



CONTROL BIOMÉDICO del entrenamiento deportivo



GRUPO DE MEDICINA DEPORTIVA Y
Ciencias aplicadas al deporte



**Universidad
Pontificia
Bolivariana**

© Indeportes Antioquia
© Editorial Universidad Pontificia Bolivariana
Vigilada Mineducación

Control biomédico del entrenamiento deportivo

ISBN: 978-958-764-770-9

ISBN: 978-958-764-778-5 (versión digital)

DOI: <http://doi.org/10.18566/978-958-764-778-5>

Primera edición, 2019

Gran Canciller UPB y Arzobispo de Medellín:

Mons. Ricardo Tobón Restrepo

Rector General:

Pbro. Julio Jairo Ceballos Sepúlveda

Vicerrector Académico:

Álvaro Gómez Fernández

Editor:

Juan Carlos Rodas Montoya

Compilador:

Felipe Eduardo Marino Isaza

Coordinación de Producción:

Ana Milena Gómez Correa

Diseño y Diagramación:

Mauricio Morales Castrillón

Corrección de Estilo:

Delio David Arango

Fotografía:

Rodrigo Mora Quiroz - Indeportes Antioquia

Dirección Editorial:

Editorial Universidad Pontificia Bolivariana, 2019

Correo electrónico: editorial@upb.edu.co

www.upb.edu.co

Telefax: (57)(4) 354 4565

A.A. 56006 - Medellín - Colombia

Radicado: 1575-08-05-17

Prohibida la reproducción total o parcial, en cualquier medio o para cualquier propósito sin la autorización escrita de la Editorial Universidad Pontificia Bolivariana y de Indeportes Antioquia.

JUNTA DIRECTIVA INDEPORTES ANTIOQUIA

Luis Pérez Gutiérrez
Gobernador

Baltazar Medina
*Presidente Comité Olímpico Colombiano
Representante de Coldeportes*

Néstor David Restrepo Bonnett
*Secretario de Educación Departamental
Representante del Sector Educativo*

Henry Palacios Valencia
*Gerente Inder Apartadó
Representante de los entes deportivos municipales*

Héctor Alonso Monroy Escudero
*Director Ejecutivo Liga Antioqueña de Tenis de Campo
Representante de las Ligas Deportivas de Antioquia*

Lisana Sofía Sánchez Ledesma
*Gerente de Indeportes Antioquia
Invitada*

Mariola González Villa
*Jefe Oficina Jurídica Indeportes Antioquia
Secretaria*

COMITÉ DE GERENCIA

Lisana Sofía Sánchez Ledesma
Gerente de Indeportes Antioquia

William de Jesús Moncada Ospina
Subgerencia de Fomento y Desarrollo Deportivo

Alpidio Betancur Zuluaga
Subgerencia Administrativo y Financiero

Luis Eduardo Cuervo Tafur
Subgerencia de Deporte Asociado y Altos Logros

Catalina Pérez Zabala
Asesora de Gerencia

Lina María Galeano Zapata
Oficina de Talento Humano

Óscar Mario Cardona Arenas
Oficina de Medicina Deportiva

Lucrecia Londoño Builes
Oficina de Control Interno

Álvaro Alonso Villada García
Oficina de Sistemas y Apoyo Financiero

Fredy Rodríguez Agudelo
Oficina Asesora de Planeación

Diana Milena Jaramillo Pérez
Oficina Asesora de Comunicaciones

Mariola González Villa
Oficina Jurídica

EVA LUA CIÓN

**FUNCIONAL EN EL LABORATORIO
DE FISIOLÓGÍA, PROTOCOLOS
PARA DETERMINAR LA POTENCIA**



Evaluación funcional
en el laboratorio de fisiología,
PROTOSCOLS PARA
determinar la potencia

Luis Hernando Valbuena Ruiz, Lic.

Protocolo del **TEST DE BOSCO**



La acción de saltar es considerada como una de las cualidades básicas en un deportista. Esta determina ciertos niveles de potencia, rapidez, coordinación, fuerza y velocidad, cuando se evalúa funcionalmente su estado físico, su proyección y su retroalimentación.

En la mayoría de los casos la aplicabilidad del salto en las técnicas y tácticas deportivas es sencillamente espectacular. El hecho de aplicar una fuerza músculo esquelética que genera una velocidad inicial del cuerpo en un determinado ángulo de despegue y en completa resistencia o contrariedad de la fuerza de gravedad para obtener una determinada distancia establece la complejidad del mismo.

La saltabilidad es considerada como la capacidad de manifestar de una forma explosiva el esfuerzo muscular, para realizar una acción efec-

tiva sin apoyo en el aire; es decir, la saltabilidad es una cualidad compleja compuesta por fuerza, velocidad y habilidad. Así mismo, el salto es una actividad física que se caracteriza por los esfuerzos musculares cortos de carácter "explosivo" y que tiene muchos estilos; en este, el rigor muscular y la técnica adquieren primordial importancia (Postoev, 1991).

Existen diferentes tipos de saltos simples clasificados de acuerdo con el tipo de medición que se requiere y, en algunos casos, de acuerdo con el autor que diseñó y construyó el test. Hay saltos estándares, según la literatura reportada, y saltos tácticos o deportivos (Acero, 2000).

Registro de **SALTOS**

1. Abalakov (ABK)
2. Countermovement Jump (CMJ)
3. Squat Jump (SJ)
4. Squat Jump con carga (SJw)
5. Drop Jump (DJ)
6. Saltos durante 15 segundos

Abalakov **(ABK)**

Objetivo: estimar la participación del componente elástico, el componente contráctil, la fuerza elástico-explosiva y el porcentaje de participación de los músculos de los miembros inferiores.

Período de preparación

- Calibrar el equipo que vamos a utilizar (fotoceldas, estera o plataforma de fuerza).
- Explicar al deportista las pruebas que va a realizar.

Período de calentamiento

Se recomienda que el calentamiento sea de 15 minutos, haciendo énfasis en la musculatura de los miembros inferiores.

Período de esfuerzo

El deportista debe realizar 3 saltos no consecutivos, desde la posición de pies, con el tronco y rodillas extendidas, manos sueltas y relajadas, con una flexión de rodillas de 90°. La altura se mide teniendo en cuenta el tiempo de vuelo.

- El descanso entre cada salto es de 20 segundos.
- De los 3 saltos realizados, se tiene en cuenta el de mayor tiempo de vuelo.

Counter mouvement JUMP (CMJ)

Objetivo: estimar la participación del componente elástico, el componente contráctil y la fuerza elástico-explosiva de los miembros inferiores.

Período de esfuerzo

El deportista debe realizar 3 saltos no consecutivos, desde la posición de pies, con el tronco y rodillas extendidas, manos en la cintura, con una flexión de rodillas de 90°. La altura se mide teniendo en cuenta el tiempo de vuelo.

- De los 3 saltos realizados, se toma en cuenta el de mayor tiempo de vuelo.
- Entre cada modalidad de saltos se deja descansar al deportista durante 1 minuto.

Squat JUMP (SJ)

Objetivo: estimar la participación del componente contráctil y la fuerza explosiva de los miembros inferiores.

Período de esfuerzo

El deportista debe realizar 3 saltos no consecutivos desde la posición de sentadillas en 90° de flexión de rodillas, con las manos en la cintura, sosteniendo la posición 5".

- De los 3 saltos realizados, se tiene en cuenta el de mayor tiempo de vuelo.

Squat jump con CARGA (SJW)

Objetivo: estimar la capacidad contráctil y la capacidad de reclutamiento de los músculos de los miembros inferiores.

Período de esfuerzo

- El deportista realiza 3 saltos SJ y 3 saltos con el 100 % del peso corporal.
- Se observa el comportamiento del SJw y la diferencia con el SJ.

Drop JUMP (DJ)

Objetivo: estimar la participación del componente contráctil, elástico, reflejo y la fuerza reflejo-elástica explosiva de los miembros inferiores.

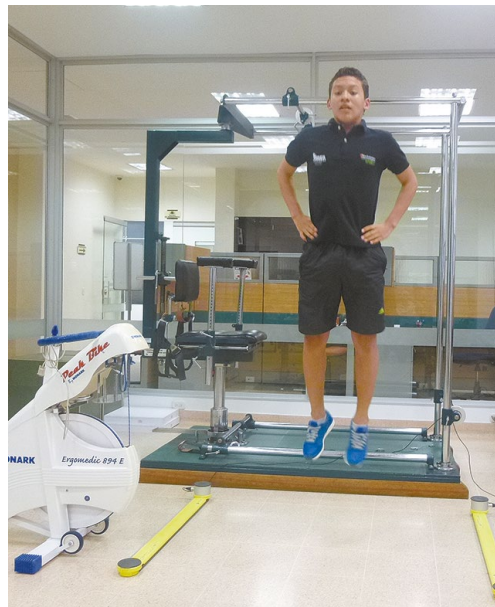
Período de esfuerzo

- Efectuar un salto luego de una caída de una altura determinada (partiendo de una posición con piernas extendidas y con un movimiento hacia abajo).



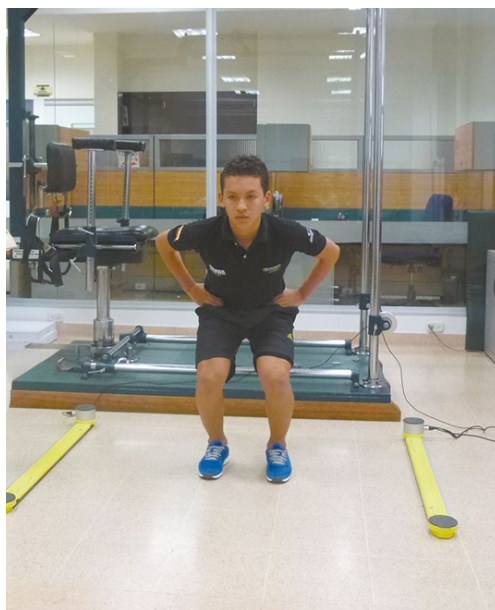
Abalakov (ABK)

Fuente: Archivo Indeportes Antioquia



Counter mouvement jump (CMJ)

Fuente: Archivo Indeportes Antioquia



Squat jump (SJ)

Fuente: Archivo Indeportes Antioquia



Squat jump con carga (SJW)

Fuente: Archivo Indeportes Antioquia

- El movimiento continuo debe efectuarse con las manos sobre las caderas y el tronco recto.
- El test está estandarizado sobre 5 alturas de caída: 20 cm - 40 cm - 60 cm - 80 cm - 100 cm.

Saltos durante **15 SEGUNDOS**

Objetivo: valorar la potencia mecánica (W/kg) del metabolismo anaeróbico aláctico, la relación entre el contacto y el vuelo (Q) y la resistencia a la fatiga.

Período de esfuerzo

- El deportista debe realizar el mayor número de saltos consecutivos en un tiempo de 15 segundos con las características del CMJ.
- La potencia se calcula a partir del tiempo de vuelo, el tiempo de contacto y el número de saltos.

Déficit **BILATERAL (DBL)**

El DBL es causado por la falta de una activación completa de las fibras motoras rápidas durante la tarea bilateral comparada con la tarea unilateral (Oda y Moritani, 1994).

“Durante la acción muscular bilateral máxima, la fuerza producida en esta condición ha sido reportada como menor que la suma de las acciones unilaterales máximas” (Challis, 1998)

Existen varias teorías sobre el por qué de la falta de fuerza máxima o de potencia cuando activamos al máximo una gran cantidad de grupos musculares. Entre estas, se dice que es por falta de capacidad del sistema nervioso central, por el fenómeno de la redundancia motora o por falta de capacidad de reclutamiento motor.



Drop jump (DJ)

Fuente: Archivo Indeportes Antioquia



Salto durante 15 segundos

Fuente: Archivo Indeportes Antioquia



Déficit bilateral derecho (DBD)

Fuente: Archivo Indeportes Antioquia



Déficit bilateral izquierdo (DBI)

Fuente: Archivo Indeportes Antioquia

De acuerdo con varios análisis de estudios y observaciones hechas en diferentes modalidades deportivas con deportistas de alto rendimiento del departamento de Antioquia, podemos concluir que los valores del **DBL** son diferentes y que esa relación se puede mejorar y acercar los valores a 0, logrando una buena facilitación.

Para obtener los valores del déficit bilateral es necesario realizar 18 saltos: 3 bipodales en la modalidad de ABK, 3 CMJ y 3 individuales con cada pierna en cada una de las modalidades mencionadas, con el fin de obtener el mejor resultado de cada uno de los 3 intentos.

Tabla 1. Procedimiento para la evaluación del DBL.

Técnica	Bipodal	P. Derecha	P. Izquierda
ABK	3	3	3
CMJ	3	3	3

Fuente: Acero e Ibarquén (2002).

La fórmula que se aplica es la siguiente, teniendo en cuenta la metodología propuesta por el doctor Jorge Acero y colaboradores.

$$DBL = \frac{Bipodal - (Pd + Pi)}{Bipodal} \times 100$$

Pd = pierna derecha

Pi = pierna izquierda

La clasificación de los valores la podemos hacer de acuerdo con la siguiente tabla, elaborada por la Asesoría de Medicina Deportiva de Indeportes Antioquia.

Tabla 2. Clasificación de Valores para el DBL

VALORES	CATEGORÍAS
> = 0	Facilitación
0 a (-3,5)	Muy bueno
(-3,6) a (-12,5)	Bueno
(-12,6) a (-24,5)	Regular
< (-24,6)	Malo

Fuente: Medicina Deportiva, Indeportes Antioquia, Contreras LE. Valbuena LH., 2012.

Simetría de **EXTREMIDADES**

Es normal que se encuentre cierta asimetría, descompensación o embalase entre grupos musculares a nivel unilateral, pero esta no debe ser de más del 10 %. Cuando se excede este valor, se deben buscar las posibles causas de esta asimetría, y cuando el valor sobrepasa el 15 %, se debe fortalecer el miembro afectado hasta lograr una buena compensación.

Para obtener estos valores de simetría se aplica cualquiera de estas fórmulas, teniendo en cuenta la fuerza o la distancia obtenida en la comparación de diferentes saltos de altura (ABK) O (CMJ) (Schiltz y Lechance, 2009).

$$SI = \left[1 - \frac{\text{Extremidad no dominante}}{\text{Extremidad dominante}} \right] * 100$$
$$SI = \left[1 - \frac{\text{Extremidad con historia de lesión}}{\text{Extremidad sin historia de lesión}} \right] * 100$$
$$SI = \left[\frac{\text{Extremidad dominante - no dominante}}{\text{Extremidad dominante}} \right] * 100$$

SI mayor de 15 % es anormal.

Para obtener los índices y capacidades que caracterizan la combinación de las diferentes modalidades del salto podemos aplicar las diferentes fórmulas:

Potencia mecánica (W/kg): $(G^2 * T_t * T_v) / (4 * n_s * T_t - T_v)$

Índice de elasticidad (%): $(CMJ - SJ) * 100 / SJ$

Resistencia a la fuerza explosiva (%): $(hSJ / hCMJ) * 100$

Índice de Bosco (%): $(SJ_{bw} / SJ) * 100$

Diferencia entre miembros inferiores (%): $(MID - MII) * 100 / MID$

Déficit bilateral (%): $Bipodal - (p_i + p_d) / Bipodal * 100$

Índice de fatiga en saltos continuos (%): $(P_i - P_f) / P_i * 100$

Capacidad de resistencia a la fuerza veloz

(CRFV): $(h_{med 15''} / h_{CMJ}) * 100$

Pérdida del trabajo muscular (PTM): $(H_{45''}) / CMJ$

Índice Q: t_v / t_c

Perfil de manifestaciones

DE LA FUERZA

Capacidad contráctil (CC %) = SJ_{bw}

Capacidad de reclutamiento (CRS %) $SJ - SJ_{bw}$

Capacidad elástica (CE%) $CMJ - SJ$

Capacidad de utilización de brazos (CB%) $ABK - CMJ * 100 / CMJ$

Componente reflejo (CR %) $DJ - ABK$

Componentes totales del salto:

$CT = SJ_{bw} + (SJ - SJ_{bw}) + (CMJ - SJ) + (ABK - CMJ) + (DJ - ABK)$

Datos de **REFERENCIA**

Componente muscular	80-90 %
Componente elástico	10-15 %
Componente coordinativo	5-15 %
Índice elástico	5-10 %
Déficit del componente	80-90 %

Estos estudios facilitan la rehabilitación o recuperación de los deportistas, permitiendo identificar los músculos que necesitan fortalecimiento o entrenamiento, para así lograr una activación más especializada y efectiva, propia de un deportista de alto rendimiento.

Protocolo de la prueba de **FUERZA-VELOCIDAD**

Objetivo: evaluar la potencia muscular, la resistencia muscular y su fatigabilidad, determinando la potencia pico, la potencia promedio y el porcentaje de fatiga mediante una prueba sencilla, de bajo costo y fácil de realizar.

Aplicación: ciclismo pista, ciclismo ruta, bicigrós, ciclomontañismo, triatlón, patinaje carreras, natación carreras y polo acuático.

1. Período de preparación

- Preparación del ergómetro.
- Cálculo de la carga que se va a colocar a la bicicleta, de acuerdo con el peso corporal del atleta.
- Explicar al deportista la prueba que se la va a realizar.

2. Período de calentamiento

- El calentamiento se debe realizar en la bicicleta donde se va a efectuar la prueba.
- El deportista debe pedalear durante 10 minutos. Cada 2 minutos intercambia a sprints máximos de 5 a 10 segundos de duración.
- La frecuencia cardiaca alcanzada durante el calentamiento debe estar cerca de las 160 ppm.
- Los sujetos deben descansar posteriormente de 3 a 5 minutos para eliminar fatiga asociada con el calentamiento.

3. Período de esfuerzo

- Con la orden de iniciar, el deportista empieza a pedalear tan rápido como le sea posible contra una resistencia baja, acción que puede durar entre 3 y 4 segundos.
- Acción seguida, el evaluador coloca la carga predeterminada y empieza a cronometrar el tiempo de la prueba (15, 30, o 45 segundos), momento en el cual se inicia el conteo del número de revoluciones.
- La carga predeterminada es de 0.090 kp/kg de peso para adultos no entrenados y de 0.100 kp/kg de peso para atletas adultos. O si se quiere ser más específico para determinar la carga óptima, se debe hacer en días previos a la prueba una evaluación para determinar la fuerza de frenado generada por la potencia pico.
- El deportista debe permanecer sentado todo el tiempo que dure la prueba y debe pedalear tan rápido como le sea posible, desde el principio hasta el final de esta.
- Durante la prueba debe existir una gran motivación verbal, especialmente durante los 10 a 15 segundos finales, que es el momento en el cual la fatiga muscular es enorme.

4. Período de recuperación

- Inmediatamente después de la prueba, se realiza un pedaleo durante un periodo de 2 a 3 minutos, contra una resistencia ligera.
- Caminar y realizar estiramientos.



Protocolo de la prueba de fuerza-velocidad
Fuente: Archivo Indeportes Antioquia



Protocolo de la prueba de fuerza-velocidad
Fuente: Archivo Indeportes Antioquia

- Si por cualquier circunstancia hay que repetir la prueba, se recomienda un intervalo de reposo de al menos 30 minutos.

Índices de DESEMPEÑO

Potencia pico (PP): es la potencia mecánica más alta observada durante la prueba.

$$PP = \frac{D}{T}$$

Potencia promedio (PM): es la potencia promedio obtenida durante el periodo que dure la prueba. Se obtiene promediando los valores de la potencia logrados durante los segmentos de 3 o 5 segundos.

$$PM = \frac{\sum \text{Potencia de los periodos}}{\text{N}^\circ \text{ de periodos}}$$

Índice de fatiga (IF): es el grado de caída de la potencia durante la prueba y se expresa con la fórmula:

$$IF = PP - P_m / PP$$

P_m = potencia mínima; **PP** = potencia pico

REFERENCIAS

Aceró, J. (2.000) Evaluaciones biomecánicas por tecnología de contactos. Rendimiento físico y rehabilitación. "Constructos científicos de las evaluaciones biomecánicas por tecnología de contactos".

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

Cardona, O. M. y Valbuena, L. H. (2011). Perfil del déficit bilateral del salto vertical en deportistas de rendimiento del departamento de Antioquia. *Revista Antioqueña de Medicina Deportiva*, 9(1).

Christos S, Riganas I, Vrabas S, Papaevangelou E, and Mandroukas K. (2012) "Isokinetic Strength and Joint Mobility Asymmetries In Oarside Experienced Oarsmen".

Heller, J., Peric, T., Dlouha, R., Kohlikova, E., Melichna, J. y Novakova, H. (1998). Physiological profiles of male and female taekwon-do (ITF) black belts. *J Sports Sci*, 16(3), pp. 243-9.

Oded Bar-Or. (1993). Test Anaeróbico Wingate. *Revista de Actualización en Ciencias del Deporte*, 1(3).

Paul a. Jones And Theodoros M. Bampouras, "A Comparison Of Isokinetic And Functional Methods Of Assessing Bilateral Strength Imbalance"; *Journal of Strength and Conditioning Research*, 2006, 20(4), 971-977. 2010 National Strength & Conditioning Association.

Postoev, A. V. (1991). *Atletismo*. Moscú: Vneshtorgizdat.

Robert U. Newton, Aimee Gerber, Sophia Nimphius, Jae k. Shim, Brandon k. Doan, Mike Robertson, David R. Pearson, Bruce W. Craig, Keijo Ha` Kkinen, and William J. Kraemer "Determination Of Functional Strength Imbalance Of The lower Extremities". *Journal of Strength and Conditioning Research*, 2006, 20(4), 971-977_ 2006 National Strength & Conditioning Association.

Schiltz, M., Lechance, C., et al. (2009). Explosive Strength Imbalances in Professional Basketball Players. *Journal of athletic training*, 44, pp. 39-47.

Scott, F. Nadler, Malanga, G., A., Feinberg, J., H., Prybicien, M., Stitik, T., P. DePrince, M. Relationship Between Hip Muscle Imbalance and Occurrence of Low Back Pain in Collegiate Athletes. A Prospective Study. *Am. J. Phys. Med. Rehabil*, 80(8).