

Villa, J.G.; García-López, J. (2003). Tests de salto vertical (I): Aspectos funcionales. RendimientoDeportivo.com, N°6.
<http://www.RendimientoDeportivo.com/N006/Artic029.htm> [Consulta 12/01/2005]



Tests de salto vertical (I): Aspectos funcionales.

Villa, J.G.; García-López, J.

1) INTRODUCCIÓN

Hasta el momento, el desconocimiento de algunos de los aspectos que atañen a la cualidad anaeróbica, tanto láctica (López-Calbet, 1999) como aláctica (Dorado y cols., 1997), y a la fuerza en sus diferentes manifestaciones (Martín, 1987 y 1994) tienen cierta justificación, y es que los métodos utilizados para valorarlas dejan suficiente margen de incertidumbre o error como para crear confusión a la hora de determinar qué factores podemos considerar como relevantes en dichas cualidades (Beckenholdt y Mayhew, 1983; González, 1996). Se ha demostrado que existen factores ligados al propio individuo, como son sus características cineantropométricas o la disciplina deportiva que practica, y factores externos a éste, como el ergómetro donde se realiza la medición, sus características, etc., (Péres y cols., 1988; Manning y cols., 1988; Mayhew y cols., 1990; García-López y cols., 1999) que pueden ser los responsables del problema de interpretación de los resultados de los tests que intentan estimar dichas cualidades.

Numerosos son los estudios que reconocen la no existencia de un test para la valoración de la potencia anaeróbica cuya validez sea aceptada, por lo que algunos de ellos (Pérez y cols., 1990) recomiendan no hablar de fuente o capacidad energética solicitada (anaeróbica aláctica, anaeróbica láctica), ni de la fuerza utilizada para ese trabajo (elástica, concéntrica, ...) (López-Calbet y cols., 1997a), sino más bien de la manifestación mecánica o expresión externa del movimiento: la saltabilidad (Pérez y cols., 1990), el pedaleo a máxima velocidad (Ayalon, 1974), etc. Los tests para valorar la potencia anaeróbica se han clasificado en directos/indirectos, y también en de campo/de laboratorio (Rodríguez y Aragonés, 1992). En la Figura 1 se representa un esquema con los principales tests directos e indirectos; estos últimos, a su vez, pueden llevarse a cabo en el laboratorio y o en el campo.

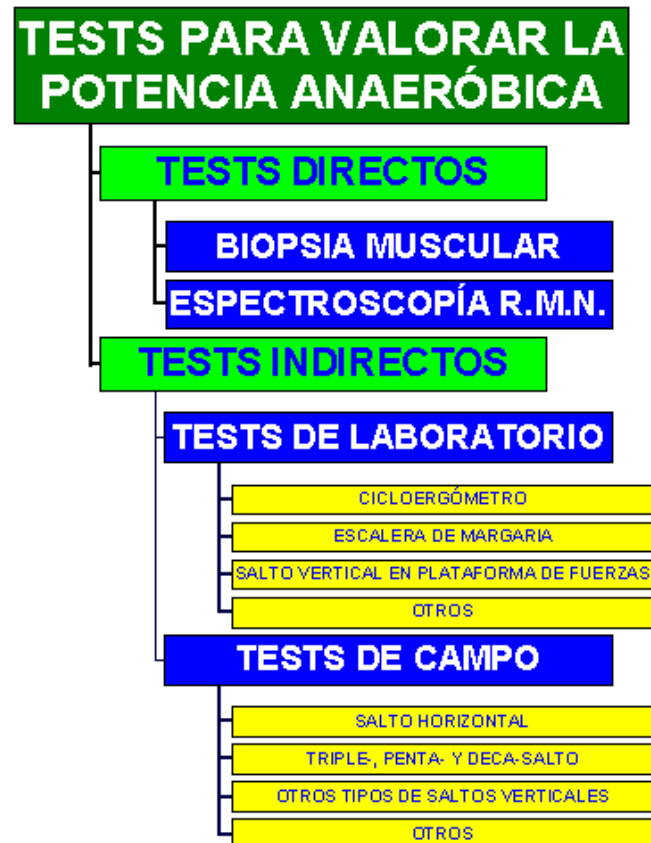


Figura 1: Tests directos/indirectos, de campo/de laboratorio para valorar la potencia anaeróbica.

Se han considerado como tests directos tanto la biopsia muscular como la espectroscopia de resonancia magnética nuclear (Rodríguez y Aragonés, 1992). Ambas técnicas tienen como fundamento el medir las cantidades de ATP y PC hidrolizadas y por lo tanto la energía química producida por estas fuentes energéticas durante la realización de un ejercicio de intensidad máxima o all-out. Se estima que una persona de 70 Kg. de peso corporal almacena en sus músculos entre 0.57 y 0.69 moles de ATP en forma de fosfatos de alta energía (ATP y PC), con un equivalente calórico estándar de 7 a 12 Kcal. para un mol de ATP (Fox y Mathews, 1984).

La biopsia muscular no deja de ser un método invasivo y cruento que consiste en extraer una muestra de tejido muscular de un grupo muscular determinado (normalmente el vasto lateral externo). Dicha muestra es cuidadosamente tratada, permitiendo el estudio cuantitativo de diferentes tipos de fibras musculares (número, distribución, áreas de sección, etc.), enzimas (mediadoras en los sistemas energéticos aeróbicos y anaeróbicos) y substratos energéticos (ATP, PC, glucógeno, etc.) (González y cols., 1995). Realizando una biopsia muscular antes y después de un ejercicio all-out se pretende calcular la cantidad de ATP y PC hidrolizada, así como la diferente intervención de los sistemas energéticos aeróbicos y anaeróbicos (Bogdanis y cols., 1996).

La resonancia magnética nuclear (RMN) es un método físico, no invasivo e incruento, que se basa en la absorción de ondas electromagnéticas que sufren los núcleos atómicos cuando son sometidos a la acción de un campo magnético (González y cols., 1995). En un intento de valorar la potencia anaeróbica se ha utilizado la RMN de fósforo-31, con lo que se ha podido registrar el espectro de fósforo (Pi), elemento inorgánico presente tanto en el ATP como en la PC. También se ha utilizado esta técnica para la determinación del pH intracelular a partir del espectro del hidrógeno (H1), indicador de la concentración de hidrogeniones (H+) a nivel muscular (Pacheco, 1996). En el caso de la RMN de fósforo-31, la cantidad de Pi antes y después de un ejercicio de intensidad máxima o all-out es considerada como indicativa de la cantidad de ATP y PC hidrolizada y, por lo tanto de la contribución anaeróbica aláctica (potencia anaeróbica) al ejercicio (Boicelli y cols., 1989; Rico-Sanz y cols., 1999).

Las principales críticas recibidas por los tests directos que pretenden valorar la potencia anaeróbica aluden, por un lado, al desfase temporal que existe entre la finalización del ejercicio y la extracción de tejido muscular, en el caso de la biopsia muscular; y por otro a que el espectro de Pi sea realmente un indicador directo y válido de la cantidad de ATP y PC hidrolizada, en el caso de la RMN (Bongbele y Gutierrez, 1989; Dorado y cols., 1997).

Los test que pretenden valorar la potencia anaeróbica se van a caracterizar en su mayoría por ser indirectos, ya que resulta difícil y costoso medir directamente dicha cualidad (Hertogh y cols., 1991).

Entre los muchos tests indirectos utilizados para valorar la potencia anaeróbica se puede observar que describen metodologías como la determinación de la concentración de lactato en sangre tras un ejercicio máximo de corta duración, la determinación de la deuda de oxígeno, la medición del déficit de oxígeno o de la potencia mecánica máxima (Villa y cols., 1992; Rodríguez y Aragonés, 1992). Mientras que los tres primeros métodos aluden a la cualidad anaeróbica estimada a partir de pruebas de una cierta duración y que pretenden identificar la contribución anaeróbica aláctica, es la determinación de la potencia mecánica máxima el método más utilizado para estimar la cualidad anaeróbica aláctica (potencia anaeróbica), al poderse evaluar de forma objetiva el trabajo mecánico externo desarrollado.

Aunque es cierto que la potencia mecánica máxima es imposible de cuantificar directamente, ya que no se puede medir la cantidad de tensión muscular generada a nivel del sarcómero, ni la velocidad de contracción del mismo, ni la contribución del resto de estructuras que aportan energía durante la contracción (tejido conjuntivo, etc.), también está descrito que la potencia mecánica medida externamente se considera como un indicador fiable de lo que ocurre a nivel interno (o de actividad muscular). (Dal Monte, 1983; Vandewalle y cols., 1987; Hertogh y cols., 1991).

Por otro lado, los tests de laboratorio que pretenden evaluar la potencia anaeróbica son bastante más sofisticados que los de campo, y miden para ello con gran exactitud las fuerzas de reacción con el suelo, la fuerza y la potencia mecánica de un grupo o serie de grupos musculares en concreto, e incluso la implicación de cada uno de ellos durante el gesto; para ello utilizan diferentes tecnologías como la electromiografía, dinamometría con plataforma de fuerza, dinamometría con ergómetros isocinéticos, etc. (Brotons y cols., 1990; Pallás, 1992; MacDougall y cols., 1995; Brizuela, 1996).

Las principales críticas realizadas a los tests de laboratorio que valoran la potencia anaeróbica aluden a una inespecificidad entre el gesto técnico deportivo y el gesto técnico del test, y a una artificialidad de las condiciones ambientales (Satori y Tschiene, 1988; Nadeau, 1989). Normalmente precisan de instrumentos electrónicos o mecánicos que requieren una instalación determinada y cuyo manejo exige de una preparación, formación y especialización técnica previa (Navarro y cols., 1997), pudiendo realizarse ya sea sobre plataformas dinamométricas y/o de contacto, o bien en dinamómetros isocinéticos, o simplemente sobre cicloergómetros de freno mecánico y escaleras construidas a tal efecto (Villa, y cols., 1992; Bosco, 1994).

Por el contrario, los tests de campo que valoran la potencia anaeróbica, a pesar de ser menos sofisticados que los de laboratorio, utilizan un instrumental de fácil instalación y manejo (Villegas y cols., 1986; Navarro y cols., 1997). Muchas veces han sido validados a partir de los propios test de laboratorio, pero reproducen en

mayor medida los gestos técnicos específicos de cada deporte (McArdle y cols., 1990) y son de más fácil aplicación en el propio terreno deportivo, pudiéndose incluir como ejercicios propios del entrenamiento (Gascón y Terreros, 1990; Villa y cols., 1992; López, 1994; Chamorro, 1994). Pueden utilizarse como tales tests de diferentes distancias de carreras, o bien saltos horizontales y/o verticales, etc., en los que los utensilios de medida pueden simplemente ser cronómetros, cintas métricas, pesas, etc., y donde generalmente existe un menor control de las condiciones ambientales (Terreros, 1999).

A pesar de valorar lo mismo, los datos descritos en la literatura sobre las correlaciones entre los diversos test indirectos, tanto de campo como de laboratorio, que estiman la potencia anaeróbica son contradictorios. No se han descrito mejores correlaciones entre sí de los tests de laboratorio, ni tampoco entre los test de campo. Genéricamente, para algunos autores las relaciones entre los tests indirectos que valoran la potencia anaeróbica (de laboratorio y de campo) son bastante pobres, al menos para ser pruebas que intentan estimar la misma cualidad (McArdle y cols., 1990; Mayhew y cols., 1990; Izquierdo y Aguado, 1997), mientras otros describen elevadas correlaciones entre ellos (Beckenholdt y Mayhew, 1983; García-López y cols., 1999; López-Calbet y cols., 1997a).

En el presente apartado se lleva a cabo una revisión de los diferentes tests indirectos de campo que han sido referidos en la literatura específica de la fisiología del ejercicio para valorar la potencia anaeróbica a partir de la medición de la altura del salto vertical. Así mismo, se describen sus antecedentes históricos, aludiendo a las cualidades fisiológicas que pretenden valorar, y describiendo e ilustrando sus protocolos.

2) TEST DE BOSCO

Este test, o mejor dicho, esta batería de saltos verticales, tiene por objeto valorar las características morfohistológicas (tipos de fibra muscular), funcionales (alturas y potencias mecánicas de salto) y neuromusculares (aprovechamiento de la energía elástica y del reflejo miotático, resistencia a la fatiga) de la musculatura extensora de los miembros inferiores a partir de las alturas obtenidas en distintos tipos de saltos verticales y de la potencia mecánica de algunos de ellos (Bosco y cols., 1983).

El *test de Bosco* presenta un protocolo de diferentes tipos de saltos verticales máximos estrictamente estandarizados. Cada una de las modalidades de salto pretende estimar una de las cualidades de la musculatura extensora de la extremidad inferior, y que van a ser nombradas con la misma nomenclatura que se refiere en la bibliografía de referencia (Bosco y cols., 1983):

2.1. Características de los saltos verticales SJ, CMJ, DJ y RJ

Squat Jump (SJ): Es un salto realizado con las dos extremidades inferiores a la vez, previa flexión mantenida de 90° de las rodillas, desde la que se asciende verticalmente sin ningún tipo de contramovimiento o rebote, efectuando un salto vertical máximo (Figura 2). Este protocolo evalúa la fuerza explosiva sin reutilización de energía elástica ni aprovechamiento del reflejo miotático (Bosco, 1991). También ha sido denominado por otros autores como test de fuerza explosiva concéntrica (Vélez, 1992) o test de fuerza máxima dinámica (Vittori, 1990).

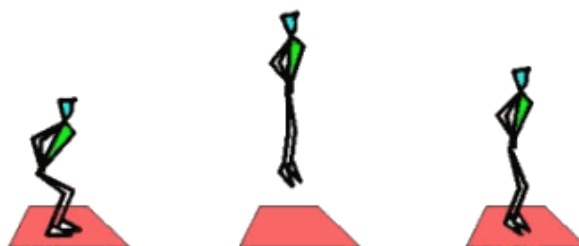


Figura 2: Representación gráfica de la ejecución de un *Squat Jump* (SJ).

Counter Movement Jump (CMJ): Partiendo de una extensión de rodillas en bipedestación, este tipo de salto consiste en realizar un movimiento rápido de flexo-extensión de las rodillas hasta un ángulo de 90°, para consecutivamente y sin pausa alguna efectuar un salto vertical máximo (Figura 3). Evalúa la fuerza explosiva con reutilización de energía elástica pero sin aprovechamiento del reflejo miotático. Denominado por otros autores como test de fuerza concéntrico-elástica-explosiva (Vélez, 1992) o test de fuerza explosivo-elástica (Vittori, 1990).

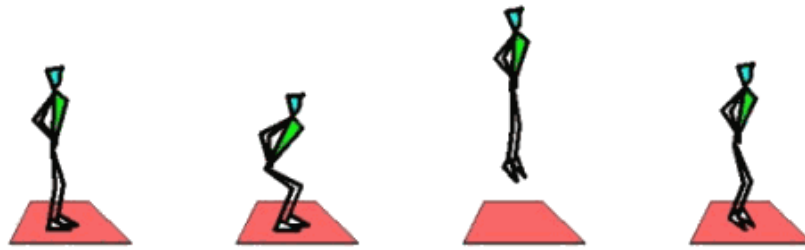


Figura 3: Representación gráfica de la ejecución de un *Counter Movement Jump* (CMJ).

Drop Jump (DJ): Es un salto que consiste en dejarse caer desde una altura estandarizada, contactar con el suelo y flexionar rodillas hasta formar un ángulo de rodillas de 90° , para consecutivamente y, sin pausa, realizar un salto vertical máximo (Figura 4). Evalúa la fuerza explosiva de los miembros inferiores con aprovechamiento del reflejo miotático. También se ha denominado como test de fuerza explosivo-reactivo-balística (Cometti, 1997) o explosivo-elástico-refleja (Vittori, 1990). Modificando la altura de caída permitiría diferenciar la altura óptima de caída para obtener un mayor salto vertical (Bobbert, 1990; Lees y Fahmi, 1994).



Figura 4: Representación gráfica de la ejecución de un *Drop Jump* (DJ).

Repeat Jump (RJ): Es un test de saltos repetidos o CMJs sucesivos, en tanto que la técnica de salto es igual que la técnica del CMJ: tras cada salto en la plataforma, se desciende y asciende rápida, consecutiva y sucesivamente sin pausa alguna formando un ángulo de flexión de rodillas de 90° (Figura 5). Existen varias duraciones estándar para este test (5-10-15-30-45-60 y 90 segundos), aceptándose que la potencia anaeróbica es evaluada en el test de duración 15 segundos (Vélez, 1992). Es necesario destacar que en la aplicación del test RJ el sujeto debe entrar realizando un salto previo desde fuera de la plataforma. Este test ha sido utilizado, además de para calcular el índice de resistencia a la fuerza rápida, para relacionar la capacidad de salto (altura media de los saltos) con las cualidades metabólicas de los músculos implicados durante el mismo: potencia anaeróbica (predominio de la vía anaeróbica aláctica) y capacidad anaeróbica (predominio de la vía anaeróbica láctica). Así, los diferentes autores se refieren al RJ15 o test de saltos repetidos durante 15 segundos como un test que permite valorar la potencia anaeróbica (Moritani y cols., 1990; Viitasalo y Komi, 1978); y al RJ60 o test de saltos repetidos durante 60 segundos como un test que permite valorar la capacidad anaeróbica (Bosco y cols., 1983). Entre otras utilidades de los tests de saltos verticales repetidos puede contemplarse la valoración de la fatiga provocada por una serie de contracciones musculares máximas sin descanso; así algunos autores han realizado tests de saltos verticales repetidos ("saltos de rana" o saltos de flexión profunda) para estudiar los efectos de la fatiga sobre la altura del salto, concluyendo que ésta disminuía progresivamente a medida que se realizaban más saltos (Spring y Ruedi, 1993).

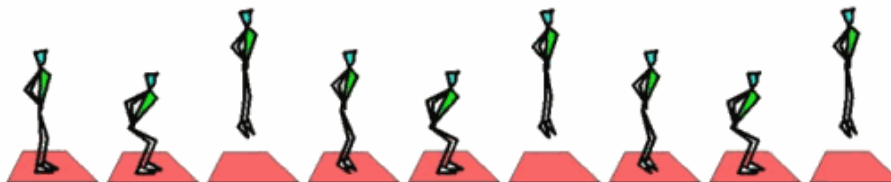


Figura 5: Representación gráfica de la ejecución de un *Repeat Jump* (RJ).

El Test de Bosco también permite establecer una curva fuerza-velocidad, test válido para identificar progresos en la fuerza máxima o fuerza explosiva, ya que en cualquiera de las modalidades de salto descritas se pueden realizar protocolos de salto similares en los que se colocarán distintos sobrepesos a los sujetos (20-40-60-80-100%, etc. del peso corporal), que han de realizar los saltos sobre la plataforma de contacto (Bosco, 1994; González y Gorostiaga, 1995; Cometti, 1997).

Metodológicamente todos los protocolos descritos (SJ, CMJ, DJ y RJ) utilizan una flexión estándar de 90° previa al salto; todos los saltos se realizan con las dos manos fijadas en la cintura y con un descenso vertical (erguido) del tronco, en un intento de aislar la contribución de estos segmentos corporales al salto (Figura 6). Es destacable que no debe existir movimiento alguno de flexión o extensión de la cadera en relación al tronco; es decir, el sujeto debe permanecer lo más erguido posible durante la realización de la prueba.

Cuando se pretenda evaluar alguna manifestación de la fuerza en el tríceps sural se utilizan los protocolos DJ y RJ, no existiendo flexión de rodillas durante el salto. Este tipo de protocolo valoraría igualmente la fuerza explosivo-reactivo-balística y la potencia anaeróbica del tríceps sural, respectivamente (Marina y Rodríguez, 1993). La única diferencia descrita entre los protocolos con flexión a 90° y sin flexión es que los primeros favorecerían en mayor medida a las personas en las que predominan las fibras de contracción lenta o ST o Tipo I, mientras los saltos sin flexión favorecerían a las personas en las que predominan las fibras de contracción rápida o FT o Tipo II, habiéndose descrito estos últimos como "saltos más reactivos" (Bosco, 1994).

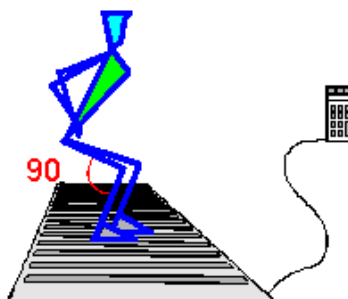


Figura 6: Representación gráfica del instante de máxima flexión de rodillas en los saltos verticales SJ, CMJ, DJ y RJ.

Los resultados que se obtienen en cualquier protocolo del *test de Bosco* hacen referencia a la altura de salto, que es una derivada del tiempo de vuelo; para ello se considera que el sujeto tiene un comportamiento similar al de un cuerpo en caída libre. Para el sistema de medición del tiempo se utiliza una plataforma de contacto conectada con un *interface* a un contador de tiempo de 0.001 s (*Psion Organiser II*, 1996), aplicándose la ecuación (Luthanen, 1984):

$$h = g \times T_v^2 / 8$$

(donde: h = altura del salto en m; g = aceleración de la gravedad en m/s²;
T_v = tiempo de vuelo en s).

Sólo se puede calcular la potencia mecánica externa en una plataforma de contacto en los protocolos de salto de *Drop Jump* (DJ) y *Repeat Jump* (RJ), atendiendo a ecuaciones preestablecidas que hacen referencia a la altura de los saltos (expresada como tiempos de vuelo), a la duración total del tests, al número de saltos realizados durante el test y al tiempo de contacto (Bosco y cols., 1983):

$$P = (g^2 \times T_v \times T_t) / (4 \times n \times (T_t - T_v))$$

(donde: P = potencia en Vatios/Kg; n = número de saltos;
T_t = Tiempo total de duración del test en s;
T_v = Tiempo de vuelo en s).

Además, de esta batería de tests se pueden derivar los siguientes índices:

- Índice de elasticidad: Relaciona el salto vertical con contramovimiento (CMJ) y sin contramovimiento (SJ), cuantificando el porcentaje de energía elástica que contribuye durante el salto (Bosco y cols., 1983).

$$I. \text{ de elasticidad (\%)}: (CMJ - SJ) \times 100 / SJ$$

- Índice de reactividad: Establece una relación entre dos tipos de salto con contramovimiento; en uno existe un preestiramiento más rápido y brusco (DJ) que en el otro (CMJ), por lo que se cuantifica la contribución del reflejo miotático al salto (Bobbert, 1990)

$$I. \text{ de reactividad (\%)}: (DJ - CMJ) \times 100 / CMJ$$

- Índice de resistencia a la fuerza rápida: Cuantifica el porcentaje de altura respecto del salto máximo en contramovimiento que se puede mantener durante una serie de saltos repetidos (Portolés, 1994).

$$I. \text{ de resistencia a la fuerza rápida (\%)}: RJ \times 100 / CMJ$$

2.2. Principales inconvenientes de test de Bosco

La gran utilidad de esta metodología, que viene siendo aplicada a diferentes grupos de deportistas desde la década de los 80', contrasta con los inconvenientes relacionados con los protocolos de salto del Test de

Bosco (SJ, CMJ, DJ y RJ), y que han sido referidos en la literatura específica:

- *Necesidad de estandarizar la flexión de rodillas a 90°*: Algunos autores han encontrado mayores alturas de salto y mayores picos de fuerza y potencia registrados sobre plataformas dinamométricas cuando los diferentes saltos se realizaban con una flexión libre de rodillas, y no con una flexión estándar a 90° (Hudson y Owen, 1985). Otros afirman que las consignas del protocolo del *test de Bosco* (Bosco y cols., 1983) son contradictorias, porque requieren que los saltos se realicen “con un esfuerzo máximo”, a la vez que exigen “estandarizar el desplazamiento angular de la rodilla durante la fase de contacto hasta aproximadamente 90°”; no se puede pretender que un esfuerzo sea máximo si está sujeto a las ataduras de la estandarización (Hatze, 1998).
- *Dudosa validez de los índices descritos*: Los resultados derivados tras la planificación y control de los efectos de diferentes programas de entrenamiento (Perot, 1991), así como la manipulación de la masa muscular y las vías nerviosas aferentes y eferentes de la musculatura implicada durante el salto (isquemia por frío, isquemia por compresión vascular, b-Bloqueantes del sistema nervioso), han dado lugar a extensas discusiones sobre si los índices de elasticidad y reactividad descritos son válidos (Kilani y cols., 1989; Bobbert y cols., 1996; López-Calbet y cols., 1997b).
- *Dificultades para aislar la contribución del tren inferior durante el salto*: Es bastante difícil aislar, en la realización de un salto vertical, la contribución de la extremidad inferior de la contribución de la musculatura del tronco y del tren superior. Por ejemplo, durante el salto no debería existir movimiento alguno de flexión o extensión de cadera en relación al tronco, o dicho de otra forma, el sujeto debería permanecer totalmente erguido durante la realización de la prueba. La experiencia práctica nos dice que esto es bastante difícil de conseguir. De otra parte, algunos autores han cuestionado el obligado sistema de fijación de la extremidad superior, mediante la posición estandarizada de fijar las manos en la cintura, en tanto que no parece ser la postura ideal para que no intervenga la extremidad superior, proponiéndose cruzar las manos delante del tronco e incluso atadas a él (Morgenstern y cols., 1992; Zurita y cols., 1995).
- *Influencia de la familiarización en la altura del salto vertical*. Algunos autores han demostrado que existen problemas para que los sujetos que habitualmente no realizan saltos verticales expresen su máxima potencia anaeróbica en este tipo de ejercicios, y sí la expresen, por ejemplo, durante un test de carrera a la máxima velocidad (Péres y cols., 1988).
- *Limitaciones del test de saltos verticales repetidos (RJ)*: Posiblemente sea el protocolo más criticado en la literatura específica por los siguientes motivos:
 - *Reducidas dimensiones de la plataforma de contacto*. Es posible que la técnica utilizada en el test de saltos repetidos sobre una plataforma de contacto de reducidas dimensiones no sea la correcta, produciéndose desplazamientos laterales provocados por la necesaria adecuación del sujeto a estudio a sus dimensiones limitadas, lo cual, en determinadas ocasiones puede conllevar la obtención de resultados de la capacidad de salto y/o potencia por debajo de las posibilidades reales del deportista (González, 1996).
 - *Errores en el cronometraje del tiempo de vuelo que aumentan exponencialmente al calcular las alturas de salto*. Metodológicamente, los resultados obtenidos en los protocolos de más de un salto son reflejo de una media de las fases de contacto y vuelo en función de un número de saltos determinado (Luhtanen, 1984), dando como resultado una potencia media a lo largo de los saltos, pero no reflejando una evolución de estas fases salto a salto. Para entender esto es importante recordar que la altura del salto no guarda una relación lineal con el tiempo de vuelo, sino que dicha relación es exponencial, lo que hace que la media de las alturas de los saltos no tenga por qué ser igual que la media de los tiempos de vuelo.
 - *Errores al estimar la potencia mecánica de salto*. En la ecuación propuesta por Bosco para calcular la potencia mecánica (Bosco y cols., 1983), el número de saltos influye de manera aleatoria en los tiempos de contacto y de vuelo, ya que hablamos de un ciclo temporal cerrado, resultando muy difícil poder comparar la variable potencia mecánica obtenida en un test de salto vertical que ha sido realizado en dos tipos de ergómetro diferentes. Por ejemplo, sobre las plataformas de fuerza la potencia mecánica se calcula a partir de la curva Fuerza-Tiempo, mientras que en los test de salto vertical sobre plataformas de contacto la potencia mecánica se deriva de los resultados de tiempo de contacto y vuelo (Bosco y cols., 1983; Morgenstern y cols., 1992; Viitasalo y cols., 1992), o en el test de salto vertical evaluado según la metodología descrita por Sargent (normograma de Lewis), donde se estima la potencia mecánica a partir de la distancia de vuelo en el salto (Fox y Mathews, 1984; Sébert y cols., 1990). Por ello no existen correlaciones entre la potencia mecánica según los diferentes métodos. Así no es difícil encontrar que la estimación de la potencia mecánica máxima a partir de la fórmula de Lewis de un mismo sujeto en un mismo salto (de altura 51,5 cm.) corresponde 15,6 W/Kg., mientras que la medición en una plataforma dinamométrica resultó ser de 44 W/Kg. (Sébert y Barthelemy, 1993). Sébert y cols. (1990) referencian que en un mismo salto vertical de 47 cm. se obtienen valores de potencia mecánica de 35 W/Kg. y 15 W/Kg. según la metodología utilizada para calcularla. Por lo tanto, los protocolos descritos no permiten obtener

la potencia máxima en sucesivos saltos repetidos, ni tampoco las gráficas de evolución de esta variable, el tiempo de contacto y la altura del salto, y no se puede describir puntualmente la influencia de factores que afecten a los mismos. De esta forma, la mayoría de los estudios sobre los diferentes tipos de fatiga analizan la fatiga deportiva y sus repercusiones en un solo salto (Ferretti, 1988) o las cualidades que influyen en el salto como la fuerza máxima (Häkkinen y cols., 1981), o la fatiga en los diferentes tipos de músculo esquelético (Bosco y cols., 1986), etc., pero siempre evaluando un único salto y nunca una serie de saltos máximos repetidos (Hortobagyi y cols., 1991; Viitasalo y cols., 1992; Hakkinen, 1993).

3) TESTS DE SARGENT, ABALAKOV Y DAL MONTE

Los protocolos de Sargent, Abalakov y Dal Monte tienen en común que hacen uso de la extremidad superior (los brazos) para conseguir la mayor altura posible durante la realización del salto vertical. Las metodologías para medir la altura del salto son distintas en cada uno de ellos y se describen a continuación. También se alude a los principales inconvenientes descritos en la literatura para estos protocolos.

3.1. Test de Sargent

Data de 1921 y también ha sido denominado “test de saltar y tocar” o “test de saltar y llegar” ha sido estandarizado de diferentes formas desde sus orígenes (McArdle y cols. 1990; Gusi y cols., 1997); siendo el protocolo más utilizado el estandarizado por Lewis en 1977 (Martín, 1986; Sébert y Barthelemy, 1993). Colocando una plancha vertical de 2 metros de altura, graduada en centímetros, situada a partir de una altura de 1.50m del suelo y separada 15cm. de la pared, el sujeto se coloca a unos 30cm. de esta plancha, con el cuerpo lateral a la misma y hace una primera marca (a) con una mano pintada de tiza (intenta llegar a la máxima altura sin despegar los talones del suelo) que representa el alcance inicial del salto. A continuación el sujeto flexiona libremente las piernas para saltar lo máximo posible y con el brazo en extensión hacer una segunda marca (b), que representa el alcance final del salto (Figura 7); la altura del salto se calcula restando las dos distancias (Villegas y cols., 1986).

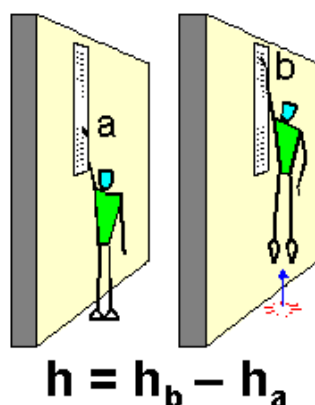


Figura 7: Representación gráfica de la ejecución de un salto Sargent (Sargent): h = altura del salto; a = posición inicial del salto (altura inicial = h_a); b = altura máxima del salto (altura máxima = h_b).

Lewis (1977), también propuso un normograma que lleva su nombre y una ecuación para calcular la potencia mecánica desarrollada durante el salto (potencia en valores relativos o W/Kg.) (Sébert y Barthelemy, 1993). Esta última puede calcularse a partir de la ecuación:

$$P = 21.7 \times \sqrt{h}$$

(donde P = potencia expresada en W/Kg.;
 h = altura del salto en metros)

Otros autores también han propuesto modificaciones del test original utilizando diferentes posiciones iniciales y finales de salto:

- Unos calculan la altura del salto a partir del alcance con una mano desde parado (a), restando de la altura máxima lograda con dos manos (b) en un tablero de baloncesto graduado en altura con precisión 1 cm. (Smith y cols., 1992).
- Otros calculan la altura del salto a partir del alcance con ambas manos (a), y como altura final la marcada con una sola mano (b) sobre una tablilla graduada en altura (Villegas y cols., 1986; Gusi y cols., 1997).

- Incluso algunos, intentan asemejar la cualidad de salto a las características propias del deporte objeto de estudio, por lo que existen estudios en voleibol donde se realiza el test de salto vertical con una carrera previa hacia delante, marcándose la altura alcanzada en una tablilla graduada en altura (Hertogh y cols., 1991; Selinger y Ackermann, 1992; Moras y López, 1995).

3.2. Test de Abalakov

Este test utiliza una metodología distinta en la medición de la altura del salto vertical. Al igual que el *test de Sargent* mide la capacidad de impulso vertical de las piernas y se realiza con los brazos libres (Vittori, 1990), pero la medición no es resultante de la diferencia de dos marcas, sino de la elevación del centro de gravedad durante el salto, para lo que se utiliza una correa métrica fijada a la cintura por un extremo, libre por el otro extremo y ligada a un marcador (Figura 8) (Bosco, 1994).

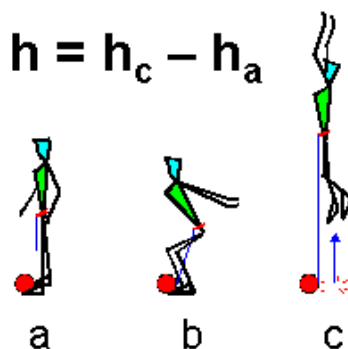


Figura 8: Representación gráfica de la ejecución de un salto Abalakov (Abalakov): h = altura del salto; a = posición inicial del salto (altura inicial = h_a); b = flexión de rodillas y movimiento de brazos; c = altura máxima del salto (altura máxima = h_c).

3.3. Test de Dal Monte

Con el mismo fundamento que Abalakov, Dal Monte (1983), diseñó un test de salto vertical con brazos libres en el que también se mide la distancia de elevación del centro de gravedad; en este caso el sujeto se coloca un cinturón fijado a la cintura (que se toma como referencia de la posición del centro de gravedad) y se sitúa de pie en frente de una columna que le refleja un haz de infrarrojos hasta el cinturón; la altura de salto es la diferencia entre la posición inicial del sujeto (h_a) y la posición más alta registrada en la columna durante el salto (h_b) (Figura 9).

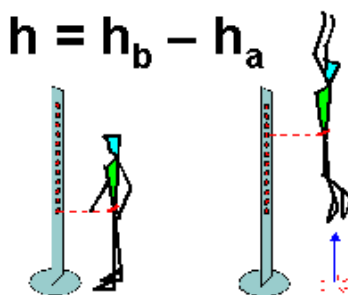


Figura 9: Representación gráfica de la ejecución de un salto Dal Monte (Dal Monte): h = altura del salto; a = posición inicial del salto (altura inicial = h_a); b = altura máxima del salto (altura máxima = h_b).

3.4. Principales inconvenientes de los tests de Sargent, Abalakov y Dal Monte

Estos tests han sido ampliamente utilizados para la valoración del salto vertical en condiciones de entrenamiento. No obstante, se han descrito algunos inconvenientes ligados a su metodología, entre los que destacan:

- *La contribución de la extremidad superior durante el salto.* Cuando los saltos verticales se realizan sin aislar o fijar la extremidad superior se pueden añadir factores coordinativos que pueden favorecer a diferentes individuos o grupos poblacionales (Hertogh y cols., 1991; Morgenstern, 1992; Gusi y cols., 1997). Vittori (1990) y Bosco (1994), describen el test de Abalakov como un test de salto vertical en el que se utilizan los brazos, mientras que otros autores afirman que los brazos deben permanecer estirados y orientados hacia el suelo sin que intervengan en él (López, 1998); por lo tanto, teniendo en cuenta la demostrada importancia de los brazos durante el salto (Lees y Barton, 1996), se encuentran

problemas a la hora de estandarizar el test.

- *Problemática en la medición de la altura del salto.* En el test de Sargent, Abalakov y Dal Monte el punto (a) o alcance no es el punto exacto en el que los pies despegan del suelo, ya que éstos lo hacen desde una altura más elevada (“en puntillas”), lo que puede alterar los resultados de la medición (Péres y cols., 1988; Delgado y cols., 1992). Un trabajo llevado a cabo por nuestro grupo de investigación concluyó que para comparar los resultados de los saltos verticales registrados por los métodos de Bosco y Sargent era necesario que, en este último, la posición inicial (a) se registrase con el sujeto de puntillas, intentando marcar verticalmente la mayor altura posible sin saltar (García-López y cols., 1999). Las citadas conclusiones pueden extrapolarse a los tests de Abalakov y Dal Monte, donde la posición inicial (a) también debería registrarse con el sujeto de puntillas.
- *Errores en la estimación de la potencia mecánica a partir de la altura de salto.* Según la opinión de algunos autores, el normograma y la ecuación de Lewis para estimar la potencia mecánica del salto aplicadas a partir de los resultados del test de Sargent parecen subestimar dicha potencia, tanto al compararlo con otros dinamómetros de potencia (plataformas dinamométricas) como al compararlo con mediciones de la cinética de los fosfatos ATP y PC (Sébert y cols., 1990).

4) TESTS DE SALTOS VERTICALES SOBRE PLATAFORMA DE CONTACTO SPORTJUMP-V1.0

En la Facultad de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte de la Universidad de León se ha diseñado una plataforma de contacto y un software (*SportJump-v1.0*) que permiten la valoración de la potencia anaeróbica utilizando varios de los tests de salto vertical que se han descrito (Figura 10). Presenta la ventaja de que la altura de los saltos es registrada mediante un único sistema (plataforma de contacto) de manera que pueden realizarse comparaciones entre saltos con/sin brazos, carrera, caída desde una altura, etc. Se han publicado varios trabajos en relación al *SportJump-v1.0* (García-López, 2000; García-López y cols., 2003 y 2004), destacando tres novedades principalmente:

- a. Permite llevar a cabo protocolos abiertos para registrar las alturas de salto vertical desde parado (SJ, CMJ y ABK), después de contactar con el suelo (DJ, saltos con batidas específicas de baloncesto, voleibol, etc.) o durante una serie de saltos repetidos, cualesquiera que sea su naturaleza.
- b. Tiene capacidad para almacenar los registros en una base de datos, junto con las características del sujeto y las condiciones externas de la medición (época de entrenamiento, tipo de pavimento, etc.).
- c. Posibilita visualizar “on-line” y almacenar los tiempos de contacto y las alturas de salto de una serie de saltos verticales repetidos. Este protocolo puede limitarse a un tiempo determinado (tendrá en cuenta el tiempo real de duración de los saltos) o a un número de saltos concreto (es válido cualquier número entero), pero también puede no limitarse, permitiendo así el diseño de tests de saltos verticales específicos o la realización de tests de saltos verticales hasta la extenuación (García-López y cols., 2003).

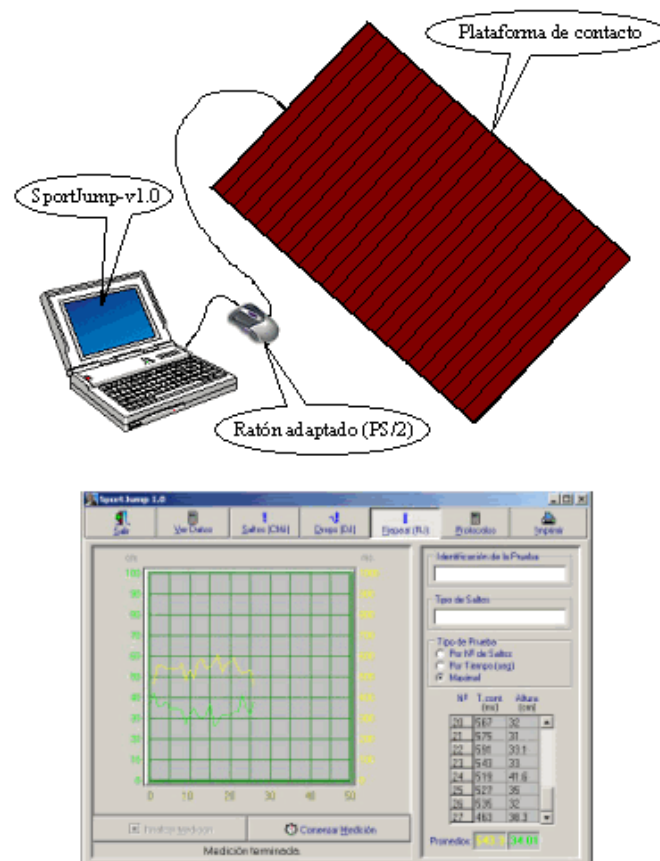


Figura 10: Sistema *SportJump-v1.0* para la medición de saltos verticales (arriba). Ventana del protocolo de saltos verticales repetidos (*Repeat*) del software *SportJump-v1.0* (abajo).

Se pueden identificar tres fases en el diseño, validación y aplicación del sistema *SportJump-v1.0*:

- En un primer momento, se pensó en la necesidad de elaborar un software que permitiera la realización de todo tipo de saltos verticales sobre la plataforma, y de mejorar las plataformas de contacto existentes, combinando la sensibilidad necesaria para detectar el despegue y aterrizaje de un sujeto con la resistencia para soportar las elevadas fuerzas generadas en los saltos (García-López, 2000). El resultado fue la creación del software *SportJump-v1.0*, compatible con un entorno Windows, e independiente de la inestabilidad del sistema, capaz de registrar los tiempos de vuelo con precisión de milésimas de segundo. Además, se diseñó la plataforma de contacto modificada, sensible a bajos niveles de fuerza durante la batida, gracias a un mayor número de sensores por unidad de superficie, y a una menor resistencia de éstos a cerrar el circuito de varillas que indica el inicio y final del salto.
- En la segunda fase se llevó a cabo la validación de todo el sistema que mide el tiempo de vuelo, y que es fundamental para estimar la altura del salto (García-López y cols., 2003). Se demostró que no existían errores en la medición del software, quedando validado para una frecuencia de 500 Hz. Las correlaciones con el método considerado de referencia (plataforma de fuerzas) fueron altamente significativas ($r^2=0.98$ y $p<0.001$), a pesar de que existían diferencias cuantitativas en la medición del tiempo de vuelo debidas al accionamiento mecánico de la plataforma. Dichas diferencias se identificaron y corrigieron. En todo caso, cuando se compararon los registros con los obtenidos simultáneamente mediante el contador *Psion Organiser II* de la plataforma de contacto *Ergojump* (Bosco y cols., 1983), se demostró que las mediciones de este último no respondían a la misma lógica, subestimando el tiempo de vuelo, y por consiguiente, la altura de salto. La validación que se ha comentado no había sido realizada por ningún otro autor, y constituye una gran diferencia con la plataforma de contacto *Ergojump*.
- La tercera fase se desarrolló de forma paralela a la anterior, de manera que, desde en los últimos 5 años se han podido llevar a cabo valoraciones en grupos de poblaciones adultas (Taberner y cols., 2000), estudiantes de educación física (Herrero y cols., 2003) y deportistas practicantes de ciclismo, judo, fútbol, baloncesto, balonmano, voleibol y atletismo (Villa y cols., 1999; García-López y cols., 2004). Estas valoraciones han servido para conocer el nivel de condición física de los sujetos evaluados en relación a esta cualidad, y también para constatar sus modificaciones debidas a programas de acondicionamiento físico general, programas de entrenamiento de la fuerza, y programas de entrenamiento específicos en un deporte en particular. La herramienta *SportJump-v1.0* también ha permitido ampliar el número de protocolos de salto vertical seleccionados (se han realizado, sobre plataforma de contacto, el SJ, CMJ, DJ, RJ y ABK) y adaptarlos a las características de las poblaciones objeto de estudio (pueden medirse saltos específicos en disciplinas como el voleibol, baloncesto, etc.).

En conclusión, destacamos que en el ámbito de la valoración funcional del deportista, la evaluación del metabolismo aeróbico ha sido mucho más habitual que la evaluación del metabolismo anaeróbico, a pesar de la importancia de la potencia anaeróbica en un amplio número de disciplinas (carreras de velocidad y lanzamientos en atletismo, deportes colectivos, etc.). Existe todavía un vacío importante entre la medición (tests directos) de variables metabólicas (ATP, PC, etc.), estructurales (miotipología, elasticidad muscular, etc.)... de esta cualidad, y la estimación (tests indirectos) de las mismas mediante tests de laboratorio (*Cicloergómetro, Margaria-Kalamen*, etc.) o de campo (*Bosco, Sargent*, etc.). En el presente trabajo se ha llevado a cabo una revisión de los principales tests que evalúan la potencia anaeróbica mediante la utilización del salto vertical. También se han descrito sus metodologías, comentando los principales inconvenientes de las mismas, y en especial, de los saltos verticales repetidos del *test de Bosco*. Finalmente, se ha presentado un sistema que permite realizar un protocolo abierto de saltos verticales (*SportJump-v1.0*), caracterizándose por ser el único validado científicamente, habiéndose aplicado con éxito en la valoración funcional de diferentes grupos de poblaciones.

5) BIBLIOGRAFÍA

- Ayalon, A.; Inbar, O.; Bar-Or, O. (1974).** Relationships among measurements of explosive strength and anaerobic power. En Nelson, R.C. y Morehouse, C.A. *Biomechanics IV*. Ed. Universidad de Baltimore: 572-577.
- Beckenholdt, S.E.; Mayhew, J.L. (1983).** Specificity among anaerobic power test in male athletes. *J. Sports Med. Phys. Fitness* 23 (3): 326-332.
- Bobbert, M.F. (1990).** Drop jumping as a training method for jumping ability. *Sports Med.*, 9 (1): 7-22.
- Bobbert, M.F.; Gerritsen, K.G.M.; Litjens, M.C.A.; Van-Soest, A.J. (1996).** Why is countermovement jump height greater than squat jump height?. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 28 (11): 1402-1412.
- Bogdanis, G.; Nevill, M.E.; Boobis, L.H.; Lakomy, H.K.A. (1996)** Contribution of phosphocreatine and aerobic metabolism to energy supply during repeated sprint exercise. *J. Appl. Physiol.*, 80 (3): 876-884.
- Boicelli, C.A.; Baldassarri, A.M.; Borsetto, C.; Conconi, F. (1989).** An approach to noninvasive fiber type determination by NMR. *Int. J. Sports Med.* 10 (1): 53-54.
- Bongbele, J.; Gutiérrez, A. (1989).** Bases bioquímicas de la fatiga muscular durante esfuerzos máximos de tipo anaeróbico (0 a 30 segundos). *Archivos de Medicina del Deporte*, 6 (21): 399-405.
- Bosco, C. (1991).** Aspectos fisiológicos de la preparación física del futbolista. Ed. Paidotribo. Barcelona.
- Bosco, C.; Luhtanen P.; Komi P.V. (1983).** A simple method for measurement of mechanical power in Jumping. *Eur. J. Appl. Physiol.* 50 (2): 273-282.
- Bosco, C. (1994).** La valoración de la fuerza con el test de Bosco. Ed. Paidotribo. Barcelona.
- Bosco, C.; Komi, P.V.; Tihanyi, J.; Fekete, G.; Apor, P. (1983).** Mechanical power test and fiber composition of human leg extensor muscles. *Eur. J. Appl. Physiol.* 51 (1): 129-135.
- Brizuela, G. (1996).** Biomecánica del salto de altura. *Serie ICD.*, 12: 87-136.
- Brotos, D.; Gutiérrez, J.A.; Melloni, M.; Vives, J.; Soria, R. (1990).** Valoración dinamométrica específica en medicina del deporte. *Apunts*, 27 (106): 255-263.
- Cometti, G. (1997)** Facteurs de la performance: la pliometrie. *Revue E.P.S.*, 47 (264): 39-43.
- Chamorro, M. (1994).** Aplicación de la batería Eurofit. *Actualizaciones en Fisiología del Ejercicio*, 2 (2): 61-90.
- Dal Monte, A. (1983).** La valutazione funzionale dell'atleta. Ed. Sansoni. Firenze.
- Delgado, A.; Péres, G.; Goiriena, J.J.; Vandewalle, H.; Monod, H. (1992).** Evaluación de las cualidades anaerobias del deportista. *Archivos de Medicina del Deporte*, 9 (34): 159-163.
- Dorado, C.; Sanchis, J.; Chavarren, J.; López, J.A. (1997).** Efectos de la administración de suplementos de creatina sobre el rendimiento. *Arch. de Medicina del Deporte*, 14 (59): 213-221.
- Ferretti, G. (1988)** Aspects fonctionnels de la recuperation des efforts brefs et intenses. *Revue E.P.S.*, 38 (214): 5-7.
- Fox, E.L.; Mathews, D.K. (1984).** Bases Physiologiques de l'activité physique. Vigot, Paris.
- García-López, J.; Rodríguez, J.A.; Morante, J.C.; Villa, J.G. (1999).** Comparación de saltos verticales realizados según las metodologías de Bosco y Sargent. *Archivos de Medicina del Deporte*, 16 (Sup. esp.): 553.
- García-López, J.; Villa, J.G.; Morante, J.C. (1999).** Especificidad de los tests indirectos que valoran la potencia anaeróbica. *Archivos de Medicina del Deporte*, 16 (Sup. esp.): 580-581.
- García-López, J. (2000).** Aplicaciones tecnológicas para la valoración biomecánica de la cinemática del salto vertical y la evaluación funcional de un umbral anaeróbico interválico en el fútbol. Tesis Doctoral. Universidad de León.
- García-López, J.; Peleteiro, J.; Rodríguez-Marroyo, J.A.; Morante, J.C.; Villa, J.G. (2003).** Validación biomecánica de un método para estimar la altura de salto a partir del tiempo de vuelo. *Archivos de Medicina del Deporte*, 20 (93): 28-34.

- García-López, J.; Peleteiro, J.; Rodríguez, J.; Morante, J.C.; Herrero, J.A.; Villa, J.G. (2004).** The validation of a new method that measures contact and flight times during vertical jump. *Int. J. Sports Med.* (En prensa).
- Gascón, R.; Terreros, J.L. (1990).** Control del entrenamiento en atletas de alto nivel sobre el propio terreno. *Apunts*, 27 (106): 247-254.
- González, J.J.; Gorostiaga, E. (1995).** *Fundamentos del entrenamiento de la fuerza. Aplicación al alto rendimiento deportivo.* Ed. INDE. Barcelona: 30-43.
- González, J.L. (1996).** *Alternativa instrumental al test repeat jump de Bosco: El pulsador plantar perfeccionado.* Tesina de Licenciatura. Universidad de León.
- González, J.M.; Alonso, J.; Bernús, G.; Prat, J.A., Arús, C. (1995).** Estudio por ^{31}P -MAS del PH muscular durante la recuperación de esfuerzos de intensidad elevada y corta duración. *CAR NEW* 16: 4-7.
- Gusi, N.; Marina, M.; Nogués, J.; Valenzuela, A.; Náser, S.; Rodríguez, F.A. (1997).** Validez comparativa y fiabilidad de dos métodos para la valoración de la fuerza de salto vertical. *Apunts*, 32: 271-278.
- Hakkinen, K.; Komi, P.V.; Tesch, P.A. (1981).** Effect of combined concentric and eccentric strength training and detraining of force-time, muscle fiber and metabolic characteristics of leg extensor muscles. *Scand. J. Sports Sci.*, 3 (2): 50-58.
- Hatze, H. (1998).** Validity and reliability of methods for testing vertical jumping performance. *J. Appl. Biomech.*, 14: 127-140.
- Herrero, J.A.; García, D., García-López, J. (2003).** Influencia del entrenamiento con estimulación eléctrica neuromuscular en la fuerza y la velocidad: su aplicabilidad al ámbito del rendimiento deportivo. *Revista de Entrenamiento Deportivo*, 17:13-22.
- Hertogh, C.; Micallef, J.P.; Mercier, J. (1992).** Puissance anaérobie maximale chez l'adolescent (étude transversale). *Science & Sports*, 7 (3): 207-213.
- Hertogh, C.; Micallef, J.P.; Vaissière, F. (1991).** Test d'évaluation de la puissance maximale. *Science & Sports*, 6 (3): 185-191.
- Hortobagyi, T.; Lambert, N.J.; Kroll, W.P. (1991).** Voluntary and reflex responses to fatigue with stretch-shortening exercise. *Can. J. Sports Sci.*, 16 (2): 142-150.
- Hudson, J.L.; Owen, M.G. (1985).** *Performance of females with respect to males: the use of stored elastic energy.* En Winter, D.A. y cols. *Biomechanics IX-A*, Champaign, Ill. Ed. Human Kinetics, Waterloo: 50-54.
- Izquierdo, M.; Aguado, X. (1997).** Estimación de la producción explosiva de fuerza: consideraciones y tópicos. *Archivos de Medicina del Deporte*, 14 (62): 493-503.
- Kilani, H.A.; Palmer, S.S.; Adrian, M.J.; Gapsis, J.J. (1989).** Block of the stretch reflex of vastus lateralis during vertical jumps. *Human Mov. Sci.*, 8 (3): 247-269.
- Lees, A.; Barton, G. (1996).** The interpretation of relative momentum data to assess the contribution of the free limbs to the generation of vertical velocity in sports activities. *J. Sports Sci.*, 14 (6): 503-511.
- Lees, A.; Fahmi, E. (1994).** Optimal drop heights for plyometric training. *Ergonomics*, 37 (1): 141-148.
- López, J.L. (1994).** Concepto, clasificación y utilidades de los test de campo. *Actualizaciones en Fisiología del Ejercicio*, 2 (2): 1-8.
- López, J.L. (1998).** *Desarrollo de un software para el cálculo de la potencia mecánica en el salto con plataformas de fuerza. Estudio de la reproductibilidad de los valores obtenidos en diversos tests de saltos.* Tesina de Licenciatura. Universidad de León.
- López-Calbet, J.A. (1999).** *Evaluación de la potencia y de la capacidad de salto.* En González y Villegas. *Valoración del deportista. Aspectos biomédicos y funcionales.* FEMEDE. Pamplona.
- López-Calbet, J.A.; Chavarren, J.; Dorado, C. (1997b).** Fractional use of anaerobic capacity during a 30- and a 45-s Wingate test. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 76 (3): 308-313.
- López-Calbet, J.A.; Ferragut, C.; Cortadellas, J.; Arteaga, R. (1997a).** *Relación entre la capacidad de salto y la aceleración.* En *Actas de las III Jornadas de Biomecánica aplicada al deporte.* Ed. Universidad de León, León.
- Luthanen, P. (1984).** Evaluación física de los jugadores de fútbol. *Apunts*, 21 (82): 99-102.
- MacDougall, J.D.; Wenger, H.A.; Green, H.J. (1995).** *Evaluación fisiológica del deportista.* Ed. Paidotribo, Barcelona.
- Manning, J.M.; Dooly, C.; Perrin, D.H. (1988).** Factor analysis of various anaerobic power test. *J. Sports Med. Phys. Fitness*, 28 (2): 138-144.
- Marina, M.; Rodríguez, F.A. (1993).** Valoración de las distintas expresiones de la fuerza de salto en gimnasia artística. *Apunts*, 30: 233-244.
- Martín, F.J. (1986).** Métodos de valoración del metabolismo anaeróbico. *Archivos de Medicina del Deporte*, 3 (9): 71-74.
- Martín, R. (1987).** La fuerza relativa (Fr). *Revista de Entrenamiento Deportivo (R.E.D)*, 1 (4-5): 70-79.
- Martín, R. (1994).** Rapidez, aceleración y velocidad. *Revista de Entrenamiento Deportivo (R.E.D)*, 8 (4): 13-22.
- Mayhew, J.L.; Salm, P.C. (1990).** Gender differences in anaerobic power tests. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 60 (2):

133-138.

Mayhew, J.L.; Piper, F.C.; Etheridge, G.L.; Schwegler, T.M.; Beckenholdt, S.E.; Thomas, M.A. (1990). The Margaria-Kalamen anaerobic power test: norms and correlates. *J. Human Mov. Stud.*, 19 (3): 141-150.

McArdle, W.D.; Katch, F.I.; Katch, V.L. (1990). *Fisiología del ejercicio: energía, nutrición y rendimiento humano*. Ed. Alianza Deporte. Madrid.

Moras, G.; López, D. (1995). Relación entre diferentes tests de salto en voleibol utilizando la plataforma de Bosco. *Apunts Educ. Fís.* 32: 119-130.

Morgenstern, R.; Porta, J.; Ribas, J.; Parrero, J.L.; Ruano, D. (1992). Análisis comparativo del test de Bosco con técnicas de video en 3 D Peak Performance. *Apunts*, 29 (113): 225-231.

Moritani, T.; Oddson, L.; Thorstensson, A. (1990). Electromyographic evidence of selective fatigue during the eccentric phase of stretch/shortening cycles in man. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 60 (6): 425-429.

Nadeau, M. (1989). Insuffisance des appareils de musculation. *S.T.A.P.S.*, 10 (19): 45-51.

Navarro, E.; Pablos, C.; Ortiz, V.; Chillaron, E.; Cervera, I.; Ferro, A. (1997). *Aplicación y seguimiento mediante análisis biomecánico del entrenamiento de la fuerza explosiva*. En *Rendimiento deportivo: parámetros electromiográficos (EMG), cinemáticos y fisiológicos*. Ed. Ministerio de Educación y Cultura. Madrid: 55.

Pacheco, J.L. (1996). *Valoración antropométrica de la masa grasa en atletas de élite*. En *Métodos de estudio de composición corporal en deportistas*. Ed. Ministerio de Educación y Cultura. Madrid: 27-54.

Pallás, R. (1992). La electrónica en el deporte. *Mundo electrónico*, 229-230: 91-117.

Péres, G.; Vandewalle, H.; Monod, H. (1988). Comparaison de trois méthodes de mesure de puissance maximale anaerobie des membres inférieurs. *Cinesiologie*, 27 (121): 241-249.

Pérez, J.; Alonso, J.; Samuels, O. (1990). Estudio de la saltabilidad en voleibolistas cubanos de alto rendimiento. *Revista de Entrenamiento (R.E.D.)*, 4 (5): 14-18.

Perot, C. (1991). Le reflexe monosynaptique d'etirement: aide a l'evaluation des effets de l'entrainement sur la myotypologie?. *Science et Motricite*, 15: 13-22.

Portolés, J. (1994). Entrenamiento de la fuerza en el fútbol. *Actualizaciones en Fisiología del Ejercicio*, 2 (1): 24-38.

Psion Organiser II (1996). Manual de instrucciones. Ed. MAC. GRAPH, Barcelona.

Rico-Sanz, J.; Zehnder, M.; Buchll, R.; Kühne, G.; Boutellier, U. (1999). Noninvasive measurement of muscle high-energy phosphates and glycogen concentrations in elite soccer players by ³¹P and ¹³C-MRS. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 31 (11): 1580-1586.

Rodríguez, F.A.; Aragonés, M.T. (1992). *Valoración funcional de la capacidad de rendimiento físico*. En González-Gallego, J. *Fisiología de la actividad física y del deporte*. Ed. Interamericana McGraw-Hill. Madrid: 237-278.

Sargent, D.A. (1921). Physical test of man. *Am. Phys. de. Rev.*, 26: 188.

Satori, J.; Tschiene, P. (1988). La evolución de la teoría del entrenamiento. *Revista de Entrenamiento Deportivo (R.E.D.)*, 2 (4): 2-11.

Sebert, P.; Barthelemy, L. (1993). Puissance anaerobie alactique et detente verticale: mesure ou calcul?. *Science & Sports*, 8 (4): 269-270.

Sébert, P.; Barthelemy, L.; Dietman, Y.; Douguet, C.; Boulay, J. (1990). A simple device for measuring a vertical jump: description and results. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 61 (3-4): 271-273.

Selinger, A.; Ackermann, J. (1992). *Power Volleyball*. Ed. Vigot. París: 102-103.

Smith, D.J.; Roberts, D.; Watson, B. (1992). Physical, physiological and performance differences between Canadian national team and universiade volleyball players. *J. Sports Sci.*, 10 (2): 131-138.

Spring, H.; Ruedi, H. (1993). *Fuerza. Conceptos y definiciones*. En Schneider, W. y cols. *Fitness: Movilidad-Fuerza-Resistencia*. Ed. Scriba, S.A. Barcelona: 272-279.

Taberner, B.; Villa, J.G.; Márquez, S.; García-López, J. (2000). Cambios en el nivel de condición física relacionada con la salud en mujeres participantes en un programa municipal de baile aeróbico. *Apunts: Educación Física y Deportes*. 61: 74-79.

Terreros, J.L. (1999). *Valoración funcional del metabolismo aeróbico. Métodos Indirectos. Test de campo*. En González, J.J. y Villegas, J.A. *Valoración del deportista. Aspectos biomédicos y funcionales*. Ed. FEMEDE. Pamplona: 427-456.

Vandewalle, H.; Peres, G.; Monod, H. (1987). Standart anaerobic exercise tests. *Sports Med.*, 4 (4): 268-298.

Vélez, M. (1992). El entrenamiento de fuerza para la mejora del salto. *Apunts*, 29: 139-156.

Viitasalo, J.T.; Komi, P.V. (1978). Force-Time Characteristics and Fiber Composition in Human Leg Extensor Muscles. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 40 (1): 7-15.

Viitasalo, J.T.; Rakkila, P.; Oesterback, L.; Alen, M. (1992). Vertical jumping height and horizontal overhead throwing velocity in young male athletes. *J. Sports Sci.*, 10 (5): 401-413.

Villa, J.G.; De Paz, J.A.; González-Gallego, J. (1992). *Bases para la evaluación de la condición física y la preparación deportiva*. En Santonja, R. *Libro Olímpico de Medicina Deportiva*. Ed. C.O.E. Madrid: 23-34.

Villa, J.G.; García-López, J.; Morante, J.; Moreno, C. (1999). Perfil de fuerza explosiva y velocidad en futbolistas profesionales y amateurs. *Archivos de Medicina del Deporte*, 16 (72): 315-324.

Villegas, J.A.; Martínez, M.T.; Martínez, M.T. (1986). Evaluación en jóvenes y niños. Test de campo. *Archivos de Medicina del Deporte*, 3 (9): 61-70.

Vittori, C. (1990). El entrenamiento de la fuerza para el sprint. *Revista de Entrenamiento Deportivo (R.E.D.)*, 4 (3): 2-8.

Zurita, C.; López, D.; Balagué, N. (1995). El entrenamiento de la fuerza explosiva. Repercusiones sobre el elemento contráctil y elástico muscular. *Apunts*, 30: 41-49.

Imprimir

RendimientoDeportivo.com
Revista Digital

Depósito Legal: LE-1832-01

ISSN: 1578-7354