# Test para evaluar las capacidades elástica y reactiva en las extremidades superiores.

Msc. Zelma Quetglas-González / Lic. Omar Iglesias-Pérez /
Dr. Razel Martínez-Quetglas / Dr. Isván Alvarez-Herrera
Universidad de Ciencias de la Cultura Física y el Deporte, Facultad Pinar del Río, Cuba.
Dr. Eugenio Perdomo-Manso *(perdomo@inder.cu)*
Universidad de Ciencias de la Cultura Física y el Deporte, La Habana, Cuba.

## Resumen

Resulta evidente la necesidad de desarrollar la fuerza explosiva en las extremidades superiores en atletas que practican disciplinas deportivas que requieren del movimiento explosivo en la extensión del antebrazo.

Para establecer la estrategia de entrenamiento con este fin, se necesita conocer el comportamiento de los factores involucrados en la producción de esta manifestación de fuerza, en particular, de las capacidades elástica y reactiva.

En la Escuela de Iniciación Deportiva (EIDE) de Pinar del Río, explorando las formas de evaluación de la fuerza explosiva en las extremidades superiores con atletas de la reserva deportiva en las disciplinas pertinentes, se apreció que solo se aborda de forma general la manifestación de esta fuerza sin ofrecer, en ninguno de los casos, la contribución de los factores involucrados en su producción.

Estos antecedentes condujeron a investigar con el propósito de concebir un test para evaluar las capacidades elásticas y reactivas en las extremidades superiores.

La aplicación de métodos teóricos y empíricos, condujeron a los resultados que dieron cumplimiento al objetivo trazado.

Teniendo en cuenta los antecedentes históricos en la evaluación de las capacidades elástica y reactiva en las extremidades superiores, la caracterización de su estado actual y la determinación de los componentes esenciales para conformar una evaluación de las referidas capacidades, se pudo concebir un test que satisficiera esos propósitos.

Finalmente se valoraron los criterios de calidad del test concebido y se comprobó, mediante la utilización del procedimiento Test – Retest, que es objetivo, fiable y válido; además, que permite evaluar los factores neuromusculares para los que fue elaborado.

**Palabras clave**: pruebas, evaluación, deportistas, fuerza rápida, capacidades físicas, extremidades superiores.

## A test to evaluate elastic and reactive capabilities in upper limbs.

## Abstract

It is clear the fact of the need to develop the explosive strength of upper limbs in athletes that practice the explosive discipline that require the explosive movement of the forearm extension. To establishing the training strategy for this aim, it is needed to know the involved factors action in this force generation, particularly, with elastic and reactive capabilities. At the Sports Initiation School (EIDE) in Pinar del Río, exploring evaluation forms of explosive strength in upper limbs of athletes of the reserve in sport in disciplines with this requirement, it was appreciated that it is treated in a general way, without offering in any of the cases, the contribution of the factors involved in its generation. These antecedents gave way to a research aimed to create a test to evaluate elastic and reactive capabilities of upper limbs. The application of theoretical and empirical methods, gave the results that fulfilled the aimed stated. Taking into account the historical background in the evaluation of elastic and reactive capabilities in upper limbs, the characterization of present state and the determination of essential parts to make up an evaluation of these referred capabilities, a test meeting the needs of these purposes could be conceived. Finally, the criteria of test´s quality were evaluated and it was tested by the test-re-test procedure that is objective, reliable and valid, allowing evaluating neuromuscular factors by which they were elaborated.

**Key words**: tests, evaluation, athletes, rapid strength, physical capabilities, upper limbs.

## Introducción

En muchas disciplinas deportivas, como en los deportes de combate (boxeo, kárate, taekwondo), los resultados dependen de extensiones explosivas de las extremidades superiores para imprimirles una alta velocidad a estos segmentos de trabajo y así lograr un fuerte impacto, e impedir al contrario usar una técnica defensiva eficaz; en las acciones deportivas, como es el caso del lanzamiento de la jabalina, batear o lanzar la pelota de béisbol, rematar en voleibol, o los tiros en el baloncesto, es indispensable para trasmitirle la máxima velocidad de salida al cuerpo a desplazar. Es incuestionable, entonces, el desarrollo de la fuerza explosiva en las extremidades superiores para lograr el mejor resultado en las disciplinas deportivas.

Si se quiere alcanzar una eficiente dirección del entrenamiento con el objetivo de desarrollar la fuerza explosiva en las extremidades superiores, además de valorar las exigencias de las cargas y la metodología a emplear, es imprescindible analizar el comportamiento de los factores neuromusculares involucrados en su producción, de modo que se disponga de una información más precisa de su estado de preparación.

En la exploración realizada se pudo constatar que para el control de la fuerza explosiva en las extremidades superiores, los test que se emplean son lanzamientos de pelotas medicinales o impulsión de balas y planchas.

Resulta evidente que con la información que brindan estos test no se puede apreciar el comportamiento de las capacidades elástica y refleja de los músculos que esencialmente trabajan en la ejecución de estos movimientos, sino que solo refiere, de forma general, el desarrollo de la fuerza explosiva, por lo que no se podrá dirigir el entrenamiento al aspecto más deficitario involucrado en la producción de esta manifestación de fuerza.

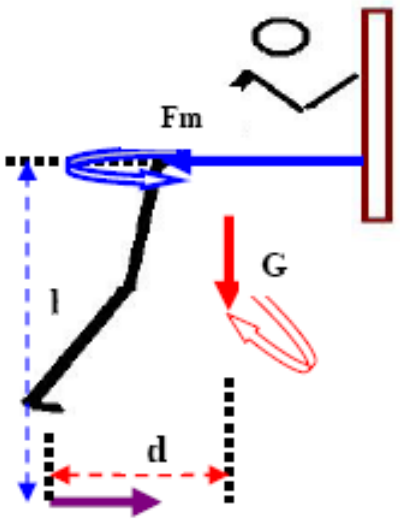
Esas razones condujeron a la realización de este trabajo con el propósito de concebir un test para evaluar las capacidades elásticas y reactivas en las extremidades superiores.

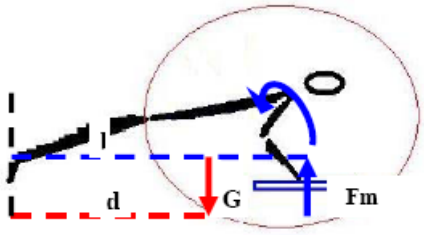
## Desarrollo

Al analizar la tendencia en la evaluación de las capacidades elástica y reactiva se llegó a la conclusión de que se logra por primera vez en 1985, por Carmelo Bosco y que este proceso ha estado muy ligado a las exigencias del deporte competitivo y al desarrollo científico – tecnológico de la época; por otra parte, los investigadores han creado test y dedicado sus estudios, a la contribución de las capacidades elástica y reactiva en la producción de fuerza explosiva, en las extremidades inferiores.

Para las extremidades superiores se han hecho intentos, adaptando el Test que Bosco creó para las extremidades inferiores. Teniendo en cuenta este elemento, el equipo de investigación analizó el test de Bosco adaptado con el fin de demostrar sus desventajas y a la vez determinar los aspectos positivos que pudieran servir como punto de partida en la elaboración del test propuesto.

Se construyeron los modelos dinámicos del movimiento, al realizar la plancha con apoyo horizontal y con apoyo vertical para facilitar el análisis.




En el análisis de ambos mecanismos resultó evidente que al realizar la plancha con apoyo mano digital horizontal, la relación que existe entre el brazo de la fuerza gravitacional (fuerza equilibrante) y el de la fuerza muscular (fuerza motriz), se encuentra a favor de la generación de un mayor impulso de frenado, y de desarrollar un mayor impulso en el momento de la fuerza aceleratriz para un buen despegue, esto no sucede en el modelo dinámico de la plancha con apoyo mano digital vertical.

Esta sobrecarga de los músculos encargados de producir la fuerza tanto en la fase excéntrica como en la concéntrica conduce al riesgo de lesiones. Además, tomando en cuenta las propiedades del sistema biomecánico, es evidente que la magnitud del impulso del momento de fuerza de frenado influye en la magnitud del impulso del momento de fuerza aceleratriz siguiente.

De hecho, un volumen demasiado grande de energía, gastada para el frenado, traerá como consecuencia que no se disponga de la suficiente energía para aprovecharse durante la fase de aceleración, lo que puede conducir a falsear los resultados del test.

Resulta también que para lograr los impulsos de los momentos de fuerza, tanto en la fase excéntrica como en la concéntrica bajo estas condiciones, se necesita disponer de un mayor tiempo, lo que puede provocar que el ejercicio no sea explosivo.

El músculo, por la presencia de colágeno, tiene un comportamiento como un material viscoelástico. Bajo una carga rápida se comportaría elásticamente, en este caso la fuerza es proporcional a la deformación según la ley

de Hooke, mientras que ante una carga progresiva responde como material viscoso, deformándose plásticamente, por lo que se disiparía la energía en forma de calor.

Al analizar la posibilidad de adaptar el test de Bosco a los miembros superiores en un ejercicio como el de la plancha con apoyo mano digital en una superficie horizontal, se concluye que además de aumentar el riesgo de que aparezcan lesiones, puede ocurrir que los resultados que se obtengan no sean correctos. A lo planteado anteriormente, se llega cuando se consideran las condiciones mecánicas presentes en el test de Bosco y los efectos generados en el sistema de palancas que caracteriza al modelo dinámico del mencionado ejercicio de plancha. Luego, resulta lógico plantear que para la evaluación de las capacidades elásticas y reactivas del músculo es más recomendable la aplicación del test concebido al efecto.

Por otra parte, si se valora la dirección del movimiento, de la magnitud de la fuerza muscular y la rapidez del desarrollo del máximo de fuerza muscular, se infiere que el ejercicio asociado al modelo de interacción dinámica horizontal no está en correspondencia con el ejercicio competitivo. En consecuencia, a partir de las anteriores valoraciones, se llegó a la conclusión de que no era recomendable la aplicación de un test adaptado (a partir del de Bosco), al trabajo de los miembros superiores.

De acuerdo con las consideraciones hechas y teniendo en cuenta las fuentes teóricas de la investigación, se determinaron los componentes esenciales que como sustentos teóricos posibilitaron conformar el test.

Los componentes como sustentos fisiológicos y biomecánicos que resultaron están relacionados con el estiramiento muscular y los ejercicios pliométricos y son: el estado de los músculos antes de la tensión de trabajo, lo concerniente al reflejo miotático, la elasticidad como propiedad mecánica del músculo, la característica temporal duración y los principios de Hochmuth de la fuerza inicial y del espacio óptimo de aceleración.

Como sustentos metrológicos relacionados con el control de las cualidades de fuerza resultaron: condiciones de aplicación estandarizadas, técnica de ejecución sencilla, la simulación del movimiento competitivo, evaluable rápidamente, la objetividad, la fiabilidad y la validez.

Considerando que de acuerdo con el instrumental de que se disponga se podrá hacer una determinada prueba, es evidente la necesidad de contar con un instrumento para obtener los resultados cuantitativos que se pretenden en esta prueba; entonces, se procuró la construcción de uno que permitiera registrar el tiempo de vuelo durante la ejecución de los despegues, teniendo en cuenta las condiciones objetivas del contexto.

Necesariamente se tiene que pensar en un equipo electrónico sin llegar a las costosas y complejas plataformas tensométricas. Por tal razón resultó de un proyecto territorial, la construcción de una alfombrilla de contacto semejante a la creada por el profesor Carmelo Bosco en 1980, ahora en la Fábrica de Componentes Electrónicos de Pinar del Río

Esta alfombrilla de contacto está conectada a un dispositivo lógico programable, el cual tiene incorporada la función de registrar el tiempo y enviarlo al ordenador; esa información, comunicada a la PC, es procesada mediante un software de alto nivel.

Contando con el instrumento y teniendo en cuenta las consideraciones anteriormente expresadas sobre los fundamentos fisiológicos, biomecánicos y metrológicos, se diseñó la estructura y dinámica de los tres ejercicios que constituirán el test.

**- Despegue desde plancha sin contramovimiento (DLSCM)**

En este ejercicio la tensión de trabajo del tríceps para producir el despegue es antecedida por una tensión isométrica del mismo; por tal razón, el mecanismo productor de la fuerza necesaria para generar el movimiento depende de la contracción voluntaria del músculo.

**Ejercicio (DPSCM)**

Para realizar el despegue partirá desde una posición inicial con manos apoyadas a la altura y ancho de los hombros, extremidades superiores en flexión de 90º en la articulación de los codos, los que se dispondrán hacia abajo. Durante la ejecución del movimiento el cuerpo debe mantenerse recto; extremidades inferiores con un ángulo de 180º en las rodillas y apoyo plantar, constituyendo la articulación del tobillo el centro de rotación del cuerpo; tronco en línea con las extremidades inferiores y la cabeza debe permanecer como una prolongación del tronco.

La adopción de la postura señalada procura que el cuerpo se mantenga lo más recto posible y es imprescindible para evitar cualquier influencia en el resultado de la prestación de los miembros superiores.

Después de despegar, el momento de vuelco hará regresar el cuerpo a la posición inicial, produciéndose el contacto de las extremidades superiores con un ángulo de 180º en la articulación del codo.

La estructura y dinámica de este movimiento permite valorar la capacidad contráctil de los extensores de las extremidades superiores.

**- Despegue desde plancha con contramovimiento (DLCCM)**

En este ejercicio, el empuje que el atleta debe realizar con las extremidades superiores para despegar de la superficie de apoyo en el plano vertical, se realiza con la ayuda de un contramovimiento, por lo que se genera un ciclo de estiramiento –acortamiento y, como consecuencia, el tríceps es estirado dinámicamente antes de producirse la tensión de trabajo para despegar.

Debido a que el movimiento hacia el plano vertical se ejecuta con una aceleración moderada y que los extensores se activan solo en el momento de la inversión del movimiento, se puede asegurar que en este ejercicio en la producción de fuerza, además del componente contráctil, se involucra el componente elástico.

**Ejercicio (DPCCM)**

La posición inicial es la misma que para el ejercicio anterior con respecto al cuerpo del atleta; el tronco debe mantenerse recto en línea con las extremidades inferiores y la cabeza debe permanecer como una prolongación del tronco, extremidades inferiores con ángulo de 180º en las rodillas, apoyo plantar, constituyendo la articulación del tobillo el centro de rotación del cuerpo.

Pero en este caso las extremidades superiores deben estar extendidas con un ángulo de 180º en la articulación del codo, con manos apoyadas a la altura y ancho de los hombros, debiendo llegar en el contramovimiento hacia el plano vertical, hasta un ángulo de 90º y despegar.

Después de despegar, el momento de vuelco hará regresar el cuerpo a la posición inicial, produciéndose el contacto de las extremidades superiores con un ángulo de 180º en la articulación del codo.

En este ejercicio se pone de manifiesto, además de las capacidades de reclutamiento y de sincronización, la de reutilización de energía de los extensores de las extremidades superiores.

**- Despegue desde plancha después de caer (DPDC)**

En esta variante de ejercicio el atleta, que se encuentra situado a la distancia predeterminada, se deja caer sobre la alfombrilla de contactos en el plano vertical; al contactar con esta debe hacer un esfuerzo violento con la intención de frenar el cuerpo que cae y despegar a máxima velocidad.

Las condiciones en las que se ejecuta el ejercicio conducen a que el despegue se realice con una activación mecánica alta del CEA debido al impacto; esa carga provoca un estiramiento brusco del músculo extensor del antebrazo antes de generar la tensión de trabajo para despegar.

**Ejercicio (DPDC)**

Inicialmente el atleta se sitúa en la distancia predeterminada, cuerpo erguido, brazos al lado del cuerpo para dejarse caer, lleva el cuerpo y las extremidades superiores hacia delante, de modo que el centro de gravedad del cuerpo salga del área de apoyo y, por el efecto de la gravedad, sea inevitable el movimiento en esa dirección. En el momento de contacto se debe frenar lo más rápidamente posible el movimiento, logrando también una rápida inversión de este al barrer un ángulo de 90º en la articulación del codo. El momento de vuelco hará regresar el cuerpo al plano vertical, produciéndose el contacto de las extremidades superiores con un ángulo de 180º en la articulación del codo. En este ejercicio, además de manifestarse la capacidad contráctil y la elástica, con el estiramiento brusco del tríceps debido al choque contra la superficie del plano vertical, se garantiza el disparo del reflejo miotático o de estiramiento. Al estimularse esa acción, este ejercicio permite valorar la capacidad reactiva, o sea, la posibilidad que tiene el atleta de aprovechar la contracción muscular refleja que potencia un alto nivel de fuerza en un tiempo muy breve.

Para facilitar la aplicación del test, este se estructuró del siguiente modo:

**- Nombre del test.**

Despegue desde plancha.

- **Objetivo.**

Evaluar las capacidades elástica y reactiva en las extremidades superiores.

- **Material necesario.**

Alfombrilla de contacto.

- **Indicaciones referentes a la organización.**

-El atleta debe dominar la prueba, de forma tal que al realizarla, se ejecute el movimiento correctamente.

-Antes de efectuar la prueba debe hacerse un buen calentamiento de los músculos extensores del antebrazo.

-Se realizarán 3 intentos para cada ejercicio, tomando el mejor resultado.

-Fijar la alfombrilla a una pared.

-Determinar la distancia para cada atleta según el ángulo óptimo calculado.

-Disponer de un protocolo de registro de datos antes de iniciar la prueba, con el siguiente formato:

Nombre, Deporte, Peso, hac, hCGC, Lab, Lb, aópt, Distancia, tDLSCM, tDLCCM, tDLDC

**- Descripción de los tres ejercicios que constituyen el test.**

**Instrucciones para el ejecutante.**

-Iniciar el movimiento al escuchar el sonido del equipo electrónico.

-El despegue tiene que realizarlo a máxima velocidad.

-Al realizar el rápido contramovimiento, la flexión de la extremidad debe llegar solo hasta un ángulo articular en el codo de 90º.

-La extensión de las extremidades superiores debe ser completa.

-Debe mantener el apoyo plantar durante la ejecución del ejercicio.

**Instrucciones para el controlador.**

-El controlador se situará lateralmente al atleta de modo que pueda velar por el estricto cumplimiento de la postura.

-En el despegue sin contramovimiento, si el atleta no logra eliminar un ligero contramovimiento debe presionar contra su hombro hacia atrás y soltarlo repentinamente en el instante que debe despegar.

**- Evaluación.**

Para la evaluación se aplica el siguiente procedimiento:

-Se toman los mayores valores de la energía cinética registrados en cada uno de los tres ejercicios y expresados en segundos.

-Para valorar la capacidad elástica, se haya la diferencia entre el valor registrado en el despegue desde lagartija con contramovimiento y el registrado para el despegue sin contramovimiento:

Capacidad elástica: DPCCM – DPSCM

-Para evaluar la capacidad reactiva, se haya la diferencia entre el valor registrado en el despegue desde lagartija después de caer y el registrado para el despegue con contramovimiento:

Capacidad reactiva: DPDC – DPCCM

-Se determina el valor medio de estas expresiones en el grupo de atletas semejantes y se compara el resultado registrado para cada atleta.

## Conclusiones

El test para evaluar las capacidades elástica y reactiva en las extremidades superiores se concreta en una estructura metodológica que permite comprensión y aplicación. En los tres ejercicios es fundamental el despegue desde un plano vertical con empuje de los miembros superiores en apoyo, cumpliendo con los requisitos establecidos por los fundamentos teóricos de la metrología, la biomecánica, la fisiología y los ejercicios pliométricos.

La manifestación de las capacidades elástica y reactiva ha sido expresada en función de la energía cinética, quedando determinada por las expresiones siguientes:

Capacidad elástica: CE = (EDLCCM – EDLSCM)

Capacidad reactiva: CR = (EDLDC – EDLCCM)

Finalmente, se valoraron los criterios de calidad del test concebido, comprobándose mediante la utilización del procedimiento Test – Retest, que es objetivo, fiable y válido, lo que asegura , entonces, que permite evaluar los factores neuromusculares para los que fue elaborado.

## Bibliografía

Bosco C. (2001). La fuerza explosiva en la fuerza muscular. Aspectos metodológicos. Barcelona, España: Ed. Inde.

Grosser M. y Starischka S. (1996). Test de la condición física. Barcelona,España: Ed. Martínez Roca S. A.

Morales Vallejo P. (2007). La fiabilidad de los test. Universidad Pontificias Comilla. Madrid.

López Chicharro J. y Fernández Vaquero A. (2006) Fisiología del Ejercicio, 3ª Edición. Madrid, España: Ed. Médica Panamericana.

Martínez- López E. (2009). Los test de aptitud física. Imternational Journal of Medicine and Science of Physical Education and Sports 5 (1) 25 – 48.