

1. EL HOY DE LA FUERZA

Por Juan José González Badillo (España)

Presentación de José Luis Martínez



Nuestro primer ponente es Juan José González Badillo. Un gran pensador dijo que elegir es mi cruz y en estos tiempos que tenemos tantos bibliopiratas y algunos cuyas excelencias teóricas se convierten en desgracias prácticas, la elección de Juanjo era evidente por la credibilidad. Con Juanjo en estas instalaciones cuando el gimnasio

estaba en la caseta de las herramientas en la zona de lanzamientos hemos compartido veinte años de entrenador de la “Residencia Blume” en Halterofilia él y yo en Lanzamientos. Tiene más de 800 records nacionales y varias medallas en campeonatos internacionales y algún record que lleva más de 30 años. En la parte teórica tiene sus libros excepcionales, no se si los conocéis, tiene su práctica didáctica en el master de alto rendimiento del comité olímpico español que compartimos hace veinte años.

Pero es la credibilidad de la persona que ha hecho práctica lo que nos interesa, es muy estudioso, tiene su doctorado y es catedrático, pero no ha olvidado la práctica cuando ha pasado a la docencia. Estamos hablando de una persona que conoce la fuerza, la ha vivido con pasión, como profesión y como hobby todo en uno, así que adelante.

Muchas gracias a José Luis por la presentación y a la ENE por haberme invitado a estas Jornadas que son una referencia dentro del mundo del deporte nacional como actividad técnica importante. Al haberse reducido el tiempo, he tenido que hacer una eliminación

de diapositivas y vamos a ir un poco mas rápido. Tenemos distintos apartados, el primero de ellos hace referencia a **¿Qué es la fuerza aplicada en el deporte?**

Antes de pasar a evaluar la fuerza, tenemos que tener claros una serie de conceptos, estos nos permitiría saber qué tenemos que medir, ¿cuándo hemos de medir?, ¿cómo hacerlo? y ¿para qué hacerlo?. No tendría sentido decir que ahora voy a entrenar la fuerza explosiva y después la fuerza rápida o no tendría sentido decir que vamos a utilizar resistencias muy ligeras para mejorar la fuerza explosiva o no tiene sentido decir que el entrenamiento de fuerza es opuesto al de potencia.

¿Qué fuerzas intervienen al aplicar fuerza?

Al aplicar fuerza intervienen dos fuerzas, una la fuerza o tensión que genera el musculo, su tensión, y la otra fuente de fuerza es la fuerza que representa la carga que nosotros vamos a desplazar. Bueno, pues ninguna de estas dos es la fuerza aplicada. Cuando nosotros hablamos de este concepto en el deporte lo que nos interesa es el resultado de la interacción entre esas dos fuerzas mencionadas, que sería la fuerza aplicada.

Hay que hacerse otra pregunta: **¿Qué es lo que se mide habitualmente?**

Lo que se mide habitualmente es un peso que se desplaza. Pero eso no es la fuerza aplicada, porque cuando desplazamos un cuerpo necesariamente tenemos que aplicar mas fuerza de la que representa el propio peso o carga que nosotros desplazamos, por lo tanto lo que medimos no es realmente lo que nos interesa.

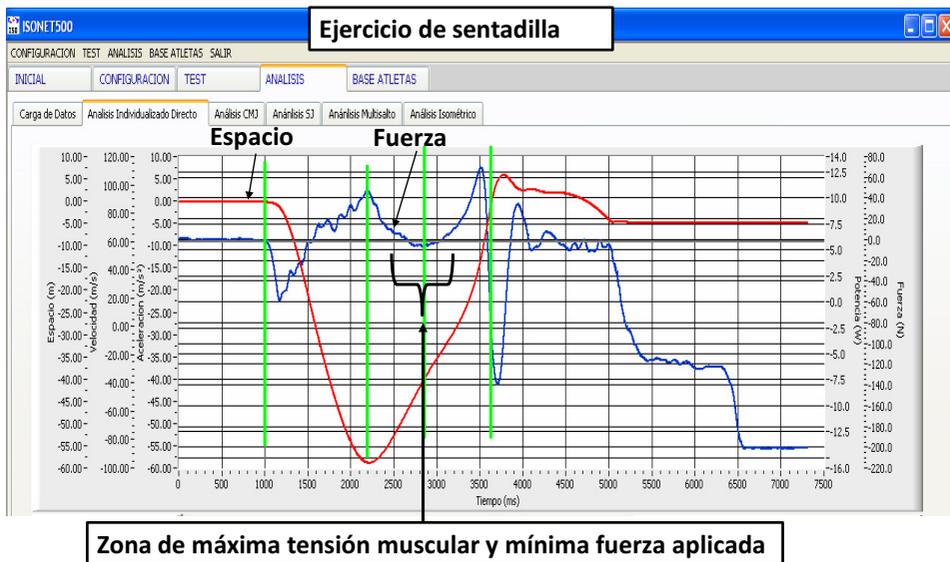
¿Cuál es el indicador de que se aplica más o menos fuerza? Pues si hablamos de una misma carga, ya que el objetivo del entrenamiento siempre es desplazar una misma carga cada vez a mayor velocidad, lo que determina que aplicamos más o menos fuerza es la **velocidad. Todo el entrenamiento que hacemos lo realizamos con un solo objetivo y es desplazar siempre la misma carga a mayor velocidad**, cada uno que lo ajuste a su especialidad, pero ése es el único objetivo para el que entrenamos. Hay una excepción, que curiosamente es la Halterofilia, que consiste en mantener siempre la misma velocidad para desplazar una carga cada vez superior. En el resto de los deportes el objetivo es que la misma carga se desplace a mayor velocidad. El que gana el maratón no es el “más resistente”, es el “más veloz”, obviamente, porque ha desplazado su cuerpo a mayor velocidad.

¿A mayor tensión muscular, mayor fuerza aplicada? Generalmente no es así. Vamos a verlo con más detalle. Como hemos indicado, las fuentes de la fuerza son las fuerzas internas y externas. La fuerza interna es la que genera el musculo y la fuerza externa es la carga que tenemos que desplazar. De la interacción entre ambas surge la fuerza aplicada, digamos que es la fuerza en el deporte y también que es la manifestación externa

de la fuerza interna, es decir de la tensión muscular.

Vamos a un ejemplo, **esta línea roja marca el espacio** cuando hacemos una sentadilla completa, la flexión y la extensión, bajar y subir. **Esta línea azul es la que representa la fuerza que esta aplicando el sujeto contra la barra**, obviamente se hace en una plataforma dinamométrica. Cuando el sujeto esta quieto la fuerza es estable, cuando el

LA TENSIÓN MUSCULAR Y LA FUERZA APLICADA



J.J.Glez-Badillo

sujeto hace la flexión de piernas, como se desplaza a favor de la gravedad disminuye la presión contra la plataforma y baja la fuerza, pero como al final de la flexión tiene que pararse para cambiar el sentido del movimiento, entonces va frenando y aumenta la fuerza aplicada. Al final de la fase excéntrica hay un pico grande de fuerza, y también al principio de la fase concéntrica hay una gran fuerza aplicada, pero a medida que el sujeto va estirando las piernas esta fuerza disminuye.

Todos los que habéis hecho una flexión profunda de piernas os daréis cuenta de que cuando la carga es muy alta, al llegar a la zona intermedia, cuando las rodillas tienen

una angulación aproximada de 90 grados nos quedamos casi parados, y esto se debe a que la fuerza aplicada en ese momento es mínima. Tenemos una elongación muscular media de todos los músculos que actúan en la fase concéntrica como agonistas y la elongación del músculo es aproximadamente de la mitad de la máxima.

En ese momento la tensión que se está creando es máxima, por dos razones, primera porque la elongación muscular es media y por tanto hay mayor número de puentes cruzados que se pueden formar. En segundo lugar porque la velocidad es mínima y cuanto menor sea la velocidad mas puentes cruzados se pueden crear. En ese momento aparte de la sensación que tiene el sujeto, que parece que se le van a salir los ojos por el esfuerzo que hace, todo el mundo le anima porque está en una posición en la que no sabemos si va a seguir subiendo o si va a bajar.

La tensión es máxima pero la fuerza aplicada es mínima como veis ahí. Esta medición es directa. Cuando pasa ese punto crítico aumenta la velocidad, lo que significa que la fuerza aplicada aumenta, porque la ventaja mecánica es mayor, y sin embargo la tensión muscular disminuye. En resumen más tensión no significa necesariamente más fuerza aplicada, y por tanto no significa más velocidad, porque durante el desplazamiento de una carga, la velocidad depende de la fuerza aplicada, no de la tensión que crea en el musculo.

¿De que depende la velocidad del movimiento?

Cuanto más tiempo disponible tengamos para aplicar fuerza, mas fuerza podemos aplicar. Imaginemos que tengo un medidor de fuerza y aprieto la mano lo más fuerte y lo más rápidamente posible, consigo mi máxima fuerza si me dan tiempo suficiente para alcanzar mi pico máximo.

Necesitaría 500ms para alcanzar mi pico máximo de fuerza apretando la mano, pero si utilizo un sistema que me permite cortar la medición a los 100ms, la fuerza que habré aplicado será mucho menor. Si modifico el sistema para que se corte a los 200ms, la fuerza aplicada será mayor y así hasta 500ms, a partir de aquí ya no será mayor. Mientras mas tiempo he tenido mas fuerza he aplicado. Cuanto mayor es la velocidad de desplazamiento, obviamente menos fuerza podemos aplicar. Hay una relación tiempo-fuerza. Cuanto más tiempo mas fuerza, cuanto menos tiempo menos fuerza o dicho de otra manera cuanta más velocidad, menos fuerza, cuanta menos velocidad, mas fuerza.

Ante la misma carga **¿De que depende la velocidad del movimiento?**

Depende de la fuerza aplicada. Esto que está aquí es para los que entrenamos toda la vida, para conseguir eso, el lanzador, el corredor, el saltador. Yo siempre hago una pregunta:

¿Quién es el que llega antes a la meta en 100m? Es el que ha estado menos tiempo aplicando fuerza. Es decir el que ha tenido menos tiempo el pie en el suelo. Si un sujeto mejora su marca, es porque puede correr los 100m teniendo menos tiempo el pie en el suelo, ha necesitado menos tiempo para impulsarse.

Éste es el objetivo de todo el entrenamiento de toda la vida.

¿Qué ocurre con el tiempo disponible para aplicar fuerza cuando mejora el rendimiento deportivo? Desde el punto de vista de la aplicación de la fuerza, lo que ocurre es que el tiempo disminuye. Si nosotros queremos mejorar nuestro rendimiento tendremos que estar menos tiempo aplicando fuerza, porque si no sería imposible mejorar la velocidad. Un lanzador, un corredor, un saltador, mejora su rendimiento si es capaz de aplicar más fuerza en menos tiempo, es decir, el tiempo para aplicar fuerza se ha de reducir necesariamente. Esto tiene un inconveniente, acabamos de decir que si tenemos más tiempo para aplicar fuerza, más fuerza podemos aplicar, pero ahora resulta que para mejorar el rendimiento el tiempo tiene que disminuir.

Si realizo un salto vertical y salto 40 cm, y al cabo de dos meses de entrenamiento salto 45cm, **¿Qué ha tenido que ocurrir?**

Suponiendo que el sujeto no haya cambiado su longitud de piernas, suponiendo que el sujeto ha flexionado en las dos ocasiones lo mismo, y como la altura del salto depende de la velocidad de despegue, si el sujeto recorre el mismo espacio en la fase concéntrica del salto y tiene que llegar al final a mayor velocidad, quiere decir que en ese recorrido ha tenido que emplear menos tiempo. El sujeto para saltar los 45cm ha tenido, necesariamente menos tiempo para aplicar fuerza. Si está más tiempo aplicando fuerza, saltará menos, porque despegará a menor velocidad.

Debemos tener en cuenta que la relación entre la velocidad y el tiempo en esa fase es prácticamente lineal, es decir, es un movimiento uniformemente acelerado. Si yo quiero saltar mas, tengo que pagar un precio y es que voy a tener menos tiempo para aplicar fuerza y si tengo menos tiempo para aplicar fuerza las condiciones son desfavorables.

La solución es aplicar mas fuerza en la unidad de tiempo.

No se debe decir nunca que el objetivo es “aplicar más fuerza en el menor tiempo posible”, esto es incorrecto, porque siempre que hacemos una acción a la máxima velocidad posible, la hacemos en el menor tiempo posible, pero resulta que ese tiempo puede ser mayor cada vez, aunque sea el menor posible en cada ocasión, por lo tanto el resultado será negativo. La cuestión está en aplicar más fuerza en menos tiempo o aplicar más fuerza a mayor velocidad, lo cual es un problema difícil de resolver, pero que al mismo tiempo es el objetivo de todo el entrenamiento, cuando se trata de alcanzar

más velocidad ante la misma carga. Esto es lo que determina que mejoremos el rendimiento, cuando entrenamos un año entero y no mejoramos el rendimiento es porque no hemos sido capaces de aplicar mas fuerza en menos tiempo.

La producción de fuerza en la unidad de tiempo (RFD) “Rate of force development”

En esta relación que todos conocéis, el impulso es igual al movimiento lineal o cantidad de movimiento, a nosotros lo que nos interesa es aumentar la velocidad: $V=FT/M$, para ello tenemos que aumentar el numerador: producto fuerza por tiempo, o disminuir el denominador, es decir, disminuir la masa, pero ésta no la podemos disminuir, porque no podemos disminuir el peso de los artefactos, y el peso corporal lo podemos disminuir sólo un poco, pero tiene un límite a partir del cual no nos interesa seguir perdiendo peso. Por lo tanto, la masa no se puede disminuir, el tiempo no se puede aumentar, porque es una contradicción, si lanzo despacio para estar más tiempo aplicando fuerza se me cae el peso, luego el tiempo no puede aumentar. **La única solución es que aumente la fuerza aplicada, pero con una condición y es que el tiempo disminuya.**

Definición: La fuerza aplicada es la manifestación externa de la tensión interna generada en el musculo a una velocidad determinada o en un tiempo determinado.

¿Qué podemos medir cuando hablamos de fuerza? Por mucho interés que pongamos en aplicar la fuerza lo más rápidamente posible, siempre necesitaremos un tiempo para llegar al pico máximo, con la particularidad de que estos picos cada vez serán menores, cuanto menor sea la carga. Aquí no solamente disminuye el pico, sino que también se cae la pendiente, y esto es la RFD, la relación entre la fuerza y el tiempo, y lo que a nosotros nos interesa es desplazar la curva hacia la izquierda lo máximo posible.

¿Qué nombre debe recibir esa relación entre la fuerza y el tiempo en el deporte?

Es la RFD, producción de fuerza en unidad de tiempo. Cuando ustedes empleen el término “fuerza explosiva” que se utiliza con mucha frecuencia, tendrían que referirlo a esto, a la relación entre la fuerza y el tiempo, no a la acción con una carga muy pequeña, eso es incorrecto. **Paradójicamente la RFD**, en la casi totalidad de las publicaciones científicas, **se mide en una acción estática**, parece una contradicción, fuerza explosiva y ausencia de velocidad ¿Esto qué es?

Simplemente porque **la “fuerza explosiva” es la RFD, esto es la producción de fuerza en unidad de tiempo**, es decir la pendiente de la curva, y para que se produzca la máxima pendiente no es necesario que haya desplazamiento, porque realmente de lo que se trata es de en qué medida aplicamos fuerza en relación con el tiempo (fuerza aplicada en la unidad de tiempo).

¿Cuántos valores tiene un sujeto de fuerza explosiva?

¿Cuál es tu fuerza explosiva? Depende del tiempo en el que se mida.

Si la mido a los 800ms he conseguido una fuerza X. Supongamos que esta fuerza es de 500N, que dividida por 800ms serán $625 \text{ N}\cdot\text{s}^{-1}$

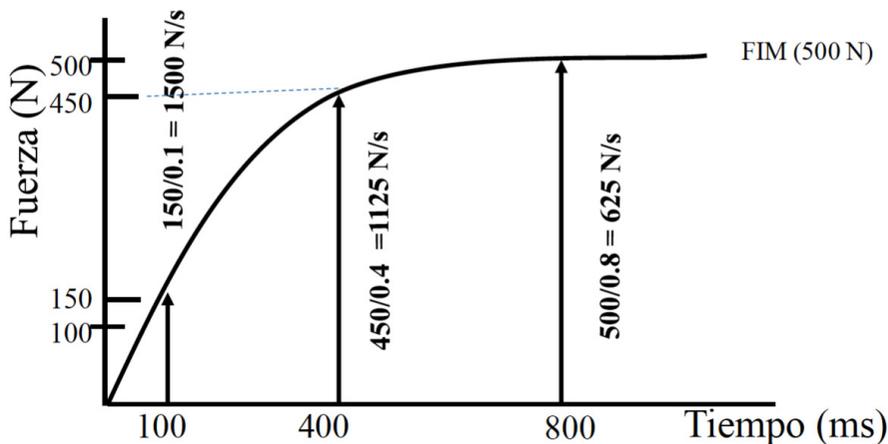
¿Esa es la fuerza explosiva de este sujeto?

Pues no, ése es uno de los valores de FRD (fuerza explosiva) del sujeto, porque si medimos a los 400ms, donde el valor de fuerza es de 450N, la RFD sería $1125 \text{ N}\cdot\text{s}^{-1}$.

Si la medimos a los 100ms: 150N divididos por 0,1s, nos da $1500 \text{ N}\cdot\text{s}^{-1}$. Todos son valores de RFD (fuerza explosiva), pero no todos tienen la misma importancia, porque a nosotros lo que más nos interesa es que la fuerza explosiva o RFD que tiene el sujeto en el tiempo que tiene para aplicar fuerza en la acción específica.

Si un corredor de 100m en la fase de máxima velocidad tiene alrededor de 100ms de apoyo del pie en el suelo, de ese tiempo una parte es excéntrica y otra concéntrica, es decir la parte propulsiva puede ser de unos 50ms. A mí lo que me interesa es que este

PRODUCCIÓN DE FUERZA EN LA UNIDAD DE TIEMPO (fuerza explosiva / RFD)

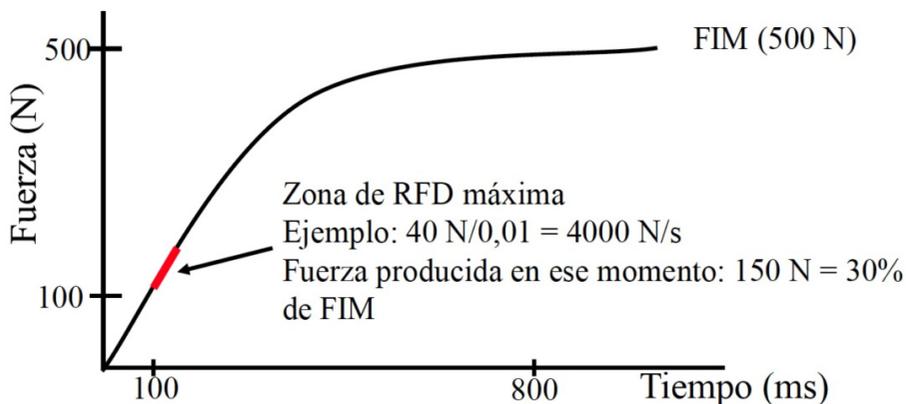


J.J.Glez-Badillo

sujeto en unos tiempos muy cortos, de unos 50ms, mejore la producción de fuerza. Podría mejorar la producción de fuerza aquí (800ms), cuando tiene mucho tiempo para aplicar fuerza, pero podría no mejorarla aquí (en 100ms). Este sería un caso muy típico en el que se podría decir que el sujeto “está fuerte” pero “no le sale la marca”. Probablemente lo que sucede es que cuando tiene mucho tiempo aplica mucha fuerza, porque medimos la fuerza estáticamente o en una RM en una sentadilla o con acciones isocinéticas, lo que no parece muy adecuado, pero no mejora o incluso empeora en el tiempo disponible para aplicar fuerza en su acción específica, es decir, no ha mejorado la producción de fuerza en el tiempo disponible para aplicar fuerza en el tiempo propio de la competición, lo que se traduce en una falta de mejora en el rendimiento específico.

De todos estos valores hay uno que es la RFD máxima que se alcanza cuando el sujeto ha estado aplicando fuerza durante unos 100ms. Esto tiene una particularidad, y es que **cuando se está consiguiendo ese pico máximo de producción de fuerza en la unidad de tiempo, el sujeto está aplicando aproximadamente el 30% de la fuerza isométrica máxima.**

MÁXIMA PRODUCCIÓN DE FUERZA EN LA UNIDAD DE TIEMPO
 (fuerza explosiva máxima / RFDmáx / máxima pendiente)

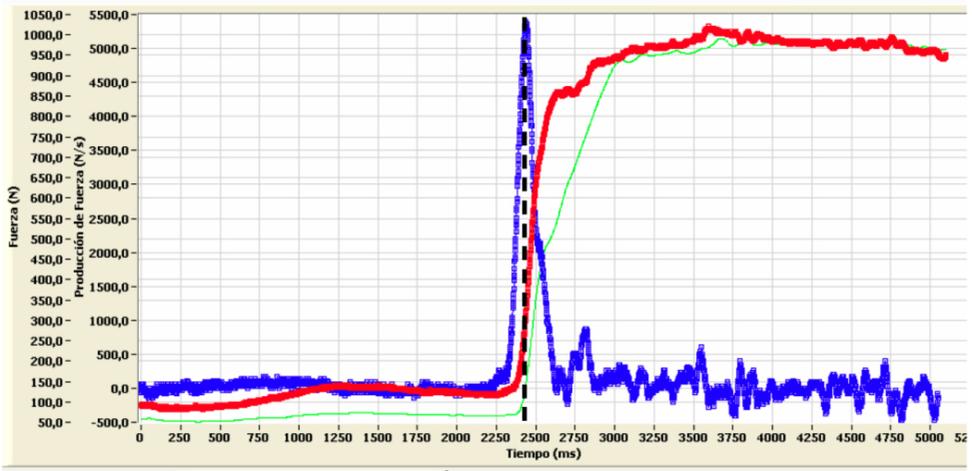


J.J.Glez-Badillo

Esto lo tenemos aquí en un ejemplo real. Se trata de un press de banca en un sujeto muy experto. El sujeto está en tendido supino sobre un banco colocado sobre una plataforma dinamométrica. Al sujeto se le coloca una carga que no puede desplazarse a un centímetro aproximadamente del pecho.

Al sujeto se le coloca una carga que no puede desplazarse a un centímetro aproximadamente del pecho. Por tanto, la fuerza que aplique el sujeto contra la barra será registrada a través de la plataforma.

Medición directa de la fuerza isométrica máxima (línea roja) y producción de fuerza en la unidad de tiempo (línea azul) en un press de banca. La línea negra discontinua marca el momento en el que se produce el pico máximo de producción de fuerza en la unidad de tiempo (RFD máxima) y el valor de fuerza que ha alcanzado el sujeto en ese momento



Fuerza al pico máximo de producción de fuerza: 311N = 30,4% de la FIM (1021N). Tiempo hasta el pico máximo de producción de fuerza: 103ms

J.J.Glez-Badillo

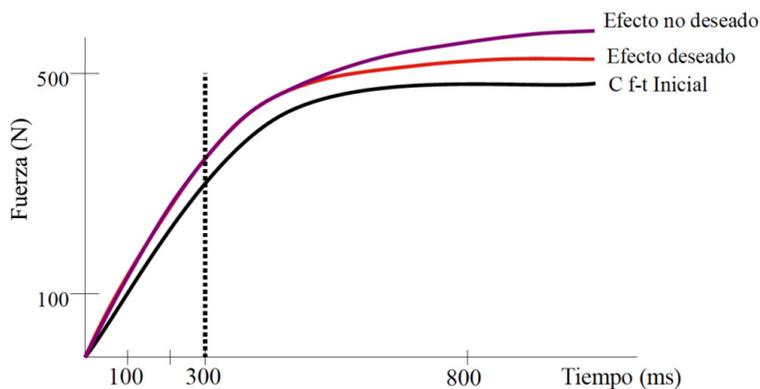
Esta línea roja indica la fuerza. Al sujeto se le pide que aplique fuerza ligeramente, y a continuación se le indica que aplique la máxima fuerza y lo más rápidamente posible. **Esta línea azul es la línea que indica la RFD, es decir la pendiente de esta curva.**

Si trazamos una vertical desde este pico máximo de RFD, al cruzarse con la línea roja nos dice la fuerza que está aplicando el sujeto en ese momento, y tendremos, por tanto, el valor de fuerza que está aplicando el sujeto en el momento de alcanzar la RFD máxima, que en este caso fue de 311N, que es el 30,4% de la fuerza isométrica máxima. Para que nosotros alcancemos la máxima producción de fuerza en la unidad de tiempo, necesitaríamos aplicar como mínimo el 30% de la FIM en esa acción. Por lo tanto si desplazáramos una carga muy ligera (ej. 10%) no alcanzaríamos la RFD máxima, es decir la fuerza explosiva máxima no se alcanzaría. ¿Esto qué quiere decir?

¿Que no debemos entrenar con esa carga porque no alcanzamos le RFD máxima? No, porque entrenar con esas cargas ligeras puede ser lo más importante del entrenamiento. El objetivo no es alcanzar la RFD máxima, sino la máxima RFD que podamos ante la carga de competición.

¿Qué ocurre con las cargas muy ligeras? Pues que no alcanzaríamos esa RFD máxima, pero con esas cargas ligeras hay que entrenar, y es probablemente muy importante en el entrenamiento.

CURVA FUERZA-TIEMPO Y EFECTO DEL ENTRENAMIENTO



J.J.Glez-Badillo

Aquí tenemos un sujeto al que antes de empezar el entrenamiento le medimos la curva fuerza-tiempo. Le aplicamos un entrenamiento, pero queremos como objetivo que el sujeto mejore la fuerza aplicada en 300ms o menos. El sujeto entrena para mejorar su rendimiento y al cabo de un tiempo tiene esta otra curva fuerza-tiempo. El sujeto ha mejorado su rendimiento porque cuando tiene mucho tiempo para aplicar fuerza (800ms) mejora la fuerza aplicada, es decir, aplica más fuerza en el mismo tiempo. Pero, además, a los 300 ms ha conseguido aplicar más fuerza, o dicho de otra manera, para alcanzar la misma fuerza ahora necesita menos tiempo para conseguirla.

El sujeto mejora la fuerza aplicada en la unidad de tiempo. Como el entrenamiento le ha ido bien, el sujeto vuelve a repetir el entrenamiento en otro ciclo. Su resultado es éste, por lo que la situación es distinta, porque si miramos la fuerza aplicada a los 800 ms el sujeto ha mejorado su fuerza, pero si miramos a los 300 ms, la fuerza aplicada es la misma que antes. El sujeto “está más fuerte”, pero en el tiempo que el dispone para aplicar fuerza en su acción específica no ha mejorado, es decir, no mejorará su rendimiento, aunque esté más fuerte.

¿Qué deportista es más fuerte, un lanzador, un levantador, un velocista o un corredor de fondo? Hombre el corredor de fondo no parece ser el más fuerte si medimos la fuerza máxima que puede aplicar en cualquier tiempo, aunque a veces se dice, y con razón, que “está muy fuerte”, porque ha hecho la última vuelta en 50s.

Aquí la cuestión es que si nosotros medimos la fuerza aplicada a los 400 ms

¿Quién es el más fuerte? Como se puede observar, es el lanzador o el levantador de pesas. Pero si medimos a los 300ms, parece que ya el más fuerte es el velocista, y si se reduce el tiempo aún más, es mayor la diferencia a favor del velocista. Si ponemos una carga muy grande, el levantador o el lanzador probablemente superarán esa carga más rápidamente que un velocista, pero si reducimos la carga, puede que el velocista sea capaz de conseguir más velocidad con esa carga más pequeña. La cuestión está en el tiempo que le demos para aplicar fuerza.

¿A que nos podemos referir cuando hablamos de fuerza?

- Nos podemos referir a tres elementos:
- Un pico máximo de fuerza
- Una relación fuerza- tiempo o
- Una relación fuerza- velocidad

Estos dos últimos son la misma cosa.

Dentro del pico máximo podemos tener:

- La fuerza isométrica máxima
- 1RM, cuando hacemos una acción dinámica
- Además, con cada una de las cargas inferiores a la 1RM tenemos un pico máximo de fuerza. Esto es importante, porque siempre se asocia la máxima fuerza con la repetición máxima, y eso es un grave error, **porque nosotros con cada carga tenemos una fuerza máxima**, y precisamente el valor de “fuerza máxima” más importante es el que conseguimos ante la carga de competición, y de la mejora de esta “fuerza máxima” depende la mejora del rendimiento deportivo.
- Nuestro objetivo es mejorarla y no mejoramos el rendimiento si no somos capaces de mejorar este pico de fuerza, es lo que llamaríamos fuerza útil.

En la relación fuerza-tiempo:

- Tenemos todos los valores de RFD que puede conseguir el sujeto, según el tiempo de aplicación de fuerza sobre el que la midamos.
- Tenemos una RFD máxima
- Hay una RFD específica que es la RFD que conseguimos en el gesto específico ante

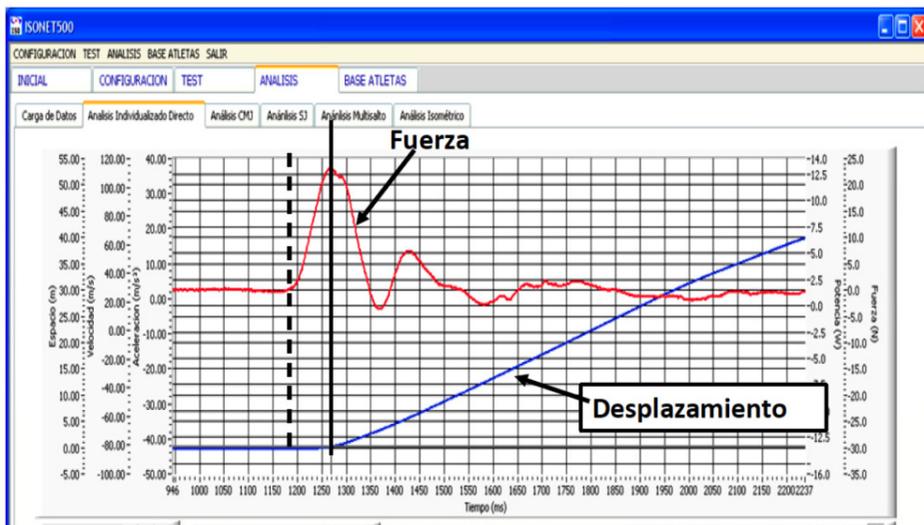
la carga de competición. Todo el entrenamiento que hagamos tiene como objetivo mejorar este valor de RFD. Se corresponde con el valor de fuerza útil que hemos mencionado anteriormente

En relación con la curva fuerza-velocidad:

- Tenemos la curva fuerza- velocidad, que nos indica lo mismo que la curva fuerza-tiempo, lo que ocurre es que es más fácil de medir y genera, además, una curva de potencia.

No se debe confundir RFD con velocidad de movimiento, yo puedo alcanzar la RFD máxima sin que haya desplazamiento. Eso no quiere decir que la RFD no tenga relación con la velocidad, si hay desplazamiento de la carga, cuanto mayor sea la RFD, mayor será la velocidad.

La máxima producción de fuerza en la unidad de tiempo se produce en la fase estática o isométrica del movimiento



Línea vertical discontinua: inicio de la aplicación de fuerza

Línea vertical continua: inicio del desplazamiento

J.J.Glez-Badillo

¿Cuándo se produce la RFD máxima?

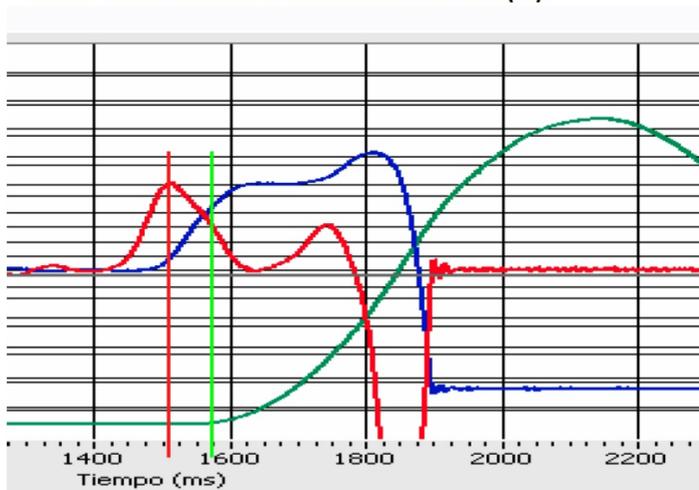
Si realizamos una acción estática, en un punto de esa acción estática que ya hemos visto. Si la acción es dinámica se produce siempre en la fase estática. Aquí tenemos una acción dinámica midiendo la fuerza directamente, que es esta línea roja.

Esta línea azul es el desplazamiento, el sujeto está sentado en una plataforma dinamométrica, tiene las pesas por detrás de la cabeza para hacer “press de hombros por detrás”. Estando el sujeto quieto, levanta el peso lo más rápidamente posible. Aquí está la fuerza aplicada antes de iniciar el desplazamiento, aquí se inicia el levantamiento (bastante antes del inicio del desplazamiento), y en este momento se inicia el desplazamiento.

¿Qué ha ocurrido antes de iniciar el desplazamiento? Que se ha producido la máxima pendiente en la curva fuerza-tiempo y todavía no se ha iniciado el desplazamiento. Lo que ocurre a partir a partir del inicio del desplazamiento depende de lo que ha ocurrido antes de iniciarse éste. Si a esta misma figura le añadimos **esta línea roja que es la RFD (la azul en este caso marca la fuerza aplicada)**, vemos cómo el pico máximo de la RFD se consigue antes de iniciarse el desplazamiento.

Es decir que lo que hemos conseguido en la fase dinámica, depende de lo que ha ocurrido en la fase estática.

SALTO VERTICAL SIN CONTRAMOVIMIENTO (SJ)



Línea roja: producción de fuerza en la unidad de tiempo (N/s).

Línea roja vertical: momento en el que se alcanza la RFD máxima

Línea azul: fuerza (N) Línea verde: espacio (cm)

Línea verde vertical: momento en el que se inicia el desplazamiento

J.J.Glez-Badillo

Veamos otro ejemplo con el squat-jump. El sujeto está colocado con una flexión aproximada de 90° , quieto, y a continuación salta. Antes de iniciar el desplazamiento se ha alcanzado este pico máximo de RFD. En un trabajo realizado con Pedro Jiménez hemos comprobado que este pico máximo de fuerza es lo más determinante y la variable que mejor discrimina entre un mejor y un peor salto del mismo sujeto.

Si un sujeto salta X cm y a los 3-4 min, salta un cm más o un cm menos, ¿de qué depende? Pues de manera muy importante de este valor de RFD que se ha alcanzado antes de iniciar el desplazamiento.

Algunos términos empleados habitualmente

¿Se puede hablar de fuerza “elástico explosiva”? Si, se puede hablar de fuerza elástica, pero lo que no tiene sentido es hablar de explosivo, porque si no es explosiva la acción concéntrica, no se produce el efecto de la parte elástica.

Si hacemos una fase concéntrica lenta, la energía elástica se ha perdido.

La fuerza reactiva sería lo mismo que esto.

La fuerza “balística”, habitualmente se relaciona con acciones realizadas a muy alta velocidad, pero realmente hace referencia a la máxima producción de fuerza en la unidad de tiempo, y, por tanto, una acción “balística” también hace referencia a la fase estática del movimiento o a una acción isométrica.

Por tanto, no podemos utilizar este término como sinónimo exclusivo de acción realizada a muy alta velocidad de desplazamiento.

Otro concepto utilizado habitualmente es el de “**fuerza rápida**”, que debería entenderse como la “rapidez con la que se aplica la fuerza”, es decir la relación fuerza-tiempo, pero no como la fuerza que aplicas en acciones realizadas ante cargas ligeras.

Es decir, no debería confundirse la “rapidez” con la que aplica la fuerza con la “velocidad” del desplazamiento.

¿Cuándo empieza la fuerza lenta y cuándo termina la rápida, a partir del 20%, del 30%, del 40%... de 1RM? Cuando la carga es muy alta la velocidad será baja, pero la producción de fuerza en la unidad de tiempo podría ser la máxima, es decir, se alcanzaría la “máxima rapidez” en aplicar fuerza.

Por tanto, una cosa es la “rapidez” con la que se aplica la fuerza (RFD) y otra la velocidad con la que se desplaza la carga. El concepto de RFD y la mejora de la misma es lo único que debería ser objeto de análisis y objetivo del entrenamiento, respectivamente, cualquiera que sea la carga a desplazar. La velocidad, cualquiera que sea la carga, siempre dependerá de la RFD alcanzada, que, como hemos indicado, se alcanza antes de iniciar el desplazamiento, es decir, en la fase estática del movimiento.

Potencia explosiva, esto no se utiliza en castellano, pero si en inglés, “explosive power”, esto no tiene sentido, porque si la acción que realizo no es explosiva, es decir no aplico la fuerza lo más rápidamente para mí, no tiene sentido hablar de potencia, porque siempre generaré una potencia, pero será menor a mi máxima potencia.

La fuerza-velocidad no es un tipo de fuerza, no existe. Porque cuando hablo de fuerza, puedo decir fuerza máxima, isométrica, estática, excéntrica, lo que hago es añadir un adjetivo y aquí lo que añado es un nombre, un nombre no califica a otro nombre.

Si hablamos de fuerza-resistencia es la misma cuestión, no es un tipo de fuerza, habrá una resistencia a la fuerza, pero todos los deportes, entrenamientos y competiciones son de resistencia a la fuerza, en algunos casos, es muy importante, en otros casos tiene poca relevancia. Con esto acabamos esta primera charla.

Entramos en la segunda charla sobre:

EL PAPEL DE LA VELOCIDAD EN LA ESTIMACION Y DOSIFICACION DE LA CARGA DE ENTRENAMIENTO

Cuando vamos a programar el entrenamiento, uno de los problemas fundamentales es determinar su intensidad.

¿Cuál ha sido tradicionalmente la referencia para determinar la intensidad?

Se ha utilizado una repetición máxima (RM) o la XRM, es decir el peso máximo con el que se pueden hacer X repeticiones.

La RM no debemos utilizarla como referencia, porque la RM se modifica casi siempre cuando hacemos un entrenamiento, si el sujeto es joven y con alto potencial de fuerza, y si es un sujeto muy entrenado, casi siempre está por debajo de su mejor RM medida previamente. Por tanto, tomando como referencia la RM casi nunca se entrena con la carga (intensidad) que se ha programado.

Hay también una inexactitud en la medida, si medimos una RM, en el 90% de los casos la medimos mal, por tanto tomamos una referencia errónea. Esto tiene una parte positiva, y es que si nos equivocamos al medir la RM siempre la mediremos con un valor inferior al real, no nos equivocaremos por arriba, por lo tanto los entrenamientos que haremos serán con una carga inferior a la real. Y ésta es la ventaja, pues casi siempre que entrenamos menos de lo que creemos, el resultado es mejor.

Riesgo de sobrecarga. Decimos vamos a solucionar el problema: todas las semanas vamos a hacer una RM. Eso no se puede hacer, es una carga excesiva y se convierte en un entrenamiento, ya no es un test, es un entrenamiento y entonces cambiamos nuestra programación. **La RM no solo no hay que medirla, sino no hay ni que hacerla.**

Un sujeto que mejoró su rendimiento, durante 5 años seguidos en todas las competiciones, consiguiendo 7 medallas en los campeonatos de Europa y fue cuarto del mundo, nunca jamás hizo una RM entrenando y era un levantador. Si un levantador no lo necesita, ya me diréis cualquiera que no sea un levantador.

XRM, esto significaría que en cada sesión tenemos que hacer el máximo número de repeticiones, esto provocaría excesiva fatiga y un gran riesgo de lesiones.

Reduce la velocidad de ejecución ante cualquier carga, aumentaría el déficit de fuerza. La parte inicial de la curva no se mejoraría, sino que incluso se empeoraría y se ha comprobado de no ofrece los mejores resultados.

¿Cuál es la solución? Para eso tenemos que saber que es una programación.

La programación es "*la expresión de una sucesión o serie ordenada de esfuerzos que guardan una relación de dependencia entre sí*". Hay que tener en cuenta lo que hemos hecho el día o los días anteriores y por supuesto lo que queremos hacer el día o días siguientes. Lo que nosotros programamos es un grado de esfuerzo, decimos haz dos series o tres series, ya no hagas más, cada día programamos un esfuerzo y lo llevamos a la práctica.

Si hablamos de esfuerzo tenemos que preguntarnos:

¿Qué es un esfuerzo?, es el grado de exigencia real que realiza el sujeto, y se determina por la relación entre lo que el sujeto hace y lo que podría hacer.

¿Cómo determinamos la intensidad? Para ello tendríamos que medir claramente cuál es el grado de esfuerzo, el carácter del esfuerzo. En el entrenamiento con cargas (pesos), aunque es aplicable a cualquier entrenamiento, tendríamos que conocer el grado de esfuerzo que representa la primera repetición de una serie. Cuando levantamos la carga, la primera vez, lo más rápidamente posible, ya sabemos el grado de esfuerzo que representa esa carga para el sujeto (porque sabemos el porcentaje de la RM que representa cada velocidad).

Además, tenemos que tener claro el esfuerzo que representa la pérdida de velocidad dentro de la serie. Estamos levantando un peso, levantamos la primera repetición a una velocidad, seguimos levantando y a medida que lo vamos levantando, la velocidad va siendo menor, hasta que llega un momento en que la velocidad sería mínima (igual a la de la RM), ya no podemos levantar más.

Por tanto, tenemos que conocer: **¿Qué esfuerzo representa la primera repetición y que esfuerzo representa la pérdida de velocidad dentro de la serie?** Obviamente no es lo mismo levantar una carga una vez, que levantarla tres veces o seis veces. No es el mismo entrenamiento, no es la misma fatiga.

Eso es lo que vamos a ver, la velocidad de la primera repetición y la pérdida de velocidad. Para ello hay que conocer cuál es la velocidad de cada % de un RM, de tal manera que cuando hagamos la primera repetición ya sabemos qué % representa esa carga de la RM, no tenemos que medir la RM.

La segunda cuestión es ver la relación entre la pérdida de velocidad y una serie de efectos mecánicos y metabólicos, porque esto es lo que le da validez a la pérdida de velocidad como indicador de carga y de fatiga. Tengo que tener un contraste.

¿Cómo se ha medido la fatiga tradicionalmente? Se ha medido por la pérdida de fuerza, hago una medición de fuerza y después hago un esfuerzo exhaustivo e inmediatamente después vuelvo a medir la fuerza. La diferencia es un indicador utilizado universalmente, que independientemente de las causas me indica el grado de fatiga. Pero hay un indicador más preciso todavía y más fácil de medir que es la velocidad. Por lo tanto veríamos la pérdida de velocidad y el estrés metabólico, por ejemplo algunos metabolitos, como el lactato o como el amonio.

En el año 1991 publiqué un libro en el que decía esto:

Si pudiéramos medir la velocidad máxima de los movimientos cada día y con información inmediata, éste sería posiblemente el mejor punto de referencia para saber si el peso es adecuado o no”.

“Un descenso determinado de la velocidad es un indicador válido para suspender el entrenamiento o bajar el peso de la barra”.

“También podríamos tener registrada la velocidad máxima alcanzada por cada levantador con cada tanto por ciento, y en función de esto valorar el esfuerzo” (González Baidillo, 1991, p. 172)

También podríamos preguntarnos: **¿Cuándo dejamos de levantar una carga? ¿Cuándo dejamos de hacer series de 40, de 60, de 80m en carrera?**

¿Cuál es el criterio, en que nos basamos?

¿Por qué no hacemos dos menos o dos más?

Si medimos un press de banca, y comprobamos la relación entre los % que representan cada una de las cargas y la velocidad con cada uno de esos %, vemos que tiene un ajuste muy elevado de $R^2 = 0.9962$, esto en cualquier ciencia sería un ajuste magnífico, pero es que en deporte es extremadamente elevado.

Este sujeto entrena y al cabo de un tiempo mejora un 10% su marca y el ajuste de las nuevas marcas con sus velocidades correspondientes es $R^2 = 0.9971$, esto es real. Tenemos otro caso de otro sujeto que levanta un peso importante y la relación es $R^2 = 0.9971$, mejora un 19% y la relación sigue siendo $R^2 = 0.9971$.

Parece que hay una relación bastante estrecha entre los % de una RM y la velocidad con la que se consiguen esos porcentajes.

Este sujeto levanta 82k, pero los levanta a 0.33m/s. Entrena y resulta que levanta 92k a 0.2m/s. Ha mejorado un 12%, pero ¿Este sujeto ha mejorado el 12% su marca? No, porque la primera lo levantó a 0.33 y la segunda a 0.22m/s. Veis como la repetición máxima se mide de manera imprecisa en el 90% de los casos. Esto quiere decir que la primera vez si se le hubiera puesto el peso justo, podía haberla hecho también a 0.2m/s. El resultado es que el sujeto no ha mejorado el 12%, no es cierto.

Medimos la velocidad, con el aparato que hemos hecho nosotros.

¿Se modifica la relación entre la velocidad y los %, cuando el sujeto mejora?

El ajuste vemos que siempre se da si se hace bien el test.

En este estudio con 56 sujetos, en 6 a 10 semanas, como término medio mejoran el 9.3%. Pasan de 86.9kg a 94.0k. Tenemos las velocidades con cada % en el Test1 y en el Test2, las diferencias son mínimas, se modifican levemente.

Este otro ejemplo va en contra de lo que acabo de decir. Este sujeto mejora su rendimiento una barbaridad, teniendo en cuenta que hace 132k en press de banca para un sujeto que pesa 67kg. El sujeto tenía esta velocidad antes del entrenamiento y esta otra después del entrenamiento. Obviamente aquí hay una pérdida de velocidad importante.

¿No se cumple lo que hemos dicho? Si se cumple, porque el primer test lo hizo a 0.17m/s

y el segundo test a 0.06m/s, lo mínimo que se puede medir en un press de banca es esta velocidad. Cada ejercicio tiene su propia velocidad de repetición máxima y esto hace que el entrenamiento sea totalmente diferente.

Si nosotros planteamos tres ejercicios al 80%: sentadilla, cargada de fuerza y press de banca, estamos haciendo tres entrenamientos distintos aunque los tres sean al 80 %. **¿Por qué este individuo va a menos velocidad con cada porcentaje?**, simplemente porque su repetición máxima la ha hecho al mínimo que se puede hacer una RM, partiendo desde parado, acción concéntrica.

Otro sujeto, que mejorando un 11% va a 0.16 y 0.14m/seg, casi la misma velocidad.

Este otro sujeto, podemos decir que si ha mejorado porque desplaza la misma carga, 110k más rápidamente.

El control de la velocidad nos está dando la respuesta a todos los problemas.

Este sujeto fue el único de los 56 sujetos que cumplió esto, hizo los dos tests a 0.21m/s pero **la velocidad con cada porcentaje se reduce.**

Si en 56 casos hay uno que no cumple la regla, lo podemos descartar, no influiría en los resultados finales ni en las conclusiones. Indagamos con esta persona, y nos comenta que su entrenador le dijo que entrenara a baja velocidad, le sirvió para mejorar solo la repetición máxima, pero redujo claramente su velocidad con cada porcentaje.

Las fases del movimiento

Cuando hablamos de velocidad, tenemos que hablar de velocidad media propulsiva, este es otro problema. Todos los estudios que se han publicado con respecto a la carga con la que se alcanza la máxima potencia, normalmente son erróneos.

¿Qué es la fase propulsiva? Cuando hacemos una acción a la máxima velocidad posible en una acción concéntrica. Esta sería la evolución de la velocidad para una carga pequeña, 20kg.

Tenemos tres fases, fase acelerativa, fase desacelerativa, y una fase de frenado.

¿Cuándo comienza la fase de frenado? obviamente cuando la aceleración baja.

Cuando la aceleración es 0 coincide con el punto de máxima velocidad. Pero a partir de aquí la aceleración sigue bajando. Aquí está en 0, aquí en - 0.3m/s etc. Hay un punto en que la aceleración llega a ser -9.8m/s hasta aquí llega la fase desacelerativa.

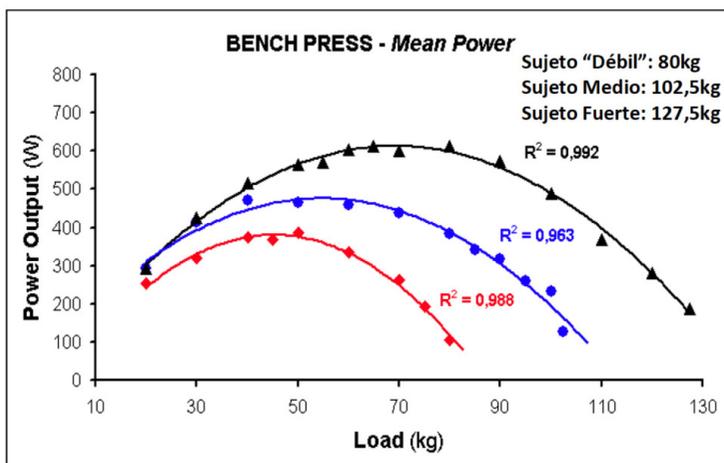
En conjunto constituyen la fase propulsiva, porque aunque vaya disminuyendo la velocidad, aunque ésta no llega a ser superior a la desaceleración de la gravedad, estamos impulsando la barra, porque si la hubiéramos soltado la barra caería a una desaceleración de 9.8m/s, tarda un poco en llegar a 9.8m/s.

¿A partir de aquí que hacemos? Aunque nos parezca extraño, cuando levantamos una carga pequeña, en una parte del recorrido lo que estamos haciendo es tirar de la barra hacia

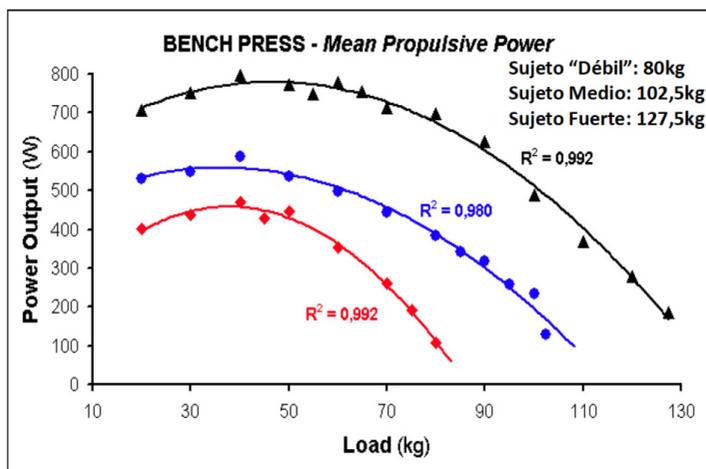
abajo/atrás, en sentido contrario al del desplazamiento, por eso los saltos tienen una propiedad especial, porque eso en un salto no existe. Todo el proceso es propulsivo, aunque haya una fase desacelerativa. Cuando hacemos un salto vertical, la velocidad máxima, no es la velocidad de despegue. La velocidad máxima se alcanza antes, entre 3 o 4 centésimas de m/s hasta una décima de m/s antes de despegar estamos disminuyendo la velocidad, estamos en fase desacelerativa, pero no de frenado.

Cuando empujamos una carga del 20%, aunque se crea que no la he frenado, la he frenado del orden del 25 al 30% del recorrido, he tirado de la barra hacia atrás. Sin embargo cuando soltamos la pesa aumentamos un poco la fase propulsiva, esto mismo sucede en los lanzamientos. Esto sería la fase de potencia propulsiva y esto sería el frenado, si miramos la potencia, vemos el pico de potencia que es 1200w, la potencia media de todo el recorrido sería 354w, pero si miramos solamente la parte propulsiva la potencia media es de 747w. Cuando nosotros medimos la potencia de un sujeto, decimos este sujeto tiene una potencia de 354w, porque hemos medido la potencia de todo el recorrido. Este valor de potencia no es el valor real del sujeto. Esto es falso, su potencia real es el pico y la media de la fase propulsiva ¿Por qué? Porque mientras más velocidad (más fuerza aplicada) consiga el sujeto, más fase de frenado tendrá con la misma carga. Si tres sujetos que levantan la misma carga, uno es capaz de levantarla a 1m/s, otro a 1.2m/s y otro a 1.4m/s, el que la levanta a 1.4m/s esta perjudicado en la medida si consideramos todo el recorrido, porque su fase de frenado es mucho mayor. Por lo tanto no estamos midiendo bien. Estos son los % y la duración del tiempo propulsivo, cuando llegamos al 75-80% todo el recorrido es propulsivo, ya no frenamos, porque el sistema dice que no es necesario frenar para las propias estructuras neuromusculares.

Evolución de la potencia cuando se considera todo el recorrido de la barra en tres sujetos de distinta RM



Evolución de la potencia cuando se considera sólo la fase propulsiva en el recorrido de la barra en tres sujetos de distinta RM



(L. Sánchez-Medina, C. Pérez, J.J. González-Badillo, I. Journal Sports Med., 2010)

Ejemplo: Estos son datos reales de la potencia de tres sujetos, uno levanta 80K, otro 102k y otro 127k en press de banca. Si medimos la potencia en el mismo recorrido vemos que estos tres sujetos tienen la misma potencia, eso es falso.

Si consideramos solamente la parte propulsiva, los resultados son distintos, vemos que estamos perjudicando al más fuerte que es capaz de desplazar la misma carga, en este caso 20 o 30kg a mayor velocidad que los demás. Cuando la carga es más alta ya no se perjudica tanto, porque la velocidad aquí no depende de la capacidad de acortamiento muscular y de la velocidad absoluta. Sin embargo aquí no depende de la velocidad de acortamiento, sino de la fuerza máxima del sujeto (1RM), por lo tanto aquí no se perjudica. En la fase inicial aquí hablamos de unos cuantos vatios 250-300 y aquí pasamos de 400 a 700w, casi se duplica, por lo tanto es importante saber qué es lo que estamos midiendo. La potencia pico y la propulsiva se parecen mucho en su evolución.

La velocidad en las cargas y los ejercicios

¿La velocidad con cada porcentaje cambia si los sujetos levantan más carga?

La velocidad media prácticamente es la misma, desde el 30 hasta el 95% las velocidades son las mismas. Algunos sujetos que levantan muchísimo peso tienen unas centésimas menos, tres o cuatro. **¿Eso a que se debe?** ¿A que estos sujetos tienen una velocidad diferente?, no. Se debe a que estos sujetos que son muy expertos tienen una velocidad media de repetición máxima ligeramente inferior, gracias a que dominan mejor el movimiento, tienen más confianza en sí mismo, en un grupo de más de 40 sujetos.

Esta mínima pérdida de velocidad con cada % se debe a que son capaces de conseguir su RM un poquito más lenta.

En síntesis, podemos decir que cada % de una RM tiene su propia velocidad máxima.

Tenemos 1596 datos, con un error de estimación de 0.06m/s, y aquí está metido prácticamente todo el mundo en un intervalo del 95%. Estas son las velocidades en este trabajo, publicado en la “International Journal of Sport Medicine”.

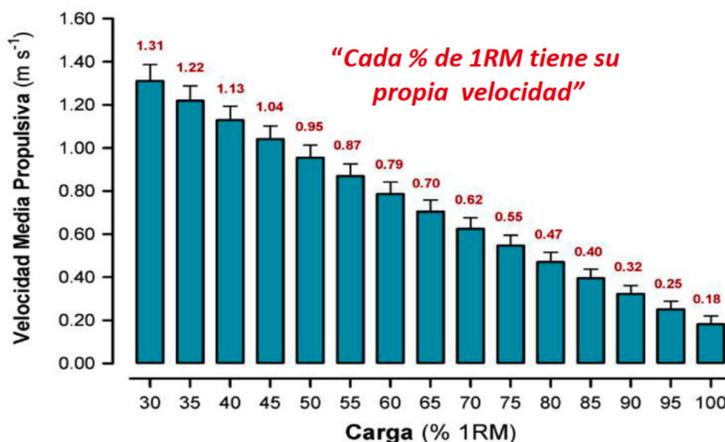
Aplicación práctica:

Imaginamos que estamos haciendo un entrenamiento hoy con una carga y somos capaces de desplazarla a 0.62m/s. **¿Con que carga estamos entrenando?** Hay una altísima probabilidad de que esa carga sea el 70% de máximo del sujeto. Ya tenemos determinado cuál es el grado de esfuerzo de la primera repetición de ese sujeto. Sabemos con qué carga está entrenando.

Viene la segunda parte, el numero repeticiones que hacemos. Seguimos entrenando y si el sujeto tiene un buen potencial al cabo de 4 o 5 sesiones le ponemos la misma carga absoluta y vemos que tira a 0.69m/s o más **¿Qué ha pasado?** En esas sesiones tenemos una probabilidad muy alta de que esa carga sea un 5% menos, es decir que ha mejorado un 5% su capacidad, y su RM será un 5% mayor, sin necesidad de medirlo, midiendo la primera repetición.

Velocidad de ejecución como indicador de la Intensidad

- **Hallazgo Principal:** la **velocidad media** conseguida ante un carga absoluta (peso) “X” puede usarse como **muy buen estimador** de la carga relativa (% 1RM) que dicho peso representa.



(J.J. González-Badillo, L. Sánchez-Medina, I. Journal Sports Med., 2010)

Estas son las velocidades propias de las sentadillas, de cada %. Si comparamos el press de banca y la sentadilla vemos que la diferencia es siempre a favor de la sentadilla, se hace más rápido cada %.

Por ejemplo el 50% a 0.95m/s y 1.07m/s, el 70% a 0.62m/s y 0.82m/s

¿Por qué? La velocidad media de la RM es 0.18m/s en el press de banca y 0.3 m/s en la sentadilla. Simplemente el hecho de que la velocidad máxima se haga a más velocidad por la propia estructura del movimiento, no porque lo quiera el sujeto, ni porque sea mejor en sentadilla el sujeto que en el press. No podemos hacer una sentadilla probablemente a menos de 0.23/0.25m/s, no podemos hacerlo más lento.

Si pusiéramos otra columna con una cargada de fuerza o una arrancada nos daríamos cuenta de que la velocidad con el 100 por 100 sería 1m/s, como 5 veces más rápido que el press de banca.

La gran ventaja que tenemos con esto es que sabemos la carga con la que entrena el sujeto y si nosotros modificamos la carga absoluta podemos conseguir que entrene con la carga programada.

Me adelanto, hasta hoy nadie sabe que carga de entrenamiento es la que le ha producido un determinado efecto sobre su fuerza o sobre su rendimiento en general. Nadie lo sabe. Hacemos un entrenamiento con el 60, 65, 70 75 y 80 %. Hemos terminado el ciclo de entrenamiento y el sujeto ha mejorado un 15% y decimos, esto es lo que hay que hacer. Mentira. ¿Por qué? Porque si el sujeto ha mejorado un 15% quiere decir que nunca ha hecho el 80% entrenando, ni el 75%, ni el 70%, seguramente lo máximo con lo que ha entrenado ha sido como un 65%. Luego las cargas reales que han producido esa mejora de un 15%, realmente son cargas que oscilan entre un 60 y un 65%.

La consecuencia es que nosotros no sabemos que carga ha producido el efecto y por tanto no podemos acumular experiencia positiva, que nos sirva para mejorar nuestra propia metodología. Eso ha ocurrido siempre. Podemos decir, que cuando el sujeto va mejor le vamos cambiando la carga, pero estos ajustes no son tan precisos. Si el sujeto va mejorando tanto que al final resulta que mejora un 15%, yo no le ajustaría la carga en términos relativos, solamente aumentaría la carga en términos absolutos en función de la referencia inicial (el sujeto entrenaría con menor intensidad relativa de la programada).

Veamos la paradoja de un sujeto que hiciera todo su entrenamiento con la carga programada sin modificarle las cargas ¿Qué pasaría al final? Significaría que el sujeto no mejora nada el rendimiento porque si el último entrenamiento lo ha hecho con el 80% con respecto al test inicial, quiere decir que todavía está igual que estaba antes de empezar. Por lo tanto el sujeto no ha mejorado nada.

CONCLUSIONES:

- Si nosotros conocemos la velocidad con la que se hace cada porcentaje podemos, evaluar la fuerza de un sujeto sin necesidad de hacer en ningún momento un test y por supuesto una XRM.
- Determinar con alta precisión el porcentaje de una RM que está utilizando, sabiendo que carga le estamos dando.
- Programar, dosificar y controlar el entrenamiento con alta precisión sin necesidad de medir la RM.
- Si se mide la velocidad cada día podemos determinar qué es lo que está haciendo el sujeto. Cambiar o no cambiar la carga depende de nosotros. Si el sujeto mejora mucho, no le cambiaría la carga relativa.
- Utilizar el entrenamiento de fuerza con todos los sujetos desde los niños hasta los deportistas adultos. ¿Cómo se puede hacer una RM a un chavalín joven, ni a uno mayor, ni a los adultos que entrenan para la salud?
- Estimar la mejora del rendimiento cada día.
- Por lo tanto lo que se debe programar no es el % de una RM, sino la velocidad.
- Realmente programamos un % de una RM, lo que pasa es que se programa con mucha más precisión a través de la velocidad. Si pongo una velocidad sé que % es el que programo, pero el % de ese día, no de un test que hizo hace X tiempo.
- **Nuestra propuesta es que siempre se debía de utilizar la velocidad media propulsiva para valorar la carga de entrenamiento y el rendimiento. Aquí tenemos solucionado el problema de la primera repetición.**

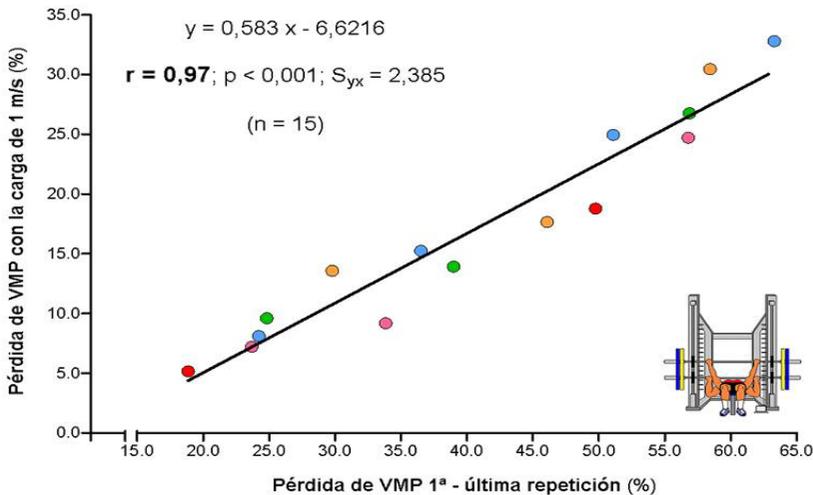
Ahora viene la segunda parte, **¿Cuántas repeticiones hacemos en la serie?**

LA VALIDACION DE LA INTENSIDAD O GRADO DE ESFUERZO A TRAVES DE LA PERDIDA DE VELOCIDAD EN RELACION CON LA RESPUESTA MECANICA Y METABOLICA.

Todo el mundo sabe que, más o menos, con cada porcentaje en cada ejercicio de sentadilla o press de banca se hace un número de repeticiones. Hicimos un estudio con 15 tipos de esfuerzos diferentes. Este número indica la serie, este número indica las repeticiones y este otro las repeticiones que hacemos y las que podríamos hacer. **Ejemplo:** Tres series de seis repeticiones con una carga de ocho, estas repeticiones que están entre paréntesis representan aproximadamente al 70, 75, 80, hasta el 90 %, es decir un margen de intensidades utilizadas en el entrenamiento.

¿Cómo medimos nosotros esto? Por ejemplo tres series de 12 repeticiones pudiendo hacer 12. Esto es mentira, nadie puede hacer tres series de 12 repeticiones con una carga que puede hacer 12, a menos que vaya reduciendo la carga absoluta. Hacíamos esto lo más ajustado posible y basándonos en la velocidad, en la primera serie en vez de 12 podían ser 13. Había 5 minutos de recuperación entre serie. Aquí tenemos cómo evoluciona la velocidad en cada una de las series, vemos cómo se va perdiendo velocidad.

Relación entre la pérdida de velocidad en la serie y la pérdida de velocidad con la carga de 1 m/s (press de banca)



(L. Sánchez-Medina, J.J. González-Badillo, Med. Sci. Sports Exc., 2011)

¿Cómo medimos la fatiga que ha generado esto? Antes de empezar a medir, medimos una carga que se pudiera desplazar a una velocidad de 1m/s, tres repeticiones. Hacíamos el entrenamiento e inmediatamente después de terminar la última repetición, se cambian los discos, para poner la misma carga que antes, y ésta es la fatiga. Fijaros la velocidad aquí y después aquí, aquí ha perdido un 31.3%. Yo ya de entrada diría, nadie debe hacer un entrenamiento en el que la pérdida de velocidad después del esfuerzo sea de un 31.3%. Eso significaría prácticamente hacer el total de las repeticiones posibles. Haciendo esto, nosotros comprobamos en estos 15 esfuerzos, el grado de fatiga que se produce midiendo antes y después, esa misma carga que se puede desplazar a 1m/s.

Resultados: Pérdida de velocidad en la serie, cargas que podemos hacer 12 veces, aquí hacemos 6, 8, 10 y 12. Vemos cómo aumenta la pérdida de velocidad, y cargas que podemos hacer 10 veces, u 8 veces. Vemos como hay una relación lineal, a medida que vamos haciendo más repeticiones la pérdida de velocidad es mayor.

¿Qué pasa con la sentadilla?, pues igual. ¿Qué pasa con la pérdida de velocidad de 1m/s? La tendencia es la misma.

¿Qué pasa con el salto vertical? Después de la sentadilla con la carga de 1m/s, hacemos el salto vertical. Pasa lo mismo, la tendencia es la misma, a medida que hacemos más repeticiones se pierde más salto.

Esta es la mejor arma que tenemos actualmente en el entrenamiento, es el salto vertical, todos los días durante los 15 esfuerzos, antes de empezar. Estos son los valores según las repeticiones, todas estas diferencias son significativas estadísticamente. El sujeto pierde una capacidad de salto importante.

En este cuadro tenemos, aquí la pérdida de velocidad al final de las tres series en cada uno de los esfuerzos y aquí la pérdida con la carga de 1m/s, es decir el grado de fatiga. Si nos damos cuenta tenemos distintos puntos de distintos colores. Cada color corresponde a un tipo de esfuerzo, para 12 rep, para 10 rep, para 8rep. Vemos como los colores están distribuidos a lo largo de toda la línea. La pérdida de velocidad en la serie determina la fatiga de una manera muy precisa.

¿Cuándo veis que un sujeto está fatigado? Cuando pierde velocidad, es evidente. Fijaros que tenemos puntos de distintos colores. Esto significa que ante una misma pérdida de velocidad en la serie, la pérdida de velocidad con el 1m/s es casi la misma. Esto quiere decir que la fatiga que se genera en una sesión de entrenamiento, en este caso tres series, depende de la pérdida de velocidad en la serie independientemente del número de repeticiones de la misma serie. Por una parte tenemos la velocidad con la primera repetición, sabemos que carga es. Por otra parte tenemos la pérdida de velocidad, sabemos el grado de esfuerzo dentro del número de repeticiones que podemos hacer con esa carga. Con la sentadilla correlación de 0.91 tenemos

la misma situación. Obviamente la sentadilla es menos controlable que el propio press de banca.

¿Qué pasa con el salto vertical? $r=0.92$, es la correlación entre la pérdida de velocidad con la carga de 1m/s y el salto vertical. ¿Tiene algo que ver? Si hemos dicho que la medición de la velocidad es una forma muy precisa de medir la fatiga vamos a ver qué relación tiene con el salto, obviamente perder salto es perder velocidad, es lo mismo y esto se comprueba aquí porque la correlación es de 0.94. Por tanto, en la sentadilla da lo mismo medir el salto que la pérdida de velocidad.

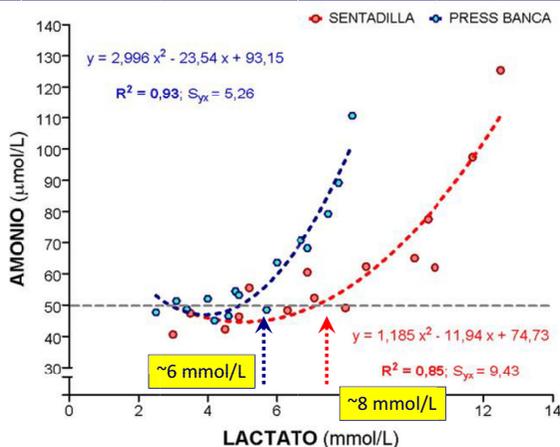
¿Qué pasa con el lactato? Vamos a ver si le damos alguna validez a través de algunos metabolitos. Todos los ejercicios aumentan el lactato. ¿Esto es malo? No necesariamente. El lactato aumenta cuando hacemos más repeticiones en la serie.

¿Qué ocurre con el amonio? El amonio es un metabolito que no se refiere en este caso a la degradación de las proteínas, sino que se refiere a la puesta en marcha de la producción de energía por la vía de urgencia. El amonio reacciona de una manera diferente, **tenemos que hacer más de la mitad de las repeticiones posibles para que**

Significado fisiológico y mecánico del CE



RESPUESTA METABÓLICA AGUDA: Relación entre metabolitos



(L. Sánchez-Medina, J.J. González-Badillo, Med. Sci. Sports Exc., 2011)

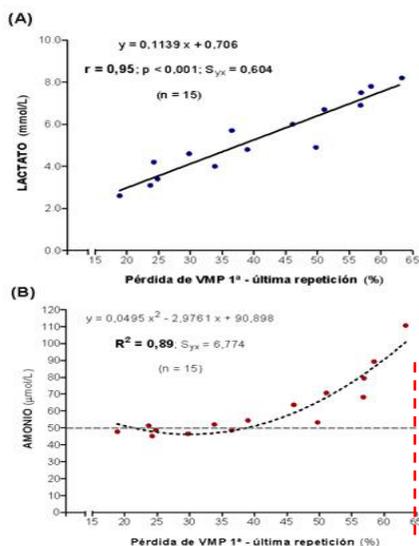
el amonio empiece a subir, si no se queda prácticamente en reposo. Esto nos está indicando una cosa muy importante, ya hace mucho tiempo que dije que más de la mitad de las repeticiones no sería necesarias hacerlas. Si hacemos la mitad como máximo, no

hay un stress metabólico importante, no hay una pérdida de purinas, de nucleótidos que está en relación directa con la aparición del amonio, por lo tanto el esfuerzo no es muy exhaustivo, quiere decir que al día siguiente podemos entrenar otra vez con una recuperación casi total.

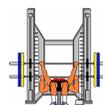
¿Cuál es la relación entre el lactato y el amonio?

Un ejemplo: ¿Hasta cuándo podríamos aumentar el lactato en un press de banca? Cuando llega al 6% de pérdida de velocidad es cuando empieza a dispararse el amonio y en sentadilla cuando llega al 8%. Si tomáramos como referencia el lactato podríamos

Relación entre las pérdidas de velocidad en la serie y el lactato y el amonio en press de banca



(L. Sánchez-Medina, J.J. González-Badillo, Med. Sci. Sports Exc., 2011)

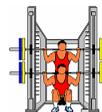
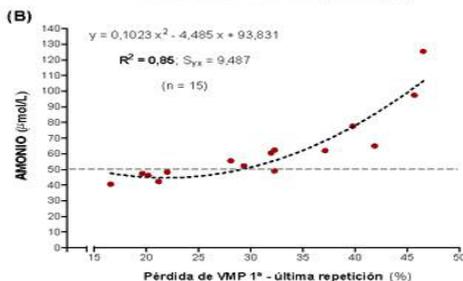
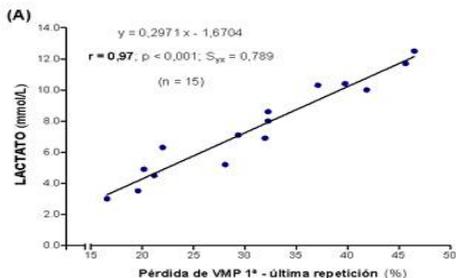


decir que entre 6 o 8% sería un esfuerzo fuerte pero admisible.

¿Qué pasa con la pérdida de velocidad en la serie (al final de las 3 series), el amonio y el lactato? Igualmente, las correlaciones son de 0.95 y 0.89. La pérdida de velocidad en la serie tiene una relación tan alta con el lactato que no hace falta medirlo. Con que midamos la pérdida de velocidad en la salida sabemos el grado de esfuerzo

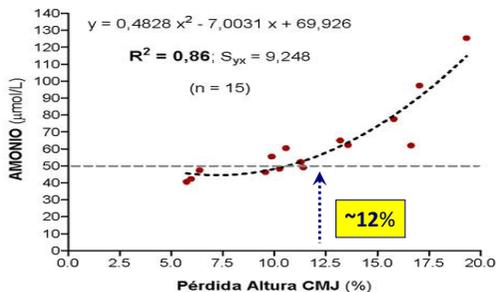
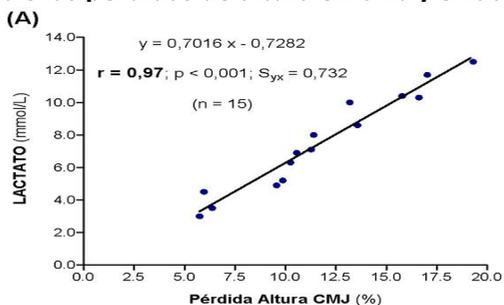
¿Qué pasa con la pérdida de velocidad en la serie, el amonio y el lactato en la sentadilla? Igual 0.97 y 0,85 de correlación.

Relación entre las pérdidas de velocidad en la serie y el lactato y el amonio en sentadilla



(L. Sánchez-Medina, J.J. González-Badillo, Med. Sci. Sports Exc., 2011)

Relación entre las pérdidas de altura en CMJ y el lactato y el amonio



¿Qué pasa con la pérdida de altura en el salto, el lactato y el amonio?

Igual, 0.97 y 0.86. Midiendo el salto para qué vamos a medir el amonio o el lactato si ya tenemos una estimación bastante precisa. Cuando perdamos el 12% de la velocidad en el salto probablemente el amonio ya empieza a dispararse, luego perder más del 12% ya sería un entrenamiento, quizás excesivo.

Las carreras de velocidad

¿Qué pasa cuando hacemos 40m? Antes de hacer 40m medimos el salto, y después de correr cada serie (repetición) medimos el salto, el lactato y el amonio. El sujeto hace series hasta que pierde un 3% de velocidad, en dos carreras seguidas.

¿Qué ha pasado ahí? ¿Qué entrenamiento hemos hecho? ¿Hay relación entre la pérdida del salto y el stress metabólico?

Aquí tenemos 9 sujetos que algunos de vosotros conoceréis porque son de buen nivel, la correlación es de $r=0.95$. Otro día hacemos un esfuerzo más largo sobre 60m, esto lo hemos hecho con Pedro Jiménez. **¿Qué pasa en 60m?** Cuando trabajábamos sobre 40m hacíamos una serie y descansábamos 4min entre cada carrera, cuando hacíamos 60m descansábamos 6min. Cada sujeto hacia 40m 10, 11, 12, 13 veces hasta que perdía el 3% de velocidad. Cuando hacíamos 60m lo hacían 9 o 10 veces. Cuando hacíamos 80m hacían 5, 6, 7 veces hasta que perdían el 3%. Las correlaciones están ahí en cada caso.

Éste es el ejemplo de un sujeto, pérdida de salto y lactato, una carrera, 2, 3, 4, 5, 6, 7. Este sujeto hizo 7 veces 80m antes de perder el 3% de velocidad. Esta es la relación con el stress metabólico, si vamos midiendo la pérdida de salto inmediatamente al final, tenemos una estimación del stress metabólico impresionante.

¿Cuándo paramos de hacer series de 40m, 60m, u 80m? ¿Qué es mejor perder el 1% de velocidad, el 2%, el 3%, el 4%? ¿Cuántas series hacemos? ¿Vd. sabe el esfuerzo que está haciendo el sujeto?

Eso está en relación con el stress metabólico y el grado de fatiga que está generando.

¿Cuál es el grado de fatiga óptimo?

Aquí tenemos algo muy interesante, cuando hacíamos 40m, mediamos a los 30m y a los 40m. Cuando hacíamos 60m mediamos a los 50m y a los 60m, y cuando hacíamos 80m, mediamos a los 60m y a los 80m. Mediamos la parte de máxima velocidad en cada una de las distancias.

¿Esta pérdida del 3% se ha distribuido igual en la fase acelerativa y en la fase de máxima velocidad?

En 40m no hay diferencia se pierde proporcionalmente casi lo mismo. En 40m estamos todavía en fase acelerativa, el tiempo de contacto en el suelo todavía es alto. Cuando hacemos 60m resulta que de ese 3%, una parte muy significativa se pierde en la fase de 50 a 60m, mucho más que en la fase de 0 a 50m. Cuando hacemos 80m la pérdida

de velocidad es mucho mayor en la parte de 60 a 80m que en la parte de 0 a 60m.

Esto quiere decir que la RFD (la aplicación de fuerza en la unidad de tiempo) es muy importante, ya que en esa fase el tiempo de aplicación de fuerza es mucho menor y se ha comprobado que la RFD es lo que más se reduce cuando se produce la fatiga. La fuerza máxima puede bajar un 10%, mientras que la RFD baja un 90%, y el tiempo de recuperación es mucho más largo. Por lo tanto la RFD sigue siendo determinante en el rendimiento.

Tenemos la pérdida de velocidad en 40, 60 y 80m y la pérdida de salto. Cuando han perdido en cada uno de sus casos el 3%, se observa que la pérdida de salto es prácticamente la misma. Da igual la distancia, que si la pérdida de velocidad ha sido la misma, la pérdida de salto es prácticamente la misma.

¿Qué pasa con el lactato? El lactato es prácticamente el mismo en los tres casos.

¿Qué pasa con el amonio? Tenemos un resultado similar.

Por tanto esto es lo mismo que hemos visto anteriormente, **podemos decir que la pérdida de velocidad en la serie determina la fatiga, independientemente del número de repeticiones que podamos hacer o hayamos hecho en este caso.**

Conclusiones: La fatiga ocasionada por las series depende del porcentaje de pérdida de velocidad independientemente del número de repeticiones.

Casi ningún deportista necesita hacer más de la mitad de las repeticiones posibles en una serie, algunos pueden hacer una o dos más, pero no es necesario en la mayoría.

En el documento que se ha dado hay resúmenes de esos dos apartados que estaban previstos y que por las circunstancias no se pueden desarrollar.

José Luis Martínez: Interrogantes han quedado los suficientes para como que tengamos a Juanjo en otra ocasión. Dar las gracias y queda en el aire la posible invitación para otro momento. Ha demostrado que es un buen velocista.

Nota: *Damos las gracias a Juan José González Badillo por permitirnos la publicación de los gráficos que acompañan a este texto.*