

# Módulo 1. Evaluación de fuerza en deportes de equipo

## Unidad 1.1 Valoración de la fuerza en los deportes de equipo

### 1.1.1 Concepto de fuerza relacionado al ámbito deportivo

La mecánica define como fuerza a toda acción de un cuerpo material sobre otro capaz de provocarle cambios en el estado de reposo o movimiento. El ser humano puede moverse, oponerse a las cargas externas y adaptarse al medio ambiente debido a su capacidad de generar fuerza desde su masa muscular. Por lo tanto, desde un punto de vista fisiológico, la fuerza muscular constituye una capacidad neuromotora esencial que puede manifestarse de diferentes maneras dependiendo de las condiciones individuales y los objetivos en que se realice cada ejercicio. De hecho, pueden distinguirse diferentes valores de fuerza muscular según el tipo de acción realizada (dinámica o isométrica), la velocidad, el peso movilizado o las características mecánicas de cada ejercicio (Knuttgén y Kraemer, 1987, en Naclerio, 2011).

En la mayoría de las situaciones deportivas, la fuerza se aplica para acelerar, desacelerar u oponerse a las cargas determinadas por el propio cuerpo, un implemento o la acción de un adversario, realizando fundamentalmente acciones dinámicas en donde la resistencia a vencer es constante o de tipo isoinercial. Por consiguiente, y dada la gran importancia que tiene la fuerza muscular sobre el rendimiento deportivo y la salud, se analizarán los protocolos y criterios de evaluación más utilizados para valorar los niveles de fuerza en acciones dinámicas isoinerciales, ya que estas constituyen una herramienta esencial para diagnosticar, programar y controlar adecuadamente los entrenamientos de fuerza (Naclerio, 2011).

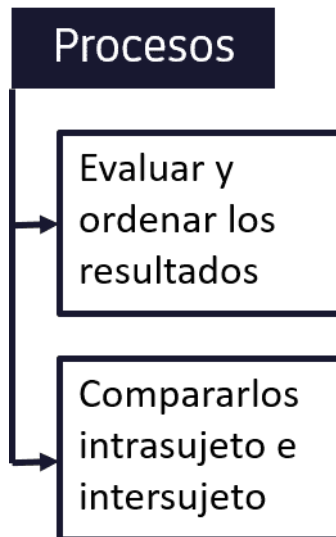
### 1.1.2 Evaluación de la fuerza: conceptos y objetivos

El objetivo de este desarrollo es que el profesional relacionado con el entrenamiento orientado al entrenamiento de la fuerza (neuromuscular), en el ámbito del deporte en distintos niveles de competencia, maneje una metodología básica de evaluación de la fuerza que le permita llevar a cabo dos procesos muy importantes (Figura 1).

El profesional debe:

- Evaluar y ordenar los resultados.
- Compararlos intrasujeto e intersujeto.

**Figura 1: Procesos a llevar a cabo por el profesional en el marco de la evaluación de fuerza en el deporte**



Fuente: Elaboración propia.

Por esto, la clasificación de los valores obtenidos en los *test* debería ser intra e intersujetos. Es decir que, al tener dentro de un equipo sujetos de diferentes características, se utilizan los *test* para controlar la evolución del propio jugador (intrasujeto); pero además pueden establecer grupos de jugadores con características parecidas para determinar relaciones y comparaciones (intersujetos).

En el marco de los procesos nombrados anteriormente (evaluar y ordenar resultados, y comparar intra e intersujetos), será muy importante tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- Los *test* condicionales no deberían ser utilizarlos como predictores de rendimiento, pero sí como indicadores y predictores de control y evolución del estado físico del jugador.
- Serían necesarios datos de carga interna para poder entender el estado del jugador y poder realizar un diseño o propuesta de cargas de entrenamiento.
- Es interesante monitorizar para acercarse todo lo posible al estado en el que se encuentra el deportista. Por esto habría que contemplar datos de carga externa e interna, de modo que la visión del profesional del ejercicio que está evaluando esté lo más cerca posible de la realidad del deportista y su estado de forma.

Así es que la evaluación de la fuerza, que forma parte del control del entrenamiento, puede buscar objetivos como los expuestos por González Badillo y Rivas Serna (2002):

- 1) Controlar el proceso de entrenamiento/cambios en el rendimiento.
- 2) Valorar la relevancia de la fuerza y la potencia en el rendimiento específico.
- 3) Definir las necesidades de fuerza y potencia.
- 4) Definir el perfil del deportista: puntos débiles y fuertes.
- 5) Comprobar la relación entre los progresos en fuerza y potencia y el rendimiento específico: relación entre cambios.
- 6) Predecir los resultados.
- 7) Prescribir el entrenamiento más adecuado en función de:
  - a. Las necesidades de fuerza y potencia en el deporte y del propio sujeto.
  - b. Los resultados de los test realizados hasta el momento.
  - c. Valoración de la influencia de la fuerza y la potencia sobre las demás cualidades.
  - d. Discriminar entre deportistas del mismo y de diferentes niveles deportivos.
  - e. Contribuir a la identificación de talentos (Heredia Elvar, Chulvi Medrano, Ramón y Pomar, 2006).

No sólo la evaluación de la fuerza, sino todo el entrenamiento y, por tanto, su control son un proceso complejo y multifactorial que conlleva la obtención de una cantidad de información clave para el entrenamiento deportivo. No puede ser de otra manera.

El control del entrenamiento no puede limitarse a un solo parámetro, como puede ser el valor de 1RM (como ya se analizará más adelante). Sin embargo, cuando el entrenamiento se orienta al acondicionamiento físico saludable, deberíamos replantearnos los objetivos pretendidos, no tan complejos inicialmente, y los datos relevantes para el control y prescripción del entrenamiento con dicho fin.

En coincidencia con lo aportado por Heredia Elvar (2005), el planteamiento actual en los programas orientados al acondicionamiento físico neuromuscular debería contemplar una serie de prerequisites previos. De este modo, debe:

- 1) Servir para determinar la zona o franja de entrenamiento neuromuscular en la que el sujeto va a desarrollar su programa (dependiendo de la fase).
- 2) Garantizar una transferencia directa entre los datos obtenidos y su aplicación a la prescripción del entrenamiento.
- 3) Realizarse evitando situaciones que supongan riesgo potencial lesivo, garantizando una correcta y segura ejecución.
- 4) Permitir comprobar evoluciones entre mediciones y, lógicamente, la valoración de los efectos del entrenamiento. Para este caso es igualmente importante la obtención como valor de *feedback* de refuerzo

positivo para el deportista. (Heredia Elvar, Chulvi Medrano, Ramón y Pomar, 2006).

Los aspectos que deben considerarse dentro de un programa de acondicionamiento físico neuromuscular, siguiendo la estructura del área de rendimiento de FC Barcelona (Seirullo Vargas, F., 2013) son:

1. Garantizar control y estabilidad articular sanos para el humano deportivo. Trabajo coadyuvante.
2. Garantizar variabilidad en las propuestas en cuanto a niveles de carga y rangos articulares. Trabajo coadyuvante o trabajo optimizador.
3. Interrelacionar la estructura condicional con el resto de estructuras para optimizar el sistema complejo (humano deportivo). Trabajo optimizador.

Antes de desarrollar la propuesta de valoración de la fuerza y siguiendo a González Badillo y Gorostiaga Ayestarán (1996) realizaremos un breve repaso a los métodos para la valoración de la fuerza y sus manifestaciones (recordemos que con una concepción más aplicable al entrenamiento deportivo), considerando los métodos existentes para la valoración de la misma en función del tipo de activación muscular en que son realizadas:

- Mediciones en activaciones isocinéticas (concéntrica-excéntrica).
- Mediciones en activaciones isométricas.
- Mediciones en activaciones isoinerciales (pesos libres) con o sin instrumentos adicionales de medida y saltos (CEA intenso) (Heredia Elvar, Chulvi Medrano, Ramón y Pomar, 2006).

Es importante destacar que estas mediciones nos dan una información acerca del humano deportivo (jugador) sobre su estado físico, pero no son datos que podamos extrapolar para relacionarlos con el rendimiento deportivo.

### **1.1.3 Mediciones en activaciones isocinéticas**

Los dinamómetros isocinéticos se han utilizado en la rehabilitación, especialmente en la rodilla, como medio de realizar ejercicios dinámicos concéntricos y excéntricos, en los que se consigue hacer trabajar todo el potencial de fuerza del músculo, en todos los grados del arco de movimiento (González Moro, 2004, como se cita en Heredia Elvar, Chulvi Medrano, Ramón y Pomar, 2006).

“El ejercicio isocinético puede ser utilizado para cuantificar la capacidad de un grupo de músculos para generar una fuerza o momento torsional y como modalidad de ejercicio para restablecer el nivel de fuerza tras una lesión o, simplemente como entrenamiento” (Tlatoa Ramírez, 2014).

Es importante tener claro que este tipo de *test* se realiza en fases de readaptación para solventar un problema. Si estos test se llevan a cabo con un deportista sano y arroja valores asimétricos entre miembros o de alarma, se deben tener en cuenta muchos más parámetros para concluir si el deportista necesita mejorar o cambiar algunos niveles de fuerza.

Se debe entender que el humano deportista (jugador) genera compensaciones para adaptarse a un entorno que, por definición, genera descompensaciones, pero estas no tienen por qué ser siempre lesivas. En el caso de que no sean lesivas, se debe entender esa descompensación como una adaptación del deportista al medio, ya que, si se altera su estructura motora interviniendo de manera externa, se corre el riesgo de alterar su información propioceptiva y modificar patrones que provoquen desajustes, y que esto, a su vez, termine afectando de manera negativa al jugador y su rendimiento como individuo dentro del equipo.

Algunas de las características de este tipo de medición son:

- La velocidad de movimiento de los segmentos corporales activados permanece constante.
- Valoran movimientos en rotación que, en muchas ocasiones, no son cuantificables por otro tipo de dinamómetros.
- La resistencia generada por el dinamómetro es de igual magnitud que la fuerza muscular aplicada a lo largo del todo el recorrido del movimiento.
- Permite utilizar cargas óptimas sobre los músculos y valorar la fuerza (momentos de fuerza en los movimientos articulares) en condiciones dinámicas.
- De utilidad en rehabilitación y recuperación de lesiones. Poca utilidad para el entrenamiento deportivo ya que en (casi) ninguna disciplina deportiva existen acciones isocinéticas.

Los principales componentes de los dinamómetros isocinéticos son (González Moro, 2004):

**Tabla 1: Principales variables a tener en cuenta en dinamometría isocinética (González Moro, 2004)**

Variable	Características
Velocidad del movimiento	Velocidades lentas (hasta 60)

Rango de movimiento	Establecido por cada articulación y movimiento. Limitado por la patología específica.
Tipo de contracciones	Concéntrica. Excéntrica.
Ritmo de trabajo	Continuo. Sobrepuesto o contracción a contracción.

Fuente: Heredia Elvar, Chulvi Medrano, Ramón y Pomar, 2006.

**Tabla 2: Magnitudes físicas empleadas en dinamometría isocinética (González Moro, 2004)**

<b>Fuerza (Newton)</b>	Es el producto de la masa desplazada por la aceleración adquirida. Es lo que realmente hace el músculo.
<b>Momento (Newton metro) x</b>	Cuando la fuerza se realiza a lo largo de un eje de rotación. Es el momento torsional e indica el resultado externo.
<b>Trabajo (Julios)</b>	Es la fuerza ejercida por la distancia de desplazamiento Es la energía desarrollada. Gráficamente se objetiva como el área bajo la curva del momento.
<b>Potencia (Vatios)</b>	Es el trabajo producido por el tiempo empleado. Útil en tareas repetitivas.

Fuente: Heredia Elvar, Chulvi Medrano, Ramón y Pomar, 2006.

Las unidades más empleadas en la valoración isocinética son las derivadas del momento torsional, se pueden expresar como el momento medio desarrollado en todo el rango de movimiento; el momento máximo alcanzado y la posición angular del recorrido en que se ejerce el momento máximo. Se puede estudiar el momento de cada ángulo determinado obteniéndose los momentos angulares específicos (González Moro, 2004).

Los momentos o fuerzas realizadas se pueden expresar de forma aislada o relacionando los grupos musculares antagonistas. De esta manera se obtienen los cocientes flexores/extensores de la cadera, rodilla, hombro o el cociente rotadores externos/rotadores internos del hombro. Esta forma de expresar los resultados nos permite detectar posibles déficit de fuerza y desequilibrios musculares (González Moro, 2004).

Las principales **ventajas** de la valoración isocinética son (González Badillo y Rivas, 2002; González Moro, 2004):

- Permite comparar músculos agonistas y antagonistas.
- Permite mediar acciones isométricas, concéntricas y excéntricas.

- Se pueden comparar miembros entre sí (desequilibrios), discrepancias bilaterales, valorar debilidades generales musculares, atrofas localizadas y zonas de debilidad.

Según P. Kannus (1994 citado por González y Rivas, 2002), la mayor **desventaja** de estas mediciones isocinéticas se deben a que es un movimiento no natural. Además a la luz de diversos estudios (Gleeson y Mercer, 1996 citados por Gorostiaga y Rivas, 2002) las mediciones isocinéticas deben ser tomadas con precaución (afectación en los datos por notables niveles de errores de medida, según ángulo de medición, menor fiabilidad en relación a mayores velocidades, etc.).

Además, existen dos grandes inconvenientes para no entrar a valorar dicha opción como plausible de utilización por parte del entrenador:

- La validez, a nivel de especificidad, de dicho diagnóstico, ya que en un movimiento en nuestra vida cotidiana o en la práctica deportiva es prácticamente imposible conseguir que la velocidad de un movimiento, a través de un eje articular, sea constante. Como se ha citado antes, es un test a tener en cuenta dentro de la parte de readaptación que nos puede servir como guía, pero nunca como único parámetro a tener en cuenta.
- Su enorme costo y necesidad de preparación del personal responsable. (Heredia Elvar, Chulvi Medrano, Ramón y Pomar, 2006).

#### 1.1.4 Mediciones en activaciones isométricas

La fuerza isométrica se mide como la fuerza o torque máximo producido por una contracción isométrica voluntaria máxima (Mac Dougall, Wenger y Green, 1995). También podemos decir que consiste en la realización de una activación muscular voluntaria máxima contra una resistencia insuperable (González Badillo y Gorostiaga Ayestarán, 1995).

Se recuerda que estas mediciones siguen siendo parte del control del jugador como individuo (entrenamiento coadyuvante).

Para su evaluación se pueden usar equipamientos especialmente diseñados, dentro de los cuales se encuentran los dinamómetros comercializados y los hechos a medida; y también pueden usarse procedimientos adaptados que resultan más económicos. Entre los primeros están los dinamómetros, las plataformas de fuerza y las máquinas isocinéticas. En el segundo de los casos se encuentran los pesos libres usados con cargas

progresivas hasta llegar a una resistencia imposible de movilizar. Existe mayor precisión en los primeros, pero resulta más económico el uso de pesos libres.

Con respecto al equipo o instrumental con el que hay que contar para evaluar, Avis et al. (1985) y Secher (1975) recomiendan que se construya una estructura que permita evaluar el patrón específico de movimiento del deporte (si los sujetos a evaluar son deportistas), para respetar el principio de especificidad (se aclara, en este punto, que es muy difícil respetar este principio de especificidad cuando este, en el marco de los deportes de conjunto, por concepto, es la variabilidad propia del juego, donde nunca se reproduce una situación técnico-táctica igual durante la competición). Para esto habría que equipar la estructura con un transductor de fuerza (célula de fuerza) que posea indicador de esfuerzo. El aparato de lectura puede ser un osciloscopio o una registradora gráfica de alta precisión. Actualmente, el análisis de la señal de fuerza o torque se realiza a través de software específico, y proporciona, en forma gráfica, los valores máximos de fuerza o torque y los valores relacionados con el ritmo o velocidad de desarrollo (Viitasalo, Saukkonen y Komi, 1980).

Con respecto a la calibración del equipo, Mac Dougall, Wenger y Green (1995) proponen calibrarlo con pesas conocidas. Manifiestan que la calibración debe ser realizada a lo largo del intervalo de trabajo del instrumento. La calibración sistemática durante un período ayudará a establecer la estabilidad del sistema e indicará cuál es la frecuencia de calibración ideal. Es aconsejable realizar una calibración antes de cada sesión de evaluación, en especial cuando haya pasado mucho tiempo entre una sesión de evaluación y la siguiente.

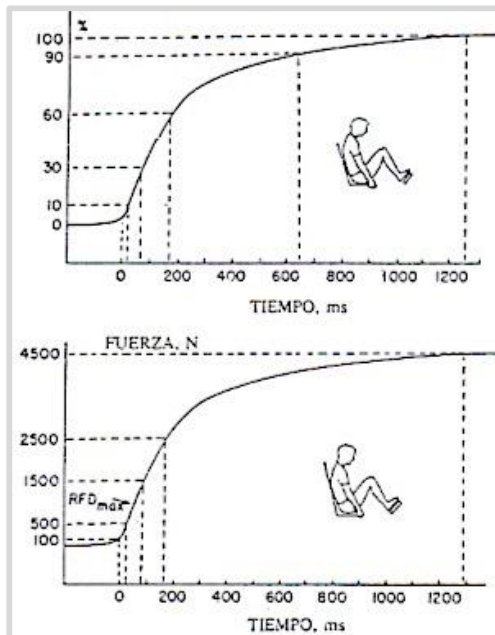
En las pruebas isométricas se mide, principalmente:

- a) La fuerza o torque máximo.
- b) El ritmo o velocidad de desarrollo de la fuerza.
- c) El ritmo o velocidad de relajación muscular.

#### **a) Medición de fuerza o torque máximo**

La fuerza es medida como fuerza máxima (newtons, o N), o como el torque (momento de torsión) máximo (newton por metro, o N/m) desarrollados durante una contracción voluntaria máxima (Figura 2).

**Figura 2: Curva de fuerza y tiempo durante una contracción voluntaria máxima isométrica**



Fuente: González Badillo, J. J., y Ribas Serna, J. (2002)

La ejecución de la prueba puede realizarse:

- Con una activación o contracción progresiva hasta llegar al pico máximo de fuerza.
- Con una activación o contracción muscular muy rápida, tratando de alcanzar la máxima fuerza en el menor tiempo posible.

Para la medición de la fuerza o torque máximo se pueden utilizar las dos formas, pero algunos autores, como Mac Dougall, Wenger y Green (1995), proponen que la contracción sea lo suficientemente larga como para que el sujeto tenga tiempo de alcanzar la fuerza máxima.

El tiempo necesario para alcanzar la fuerza máxima depende de varios elementos (la adaptabilidad del programa de evaluación, el ángulo de movimiento evaluado, las características de los sujetos, las instrucciones que reciban, etc.). En general, cualquier sujeto puede alcanzar la fuerza máxima con contracciones de 5 segundos (Hood y Forward, 1965). Por consiguiente, los protocolos de evaluación incluyen contracciones que duran entre 2 y 5 segundos (Andersen y Henckel, 1987).

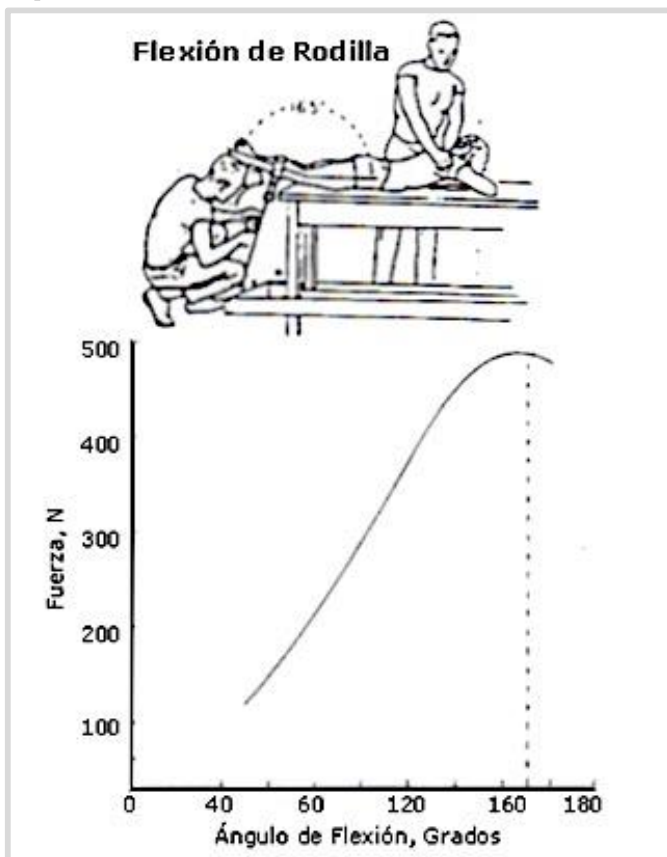
Hay que tener en cuenta que, aunque es posible que hagan falta hasta 5 segundos para alcanzar la fuerza máxima, a menudo se obtiene un 90 % de la fuerza máxima en menos de 2 segundos (Hakkinen, Komi y Alén, 1985). González Badillo y Gorostiaga Ayestarán (1995) recomiendan duraciones de contracciones entre 3 a 5 segundos, y la realización de 2 a 5 intentos, y, de ellos, tomar el mejor. Hay que tener en cuenta que, una vez alcanzada

la fuerza máxima, este solo podría mantenerse como máximo durante 1 segundo (Hislop, 1963).

Con respecto de los tiempos de descanso entre los distintos intentos, se han utilizado períodos que van desde 15 y 20 segundos (Tornvall, 1963), hasta los 5 minutos (Viitasalo, Saukkonen y Komi, 1980). Los tiempos más cortos originan fatiga después de 2 o 3 repeticiones (Hood y Forward, 1965), por lo que periodos de descanso de 90 segundos parecen ser los más adecuados (Murria y cols., 1977 en Mac Dougall, Wenger y Green, 1995). Mac Dougall, Wenger y Green (1995) proponen pausas de 1 minuto entre repeticiones.

Acerca de la posición del cuerpo para la evaluación, es totalmente necesaria la estandarización de ella. En la evaluación de una sola articulación hay que estandarizar el ángulo de la articulación del movimiento de prueba y los ángulos de articulación de las partes del cuerpo adyacentes (Lunnen, Yack y Leveau, 1981). Por ejemplo, en una prueba de fuerza de flexión de la rodilla hay que estandarizar el ángulo de articulación de rodilla porque la fuerza puede variar de forma significativa a lo largo del grado de movilidad (Figura 3).

**Figura 3: Curva de fuerza isométrica**



Fuente: MacDougall, Wenger y Green, 1995.

En la figura se puede ver la influencia de la posición de la articulación en la fuerza isométrica de los flexores de la rodilla. Es muy importante la estandarización de los ángulos de articulación en la medición de fuerza isométrica (Prentice, 1990, en MacDougall, Wenger y Green, 1995).

En el caso de la Figura 3, el torque de flexión se verá afectado por el ángulo de la cadera, dependiendo de si el sujeto está decúbito prono o decúbito supino (Houtz y cols., 1957). En ello también influye si se utiliza una sujeción manual (para ello debe existir correlación entre medidores, es decir, correlación intra e intermedidores) o por medio de correas.

La posición óptima para los movimientos de prueba de una o varias articulaciones no es una regla fija; un movimiento puede resultar ideal para un deporte determinado. Sin embargo, está claro que el protocolo escogido tiene que poder reproducirse sin dificultad cada vez que se realice la prueba (Mac Dougall, Wenger y Green, 1995).

### **b) Medición del ritmo o velocidad de desarrollo de la fuerza (curva de fuerza-tiempo)**

El ritmo (RDF) o velocidad de desarrollo de la fuerza (VDF) es una medida del ritmo temporal al que se desarrolla la fuerza o el torque. Las unidades son el newton por segundo (N.s-1) y newton por metro por segundo (N.m.s-1), respectivamente.

El método más usado para medir el RDF o VDF consiste en dividir la fuerza máxima (PF, del inglés peak force) obtenida en un registro de fuerza-tiempo, por el tiempo que se haya tardado en alcanzar el PF. El valor calculado será el RDF medio durante la contracción.

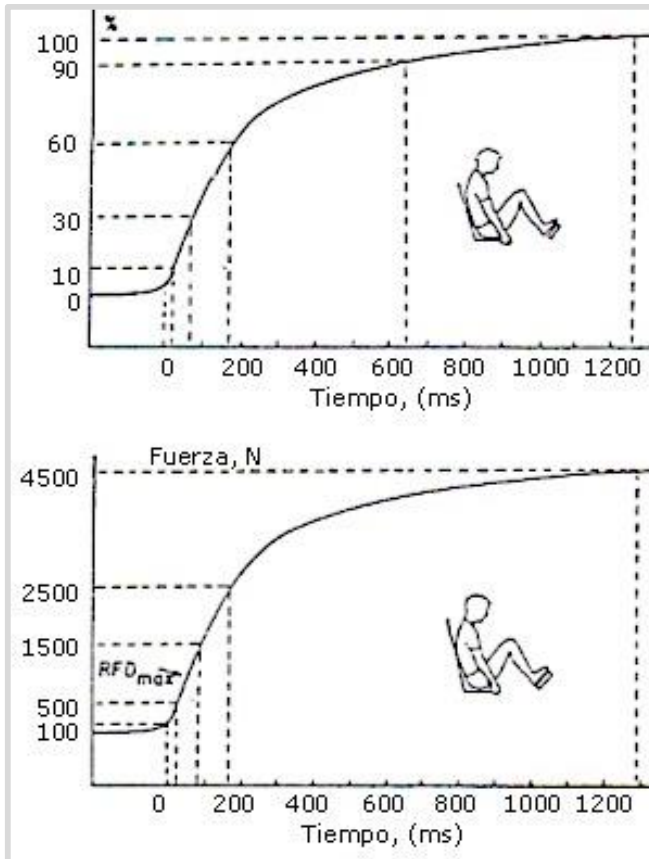
Según Mac Dougall, Wenger y Green (1995) este enfoque posee al menos cuatro inconvenientes:

- El primero es que es difícil determinar el preciso instante en el que la fuerza despega de la línea de base.
- El segundo es que, si el registro de fuerza muestra una progresión uniforme hacia el máximo (como en la Figura 4), resulta complicado determinar el punto de preciso en el que se alcanza el PF (momento en el que se alcanza el valor máximo de fuerza).
- El tercero es que, cerca del PF, suelen aparecer registros de fuerza irregulares (con subidas y bajadas). Por ejemplo, a 800 ms se puede alcanzar de forma consistente un PF del 95 %. Sin embargo, el máximo real en un registro irregular puede tener lugar al primer segundo en una contracción, y al tercero en la siguiente, ocasionando una variabilidad considerable en el RDF medio.

- El cuarto es que el cálculo del RDF medio no aporta el RDF máximo instantáneo (por ejemplo, durante un lapso de 5 segundos).

Los primeros tres inconvenientes se pueden superar fijando arbitrariamente un punto de partida (por ejemplo, 10 % del PF) sobre la línea de base, y un punto final (por ejemplo, 90 % del PF) por debajo del nivel de PF, en la que la contracción todavía sea uniforme (Figura 4).

**Figura 4: Medición del ritmo de desarrollo de fuerza (RDF)**



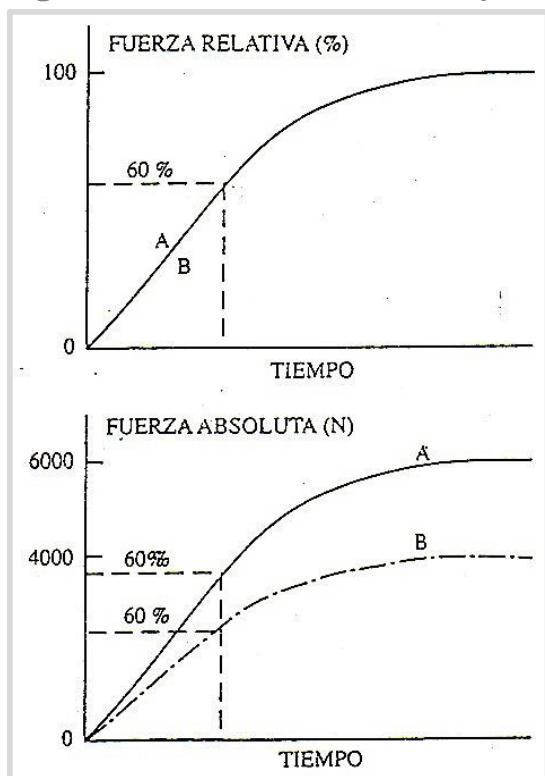
Fuente: González Badillo, J. J., y Ribas Serna, J. (2002)

En la Figura 4 el RDF se mide como el tiempo transcurrido del 10 % al 30 %, 60 % y 90 % de la fuerza máxima (PF). En la Figura 5 el RDF absoluto se mide como el tiempo transcurrido desde una fuerza absoluta de 100 N a fuerzas de 500, 1,500 y 2,500 N. El máximo RDF se determina a través de un análisis por ordenador de la señal fuerza-tiempo, y tiene lugar a un 30 % de la PF (Vitasalo, Saukkonen y Komi, 1980, y Hakkinen, Alen y Komi, 1984, en MacDougall, Wenger y Green, 1995).

Alén, Hakkinen y Komi (1984) han medido el tiempo desde el 10 % del PF hasta el 30 %, 60 % y 90 % del PF (100 % contracción voluntaria máxima). Siguiendo este método el RDF se infiere a partir de tentativas que hacen falta para alcanzar los diferentes porcentajes, y no a través del cálculo del RDF medio durante los distintos períodos. Sin embargo, aunque

dos deportistas alcancen un 60 % del PF al mismo tiempo, uno puede ser más fuerte que el otro. Se pueden hacer distinciones entre los dos deportistas incluyendo en el análisis las tentativas que hayan sido necesarias para alcanzar diversos niveles de fuerza absoluta (Alén, Hakkinen y Komi 1984) (Figura 5).

**Figura 5: Ritmo de desarrollo de fuerza (RDF) en dos deportistas (A y B) que tenían registros similares de fuerza-tiempo relativos**



Fuente: Alén, Hakkinen y Komi, 1984.

En lo que a fuerza absoluta se refiere, sin embargo, el deportista A demostraba una fuerza mayor al 60 % de la PF. En la evaluación se tuvieron en cuenta registros de fuerza-tiempo relativos y absolutos (Mac Dougall, Wenger y Green, 1995).

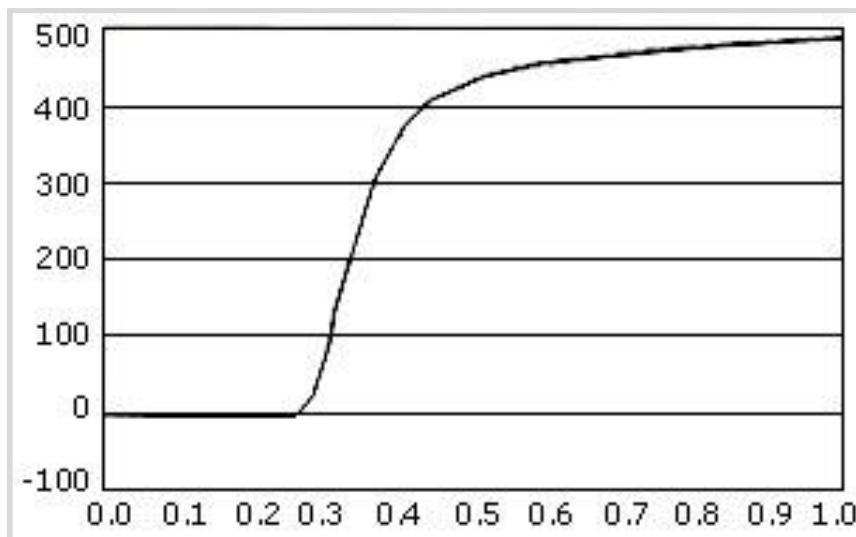
En cuanto al cuarto inconveniente, el RDF máximo actualmente es calculado por el mismo software, que detecta el mayor aumento de fuerza durante unos intervalos de corta duración determinados (por ejemplo, 5 segundos) (Viitasalo, Hakkinen y Komi, 1981), y presentarlo como el RDF máximo. Por ejemplo, en el estudio de Viitasalo, Hakkinen y Komi, P.V., (1981), en una extensión unilateral de rodilla, el RDF máximo fue de 7.410 N.s-1 (medio) y tuvo lugar al 31 % del PF, lo que resultó ser 699 N. Igualmente, habría que protocolizar qué franja de tiempo se utiliza para sacar el RDF máximo.

En el análisis de tiempo-fuerza (Figura 6), es muy importante incluir medidas al principio (por ejemplo, 30 % del PF) y al final (por ejemplo, 90 % del PF) de la contracción porque las necesidades de un deporte y los efectos del entrenamiento pueden ser específicos de

una fase determinada de la contracción (Alén, Hakkinen y Komi, 1984; Hakkinen, Komi y Alén, 1985; Thorstensson, Karlson, Vitasalo, Luhtanen y Komi, 1976).

El incremento de la fuerza por unidad de tiempo (RDF) hasta el 70 % es una forma de medir la fuerza explosiva. Este porcentaje de la fuerza isométrica máxima se alcanza en un tiempo próximo a los 100 ms o 120 ms. Así es que Gorostiaga Ayestarán y González Badillo (1995) sugieren que en la medición del RDF se mida el incremento de fuerza por unidad de tiempo en 100 ms. Esto nos permitiría tomar el resultado como medida de fuerza explosiva o índice de manifestación de fuerza (IMF) (González Badillo y Gorostiaga Ayestarán, 1995).

**Figura 6: Curva de fuerza-tiempo que permite la obtención del RDF (Gorostiaga Ayestarán y González Badillo, 1995)**



Fuente: González Badillo y Gorostiaga Ayestarán, 1995.

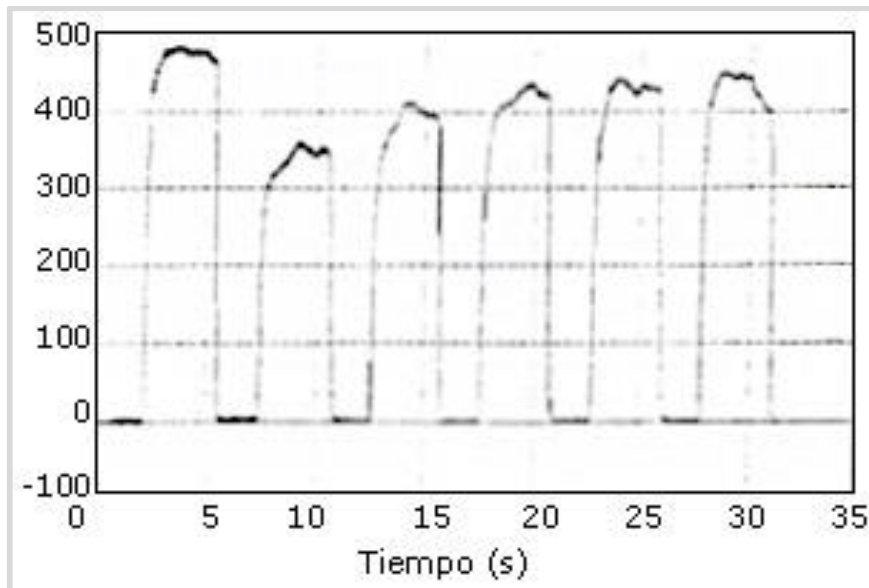
En general la literatura consultada sobre el RDF coincide en la estimación de que la fuerza isométrica máxima se produce cuando se desarrolla aproximadamente el 30 % de la fuerza isométrica máxima.

Las recomendaciones con respecto de la posición de los sujetos para las mediciones de fuerza isométrica máxima son totalmente aplicables a la medición del RDF.

Con respecto del número de ensayo, deben realizarse algunas contracciones previas de calentamiento y, posteriormente, 3 a 5 ensayos (Hakkinen, Komi y Kauhanen, 1986). La fatiga puede tener un efecto significativo sobre el RDF (Royce, 1962; Viitasalo y Komi, 1981) y, por lo tanto, los períodos de reposo entre una repetición y otra deben ser de al menos 1 minuto (Mac Dougall, Wenger y Green, 1995), aunque a veces se hayan prescrito descansos de 5 minutos (Viitasalo, Saukkonen y Komi, 1980, en Mac Dougall, Wenger y Green, 1995).

González Badillo y Gorostiaga Ayestarán (1995) obtuvieron, como conclusión de un trabajo realizado con un medidor de la fuerza de prensión de la mano (handgrip), que los tiempos de recuperación de 1 minuto entre distintos intentos es suficiente para permitir la manifestación máxima de fuerza en cada uno de ellos. El pico máximo de fuerza se alcanzó antes de los dos segundos y se mantuvo muy poco tiempo (Figura 7).

**Figura 7: Curvas de fuerza-tiempo de un test de fuerza isométrica máxima con tres intentos separados por un minuto de recuperación (González Badillo y Gorostiaga Ayestarán, 1995)**



Fuente: González Badillo y Gorostiaga Ayestarán, 1995.

### c) Medición del ritmo o velocidad de relajación

El ritmo de relajación no suele medirse habitualmente como el RDF pero puede aportar información muy útil en los movimientos deportivos que requieran una suspensión rápida de la contracción. Se pueden aplicar a esta medición los procedimientos descritos para el RDF.

El ritmo máximo de relajación puede medirse de igual modo que el tiempo que se tarda en alcanzar unos porcentajes determinados o unos valores absolutos de PF durante la fase de relajación. Por ejemplo, se han medido los tiempos de relajación del 85 % al 60 %, 30 % y 10 % (Alén, Hakkinen y Komi, 1984; Hakkinen, Alén y Komi, 1984). En la extensión isométrica de rodilla, el RDF máximo de 7.410 N.s-1 tuvo lugar al 31 % del PF mientras que el ritmo máximo de relajación de 7.040 N.s-1 tuvo lugar al 58 % del PF (Vitasalo, Saukkonen y Komi, 1980).

Un aporte importante de Hakkinen y Myllylä (1990) es que el tiempo de relajación aumenta, es decir, la relajación es más lenta después de la fatiga. Como se dijo

anteriormente, el tiempo de relajación es muy importante en los deportes que necesitan una rápida interrupción de la contracción.

Para la realización de este tipo de pruebas con el máximo de fiabilidad y precisión posible, se precisaría de un "transductor" de fuerza (células de carga) y, a ser posible, de un soporte informático que ayude en la recogida de los datos y posterior tratamiento. Será fundamental en el software que se utilice conocer las variables que se controlan y de dónde vienen.

El valor de las mediciones isométricas posee algunas cuestiones que deberíamos considerar como posibles desventajas para su aplicación en programas de entrenamiento deportivo:

Su aplicación debe realizarse en el ángulo en el que se produce el pico de fuerza en el gesto específico que se pretenda valorar, implicando una relación en prestaciones dinámicas de cuestionable validez, además de que parece haber poca relación entre las adaptaciones neuromusculares, estructurales y mecánicas entre ejercicios dinámicos y estáticos (González y Rivas, 2002).

Está ampliamente aceptado y documentado que los ejercicios con un elevado componente estático (isométrico) están contraindicados para personas con enfermedad cardiovascular, debido, fundamentalmente, al elevado aumento de la tensión arterial sistólica generado y a su potencial como inductores de una isquemia durante el esfuerzo (Pate et al., 1991; Jiménez, 2003). (Heredia Elvar, Chulvi Medrano, Ramón y Pomar, 2006).

Este no suele ser el caso de los deportistas, pero es necesario marcar esta desventaja.

# Unidad 1.2 Evaluación de la fuerza en distintas manifestaciones

## 1.2.1 Mediciones en activaciones isoinerciales (pesos libres) en acción miométrica (concéntrica) y saltos (CEA Intenso) con y sin tecnología

La medición de la fuerza con pesos libres (e inicialmente sin tecnología) es, quizás, el sistema más habitual, sencillo y barato para medir la fuerza, aunque solo nos puede proporcionar información sobre valores de fuerza dinámica máxima expresados en kilogramos desplazados (González y Rivas, 2002). El ejemplo más sencillo la obtención del valor de 1 RM (repetición máxima) en un ejercicio. También podríamos obtener el valor de dicha RM mediante la utilización de distintas fórmulas.

*Factores que deben tener en cuenta en la Estimación de la RM (a partir de Tous, 2000; Weir y col., 1994; Kraemer, Fry, 1991; Brown y Weir, 2001; Heredia y cols., 2005; González Badillo y Ribas Serna, 2002; Jiménez, 2003)*

- Familiarización: será necesario que los sujetos tengan una toma de contacto con el equipamiento a utilizar al menos una sesión antes de valorar la RM. (Heredia Elvar, Chulvi Medrano, Ramón y Pomar, 2006).

En el caso del entrenamiento en deportes de conjunto —por ser de carácter menos lesivo y suponer menos riesgo de lesión— en las sesiones de trabajo coadyuvantes (entrenamiento para mejorar el estado del jugador) se propone un trabajo cuyo control de intensidad se realiza por carácter del esfuerzo, es decir, trabajar con una carga que puede ser cercana a la máxima o alejada de la máxima. Para ello es necesaria una familiarización del jugador con el material y ejercicios propuestos para su desarrollo.

En ejercicios propuestos para optimizar las estructuras del jugador (entrenamiento optimizador), estos no se clasifican por intensidad de carga, sino por áreas de trabajo, donde la variedad de repeticiones es alta dentro del volumen de la sesión, y se desarrollan situaciones simuladores preferenciales, acentuando, en cada tarea, una serie de estructuras.

- Seleccionar los ejercicios que más van a ser entrenados, o los que mayor especificidad y/o funcionalidad posean. En este caso, si se escogen ejercicios con pesos libres o máquinas, deberemos procurar que se dirijan a los grandes grupos musculares. Según Kannus (1994) cuando se realizan test con máquinas, resulta un movimiento muy específico, que por lo

general, no es un movimiento natural. Por lo que no se podrían aplicar los resultados obtenidos a las acciones en las que interviene una cadena cinética multiarticular completa (González Badillo y Ribas Serna, 2002). (Heredia Elvar, Chulvi Medrano, Ramón y Pomar, 2006).

En el caso de los deportes de conjunto, si hablamos de controlar ejercicios de todos los jugadores, debemos controlar ejercicios de carácter general que permitan tener un control del jugador. Si hablamos de readaptación, en cambio, debemos controlar ejercicios pautados por el servicio médico para recuperar la estructura lesionada de manera que el jugador pueda volver a la competición con garantías.

- Dentro de la misma sesión de evaluación no realizar más de 2-3 ejercicios. Evitar evaluar en la misma sesión músculos que actúen como sinergistas en otros movimientos o ejercicios a evaluar.
- Aplicar a sujetos expertos. Recordemos que existirá una importante influencia de la variable de aprendizaje en la evaluación de sujetos que se inician en el entrenamiento, y que dicha evaluación no sería muy necesaria cuando conocemos que las primeras adaptaciones (fundamentalmente de tipo neural) se producen con cargas muy bajas (se estima que con resistencias del 45-50%, e incluso menores), permitiendo además, un adecuado aprendizaje de la técnica correcta de ejecución de los ejercicios (Feigenbaum, Pollock, 1999; Jiménez, 2003).
- El intervalo de recuperación entre series no debe ser menor de 1 minuto ni mayor de 5 (Weir y cols., 1994).
- El número óptimo de series de única repetición para determinar la fuerza máxima no debería exceder de tres o cinco (Kraemer, Fry, 1991).
- Fiabilidad: se deberían realizar dos intentos en dos días diferentes para conseguir unos datos los más fiables posibles y evitar la gran variabilidad en las mediciones.
- Calentamiento de 5-10 repeticiones al 40-60% del máximo percibido.
- Descanso de 1' y realizar estiramientos suaves, ejecutar de 3-5 repeticiones al 60-80% del máximo percibido.
- El siguiente paso llevará al sujeto cerca de su 1RM percibida. Se aumentará el peso y se intentará realizar una repetición. Si se consigue, se concederán de 3 a 5 minutos de descanso, después de los cuales se seguirá aumentando el peso hasta que no se consiga levantarlo.
- El valor de 1RM será el correspondiente al peso del último levantamiento exitoso.
- Es importante establecer una comunicación constante con el sujeto valorado, preguntándole por sus sensaciones y su estimación de lo cerca que está de su 1RM.

- Se debe mantener una correcta actitud tónica postural equilibrada (ATPE) (Heredia y col., 2005) durante la ejecución de la valoración.
- Hay que ser cuidadoso a la hora de interpretar los datos obtenidos (Brown y Weir, 2001), puesto que son muchos los factores que pueden influenciar en su manifestación.
- Los test deben aplicarse en el momento oportuno y los resultados obtenidos deben tener una aplicación en el proceso de entrenamiento.
- Se recomienda dividir por el peso corporal el número de kilogramos levantados para obtener la fuerza relativa al peso y poder realizar mediciones interindividuales.

**Tabla 3: Protocolo determinación directa 1RM (Jiménez, 2005)**

<b>Protocolo de terminación directa de 1RM</b>			
<b>Fase</b>	<b>Objetivo</b>	<b>Medio</b>	<b>Tiempo</b>
<b>1</b>	Entrada en calor general	Ejercicios cardiovasculares y de movilidad articular y flexibilidad.	5-10 minutos
<b>2</b>	Fase específica y aplicativa	6 a 8 repeticiones con el 40% - 60% del peso supuestamente máximo.	Descansando un minuto.
<b>3</b>	Preparación articular y fibrilar específica	3 a 5 repeticiones con el 70% - 80% del peso estimado teórico y con velocidad creciente.	3 minutos de pausa.
<b>4</b>	Preparación neuromuscular específica	Aumento del peso, cercano al máximo, 85% al 90% del peso estimado o teórico, realizando 2 repeticiones.	Se descansa 3 a 5 minutos.
<b>5</b>	Máxima activación neuromuscular	Con un peso cercano al 95% del peso teórico. Se le indica al sujeto que realice una repetición.	Se descansa 1-2 minutos.
<b>6</b>	Búsqueda del peso máximo	Aplicando una carga del 100% y se determina el peso máximo (1RM). Se pueden realizar de 3 a 5 intentos hasta afinar al máximo.	El descanso entre intentos será de 3 a 5 minutos.

Fuente: Heredia Elvar, Chulvi Medrano, Ramón y Pomar, 2006.

En caso de que se deba utilizar la RM, se podrá realizar un test de carga progresiva o bien el empleo de alguna fórmula (lineal o exponencial) para hallar el valor de dicha RM (Tous, 2000).

**Tabla 4: Fórmulas de estimación del valor de 1RM**

<b>Brzycki (1993)</b>
$1RM = \text{Peso levantado} \times \left( \frac{1,0278}{1,0278 - (0,0278 \times \text{reps hasta fallo})} \right)$ <p>(Recordar que parece ser la más precisa cuando se realizan menos de 10 repeticiones)</p>
<b>Wlday (1988) Epley (1985)</b>
$1RM = (\text{peso levantado} \times 0,0333 \times \text{reos hasta fallo}) + \text{peso levantado}$ <p>(Bastante más precisa cuando se realizan más de 10 repeticiones)</p>
<b>Lander (1985)</b>
$\%1RM = 101,3 - (2,67123 \times \text{reps hasta fallo})$
<b>O'Connor et al (1989)</b>
$\%1RM = 0,025 (\text{peso levantado} \times \text{reps hasta fallo}) + \text{peso levantado}$

Fuente: Heredia Elvar, Chulvi Medrano, Ramón y Pomar, 2006.

Si bien es cierto que para el rendimiento deportivo los test con pesos libres nos pueden permitir acercarnos bastante a la situación real de competición, esta información es insuficiente y deberá completarse, para lo cual se han diseñado algunos instrumentos interesantes para el técnico que nos proporcionarán mayor información (Heredia Elvar, Chulvi Medrano, Ramón y Pomar, 2006).

Es cierto que monitorizar todo lo que haga el jugador pueda darnos una información de la carga externa que ese jugador percibe durante una sesión, día o microciclo. Pero con esto no podemos afirmar que sean test o controles que nos permitan acercarnos a la competición real y predecir su rendimiento.

El controlar la carga del jugador nos permite modular su tiempo de exposición y tipo de entrenamiento, con el objetivo de que el jugador siempre esté disponible para que todas sus estructuras (bioenergética, condicional, emotivo volitiva, socioafectiva, coordinativa, cognitiva y mental) permitan una interrelación entre ellas que optimice su propio sistema. Pero nunca podremos proponer más test que el propio entrenamiento o la propia competición que nos permitan evaluar el rendimiento de esta.

La revolución tecnológica de la valoración y control del entrenamiento de la fuerza se puede aplicar a cualquier manifestación de la fuerza. Los parámetros que nos ofrece esta tecnología para la valoración de la fuerza son la velocidad, la aceleración, tiempo hasta alcanzar la velocidad máxima, tiempo hasta alcanzar la aceleración máxima; fuerza media, fuerza máxima, tiempo hasta llegar a la fuerza máxima; potencia media, potencia máxima, tiempo hasta alcanzar la potencia máxima y ángulo máximo (Pérez, 2004). (Heredia Elvar, Chulvi Medrano, Ramón y Pomar, 2006).

Estos parámetros de fuerza ( $m \cdot a$ ) permiten controlar las características del jugador en un determinado contexto alejado de la competición. Ello nos puede servir para tener una idea de su estado de forma, entendiendo este estado como algo individual y no colectivo. Permite, además, controlar y mejorar una de las estructuras, pero para optimizar el sistema es necesaria la interrelación de todas las estructuras en situaciones simuladores preferenciales de la competición.

Los Encoders lineales (podemos encontrar dos aparatos que nos facilitan los datos anteriormente citados el Ergopower (Bosco System) y Realpower (Globus), poseen un sistema electrónico de medición basado en el encoder lineal que puede ser adaptado y aplicado a cualquier máquina de musculación que emplee como resistencia externa la fuerza de la gravedad. El biorrobot mide y registra la velocidad de desplazamiento en función del tiempo. De esta manera puede mostrar todos los parámetros derivados como velocidad, aceleración, potencia, trabajo, etc.

El sistema MuscleLab diseñado por el equipo que dirigía el Dr. Carmelo Bosco, o en su versión microMuscleLab Power, nos permitirá la medición precisa de la potencia (W), la fuerza (N), el trabajo mecánico (kJ), la velocidad (m/s), el pico de la velocidad, el tiempo (s) y el desplazamiento de la carga (cm). Ello supone operar a un nivel superior de conocimiento de las prestaciones neuromusculares (controlando estos parámetros conseguiremos entender el estado de la estructura condicional del sujeto).

Para obtener los datos de los resultados de los parámetros de un movimiento efectuado con una máquina de musculación o una carga libre, se conecta el sensor de movimiento del MuscleLab a la carga a desplazar. El equipo registrará el desplazamiento en función del tiempo y todos los parámetros derivados son calculados automáticamente: Velocidad (m/s), velocidad angular (rad/s), fuerza, potencia, momento, etc. Se puede ver en forma numérica o gráfica. Calcula la carga de 1RM. Relación carga-peso corporal. Proporciona las ecuaciones personalizadas de las curvas fuerza-velocidad y carga-velocidad y para mayor información se pueden conectar goniómetros, EMG o acelerómetros incorporados en el equipo, poseyendo también un sistema de biofeedback que permite optimizar la eficiencia del entrenamiento de fuerza (Heredia Elvar, Chulvi Medrano, Ramón y Pomar, 2006).

## 1.2.2 Evaluaciones de la fuerza en el entrenamiento deportivo: reflexiones iniciales

Tal y como hemos expuesto, uno de los factores claves que vendrá a determinar directamente dicha evaluación de la fuerza, en este caso en el campo del entrenamiento deportivo, es el de carga de entrenamiento. La determinación de la carga de entrenamiento de fuerza (en este caso con resistencias, en activaciones de tipo anisométricas-concéntricas con pesos libres o máquinas), supone el intento de definir el parámetro de la intensidad de la carga. La intensidad es el aspecto cualitativo del entrenamiento, siendo el grado de esfuerzo que exige un ejercicio (González y Gorostiaga, 1996). (Heredia Elvar, Chulvi Medrano, Ramón y Pomar, 2006).

El aspecto cualitativo del entrenamiento es el nivel de relación que existe entre las diferentes estructuras y permite la evolución del sistema del humano deportivo en cuanto a la preparación de la propia competición.

La intensidad máxima podría expresarse por el peso utilizado y la relativa con el % de dicho peso en relación al máximo en el ejercicio. Es muy frecuente y práctico utilizar el % de 1 RM (repetición máxima) como expresión de la intensidad de entrenamiento. Según esta afirmación, ello querría decir que si realizase un test de 1 RM de press banca, por ejemplo, y en dicho test consiguiese hacer una repetición (no más) de 100 kg, estaría trabajando con una intensidad del 80% cuando trabajase con 80 kg. (Heredia Elvar, Chulvi Medrano, Ramón y Pomar, 2006).

**Tabla 5: Entrenamiento de la Fuerza: parámetros de control de la carga (Isidro, Heredia, Pinsach y Ramón, 2006)**

<b>Valoración de la fuerza y sus aplicaciones al entrenamiento deportivo y la salud</b>	
<b>Fuerza: Parámetros de control de la carga</b>	
<b>Volumen</b>	Por sí solo no tiene mucha relevancia, tiene valor <b>unido a los valores de la intensidad</b> . Es la medida cuantitativa global de las cargas de entrenamiento de diferente orientación que se desarrollan en una sesión, micro, meso o macrociclo. INDICADORES VOLUMEN <b>Repeticiones – Series – Tonelaje</b> (desuso).
<b>Intensidad</b>	Aspectos cualitativos de la carga. INDICADORES INTENSIDAD Pesos medio – <b>zona intensidad – IMR</b> .
<b>Carácter de esfuerzo</b>	<b>Número de repeticiones que se dejan de hacer en cada ejercicio/serie.</b>

<b>Densidad recuperación</b>	Tiempo de <b>recuperación</b> entre sesiones, micro y mesociclos. Tiempo de <b>descanso</b> entre series (micropausa) y ejercicios (macropausa).
<b>Ejercicio y tipo de resistencia</b>	Ejercicios de efecto localizado, generales, específicos. Tipos de resistencia/carga. Peso corporal (autocarga), pesas libre (mancuernas-barras), máquinas (resistencia fija, variable, acomodada, inercia), aparatos lastrados.
<b>Tipo de ejecución</b>	Determina la <b>forma de ejecución de dicho ejercicio</b> (velocidad, estabilización y ROM).

Fuente: Adaptado de Heredia Elvar, Chulvi Medrano, Ramón y Pomar, 2006.

Si bien, como veremos, aun realizando un test de 1RM y estimando el máximo peso que podríamos movilizar en ese ejercicio, en “ese” momento, estableciésemos la dinámica de la intensidad de entrenamiento, no siempre la intensidad estimada (por ejemplo el 60%) corresponderá con dicho valor en relación a la máxima posibilidad de sujeto. Otros factores, como por ejemplo la velocidad de ejecución, van a ser determinantes. Cuando la resistencia (mucho más adecuado este término) utilizada sea igual o superior al 90% de 1RM, la velocidad de ejecución tiene que ser la máxima posible, ya que con esos % no se puede regular la velocidad. Sin embargo con % inferiores al 85-90% puede tener mucha importancia que el movimiento se realice a la máxima velocidad o no. (Heredia Elvar, Chulvi Medrano, Ramón y Pomar, 2006).

Es interesante comenzar a monitorizar las cargas que un jugador puede realizar ante diferentes velocidades (máquinas que permitan un control y monitorización de carácter isocinético), al igual que controlar parámetros de velocidad ante ejercicios con una misma carga en máquinas que ofrezcan diferentes prestaciones (neumáticas, de inercia rotacional, isotónicas, de resistencia variable).

En relación a la estimación del valor de 1 RM mediante fórmulas, debemos considerar algunas cuestiones al respecto. En efecto, cuando ni el número de repeticiones por serie ni el peso han de ser los máximos posibles, hay que tener mucho tacto para no alejarse demasiado del pretendido. Debiendo considerar (a partir de González Badillo, 1997):

- Saber qué porcentaje representa una carga (peso) según las repeticiones que se pueden hacer con ella. Para tener una orientación bastante aproximada se proponen numerosas fórmulas con las que podemos conocer tanto el valor de 1RM como el % que presenta un peso en función de las repeticiones que hayamos podido hacer. Pero cuidado en la aplicación a todos los ejercicios. González Badillo (1997) únicamente expone una correlación entre los predictores (número máximo de repeticiones realizadas con el peso correspondiente) y el

criterio (1RM o el % de 1RM) de 0.99 en press banca y 0.96 para la sentadilla. La fórmula expuesta por Brzycki (1993), muestra una precisión menor a partir de las 10-12 repeticiones – otras como la Welday (1988) y Epley (1985) parecen ser más precisas cuando se realizan más de 10 repeticiones–. El uso de las mismas tanto en entrenamiento como test, es más fiable cuando el número de repeticiones está comprendido entre 2 y 10 (González Badillo, 1997; Tous, 1999).

- Tener muy claro los objetivos de entrenamiento. Para ello es necesario tener claro las necesidades de la competición.
- Tener claro que según dichos objetivos y necesidades de fuerza, el mismo número de repeticiones/serie debe representar una carga/esfuerzo diferente.
- El grado de esfuerzo exigido está en relación con el número de repeticiones que se deje de hacer (carácter del esfuerzo) en cada serie con relación a las máximas posibles.
- Conocer el efecto que produce cada número de repeticiones por serie en relación con el esfuerzo que exige (Heredia Elvar, Chulvi Medrano, Ramón y Pomar, 2006).

### **1.2.3 La RM para la determinación de la carga de entrenamiento de fuerza: utilidad, problemática y propuestas**

¿Realmente podríamos afirmar que mediante un test 1RM conoceríamos la “verdadera capacidad máxima” del sujeto para ese ejercicio?, o por el contrario ¿existirán algunas variables que influirán directamente en que ese valor de 1RM correspondan a la situación de rendimiento actual del sujeto en ese día en cuestión y en una determinada situación psico-biológica? La medida del valor obtenido y sus posibles aplicaciones, ¿son realmente valiosas en relación al costo/beneficio? Veamos una pequeña reflexión (Heredia y cols., 2005):

- Diversos autores exponen acerca de la necesidad de tener en cuenta que los sujetos inexpertos experimentan importantes mejoras en sus valores de fuerza en sesiones sucesivas de valoración simplemente por su familiarización con el test, con el equipamiento y con el tipo de acción muscular solicitada (Kroll, 1962; Reinking et al., 1996; citados por Brown y Weir, 2001; Jiménez, 2004).
- Sólo determina la capacidad de rendimiento en acciones miométricas (concéntricas) y no información sobre la capacidad pliométrica (Jiménez, 2004).

- El valor obtenido en 1RM está limitado por punto de menor eficacia mecánica en todo el ROM (sticking point) (McArdle et al, 1996; Jiménez, 2004).
- Dependen de la situación psico-biológica individual en ese día y momento.
- La incorrecta medición de 1RM. Si por ejemplo, en un press banca al medir dicho valor la velocidad media el movimiento ha sido igual o superior a  $0,3 \text{ m s}^{-1}$ , la RM medida estará por debajo de la real, lo que podría significar que a partir de ahí los entrenamientos tenderán a realizarse con resistencias inferiores a la teóricamente programadas.

En general, podríamos considerar la propuesta inicial de desaconsejar o limitar la realización de tests máximos de fuerza (pueden ser más útiles otros valores o parámetros para determinar la intensidad del ejercicio en el entrenamiento de la fuerza), así por ejemplo, instituciones como la Academia Americana de Pediatría y la National Strength and Conditioning Association (en García Manso, 1996) recomiendan el uso de 10 RM y/o el empleo de fórmulas, normalmente lineales (Brzycki, 1993, Epley, 1985; Lander, 1985, O'Conner et al. 1989 en Tous, 2000).

A este respecto, sería necesario volver a plantear algunas cuestiones:

- Está documentada (tal y como se ha indicado anteriormente) una pérdida de fiabilidad a partir 10-15 repeticiones (según test), lo cual nos podría conducir a una estimación de 1 RM no muy ajustada a las posibilidades reales del sujeto.
- ¿Cómo influye la fatiga a partir de 1RM? Es muy importante entender que dicho factor condicionará el propio resultado en el test de estimación de 1RM mediante fórmulas (tanto más cuanto mayor número de repeticiones se realicen).
- El factor de la velocidad de ejecución es determinante en este caso y mayor a cuantas más repeticiones realicemos para determinar el valor de la RM.

A este respecto, a partir de la propuesta de González Badillo (1996) (en Heredia y cols., 2006), entendemos que el aplicar alternativas a dicho concepto tradicional de RM es mucho más útil y, posiblemente, riguroso. Así como podría ser, por ejemplo, el considerar el carácter de esfuerzo (González Badillo, 1997) y velocidad de ejecución como medios complementarios de control de la intensidad de entrenamiento, por supuesto, enfocados al control individual de sujeto.

El **carácter de esfuerzo** viene determinado por el número de repeticiones que hacemos o dejamos de hacer en una serie. Así por ejemplo no es lo mismo programar un trabajo de 3 repeticiones por serie pudiendo hacer 6 (carácter de esfuerzo no máximo) que realizar el máximo número de repeticiones con una carga (carácter de esfuerzo máximo).

Si el carácter de esfuerzo es el máximo (máximo número de repeticiones en una serie) trabajaré la fuerza máxima a expensas de adaptaciones funcionales (según repeticiones de 1 a 3 por ejemplo) o estructurales (con repeticiones de 8-10). Aunque, debemos ser consciente del estado del sujeto y controlar valores de carga interna y externa, ya que proponer ejercicios de fuerza máxima pura puede suponer un riesgo para las articulaciones y quizás el beneficio – coste no sea del todo proporcionado (Heredia Elvar, Chulvi Medrano, Ramón y Pomar, 2006).

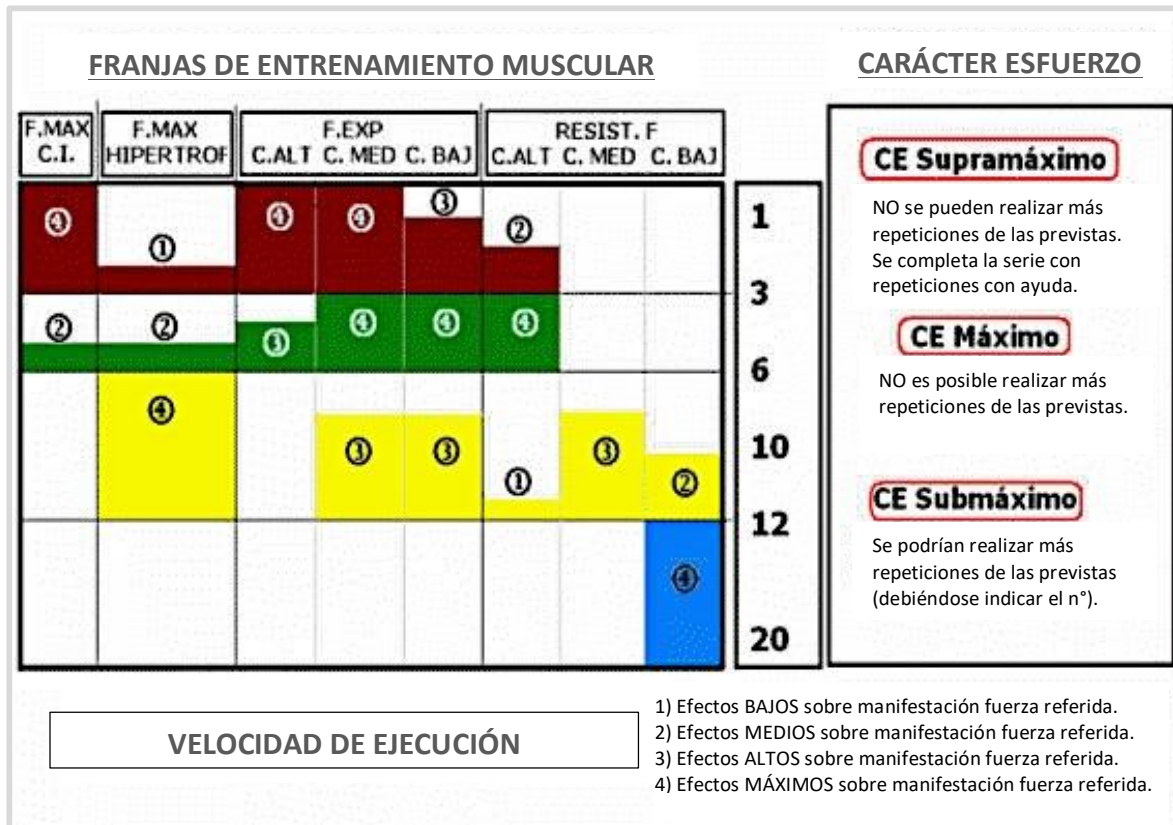
**Tabla 6: Definición y clasificación del carácter de esfuerzo (Gorostiaga Ayestarán y González Badillo, 1995; Heredia Elvar, Chulvi Medrano, Ramón y Pomar, 2006).**

<b>Carácter de Esfuerzo</b>	<b>Carácter Esfuerzo máximo (CEmax).</b> No es posible realizar ninguna repetición más de las previstas.
	<b>Carácter Esfuerzo submáximo (CEsub).</b> Se pueden realizar más repeticiones de las previstas.
	<b>Carácter Esfuerzo supramáximo (CEsupr).</b> Realizo más repeticiones de las posibles (con ayuda).

Fuente: Heredia Elvar, Chulvi Medrano, Ramón y Pomar, 2006.

Partiendo de la base de que está bien documentada el conocimiento de que si realizamos “x” número de repeticiones por serie y no más, estamos influyendo sobre una determinada manifestación de fuerza y consiguiendo una serie de efectos a nivel nervioso, estructural, etc. (González y Gorostiaga, 1996), podríamos establecer la intensidad en base a la determinación de franjas de entrenamiento muscular (repeticiones/serie), junto a la determinación del carácter de esfuerzo (y su influencia sobre la manifestación de fuerza pretendida: podrá acentuar, minimizar o neutralizar dicha influencia), sin olvidar la importancia de la velocidad de ejecución sobre dichos efectos (se establece dicho planteamiento en base a una velocidad máxima para la carga referida, pudiendo ser determinante dicha velocidad alta-máxima en las manifestaciones de fuerza-máxima de tipo neural (coordinación intramuscular) y las manifestaciones explosivas antes los distintos tipos de carga (Figura 8).

Figura 8: Definición de zonas o franjas de entrenamiento muscular (Isidro, Heredia, Pinsach y Ramón, 2006)



Fuente: Heredia Elvar, Chulvi Medrano, Ramón y Pomar, 2006.

La utilización de Escalas de Percepción de Esfuerzo (Robertson y col., 2003) está ampliamente documentada y constituye una valiosa herramienta para el técnico. La escala OMNI-Resistance (0-10) tendría ventajas para percibir la intensidad de esfuerzo, en actividades intermitentes como los entrenamientos de fuerza (Day y col., 2004; Pincivero y col., 2003; Naclerio en Jiménez, 2004). La utilización de dicha escala parece necesitar un período de adaptación y aprendizaje con adecuadas instrucciones sobre su aplicación (Glass y Satanon, 2004; Noble y Robertson, 1996; Naclerio en Jiménez, 2004), habiéndose estimado dicho período entre 8 y 12 sesiones, donde el sujeto debe familiarizarse con el uso de escala (Naclerio en Jiménez, 2004). (Heredia Elvar, Chulvi Medrano, Ramón y Pomar, 2006).

### Estimación de 1 RM a partir de la velocidad de movimiento

Naclerio (2011) propone, en lo que hace a la valoración de la fuerza muscular en sujetos deportistas, la posibilidad de medir la velocidad durante la ejecución de un test submáximo y, conociendo la masa movilizada, estimar el valor de 1 RM en ciertos ejercicios utilizados para el entrenamiento de fuerza.

Naclerio (2011) cita algunos estudios que han descrito una relación lineal, inversa y muy alta ( $r^2$  de -0.83 a 0.99) entre el peso movilizado y la velocidad alcanzada. Esta relación posibilitaría analizar las variaciones del rendimiento muscular y estimar el valor de fuerza máxima debido a que la velocidad es inversa al peso utilizado (Kellis y cols., 2005; Rhamani y cols., 2002)

Este modelo de predicción toma a la velocidad como variable independiente (predictora), y a la masa movilizada, como variable dependiente (predicha). Se basa en los siguientes supuestos:

- La relación entre % 1RM y velocidad alcanzada en un ejercicio es directamente proporcional.
- Las variaciones de la máxima velocidad alcanzada con pesos bajos y moderados indican las modificaciones del peso utilizado (% 1RM).

El Dr. Naclerio, con su equipo de trabajo en la Universidad Europea de Madrid, desarrolló ecuaciones de predicción de 1 RM en ejercicios con pesos libres (press en banca y media sentadilla), a partir de la velocidad vertical de la barra en sujetos deportistas (Naclerio, 2011).

La tabla 7 muestra la ecuación de predicción recomendada para distintos grupos de deportistas:

**Tabla 7: Ecuaciones para predecir el 1RM a partir de la velocidad vertical**

Muestra	Sentadilla paralela con barra libre	Press de banca con barra libre
Varones (20-35 años) opositores del cuerpo de bomberos	$1RM = kg / (1.145 + (-0.495)v)$ $r^2 = 0,835$	$1RM = kg / (1.082 + (-0.607)v)$ $r^2 = 0,90$
Varones (14-16 años) entrenados en fuerza explosiva	$1RM = kg / (1.094 + (-0.388)v)$ $r^2 = 0,86$	$1RM = kg / (1.050 + (-0.517)v)$ $r^2 = 0,94$
Mujeres (14-16 años) entrenadas en fuerza explosiva	$1RM = kg / (1.139 + (-0.445)v)$ $r^2 = 0.82$	$1RM = kg / (1.056 + (-0.604)v)$ $r^2 = 0.97$

Fuente: Naclerio F., 2011.

Así es que, si el entrenador posee un equipamiento que le posibilite medir la velocidad vertical del implemento (transductor lineal de velocidad), podrá conocer con bastante precisión el valor de 1RM e indicarle al deportista que ejecute solo una serie de dos o tres repeticiones con la máxima velocidad posible con el peso normal de entrenamiento o una sobrecarga moderada (50-70 % de 1 RM estimada) (Naclerio, 2011). Esta metodología

posibilita un control continuo de las fluctuaciones de los valores de fuerza y, por consiguiente, permite actualizar permanentemente el nivel de cargas de cada entrenamiento, ajustándolas de acuerdo al estado que presente cada deportista antes de comenzar cada sesión (Naclerio, 2011).

Consideramos que la propuesta de Naclerio puede ser muy útil para la estimación de la carga máxima a movilizar (1 RM) sin exponer al individuo en cuestión a la prueba de 1RM (recordar que dicha prueba requiere un nivel alto de motivación y concentración, y que, al ser máxima, no deja de ser estresante para cada sujeto evaluado). Además, posibilita relacionar la carga movilizada con la velocidad y la aceleración, por lo que se pueden detectar cambios importantes según objetivos de trabajo destinados a mantener o mejorar la relación de fuerza y velocidad del individuo en el programa de entrenamiento. Finalmente, la posibilidad de monitorear el entrenamiento a partir de controles que pueden llevarse a cabo con sucesivas aplicaciones de estos test resulta interesante para generar variaciones pertinentes en la carga de entrenamiento coadyuvante.

### ***Cálculo de la velocidad media de ejecución***

En muchos casos no se cuenta con los dispositivos para la medición de la velocidad y aceleración de los implementos de entrenamiento, con lo cual, el control de estas variables no se puede realizar, por lo que se descuida y se aleja el objetivo a cumplir. Por ello la velocidad de realización de los ejercicios de fuerza suele ser la variable menos controlada y, posiblemente, sea la que más influya a la hora de provocar un tipo u otro de adaptación (Tous, 1999).

En el caso de que no se disponga de un dispositivo de control de velocidad (encoder lineal) se puede recurrir al cálculo de la velocidad media a través de un sistema de menos precisión. De esta manera se calculará la velocidad media de ejecución multiplicando el número de repeticiones que el sujeto es capaz de hacer por el desplazamiento total en cada repetición, y dividiendo este producto por el bloque de tiempo que se decida controlar o evaluar (Tous, 1999).

Se ha recomendado para este tipo de control que el bloque de tiempo sea de unos 5 segundos, de manera que no influya tanto el tiempo de reacción, ya que en un tiempo mayor podría influir la fatiga en la ejecución (manifestándose una mayor desviación típica). Este test presenta una limitante importante a la hora de medir la velocidad en cargas superiores al 85 % de 1 RM (5 RM), por lo cual debería realizarse con cargas inferiores a dicho porcentaje (Tous, 1999).

Se propone una situación práctica (Test W5) (Tous, 1999):

- Ejercicio: fuerza en banco plano.

- Recorrido de la barra: 35 cm (70 cm totales para recorrido total de movimiento excéntrico y concéntrico).
- Recorrido total de la barra: 0.70 metros.
- Tiempo de ejecución: 5 segundos.
- Consigna: realizar el mayor número de repeticiones en 5 segundos.
- Resultado del test: 5 repeticiones en 5 segundos.

Con los resultados se obtiene la velocidad media de la siguiente manera:

- Velocidad media= (Número de reps. realizadas x desplazamiento total en metros) / Bloque de tiempo en segundos.
- Velocidad media= (5 x 0.70 m) / 5s
- Velocidad media= 0.70 m/s

Una posibilidad es repetir esta prueba con otras cargas. Se podrían realizar las curvas de carga-velocidad que quizás darían una importante información sobre el estado del sujeto (Tous, 1999).

### ***Evaluación de la fuerza en régimen excéntrico***

La fuerza máxima excéntrica se estima a partir de la mayor carga (peso) que el sujeto puede resistir en un determinado grupo muscular y ejercicio durante la fase excéntrica de la contracción muscular.

Si bien los estudios relacionados con electromiografía seguramente puedan ayudar más a medir el nivel de activación muscular en ejercicios en régimen excéntrico, Naclerio (2011) manifiesta que son pocos los estudios donde se ha medido el peso máximo que puede soportarse durante la fase excéntrica del movimiento, no existiendo hasta ahora un mismo criterio en relación a la velocidad de movimiento con que debe medirse ese valor de fuerza. Hollander (2007) propone determinar 1 RM excéntrica cuando no pueda tolerarse una cadencia mínima de 3 segundos al realizar la fase excéntrica de un ejercicio.

Hollander (2007) observó una gran variabilidad en el peso máximo excéntrico analizado en seis ejercicios de fuerza.

Los valores de fuerza excéntrica pueden superar los de fuerza concéntrica desde un 10% a un 60% en varones, y de un 20% a un 46% en mujeres. Las diferencias fueron mayores en los ejercicios para miembros superiores. Por su parte, Meylan (2008) recomienda evaluar en régimen excéntrico para poder determinar las cargas de trabajo excéntrico, y no determinarlas en base de resultados con test de régimen predominantemente concéntrico.

## **Relación agonista–antagonista**

Este índice compara el nivel de manifestación de fuerza entre músculos agonistas y antagonistas en distintos regímenes de contracción muscular. Generalmente se ha tomado como referencia la relación agonista (concéntrico)/antagonista (concéntrico) (Figuras 3 y 4) (Zatsiorsky, 1995; Verkhoshansky,).

Datos aportados por diversos investigadores (Heyward, 2008) nos dan pautas a tener en cuenta para evaluar la relación fuerza concéntrica agonista-antagonista (Tabla 8).

**Tabla 8: Relación fuerza concéntrica agonista-antagonista o balance muscular agonista-antagonista (Heyward, 2008)**

<b>Articulación</b>	<b>Movimiento</b>	<b>Relación - Balance</b>
Tobillo	Flexión Plantar – Flexión Dorsal	3 : 1
Tobillo	Inversión – Eversión	1 : 1
Rodilla	Flexión – Extensión	2 : 3
Cadera	Extensión – Flexión	1 : 1
Columna Lumbar	Flexión – Extensión	1 : 1
Codo	Flexión – Extensión	1 : 1
Hombro	Flexión – Extensión	2 : 3
Hombro	Rotación Interna – Rotación Externa	3 : 2

Fuente: Heyward, 2008.

Algunos estudios, han vinculado la incidencia de lesiones ligamentosas o musculares con desequilibrios entre los niveles de fuerza producidos en torno a un núcleo articular específico. En la rodilla, se ha indicado que la menor fuerza de la musculatura posterior (flexora) respecto a la anterior (extensora) del muslo, puede predisponer a sufrir lesiones de la musculatura posterior (Orchard et al., 1997).

No obstante, existen otras investigaciones en donde no se ha encontrado esta relación (Bennell et al., 1998, Newton et al., 2006), e incluso se cuestiona que exista una asociación significativa de causa-efecto entre los desequilibrios de la fuerza de la musculatura posterior y anterior del muslo con la incidencia de lesiones.

La contradicción entre los diferentes estudios ha sido atribuida a la falta de especificidad en los medios utilizados para medir la fuerza (máquinas isocinéticas) o los ejercicios aplicados para realizar estas mediciones

(ejercicios de cadena abierta como las flexiones y extensiones de piernas) (Newton et al., 2006). (Naclerio, 2011).

De todos modos, aunque las pruebas isocinéticas no contemplen el régimen de acción muscular específico de la mayoría de los gestos deportivos, teniendo en cuenta lo aportado por Lehance (2009), existiría riesgo de lesión ligamentaria (LCA) o muscular (parte posterior del muslo) si la relación tradicional (fuerza concéntrica de isquiotibiales respecto de la fuerza concéntrica de los cuádriceps) es  $<0.47$ . Obsérvese que la relación óptima es 0.66.

Como elementos limitantes de este índice se encuentra que la valoración se realiza (al igual que los anteriores) con pesos libres o máquinas de resistencia variable (gravitatorias o de acción inercial), por lo que no son los medios que más datos o precisión nos podrían brindar.

Otro elemento a tener en cuenta es la velocidad a la que se realiza la valoración, que será más bien baja debido a que se valora el nivel de fuerza máxima entre agonista y antagonista (más allá del tipo de régimen predominante). Esto hace que este índice solo podría ser tenido en cuenta como un elemento de control de los factores limitantes (relacionados con fuerza máxima). Ahora bien, cabe aclarar que se deben entender estos valores como referencias válidas con estudios hechos con poblaciones con otra serie de características que la población de deportistas de élite.

Es posible que un jugador de élite tenga algunos de los valores anteriores alterado. Sin embargo, esto no quiere decir automáticamente que tenga que estar clasificado como jugador con riesgo de lesión. Por supuesto, son aspectos a tener en cuenta al analizar el estado real en el que se encuentra el jugador estudiado y el resto de parámetros que puedan controlarse de él (carga interna y externa del jugador). El objetivo es ver si estas alteraciones en niveles de fuerza son consecuencia de la competición, y si las adaptaciones que el mismo jugador hace para ser más eficiente ella conllevan índices o valores alarmantes que provoquen sobrecargas y que, por tanto, aumente el riesgo de lesión.

Las lesiones que se producen de forma fortuita mediante impactos y contusiones son inevitables en gran medida. Sin embargo, sí se deben controlar ratios de fuerza y parámetros cinesiológicos articulares para impedir lesiones por sobrecarga.

**Figura 9: Test de 5 RMS de cuádriceps derecho, en ejercicio de CCA, en régimen concéntrico**



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 10: Test de 5 RMS de isquiotibial derecho, en ejercicio de CCA, en régimen concéntrico**



Fuente: Elaboración propia.

### ***Diferencia de fuerza (relación agonista-agonista contralateral)***

Este índice relaciona el nivel de fuerza manifestado por el peso (Kg) movilizado en un ejercicio que preferentemente posibilite aislar un grupo muscular específico. Generalmente el ejercicio es uniarticular de cadena cinética abierta (CCA), y se evalúa la fuerza máxima (con test de 1 RM, o con test de varias repeticiones máximas).

El objetivo de este test es comparar la fuerza entre agonistas contralaterales, en un mismo régimen de contracción muscular y a una velocidad similar.

La relación óptima debe ser cercana a 1 (+/- 5 %) (Acero, 2007). Este equilibrio se considera aceptable cuando la diferencia de fuerza entre músculo agonista y agonista contralateral es igual o inferior al 10 %. Aunque, normalmente en los deportes de conjunto, el jugador

genera desequilibrios mayores con el objetivo de adaptarse a la competición, que por sí misma genera descompensaciones.

Newton et al. (2006), indicaron que la diferencia entre las fuerzas transmitidas a través de las extremidades inferiores derecha e izquierda no debe superar el 10 %. No obstante, en otros estudios se ha indicado que el límite de riesgo se sitúa en torno al 15 % (Impellizzeri et al., 2007). Esta valoración tiene como punto positivo la posibilidad de aislar un grupo muscular y compararlo con el contralateral, sin que participen o ayuden otros. La desventaja es que esta forma de evaluación responde al concepto de par cinemático, mientras que en las acciones deportivas el concepto a aplicar es el de cadena cinemática, debido a la integración en forma simultánea o secuencial de los distintos núcleos articulares en el movimiento deportivo. También puede suceder que, si se intenta corregir dichos déficits, haya un cambio esquemas propioceptivos de control motor que puedan afectar su eficiencia en la competición. Por esto su utilización estaría circunscripta a algunas fases de rehabilitación, como el control de la disminución de diferencia de fuerza entre músculos, teniendo este dato como uno más en la integración de información que se debe realizar en el proceso de readaptación deportiva. Dentro de la fase de rehabilitación postlesión, sí es interesante tener valores prelesión, para intentar volver a ellos durante el período de readaptación hasta la vuelta a la competición.

Ahora bien, está la posibilidad de evaluar la diferencia de fuerza entre grupos musculares que trabajan, simultánea o secuencialmente, a través de ejercicios que respondan al concepto de cadena cinemática, por lo cual pueden ser ejercicios multiarticulares de cadena cinética cerrada (CCC). Por esto resultaría interesante tener datos y valores en ejercicio de CCC.

El problema que se presenta aquí es que, en el caso del tren inferior, si se quiere valorar una capacidad limitante como la fuerza máxima, los ejercicios deberán ser con el uso de máquinas que permitan mantener la estabilidad (prensa horizontal, prensa a 45°, máquina Hack), ya que con pesos libres (sentadilla a 1 pie, estocadas) el hecho de apoyar con un solo pie pone en juego el equilibrio, lo que limita la posibilidad de desarrollar niveles importantes de fuerza (Naclerio, 2011).

**Figura 11: Test de 5 RMs de cuádriceps derecho, en ejercicio de CCA**



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 12: Test de 5 RMs de cuádriceps izquierdo, en ejercicio de CCA**



Fuente: Elaboración propia.

#### **1.2.4 Evaluación del ciclo de estiramiento-acortamiento (CEA). Valoración de la fuerza explosiva a través de la capacidad de salto**

Otra interesante forma de valoración de la fuerza y sus manifestaciones, aplicada a los saltos, si dicho salto se realiza sobre una plataforma de contactos conectada a un cronometro (por ejemplo, Ergojump, Bosco System, made by Globus, o Plataforma de contacto Chronojump como propuesta económica de software libre), con la técnica de ejecución adecuada, es posible saber el tiempo de vuelo y, por tanto, la altura alcanzada por el centro de masas del deportista:

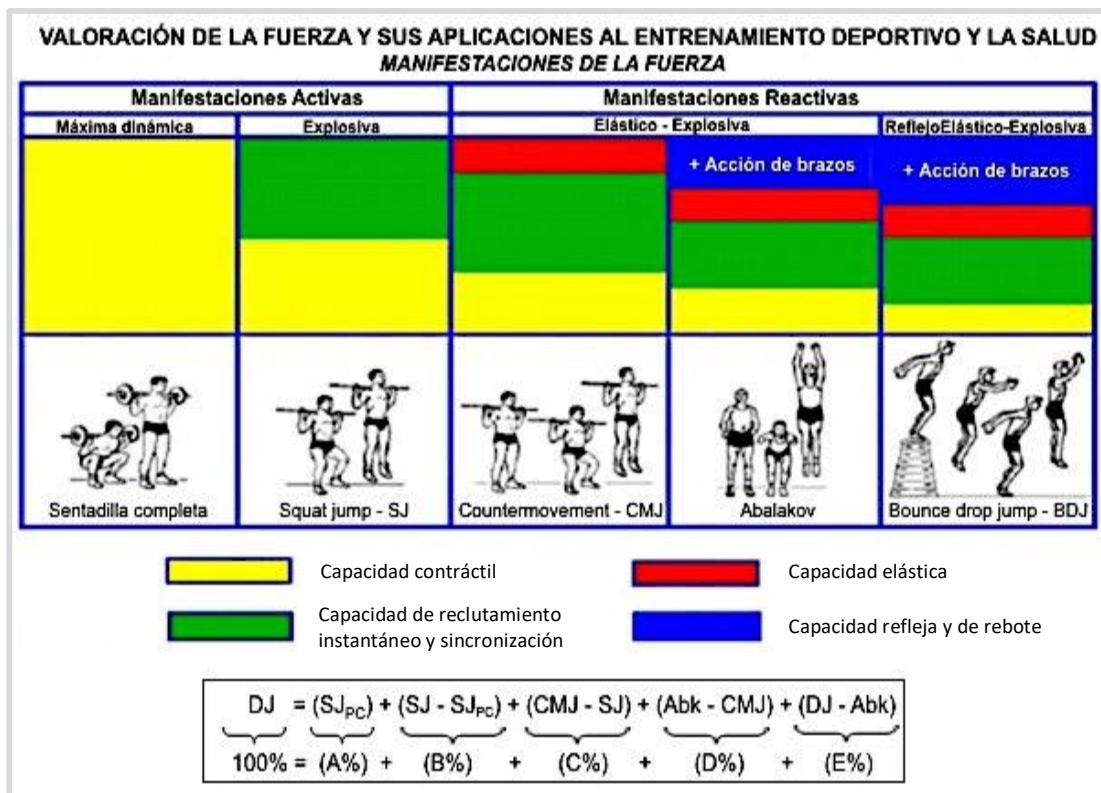
$$H_v = \frac{T_v^2 \cdot g}{8}$$

Donde  $H_v$  es la altura en metros que alcanza el centro de masas del deportista,  $T_v$  es el tiempo de vuelo en segundos y  $g$  la aceleración de la gravedad ( $9.81 \text{ m s}^{-2}$  de promedio).

Ello nos permitirá establecer la influencia de los componentes contráctil, de reclutamiento y sincronización, índice de utilización acción brazos, elasticidad y reactividad neuromuscular y establecer con estos datos el perfil de dichas capacidades y relacionarlo con un perfil determinado en relación a la especialidad deportivas, así como nos ayudará a determinar los factores a privilegiar en la estrategia de entrenamiento (Vélez, 1997).

Este tipo de valoración es de difícil aplicación (por su utilidad) para los programas de acondicionamiento físico orientado a la salud, dada la poca transferencia y relativo valor de la información que nos proporcionaría dichos tests (Heredia Elvar, Chulvi Medrano, Ramón y Pomar, 2006).

**Figura 13: Manifestaciones de la fuerza y valoración de la capacidad de salto (Vittori, 1990; Gorostiaga Ayestarán y González Badillo, 1995)**



Fuente: Heredia Elvar, Chulvi Medrano, Ramón y Pomar, 2006.

**Figura 14: Valoración manifestaciones fuerza activas y reactivas: miembro inferior/saltos (Vittori, 1990; Gorostiaga Ayestarán y González Badillo, 1995)**



Fuente: Heredia Elvar, Chulvi Medrano, Ramón y Pomar, 2006.

### **Test en plataforma de contacto (SJ, RJ, CMJ, Test de 10 y 30 segundos, DJ, etc.)**

El nivel de fuerza explosiva activa y reactiva del deportista en el tren inferior podrá evaluarse a través de las pruebas estandarizadas que comprenden la batería de test de Bosco, que requieren de la utilización de una plataforma de contacto, o bien de pruebas clásicas de salto. La ejecución de ellas solo requiere de cinta métrica, tiza y una pared, o bien de cita métrica y cajón de salto.

La fuerza explosiva puede ser estimada a partir de la capacidad de salto del deportista.

En este caso se va a describir, en un primer momento, la ejecución de pruebas de fuerza explosiva y reactiva con el uso de plataforma de contacto.

La plataforma de contacto nos permite obtener el tiempo de vuelo en milisegundos del sujeto al ejecutar un salto determinado. Luego, el tiempo de vuelo se convierte a centímetros, y obtenemos el dato que, si se desea, se podrá comparar con nuevos test o con tablas de referencia.

La plataforma de contacto también nos permite obtener, en determinado tipo de saltos (*drop jump*), el tiempo de contacto del salto. Esto indica, de manera indirecta, qué tan rápido aplica la fuerza el sujeto contra el suelo.

Los saltos pertenecientes a los test de Bosco y algunos otros introducidos por Palazzi, son los siguientes:

- 1) *Squat jump* (SJ) o salto sin contra movimiento desde  $\frac{1}{2}$  sentadilla estática.
- 2) *Counter movement jump* (CMJ) o salto con contramovimiento.
- 3) *Roket jump* (RJ) o salto desde flexión profunda.
- 4) *Drop jump* (DJ) o salto con caída desde alturas variables (20 a 100 cm).
- 5) Saltos reactivos o continuos del tipo CMJ, con una duración que oscila entre los 5 a 60 segundos (preferentemente 5 a 15 segundos).
- 6) *Squat jump* con elevación de cargas variables (20-100 kg con barra sobre los hombros) y particularmente con cargas similares al peso corporal (SJbw).
- 7) Saltos reactivos o continuos con rodillas rígidas, con duración entre 5 a 7 segundos, con o sin franqueo de obstáculos, y con o sin ayuda de brazos.

Los saltos convencionales que se pueden realizar sin la plataforma de contacto son:

- 1) *Test de saltar y alcanzar* (test de Abalakov o CMJ con impulso de brazos).
- 2) *Maximun jump* (max., MJ o salto máximo)
- 3) *Tests* de salto en longitud o saltos horizontales.

### 1. *Squat jump*

El método de ejecución del squat jump es el siguiente:

- a- Planta del pie en contacto con la plataforma.
- b- Ángulo de la rodilla de  $90^\circ$ .
- c- Manos en las caderas y tronco recto.
- d- Ángulo de la rodilla en el despegue =  $180^\circ$ .
- e- Caída con los pies hiperextendidos.

En esta prueba el sujeto debe realizar un salto vertical partiendo desde la posición de  $\frac{1}{2}$  sentadilla (rodilla flexionada a  $90^\circ$ ), con el tronco recto o más bien neutro y las manos en las caderas.

El sujeto debe efectuar la prueba sin realizar contramovimiento hacia abajo; es decir, el salto desde la posición de parado debe realizarse sin la utilización o ayuda de los brazos. El tiempo de aplicación de la fuerza suele ser muy breve (entre 280 – 320 ms), lo cual va a depender en gran medida de que se trate de sujetos con alto o bajo porcentaje de fibras musculares rápidas o FT. Si el sujeto posee mayor porcentaje de FT aplicará la fuerza en menos tiempo [280 ms (milisegundos) aproximadamente], pero si el individuo posee mayor porcentaje de ST aplicará la fuerza en un tiempo más prolongado (alrededor de 320 ms).

El sujeto debe mantener la posición de ½ sentadilla durante 4"-5" para eliminar la mayor parte de la energía elástica acumulada durante la flexión

**Figura 15: Squat jump (SJ)**



Fuente: <http://goo.gl/XaRWM0>

#### Características del SJ

- Calidad examinada: fuerza explosiva (Bosco y Komi, 1979), capacidad de reclutamiento nervioso (Bosco y Viitasalo, 1982), expresión de un porcentual elevado de FT (Bosco y Komi, 1979).
- Modalidad de activación: trabajo concéntrico (positivo).
- Relación con otros parámetros: correlación con sprint ( $r = -0.63$ ) (Bosco y Komi, 1983), test de Abalakov, test de Seargent, salto con longitud desde parado, con el pico de fuerza registrado en máquinas Cybex a una velocidad de 4.2 rad/s.

Se presentan datos de referencia de squat jump (SJ) de deportistas de nivel internacional, en la Tabla 9.

**Tabla 9: Referencia de squat jump. Deportistas varones (Bosco, 1994)**

Deporte	SJ (cm)
Rugby	34.5
Jockey (Noruega)	35.6
Fútbol	37.2
Handbol (Italia)	37.5
Jockey (Italia)	38.2

Fútbol (Noruega)	38.2
Béisbol (Finlandia)	39
Fútbol (Italia)	40.6
Vóley (Finlandia)	41
Vóley (Italia)	41.7
Vóley (URSS)	43.5
Vóley (Noruega)	47
Maratón	23
800-1500 m	34
400 m	40.5
100-200 m	45.5
Salto en largo	46
Salto en alto	46.5
110 m con vallas	51.5
Lanzamiento de bala	56.5
Esquí salto trampolín	49.5
Tenis (Italia)	36.5
Esgrima	41.5
Lucha libre	37

Fuente: Bosco, 1994.

En la Tabla 10 se presentan datos que posibilitan efectuar una relación entre el valor del SJ obtenido por el sujeto y la predominancia de fibras FT en la musculatura del tren inferior.

**Tabla 10: Relación entre valor de SJ y de fibras FT (Bosco, 1994)**

Predominancia de fibras FT	SJ (cm)
> 60 %	> 36.7
< 40 %	< 33.8

Fuente: Bosco, 1994.

### ***Variante de squat jump: squat jump a 1 pierna***

Esta variante del squat jump consiste en la ejecución del squat jump con una sola pierna. Para ello se respeta la ejecución del SJ tradicional, pero se lo lleva a cabo primero con una pierna (dos a tres intentos), y luego con la otra (dos a tres intentos). Esta forma de ejecución del SJ es muy utilizada para analizar si un deportista sano posee un nivel equilibrado de fuerza explosiva (con modalidad activa o puramente concéntrica) en ambas piernas, como también en sujetos que están llevando a cabo un programa de recuperación de lesiones y se necesita analizar el progreso de fuerza explosiva en la pierna lesionada con respecto a la pierna sana.

## 2. Counter movement jump (CMJ) o test de salto con contramovimiento

El método de ejecución del CMJ es el siguiente:

- a- Planta del pie en contacto con la plataforma de contacto.
- b- Manos en las caderas y tronco recto, posición erguida.
- c- Realizar un contramovimiento sugerido de  $90^\circ$  (pero adaptable a cada uno, siempre que se acerque a dicha angulación) y saltar.
- d- Angulo de la rodilla en el despegue= $180^\circ$ .
- e- Caída con los pies hiperextendidos.

El test con contramovimiento (CMJ) es una prueba en la que la acción de saltar hacia arriba se realiza con la ayuda del ciclo de estiramiento acortamiento (CEA).

Debido a que el movimiento hacia abajo se realiza con una aceleración muy modesta y los extensores se activan solo en el momento de la inversión del movimiento, se puede afirmar que el estiramiento de los elementos elásticos y la consiguiente reutilización de energía elástica se ve limitada. Por ello la mejora de la prestación con respecto al SJ se debe también al uso del reflejo miotático (factor de tipo coordinativo).

Se indica que la flexión de rodillas en el contramovimiento debe ser de  $90^\circ$ , aunque la realidad indica que el individuo debe realizar el contramovimiento en el ángulo en que se encuentre más cómodo, y en el que su técnica de salto con contramovimiento le indique.

Durante la acción de flexión, el tronco debe permanecer lo más recto posible para evitar cualquier influencia de este en el resultado de la prestación de los miembros inferiores.

**Figura 16: Counter movement jump (CMJ)**



Fuente: [goo.gl/bhZE6m](https://goo.gl/bhZE6m)

Durante un CMJ el almacenamiento y la recuperación de energía elástica en el músculo y el tendón contribuyen en un 25-50 % a la mejora de la actuación tras un gesto de

contramovimiento (Shorten, 1987). Las ganancias medias entre un CMJ y un SJ están entre el 15-20 %.

Si las diferencias existentes entre un CMJ y un SJ son menores al 10 %, esto significa que la eficacia en el aprovechamiento del CEA es insuficiente, pero si las diferencias son mayores al 20 %, entonces indican que existe un déficit en la capacidad contráctil del músculo.

### Características del CMJ

- **Cualidad investigada:** fuerza explosiva, capacidad de reclutamiento nervioso, expresión del porcentaje de FT, reutilización de la energía elástica y coordinación intramuscular e intermuscular.
- **Tipo de actividad:** trabajo concéntrico precedido por una actividad excéntrica (contramovimiento).  
Durante la fase excéntrica el sistema nervioso se ve solicitado y tanto los elementos elásticos en serie activos (puentes cruzados), como los pasivos (tendones) son estirados con el consiguiente almacenamiento de energía elástica que es reutilizada durante la fase de empuje (Baldino, 2014).  
La pre-activación del sistema nervioso que se pone de manifiesto durante el trabajo excéntrico, permite a los sujetos con un % alto de fibras lentas disponer de tiempo para reclutar unidades motrices tónicas (ST) que requieren de un tiempo de activación más largo que las fásicas (FT). De este modo, al inicio del empuje la actividad nerviosa manifiesta su máximo nivel (Viitasalo y Bosco et al, 1982) tanto en sujetos rápidos y lentos, poniendo una diferencia notable con respecto al SJ en el cual se produce un incremento progresivo del desarrollo de la fuerza y de la actividad mioeléctrica (Bosco et al, 1987).
- **Relación con otros parámetros y funciones:** Correlación con los resultados en esprint ( $r=-0.75$ ) (Bosco, 1981; Padullés, en Bosco 1994), Test de Abalakov (Padullés en Bosco 1994), Test de Seargent, con salto de longitud desde parado, con pico de momento de fuerza en dinamómetro isocinético Cybex, con fuerza isométrica máxima, con el área de las fibras musculares FT del vasto lateral (Mero y cols., 1991) y con el % de FT de extensores de piernas (Bosco y Komi, 1979).

Se presentan datos de referencia de counter movement jump (CMJ), de deportistas de nivel internacional, en la tabla 11.

**Tabla 11: Referencia de counter movement jump (CMJ). Deportistas varones (Bosco, 1995)**

Deporte	CMJ (cm)
Rugby (Italia)	38.5
Hockey (Noruega)	40
Fútbol	37.2
Hándbol (Italia)	41
Fútbol (Italia)	43.5
Béisbol (Finlandia)	42
Vóley (Finlandia)	46
Vóley (Italia)	45.5
Vóley (URSS)	49
Vóley (Noruega)	53
Maratón	27
800-1500 m	39
400 m	44
100-200 m	49.5
Salto en largo	51.7
Salto en alto	51.5
Lanzamiento de bala	63

Fuente: Bosco, 1995.

### ***Variante de counter movement jump: counter movement jump a 1 pierna***

Esta variante del counter movement jump consiste en la ejecución del CMJ con una sola pierna. Para ello se respeta la ejecución del CMJ tradicional, pero se lo lleva a cabo primero con una pierna (dos a tres intentos), y luego con la otra (dos a tres intentos).

Esta forma de ejecución del CMJ es muy utilizada para analizar si un deportista sano posee un nivel equilibrado de fuerza explosiva (con modalidad reactiva o excéntrica seguida de concéntrica, con un CEA largo) en ambas piernas, como también en sujetos que están llevando a cabo un programa de recuperación de lesiones y se necesita analizar el progreso de fuerza explosiva reactiva en la pierna lesionada, con respecto a la pierna sana.

### **3. Rocket jump (RJ)**

Es un salto sin contramovimiento ni acción de los brazos, desde cuclillas o flexión profunda relajada. Está caracterizado por presentar un doble pico de fuerza en la fase de empuje, y por tener una alta correlación con los valores máximos obtenidos en sentadilla profunda.

Utilizado para cuantificar la acción de los músculos extensores de los miembros inferiores, en sus ángulos más profundos, restando el valor del SJ.

El método de ejecución del RJ es el siguiente:

- a) Sujeto parado sobre la plataforma de contacto se ubica en la posición de sentadilla o cuclilla profunda y mantiene esta posición durante 3 a 4 segundos, estando relajado.
- b) Las manos se ubican en la cintura, no posibilitándose que el sujeto deje de tener contacto con las mismas de la cintura. Por esto, en el momento del despegue no podrá ayudarse impulsándose con los brazos.
- c) A la orden del evaluador, el sujeto realiza un salto vertical máximo.

**Figura 17: Rocket jump (RJ)**



Fuente: <http://goo.gl/b3iV7n>

#### **4. Drop jump (DJ) o salto vertical con caída desde altura variable (20 – 100 cm)**

El método de ejecución del DJ es el siguiente:

- a- Sujeto parado sobre un escalón, cajón, etcétera, de una altura determinada, con manos en la cintura, o bien libres, de acuerdo a lo que determine el evaluador, piernas extendidas y tronco erguido.
- b- Se deja caer dando un paso adelante.
- c- Al tomar contacto con la plataforma, efectuar un esfuerzo violento con intención de realizar un salto vertical a máxima altura.
- d- Ángulo de la rodilla en el despegue =  $180^\circ$ .
- e- Caída con los pies hiperextendidos.

La altura de caída varía en función de la capacidad del sujeto (20-100 cm).

**Figura 18: Drop jump (DJ)**



Fuente: <http://goo.gl/4T9zLR>

Se debe progresar en la altura de caída teniendo en cuenta dos aspectos. Por un lado, que el tiempo de contacto sea inferior a 250 ms o 300 ms (Schmidtbleicher and Gollhofer, 1982) y, por otro, que la altura del salto después de la caída sea superior o igual a la altura del CMJ.

En el momento de contacto, el sujeto debe frenar lo más rápidamente posible el movimiento hacia abajo, intentando bloquear las rodillas, de manera de salir hacia arriba lo más velozmente posible.

- **Cualidad investigada:** stiffness o dureza muscular, que representa la capacidad neuromuscular de desarrollar valores altísimos de fuerza durante el ciclo estiramiento acortamiento, comportamiento viscoelástico de los músculos extensores, reflejo miotático o de estiramiento, y comportamiento de los propioceptores inhibidores (corpúsculos tendinosos de Golgi).
- **Modalidad de activación muscular:** activación siguiendo el CEA de los músculos extensores de las piernas.

Cayendo desde alturas de alrededor de 30-40 cm se utilizan prevalentemente el tríceps sural. Con alturas superiores hay mayor utilización de los músculos del muslo (Schmidtbleicher and Gollhofer, 1982)

##### ***5. Test de saltos reactivos durante 5 a 60 segundos. Valoración de la potencia mecánica del metabolismo anaeróbico alactácido y láctico***

El método de ejecución de los saltos es idéntico al del CMJ, con la sola diferencia de que se ejecutan en forma seguida y durante un período preestablecido.

Bosco y Komi (1982) marcan que la flexión de rodillas debe ser de 90°, y que, en pruebas de más de 30 segundos, producto de la fatiga, la flexión no alcanza dicha angulación.

Si se produce una variación en el ángulo de salto (por ejemplo 50°), no debe considerarse válido el registro de potencia, ya que esta variación angular provoca una mejora del 30 % en el rendimiento energético con respecto a variaciones angulares amplias (cercanas a los 90°).

La realidad indica que es muy difícil conseguir angulaciones de 90° en todos los saltos en individuos deportistas que realizan este tipo de pruebas. De esta forma tomaríamos los registros de los tiempos de vuelo, tiempos de contacto y centímetros saltados, pero no los registros de potencia, ya que tendrían gran margen de error.

Como media se debería conseguir un salto por segundo, siempre y cuando se respete el ángulo de 90°. Si no es así, el número de saltos será mayor. Dentro de los tiempos de ejecución de este tipo de saltos, tenemos dos grandes variantes: la ejecución de saltos reactivos de corta duración (5"-15"), o bien de media o larga duración (15" hasta 60"). En nuestro caso puntual nos interesa la ejecución de saltos reactivos de corta duración.

### ***Test de saltos continuos o reactivos de duración corta (5 – 15 segundos)***

Bosco (1982) propone que la prueba de saltos reactivos de duración corta debe ser aplicada en deportistas donde la fuerza explosiva es una función importante en los resultados de la competición.

### **Cálculo de la capacidad de resistencia a la fuerza veloz**

Los valores proporcionados por la prueba de saltos continuos son dos: la potencia mecánica y la altura media (H10) conseguida durante los saltos.

Capacidad de resistencia a la fuerza veloz:  $H_{10}/HCMJ$ , donde:

- H10: altura promedio de los saltos en 10 segundos.
- HCMJ: altura en el CMJ.

Otra fórmula sería:

Capacidad de resistencia a la fuerza veloz:  $H_f/H_i$ , donde:

- $H_f$ : media de los tres últimos saltos.
- $H_i$ : media de los tres primeros saltos.

La relación entre estos valores debe ser siempre cercana a 1.

Se presentan en la tabla 12 valores de referencia de la resistencia a la fuerza veloz (Bosco, 1994).

**Tabla 12: Valores de resistencia a la fuerza veloz (Bosco, 1994)**

<b>H15/HCMJ x 100 Deporte individual</b>	<b>Nivel</b>	<b>H15/HCMJ x 100 Deporte en equipo</b>
80	Bajo	70
90	Medio	80
100	Alto	90

Fuente: Bosco, 1994.

Otros resultados que obtenemos y podemos utilizar en un análisis longitudinal de datos es la altura promedio o tiempo de vuelo promedio, y el tiempo de contacto promedio en la prueba de saltos reactivos de 10 segundos, que es la más utilizada en nuestro medio por trabajar con tiempos donde predomina el sistema anaeróbico aláctico en el aporte energético.

### ***Variante de saltos continuos o reactivos de duración corta (5 – 15 segundos)***

Esta variante de saltos reactivos consiste en la ejecución de saltos reactivos de duración corta con una sola pierna. Para ello se respeta la ejecución de los saltos reactivos tradicional, pero se los lleva a cabo primero con una pierna (uno o dos intentos), y luego con la otra (uno o dos intentos).

Esta forma de ejecución de saltos reactivos de duración corta es utilizada para analizar si un deportista sano posee un nivel equilibrado de resistencia a la fuerza explosiva (con modalidad reactiva o excéntrica, seguida de concéntrica) en ambas piernas, como también en sujetos que están llevando a cabo un programa de recuperación de lesiones, y se necesita analizar el progreso de la resistencia a la fuerza explosiva reactiva en la pierna lesionada, con respecto a la pierna sana.

### ***6. Squat jump con cargas crecientes sobre los hombros de hasta el peso corporal (SJbw) y otros***

Los pasos de realización del test son los siguientes:

- a) Plantas de los pies apoyadas en la plataforma de contacto.
- b) Rodillas flexionadas a 90°.
- c) Tronco recto.
- d) Ángulo de la rodilla de 180° en máxima extensión.
- e) Pies hiperextendidos en el momento del contacto con el tapiz.

Cualidad investigada: fuerza dinámica máxima con cargas ligeras y cargas pesadas ( $SJ_{bw}$ ). Capacidad de reclutamiento nervioso (Bosco y Komi, 1982). Expresión de la estructura morfológica de los extensores de las piernas (sección transversal de los músculos y dimensión de las fibras, tanto FT como ST) (Bosco, 1985). Modalidad de activación: trabajo concéntrico (positivo).

Relación con otros parámetros y funciones: el SJ con cargas bajas (10-40 kg) está correlacionado con SJ y CMJ. El  $SJ_{bw}$  está relacionado con la fuerza isométrica máxima, que es muy importante para la transformación de la fuerza de base en fuerza veloz.

Este test solo se debe realizar si el deportista conoce perfectamente las técnicas de levantamiento de pesas y tiene un altísimo nivel de fuerza en la musculatura del tren inferior y de músculos posturales de tronco.

Si el deportista no posee un alto desarrollo de la fuerza en la musculatura implicada en el ejercicio, corre muchos riesgos de lesión, por lo que habrá que aplicarlo en situaciones donde el sujeto evaluado verdaderamente lo requiera y esté totalmente preparado para la exigencia del test.

### ***7. Test de saltos reactivos con rodillas bloqueadas durante 5 a 7 segundos con y sin obstáculos***

De acuerdo a lo sugerido por Vittori (Bosco, 1994), este test se puede realizar superando o no obstáculos, y representa una variante del DJ test, en el que la coordinación intramuscular e intramuscular juegan un rol importante, así como la capacidad de utilización de brazos, la energía elástica y los reflejos de estiramiento.

La prueba consiste en la ejecución de algunos saltos verticales durante un tiempo relativamente corto (5 a 7 segundos), en el que se busca la mayor altura en cada uno de los saltos, estando en contacto con el suelo el menor tiempo posible. Se mide la elevación del centro de gravedad y el tiempo de contacto.

Durante la ejecución de la prueba, las rodillas se deben bloquear al máximo y se pueden utilizar los brazos. El uso de los brazos contribuye en un 15 % y un 25 % del resultado alcanzado.

**Figura 99: Test de saltos reactivos**



Fuente: <http://goo.gl/hEgs4X>

### **8. Test de Abalakov (ABK), test de Seargent y CMJ con impulso de brazos**

Estos test nos permiten conocer los beneficios que la acción de los brazos tiene sobre la capacidad de salto vertical: su ejecución es igual a la del CMJ, pero en este caso el ejecutante no permanece con los brazos en la cintura, sino que, con una acción coordinada de ellos, deberá incrementar la capacidad de impulso (Harman, 1990).

Las diferencias entre el test de Abalakov y el de Seargent consisten en la forma de medición. En el primero se coloca una cinta entre las piernas, unida a un cinturón y a una pieza metálica sobre la que se desliza. En el segundo se mide la diferencia de altura entre un brazo extendido y el punto más alto de alcance después de un salto.

Con la plataforma de contacto realizamos el test de Abalakov, midiendo el tiempo de vuelo y la altura del salto, donde tenemos una participación muy activa de los brazos y el tronco en el impulso.

**Figura 20: Test de Abalakov (ABK)**



Fuente: <http://goo.gl/Qx4Bcz>

Se presentan datos de saltar y alcanzar (salto vertical) con impulso de brazos en la Tabla 13 (Cappa, 2000).

**Tabla 13: Valores de salto vertical con ayuda de brazos (Cappa, 2000)**

Edad (años)	Mujeres (cm)	Varones (cm)
5	17	17.8
6	18	19
7	21	22
8	22	23.5
9	24	26
10	28	29
11	29.5	31
12	33	33.9
13	32.5	37.5
14	33	38
15	32.5	41
16	33	44.5
17	33.1	48
18	33.2	50

Fuente: Cappa, 2000.

### **9. Maximun jump (max., MJ o salto máximo)**

Es un salto vertical libre cuya única restricción es que el despegue y el aterrizaje deben realizarse sobre las superficies de evaluación. Rigurosamente hablando, este salto no es estrictamente un salto vertical. Por lo tanto, y por razones de seguridad, deberá ubicarse la alfombra de contactos sobre una superficie antideslizante, para evitar que el deportista se resbale en los momentos del despegue o la caída. Es un salto para cuantificar el componente cuantitativo por simple diferencia con el ABK, además de marcar el techo en la capacidad de salto del deportista.

Una forma cómoda de evaluar este salto es con la utilización de dos alfombras: una para el despegue y otra para el aterrizaje.

Para este salto se pueden tomar uno o dos pasos que sirven de impulso previo. La cantidad de pasos va a depender de las características del gesto técnico a medir, como también de la técnica específica del sujeto a evaluar y su eficiencia para lograr el mejor rendimiento.

**Figura 21: Maximun jump (max. o MJ)**



Fuente <http://goo.gl/jcbDo9>

### **10. Tests de salto en longitud o saltos horizontales**

Consisten en pruebas de saltos con una dirección predominantemente horizontal, de manera de obtener la mayor distancia en longitud a partir de un salto o sucesión de ellos.

De la misma manera que los test anteriormente analizados, el salto en longitud puede realizarse de las siguientes maneras:

- a) Salto en longitud u horizontal sin contramovimiento y sin impulso de brazos. En este caso el sujeto se ubica en la posición de salto con una flexión de rodillas de 90°, mantiene dicha angulación unos 3 a 4 segundos, y luego salta.
- b) Salto en longitud u horizontal con contramovimiento y sin impulso de brazos. El sujeto se ubica erguido en el lugar de partida del salto, con manos en la cintura, realiza un contramovimiento y salta hacia delante.
- c) Salto en longitud u horizontal con contramovimiento e impulso de brazos. La persona puede realizar en este caso un contramovimiento antes del salto y, además, puede usar los brazos para generar un balanceo que lo ayude en su impulso.

#### ***Variante de salto en longitud o salto horizontal: salto en longitud o salto horizontal a 1 pierna***

Esta variante del salto en longitud o salto horizontal consiste en la ejecución del salto en longitud o salto horizontal con una sola pierna. Para ello se respeta la ejecución del salto en longitud o salto horizontal tradicional (en las variantes donde no hay utilización de impulso de brazos para su ejecución), pero se lo lleva a cabo primero con una pierna (dos a tres intentos), y luego con la otra (dos a tres intentos).

Esta forma de ejecución del salto en longitud o salto horizontal es muy utilizada para analizar si un deportista sano posee un nivel equilibrado de fuerza explosiva (con

modalidad concéntrica pura o reactiva, es decir, excéntrica seguida de concéntrica) en ambas piernas, como también en sujetos que están llevando a cabo un programa de recuperación de lesiones y se necesita analizar el progreso de fuerza explosiva (activa o reactiva) en la pierna lesionada, con respecto a la pierna sana.

En la sección de Baloncesto Formativo del FCB se utilizan plataformas de fuerza monoaxiales para el control del salto con los jugadores. Se monitorizan y se controlan las siguientes variables, principalmente:

- Pico de fuerza concéntrica (N).
- Tiempo de contracción concéntrica (s).
- Tiempo fase excéntrica (s).
- Tiempo desde inicio de movimiento hasta el pico de fuerza máximo (s).
- Media de la fuerza aplicada en fase concéntrica (N).
- Media de la fuerza aplicada en fase excéntrica (N).
- Ratio de la media de la fuerza aplicada en fase concéntrica-excéntrica (%).
- Tiempo de vuelo (s).
- Altura de vuelo (cm).
- Pico de fuerza máxima en fase concéntrica relativa (N/kg).
- Velocidad máxima en fase concéntrica (m/s).
- Pico de potencia relativa (W/kg).
- Pico de fuerza en aterrizaje (N).
- Pico de fuerza relativa en aterrizaje (N/kg).
- RFD en aterrizaje (N/s).
- Asimetría de fuerza aplicada en fase concéntrica (% L,R).
- Asimetría del pico de fuerza máxima (% L,R).

Se realizan saltos programados periódicamente para controlar dichas variables.

## Referencias

**Andersen, L. B., Henckel, P.** (1987). Maximal voluntary isometric *strength* in Danish adolescents 16–19 years of age. *Eur J Appl Physiol* 56, 83–9.

**Alén, M., Häkkinen, K., Komi, P. V.** (1984). *Changes in neuromuscular performance and muscle fiber characteristics of elite power athletes self-administering androgenic and anabolic steroids (Traducción propia).*

**Avis, F. J., Hoving, A., y Toussaint, H. M.** (1985). A dynamometer for the measurement of force, velocity, work and power during explosive leg extension. *Eur. J. Appl. Physiol.* 54 (2): 210-15

**Axon Bioingeniería Deportiva.** Saltos Simples. Recuperado de: <http://www.axonjump.com.ar/#!rocket-jump/zoom/clytu/i37k1>

**Baldino, J. M.** (2014). *Análisis de las características antropométricas y las diferentes manifestaciones de fuerza de miembros inferiores de surfistas profesionales. Especialización en programación y evaluación del ejercicio.* UNLP

**Beachle, T. y Earle, R.** (2007). *Principios del entrenamiento de la fuerza y del acondicionamiento físico.* Madrid: Panamericana.

**Bompa, T.** (2000). *Periodización del entrenamiento deportivo.* Barcelona: Paidotribo.

**Bompa, T.** (2000). *Periodización del entrenamiento deportivo.* Barcelona: Paidotribo.

**Bosco, C.** (2000). *La fuerza muscular: aspectos metodológicos.* Barcelona: INDE.

**Bosco, C.** (1994). *La valoración de la fuerza con el test de Bosco. Colección Deporte y Entrenamiento.* Ed. Paidotribo. Barcelona.

**Bosco, C.** (1985). *L'effectto del pre-stiramento sul comportamento del muscolo schelettico e considerazioni fisiologiche sulla forza esplosiva.* En *Atleticastudi* jan-fev. 7-117. Traduction Inseps n° 644.

**Bosco, C.** (1987). Valoraciones funcionales de la fuerza dinámica, de la fuerza explosiva y de la potencia anaeróbica láctica con los test de Bosco. *Apuntes de Medicina Deportiva.* 24:151-156

**Bosco C., Viitasalo J. T., Komi, P. V. and Luhtanen, P.** (1982). *Combined effect of elastic energy and myoelectrical potentiation during stretch-shortening cycle exercise*. Acta Physiol Scand, 114, (4) 557-565.

**Bosco, C., Komi, P. V.** (1982) *Muscle elasticity in athletes*. In: Komi PV (ed) *International series on sports sciences, vol. 12. Exercise and sport biology*. Human Kinetics PuN, Champaign Ill, pp 109-117.

**Bosco, C., Komi, P. V.** (1979) *Mechanical characteristics and fiber composition of human leg extensor muscles*. Eur J Appl Physiol 41:275-284.

**Brown, L. E., y Weir, J. P.** (2001). *Accurate Assessment of Muscular Strength and Power, ASEP Procedures Recommendation (Traducción propia)*. Journal of Exercise Physiology 4(3).

**Cappa, D.** (2000). *Entrenamiento de la potencia muscular*. Argentina

**Colado Sánchez, J. C.** (1996). *Fitness en las salas de musculación*. Barcelona: INDE

**Cometti, G.** (2005). *Los métodos modernos de musculación*. Barcelona: Paidotribo.

**García Manso, J. M.** (1999). *Alto rendimiento. Adaptación y excelencia deportiva*. Madrid: Gymnos.

**García Manso, J. M., Navarro Valdivieso, M., y Ruiz Caballero, J. A.** (1996). *Pruebas para la valoración de la capacidad motriz en el deporte*. Madrid: Gymnos.

**García Manso, J. M., Navarro Valdivieso, M. y Ruiz Caballero, J. A.** (1996). *Bases teóricas del entrenamiento deportivo*. Madrid: Gymnos.

**Gorostiaga Ayestarán, E. y González Badillo, J.,** (1994). *Prácticas de clase*. Datos no publicados.

**Gorostiaga Ayestarán, E. y González Badillo, J.** (1995). *Fundamentos del entrenamiento de la fuerza. Aplicación al alto rendimiento*. Barcelona: INDE.

**González Badillo, J.J., Gorostiaga, E.** *Fundamentos del entrenamiento de la fuerza*. Barcelona: inde, 1996.

**Gonzalez Badillo, J.J.** *Planificación y programación del entrenamiento para los deportes de fuerza y velocidad 1*. Textos master alto rendimiento deportivo. Madrid: coes, 1997

**Gonzalez Badillo, J.J.** *Concepto y medida de la fuerza explosiva en el deporte. Posibles aplicaciones al entrenamiento.* Revista de entrenamiento deportivo nº1, pp.6-10. La coruña, 2000.

**González Badillo, J. J., y Ribas Serna, J.** (2002). *Programación del entrenamiento de la fuerza.* Barcelona: Inde publicaciones.

**Harman E. A., Rosenstein M. T., Frykman P. N., Rosenstein R. M.** *The effects of arms and countermovement on vertical jumping.* Med Sci Sports Exerc 1990; 22 (6):825-33.

**Häkkinen K, Alén M, Komi PV.** (1984). *Neuromuscular, anaerobic, and aerobic performance characteristics of elite power athletes (Traducción propia).* Eur J Appl Physiol Occup Physiol; 53(2):97-105.

**Häkkinen K, Komi PV, Alén M.** (1985) *Effect of explosive type strength training on isometric force- and relaxation-time, electromyographic and muscle fibre characteristics of leg extensor muscles (Traducción propia).* Acta Physiol Scand. Dec; 125(4):587-600.

**Häkkinen, K., Komi, P.V., & Kauhanen, H.** (1986). *Electromyographic and force production characteristics of leg extensor muscles of elite weight lifters during isometric, concentric, and various stretch-shortening cycle exercises (Traducción propia).* International Journal of Sports Medicine, 7, 144- 15 1.

**Häkkinen K, Myllylä E.** (1990) *Acute effects of muscle fatigue and recovery on force production and relaxation in endurance, power and strength athletes (Traducción propia).* J Sports Med Phys Fitness. Mar; 30(1):5-12.

**Heredia Elvar, J. R., y Costa, M. R.** (2004). *Propuesta para diseño de programas de fitness muscular.*

**Heredia Elvar, J. R., Chulvi Medrano, I., Ramón, M., y Pomar, R.** (2006). *Evaluación de la Fuerza para la Salud: Reflexiones para su Aplicación en Programas de Acondicionamiento Físico Saludable.*

**Heredia, J. R., Miguel, R., y Abril, M.** (2005). *Criterios para la observación, control y corrección de ejercicios de musculación para la salud.*

**Heyward, V.** (2008). *Evaluación y prescripción del ejercicio.* Buenos Aires: Editorial Médica Panamericana.

**Hislop, H. J.** (1963). *Quantitative changes in human muscular strength during isometric exercise.* Journal of the American Physical Therapy Association, 43, 21-38.

**Hollander BD, Kraemer RR, Kilpatrick MW, Ramadan ZG, Reeves GV, Francois M, Hebert EP, Tryniecki JL.** (2007). *Maximal excentric and concentric strength discrepancies between Young men and women for dynamic resistance exercise.* J. Strength Cond. Res; 21(1): 4-40.

**Hood, L. B., y Forward, E. M.** (1965). Strength variations in two determinations of maximal isometric contractions. *Physical Therapy*, 45, 1046-1053.

**Houtz S., Lebow M., Beyer F.** (1957). Effect of posture on strength of the knee flexor and extensor muscles. *J Appl Physiol*, 11, pp. 475-480.

**Howley, E. T., y Frank, B.** (2000). *Manual del Técnico en Salud y Fitness.* Barcelona: Paidotribo.

**Impellizzeri, F.M., Rampinini, E., Maffiuletti, N. & Marcora, S.M.** (2007). *A vertical jump force test for assessing bilateral strength asymmetry in athletes.* *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 39, 2044-2050.

**Insua, M. F.** (2005). *Congreso sobre Ciencias del Deporte.* Buenos Aires.

**Isidro, S., Heredia, J. R., Pinsach, P., Ramón, M.** (2006). *Manual del entrenador personal: del fitness al wellness.* Barcelona: Paidotribo.

**Jiménez, A. (Coord.).** (2005). *Entrenamiento personal. Bases, fundamentos y aplicaciones.* Barcelona: INDE.

**Jiménez, A. (Coord.).** (2007). *Entrenamiento de Fuerza. Avances en ciencias de la actividad física y el deporte.* Madrid: Universidad Europea de Madrid.

**Kannus, P.** (1994). *Isokinetic evaluation of muscular performance: implications for muscle testing and rehabilitation (Traducción propia).* *Int J Sports Med*, 15: S11-S18.

**Kellis, E., Arambatzi, F. & Papadopoulos, C.** (2005). *Effects of load reaction force and lower limb kinematics during concentric squat.* *J. of Sport Sciences*, 23(10), 1045-1055.

**Knuttgén, H. G. & Kraemer, W. J.** (1987). *Terminology and measurement in exercise performance.* *J of Appl Sports Sci Res*; 1: 1-10.

**Lehance, C., Binet, J., Bury, T., Croisier, J.** (2009). *Muscular strength, functional performances and injury risk in professional and junior elite soccer players.* *Scandinavian Journal Of Medicine & Science In Sports* [serial online]. 19(2):243-251.

**Lunnen, J. D., Yack, J., & LeVeau, B. F.** (1981). Relationship Between Muscle Length, Muscle Activity, and Torque of the Hamstring Muscles. *Physical Therapy*, 61(2), 190-195.

**Mac Dougall, J., Wenger, H., y Green, H.** (1995). *Evaluación Fisiológica del Deportista*. Barcelona Paidotribo.

**MacArdle, W.; Karch, F.; Katch, V. L.** (1996). *Exercise Physiology: Energy, Nutrition and Human performance*. Baltimore, Maryland: Williams & Wilkins (4º ed.)

**Manual de ACSM de Medicina Deportiva. VV.AA.** (1998). Barcelona: Paidotribo.

**Mero, A. P., Luhtanen, J. T., Viitasalo, J. H., Komi, P. V.** (1981) Relationship between the maximal running velocity, muscle fibre characteristics, force production and force relaxation of sprinters. *Scand J Sports Sci* 3:16–22.

**Meylan, C., Cronin, J., Nosaka, K.** (2008). *Isoenergetic Assessment of eccentric muscular strength*. *Strength Cond. J*; 30 (4): 56–64.

**Naclerio, F.** (2007). *Análisis de la producción de potencia en los ejercicios de fuerza y localización de las zonas de entrenamiento. Entrenamiento de Fuerza. Avances en ciencias de la actividad física y el deporte*. Madrid: Universidad Europea de Madrid.

**Naclerio, F.** (2011). *Entrenamiento Deportivo*. Madrid: Editorial Médica Panamericana.

**Newton, R. U., Gerber, A., Nimphius, S., et al.** (2006). *Determination of functional strength imbalance of the lower extremities*. *J Strength Cond Res.*; 20(4):971-77.

**Pradet, M.** (1999). *La preparación física*. Barcelona: INDE.

**Prentice, W. E.** (1999). *Técnicas de rehabilitación en la medicina deportiva*. Barcelona: Paidotribo.

**Rahmani, A., F., V., Dalleau, G. & Lacour, J. R.** (2002). *Force/Velocity and power/velocity relationships in squat exercise*. *Eur J Appl Physiol*, 84(3), 227-232.

**Royce, J.** (1962). *Force-time characteristics of the exertion and release of hand-grip under normal and fatigued conditions*. *Research Quarterly*, 33, 444-450.

**Saez Saez de Villarreal, E.** (2004). Variables determinantes en el salto vertical. Recuperado de: <http://www.efdeportes.com/efd70/salto.htm>

**Schmidtbleicher, D. Gollhofer, A.** (1982). *Neuromuskuläre Untersuchungen zur Bestimmung individueller Belastungsgroessen für ein Tief sprungrainig*. In: *Leistungssport*, 12, S. 298-307.

**Secher, N. H.** (1975) Isometric rowing strength of experienced and inexperienced oarsmen. *Medicine and Science in Sports*, 7, 280-283.

**Seirul-lo Vargas, F.** (1986). Entrenamiento Coadyuvante. *Apuntes de Medicina Esportiva*, 23, 38-41.

**Seirul-lo Vargas, F.** (2012). *Competencias: Desde la Educación Física al Alto Rendimiento*. *Revista de Educación Física*, 128, 5-8.

**Seirul-lo Vargas, F.** (2013). La Estructura Cognitiva. Comunicación para la formación de entrenadores deportivos. Documento FC Barcelona.

**Thorstensson, A., Karlsson, J., Viitasalo, J. H., Luhtanen, P., Komi, P. V.** (1976) *Effect of strength training on EMG of human skeletal muscle (Traducción propia)*; 98(2):232-6.

**Tlatoa Ramírez, H. M., Pimienta Rodríguez, J., Ocaña Servín, H. L., y Aguilar Becerril, J. A.** (2014). *Torque máximo en jugadores profesionales de fútbol asociación durante la pretemporada, Toluca, México, 2010*. *Revista de Medicina e Investigación* 2014; 2(2):146-153.

**Tornvall, G.** (1963) Assessment of Physical Capabilities with Special Reference to the Evaluation of Maximal Voluntary Isometric Muscle Strength and Maximal Working Capacity: An Experimental Study on Civilian and Military Subject Groups. *Acta physiologica Scandinavica*.

**Tous, J.** (1999). *Nuevas tendencias en Fuerza y Musculación*. Barcelona: Ergo.

**Verjoshansky, Y., y Siff, M.** (2000). *Superentrenamiento*. Barcelona: Paidotribo.

**Viitasalo, J. T., Hakkinen, K., & Komi, P.V.** (1981). *Isometric and dynamic force production and muscle fibre composition in man (Traducción propia)*. *Journal of Human Movement Studies*, 7(3), 199-209.

**Viitasalo, J. T., Saukkonen, S., & Komi, P. V.** (1980). *Reproducibility of measurements of selected neuromuscular performance variables in man (Traducción propia)*. *Electromyographical and Clinical Neurophysiology*, 20, 487-501.

**Vittori, C.** (1990). *El entrenamiento de la fuerza para el sprint*. *Revista de Entrenamiento Deportivo*. Tomo IV. Nº 4-5. pp 2-11.

**Zatsiorsky, V. M.** (1995). *Science and practice of strength training*. Edited by Champaign, IL; Human Kinetics.

