4). En este estudio, 48 niños y niñas de entre 9-10 años realizaron un programa de entrenamiento de fuerza consistente en ejercicios como sentadilla completa, press de banca, peso muerto o press de hombros, con 3 series de 8-12 repeticiones, 3 días por semana. Al terminar la intervención, se demostró que los participantes mejoraron significativamente su fuerza máxima en sentadilla completa, el número de flexiones de pectoral o el salto vertical con contramovimiento (CMJ). Además, los niños y niñas del estudio incrementaron significativamente su masa muscular y disminuyeron su porcentaje de grasa corporal.

Por otro lado, datos nuestros aún no publicados demuestran que tan sólo 4 semanas de entrenamiento con cargas pueden incrementar la producción de fuerza en jugadores de baloncesto de alto nivel de 13-14 años. En este caso, utilizamos un programa

de entrenamiento diseñado según los principios que hemos presentado a lo largo de este libro: ejercicios multiarticulares y específicos, máxima incidencia en la velocidad de ejecución, realización de menos de la mitad de las repeticiones posibles con series y volumen de entrenamiento reducido. Después de 4 semanas en la que se llevó a cabo el entrenamiento descrito dos veces por semana (es decir, 8 sesiones de entrenamiento en total), los jugadores incrementaron significativamente su velocidad media en sentadilla, su tiempo en el sprint de 20 metros y la altura alcanzada en el salto vertical. Estos resultados son especialmente interesantes teniendo en cuenta que los sujetos eran jugadores de baloncesto de la máxima categoría posible para su edad con más de 2 años de experiencia en entrenamiento con cargas. En resumen, un entrenamiento con cargas bien diseñado permite incrementos en el rendimiento en niños y niñas desde los 9 años sin importar su nivel de rendimiento previo.

Fuerza en ancianos

Gracias al incremento de la esperanza de vida que se ha producido durante el pasado siglo, el número de personas de avanzada edad ha aumentado notablemente. De hecho esta tendencia, producto del avance tecnológico y médico, no hará más que incrementarse en los próximos años. No obstante, el deterioro físico que se produce en el organismo a causa de la edad es algo, de momento, inevitable. La suma de estos factores probablemente haya sido la causa del creciente interés por la realización de ejercicio físico durante la tercera edad por su capacidad para paliar los efectos negativos del envejecimiento.

Una de las capacidades más afectadas en la tercera edad es la producción de fuerza. Con el envejecimiento existe una atrofia selectiva de las fibras tipo II, así como un descenso de las unidades motoras excitables en la musculatura. Ello, unido a factores como la [sarcopenia](#), la [osteoporosis](#) o el descenso de la movilidad articular propias del envejecimiento conlleva una disminución notable de la capacidad de producir fuerza de la musculatura de las personas mayores, lo cual resulta en una importante pérdida de su capacidad funcional en tareas como

levantarse de la cama, abrir un tarro de conservas o caminar. De hecho, la pérdida de potencia muscular es un factor determinante en la incidencia de caídas (5). Es más, incluso se ha demostrado en una amplia muestra de casi 9000 ancianos que existe una relación inversa entre la fuerza muscular y la mortalidad, de tal forma que los sujetos con mayor fuerza en miembros superiores e inferiores tienen un índice menor de mortalidad (6). Así, la pérdida de la capacidad de producir fuerza es una de las principales causas de discapacidad en la vejez y, por lo tanto, los posibles beneficios que sobre ella pudiera tener el ejercicio físico han sido ampliamente estudiados. A continuación, vamos a ver algunos de los beneficios que el entrenamiento de fuerza puede producir en las personas de la tercera edad.

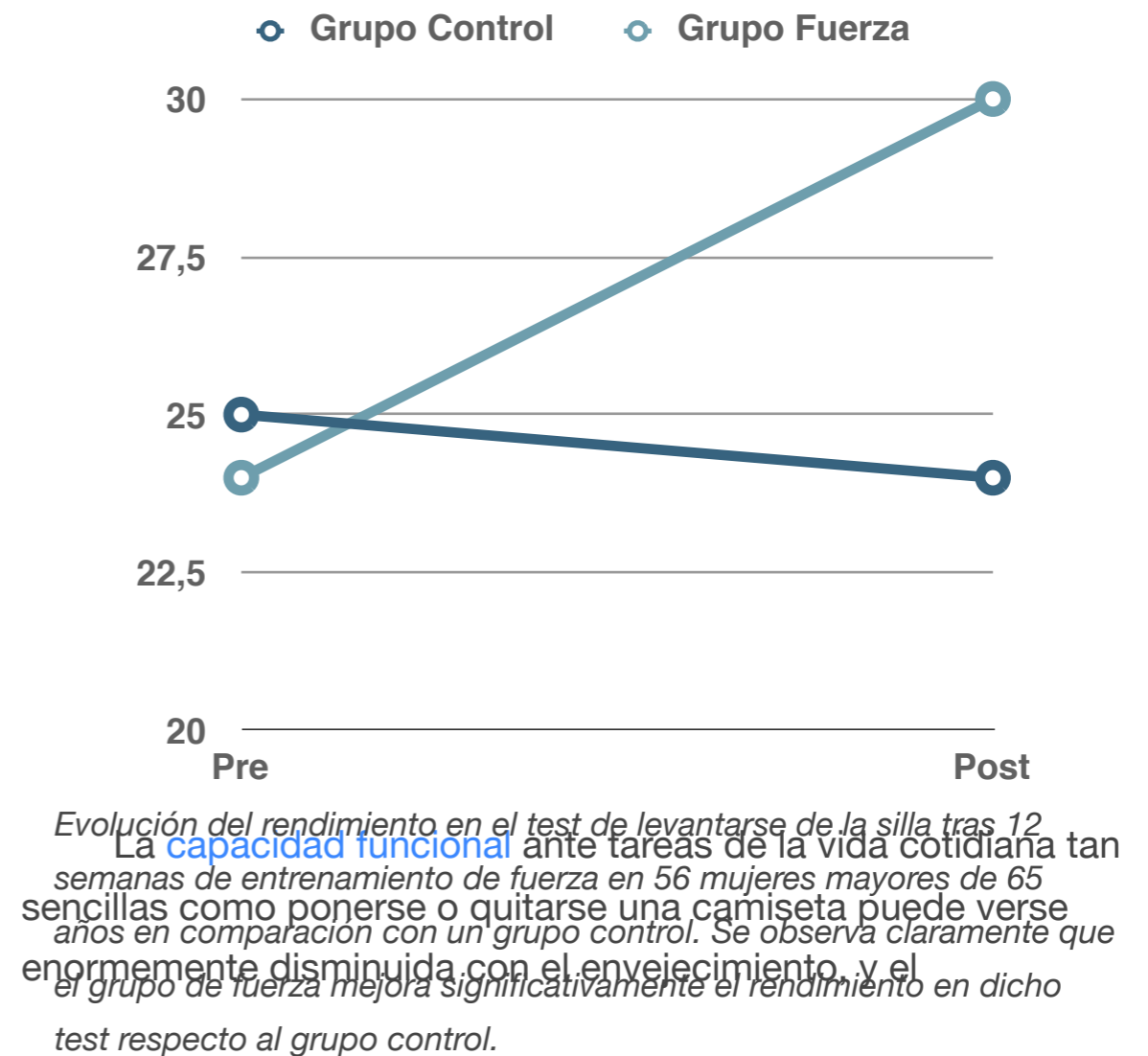
Prevención de caídas

Está demostrado que entre el 32 y el 42% de las personas mayores de 75 años sufren al menos una caída al año y de los que se caen, más de un 20% requieren atención médica debido a la producción de contusiones, dislocaciones o fracturas de menor o mayor gravedad, pudiendo producirse incluso la muerte

(5). La notable incidencia de caídas en la vejez se debe fundamentalmente a la pérdida de la capacidad de aplicar fuerza y al descenso del control postural (7). Parece ser que el factor más afectado en la capacidad de producir fuerza en la tercera edad es la fuerza explosiva o **Rate of Force Development** (8). La pérdida de la capacidad de producir fuerza rápidamente parece un factor determinante en la prevención de caídas en la vejez. Se ha observado que la RFD está directamente asociada con la capacidad de controlar el balanceo postural, el cual es de vital importancia para evitar la caída, por ejemplo, después de un tropiezo (9). Además, se ha demostrado que la capacidad de producir fuerza en un press de piernas es el mejor indicador para distinguir a los ancianos que sufren caídas de los que no las sufren, de tal manera que quienes son capaces de generar más fuerza, y más rápidamente, son aquellos que caen menos (7).

De esta forma, el entrenamiento de fuerza y, especialmente, el entrenamiento de fuerza orientado a la mejora de la RFD, es decir, la fuerza explosiva, es de vital importancia en los programas de prevención de caídas en personas de la tercera edad.

Mejora de la capacidad funcional



entrenamiento de fuerza ha mostrado ser eficaz en la mejora del rendimiento físico en dichas actividades diarias. De hecho, se ha demostrado que la fuerza explosiva de los miembros inferiores

está significativamente relacionada con el rendimiento en tareas de la vida diaria como subir escaleras o caminar (10). Así, múltiples investigaciones han estudiado los efectos del entrenamiento de fuerza sobre la capacidad funcional de personas de la tercera edad. Por ejemplo, **Pereira et al. (2012)** estudiaron los efectos de 12 semanas de entrenamiento sobre la capacidad funcional de 56 mujeres de 65 años. El entrenamiento consistió en 3 sesiones semanales en los que se realizaron ejercicios para la mejora de la fuerza explosiva, como extensión de rodilla, press de banca, CMJ o lanzamiento de balón medicinal, todos ellos realizados a altas velocidades realizando menos de la mitad de las repeticiones posibles por serie. Tras las 12 semanas de intervención, las participantes mejoraron significativamente su fuerza de miembros superiores e inferiores, así como su capacidad funcional en el test de levantarse y sentarse de una silla y en el test “levántate y camina”, consistente en levantarse de una silla, andar 2.5 metros en línea recta, darse la vuelta y volver a sentarse en el menor tiempo posible.

Del mismo modo, **Fahlam et al. (2011)** llevaron a cabo un programa de entrenamiento con cargas de 16 semanas de duración en un grupo de 87 ancianos de 65-93 años de edad. Dicho entrenamiento consistió en 13 ejercicios de miembros superiores e inferiores, como sentadillas o flexiones de pecho, con 1-2 series de 10-12 repeticiones realizado 3 veces por semana. Después de la intervención de 16 semanas, se observó que los participantes mejoraron significativamente su capacidad



Las personas mayores pueden beneficiarse enormemente de un buen programa de entrenamiento de fuerza.

funcional, medida a través del número de veces que podían sentarse y levantarse de una silla en 30 segundos y la velocidad y la longitud de zancada caminando, así como otras variables como la fuerza en el curl de bíceps.

Así, está ampliamente demostrado que el entrenamiento de fuerza y, especialmente, el entrenamiento de **fuerza explosiva**, ayuda enormemente a la mejora de la capacidad funcional y a la

Programas de ejemplo

Propuesta de entrenamiento con cargas para niños y preadolescentes

Los entrenamientos con cargas han mostrado ser muy eficaces para la mejora del rendimiento físico de niños y niñas desde los 9 años de edad, e incluso antes. Sin embargo, la poca o nula experiencia de esta población en el manejo de pesas y su nivel madurativo todavía en desarrollo hacen necesaria la implementación de unos programas de entrenamiento adaptados que en ningún caso deben contener los mismos volúmenes e intensidades que los de los adultos. A continuación, vamos a mostrar una periodización del entrenamiento con cargas adecuada para la mejora del rendimiento físico en jugadores de fútbol de 12-13 años. Este programa está diseñado para realizarse 2 veces por semana, frecuencia suficiente en jóvenes deportistas que realizan 3 sesiones de Educación Física y 4 de entrenamiento de fútbol a la semana. Para programar las cargas de los ejercicios, se usó un número de repeticiones inferior a la mitad de las repeticiones posibles que garantizasen la máxima velocidad de ejecución en

Película 7.1 Ejercicios del programa de entrenamiento de fuerza para niños



Ejercicios de ejemplo. Programa de entrenamiento de fuerza para un futbolista amateur de 13 años. Se utilizan 4 ejercicios con cargas ligeras y volumen reducido incidiendo en la mejora de la fuerza explosiva.

cada repetición. Entre series y ejercicios, se descansaron 2 minutos.

TABLA 7.1 Programación de un entrenamiento de fuerza de 4 semanas para niños de 9-14 años

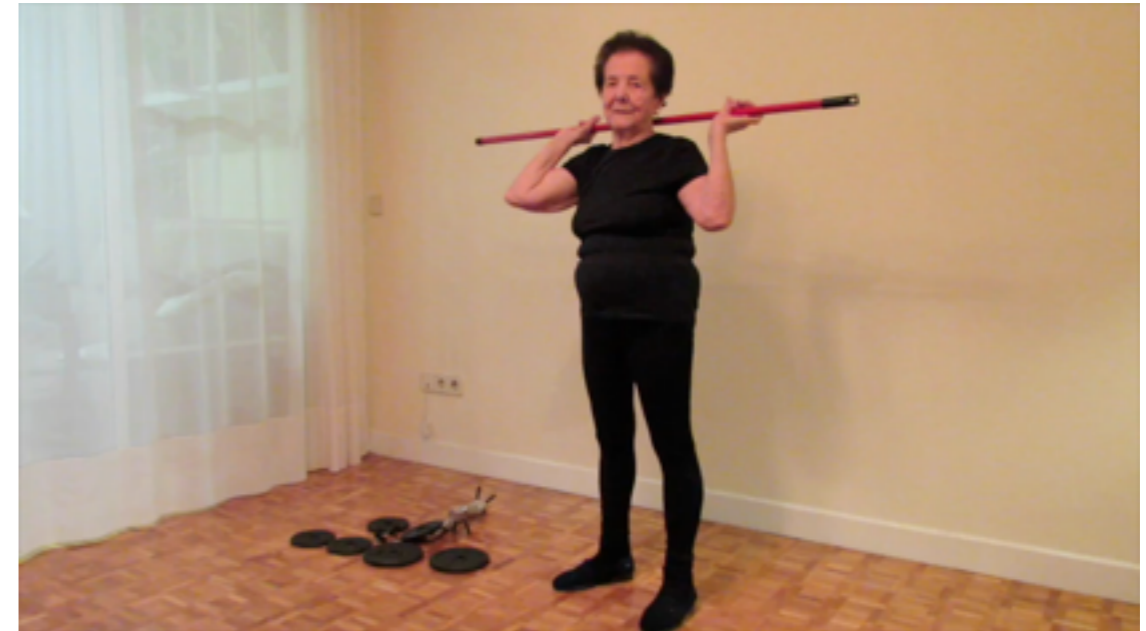
		Sentadilla	Saltos con carga	Saltos a la mesa	Sprints 20 metros
Semana 1	Series x reps	3x10(30)	3x4	3x4	3reps
	Carga aprox.	<50%RM	Con la que se pierde un 10% del CMJ sin carga	Sin carga	Sin carga
Semana 2	Series x reps	3x12(30)	3x5	3x4	4reps
	Carga aprox.	<50%RM	Con la que se pierde un 10% del CMJ sin carga	Sin carga	Sin carga
Semana 3	Series x reps	3x8(25)	3x4	3x5	5reps
	Carga aprox.	55%RM	Con la que se pierde un 20% del CMJ sin carga	Sin carga	Sin carga
Semana 4	Series x reps	3x10(25)	3x5	3x6	6reps
	Carga aprox.	55%RM	Con la que se pierde un 20% del CMJ sin carga	Sin carga	Sin carga

Propuesta de entrenamiento con cargas para personas mayores de 65 años

El entrenamiento de fuerza explosiva permite mejorar significativamente la **capacidad funcional** de las personas de la tercera edad mejorando su rendimiento en actividades de la vida diaria como levantarse de una silla, subir una escalera o, simplemente, caminar. Además, la mejora de la capacidad de producir fuerza rápidamente disminuye el riesgo de caídas en las personas mayores.

Sin más, mostramos un programa de entrenamiento centrado en la mejora de la capacidad funcional mediante el incremento de la fuerza explosiva de personas mayores. Igual que en el caso anterior, todos los ejercicios se programaron para ser ejecutados a la máxima velocidad posible y con menos de la mitad de repeticiones realizables por serie. Se dejaron 90 segundos de descanso entre series y ejercicios. Dada la escasa actividad física de las personas mayores sedentarias, este programa se ha diseñado para ser realizado 3 veces por semana.

Película 7.2 Ejercicios del programa de entrenamiento para ancianos



Ejemplo de programa de entrenamiento de fuerza con una mujer de 90 años. Consta de 4 ejercicios: sentadilla (realizada al máximo ROM posible), lanzamientos de balón, saltos y fondos. Todos los ejercicios se deben de realizar a la máxima velocidad de ejecución posible.

TABLA 7.2 Programación de un entrenamiento de fuerza de 4 semanas para personas mayores de 65 años

		Sentadilla	Fondos en pared	Salto vertical	Lanzamiento balón
Semana 1	Series x reps.	3x4(30)	3x4(20)	4	3x4
	Carga aprox.	<50%RM	Sin carga	Sin carga	Balón baloncesto
Semana 2	Series x reps.	3x4(30)	3x4(20)	4	3x4
	Carga aprox.	<50%RM	Sin carga	Sin carga	Balón baloncesto
Semana 3	Series x reps.	3x6(30)	3x6(20)	5	3x5
	Carga aprox.	<50%RM	Sin carga	Sin carga	Balón baloncesto
Semana 4	Series x reps.	3x6(30)	3x6(20)	5	3x5
	Carga aprox.	<50%RM	Sin carga	Sin carga	Balón baloncesto

Ideas Clave

1. Los programas de entrenamiento de fuerza no retrasan el crecimiento de niños y niñas pre-adolescentes
2. Es más, el entrenamiento de fuerza en este grupo de edad permite tanto incrementar el rendimiento como mejorar la composición corporal.
3. Los programas de entrenamiento de fuerza en niños y niñas pre-adolescentes deben utilizar cargas e intensidades adaptadas a sus necesidades, y en ningún caso deben reproducir los modelos utilizados en sujetos adultos expertos en fuerza.
4. Un programa de entrenamiento de fuerza adecuado para este tipo de población consiste en 4-5 ejercicios multiarticulares, con 2-3 series por ejercicio y menos de la mitad de las repeticiones posibles por serie, siempre ejecutando a la máxima velocidad posible, y realizado 2 veces por semana.
5. Una de las principales causas de la pérdida de capacidad funcional en la vejez es el decremento de la producción de fuerza.
6. Entre todos los factores de la producción de fuerza, la RFD, o fuerza explosiva, es el más afectado por el envejecimiento.
7. El entrenamiento destinado a mejorar la fuerza explosiva es capaz de mejorar la capacidad funcional de personas de la tercera edad.
8. Dicho tipo de entrenamiento es una pieza clave en los programas de prevención de caídas, suceso de elevada incidencia en sujetos de avanzada edad.

Preguntas de repaso

Pregunta 1 de 5

Señala la opción correcta

- A.** El entrenamiento de fuerza es totalmente adecuado para niños. Pueden realizar los mismos programas que los adultos.
- B.** El entrenamiento de fuerza no altera la composición corporal ni afecta al crecimiento de los niños
- C.** Los niños pueden incrementar su rendimiento con un entrenamiento de fuerza adecuado.
- D.** El entrenamiento de fuerza en niños debe ser diferente al de los adultos. Debe basarse en ejercicios con el peso corporal.



Comprobar
respuesta



Referencias Bibliográficas

1. Sadres E, Eliakim A, Constantini N, Lidor R, Falk B. The effect of long-term resistance training on anthropometric measures, muscle strength, and self concept in pre-pubertal boys. *Pediatr Exerc Sci*. 2001;13(4):357-372.
2. Malina RM. Weight Training in Youth-Growth, Maturation, and Safety: An Evidence-Based Review. *Clin J Sport Med*. 2006;16(6):478-487.
3. Faigenbaum AD, Myer GD. Resistance training among young athletes: safety, efficacy and injury prevention effects. *Br J Sports Med*. 2010;44(1):56-63.
4. McGuigan MR, Tatasciore M, Newton RU, Pettigrew S. Eight weeks of resistance training can significantly alter body composition in children who are overweight or obese. *J Strength Cond Res*. 2009;23(1):80-85.
5. Granacher U, Zahner L, Gollhofer A. Strength, power, and postural control in seniors: Considerations for functional adaptations and for fall prevention. *Eur J Sport Sci*. 2008;8(6):325-340.
6. Ruiz JR, Sui X, Lobelo F, et al. Association between muscular strength and mortality in men: prospective cohort study. *Bmj*. 2008;337:a439-a439.
7. Pijnappels M, van Burg JCE, Reeves ND, van Dieën JH. Identification of elderly fallers by muscle strength measures. *Eur J Appl Physiol*. 2008;102(5):585-592.
8. McNeil CJ, Vandervoort AA, Rice CL. Peripheral impairments cause a progressive age-related loss of strength and velocity-dependent power in the dorsiflexors. *J Appl Physiol*. May 2007;102(5):1962-1968.
9. Izquierdo M, Aguado X, Gonzalez R, Lopez JL, Hakkinen K. Maximal and explosive force production capacity and balance performance in men of different ages. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. Feb 1999;79(3):260-267.
10. Puthoff ML, Nielsen DH. Relationships among impairments in lower-extremity strength and power, functional limitations, and disability in older adults. *Phys Ther*. Oct 2007;87(10):1334-1347.

11. Pereira A, Izquierdo M, Silva AJ, et al. Effects of high-speed power training on functional capacity and muscle performance in older women. *Exp Gerontol.* Mar 2012;47(3):250-255.
12. Fahlman MM, McNevin N, Boardley D, Morgan A, Topp R. Effects of Resistance Training on Functional Ability in Elderly Individuals. *Am J Health Promot.* 2011;25(4):237-243.

Capítulo 8

Análisis estadístico aplicado al deporte



Introducción

ÍNDICE

1. Introducción
2. Pruebas descriptivas
3. Pruebas correlacionales
4. Pruebas de comparación de medias
5. Tamaño del Efecto
6. Publicación de la investigación
7. Ideas Clave
8. Preguntas de Repaso
9. Referencias Bibliográficas

La importancia del análisis de datos en Ciencias del Deporte

El objetivo básico de todos los programas de entrenamiento, independientemente de la especialidad deportiva, es incrementar el rendimiento de los atletas en determinadas capacidades físicas y/o habilidades técnico-tácticas. Desde el sprinter que busca mejorar su marca personal en 100 metros hasta el tirador que pretende aumentar su precisión en una diana a 50 metros de distancia, todos los deportistas entrenan, sencillamente, para mejorar. Sin embargo, ¿cómo sabemos si un programa de entrenamiento está produciendo las adaptaciones deseadas en los atletas?

A pesar del avance del conocimiento científico y del desarrollo de las tecnologías aplicadas al deporte, todavía muchos deportistas y entrenadores comprueban la eficacia de sus programas mediante la observación y la percepción subjetiva del rendimiento; “me encuentro muy rápido”, “me recupero mejor”, “vas sobrado de fuerza” son algunas expresiones comunes en los centros de tecnificación que, si bien tienen su importancia en el día a día, no deben ser la única herramienta de valoración del entrenamiento por su falta de objetividad y su gran imprecisión. Por todo ello, la determinación de las variables claves del rendimiento en cada especialidad y su evaluación periódica son fundamentales para conocer si un programa de entrenamiento está yendo en la buena dirección o si se deben replantear sus contenidos. Por ejemplo, en baloncesto sería muy

apropiado valorar frecuentemente, entre otras variables, la capacidad de salto vertical y la habilidad de repetir sprints, pues dichas acciones son repetidas con mucha frecuencia en los partidos de competición.

Así, para conocer con la máxima objetividad la eficacia de un programa de entrenamiento es fundamental **medir** correctamente las variables claves del rendimiento **y analizar** apropiadamente los datos obtenidos para extraer las conclusiones pertinentes. Para concluir esta introducción vamos a explicar rápidamente unos conceptos básicos que han de tenerse en cuenta tanto en la **medición** como en el **análisis** de los datos en la evaluación del rendimiento deportivo.

Sobre la medición del rendimiento: Fiabilidad y validez

Probablemente el problema más grande con el que nos encontramos a la hora de evaluar el rendimiento deportivo es la selección de las variables que queremos medir. Para ello, debemos tener unos conocimientos sólidos tanto del deporte que pretendemos analizar como de las Ciencias del Ejercicio y, finalmente, hemos de revisar concienzudamente la literatura científica específica en busca de las variables y test más utilizados y con mayor relación con el rendimiento. Para seleccionar los test con los que evaluaremos a nuestros deportistas debemos tener en cuenta su **validez** y **fiabilidad**.

Aunque hay varios tipos y definiciones de validez, este concepto básicamente hace referencia a si el test seleccionado realmente mide lo que *pretendemos medir*. Por ejemplo, si queremos medir el umbral anaeróbico de los deportistas, el test de Conconi no es ni mucho menos la mejor opción pues se ha demostrado que no es válido, es decir, que no mide realmente el umbral anaeróbico, dado que simplemente lo estima a partir de valores de frecuencia cardíaca. En este mismo ejemplo, un test válido para medir el umbral anaeróbico sería un protocolo de intensidad creciente en tapiz rodante con análisis de gases y lactato. Por su parte, la fiabilidad de una medida representa su estabilidad, es decir, su capacidad para obtener valores similares ante mediciones sucesivas realizadas en las mismas condiciones. Por ejemplo, una báscula es fiable si al pesar un balón medicinal siempre ofrece el mismo valor (dentro de los límites del propio error de medida del instrumento). Respecto a esto último, hay que tener en cuenta que todos los materiales tecnológicos tienen un cierto margen de error y que, por lo tanto, nunca vamos a poder obtener una medición 100% precisa; sin embargo, la precisión de un instrumento es otra de las variables críticas en la elección de un instrumental y, lógicamente, cuando más desarrollado sea el material que utilicemos, mayor precisión en la medida podremos obtener.

En resumen, para valorar el rendimiento de nuestros deportistas tenemos que saber si los test seleccionados miden lo que pretendemos medir (validez), si el instrumental tecnológico

aporta siempre las mismas medidas en condiciones similares (fiabilidad) y si tiene un nivel de precisión elevado. Si cumplimos estos requisitos, podremos analizar con garantías los datos obtenidos.

Sobre la interpretación de los resultados: Significación Estadística

Una vez hemos obtenido unos datos fiables, válidos y precisos, realizaremos el análisis de los mismos con las técnicas estadísticas pertinentes, las cuales explicaremos más adelante. Para la interpretación de los datos, probablemente el indicador más utilizado en la comunidad científica sea el de la [significación estadística](#). Sin ánimo de entrar en explicaciones matemáticas más complejas, la significación estadística indica la probabilidad de que una determinada relación o comparación entre diversas variables sea fruto del azar o no. Los niveles de significación estadística más usados en la literatura científica son 0,05, 0,01 y 0,001, los cuales representan probabilidades del 95%, 99% y 99,9% respectivamente. Así, si tras un programa de entrenamiento de fuerza un grupo de jugadores de fútbol ha mejorado su salto vertical significativamente con un [P-valor](#) menor a 0,05, podemos afirmar que hay un 95% de posibilidades de que los cambios que se han producido en el rendimiento en el test sean “reales” y no un mero fruto del azar.

Sin embargo, hemos de ser muy cautos en la interpretación de la significación estadística, pues ésta está influida muy

directamente por el tamaño de la muestra que se analiza. Dado que la significación estadística no informa más que de la probabilidad de que una hipótesis se acepte o rechace, su análisis no permite conocer la magnitud de la relación entre las variables o [Tamaño del Efecto](#) (del cual hablaremos más adelante). Así, si medimos las diferencias en la velocidad en un sprint de 35 metros entre un grupo de karatekas y otro de boxeadores, cada uno formado por 100 individuos, es muy fácil que obtengamos diferencias significativas a pesar de que la diferencia real sea sólo de 0,03 segundos. Del mismo modo, si estudiamos la relación entre la fuerza en press de banca y la capacidad aeróbica en 500 corredores populares de maratón podemos encontrar una correlación estadísticamente significativa aunque la tendencia real sea muy pequeña ($r=0,12$). Por lo tanto, el análisis de la significación estadística siempre debería acompañarse de otros indicadores que informen de la magnitud real de la relación entre las variables estudiadas, pues sólo así obtendremos conclusiones completas e interpretaciones más aproximadas a la realidad.

Pruebas descriptivas

Sobre los estudios descriptivos

Las investigaciones con carácter descriptivo son fundamentales para conocer en profundidad cuestiones tan importantes como, por ejemplo, las características de un determinado tipo de atletas o las exigencias fisiológicas de una especialidad deportiva concreta. La aplicación práctica de este tipo de estudios es muy directa: en primer lugar, conociendo el perfil de los deportistas de máximo nivel podemos organizar las tareas de entrenamiento para potenciar aquellas capacidades más características de la élite deportiva y, a su vez, podemos utilizar dicha información para la detección de talentos. Por ejemplo, sabemos que todos los ciclistas de talla mundial tienen un consumo máximo de oxígeno superior a 70 ml/kg/min (CITAS). De esta forma, orientar el entrenamiento de los jóvenes deportistas para que alcancen valores mínimos del $VO_2Máx$ parece un paso necesario (aunque no suficiente) para llegar a la élite en el ciclismo. Del mismo modo, si realizamos unas pruebas de detección de talentos a un grupo de ciclistas cadetes y encontramos un sujeto con un $VO_2Máx$ de 71ml/kg/min, podemos afirmar que este deportista tiene unas condiciones

físicas propicias para poder avanzar hacia el ciclismo profesional.

En segundo lugar, la descripción de la realidad fisiológica de las distintas especialidades deportivas aporta a los entrenadores una información valiosísima para potenciar aquellas capacidades y habilidades más solicitadas en competición. Por ejemplo, los análisis con GPS en fútbol muestran las diferencias de kilómetros recorridos, número de sprints y velocidad de carrera de los distintos jugadores y posiciones de juego, entre otras muchas variables. Por lo tanto, el análisis descriptivo de los datos ofrecidos por el GPS durante la competición ofrecen una aproximación real a las distintas necesidades de velocidad y resistencia que tienen los jugadores.

Por todo ello, los estudios descriptivos son un primer paso para entender las características y exigencias de los distintos deportes y así optimizar el proceso de entrenamiento y selección de los atletas en el camino hacia el alto rendimiento. A continuación, vamos a mostrar las pruebas estadísticas descriptivas más frecuentes en el análisis de datos en Ciencias del Deporte y vamos a explicar cómo poder calcularlas usando

el software IBM SPSS Statistics 20, todo a través unos sencillos video-tutoriales.

Medidas de tendencia central y dispersión

Dado que el objetivo de este capítulo no es ofrecer detalles matemáticos complejos de las diversas pruebas estadísticas, sino mostrar de una manera sencilla, aplicable y práctica la forma de calcularlas, vamos a describir rápidamente las medidas de tendencia central y dispersión más habituales en Ciencias del Deporte y a continuación mostraremos un vídeo en el que se explica con detalle la forma de calcularlas mediante el IBM SPSS 20.

Media: valor promedio de todos los valores de una variable. Resultado de sumar todos los valores de la variable y de dividirlo entre el número de casos.

Sujeto	Salto vertical (cm)
Deportista1	35,4
Deportista2	29,8
Deportista3	33,7
MEDIA	32,9 = (35,4+ 29,8 +33,7)/3

Mediana: valor que se encuentra en el medio de un conjunto de valores ordenados. Es el valor del Percentil 50.

Sujeto	Salto vertical (cm)
Deportista1	29,8
Deportista2	33,7
Deportista3	35,4
MEDIANA	33,7

Desviación típica y varianza: la desviación típica (o estándar) es la media de todas las distancias a la media del conjunto de valores. Representa, en término medio, cómo de alejados de la media se encuentran los valores de un conjunto. La varianza es el resultado de elevar al cuadrado la desviación típica.

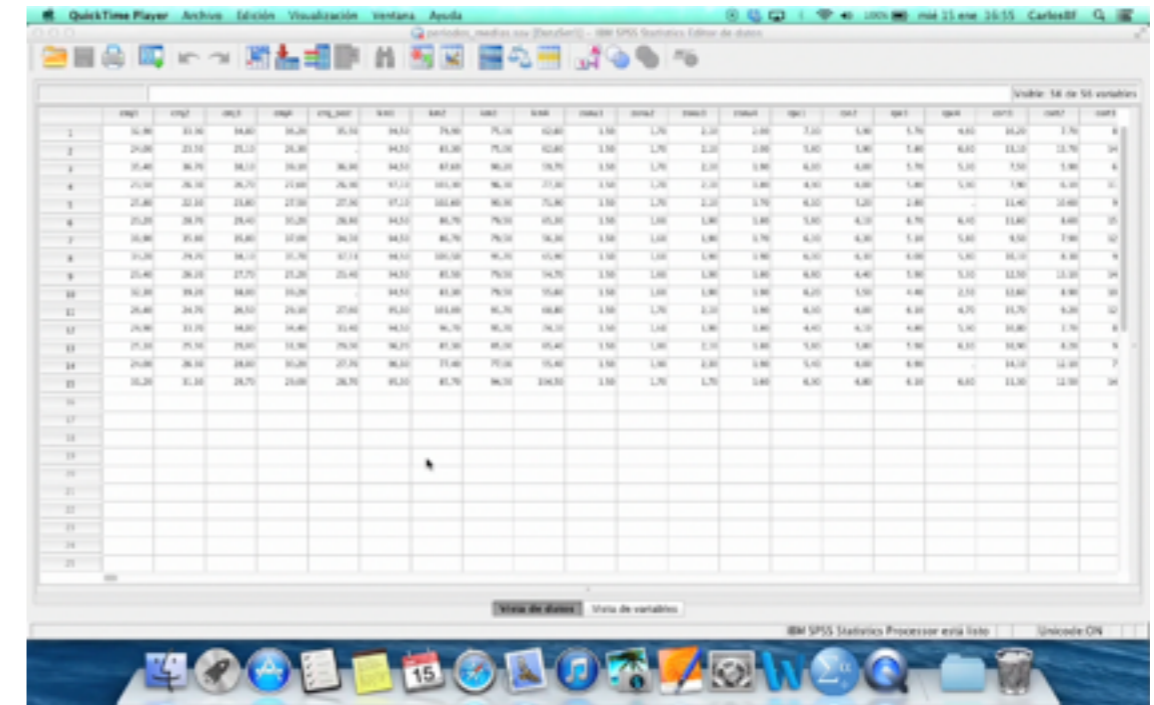
Sujeto	Salto vertical (cm)
Deportista1	35,4
Deportista2	29,8
Deportista3	33,7
MEDIA	32,9
DESV. TIP.	2,87

Máximo y mínimo: Representan el valor más alto y más bajo de un conjunto de valores.

Sujeto	Salto vertical (cm)
Deportista1	35,4
Deportista2	29,8
Deportista3	33,7
MÁXIMO	35,4
MÍNIMO	29,8

Percentiles: los percentiles n -ésimos representan el porcentaje de casos con valores inferiores a n en un determinado conjunto. Por ejemplo, el percentil50 (la mediana) representa a un valor que tiene por debajo el 50% de todos los valores. Los más utilizados son los *cuartiles*, que corresponden con los percentiles 25, 50 y 75.

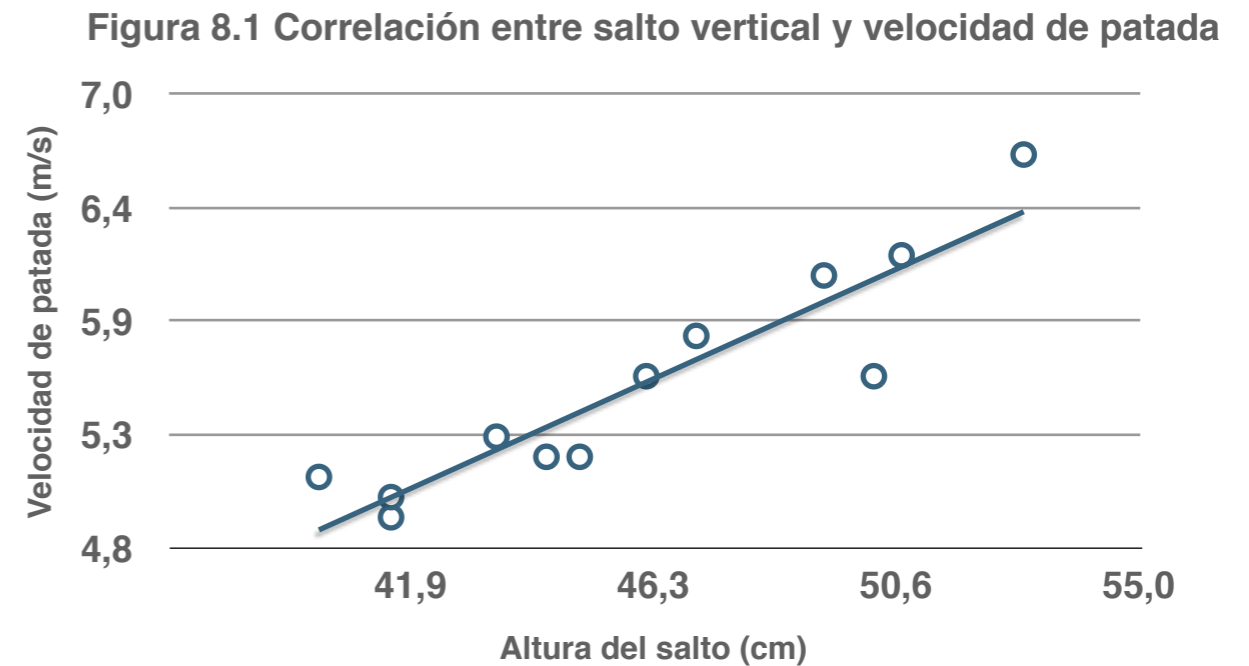
Película 8.1 Cálculo de Medidas de Tendencia Central y Dispersión con IBM SPSS 20



Pruebas correlacionales

Sobre los estudios correlacionales

Los estudios correlacionales tienen una especial relevancia en Ciencias del Deporte pues permiten conocer el **grado de relación existente** entre dos o más variables. Esto es muy interesante cuando se quiere saber si dos o más variables tienen **factores comunes**, es decir, si están relacionadas entre sí. En el mundo del deporte, esto es interesante cuando queremos conocer, por ejemplo, la importancia de una variable en el rendimiento físico de nuestros deportistas. Para ello, la herramienta más utilizada es el [Coeficiente de Correlación de Pearson](#). Observemos la Figura 12.1. En ella se observa la relación existente entre la capacidad de salto vertical y la velocidad de patada en karatekas de élite. Más adelante aprenderemos a interpretar los valores del coeficiente de correlación, pero un simple vistazo al gráfico nos permite darnos cuenta de la notable relación existente entre ambas variables, de tal forma que los karatekas que pegan patadas más veloces son también los que más saltan.

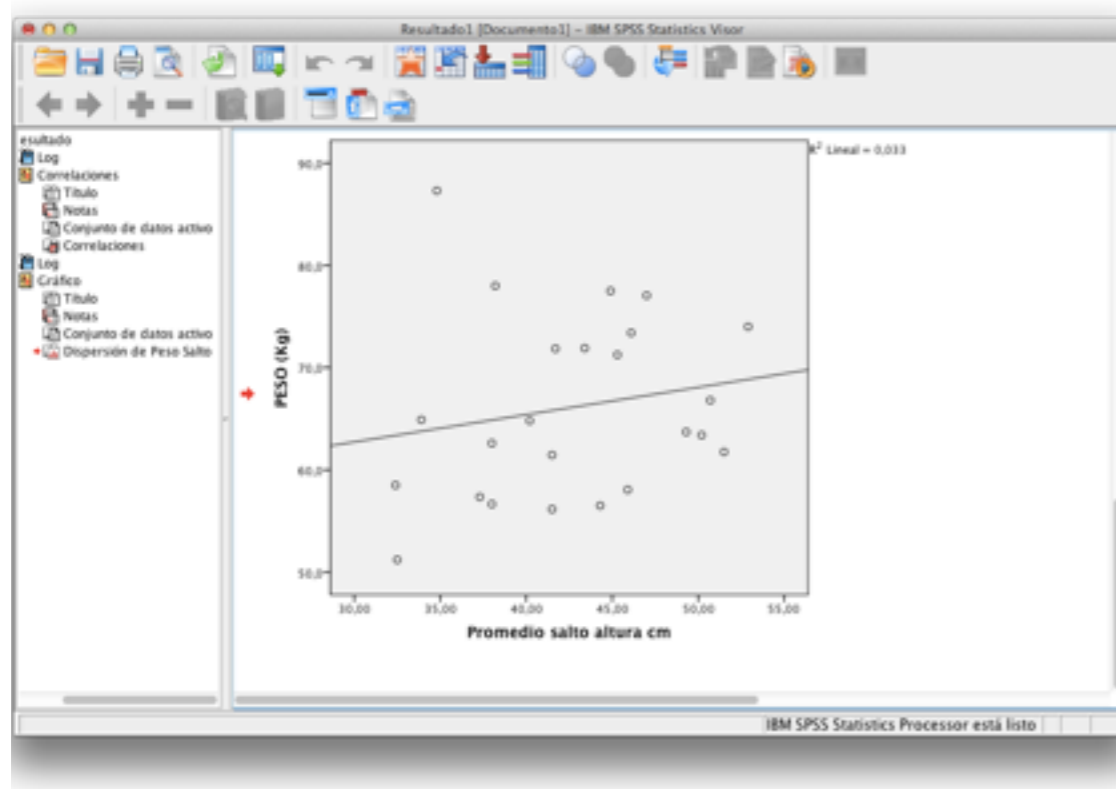


Interpretación de la correlación

El coeficiente de correlación de Pearson es un valor numérico comprendido entre -1 y 1 y se representa mediante la letra r . Cuanto mayor es el valor absoluto de r (es decir, más próximo a 1 o -1), mayor será la intensidad de la relación entre las variables. Así, se suelen definir tres niveles para interpretar la relación entre las variables mediante el coeficiente de correlación

de Pearson: baja, media y alta. En los gráficos de correlaciones es común encontrar, además de los **puntos de dispersión** de las variables analizadas, una **línea de tendencia**, y el valor del coeficiente de correlación al cuadrado, o **Rcuadrado**. Cuanto más cerca de la línea de tendencia estén los puntos, y más cercano a 1 sea el valor de Rcuadrado, más estrecha será la relación entre las variables. En la siguiente galería de fotos puedes ver ejemplos reales obtenidos con IBM SPSS 20.

Galería 8.1 Niveles de correlación



Correlación entre el peso corporal y la altura en el salto vertical en un grupo de karatekas. Coeficiente $r=0.183$, es decir, correlación BAJA

Si r es positivo, la relación entre las variables es proporcional, es decir, cuando crece una, también crece la otra. Por ejemplo, una correlación positiva es la existente entre el salto vertical y la velocidad de patada de la Figura 1. Por el contrario, si r es negativo la relación entre las variables es inversamente proporcional, lo que significa que cuanto mayor es una, menor es la otra.

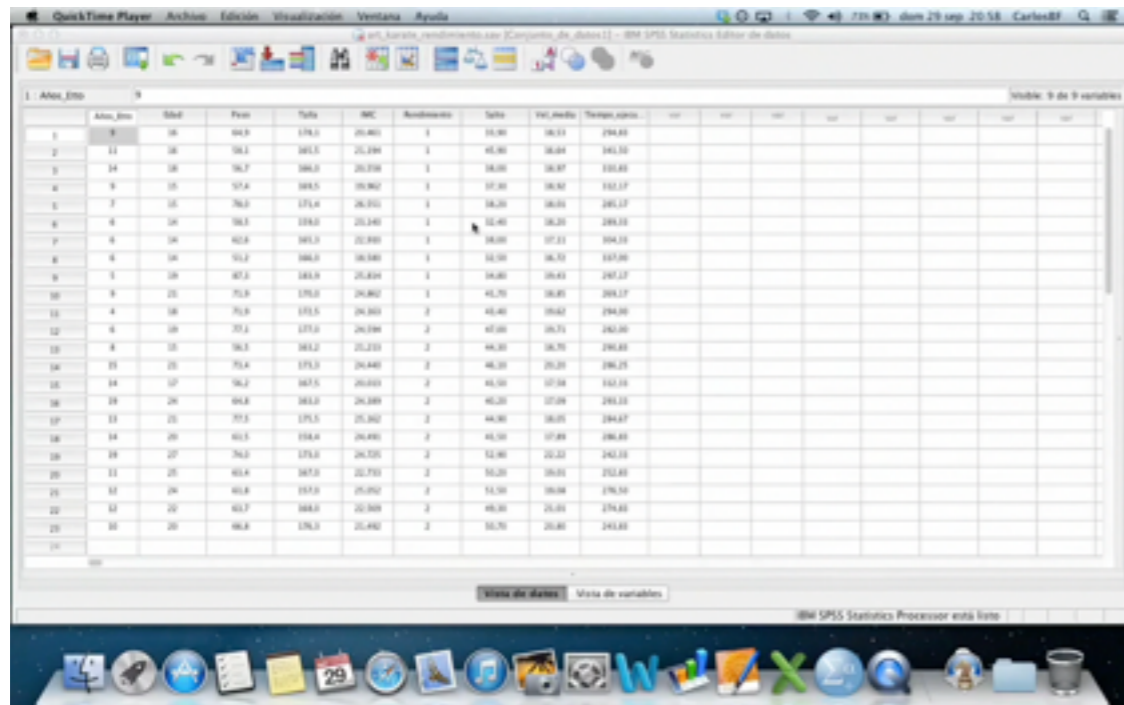
Correlaciones parciales

En el mundo del deporte es frecuente encontrarse con grupos muy heterogéneos. Por ello, en los estudios de correlación puede ocurrir que cuando queremos estudiar la relación entre diversos factores del rendimiento, el resultado final se vea adulterado por alguna variable que, sin que lo sepamos, influya de una manera u otra en los datos. Por ejemplo, en los estudios con sujetos jóvenes simplemente el factor edad puede tener una influencia muy importante en el rendimiento físico por los propios cambios madurativos de los deportistas en determinadas edades. En el ejemplo de los karatekas que venimos utilizando en esta sección, vimos cómo la velocidad de patada y el salto vertical tenían una relación alta con $r=0.91$. Sin embargo, como el grupo consta de sujetos desde los 14 hasta los 27 años, volvimos a calcular la correlación controlando el factor edad obteniendo una $r=0.326$. Este cálculo en SPSS lo llaman *correlaciones parciales*. A continuación mostramos un



vídeo-tutorial en el que se muestra cómo calcular correlaciones en SPSS.

Película 8.2 Calcular Correlaciones en SPSS



	Altura	Edad	Peso	Talla	IMC	Resistencia	Salto	Velocidad	Tempo sprint
1	18	18	68.0	175.0	22.400	1	15.00	18.10	19.80
2	11	18	78.0	180.0	24.222	1	45.00	18.00	14.10
3	14	18	76.7	186.0	22.008	1	18.00	18.00	13.80
4	9	15	57.4	165.0	20.802	1	17.00	18.00	13.10
5	7	15	76.0	171.0	26.000	1	18.00	18.00	14.10
6	6	18	78.0	175.0	25.143	1	12.00	18.00	14.10
7	6	18	40.0	165.0	14.800	1	18.00	17.10	14.10
8	6	18	71.7	180.0	22.000	1	12.00	18.00	13.80
9	1	18	87.0	180.0	28.333	1	18.00	18.00	14.10
10	8	15	71.0	170.0	24.600	1	41.00	18.00	14.10
11	4	18	71.0	170.0	24.600	2	41.00	18.00	14.10
12	6	18	70.0	170.0	24.300	2	41.00	18.00	14.10
13	8	15	78.0	180.0	25.000	2	41.00	18.00	14.10
14	10	15	71.0	170.0	24.400	2	41.00	18.00	14.10
15	14	17	78.0	180.0	25.000	2	41.00	17.10	13.10
16	18	18	68.0	180.0	22.222	2	41.00	17.10	14.10
17	11	15	70.0	170.0	24.300	2	41.00	18.00	14.10
18	14	18	61.0	170.0	20.800	2	41.00	17.10	14.10
19	18	17	76.0	170.0	26.100	2	12.00	12.10	14.10
20	11	15	61.0	160.0	23.750	2	10.00	18.00	13.10
21	12	18	61.0	160.0	23.750	2	11.00	18.00	14.10
22	12	15	61.0	160.0	23.750	2	10.00	15.00	13.10
23	10	15	68.0	170.0	23.500	2	10.00	18.00	14.10

Este vídeo muestra cómo calcular correlaciones bivariadas y parciales en SPSS

Regresión lineal

Las correlaciones que hemos visto hasta ahora analizaban la relación existente entre dos variables. Por ello, en el SPSS este tipo de correlaciones se llaman *bivariadas* o, en el caso de que se introduzca una tercera variable cuyos efectos sobre las otras dos se quiere eliminar, *parciales*. Sin embargo, ¿qué ocurre cuando

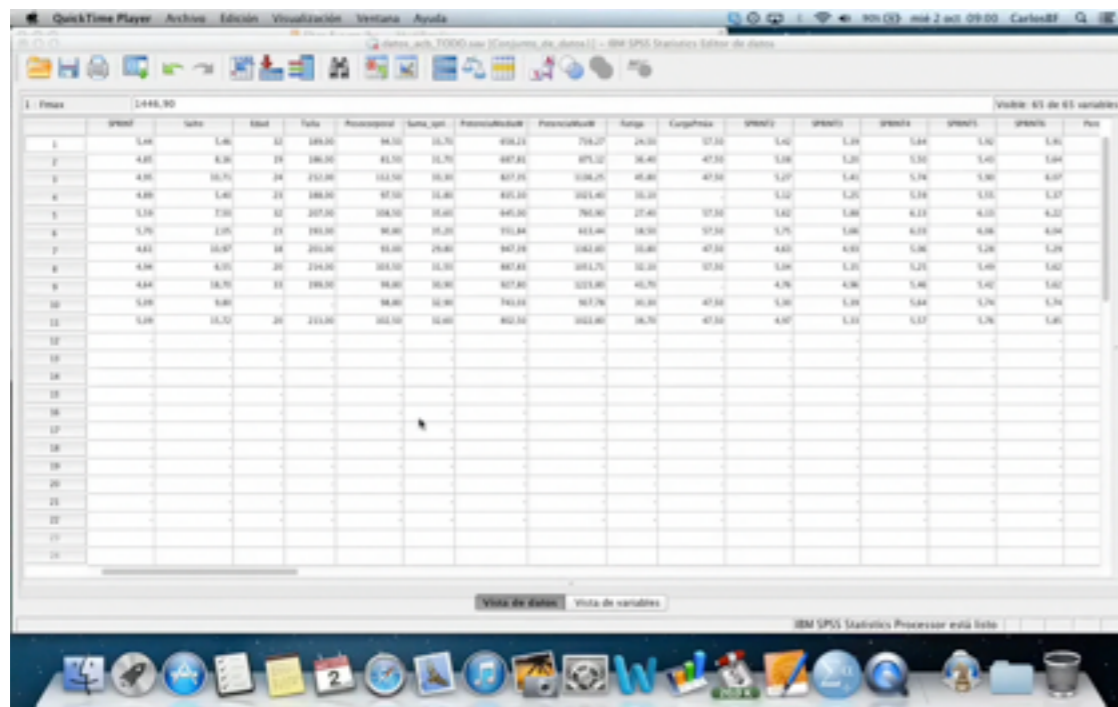
queremos analizar la relación de dos o más variables en conjunto? Como se ha explicado, el coeficiente de correlación de Pearson aporta información sobre los posibles factores comunes entre dos variables, de tal manera que si una relación es muy alta, indicará que dichas variables tienen mucho en común.

El análisis de regresión lineal va más allá y permite, mediante el estudio de las relaciones entre 2 o más variables, generar **una predicción** sobre los valores de una de ellas en función de las demás. Por ejemplo, supongamos que hemos medido a unos jugadores de baloncesto su fuerza máxima en sentadilla, su capacidad de salto vertical y su velocidad en el sprint de 20 metros, y que hemos obtenido correlaciones altas entre los diversos pares de estas variables. Pues bien, como hemos comprobado que dichas variables tienen unos importantes factores en común, queremos obtener una ecuación con la que podamos obtener una predicción de los niveles de fuerza máxima de los jugadores a partir de sus niveles de salto y sprint, sin tener que hacer un test de Repetición Máxima. Para ello, el análisis de **regresión lineal** necesita que le digamos cuales van a ser las variables independientes (o *predictoras*) y cuál va a ser la variable dependiente (o *predicha*) y, con estos datos, generará una **recta de regresión**. Dicha recta de regresión lineal consta de un coeficiente por cada variable predictora y de una constante, y tiene el siguiente formato:

$$y = aX + bY + \dots + nN + C$$

Siendo y , la variable dependiente, $X, Y...N$ las variables predictoras, $a, b...n$ los coeficientes de las variables y C la constante de la ecuación. Para más detalles sobre cómo calcular una recta de regresión en SPSS, ver la película 12.3.

Película 8.3 Calcular Regresión lineal múltiple en SPSS



En este vídeo se explica cómo calcular una ecuación de regresión con SPSS

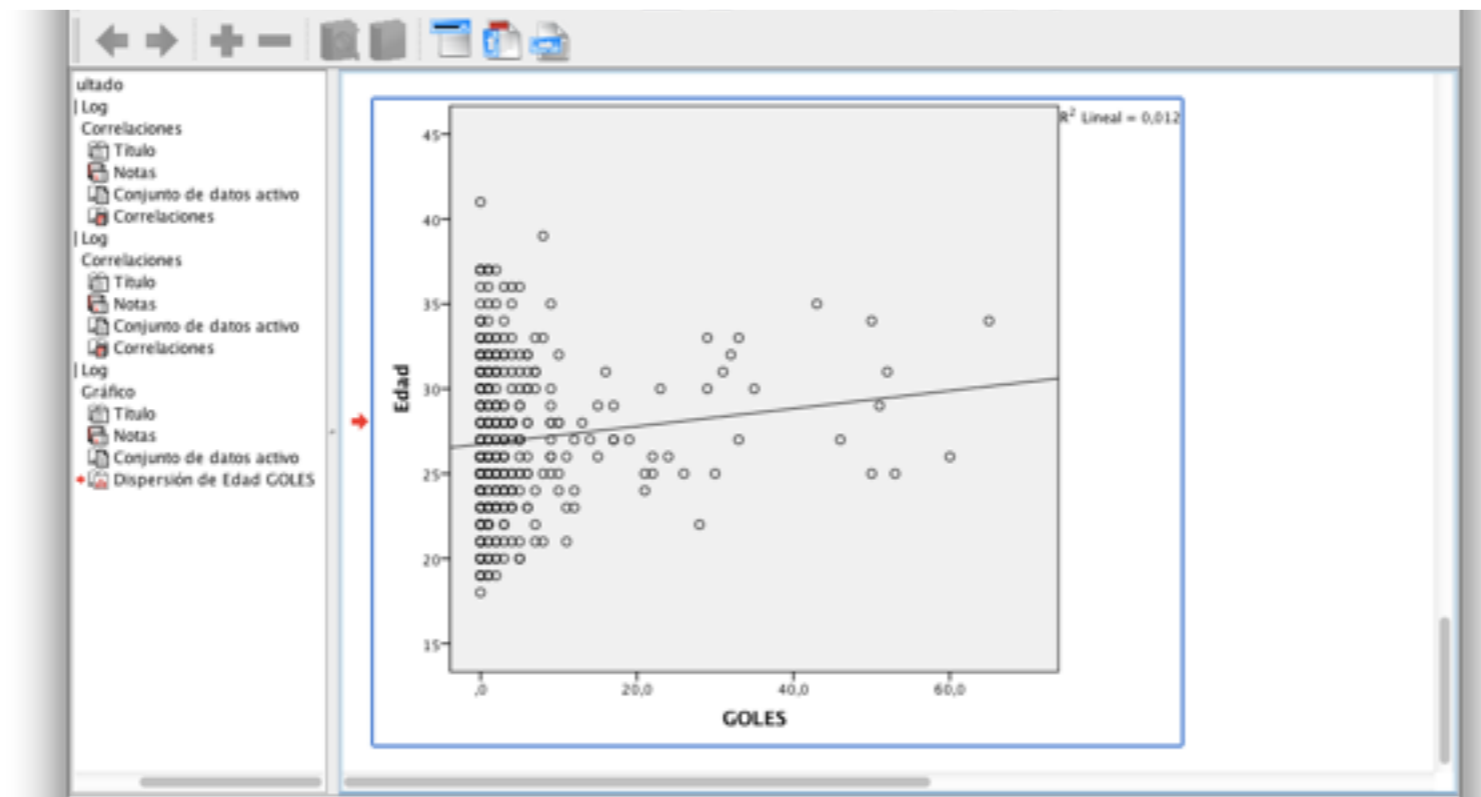
Sobre la significación

Quizá a alguno le haya resultado curioso que no hayamos hablado todavía de la **significación estadística** de las correlaciones, cuando en múltiples de libros de texto y artículos de investigación se le otorga un papel protagonista. Pues bien, a pesar de que aporta una información valiosa para el análisis de los resultados, la significación estadística **puede resultar engañosa**, y esto es debido a que, fundamentalmente, depende del tamaño muestral. Es decir, cuanto mayor sea el tamaño de una muestra, mayor es la probabilidad de que las correlaciones estudiadas sean significativas y viceversa, sin importar el valor absoluto del coeficiente de correlación. Pongamos un ejemplo. En el artículo de [Haugen, Ommundsen y Seiler \(2013\)](#) se analizaron las correlaciones entre la batería de test físicos EUROTEST y diversos cuestionarios sobre práctica de actividad física, imagen corporal y auto-estima en 2000 adolescentes. Pues bien, dado el enorme tamaño muestral se concluyó, entre otros muchos factores, que el cuestionario sociológico sobre práctica de actividad física correlaciona significativamente con los niveles de flexibilidad. Tal afirmación puede hacer pensar que efectivamente existe una relación estrecha entre dichas variables pero viendo de cerca el coeficiente de correlación observamos que tiene un valor de **$r=0.09$** , es decir, prácticamente 0.

En el caso opuesto, vamos a analizar unos datos nuestros de laboratorio en el que medimos a un grupo de 10 atletas de mediofondo de alto nivel su capacidad de salto vertical y su fatiga neuromuscular tras una competición. En este caso, se obtuvo una correlación de $r=0.471$, que podría considerarse de intensidad media y que, desde luego, es mucho más elevada que en el ejemplo anterior. Sin embargo, dado el escaso tamaño muestral, SPSS calcula que **no es estadísticamente significativa**.

Como vemos, la significación estadística puede resultar engañosa, siendo necesario interpretar con más cautela y experiencia los datos aportados por las correlaciones para no realizar análisis mediocres. De hecho, en el alto rendimiento deportivo los tamaños muestrales son normalmente muy pequeños, por lo que si nos centrásemos sólo en la significación estadística caeríamos en el error de descartar ciertas correlaciones que, en realidad, tienen una intensidad notable.

Galería 8.2 Correlaciones con N grandes y pequeñas



En este primer ejemplo, el coeficiente de correlación $r=0.111$, pero el SPSS lo marca como significativo. Obsérvese la casi nula tendencia de los puntos de dispersión en la gráfica. $N=479$

Comparación de medias

Sobre los estudios de comparación de medias

Los estudios de comparación de medias son, probablemente, los más útiles en el ámbito del entrenamiento deportivo. Gracias a ellos, podemos comparar tanto a dos grupos diferentes entre sí (por ejemplo, para comprobar cómo de lejos o cerca están nuestros jugadores de los niveles físicos de un equipo de élite) como a un grupo consigo mismo en dos o más mediciones sucesivas, lo cual es de vital importancia para analizar los efectos del entrenamiento. Por lo tanto, entender la importancia y el funcionamiento de las pruebas básicas de comparación de medias es clave tanto para los investigadores en alto rendimiento deportivo como para los entrenadores y preparadores que buscan el perfeccionamiento de sus deportistas. Sin más, pasemos a explicar las principales pruebas de comparación de medias que utilizamos en el ámbito del entrenamiento deportivo.

Prueba T para muestras independientes

La **prueba T** para muestras independientes, como su propio nombre indica, compara las medias de dos grupos

diferentes. Por ejemplo, esto es útil cuando queremos comparar a nuestros deportistas con aquellos de más éxito o para observar la diferencia de rendimiento entre edades o sexos.

Película 8.4 Cálculo de la prueba T para muestras independientes en SPSS

GRUPO	Templado	Templ_1	Templ_2	PE_100	PE_150	PE_200	AB1	PE_250	SPRINT	PE_300	SPRINT	SPRINT	SPRINT	SPRINT	SPRINT
1	0	14.50	2.70	10.50	450.2	700.2	5.5	45.8	400.2	5.00	700.2	5.50	5.00	5.50	5.50
2	0	16.40	18.50	10.50	407.8	875.2	8.2	46.2	407.2	4.00	875.2	5.00	5.20	5.50	5.50
3	0	45.00	15.40	10.40	407.4	1100.2	10.7	36.4	1000.4	4.00	1100.2	5.07	5.40	5.50	4.07
4	0	11.50	16.20	10.50	405.1	1025.4	5.4	55.5	1000.4	4.00	1025.4	5.10	5.20	5.50	5.10
5	0	21.40	14.50	4.50	440.2	700.8	7.5	46.5	1000.2	5.00	700.8	5.00	4.10	4.10	4.10
6	0	18.50	4.00	5.50	550.8	410.4	3.0	46.0	4700.7	5.50	400.8	5.50	5.00	4.00	4.00
7	0	11.00	18.50	10.50	407.4	1000.8	11.0	50.7	1070.8	4.00	1000.8	4.00	4.00	5.00	5.00
8	0	12.50	11.50	10.50	400.2	1001.7	4.5	36.7	1110.8	4.00	1001.7	5.00	5.10	5.20	5.00
9	0	41.70	18.50	10.50	407.8	1020.8	18.7	40.7	4000.8	4.00	1020.8	4.50	4.00	5.00	5.00
10	0	10.50	15.00	5.50	700.2	870.8	8.8	45.8	1000.5	5.00	870.8	5.00	5.00	5.00	5.00
11	0	18.70	18.50	10.50	402.2	1020.8	10.7	50.7	1000.2	5.00	1020.8	4.07	5.10	5.10	5.00
12	1	11.07	14.00	20.00	500.2	410.7	8.0	46.4	1000.8	5.00	1000.4	5.10	5.10	5.10	5.00
13	1	10.00	10.00	7.50	400.2	700.8	8.5	45.8	1000.7	5.00	700.8	5.00	5.00	5.00	5.00
14	1	10.07	10.00	8.00	500.2	470.8	11.5	45.0	4000.8	5.00	470.8	5.00	5.00	5.00	5.00
15	1	46.50	17.00	20.10	1000.8	700.2	16.8	45.8	4000.4	5.10	700.2	5.10	5.10	5.10	5.00
16	1	11.40	1.00	10.00	470.8	700.8	11.4	45.2	4000.4	5.00	700.8	5.00	5.00	5.07	5.00
17	1	11.50	11.00	10.50	400.4	700.2	17.8	45.8	4110.8	5.00	700.2	5.00	5.00	5.10	5.00
18	1	11.50	11.00	10.50	700.2	800.2	21.5	45.0	4000.2	4.50	800.2	4.50	5.00	5.00	5.00
19	1	18.50	4.00	10.40	400.2	700.2	8.5	55.5	4000.2	5.00	700.2	5.10	5.10	5.00	5.10
20	1	17.50	17.50	10.50	405.2	700.8	16.8	45.5	4000.2	5.00	700.2	4.00	5.07	5.10	5.00

En este ejemplo comparamos la capacidad de salto vertical y el sprint entre jugadores de baloncesto de dos categorías diferentes

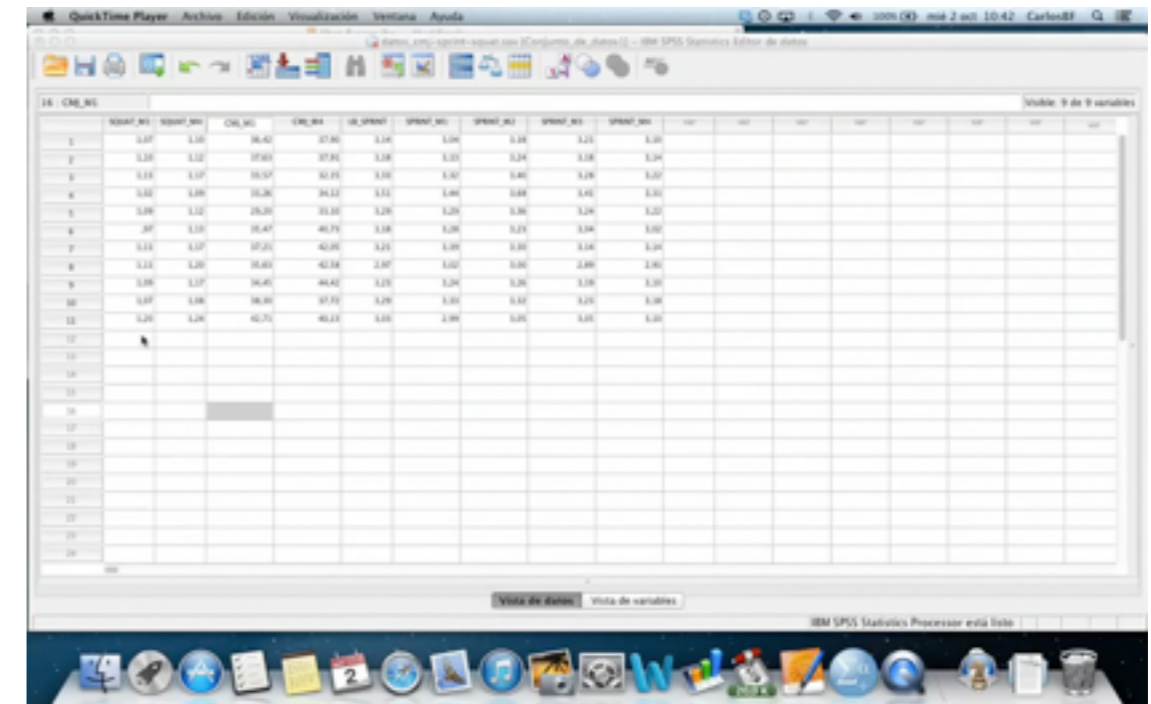
Desde el punto de vista estadístico, la prueba T para muestras independientes analiza si la hipótesis de que las medias estudiadas son diferentes es cierta o no. Desde el punto de vista práctico, debemos observar en el SPSS si el p-valor (llamado Sig. en dicho programa) es menor a 0.05. Si $p\text{-valor} < 0.05$, entonces las medias son estadísticamente significativas.

Prueba T para muestras relacionadas

La prueba T para muestras relacionadas funciona de una manera similar a la anterior pero, en este caso, se utiliza para comparar a un determinado grupo consigo mismo. Esto es fundamental para analizar los efectos de un programa de entrenamiento o para comparar los distintos niveles de rendimiento de un grupo a lo largo de una o varias temporadas, por poner algunos ejemplos. En este sentido, la prueba T para muestras relacionadas debería ser una herramienta común en técnicos y entrenadores pues ¿cómo programar los mejores entrenamientos si no se miden paulatinamente sus efectos en el rendimiento?

Al igual que en la prueba T para muestras independientes, la interpretación de los resultados es muy sencilla: ha de buscarse el p-valor (Sig. en SPSS) y comprobar si es menor a 0.05.

Película 8.5 Cálculo de la prueba T para muestras independientes en SPSS



En este ejemplo, comparamos diversas variables antes y después de un programa de entrenamiento de fuerza de 4 semanas

ANOVA de un factor

Después de comprender el funcionamiento de las pruebas T, puede que te haya surgido una duda: ¿y qué pasa si quiero comparar una variable en más de dos grupos a la vez?

Para ello, contamos con el **ANOVA de un factor**. El ANOVA de un factor (ANalysis Of VAriance) es una generalización de la prueba T para muestras independientes que permite comparar las medias de una determinada variable en más de 2 grupos diferentes. Imaginemos, por ejemplo, que llevamos la cantera de un club de fútbol y que queremos comparar los niveles de fuerza de cada uno de los grupos para observar si alguno en concreto necesita un trabajo específico.

Su interpretación es idéntica a la prueba T: ha de buscarse el p-valor y si es menor que 0.05, los grupos difieren entre sí en la variable estudiada. Es más, el ANOVA de un factor permite analizar las diferencias, dos a dos, de cada uno de los grupos introducidos en el análisis. Para ello, se utiliza el análisis **post-hoc de Scheffé**, como se muestra en la película 12.6.

Película 8.6 Cálculo del ANOVA de un factor en SPSS

ANOVA de medidas repetidas

Como hemos visto, el análisis de la diferencia de medias dentro de un mismo grupo es fundamental para estudiar los efectos de un determinado programa de entrenamiento, y para ello hemos explicado el funcionamiento de la prueba T para muestras relacionadas. Sin embargo, esta prueba tiene una importante limitación, y es que sólo permite comparar un par de variables al mismo tiempo (por ejemplo, RM antes y después del entrenamiento).

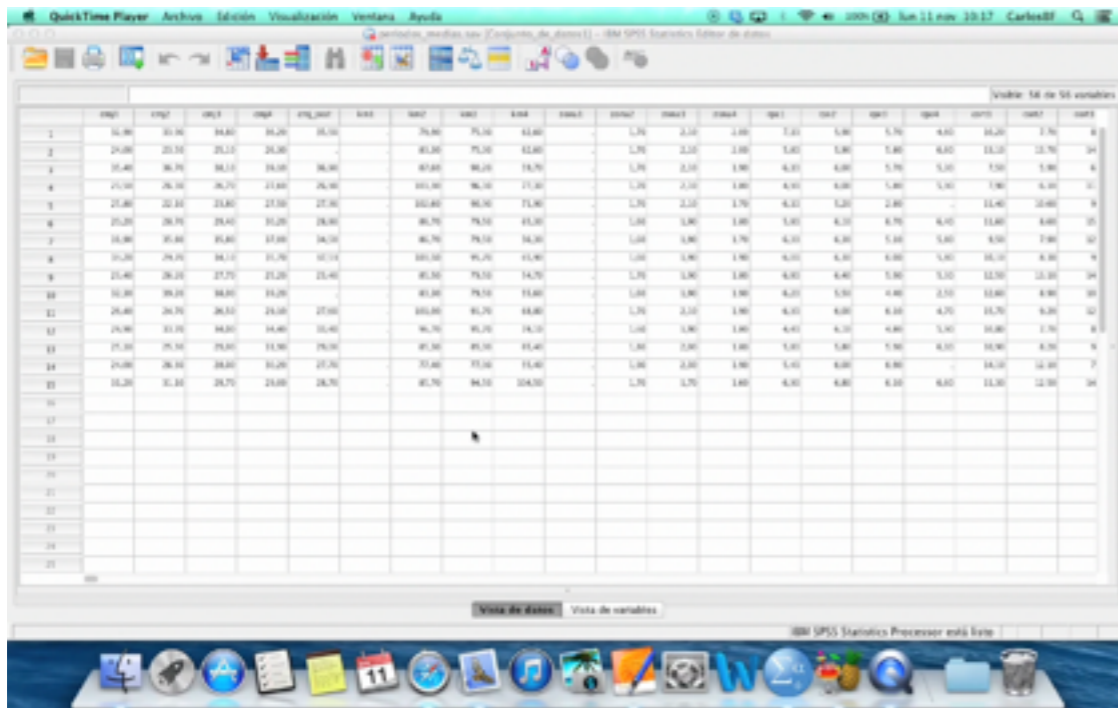
Por lo tanto, cuando realizamos múltiples mediciones a un mismo grupo durante la temporada, se hace necesaria una prueba que permita analizar las diferencias entre todos los periodos sencillamente sin tener que ir par a par estudiando cada variable. Para ello se utiliza el **ANOVA de medidas repetidas**. El ANOVA de medidas repetidas ofrece de un vistazo la comparación de medias entre cada uno de los pares de variables que queremos analizar, y se interpreta de la misma manera que el ANOVA de un

GRUPO	ENLORO1	ENLORO2	ENLORO3	ENLORO4	ENLORO5	ENLORO6	ENLORO7	ENLORO8	ENLORO9	ENLORO10	ENLORO11	ENLORO12	ENLORO13	ENLORO14	ENLORO15
1	36.40	3.14	3.07	3.00	3.00	30.00	30.0	30.0	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00
2	37.00	3.11	3.00	3.00	3.00	30.00	30.0	30.0	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00
3	35.50	3.00	3.00	3.00	3.00	30.00	30.0	30.0	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00
4	35.00	3.00	3.00	3.00	3.00	30.00	30.0	30.0	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00
5	25.00	3.00	3.00	3.00	3.00	30.00	30.0	30.0	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00
6	35.40	3.00	3.00	3.00	3.00	30.00	30.0	30.0	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00
7	37.00	3.00	3.00	3.00	3.00	30.00	30.0	30.0	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00
8	36.00	3.00	3.00	3.00	3.00	30.00	30.0	30.0	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00
9	36.40	3.00	3.00	3.00	3.00	30.00	30.0	30.0	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00
10	36.00	3.00	3.00	3.00	3.00	30.00	30.0	30.0	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00
11	40.00	3.00	3.00	3.00	3.00	30.00	30.0	30.0	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00
12	36.00	3.00	3.00	3.00	3.00	30.00	30.0	30.0	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00
13	34.00	3.00	3.00	3.00	3.00	30.00	30.0	30.0	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00
14	25.00	3.00	3.00	3.00	3.00	30.00	30.0	30.0	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00
15	35.00	3.00	3.00	3.00	3.00	30.00	30.0	30.0	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00
16	40.00	3.00	3.00	3.00	3.00	30.00	30.0	30.0	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00
17	34.00	3.00	3.00	3.00	3.00	30.00	30.0	30.0	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00
18	36.00	3.00	3.00	3.00	3.00	30.00	30.0	30.0	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00
19	40.00	3.00	3.00	3.00	3.00	30.00	30.0	30.0	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00
20	35.00	3.00	3.00	3.00	3.00	30.00	30.0	30.0	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00
21	35.00	3.00	3.00	3.00	3.00	30.00	30.0	30.0	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00
22															
23															
24															
25															

En este ejemplo comparamos los niveles de fuerza de 3 equipos de baloncesto

factor o la prueba T: si el p-valor es menor a 0.05, la diferencia es estadísticamente significativa.

Película 8.7 Cálculo del ANOVA de medidas repetidas con SPSS



En la película 12.7 se observa con claridad cómo calcular un ANOVA de medidas repetidas para analizar las diferencias entre 5 mediciones diferentes del CMJ a lo largo de una temporada. Sin embargo, vamos a aclarar algunos pasos para hacer más sencillo su visionado. En nombre del factor intra-sujetos podemos dejar por defecto “factor1”, pero debemos seleccionar su número de niveles. Con este paso le estamos diciendo al SPSS cuántas

mediciones diferentes vamos a comparar (en nuestro caso, 5). Posteriormente, escribimos el nombre de la medida que vamos a analizar (en este ejemplo, CMJ), le damos a añadir y continuamos tal cual se observa en el vídeo.

ANCOVA

Por último, vamos a detenernos en una prueba un poco más compleja pero de enorme utilidad en el ámbito del rendimiento deportivo. Supongamos que aplicamos dos entrenamientos a dos grupos diferentes y queremos comprobar cuál de ellos tiene mayores efectos sobre el rendimiento. Si los dos grupos partiesen del mismo nivel previo (por ejemplo, mismos valores de consumo máximo de oxígeno), podríamos saber qué programa de entrenamiento ha sido más eficaz comparando las medias post-entrenamiento con una simple prueba T para muestras independientes. Sin embargo, en el alto rendimiento es muy frecuente contar con grupos heterogéneos, especialmente si comparamos, por ejemplo, jugadores de tenis de diferentes edades.

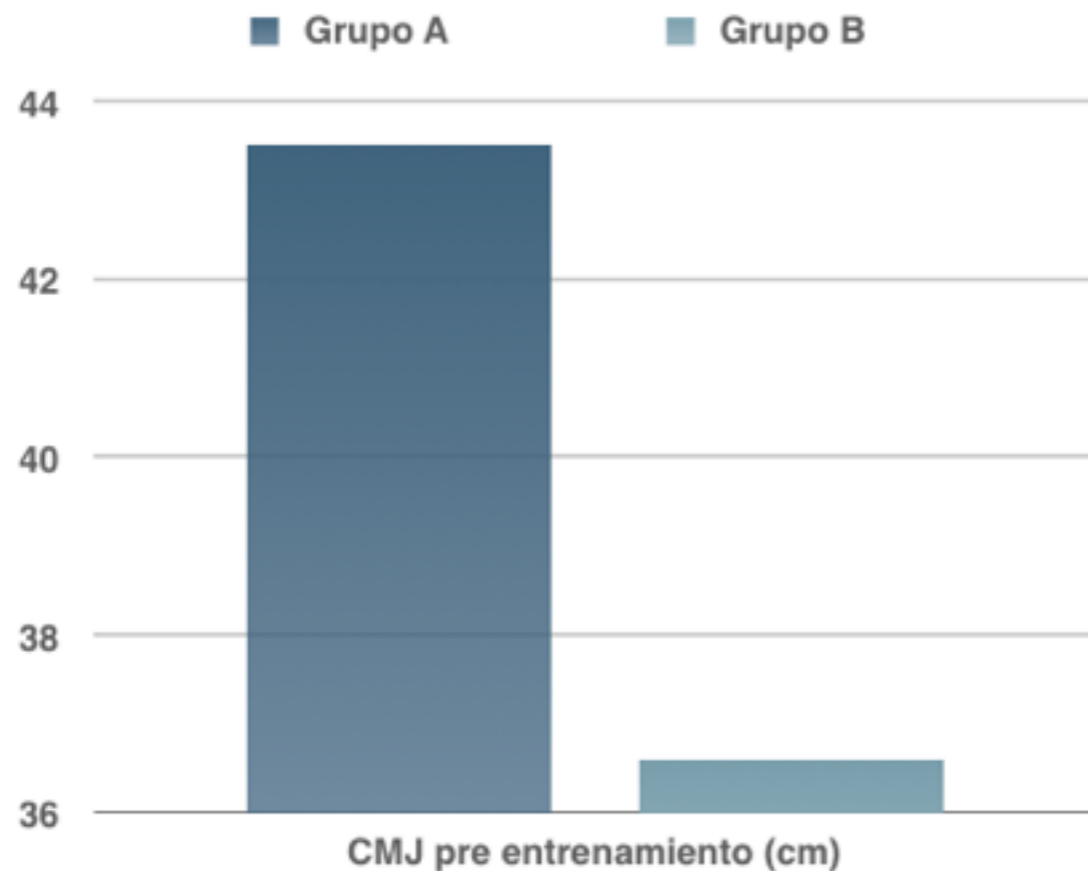
Pongamos un ejemplo. Un grupo de jugadores de tenis de 17 años (A) realiza un programa de entrenamiento (a), mientras que otro grupo de 15 años (B) realiza un entrenamiento diferente (b). Al cabo de 8 semanas, el grupo A tiene valores significativamente más altos de salto vertical que el grupo B. Si no tuviésemos en cuenta sus niveles previos, podríamos afirmar que el grupo A ha mejorado más que el grupo B, y que por lo

tanto el entrenamiento “a” es mejor que el entrenamiento “b”. No obstante, el grupo B tenía unos niveles de salto antes de empezar su entrenamiento muy inferiores a los del grupo A por lo que, en realidad, **respecto a sus niveles previos**, ambos grupos han mejorado de manera similar. Obsérvese la galería 12.3. Por ello, conocer el nivel previo de los deportistas es de vital

importancia a la hora de comparar los efectos del entrenamiento en grupos de características diferentes, pues, de no hacerlo, podemos obtener conclusiones erróneas.

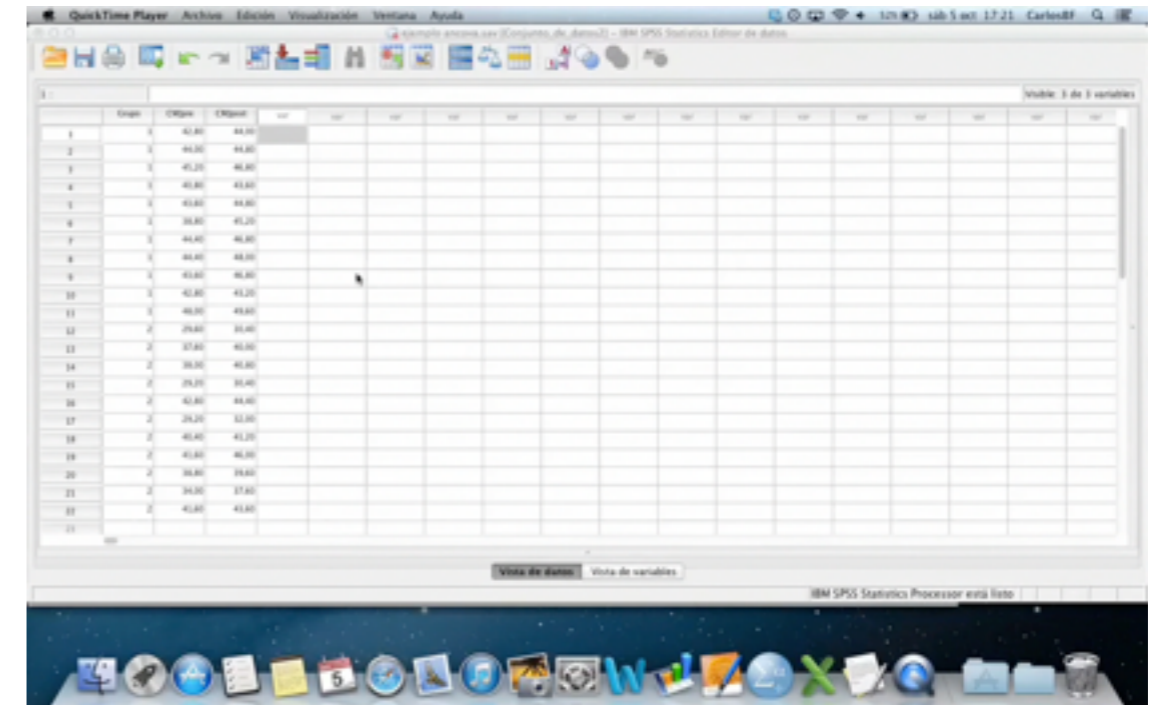
La interpretación del ANCOVA es muy sencilla. En la tabla que ofrece el SPSS, nos fijamos en la fila “Grupo” y observamos el nivel del p-valor (Sig.). Si dicho valor es mayor a 0.05, no existirán diferencias entre grupos teniendo en cuenta su nivel previo.

Galería 8.3 Importancia del estudio del nivel previo



En el pre entrenamiento, el grupo A tiene valores de CMJ significativamente mayores que el grupo B

Película 8.8 Cálculo ANCOVA con SPSS



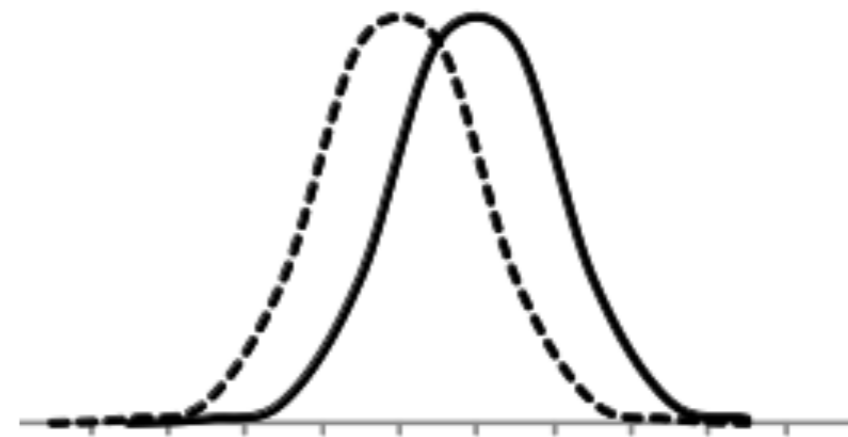
Tamaño del Efecto

Sobre el Tamaño del Efecto

Ya hemos comentado los problemas que pueden surgir a la hora de interpretar nuestros análisis estadísticos tomando como referencia simplemente la significación estadística. Recordemos que el hecho de que dos variables estén relacionadas de manera significativa (en los estudios de correlaciones) o sean significativamente diferentes (en los estudios de comparación de medias) depende en gran medida del tamaño de la muestra. Ya pusimos el ejemplo de un estudio (1) en la sección 3 de este capítulo, donde se obtuvo una correlación estadísticamente significativa entre un cuestionario de práctica deportiva y los niveles de flexibilidad con casi 2000 adolescentes, cuando la *magnitud* real de dicha relación era muy pequeña: $r=0.09$.

Por suerte, en los estudios de correlación es muy sencillo conocer la magnitud de la relación entre las variables mediante el coeficiente de correlación de Pearson. Así, el propio valor de r nos indica si dicha relación es baja, media o alta como ya explicamos en la sección 4. Pero, ¿qué ocurre con los estudios de comparación de medias?

Para conocer una estimación de la magnitud de las diferencias entre dos medias se analiza el **Tamaño del Efecto**. Existen diferentes fórmulas para calcular el tamaño del efecto pero, sin entrar en justificaciones matemáticas, todas toman como referencia la cantidad de desviaciones típicas que una de las variables comparadas difiere de la otra variable. En esencia, el tamaño del efecto estima **la magnitud** de la diferencia entre las medias de las variables estudiadas.



Esta gráfica representa las curvas de distribución normal de dos grupos. En este ejemplo las medias están muy próximas y el tamaño del efecto es pequeño



Cálculo e interpretación del tamaño del efecto

Uno de los estimadores del tamaño del efecto más extendidos es la **g de Hedges**. Su cálculo es muy sencillo y sólo se necesita conocer el tamaño muestral, la media y la varianza de las dos variables a analizar. En la imagen interactiva 12.1 podrás conocer de una manera muy sencilla el tamaño del efecto de la diferencia de medias entre dos variables. Una vez obtenido el valor de la g de Hedges, el siguiente paso es interpretar el valor obtenido. Los baremos difieren de unos autores a otros, pero nosotros utilizaremos el de **Rhea (2004)**, pues está adaptado al mundo del entrenamiento deportivo.

Tabla 12.1. Interpretación del Tamaño del Efecto. Adaptado de Rhea (2004)

Magnitud	Desentrenados	Activos	Alto nivel
BAJA	0.50-1.25	0.35-0.80	0.25-0.50
MEDIA	1.25-1.9	0.80-1.50	0.50-1.0
ALTA	>2.0	>1.50	>1.0

Imagen interactiva 8.1 Calculadora del Tamaño del Efecto



Con esta sencilla calculadora podrás calcular la g de Hedges para estimar el Tamaño del Efecto de las medias de dos grupos de datos

Publicación de la investigación

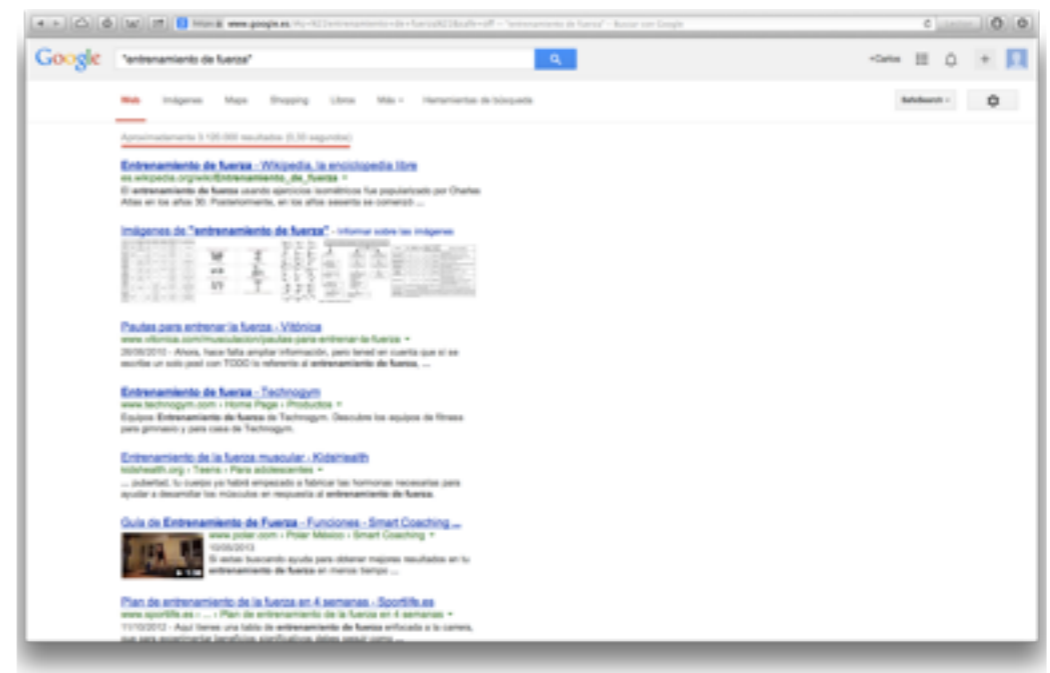
Sobre la publicación de los resultados

Aunque no suela recibir toda la atención que debiera en los estudios universitarios de Ciencias del Deporte, conocer los entresijos del proceso de publicación de investigaciones científicas es de vital importancia. Por un lado, permite estar al tanto de las últimas publicaciones sobre nuestra especialidad, lo cual es esencial si queremos estar actualizados y ser unos profesionales competentes. Y por otro lado, es un requisito necesario para todo investigador que desee publicar sus estudios en [revistas de alto impacto](#). Así, en esta sección vamos a aprender a buscar artículos científicos en bases de datos especializadas y a descubrir cuáles son las principales revistas internacionales de Ciencias del Deporte.

Búsqueda en bases de datos

Antes de comenzar todo proceso de investigación es fundamental conocer qué han hecho otros autores sobre lo que pretendamos estudiar. Sin embargo, la cantidad de información disponible en Internet es tan enorme que resulta prácticamente imposible encontrar artículos relevantes y serios dentro de toda

la inmensidad de páginas web existentes dedicadas de una manera u otra al mundo de la actividad física y del deporte. De esta forma, las posibilidades de leer información científica de calidad con una simple búsqueda en Google son realmente pequeñas y, a pesar de ello, gran parte de los estudiantes de Ciencias del Deporte utilizan dicho motor de búsqueda como su principal herramienta en la elaboración de sus trabajos.



Una simple búsqueda de “entrenamiento de fuerza” en Google ofrece 3.120.000 resultados!!

Por ello, a continuación vamos a mostrar los principales motores de búsqueda utilizados en ciencia para encontrar artículos en revistas de alto impacto. Todos ellos restringen sus búsquedas a bases de datos científicas y, por lo tanto, los resultados obtenidos tienen una garantía de calidad. En Ciencias del Deporte, las bases de datos que más nos interesan son MEDLINE y SPORTDiscus, aunque existen muchas más para cada una de las especialidades científicas.

PubMed

URL: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed>

Idioma: Inglés

Información en Wikipedia: <http://es.wikipedia.org/wiki/PubMed>

Descripción: PubMed es probablemente el motor de búsqueda más utilizado en el área de las Ciencias de la Salud, pues, además de realizar búsquedas en MEDLINE y revistas de alto impacto, es de acceso libre sin necesidad de usuario y contraseña de ninguna Universidad, como ocurre en otros casos. Además, PubMed permite crear una cuenta de usuario para guardar búsquedas, referencias bibliográficas y demás archivos favoritos, y todo ello se puede exportar a los principales gestores bibliográficos como EndNote. Depende del National Center for Biotechnology Information de Estados Unidos.

Galería 8.4 Página de resultados de PubMed



Web of Knowledge

URL: <http://www.accesowok.fecyt.es>

Idioma: Inglés

Información en Wikipedia: http://es.wikipedia.org/wiki/ISI_Web_of_Knowledge

Descripción: La Web of Knowledge integra una amplia variedad de bases de datos y recursos científicos. Constituye el conjunto de herramientas online para la investigación científica más grande que existe, pues no sólo cuenta con acceso a miles de revistas científicas y a las mayores bases de datos de todas las especialidades, sino que ofrece herramientas de gran utilidad como el [Journal Citation Reports](#), de la cual hablaremos más adelante. La pega que tiene la Web of Knowledge es que es de acceso restringido para los usuarios de las Universidades suscrita. En España se accede a través de la web de la Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (mediante la URL que hemos facilitado anteriormente), y se requiere contar con un usuario y contraseña de alguna de las Universidades Españolas suscritas. La película 12.8 explica detalladamente cómo acceder a la Web of Knowledge.

Google Scholar

URL: <http://scholar.google.es>

Idioma: casi cualquiera (incluido español)

Información en Wikipedia: [http://es.wikipedia.org/wiki/](http://es.wikipedia.org/wiki/Google_Scholar)

Google_Scholar

Descripción: Como no podía ser de otra forma, la todopoderosa Google también se ha introducido en el mundo de las búsquedas en bases de datos científicas. Cuenta con la grandísima ventaja de toda la tecnología Google, que permite conectar con nuestra

Película 8.9 Acceso a la Web of Knowledge



cuenta de Google todas las referencias que encontremos en Scholar, guardarlas en un gestor bibliográfico integrado, crear alertas para gmail cuando se publiquen artículos con las características que le indiquemos, etc. Además, cuenta con un índice de impacto propio llamado h5 mediante el cual se ordenan las revistas de mayor éxito científico. No obstante, su uso todavía no está del todo extendido, entre otras cosas porque no incluye todas las revistas de relevancia como si lo hace la Web of Knowledge o PubMed (sin ir más lejos, omite de sus búsquedas los artículos en revistas de Elsevier), y el factor de impacto del JCR aún es de mucho más prestigio que el h5 de Scholar.

Además, sus búsquedas aún no están lo suficientemente filtradas, encontrándose muchísimos más resultados en Scholar que en PubMed of Web of Knowledge. En cualquier caso, dada la envergadura de Google, es razonable pensar que de aquí a unos

años Google Scholar se convierta en un referente en la búsqueda de publicaciones científicas, por su sencillez, sus posibilidades y su excelente diseño.

Galería 8.5 Comparación de resultados según el motor de búsqueda utilizado

The screenshot shows the PubMed search results for the query "resistance training". The search bar at the top contains the text "resistance training" and a "Search" button. Below the search bar, there are options for "RSS", "Save search", and "Advanced". A notification banner states: "PubMed is open, however it is being maintained with minimal staffing due to the lapse in government funding. Information will be updated to the extent possible, and the agency will attempt to respond to urgent operational inquiries. For updates regarding government operating status see USA.gov."

The main content area displays "Results: 1 to 20 of 10376". The results are sorted by "Recently Added" and displayed in "Summary" view with 20 items per page. The first five results are:

- A review of the specificity of exercises designed for conditioning the lumbar extensors.**
Steele J, Bruce-Low S, Smith D.
Br J Sports Med. 2013 Oct 3. doi: 10.1136/bjsports-2013-092197. [Epub ahead of print]
PMID: 24092889 [PubMed - as supplied by publisher]
[Related citations](#)
- A Systematic Review of Dietary Protein During Caloric Restriction in Resistance Trained Lean Athletes: A Case for Higher Intakes.**
Helms ER, Zinn C, Rowlands DS, Brown SR.
Int J Sport Nutr Exerc Metab. 2013 Oct 2. [Epub ahead of print]
PMID: 24092765 [PubMed - as supplied by publisher]
[Related citations](#)
- Resistance Exercise Induces Region-Specific Adaptations in Anterior Pituitary Gland Structure and Function in Rats.**
Kraemer WJ, Flanagan SD, Volek JS, Nindl BC, Vingren JL, Dunn-Lewis C, Comstock BA, Hooper DR, Szivak TK, Looney DP, Maresh CM, Hymer WC.
J Appl Physiol (1985). 2013 Oct 3. [Epub ahead of print]
PMID: 24092688 [PubMed - as supplied by publisher]
[Related citations](#)
- Breath Analysis in Pulmonary Arterial Hypertension.**
Cikach FS Jr, Tonelli AR, Barnes J, Paschke K, Newman J, Grove D, Dababneh L, Wang S, Dweik RA.
Chest. 2013 Oct 3. doi: 10.1378/chest.13-1363. [Epub ahead of print]
PMID: 24091389 [PubMed - as supplied by publisher]
[Related citations](#)
- Phyometric training performance in elite oriented pre-pubertal female gymnasts.**
Marina M, Jemni M.
J Strength Cond Res. 2013 Oct 1. [Epub ahead of print]
PMID: 24088827 [PubMed - as supplied by publisher]

On the right side of the page, there are sections for "Results by year" (a bar chart showing an increasing trend), "Related searches" (listing terms like "resistance training healthy", "protein supplementation resistance training", etc.), and "PMC Images search for resistance training" (displaying several scientific graphs and charts).

Buscamos "resistance training" en PubMed. Obtenemos 10.376 resultados



Revistas de Alto Impacto: Journal Citation Reports (JCR)

Sin duda, una de las herramientas que todo investigador debería manejar es el *JCR*. El *JCR* es una base de datos que incluye las [revistas de alto impacto](#) de cada una de las especialidades científicas recogidas. Cuenta con dos ediciones: *Sciences* y *Social Sciences*, y se actualiza anualmente con un año de retraso. Es decir, actualmente la versión más reciente es la 2012. El *JCR* utiliza un índice llamado **factor de impacto** que se calcula teniendo en cuenta el número de veces que los artículos de una revista son citados en la literatura científica. Así, las revistas con artículos más populares obtienen un factor de impacto más elevado y, por tanto, un puesto más alto en las listas del *JCR*.

Conocer las revistas en el *JCR* es de vital importancia, pues sólo los artículos que publiquemos en alguna de dichas revistas serán considerados de suficiente calidad científica para, por ejemplo, realizar una Tesis Doctoral por artículos u obtener una acreditación. En nuestra especialidad, estamos incluidos en la categoría *Sport Sciences* dentro de la edición *Sciences* del *JCR*, y en la última versión de 2012 cuenta con 84. **Para acceder al *JCR***, debemos acceder a la [Web of Knowledge](#) y, a continuación, acceder a *Journal Citation Reports* en la pestaña *Additional Resources*. En la **película 12.9** se muestra cómo acceder al listado de las revistas de *Sport Sciences* en el *JCR*.

Película 8.10 Cómo acceder al listado del *JCR*



Ideas Clave

1. Las pruebas descriptivas nos permiten conocer las características de una muestra, como sus niveles de fuerza o resistencia, lo cual puede ser muy útil para establecer un perfil para un determinado grupo de deportistas.
2. Las pruebas de correlación ayudan a conocer el grado de relación existente entre dos variables. La más utilizada es el coeficiente de Correlación de Pearson. El coeficiente de correlación r tiene valores entre -1 y 1 , y cuando más se acerque a 0 , más débil será la relación entre las variables.
3. Las pruebas de comparación de medias sirven para analizar las diferencias entre dos medias independientes (distintos grupos) o relacionadas (mismo grupo, distintas mediciones).
4. Las pruebas T se utilizan para comparar las medias en una variable en dos grupos. Para comparar más de dos grupos a la vez, se utiliza el ANOVA de un factor.
5. Para analizar la diferencia entre dos grupos teniendo en cuenta el nivel previo de los sujetos, se utiliza el ANCOVA. Esto es de especial interés cuando se quiere comprobar en dos grupos con niveles previos diferentes cuál ha mejorado más tras el entrenamiento.
6. El Tamaño del Efecto es un indicador de la magnitud de las diferencias entre dos muestras. Su análisis aporta mucha más información que la simple significación estadística.
7. La significación estadística depende del tamaño muestral, por lo que relaciones o diferencias de medias con grupos muy grandes pueden ser identificados fácilmente como significativos aunque su magnitud sea pequeña.
8. Es indispensable saber buscar artículos científicos en PubMed o Web of Knowledge. Son los motores de búsqueda científicos más utilizados en el área de Ciencias de la Salud.
9. El JCR incluye un listado de las mejores revistas científicas ordenadas por su factor de impacto. Todo investigador debería tratar de leer y publicar sólo en revistas citadas en el JCR.

Preguntas de repaso

Pregunta 1 de 4

Un grupo A entrena con un programa A, y un grupo B lo hace con un programa B. Después de 8 semanas, el grupo A ha incrementado su rendimiento más que el B. ¿Qué conclusión sacas de ello?

- A.** El programa de entrenamiento A es mejor
- B.** Los deportistas del grupo A tienen más capacidad de adaptación
- C.** Ninguna, primero ha de examinarse el nivel previo de cada grupo.



Comprobar
respuesta



Referencias Bibliográficas

1. Haugen T, Ommundsen Y, Seiler S. The Relationship Between Physical Activity and Physical Self-Esteem in Adolescents: The Role of Physical Fitness Indices. *Pediatr Exerc Sci.* 2013;25(1):138-53.
2. Rhea MR. Determining the magnitude of treatment effects in strength training research through the use of the effect size. *J Strength Cond Res.* 2004;18(4):918-920.

Entrenamiento de Fuerza

Nuevas Perspectivas Metodológicas

Carlos Balsalobre-Fernández
Pedro Jiménez-Reyes



Créditos

Si te ha gustado el libro, por favor, déjanos una reseña en iBooks Store.

Tus comentarios nos motivan para seguir mejorando.

Primera edición por Carlos Balsalobre-Fernández, Enero de 2014

ISBN-13: 978-84-616-7687-3

ISBN-10: 84-616-7687-4

Todas las imágenes y vídeos presentes en esta obra pertenecen a Carlos Balsalobre-Fernández, salvo las indicadas a continuación, que han sido proporcionadas por los siguientes atletas de alto nivel. Aprovechamos para agradecer nuevamente a los siguientes atletas su colaboración aportando sus fotografías y/o vídeos:

Lydia Valentín: Portada, contraportada; Cap. 1 (pg. 7, 9, 14); Cap. 2 (pg. 25); Cap. 4 (portada, vídeo cargada, arrancada y yerk); Cap. 6 (portada, pg. 83); Cap. 7 (pg.98). Nota: agradecemos también la colaboración del **Club de Fans de Lydia Valentín** por ponernos en contacto con la atleta.

(Luis Alberto Marco (@Marco800): Cap. 2 (portada, pg. 25); Cap. 3 (vídeo CMJ); Cap. 4 (vídeo sentadilla, vídeo saltos con carga).

Élian Pérez (@Eliankelevra): Cap. 1 (portada).

Elena García Grimau (@HelenHoneyH): Cap. 5 (portada); Cap. Cap. 7 (pg. 98).

Víctor Corrales (@SahimCorrales5): Cap. 1 (pg.9, 14, 16); Cap. 3 (pg. 36).

Ricardo Rosado (@Ri_Rosado): Cap. 3 (pg. 36); Cap. 5 (portada).

Enrique Sánchez (@quiquesanchezST): Cap. 3 (pg. 36); Cap. 7 (pg.98).

Roberto Sotomayor (@SuperRoStar): Cap. 1 (pg. 16); Cap. 2 (pg. 20).

Pedro García (@Pedrogarfdez): Cap. 1 (pg. 14, 16).

David Lorenzo (@David_Lorenzo17): Cap. 3 (pg. 36) Cap. 5 (pg.70), Cap. 7 (pg. 98).

Fernando Carro (@SUBETEALCARRO): Cap. 3 (pg. 36)

Pablo Alonso (@percebendito): Cap. 3 (pg. 36)

Marta Silvestre: Cap. 4 (pg. 56)

T-Force Dynamic Measurement System es tecnología propiedad de Ergotech Consulting S.L.

Todas las tecnologías, material deportivo y equipaciones que puedan estar presentes en esta obra pertenecen a sus propietarios. No se ha recibido ninguna compensación por su presencia en este libro.

Todas las páginas web enlazadas en esta obra (Twitter, Google Scholar, Web of Knowledge, Pubmed, EBSCOHost, ResearchGate) pertenecen a sus respectivos propietarios.

Este libro también puede descargarse gratuitamente en formato PDF para visualizarlo en dispositivos diferentes a iPad o Mac. No obstante, los contenidos multimedia sólo pueden disfrutarse en dichos dispositivos de Apple

Versión PDF: http://www.carlos-balsalobre.com/Entrenamiento_de_Fuerza_Balsalobre&Jimenez.pdf

Contacto:

@cbalsalobre

[facebook.com/fuerza.ibooks](https://www.facebook.com/fuerza.ibooks)

fuerza.ibooks@gmail.com

<http://www.myosinapps.com>

© Carlos Balsalobre-Fernández 2013-2014. Queda prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos de esta obra sin la autorización expresa de sus autores.

Acidosis muscular

Situación en la que, debido a la acumulación de ácido láctico como resultado de una participación predominante del metabolismo anaeróbico, disminuye el pH muscular por debajo de los valores normales facilitándose la aparición de fatiga.

Términos del glosario relacionados

Fatiga, Hidrogeniones (H⁺), Lactato

Índice

Capítulo 6 - Fatiga metabólica y mecánica

Adenosín trifosfato (ATP)

Molécula indispensable para la obtención de energía en el organismo al permitir la contracción muscular. El fin último tanto del sistema aeróbico como del anaeróbico es producir moléculas de ATP que permitan la contracción muscular y, por lo tanto, la producción de energía.

Términos del glosario relacionados

Arrastrar términos relacionados aquí

Índice

Buscar término

Capítulo 6 - Fatiga metabólica y mecánica

Amonio

Considerado producto de desecho proveniente del ciclo de las purinas y/o del catabolismo de los aminoácidos de cadena ramificada (BCAA), está relacionado con la aparición de fatiga.

Términos del glosario relacionados

Fatiga

Índice

Buscar término

Capítulo 6 - Fatiga metabólica y mecánica

Capacidad funcional

Habilidad para desarrollar tareas de la vida diaria, como subir escaleras o llevar una bolsa de la compra con total normalidad. Con el envejecimiento, esta capacidad funcional puede disminuir severamente aumentando la dependencia de las personas mayores.

Términos del glosario relacionados

Arrastrar términos relacionados aquí

Índice

Capítulo 7 - Fuerza en ancianos

Capítulo 7 - Programas de ejemplo

Carácter del esfuerzo

Relación entre las repeticiones realizadas y las que se pueden realizar en un determinado ejercicio y ante una determinada carga. Por ejemplo, si en press de banca, con 50 kg, hacemos 5 repeticiones de 10 posibles, diremos que el carácter del esfuerzo fue de 5 sobre 10, escrito 5(10).

Términos del glosario relacionados

Arrastrar términos relacionados aquí

Índice

Buscar término

Capítulo 4 - Programación de las cargas

Capítulo 6 - Fatiga metabólica y mecánica

Carga de entrenamiento

Característica del entrenamiento realizado en función de diversos factores, como su volumen, su frecuencia o su intensidad.

Términos del glosario relacionados

Arrastrar términos relacionados aquí

Índice

Capítulo 1 - De dónde venimos

Ciclo de estiramiento-acortamiento

Proceso mediante el cual una contracción muscular concéntrica aprovecha una rápida elongación que la precede en el tiempo y que permite aplicar más fuerza que sin dicho estiramiento. El salto vertical con contramovimiento es un claro ejemplo en el que se produce un ciclo de estiramiento-acortamiento.

Términos del glosario relacionados

Countermovement Jump (CMJ), Entrenamiento pliométrico, Salto vertical (test)

Índice

Capítulo 6 - Salto vertical: Indicador de fatiga

Coeficiente de correlación de Pearson

Estadístico con valores entre $[-1, 1]$ que representa la intensidad con la que dos variables están relacionadas. Valores cercanos a 0 indican ausencia de relación, mientras que los cercanos a 1 expresan una relación lineal muy estrecha.

Términos del glosario relacionados

Arrastrar términos relacionados aquí

Índice

Capítulo 8 - Pruebas correlacionales

Cortisol libre en saliva

Hormona relacionada con la fatiga y el estrés de fácil medición mediante muestras de saliva no invasivas.

Términos del glosario relacionados

Arrastrar términos relacionados aquí

Índice

Buscar término

Capítulo 6 - Salto vertical: Indicador de fatiga

Countermovement Jump (CMJ)

Salto vertical con contramovimiento. Test de fuerza explosiva de miembros inferiores que permite evaluar la potencia muscular así como el grado de fatiga producido por el ejercicio.

Términos del glosario relacionados

Ciclo de estiramiento-acortamiento, Fatiga, Potencia, Salto vertical (test)

Índice

Buscar término

Capítulo 3 - Principales test de fuerza

Curvas de carga-velocidad

Representación gráfica en la que el eje X representa la carga (ya sea en kg o en %RM) y el eje Y representa la velocidad de ejecución asociada a dicha carga.

Términos del glosario relacionados

Arrastrar términos relacionados aquí

Índice

Capítulo 2 - Relación entre carga y velocidad

Entrenamiento al fallo

Método de entrenamiento de fuerza que consiste en realizar el máximo número de repeticiones posibles por serie en cada ejercicio.

Términos del glosario relacionados

Repeticiones Máximas (XRM)

Índice

Buscar término

Capítulo 1 - De dónde venimos

Capítulo 5 - Repeticiones al fallo

Entrenamiento en clúster

Método de entrenamiento de fuerza que consiste en realizar no más de 3 repeticiones con unos 30 segundos de descanso entre cada repetición.

Términos del glosario relacionados

Arrastrar términos relacionados aquí

Índice

Buscar término

Capítulo 5 - ¿Es la fatiga necesaria?

Entrenamiento pliométrico

Tipo de entrenamiento de la fuerza explosiva consistente exclusivamente en ejercicios de salto, especialmente aquellos que aprovechan el ciclo estiramiento-acortamiento.

Términos del glosario relacionados

Ciclo de estiramiento-acortamiento

Índice

Buscar término

Capítulo 5 - No Pain, More Gain

Esfuerzo percibido (RPE)

Variable subjetiva y psicológica que evalúa, generalmente en una escala de 0-10, el nivel de esfuerzo que un determinado ejercicio le ha supuesto al deportista.

Términos del glosario relacionados

Fatiga

Índice

Buscar término

Capítulo 6 - Salto vertical: Indicador de fatiga

Fase concéntrica

Parte de un ejercicio de fuerza en la cual la musculatura implicada genera tensión mientras se acorta. Por ejemplo, en sentadilla la fase concéntrica corresponde con la extensión de las rodillas y la cadera, o fase de subida.

Términos del glosario relacionados

Velocidad de acortamiento

Índice

Buscar término

Capítulo 3 - Principales test de fuerza

Fatiga

Término complejo y de causas multifactoriales (unas conocidas y otras aún por descubrir) que, en esencia, resulta en un decremento en la capacidad de aplicar fuerza.

Términos del glosario relacionados

Acidosis muscular, Amonio, Countermovement Jump (CMJ), Esfuerzo percibido (RPE)

Índice

Buscar término

Capítulo 1 - De dónde venimos

Capítulo 2 - Relación entre carga y velocidad

Capítulo 6 - Fatiga metabólica y mecánica

Fiabilidad

También llamado reproducibilidad. Consiste en la capacidad de un test o instrumento de obtener medidas muy similares en diferentes mediciones.

Términos del glosario relacionados

Validez

Índice

Buscar término

Capítulo 8 - Introducción

Fosfocreatina

Molécula que permite producir energía mediante el metabolismo anaeróbico al sintetizar ATP cuando se une al ADP.

Términos del glosario relacionados

Arrastrar términos relacionados aquí

Índice

Capítulo 6 - Fatiga metabólica y mecánica

Capítulo 6 - Fatiga metabólica y mecánica

Fuerza Aplicada

Relación entre la fuerza externa que supone la carga a movilizar y la fuerza interna que genera la musculatura para ello.

Términos del glosario relacionados

Arrastrar términos relacionados aquí

Índice

Buscar término

Capítulo 1 - Conceptos básicos

Fuerza explosiva

Capacidad de producir fuerza en la unidad de tiempo. Contrariamente a lo que en muchos casos se suele pensar, la fuerza explosiva no sólo no se refiere exclusivamente a movimientos veloces con cargas pequeñas sino que, de hecho, sólo alcanza valores máximos con cargas mayores al 30% RM aproximadamente.

Términos del glosario relacionados

Rate of Force Development (RFD)

Índice

Capítulo 1 - De dónde venimos

Capítulo 1 - Conceptos básicos

Capítulo 1 - Conceptos básicos

Capítulo 7 - Fuerza en ancianos

Fuerza Isométrica Máxima

Máxima producción de fuerza aplicada en un ejercicio ante una carga que no se puede desplazar.

Términos del glosario relacionados

Arrastrar términos relacionados aquí

Índice

Buscar término

Capítulo 1 - Conceptos básicos

Fuerza Máxima

Máxima capacidad de aplicar fuerza en un determinado ejercicio en el que se produce desplazamiento de la carga.

Términos del glosario relacionados

Arrastrar términos relacionados aquí

Índice

Capítulo 1 - Conceptos básicos

Capítulo 1 - Conceptos básicos

Hidrogeniones (H⁺)

Catión de hidrógeno que se acumula con el incremento de la producción de ácido láctico y que disminuye el pH muscular produciendo un estado de acidosis.

Términos del glosario relacionados

Acidosis muscular

Índice

Buscar término

Capítulo 6 - Fatiga metabólica y mecánica

Intensidad relativa

Grado de esfuerzo individual que una determinada actividad le produce a un sujeto según sus capacidades. Por ejemplo, el %RM es un indicador de intensidad relativa.

Términos del glosario relacionados

Arrastrar términos relacionados aquí

Índice

Capítulo 1 - De dónde venimos

Journal Citation Reports (JCR)

Base de datos que recoge las mejores revistas científicas del mundo. Cuenta con múltiples categorías según el área de conocimiento, siendo *Sport Sciences* una de ellas.

Términos del glosario relacionados

Arrastrar términos relacionados aquí

Índice

Buscar término

Capítulo 1 - De dónde venimos

Capítulo 8 - Publicación de la investigación

Capítulo 8 - Publicación de la investigación

Lactato

Forma ionizada del ácido láctico, que se incrementa cuando su tasa de producción es mayor a la de eliminación, algo propio de las situaciones en las que el metabolismo anaeróbico es predominante. Refleja la capacidad del organismo de producir energía rápidamente y está asociado a estados de fatiga elevada aunque, por sí mismo, el lactato no produce fatiga.

Términos del glosario relacionados

Acidosis muscular, Metabolismo anaeróbico

Índice

Capítulo 6 - Fatiga metabólica y mecánica

Metabolismo anaeróbico

Vía de producción de energía rápida y no muy sostenida en el tiempo. Utiliza como sustratos energéticos los hidratos de carbono, el ATP y la fosfocreatina sin necesidad de oxidación.

Términos del glosario relacionados

Lactato

Índice

Buscar término

Capítulo 6 - Fatiga metabólica y mecánica

Neuronas motoras

También denominadas motoneuronas. Células del Sistema Nervioso Central que permiten la propagación del estímulo eléctrico al músculo para que se contraiga.

Términos del glosario relacionados

Arrastrar términos relacionados aquí

Índice

Buscar término

Capítulo 6 - Fatiga metabólica y mecánica

Osteoporosis

Patología que afecta a los huesos disminuyendo la cantidad de tejido que los forman.

Términos del glosario relacionados

Arrastrar términos relacionados aquí

Índice

Capítulo 7 - Fuerza en ancianos

P-valor

Probabilidad de que el resultado obtenido haya sido fruto del azar.

Términos del glosario relacionados

Significación Estadística

Índice

Buscar término

Capítulo 8 - Introducción

Periodización por bloques

Distribución de la programación del entrenamiento que consiste en concentrar en periodos cortos de tiempo unas pocas capacidades físicas para trabajarlas exclusivamente, en contraposición con la periodización tradicional que propone el trabajo de todas las capacidades importantes de manera sostenida a lo largo del tiempo.

Términos del glosario relacionados

Arrastrar términos relacionados aquí

Índice

Buscar término

Capítulo 5 - No Pain, More Gain

Potencia

Resultado de multiplicar la fuerza aplicada por la velocidad de ejecución en un determinado ejercicio y ante una determinada carga.

Términos del glosario relacionados

Countermovement Jump (CMJ)

Índice

Capítulo 1 - Conceptos básicos

Capítulo 1 - Conceptos básicos

Capítulo 2 - Relación entre carga y velocidad

Capítulo 7 - Fuerza en niños

Potenciación post-activación

Fenómeno que produce un incremento en el rendimiento neuromuscular.

Términos del glosario relacionados

Arrastrar términos relacionados aquí

Índice

Buscar término

Capítulo 5 - ¿Es la fatiga necesaria?

Press de banca

Ejercicio fundamental del entrenamiento para miembros superiores.

Términos del glosario relacionados

Arrastrar términos relacionados aquí

Índice

Capítulo 1 - De dónde venimos

Principio de Adaptación

Teorema del entrenamiento deportivo que afirma que para que se produzca una adaptación, primero ha de producirse un estímulo estresante o fatigante, seguida por una disminución del rendimiento y una posterior supercompensación. Actualmente está siendo cuestionado por algunos autores.

Términos del glosario relacionados

Supercompensación

Índice

Buscar término

Capítulo 5 - No Pain, More Gain

Rate of Force Development (RFD)

Literalmente, índice de producción de tiempo. Matemáticamente, es la derivada de la fuerza respecto al tiempo. Representa la variación en la producción de fuerza a lo largo del tiempo. Cuanto más inclinada sea la pendiente en la curva de fuerza-tiempo, mayor será la RFD, lo cual significa que el sujeto ha sido capaz de aplicar mucha fuerza en muy poco tiempo.

Términos del glosario relacionados

Fuerza explosiva

Índice

Buscar término

Capítulo 1 - Conceptos básicos

Capítulo 6 - Salto vertical: Indicador de fatiga

Capítulo 7 - Fuerza en ancianos

Rcuadrado

Resultado de elevar al cuadrado el coeficiente de correlación de Pearson (r). Representa el porcentaje de la varianza de una variable que expresa la otra variable con la que se ha estudiado la correlación. Por ejemplo, si una variable A tiene una correlación de $r=0.5$ con otra variable B, significa que la variable A explica un 25% ($R=0.5*0.5=0.25$) la varianza de la variable B.

Términos del glosario relacionados

Arrastrar términos relacionados aquí

Índice

Buscar término

Recta de regresión

Ecuación lineal que permite predecir los valores de la variable dependiente mediante una o varias variables independientes. Geométricamente, se expresa mediante una recta.

Términos del glosario relacionados

Arrastrar términos relacionados aquí

Índice

Capítulo 8 - Pruebas correlacionales

Repeated sprint ability o RSA

Capacidad de repetir sprints cortos con muy poco tiempo de recuperación entre cada sprint. Trata de asemejarse a las situaciones que suceden en competición, fundamentalmente en deportes de equipo.

Términos del glosario relacionados

Arrastrar términos relacionados aquí

Índice

Buscar término

Capítulo 3 - Principales test de fuerza

Repetición Máxima

Es la cantidad de kg que un sujeto puede desplazar una, y sólo una vez en un ejercicio determinado.

Términos del glosario relacionados

Arrastrar términos relacionados aquí

Índice

Buscar término

Capítulo 1 - De dónde venimos

Capítulo 1 - De dónde venimos

Capítulo 2 - Relación entre carga y velocidad

Repeticiones Máximas (XRM)

Número de repeticiones máximo que pueden realizarse en un ejercicio determinado con una carga determinada. Se suele expresar como XRM, siendo X el número de repeticiones máximas que pueden realizarse.

Términos del glosario relacionados

Entrenamiento al fallo

Índice

Buscar término

Capítulo 1 - De dónde venimos

Capítulo 2 - Relación entre carga y velocidad

Capítulo 2 - Relación entre carga y velocidad

Capítulo 4 - Principales ejercicios

Revisión sistemática

Estudio en el que se analiza de manera rigurosa todas las investigaciones existentes sobre un tema en concreto con el fin de obtener unas conclusiones generales.

Términos del glosario relacionados

Arrastrar términos relacionados aquí

Índice

Capítulo 7 - Fuerza en niños

Revistas de alto impacto

Aquellas publicaciones científicas de máximo prestigio incluidas en el *Journal Citation Reports*.

Términos del glosario relacionados

Arrastrar términos relacionados aquí

Índice

Capítulo 8 - Publicación de la investigación

Capítulo 8 - Publicación de la investigación

Salto vertical (test)

Prueba de rendimiento neuromuscular utilizada en multitud de deportes por su alta especificidad. Ha mostrado estar notablemente relacionada con el estado de forma y el grado de fatiga, por lo que es una excelente herramienta para monitorizar el entrenamiento.

Términos del glosario relacionados

Ciclo de estiramiento-acortamiento, Countermovement Jump (CMJ)

Índice

Buscar término

Capítulo 1 - De dónde venimos

Sarcopenia

Proceso producido naturalmente por el envejecimiento mediante el cual se disminuye la masa muscular.

Términos del glosario relacionados

Arrastrar términos relacionados aquí

Índice

Buscar término

Capítulo 7 - Fuerza en ancianos

Sentadilla

Uno de los ejercicios más utilizados en el entrenamiento de fuerza por su gran capacidad para mejorar el rendimiento físico en tareas en las que están implicados los miembros inferiores.

Términos del glosario relacionados

Arrastrar términos relacionados aquí

Índice

Buscar término

Significación Estadística

Probabilidad de que una determinada relación o comparación entre diversas variables sea fruto del azar o no. Los valores más comunes son 0.05, 0.01 y 0.001.

Términos del glosario relacionados

P-valor

Índice

Buscar término

Capítulo 8 - Introducción

Supercompensación

Proceso teórico mediante el cual el rendimiento se incrementa por encima de sus niveles anteriores después de sufrir un notable descenso a causa del entrenamiento.

Términos del glosario relacionados

Principio de Adaptación

Índice

Buscar término

Capítulo 5 - No Pain, More Gain

Tamaño del Efecto

Indicador estadístico que estudia la magnitud de los cambios o las relaciones entre diversas variables más allá de la significación estadística.

Términos del glosario relacionados

Arrastrar términos relacionados aquí

Índice

Capítulo 8 - Introducción

Capítulo 8 - Tamaño del efecto

Transductor lineal

Instrumento que mide directamente la posición y la velocidad de la barra en diversos ejercicios de fuerza.

Términos del glosario relacionados

Arrastrar términos relacionados aquí

Índice

Capítulo 3 - Principales test de fuerza

Validez

Capacidad de un instrumento o test de medir aquello que se pretende medir.

Términos del glosario relacionados

Fiabilidad

Índice

Buscar término

Capítulo 8 - Introducción

Velocidad de acortamiento

Capacidad de la fibra muscular de acortarse produciendo así una contracción concéntrica.

Términos del glosario relacionados

Fase concéntrica

Índice

Buscar término

Capítulo 6 - Fatiga metabólica y mecánica

Velocidad media propulsiva

Velocidad media alcanzada en la fase propulsiva en los ejercicios de fuerza.

Términos del glosario relacionados

Arrastrar términos relacionados aquí

Índice

Buscar término

Capítulo 2 - Relación entre carga y velocidad

Capítulo 3 - Principales test de fuerza

Capítulo 6 - Fatiga metabólica y mecánica