

# METODOLOGÍA Y VALORACIÓN DEL ENTRENAMIENTO PLIOMÉTRICO

**Carlos Pérez Caballero**  
Universidad de Murcia

## INTRODUCCIÓN

La primera publicación sobre la pliometría se desarrolló por los años 60 a cargo del profesor ruso Yuri Verkhoshansky. Al principio esta forma de entrenamiento de la fuerza fue concebida como trabajo específico de fuerza explosiva para los atletas especialistas en triple salto, pero pronto se extendió y acabó convirtiéndose en un medio de preparación de la fuerza para otras especialidades deportivas.

En la literatura deportiva de ámbito anglosajón al método pliométrico se le ha llamado de muchas maneras: drop jump, depth jump, stretch-shortening training, reactive training, shock meted, etc.

Este método surgió por la necesidad de mejorar la capacidad de producir fuerza, tanto máxima como explosiva. El profesor Verkhoshansky entrenando a sus deportistas observó, al producir el cambio de flexión profunda de rodillas a semiflexión en sentadillas, que sus atletas ganaron en fuerza de forma considerable. Ahora bien, esta nueva forma de realizar el ejercicio provocó molestias en la zona lumbar debidas al gran incremento de la carga. Posteriormente, realizando estudios de biomecánica de los saltadores de triple se percató que estos en el segundo salto desarrollaban un impulso medio de fuerza de la extremidad inferior igual a 300 kilos en un tiempo de 0,125 segundos. Fue en ese momento cuando se planteó para el desarrollo de la fuerza de las extremidades inferiores, combinar el peso de las halteras y las barras con la energía cinética generada con la caída libre del cuerpo del atleta. Fue así como nació el método pliométrico.

## ACLARACIÓN DEL CONCEPTO PLIOMETRÍA.

Históricamente, el término pliometría recibió esta denominación para referirse a una acción muscular excéntrica. En la nomenclatura comúnmente utilizada, el término isometría ha mantenido su significado original de contracción muscular bajo régimen estático; miometría cuyo significado es acción muscular de acortamiento, era sinónimo de contracción concéntrica, y pliometría se empleaba para referirse a una acción muscular excéntrica (tensión muscular con alargamiento), es decir, que originariamente este término hacía referencia a lo que significa etimológicamente.

Hay que determinar que se entiende por el término “pliometría” ya que hay que diferenciar entre lo que son acciones pliométricas que son como parte de muchos movimientos deportivos tales como correr, saltar, golpear objetos, etc., y lo que es el entrenamiento pliométrico, que es un sistema de entrenamiento que aplica acciones pliométricas como una modalidad de entrenamiento diferente y de acuerdo con una metodología precisa.

El profesor Verkhoshansky, creador de esta nueva forma de entrenamiento le denominó “método de choque” en vez de pliometría para diferenciarlo de las acciones pliométricas que se producen en la práctica deportiva diaria. Por tanto, es preferible referirse a las acciones pliométricas como acciones abreviadas de estiramiento, tal y como se ha hecho en la mayoría de la literatura científica, y volver a definir la “pliometría” como un sistema de entrenamiento específico por derecho propio.

Atendiendo al significado raíz de la palabra pliometría es un término mal empleado en la literatura, pues viene de “plio”= mayor y de métrica = medida, por tanto, este término hace referencia más bien a la capacidad excéntrica.

En la literatura anglosajona se encuentra tanto el término pliometrics (acción muscular) y plyometrics (sistema de entrenamiento). Para referirnos al concepto que se entiende por pliometría se usaría el término pliometrics.

El término correcto que define lo que se entiende por pliometría es el de “CEA” que significa ciclo de estiramiento-acortamiento.

El objetivo de CEA es convertir la energía elástica proveniente tanto del peso corporal como de la fuerza de la gravedad, durante la fase excéntrica, en una fuerza igual y contraria en la fase concéntrica.

## **CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL MÉTODO PLIOMÉTRICO**

El método pliométrico es una forma específica de preparación de la fuerza dirigida al desarrollo de la fuerza explosiva muscular y de la capacidad reactiva del sistema neuromuscular.

La base del método pliométrico se apoya en la mejora de la capacidad específica del músculo para conseguir un elevado impulso motor de la fuerza, inmediatamente después de un brusco estiramiento de la musculatura desarrollado durante la fase de frenado (stiffness) del cuerpo del deportista que cae desde una cierta altura, provocando una rápida transición de trabajo muscular excéntrico al concéntrico.

La energía cinética creada por la caída desde una altura determinada del deportista o del aparato provoca una estimulación intensa de la actividad muscular provocando unas reservas que aumentan la velocidad de la contracción muscular en la fase concéntrica.

En el trabajo con sobrecargas el potencial motor de los músculos depende prácticamente de la fuerza de la voluntad, en cambio, en el régimen pliométrico la movilización de la musculatura que se pone en acción depende principalmente de factores externos. En la fase de impacto con el suelo y de amortiguación, tanto el sistema muscular como el sistema nervioso son requeridos para producir una intensísima actividad contráctil que no es posible conseguirla únicamente por el impulso voluntario de la fuerza.

No siempre se consiguen los beneficios deseados ya que para que el efecto sea positivo la energía cinética transformada en energía mecánica durante la fase de amortiguación requiere de unas condiciones determinadas, como son una altura óptima y una intensificación de los movimientos del deportista en el impulso hacia arriba.

### *Fases desde el punto de vista de la biomecánica que se pueden distinguir en una acción pliométrica*

En una acción pliométrica se pueden distinguir una serie de fases entre el inicio y el término de la secuencia pliométrica:

1. Fase de impulso inicial en la cual el cuerpo se mueve gracias a la energía cinética que se ha generado en la acción anterior.
2. Fase electromecánica retardada que se produce cuando se contacta con una superficie evitando que un miembro siga moviéndose y provocando que el músculo se contraiga. Esta demora es el tiempo que transcurre entre el inicio del potencial de acción en los nervios motores y el comienzo de la contracción muscular.
3. Fase de amortiguamiento en la que la energía cinética produce la acción del reflejo de estiramiento que conlleva la contracción excéntrica del músculo junto con una contracción isométrica explosiva y del estiramiento del CES. La fase intermedia isométrica, es decir, aquella que se produce entre el final de la acción excéntrica y el comienzo de la acción concéntrica se la conoce como tiempo de acoplamiento.
4. Fase de rebote que integra la liberación de la energía elástica junto con la contracción involuntaria y concéntrica producida por la puesta en acción del reflejo miotático.
5. Fase de impulso final que se genera al término de la contracción concéntrica y cuando el cuerpo sigue moviéndose gracias a la energía cinética producida por la contracción concéntrica y la liberación de la energía elástica del componente elástico en serie.

### *La metodología del entrenamiento pliométrico*

Una buena base en el entrenamiento de la fuerza ayudará a los deportistas a progresar con más rapidez mediante los ejercicios pliométricos.

Los programas de entrenamiento explosivo periodizados cuidadosamente y que combinan ejercicios de fuerza máxima con ejercicios pliométricos desarrollan la fuerza explosiva con mayor eficacia que los ejercicios pliométricos de forma aislada, siempre y cuando los movimientos de fuerza precedan a las actividades pliométricas.

### *Sobre los ejercicios pliométricos*

Hay un número determinado de autores que han presentado en sus publicaciones una serie de ejercicios de saltos y acciones deportivas variadas que utilizan los rebotes muchos de los cuales no constituyen un entrenamiento pliométrico tal y como lo concibieron los científicos rusos.

Estos ejercicios son complementarios que sirven como introducción al entrenamiento pliométrico. La mayor parte de estos ejercicios balanceos, pases o recepciones con el balón medicinal u otros objetos tienen la característica de tener una fase de amortiguación muy larga lo que hace que se alejen de lo que en el fondo se considera un ejercicio pliométrico.

### *La técnica de los ejercicios pliométricos*

- La postura de la cabeza y la dirección de la vista ocupan un papel primordial a la hora de controlar los saltos. Si se realiza una extensión de la cabeza no se alcanzará la altura máxima, y si se flexiona para mirar al suelo se produce una contracción muscular inadecuada y se altera el ritmo del salto.
- Al realizar saltos de drop jump en el momento del descenso el cuerpo debe estar relajado y evitar la tensión.
- Una respiración inadecuada reduce la eficacia del salto, por tanto, hay que mantener la respiración y evitar exhalar el aire durante la fase de contacto. Expulsar el aire durante la fase de recepción reduce la estabilidad e incrementa la carga sobre la columna vertebral.
- En los saltos desde cajones hay que aterrizar con las piernas ligeramente flexionadas y con los músculos de la zona anterior del pie con una ligera tensión para evitar un choque excesivo. La fase de amortiguación no debe durar mucho y la fase de impulso tiene que ser realizado a máxima velocidad y con un impulso energético de los brazos hacia arriba.

### *Fases desde el punto de vista de la técnica en un salto de drop jump*

- La posición inicial
- El descenso desde el cajón
- Contacto con el suelo
- La amortiguación
- El impulso
- El vuelo
- El aterrizaje

#### *La posición inicial*

Colocarse al borde del cajón en bipedestación, en posición no rígida, con la espalda y la cabeza alineadas con el cuerpo y con la mirada fija al frente.

#### *El descenso desde el cajón*

Se inicia realizando un paso hacia delante juntando las piernas al inicio de la caída. Antes del descenso no se deben flexionar las rodillas, ni impulsarse hacia arriba o hacia delante con las dos piernas, ni flexionar la pierna de apoyo. Es decir, que lo único que hay que hacer es dejarse caer. La trayectoria de la caída debe ser vertical y el cuerpo debe estar totalmente extendido evitando la flexión del tronco y de las rodillas.

El deportista no debe inclinar la cabeza y adelantar los hombros y debe mantener la mirada fija al frente. Las extremidades superiores se llevan hacia atrás y permanecen en esta posición durante la fase de flexión.

#### *Contacto con el suelo*

Se debe caer con los dos pies, primero sobre las puntas y posteriormente sobre los talones. En el momento del impacto las rodillas deben estar ligeramente flexionadas con los brazos situados hacia atrás.

### *La amortiguación*

Es la fase en la que se atenúa la energía cinética de la caída del cuerpo y se pone en acción el reflejo de estiramiento. El grado óptimo de flexión de las rodillas se determina experimentando, de tal forma que una flexión muy profunda impide realizar un buen impulso y una flexión limitada incrementa la rigidez del impacto con el suelo.

### *El impulso hacia arriba*

Este debe ser muy activo. Las extremidades superiores realizan un amplio y enérgico impulso hacia delante. Se requiere de un tiempo mínimo para la transición del trabajo excéntrico al concéntrico. Para una mayor eficacia del impulso es necesario que todos los puntos articulares se desplieguen al máximo.

### *El vuelo*

Este debe ser vertical, con la mirada puesta al frente y con el cuerpo extendido en las zonas articulares de la rodillas y del tronco.

### *El aterrizaje*

En el momento justo antes del impacto el cuerpo debe estar totalmente extendido. Lo que primero contacta con el suelo son las puntas de los pies y seguidamente los talones. A continuación las rodillas se flexionan buscando frenar el cuerpo

## *Consideraciones sobre el empleo de los ejercicios pliométricos*

- La magnitud de las cargas de impulso se determina con el peso y la altura de caída libre. La combinación óptima se determina de forma empírica en cada caso específico, pero hay que dar prioridad a una altura mayor que a una carga más elevada.
- La fase de flexión o excéntrica debe ser lo más rápida posible (mínima duración) aunque suficiente para producir una buena fase de impulso o concéntrica.
- Este tipo de entrenamiento de choque debe estar precedido por un buen calentamiento de los músculos que van a ser empleados.
- Al principio la carga pliométrica no debe exceder 5-8 repeticiones por serie.
- El objetivo principal debe ser incrementar la velocidad y la aceleración de los movimientos antes de aumentar la altura de caída.
- Este entrenamiento produce una fatiga importante en el sistema nervioso, por lo que deben realizarse 3-4 días antes de una sesión de entrenamiento técnico importante.
- La pliometría es predominante en la segunda mitad del periodo preparatorio del ciclo anual. Sin embargo, también se requiere para mantener el nivel de fuerza explosiva durante el periodo de competición. Las sesiones de entrenamiento pliométrico durante el periodo de competición se deben realizar sólo cada 10-14 días, pero nunca dentro de los 10 días previos a una competición.

## EL EFECTO DEL ESTIRAMIENTO EN LA PRODUCCIÓN DE FUERZA

Dos son los procesos que generan una mayor fuerza, por un lado la intervención de los componentes elásticos en serie, y por otro la intervención del reflejo de estiramiento o miotático.

### *La intervención de los componentes elásticos en la generación de fuerza*

Algunos autores han demostrado que durante la fase excéntrica de un movimiento se almacena energía elástica, la cual se libera en la posterior fase concéntrica. Entre ellos (Asmussen, 1974; Bosco, 1982) llegaron a la conclusión de que el músculo puede generar más fuerza durante la fase concéntrica si antes le precede una contracción excéntrica.

El papel que desempeñan los tejidos conectivos en las acciones pliométricas son de gran importancia.

La dureza o rigidez muscular (stiffness) indica la capacidad del músculo para oponerse al estiramiento. La tensión generada por el músculo cuando realiza una contracción muscular se transmite hasta el punto más alejado (inserción) a través del tendón y actúa de forma contraria a la que se produce durante la fase excéntrica por la inercia que se ha creado en el cuerpo.

Se pueden distinguir en función del tipo de tejido un stiffness del tendón, un stiffness del tejido conjuntivo paralelo y otro del componente contráctil.

Estos, a parte, de las funciones que todo estudioso del tema conoce, tienen otras funciones como determinar el grado de amplitud articular, mejorar la eficacia del movimiento mejorando y liberando la energía elástica además de poner en acción el reflejo miotático derivado de la contracción excéntrica muscular.

En el músculo podemos distinguir un componente contráctil (sistema actina-miosina) y un componente no contráctil, el tejido conectivo. Desde el punto de vista de la mecánica muscular podemos ver de forma más detallada (de acuerdo con Levin y Wilman, 1927) un componente contráctil en serie, con un componente elástico en serie y un componente elástico en paralelo. El componente elástico en paralelo está formado por sarcolema, puentes cruzados en reposo y membranas (envolturas) que recubren al músculo y a sus partes. Por otra parte, el componente elástico en serie está compuesto por tendón (Hill, 1950), puentes cruzados (Jewel y Wilkie, 1958), miofilamentos, filamentos de titina y discos -Z. Por tanto, podemos decir, que existen dos fracciones en el CES, una fracción pasiva constituida por los tendones, y una fracción activa que se encuentra en los puentes de actina y miosina.

El CEP es responsable de la fuerza generada por un músculo relajado cuando es estirado más allá de su longitud de reposo. En cambio, el CES se pone en tensión por la fuerza desarrollada en el músculo contraído activamente. La cantidad que almacena el CEP es pequeña y contribuye de forma nimia en el balance total (Cavagna, 1977). Por otro lado, el CES consigue almacenar una gran energía, ya que un músculo que es contraído activamente resiste al estiramiento con gran fuerza y con más efectividad si el estiramiento se realiza de forma súbita. Esta fuerza resistida en las

extremidades del músculo, y no la longitud del músculo contraído, es la responsable de la acumulación de energía elástica en el CES.

Komi (1984) demostró que la tensión mecánica generada al estirar un músculo contraído es menor en un músculo con predominancia en fibras ST, que con fibras FT. Además se ha demostrado que la elasticidad del CES en un músculo con fibras lentas es mayor que en un músculo con fibras rápidas. Estas diferencias son debidas a la mayor concentración de colágeno en los músculos con fibras rojas (Kovanen et al., 1984). Estos resultados correlacionan con los análisis básicos de movimientos lentos y rápidos. La gran rigidez y la baja tensión generada por un músculo con predominancia de fibras ST es claramente más apropiado para la función muscular de sostén. Por el contrario, los valores bajos de rigidez, mayor extensibilidad y menor elasticidad de los músculos rápidos que realizan grandes contracciones se adaptan a mejorar la velocidad y la eficacia del movimiento.

### *El reflejo de estiramiento*

Cuando un músculo es estirado se inicia de forma refleja un mecanismo de estiramiento. Este estiramiento alarga las fibras musculares (f. extrafusales) y los husos musculares (f. intrafusales). La deformación de los h. musculares activa el reflejo de estiramiento contrayendo al músculo. La consecuencia es la activación de los h. musculares aferentes primarios que envían la señal a la medula espinal y al cerebro. Completado el arco reflejo, la medula espinal manda un impulso eferente, por medio de las motoneuronas alfa, al músculo haciendo que este se contraiga lo que libera de tensión a las f. Intrafusales (Fig. 1).

Las neuronas motoras gamma excitan las fibras intrafusales, las neuronas motoras alfa excitan las fibras extrafusales.

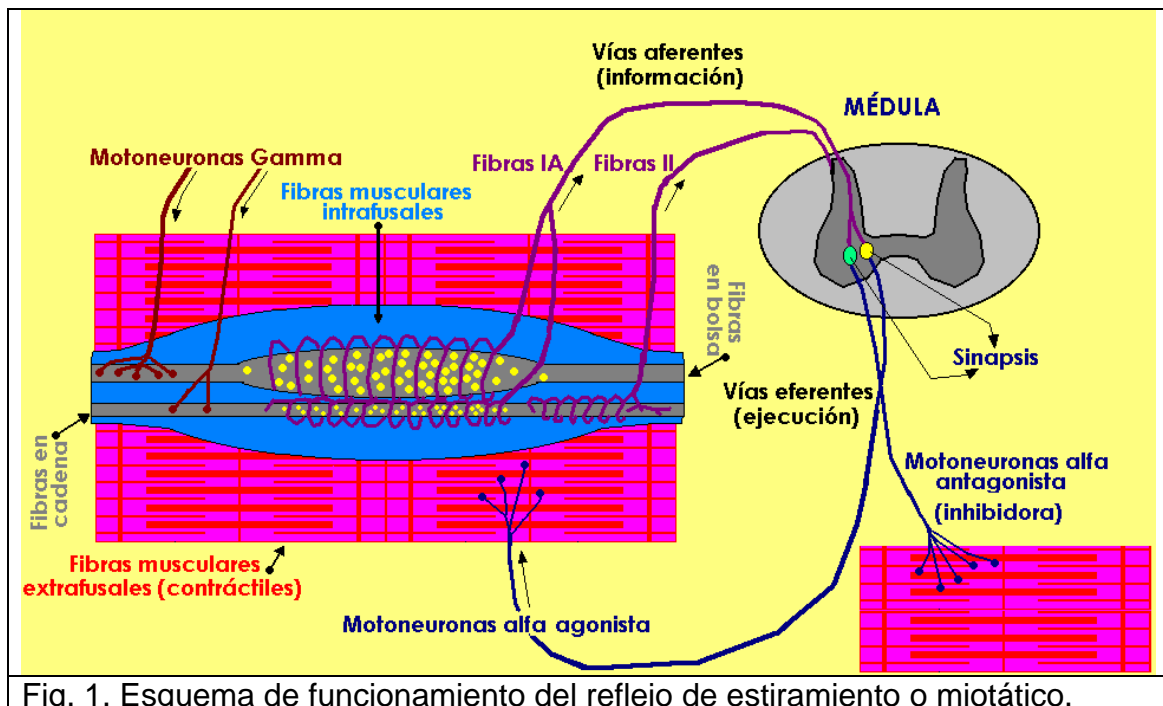


Fig. 1. Esquema de funcionamiento del reflejo de estiramiento o miotático.

El reflejo miotático consiste en un complejo proceso de reflejos de estiramientos interrelacionados, que incluyen la acción del reflejo de estiramiento dinámico fásico, el reflejo de estiramiento estático y el reflejo de estiramiento negativo.

Algunos autores han demostrado que durante la fase excéntrica de un movimiento se almacena energía elástica, la cual se libera en la posterior fase concéntrica. Entre ellos (Asmussen, 1974; Bosco, 1982) llegaron a la conclusión de que el músculo puede generar más fuerza durante la fase concéntrica si antes le precede una contracción excéntrica.

En las manifestaciones de fuerza reactiva se producen fenómenos de tipo neural que generan una mayor tensión muscular. En las distintas acciones deportivas donde se producen en el músculo extensiones bruscas y de forma súbita provocan la estimulación de los husos musculares generando instantáneamente una contracción muscular concéntrica (reflejo de estiramiento) que será mayor o menor en función del nivel de elongación y de la velocidad con que se produzca.

## LAS MANIFESTACIONES DE LA FUERZA

El músculo tiene la capacidad de contraerse y el desarrollo de su capacidad de fuerza reside en esta función. Esta capacidad puede desarrollarse por una serie de elementos y factores, que nos llevan a considerar distintas formas de manifestar la fuerza.

La terminología es la creada por el profesor Carlo Vittori (1990). Según él pueden distinguirse las manifestaciones activas y las reactivas (Tabla 1).

<b>Manifestaciones de la fuerza (C. Vittori 1990)</b>			
<b>Activas</b>		<b>Reactivas</b>	
<small>(Efecto producido por un ciclo simple de trabajo muscular)</small>		<small>(Efecto producido por un ciclo doble de trabajo muscular)</small>	
<b>Máxima dinámica</b>	<b>Explosiva</b>	<b>Elástico-explosiva C.E.A. lento</b>	<b>Reflejo-elástico-explosiva C.E.A. rápido</b>
<small>(Se produce al desplazar, sin limitación de tiempo, la máxima carga posible)</small>	<small>(Se genera en una contracción lo más rápida y potente posible)</small>	<small>(Almacenamiento de energía elástica)</small>	<small>(Reflejo de estiramiento)</small>

Tabla 1.

### *Manifestaciones activas*

Esta manifestación de fuerza se realiza cuando se da un “ciclo simple” de trabajo muscular. La contracción puede ser concéntrica o excéntrica.

- **Máxima dinámica.** Es cuando se desplaza la mayor carga posible en un sólo movimiento y sin límites de tiempo, por ejemplo, una sentadilla completa.
- **Explosiva.** Es cuando se produce una contracción muscular a máxima velocidad partiendo desde una posición en la que no se efectúa contramovimiento, como por ejemplo, desde una posición de partida en flexión de rodillas salto a máxima velocidad, siendo un gesto típico de los saltadores de esquí.

### *Manifestaciones reactivas.*

Son producidas cuando se realizan ciclos de estiramiento-acortamiento a máxima velocidad de la musculatura para generar fuerza.

- La manifestación “elástico-explosiva”. Es una contracción en que primeramente se produce un estiramiento (fase excéntrica) de la musculatura seguida de un acortamiento (fase concéntrica). En un salto con semiflexión de rodillas, la energía cinética generada en la fase de flexión, se almacena en forma de energía elástica convirtiéndose en energía mecánica en la fase concéntrica o de extensión.
- La manifestación “reflejo-elástico-explosiva”. Se produce como consecuencia de una contracción excéntrica de amplitud limitada y a máxima velocidad. Además de los efectos producidos por la fase excéntrica se consigue una mayor inervación que actúa de dos maneras: unas veces se refuerza la capacidad elástica y otras se consigue una activación más grande en la fase concéntrica (reflejo de estiramiento).

## **VALORACIÓN Y CONTROL DEL ENTRENAMIENTO DEL ENTRENAMIENTO PLIOMÉTRICO**

### *Plataformas de contacto y de infrarrojos*

#### *Plataforma de contacto*

Este aparato funciona como un cronómetro que se activa cuando el deportista, estando con los pies apoyados sobre la plataforma, despega de la superficie de la misma y se para cuando el sujeto contacta, de nuevo, con el aparato. Mide el tiempo de vuelo en el salto, y calcula de forma inmediata, a través de un microprocesador, la altura equivalente del salto. Además mide el tiempo de contacto en milisegundos y facilita la potencia en watos desarrollada por el atleta en el salto en profundidad o “drop jump” o en los saltos reactivos (Fig. 2).



Fig. 2. Ergo tester y plataforma de contacto (Globus)

## Plataforma de infrarrojos

Esta plataforma utiliza rayos infrarrojos modulados paralelos, invisibles y que no se ven afectados por la luz ambiental. Estos rayos barren la superficie del suelo, situada en dos zócalos (emisor y receptor).

Cuando la radiación es interrumpida por el contacto de los pies del deportista sobre la zona, se emite una señal que es transmitida al circuito de control, que a su vez manda una señal al dispositivo encargado del procesamiento. Mide al igual que la otra plataforma tiempo de vuelo y el tiempo de contacto en los saltos de drop jump.

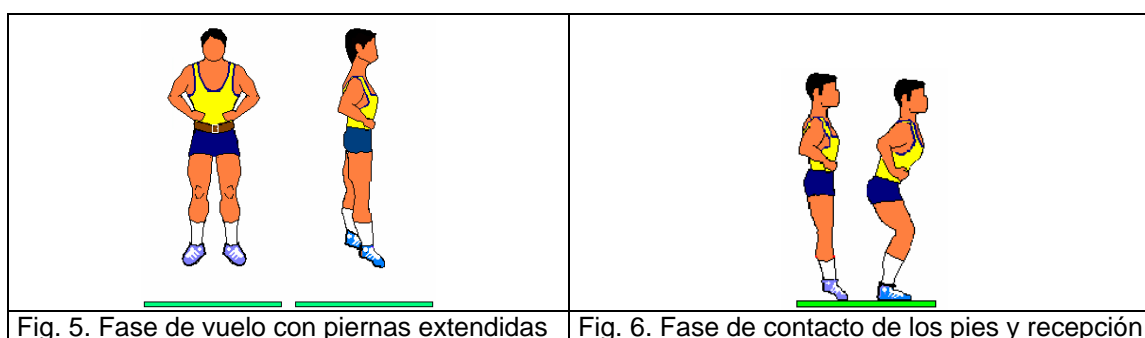
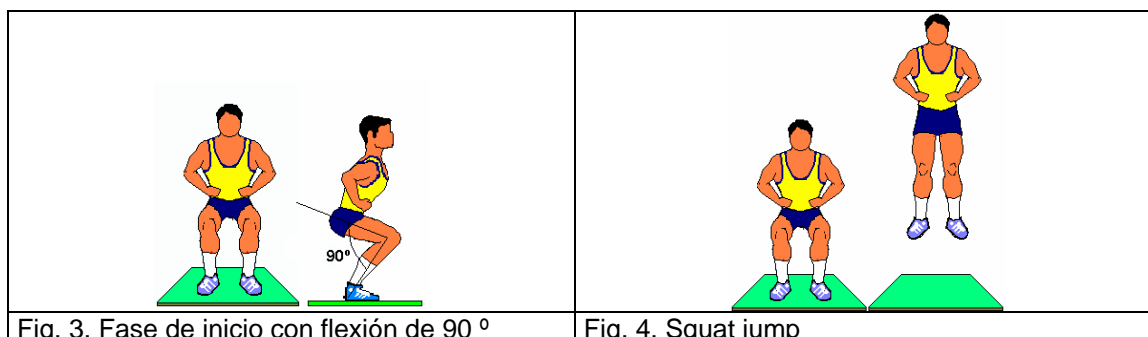
## BATERIA DE TESTS REALIZADOS EN PLATAFORMA DE CONTACTO PROPUESTA POR EL DOCTOR BOSCO

### Squat jump

#### Forma de ejecución:

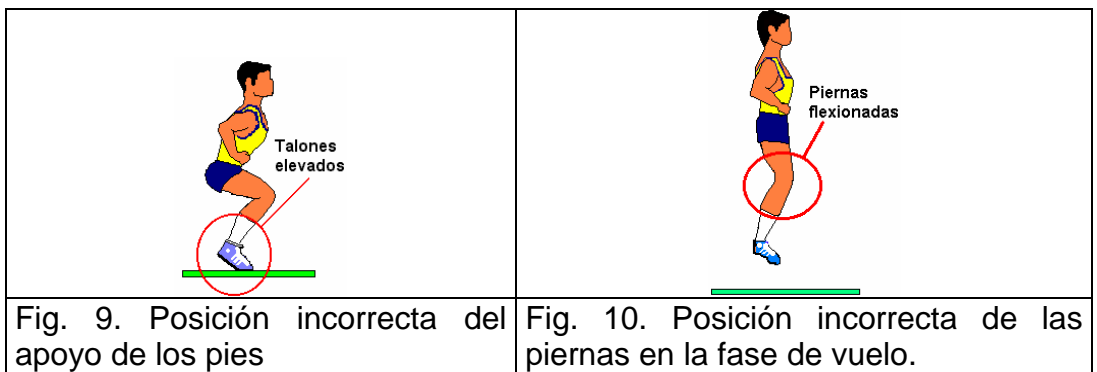
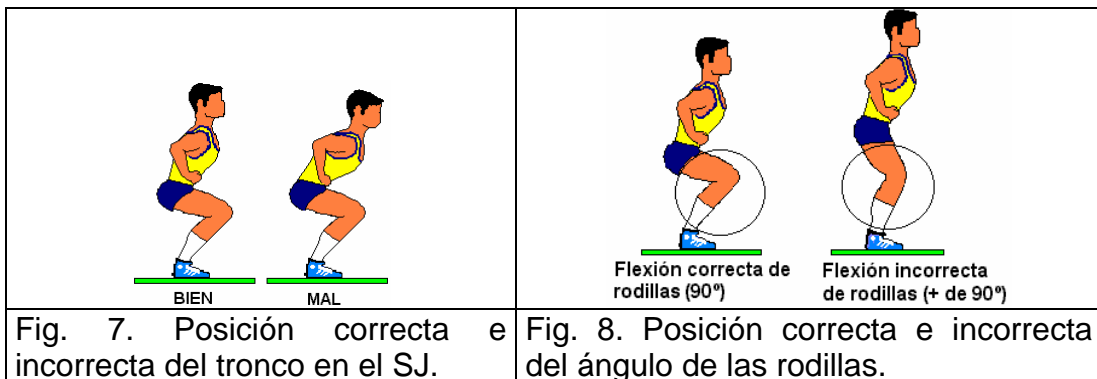
Es un test que consiste en la realización de un salto partiendo de una flexión de rodillas de  $90^{\circ}$  (Fig. 3), evitando un contramovimiento con el fin de que no se acumule energía elástica. El tronco debe estar recto y las manos deben situarse en las caderas durante la ejecución del test evitando que estas se separen del cuerpo (Fig. 4)

Las piernas durante la fase de vuelo deben estar extendidas (Fig. 5), y cuando los pies contactan con la plataforma se debe apoyar en primer lugar la zona del metatarso y posteriormente la parte posterior o el calcáneo (Fig. 6).



#### Errores a evitar:

- \* Realizar una flexión del tronco más allá de los límites normales con el fin de colocar las rodillas a la angulación indicada (90°). Este error, muy frecuente, es debido en algunos casos a un acortamiento de la musculatura isquiosural y en otros a una fibrosis glútea (Fig. 7).
- \* Realizar una flexión de rodillas superior a los 90 grados (Fig. 8).
- \* No apoyar toda la planta de los pies elevando los talones, debido a un acortamiento de la musculatura del tríceps sural (Fig. 9).
- \* Flexionar las rodillas en la fase de vuelo (Fig. 10).
- \* Recepcionar con los talones en vez de con las puntas de los pies.



*Cualidades o capacidades evaluadas:*

- \* Fuerza explosiva.
- \* Capacidad de reclutamiento.
- \* Expresión elevada de fibras FT

*Correlaciones:*

Correlaciona con el sprint, con el test de Abalakow, con el test de Seargent, con el salto de longitud sin carrera, con el pico de fuerza registrado en máquinas Cybex a una velocidad de 4,2 rad/seg. (Bosco y col., 1983; en Bosco, 1992).

*Datos proporcionados por el miniordenador:*

- \* Tiempo de vuelo en milisegundos.
- \* Altura en centímetros conseguida por el centro de gravedad.

## **Counter movement jump**

*Forma de ejecución:*

El salto Counter movement jump (salto con contramovimiento) se realiza partiendo el sujeto desde una posición erguida y con las manos en las caderas. A continuación se realiza un salto hacia arriba por medio de un ciclo de estiramiento-acortamiento, es decir, una flexión seguida lo más rápidamente de una extensión de piernas. La flexión de las rodillas debe llegar hasta un ángulo de 90 grados y hay que evitar que el tronco efectúe una flexión con el fin de eliminar cualquier influencia positiva al salto que no provenga de las extremidades inferiores (Fig. 11).

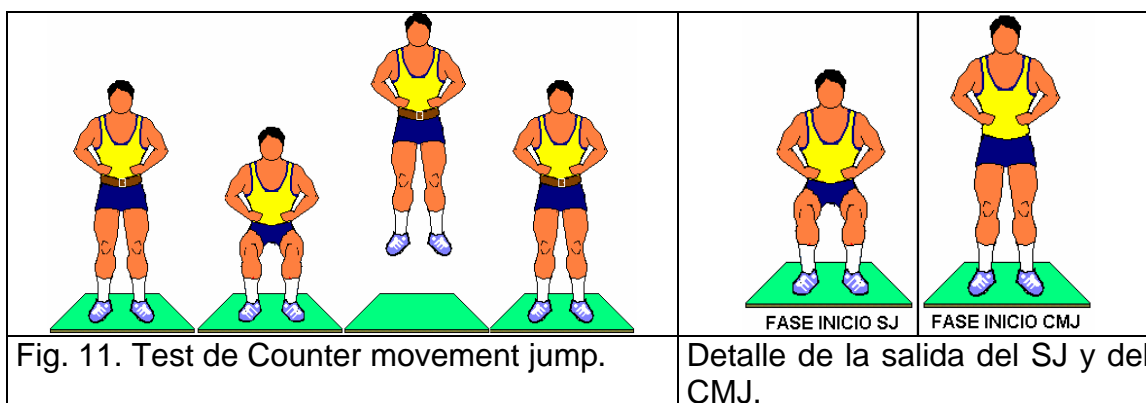
Durante la fase excéntrica la energía elástica potencial se almacena en los elementos elásticos en serie pudiendo ser reutilizada en forma de trabajo mecánico durante la fase concéntrica, si el periodo de tiempo entre las dos fases de la contracción es corto (tiempo de acoplamiento). Si este tiempo es muy largo, la energía elástica se disipa en calor.

Las piernas durante la fase de vuelo deben estar extendidas y los pies en el momento de contacto con la plataforma siguen las mismas pautas que en el salto de Squat jump.

En este test, la altura del salto debe ser mayor que en el SJ, porque a los factores que determinan el precedente tipo de manifestación de la fuerza hay que añadir el efecto debido al componente elástico.

*Errores a evitar:*

- \* Realizar una flexión de rodillas superior a los 90 grados durante el ciclo estiramiento-acortamiento.
- \* Flexionar las rodillas en la fase de vuelo.
- \* Despegar las manos de las caderas tanto en la fase de flexo-extensión de piernas como durante la fase de vuelo.
- \* Recepcionar con los talones en vez de con las puntas de los pies.



### *Cualidades o capacidades evaluadas:*

- \* Fuerza explosiva.
- \* Capacidad de reclutamiento.
- \* Expresión elevada de fibras FT.
- \* Utilización de energía elástica.
- \* Coordinación intra e intermuscular.

### *Correlaciones:*

- \* Con la velocidad desplazamiento.
- \* Con el test de Abalakow,
- \* Con el test de Seargent,
- \* Con el salto de longitud sin carrera,
- \* Con el pico de fuerza registrado en máquinas Cybex a una velocidad de 4,2 rad/seg. (Bosco y col., 1983; en Bosco, 1992).
- \* Con la fuerza isométrica máxima.
- \* Con el porcentaje de fibras FT de los extensores de las piernas.

### *Datos proporcionados por el miniordenador:*

- \* Tiempo de vuelo en milisegundos.
- \* Altura en centímetros conseguida por el centro de gravedad.

### **Abalakow o Counter movement jump (manos libres)**

#### *Forma de ejecución:*

Este salto se realiza partiendo el deportista desde una posición erecta, como en el CMJ, pero con la diferencia de tener las manos y brazos libres con el fin de ser utilizadas de forma coordinada y sincronizada con la acción de flexo-extensión de las piernas. Las extremidades inferiores durante la fase de vuelo deben estar extendidas y los pies en el momento de contacto con la plataforma siguen las mismas pautas que en el salto de SJ y CMJ (Fig. 12).

La diferencia de altura conseguida en este ejercicio respecto al CMJ, nos ayuda a cuantificar el porcentaje de ayuda que aportan los brazos al salto.

Según Vittori (1990), los factores que determinan la fuerza manifestada en este test son presumiblemente: el componente contráctil, la capacidad de reclutamiento y sincronización, el componente elástico y la capacidad refleja.

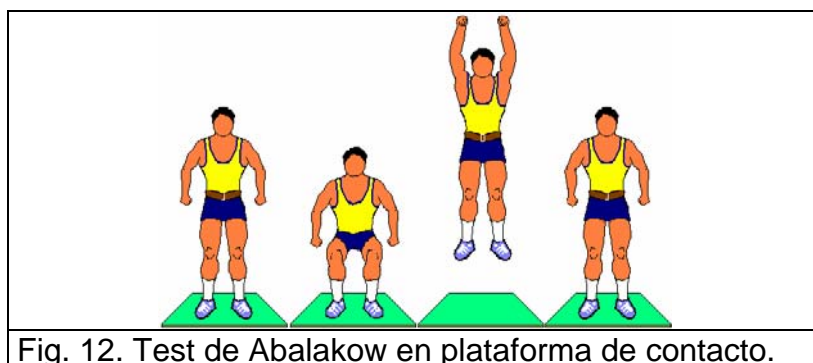


Fig. 12. Test de Abalakow en plataforma de contacto.

Errores a evitar:

- \* Alejar las manos del cuerpo extendiendo los brazos y manteniéndolos en la horizontal, durante la fase de vuelo, provoca que todo el cuerpo se desplace hacia delante, pareciendo más bien un salto horizontal más que vertical.
- \* Flexionar las rodillas en la fase de vuelo.
- \* Recepcionar con los talones en vez de con las puntas de los pies.

*Cualidades o capacidades evaluadas:*

- \* Fuerza explosiva.
- \* Capacidad de reclutamiento.
- \* Expresión elevada de fibras FT.
- \* Utilización de energía elástica.
- \* Coordinación intra e intermuscular.
- \* Capacidad refleja (Vittori).

*Correlaciones:*

- \* Con la velocidad desplazamiento.
- \* Con el test de Seargent,
- \* Con el salto de longitud sin carrera,
- \* Con el pico de fuerza registrado en máquinas Cybex a una velocidad de 4,2 rad/seg. (Bosco y col., 1983; en Bosco, 1992).
- \* Con la fuerza isométrica máxima.
- \* Con el porcentaje de fibras FT de los extensores de las piernas.

*Datos proporcionados por el miniordenador:*

- \* Tiempo de vuelo en milisegundos.
- \* Altura en centímetros conseguida por el centro de gravedad.

## **Drop jump**

*Forma de ejecución:*

El drop jump se realiza cayendo desde una altura predeterminada por medio de cajones, ya sea de 20, 40, 60, 80 y más, sobre la plataforma de contacto. La caída se realiza adelantando una pierna y a continuación la otra, sin efectuar ningún impulso hacia arriba desde el cajón desde el cual se cae. Al tomar contacto con la superficie de la alfombrilla se debe realizar un esfuerzo máximo para elevarse lo más alto posible. En el momento de contacto se debe frenar, lo más rápidamente posible, el movimiento de flexión de rodillas (fase excéntrica) intentando bloquearlas con el fin de efectuar una buena fase concéntrica (Fig. 13).

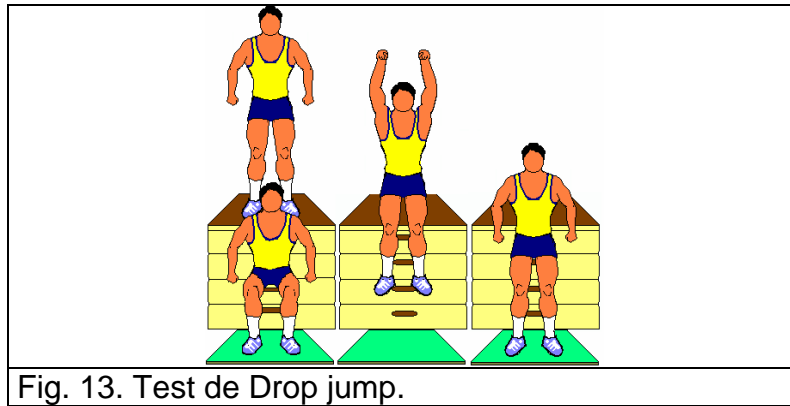


Fig. 13. Test de Drop jump.

**Errores a evitar:**

- \* Tener adelantada la cadera respecto a los pies en el momento de contacto en la plataforma provoca que todo el cuerpo, en la fase de vuelo se desplace hacia delante, pareciendo más bien un salto horizontal más que vertical.
- \* Flexionar las rodillas en la fase de vuelo.

*Cualidades o capacidades evaluadas:*

- \* “Stiffness” o “gainage” muscular, que se puede definir como la capacidad neuromuscular de desarrollar valores muy altos de fuerza en el ciclo estiramiento-acortamiento, es decir, sería la capacidad neuromuscular para realizar una acción de frenado lo más potente y rápida posible con el fin de conseguir una buena reacción en la fase concéntrica.
- \* Comportamiento visco-elástico de los músculos extensores.
- \* Reflejo miotático o de estiramiento.
- \* Comportamiento de los propioceptores inhibidores (órganos tendinosos de Golgi).

*Cualidades o capacidades evaluadas:*

- \* “Stiffness” o “gainage” muscular, que se puede definir como la capacidad neuromuscular de desarrollar valores muy altos de fuerza en el ciclo estiramiento-acortamiento, es decir, sería la capacidad neuromuscular para realizar una acción de frenado lo más potente y rápida posible con el fin de conseguir una buena reacción en la fase concéntrica.
- \* Comportamiento visco-elástico de los músculos extensores.
- \* Reflejo miotático o de estiramiento.
- \* Comportamiento de los propioceptores inhibidores (órganos tendinosos de Golgi).

*Correlaciones:*

- \* El mejor DJ correlaciona con la carrera de 60 metros liosos en jóvenes jugadores de voleibol.

- \* Se han encontrado correlaciones entre la máxima velocidad en carrera y la elevación del centro de gravedad en el DJ desde 50 centímetros (Mero y col 1988; en Bosco, 1992).

*Datos proporcionados por el miniordenador:*

- \* Tiempo de vuelo en milisegundos.
- \* Altura en centímetros conseguida por el centro de gravedad.
- \* Tiempo de contacto en milisegundos.
- \* Potencia en mecánica expresada en vatios por Kg.

### **Saltos reactivos (para la musculatura del tríceps sural)**

*Forma de ejecución:*

Consiste en la realización de varios saltos seguidos con rodillas bloqueadas durante 5-7 segundos con y sin obstáculos. En este test juega un papel importante la coordinación intermuscular e intramuscular, además de la capacidad de utilización de brazos, de la capacidad elástica y los reflejos de estiramiento (Figs. 14 y 15).

Para que el test mida con acierto lo que se desea medir se requiere del deportista una gran concentración para que consiga la mayor altura del centro de gravedad realizando tiempos de contacto sobre la plataforma mínimos.

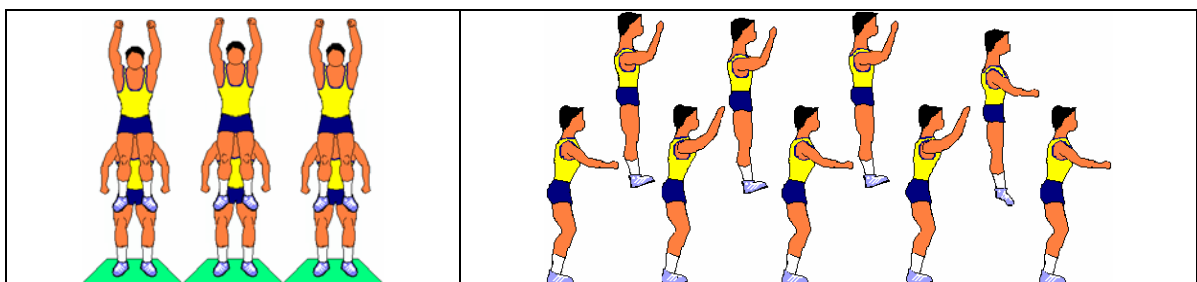


Fig. 14. Test de saltos reactivos sin obstáculos.

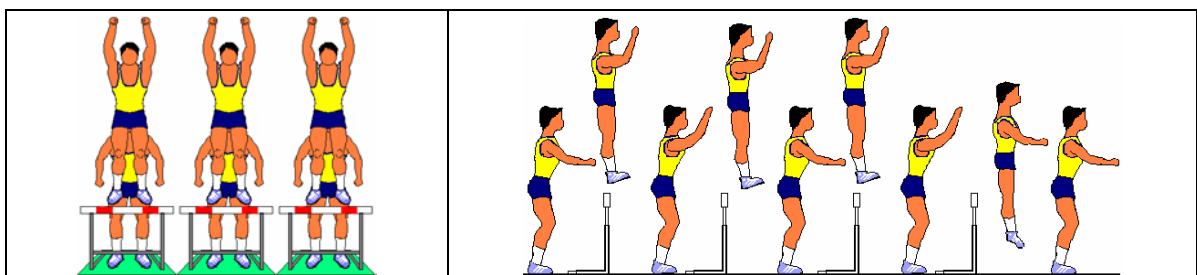


Fig. 15. Test de saltos reactivos con obstáculos.

En los saltos reactivos y en los “drop jump” se busca limitar la variación angular. Esto produce una activación mecánica muy alta estimulando tanto la estructura neurogénica como miogénica. De estas estructuras la más interesante es la neurogénica por cuanto se hace uso de dos funciones que se hallan enfrentadas, por un lado una función excitadora provocada por los reflejos de estiramiento y, por otro lado, una función inhibitoria desarrollada por los órganos tendinosos de Golgi.

*Errores a evitar:*

- \* Adelantar la cadera respecto a los pies en el momento de contacto en la plataforma.
- \* Flexionar las rodillas en la fase de vuelo.
- \* No bloquear el cuerpo durante la ejecución de los saltos, eliminando el “gainage” corporal.
- \* Flexionar demasiado las rodillas, en la toma de impulso.

*Cualidades o capacidades evaluadas:*

- \* “Stiffness” o “gainage” muscular.
- \* Comportamiento visco-elástico de los músculos extensores del pie.
- \* Reflejo miotático o de estiramiento.
- \* Comportamiento de los propioceptores inhibidores (órganos tendinosos de Golgi).

*Datos proporcionados por el miniordenador:*

- \* Tiempo de vuelo en milisegundos.
- \* Altura en centímetros conseguida por el centro de gravedad.
- \* Tiempo de contacto en milisegundos.
- \* Potencia en mecánica expresada en vatios por Kg.

**Squat jump con carga igual al peso corporal**

*Forma de ejecución:*

Es un test que consiste en la realización de un salto partiendo de una flexión de rodillas de 90° con una carga sobre el cuerpo igual a la del peso del deportista (Fig. 16). El tronco debe estar recto y las piernas durante la fase de vuelo deben estar en extensión y cuando los pies contactan con la plataforma deben encontrarse hiperextendidos. El ángulo de la rodilla en el momento del despegue debe ser de 180°.



*Errores a evitar:*

- \* Realizar una flexión del tronco más allá de los límites normales con el fin de colocar las rodillas en la angulación indicada. Este error debe de controlarse al máximo ya que podría provocar una lesión en el deportista.
- \* Realizar una flexión de rodillas superior a los 90 grados.
- \* Flexionar las rodillas en la fase de vuelo.
- \* No recepcionar con los pies hiperextendidos en el momento de contacto con la palataforma.

*Cualidades o capacidades evaluadas:*

- \* Fuerza dinámica máxima.
- \* Capacidad de reclutamiento nervioso (Bosco 1982, en Bosco,1992).
- \* Expresión de la estructura morfológica de los extensores de las piernas (sección transversal de los músculos).

*Correlaciones:*

- \* Con la fuerza isométrica máxima.

## **VALORACIÓN DE LAS CAPACIDADES DE LA FUERZA**

A partir de los datos obtenidos en el protocolo de saltos anteriormente descritos se podrá confeccionar el perfil fisiológico muscular de las distintas manifestaciones de la fuerza para un deporte determinado siempre que se posea de un número importante de datos de deportistas de un cierto nivel de rendimiento. Consiguiendo estos perfiles modelo podremos compararlos con los de nuestros atletas obteniendo información sobre los factores que deben privilegiarse en la estrategia de entrenamiento.

Debido a la conexión existente entre la manifestación máxima dinámica (sentadilla máxima) y la manifestación explosiva (squat jump), se utiliza el ejercicio de squat jump con sobrecarga del peso corporal como referencia de la **capacidad contráctil** del músculo.

Con los datos obtenidos por la diferencia entre el SJ y el SJ con sobrecarga del peso corporal obtendremos la **capacidad de reclutamiento instantáneo y sincronización**.

Con las referencias conseguidas con el CMJ menos las conseguidas con el SJ se determinará la **capacidad elástica** del individuo.

La diferencia que se obtenga del salto de Abalakov y el CMJ nos indicará la **capacidad de utilización de brazos**.

Y por último si restamos los centímetros del drop jump a los del salto de Abalakov obtendremos la **capacidad refleja** del músculo.

## **Otras aplicaciones prácticas**

### *Índice de Bosco*

Gracias a este índice podemos comparar la fuerza expresada por la carga con que se salta en el Squat jump con carga del peso corporal y la velocidad en m/s o la altura alcanzada en el salto de SJ. Así la máxima velocidad se sustituye por la altura alcanzada en el SJ, y la máxima fuerza dinámica por el salto efectuado con una carga equivalente al peso corporal.

La relación existente entre los resultados de la altura alcanzada por los dos test nos daría el índice de Bosco, siendo la fórmula:

Índice de Bosco = F/V, es decir, SJ con carga/SJ.

Ejemplo: si un deportista realiza un SJ con carga de 17 centímetros y un SJ de 40 centímetros, el índice será el resultado de dividir SJ con carga por el SJ; dando el siguiente resultado: 0,42, o sea, con un peso equivalente al del peso corporal se consigue un 42% del squat jump sin carga. Este resultado nos indica cuál es la relación fuerza/velocidad del deportista testado: si el índice es muy alto y aumenta con el entrenamiento, nos expresa que estamos dando mayor importancia al trabajo de fuerza máxima, por el contrario, si en el retest este índice baja es que estamos primando el trabajo de velocidad con cargas más ligeras.

### *Índices de fuerza-velocidad de Vélez*

También existen otros índices de fuerza-velocidad relacionados con el SJ y el SJ con cargas (Vélez, 1992). Se utilizan tanto cargas equivalentes al 50% del peso del sujeto como del 100%. Las fórmulas son:

Índice F-V (con el 100% del Peso Corporal) = (SJ-SJpc)/SJ.

Índice F-V (con el 50% del Peso Corporal) = (SJ-SJ 50%pc)/SJ.

Los cociente deben multiplicarse por 100.

Por ejemplo, según Vélez, para un saltador de altura en buen estado de forma, estos índices deben estar alrededor de 40 y 60 % respectivamente.

## **TESTS PLIOMÉTRICOS ESPECÍFICOS REALIZADOS EN PLATAFORMANAS DE CONTACTO**

### *Tests para determinar el índice de reactividad*

El índice de reactividad valora la actividad refleja muscular (Fig. 17). Los valores de este índice se determinan por el cociente entre la altura del c. de g. del deportista (h1) y la altura de caída (h2).  $IR = h(1)/h(2)$



Fig. 17. Test para valorar el índice de reactividad

Si las pruebas son realizadas regularmente se puede observar la dinámica de la capacidad reactiva del sistema neuromuscular en una etapa de entrenamiento de uno o varios deportistas o de uno o varios equipos (fig. 18).

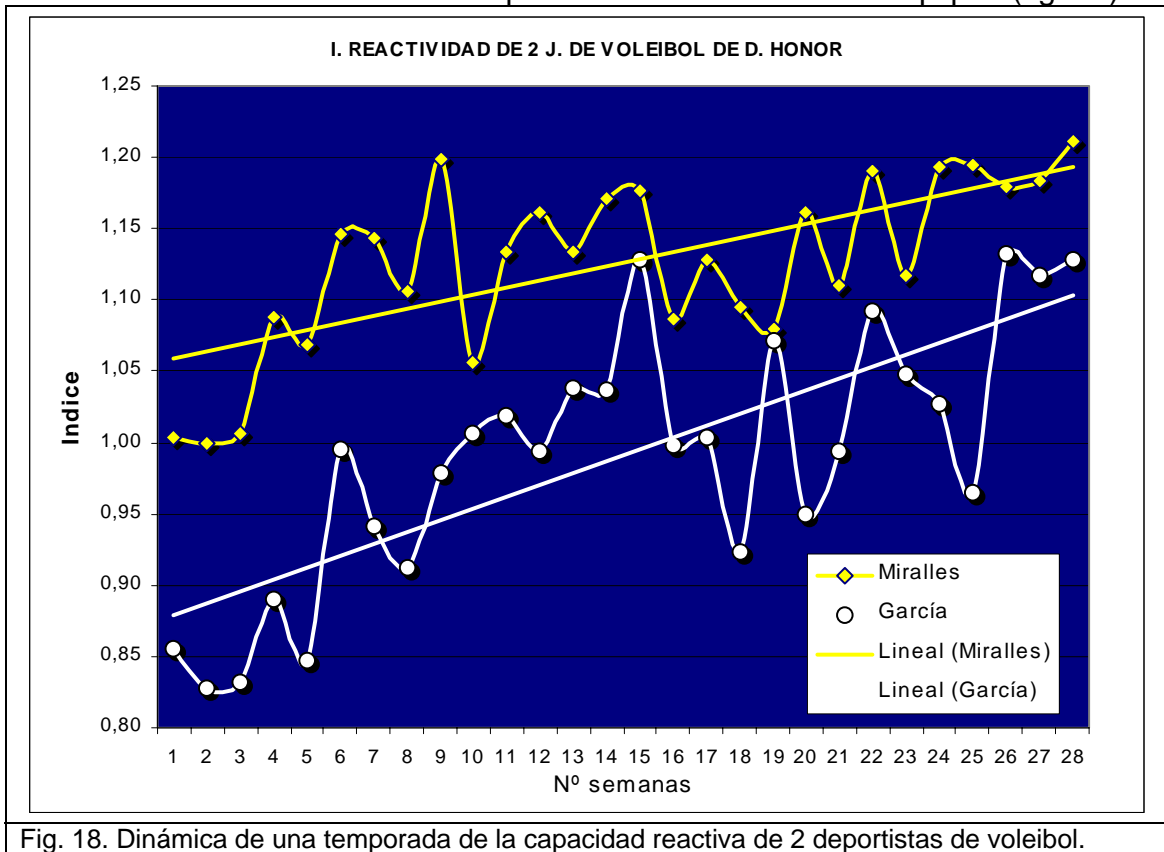


Fig. 18. Dinámica de una temporada de la capacidad reactiva de 2 deportistas de voleibol.

Sirven para realizar estudios y comparaciones sobre la capacidad reactiva de distintos deportes (Fig. 19).

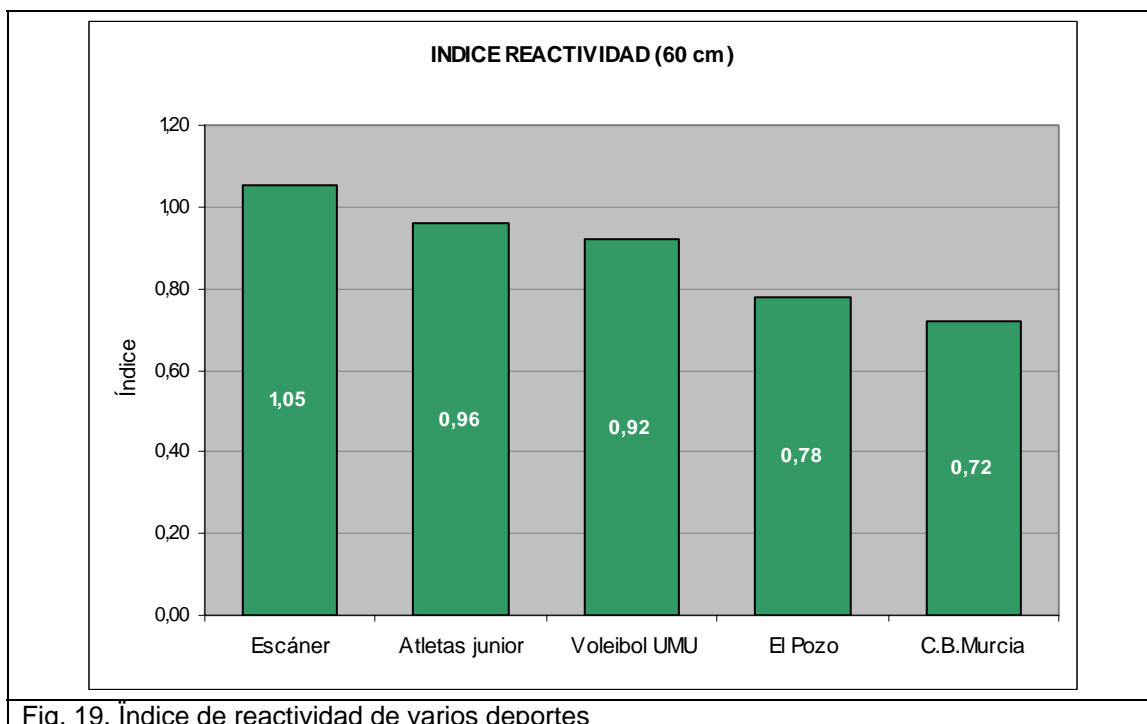


Fig. 19. Índice de reactividad de varios deportes

### Tests con cargas para determinar la capacidad reactiva con cargas

Esta prueba consiste en la realización de 6 saltos sin utilizar el impulso de las extremidades superiores:

- El primero salto es un CMJ realizándose tanto el inicio como el aterrizaje desde el mismo nivel.
- Los 5 restantes se realizan, después de un salto hacia abajo, desde una altura de 0,40 metros. El primer salto se realiza sin sobrecarga (con una pica de madera entre los hombros) y los otros con cargas de 10, 20, 30 y 40 kg (Fig. 20, 21 y 22).



Fig. 20. Test para determinar la capacidad reactiva con cargas.

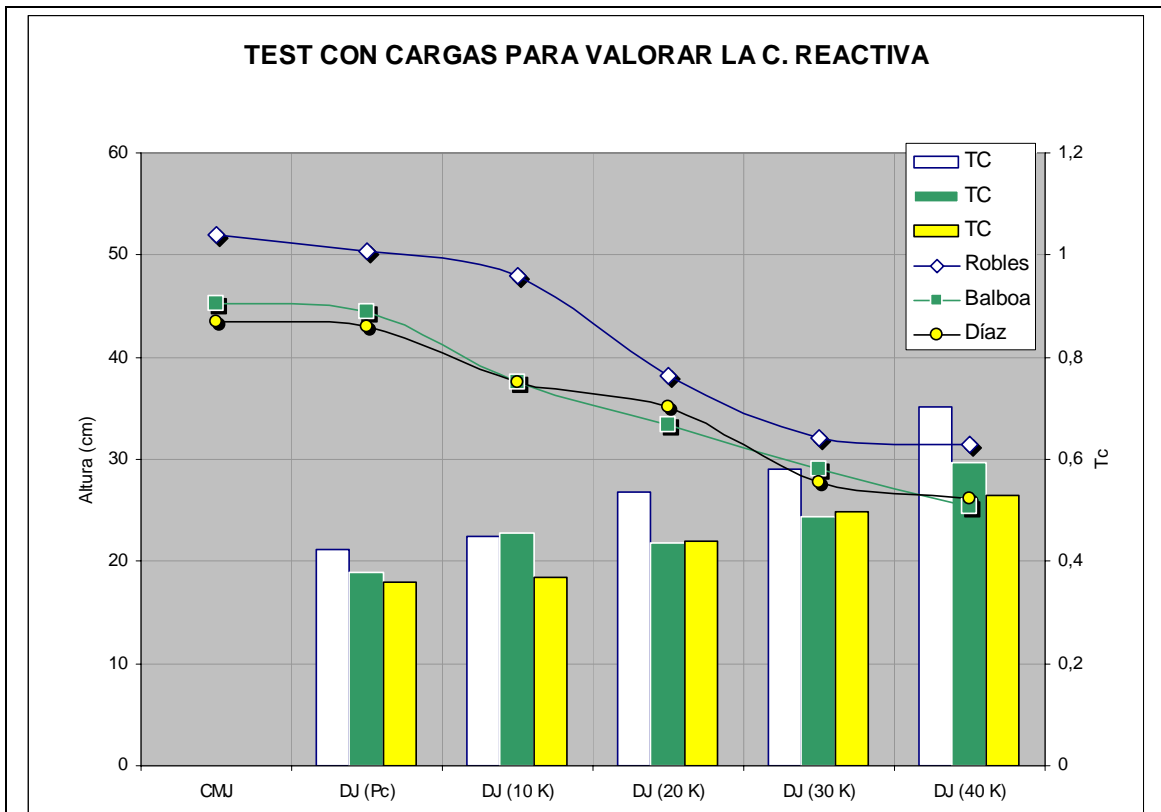


Fig. 21. Test con cargas con atletas de nivel medio (400-800)

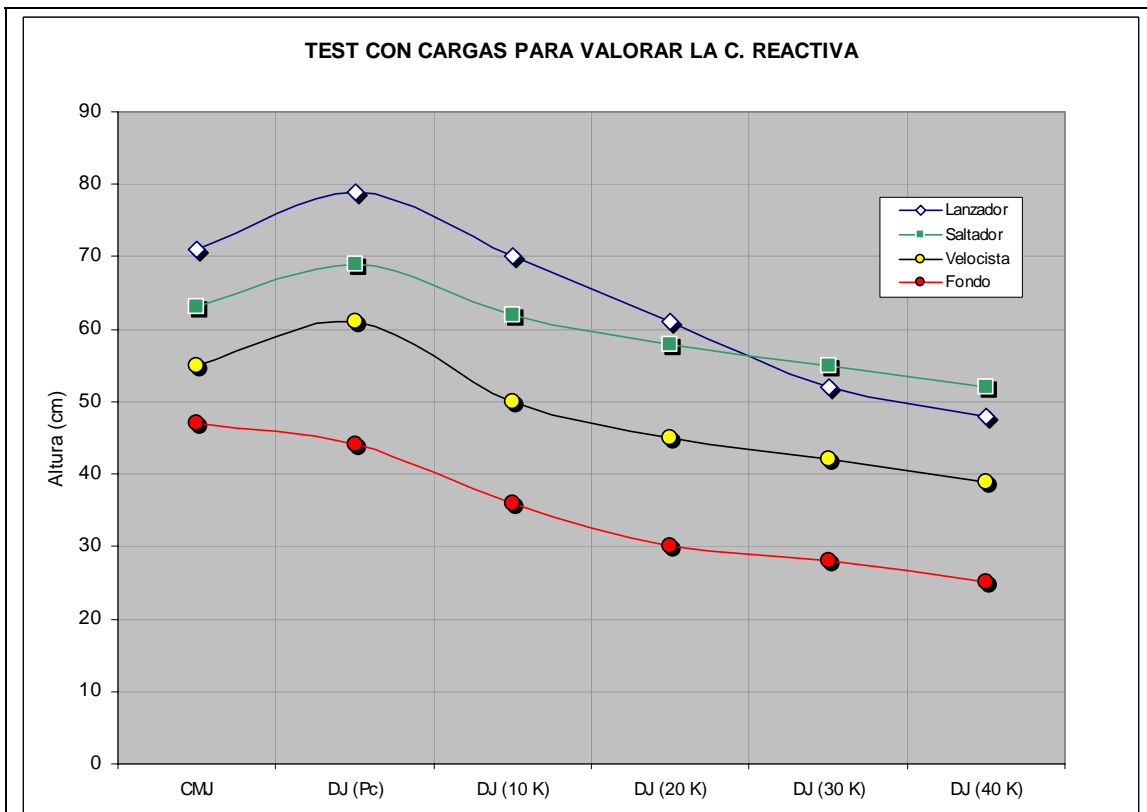


Fig. 22. Tests con cargas con deportistas de alto nivel de disciplinas atléticas

### Tests para determinar la altura óptima de caída en un drop jump

Esta prueba consiste en la realización de saltos hacia abajo con alturas progresivas de 20 cm. La altura de inicio es de 20 cm. El objetivo es determinar la altura óptima en la que el deportista es capaz de generar como mejor respuesta neuromuscular la mayor altura de salto. De esta forma se determina la altura que el deportista deberá utilizar para su entrenamiento (Fig. 23).

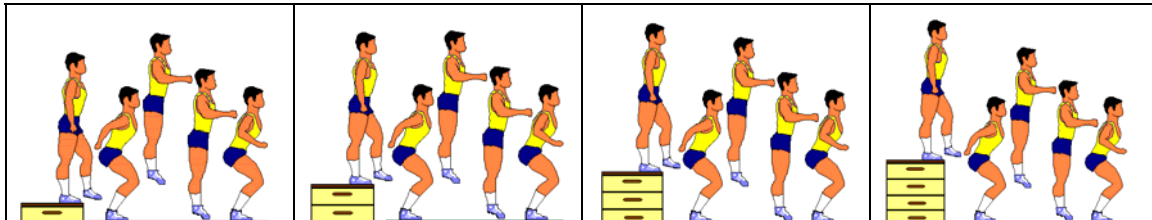
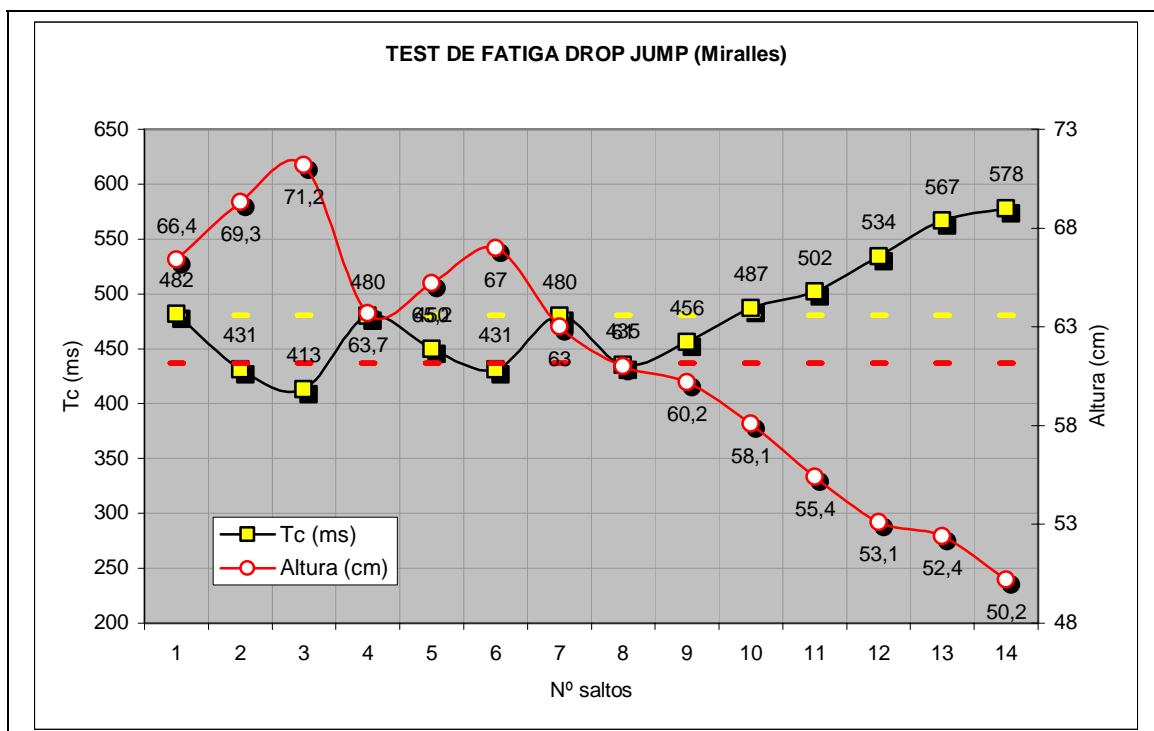


Fig. 23. Drop jump o saltos hacia abajo desde distintas alturas

### Tests para determinar el número de repeticiones en una serie de drop jump

Determinada la altura óptima de caída hay que realizar saltos consecutivos hasta encontrar el punto en el cual se produce una bajada del rendimiento (altura del salto). El número de repeticiones consecutivas en la cual se mantiene una altura próxima al mejor salto será el número óptimo para la realización del entrenamiento (fig. 24).



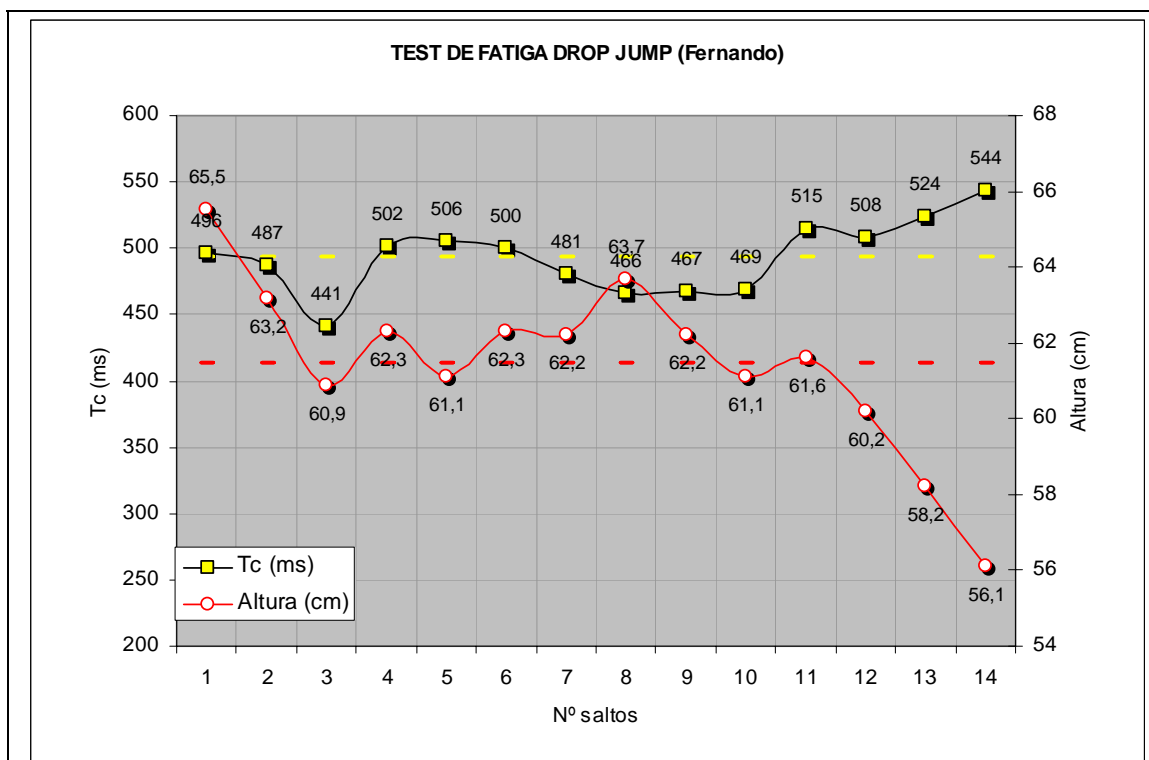


Fig. 24. Tests para determinar el número de repeticiones en una serie de drop jump de 2 jugadores de voleibol de división de honor.

## PARÁMETROS DE CONTROL DE LA CARGA PLIOMÉTRICA

- La altura de caída.
- El número de saltos hacia abajo en una serie.
- El número de series en una unidad de entrenamiento
- La recuperación entre los saltos y las series.
- El número de unidades de entrenamiento semanales.
- El número total de saltos hacia abajo.

### *La altura de caída*

Se determina por el test de altura óptima de caída. Los deportistas de alto rendimiento de deportes de componente altamente explosivo tienen las referencias entre los 70 - 80 cm. Los tests realizados en deportistas de la región de Murcia nos proporcionan los siguientes datos. Los jugadores de voleibol (Escáner Cartagena) de la liga nacional de división de honor obtienen la mayor altura de salto desde cajones de 60 centímetros, los deportistas de fútbol sala "El Pozo" consiguen sus mejores resultados desde una altura de 40 centímetros, atletas junior (categoría masculina) de disciplinas explosivas (velocidad, saltos y lanzamientos) obtienen sus mejores resultados desde 60 centímetros.

### *El número de saltos hacia abajo en una serie*

Se determina por el test de número de repeticiones óptimas para una serie. El número en cada caso será individual siendo determinado por la altura del c.d.g. del deportista y por el tiempo de contacto. Un aumento del tiempo de contacto y una disminución del tiempo de vuelo son suficientes para determinar el número de saltos en una serie para el entrenamiento pliométrico.

### *El número de series en una unidad de entrenamiento*

Se determina por el grado de cansancio del deportista. La debilidad muscular y la disminución del impulso en los saltos son parámetros indicadores del volumen. El número en cada caso será individual siendo determinado por la calidad de la ejecución del impulso hacia arriba. Verkhoshansky (1994) indica que 4 series de 10 saltos por sesión es suficiente para los deportistas de nivel.

### *La recuperación entre las series*

La recuperación debe ser activa por medio de ejercicios de estiramientos y de carrera ligera. Para recuperar la máxima capacidad de ejecución se requieren de 8 a 10 minutos (entrenamientos intensos). Con sesiones de series con cargas medias se emplean entre 3 y 5 minutos.

### *El número de unidades semanales*

Entre dos y tres unidades por semana. Cuando se emplean tres unidades la carga de la segunda sesión debe ser baja o media. Cuando se emplean dos sesiones intensas por semana la recuperación entre sesiones debe ser como mínimo de 72 horas.

### *El número de total de saltos hacía abajo*

Los ejercicios puramente pliométricos no pueden desarrollarse durante toda una temporada. Estos ejercicios se emplean en los periodos de preparación específica de la fuerza.

El volumen total de saltos en deportistas de alto rendimiento se sitúa entre los 330-400 (Verkhonshansky, 1994). Estos se deben emplear en combinación con otros ejercicios.

## **FORMAS DE CUANTIFICAR LA CARGA PLIOMÉTRICA**

La carga pliométrica se puede valorar de dos formas:

- Por medio del control del volumen de saltos y de la altura de caída.
- Por cálculos de cantidad de movimiento, de impulso o de la fuerza media generados durante la fase de contacto del cuerpo con el suelo (Fig. 25).

### Cantidad de movimiento en un salto de drop jump

Cantidad de movimiento= masa \* velocidad

$$\text{Velocidad en un drop jump} = \sqrt{2 * g * e}$$

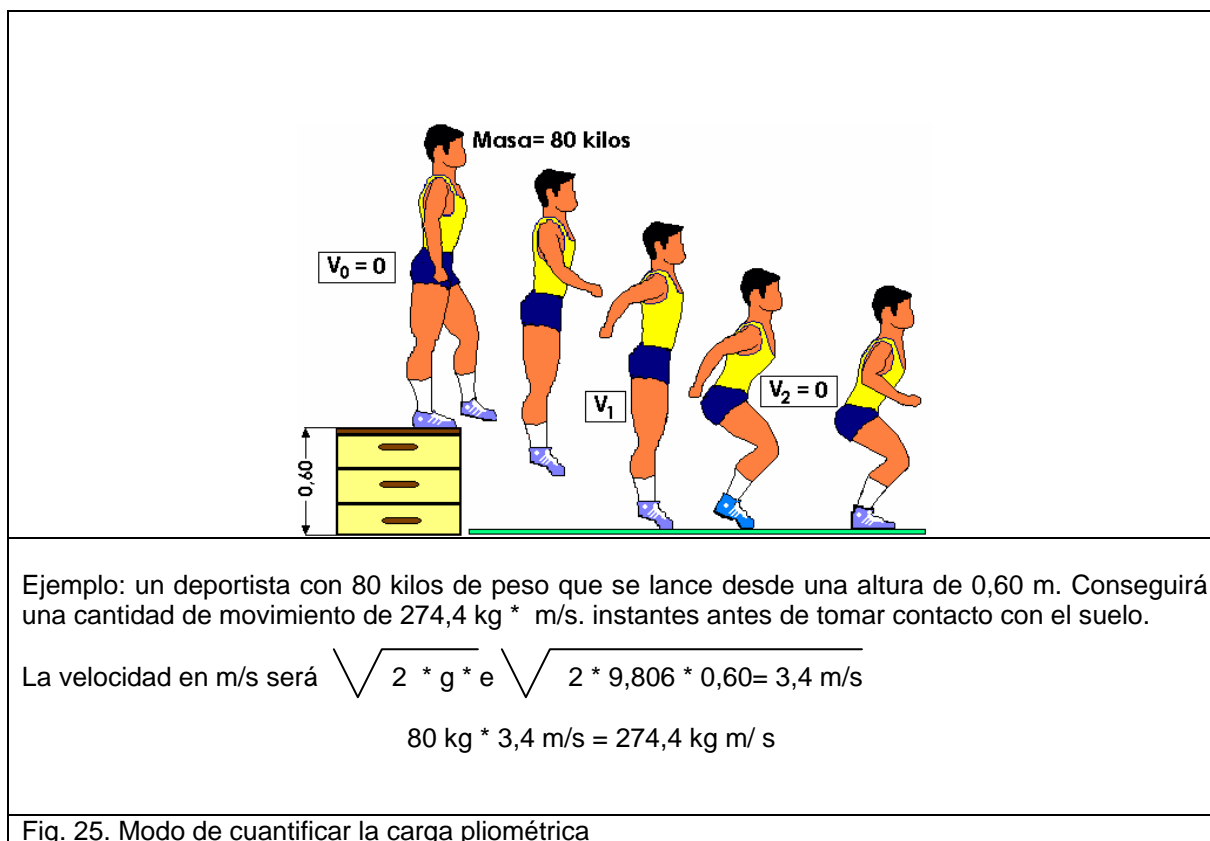
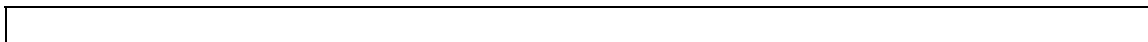
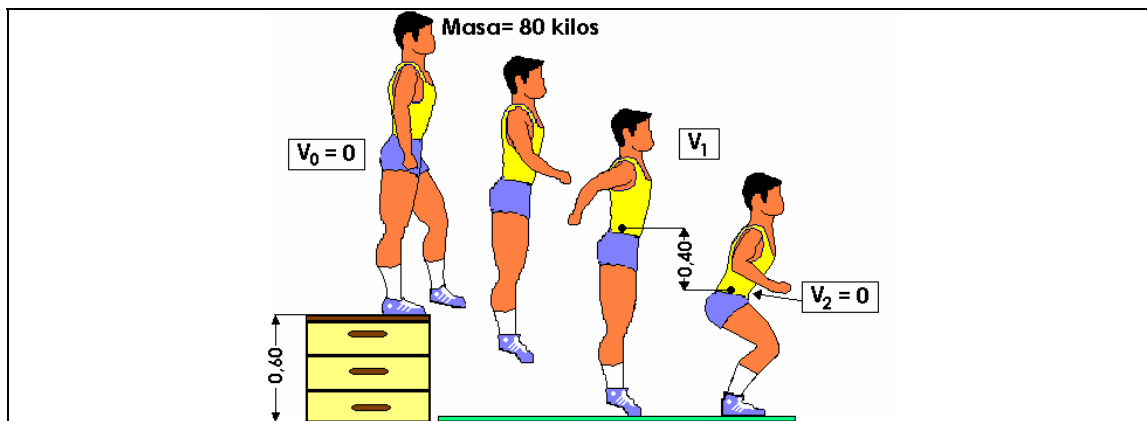


Fig. 25. Modo de cuantificar la carga pliométrica

### Fuerza media e impulso para amortiguar la fase excéntrica en un salto de drop jump

Para calcular la fuerza media que deben ejercer los músculos (fase excéntrica) para frenar la caída del propio cuerpo en un salto de drop jump debemos recurrir a las ecuaciones básicas de la Cinemática y la Dinámica (fig. 26).





Ejemplo: si el c.d.g se desplaza 0,40 m desde el instante de tomar contacto (v1) con el suelo hasta amortiguar por completo la caída (v2) ¿Cuál será la fuerza media y el impulso mecánico? Vamos a determinar 1º el tiempo que tarda en amortiguar la caída, por tanto, si la aceleración es uniforme y la velocidad final del cdg es cero, la velocidad media de desplazamiento de cg será 1,7 m/s por lo que determinamos:

$$T = e/Vm = 0,40 \text{ m} / 1,7 \text{ m s} = 0,23 \text{ s}$$

Determinamos ahora la aceleración media (am):

$$am = 0 \text{ m s} - 3,4 \text{ m s} / 0,23 \text{ s} = -10 \text{ m} * \text{s}$$

$$Fm = m * am = 80 \text{ kg} * -10 \text{ m} * \text{s} = -800 \text{ N}$$

$$I = Fm * t = -800 * 0,23 = -184 \text{ N} * \text{s}$$

Fig 26. Cálculo de la fuerza media e impulso en los saltos de drop jump

### *Cómo se conoce la altura del cdg del deportista en los saltos*

Se trata de registrar el tiempo de vuelo y este nos facilitará la altura en centímetros del salto realizado por el deportista por medio de la fórmula de caída libre de los cuerpos:  $h = Vo^2 / 2g$

No conocemos la velocidad inicial de vuelo, pero sabemos el tiempo de la fase de vuelo (tiempo de vuelo y tiempo de caída), por lo que podremos calcular la velocidad inicial de vuelo:  $Vo = g * t / 2$

Con la adquisición del parámetro velocidad inicial y aplicando la fórmula anteriormente descrita podremos saber la altura del centro de gravedad de un deportista en cualquier salto.

Ejemplo: Un deportista realiza un salto hacia abajo desde una altura de 60 cms realizando, posteriormente, un salto hacia arriba de 0,72 seg. Entonces la velocidad inicial será igual:

$$(9,8 \times 0,72) / 2 = 3,53 \text{ m/s.}$$

Con este nuevo parámetro, velocidad inicial, podremos saber la altura alcanzada por el c.d. g. del deportista aplicando la fórmula anteriormente descrita:

$$h = Vo^2 / 2g = (3,53)^2 / (2 \times 9,8) = 0,63 \text{ metros.}$$

## BIBLIOGRAFÍA INTRODUCCIÓN

1. Bosco, C. La valoración de la fuerza con el test de Bosco. Paidotribo, Barcelona, 1994.
2. Bosco, C. La fuerza muscular. Aspectos metodológicos. Inde, Barcelona, 2000.
3. Bäumlér, G., Schneider, K. Biomecánica deportiva. Martínez Roca. Barcelona, 1989.
4. Cometti, G. La Pliometría. Inde, Barcelona, 1998.
5. Cometti, G. Los métodos modernos de musculación. Paidotribo, Barcelona, 1988.
6. Esper di Cesare, P. A. <http://www.efdeportes.com/> Revista digital Buenos Aires. Año 5 nº 24. 2000.
7. García Manso, J. M. La fuerza. Gymnos, Madrid, 1999.
8. González Badillo, J. J., Gorostiaga, E. Fundamentos del entrenamiento de la fuerza. Inde, Barcelona, 1995.
9. González Badillo, J. J., Ribas Serna, J. Programación del entrenamiento de la fuerza. Inde, Barcelona, 2002.
10. Ortiz Cervera, V. Entrenamiento de fuerza y explosividad para la actividad física y el deporte de competición. Inde, Barcelona, 1996.
11. Siff, C. y Verkhoshansky, Y.. Super-entrenamiento. Paidotribo, Barcelona, 2000.
12. Tous Fajardo, J. Nuevas tendencias en fuerza y musculación. Tous Fajardo, Barcelona, 1999.
13. Verkhoshansky, Y. Todo sobre el método pliométrico. Paidotribo. Barcelona, 1999.