

**ACCIÓN No. 11/2010**

*Acción*, Revista Cubana de la Cultura Física, continuadora de *Cultura Física* fundada en el año 1985, es editada por el Instituto Superior de Cultura Física «Manuel Fajardo», en coordinación con el Instituto Nacional de Deportes, Educación Física y Recreación (INDER).

Con una frecuencia semestral, la revista acepta la colaboración nacional y extranjera siempre que estas se ajusten a las instrucciones que aparecen en el reverso de la contracubierta.

Los artículos publicados son total responsabilidad de sus autores.

**CONSEJO EDITORIAL:****Presidenta:**

Dra. C. Beatriz Sánchez Córdova

**Secretario:**

Lic. Osmani Iglesias Rodríguez

**Miembros:**

Dr. C. Armando Forteza de la Rosa

Dr. C. Carlos Cuervo Pérez

Dr. C. Jerry Bosque Jiménez

Dra. C. Grisell González de la Torre

Dra. C. Magaly Mena Hernández

Lic. Ela Fernández Bengochea

**Edición:**

Rosa María Marrero

**Diseño y Composición:**

Enrique Mayol Amador

**Imagen de cubierta:**

Yanelis Santos

**Suscripciones:**

ISCF «Manuel Fajardo», Santa Catalina  
No. 12453, entre Boyeros y Primelles,  
Cerro, Ciudad de La Habana, Cuba.

E-mail: vri@iscf.cu

Fax: (537) 6499560

Telef.: (537) 648 7135

RNPS 0385

ISSN 1608-3792

**El sistema biomecánico / 3**

ING. SIXTO C. MARTÍNEZ FERNÁNDEZ

**Simulación del salto de longitud / 7**

LIC. OMAR IGLESIAS PÉREZ

MS. C. ZELMA QUETGLAS GONZÁLEZ

**Software educativo para el estudio del método de diferenciación numérica por aproximación / 10**

LIC. ROSARIO GEYSA CAÑIZARES ARTEAGA

MS. C. JESÚS ALIOSKA DENIS VALDIVIA

**Análisis de la ejecución del empujón al lado-abajo con agarre de cuello y tobillo en la lucha libre / 14**

MS. C. JULIO CÉSAR PÉREZ SUZARTE

DR. C. ABBIDIEL AGUILERA VARGAS

**Elementos de la metrología en el deporte. Escalas y errores en las mediciones / 20**

LIC. MANUEL TRUJILLO ÁVILA

**Justificación mecánica de las lesiones musculares y ligamentosas**

MS. C. ZELMA QUETGLAS GONZÁLEZ

DR. C. RAZEL MARTÍNEZ QUETGLAS

**El pronóstico de los resultados deportivos / 28**

DR. C. EUGENIO PERDOMO MANSO

**Modelo teórico-metodológico para el pronóstico del rendimiento deportivo de los remeros de Pinar del Río / 33**

LIC. OSMANI CASABELLA MARTÍNEZ

DR. C. AMADO BODE YANES

DRA. C. ISABEL FLEITAS DÍAZ

**Caracterización de un modelo de deslizamiento con pierna doblada en el béisbol / 39**

LIC. MARÍA ADELA CEBALLOS RUBIO

LIC. SIXTO CONRADO MARTÍNEZ FERNÁNDEZ

LIC. MAURY RODRÍGUEZ RODRÍGUEZ

**Propuesta de una alternativa de modelo biomecánico cualitativo para el lanzamiento de la jabalina en la Academia Provincial de Atletismo de Santiago de Cuba / 42**

LIC. LORENA PIÑA PANEQUE

LIC. JORGE DANGER LARANZA

**El análisis biomecánico de los movimientos como vía para contrarrestar el desequilibrio muscular, una de las principales causas de lesiones en lanzadores del béisbol cubano / 46**

DR. C. EUGENIO DORIA DE LA TERGA

MS. C. EDDY DUARTE PÉREZ



La biomecánica como ciencia no es nueva, pero conceptos actuales y principios aplicables merecen la atención en este número especial. Con el desarrollo de esta rama se definen sus áreas de especialización y se trazan responsabilidades; por lo que debemos tener la habilidad, la experiencia y el conocimiento necesarios para competir con la práctica.

La información presentada en esta emisión no resulta suficiente para lograr esos objetivos; no obstante se realizó una revisión de las investigaciones para brindar un nuevo conocimiento y aplicación de esta ciencia, fundamentalmente en el ámbito deportivo. Estamos seguros de que este material será un desafío al pensamiento, estimulará la creatividad y provocará el diálogo.

Tener la oportunidad de publicar una selección de artículos sobre biomecánica, contribuirá a que entrenadores y especialistas incrementen su comprensión en las áreas de aplicación y en la propia ciencia. Sin dudas, es un gran privilegio para el Grupo Nacional de Biomecánica.



# El sistema biomecánico

ING. SIXTO C. MARTÍNEZ FERNÁNDEZ



## Resumen

Cuando comenzamos el estudio de la Biomecánica como asignatura de la carrera de Cultura Física, encontramos en el texto el concepto de sistema biomecánico utilizado para caracterizar de cierta forma algunos enfoques que tienen que ver con el cuerpo humano. Este es definido como una copia simplificada, un modelo del cuerpo humano en el cual se pueden estudiar las leyes de los movimientos. En realidad no es otra cosa que un modelo del cuerpo humano o de algunas de sus partes, propuesto para analizar conceptos desde un punto de vista simple de la maquinaria y mecanismos o de la mecánica teórica. En su tiempo este fue un concepto novedoso aplicado al estudio de la biomecánica y que tuvo su origen en los trabajos de varios científicos soviéticos motivados por la aparición de la cibernética como ciencia. En la actualidad se ha comenzado a emplear con mucho énfasis el modelaje de los movimientos humanos, de su cuerpo, sus partes y componentes. Es por eso que en este trabajo pretendemos dar una noción de algunos conceptos que están relacionados con el modelaje y que servirán para aclarar y actualizar los existentes.

## El sistema

Desde hace algún tiempo se ha venido utilizando dentro de las ciencias el enfoque sistemático. Para la biomecánica —aun cuando no nos damos cuenta de su manifestación—, resulta muy beneficioso este enfoque, sobre todo en el estudio de los movimientos del hombre como leyes que rigen su dirección.

El nacimiento de la cibernética, como ciencia de la dirección o control, se puede establecer en el año 1942,

durante la celebración de un congreso realizado en Nueva York sobre la inhibición cerebral. De ahí surgió la idea de la necesidad de un intercambio de conocimientos entre fisiólogos y técnicos en control. (Álvarez-Buylla, 1987)

Esa ciencia comenzó a nombrarse así a partir de la publicación del libro de Norbert Wiener *Cibernética o dirección y enlace en el animal y en las máquinas* (1948). Entre sus conceptos fundamentales se encuentran:

*Sistema:* Es cualquier todo, agrupado y formado por partes componentes interactuantes. Es decir, un conjunto de componentes, interrelacionados entre sí, que actúan bajo determinadas leyes.

*Estado del sistema:* Es el valor determinado de sus características en un momento dado.

## The Biomechanical System

### Abstract

When we begin to study Biomechanics as a subject of the Physical culture career, we find in the text the concept of biomechanical system used to characterize in a certain way some approaches having to do with the human body. It is defined as a simplified copy, a model of the human body in which the laws of the movements may be studied. It is really nothing but a model of the human body or of some of its parts proposed to analyze concepts from a simple point of view of the machinery and mechanisms or of the theoretical mechanics. At its time, it was a novel concept applied to the study of biomechanics and that had its origin in the works of several Soviet scientists motivated by the appearance of cybernetics as a science. Nowadays, the modeling of the human movements, of the body, its parts and components, has begun to be used with a great emphasis. That's why, in this work we pretend to give a notion of some concepts related to modeling that will serve to clear and update the existing ones.

*Conducta del sistema:* Es el cambio de sus estados, la variación de la magnitud de sus características.

*Dirección del sistema:* Es la transición del sistema a un nuevo estado determinado con anticipación (el logro de un objetivo).

El sistema de movimientos del deportista se estudia en la siguiente sucesión bajo este enfoque:

- De qué partes componentes está formado el sistema y cómo están agrupadas esas partes (composición y estructura).
- Cuáles son las características de sus movimientos (estado del sistema).
- Cómo se produce el proceso de movimiento, según los datos de registro

de las características (conducta del sistema).

- Cuáles acciones y de qué forma conducen al logro del objetivo (dirección del sistema).

La cibernética ha determinado tres aspectos que dan solución a estas tareas:

1. La cibernética analiza las particularidades generales de los sistemas dirigidos y de los procesos de dirección.
2. La cibernética aplicada o experimental soluciona fundamentalmente las tareas prácticas mediante el *modelaje*; su empleo en las cuestiones de la técnica deportiva está en sus comienzos.
3. La cibernética técnica estudia y construye instalaciones técnicas que transforman la información con el objetivo de hacerla más óptima (aparatos de información inmediata). Estas instalaciones se emplean en la enseñanza y el entrenamiento.

La biomecánica actual se desarrolla en este sentido; incluye todo lo clásico y su desarrollo ulterior dentro del enfoque sistemático-estructural.

La cibernética aplicada utiliza la *simulación* para el análisis de los sistemas, sobre todo, los sistemas dinámicos (varían con el tiempo).

La simulación es una técnica (normalmente numérica), que se utiliza para realizar experimentos a partir de un *modelo*, el cual describe el comportamiento de los componentes del sistema y su interacción en el tiempo.

A partir del modelo de simulación se imita el desarrollo del sistema en el tiempo, considerando todos los factores que le acompañan (*optimización*) y realizando una analogía entre el modelo y el sistema real en condiciones naturales (*validación*).

La *optimización* consiste en asegurar al sistema una trayectoria óptima. Resulta imposible optimizar un mode-

lo si no se conoce profundamente las leyes que rigen su comportamiento. La *validación* es hacer que el modelo sea lo más semejante al real en funcionamiento.

Es por eso que: «La biomecánica estudia en el cuerpo humano, en su aparato locomotor preferentemente aquellas particularidades de la estructura y funciones que tienen importancia para el perfeccionamiento de los movimientos. Sin detenerse en los detalles de la estructura anatómica y de los mecanismos fisiológicos del aparato locomotor, analiza un modelo simplificado del cuerpo humano: el sistema biomecánico. Este sistema posee las propiedades fundamentales, que resultan esenciales para la ejecución de la función motora, pero no posee gran cantidad de detalles parciales». (Donskoi, 1982)

El sistema biomecánico puede ser *activo*, de todo el cuerpo, del aparato locomotor; y *pasivo*, de los órganos internos, de los tejidos blandos y de los líquidos. (Donskoi, 1968) Esta es una forma de clasificar los posibles modelos del cuerpo humano, como un sistema autodirigido, que pueden tenerse en cuenta para estudiar al cuerpo completo y sus partes.

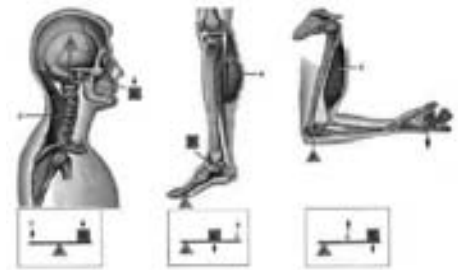
## Modelos biomecánicos

El modelaje del cuerpo humano, de sus partes y tejidos ha comenzado a aparecer como un método importante para estudiar problemas específicos de la mecánica humana.

Estos modelos se emplean:

1. Para aplicar las leyes de la mecánica y la teoría de maquinaria y mecanismos. Por ejemplo, cuando analizamos a un miembro del cuerpo humano como palanca, estamos utilizando un modelo de ese miembro donde se pueden considerar uno o varios músculos que son los encargados de mover o estabilizar el miembro y su carga mecánica.

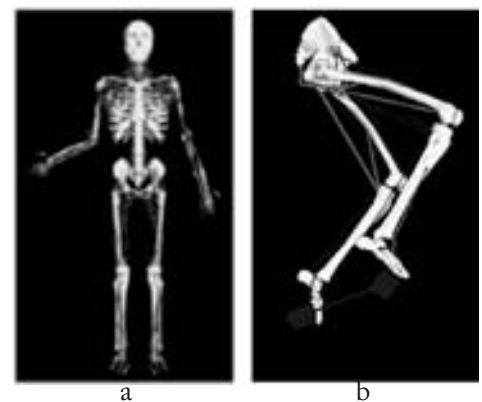
**Figura 1.** Modelos de los miembros como palancas.



2. Para la simulación en computadora. Con ayuda de los modelos, programas especializados y la acumulación de datos, ha comenzado a emplearse como un método de la biomecánica. En la actualidad existen programas creados especialmente para la simulación a partir de modelos del cuerpo humano.

Un ejemplo es modelo músculo-esquelético SIMM (Modelo del cuerpo completo o de sus partes), diseñado a partir de un hombre adulto. Este modelo posee 86 grados de libertad, 117 articulaciones y 344 actuadores, que representan músculos y tendones. Las articulaciones tienen gran exactitud cinemática.

**Figura 2.** Modelos para simulador en computadoras.



a: del cuerpo completo

b: de los miembros inferiores durante el pedaleo

La figura 2b corresponde a una imagen de la animación del pedaleo en ciclismo. En cualquier instante las fibras rojas están representando los músculos motores, que son los encargados del movimiento de la pierna, y

las fibras oscuras representan los músculos antagonistas.

La simulación con modelos posee ciertas ventajas cuando se desea experimentar al sistema de movimientos del hombre en determinadas condiciones, ya que permite:

1. El estudio y análisis del comportamiento de sistemas en los cuales sería muy costoso o imposible experimentar directamente en ellos.
2. Estudiar los aspectos que sobre un sistema determinado tendría ciertos cambios o innovaciones sin necesidad de arriesgar a estudiarlos en el sistema real.
3. El análisis de determinadas alternativas para seleccionar sistemas de nueva implantación.
4. Resolver problemas analíticos complicados de una forma más sencilla.

### Clasificación de los modelos en biomecánica

El modelaje en biomecánica puede ser dividido en dos grandes grupos, cada uno de los cuales posee subgrupos:

1. Físico
  - 1.1 Modelos a escala
  - 1.2 Maniquí antropométrico
2. Matemático
  - 2.1 Modelos de elementos deformables
  - 2.2 Modelos de cuerpo rígido

El *modelo físico* es bastante caro y no puede ser fácilmente modificado. Estos modelos desarrollan un importante papel en la investigación biomecánica.

El *modelo a escala* es utilizado cuando es extremadamente difícil resolver las ecuaciones de movimiento, en casi todos los estudios donde interviene la mecánica de fluido y el cuerpo humano se desa-

rolla mediante este tipo de modelaje. Por ejemplo, para estudiar el vuelo de los saltadores de esquí y el efecto de la resistencia del aire sobre los corredores.

Los *maniqués antropométricos* se usan para pruebas destructivas o dañinas. Se utilizan con mucho acierto en pruebas de la aviación y automovilísticas. Son modelos extremadamente caros debido a los sensores que son necesarios colocarles para hacer las mediciones deseadas, y se ven sometidos a grandes cargas que pueden destruirlos.

**Figura 3.** Maniqués antropométricos (hombre y mujer). Estos maniqués fueron utilizados para estudiar las lesiones de columna vertebral en accidentes automovilísticos.



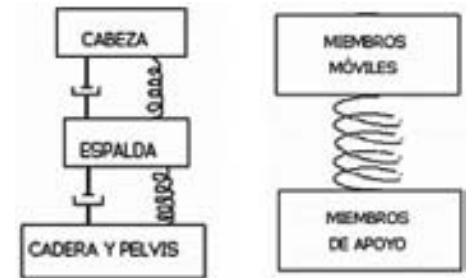
El *modelaje matemático* es muy utilizado en la biomecánica, y especialmente en el deporte, por el desarrollo de las computadoras digitales de alta velocidad, que pueden resolver ecuaciones matemáticas rápidamente. Otra ventaja de este tipo de modelaje es la relativa facilidad para modificar las representaciones matemáticas del cuerpo y lo económico de simular los sistemas biomecánicos. Se emplean para modelar además del cuerpo humano, sus segmentos y sus componentes (huesos y tejidos).

Los *modelos de elementos deformables* pueden ser de parámetros mezclados, parámetros discretos y elementos finitos o continuos.

El *modelo de parámetros mezclados* es aquel en que las subunidades están concentradas y aproximadas con muelle, masas y/o amortiguadores,

dependiendo de la característica de la respuesta dinámica.

**Figura 4.** Modelaje a parámetros mezclados.



En el *modelo de parámetro discreto* se alternan cuerpos rígidos y deformables. Como ejemplo de este tipo tenemos la representación de la columna vertebral, donde las vértebras son los cuerpos rígidos.

En los *modelos de elementos finitos* los componentes del sistema son finamente subdivididos en unidades homogéneas, de manera tal que la geometría pueda ser modelada con mayor precisión. Este tipo de modelo se ha utilizado para estudiar en los huesos la distribución de la carga, y en la columna vertebral para conocer el comportamiento mecánico de los discos intervertebrales. Mientras más pequeñas subdivisiones se empleen mejor será el modelo, ya que se acercará más a una representación continua.

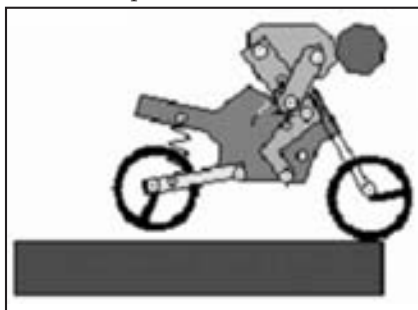
En los *modelos continuos* los componentes del sistema son retratados en forma continua. Ellos se emplean para estudiar el momento flexor, fuerzas de cizalladura y de compresión de la columna vertebral y los miembros.

Los *modelos de cuerpo rígido* pueden emplearse para definir la configuración del cuerpo humano. Estos modelos son muy utilizados cuando se simulan colisiones, caída libre y destrezas en el deporte.

Los *modelos de respuesta* a colisiones del cuerpo completo han tenido una gran línea de evolución, pues han ayudado al desarrollo de análogos al humano, adecuados para estudiar la respuesta del cuerpo completo a la colisión.

En la figura 5 se muestra un modelo de respuesta a colisiones desarrollado como muestra en el simulador Working Model 2D. Observe que el sistema moto-hombre está a punto de caer. Este es un simulador que permite la construcción de cualquier tipo de modelo para estudiar su comportamiento. Se ha utilizado muy poco para el estudio del movimiento humano.

Figura 5. Modelo de respuesta a colisiones.



Los modelos a parámetro inercial comenzaron a utilizarse a partir del año 1960 como consecuencia del desarrollo de los vuelos cósmicos, donde se empleaban en los modelos de cuerpo rígido parámetros inerciales, en un intento de anticipar los problemas de reorientación que pudieran aparecer durante los trabajos orbitales. Estos modelos se han ido refinando con el tiempo, y casi todos poseen los siguientes aspectos comunes:

- Los segmentos del cuerpo son considerados rígidos, de densidad uniforme y de forma geométrica simple.
- El miembro rígido rota sobre ejes fijos.
- La deformación del tejido y la localización asimétrica de los órganos internos son despreciables.

El modelo de Hanavan a parámetro inercial constituye uno de los modelos matemáticos más utilizados y está compuesto de 15 segmentos. Este modelo originalmente fue concebido para calcular las propiedades inerciales del cuerpo completo en una posición específica, y el programa permite obtener además la longitud, masa, localización del centro de masa y momentos de inercia principales de los 15 segmentos. (Donskoi y Zatsiorski, 1988)

Para especificar las dimensiones de los segmentos se utilizaron 25 mediciones antropométricas en sujetos.

Figura 6. El modelo de Hanavan (1964) es un ejemplo de modelo a parámetro inercial.



En los últimos años el desarrollo de la computadora y de programas cada vez más sofisticados permiten la creación de modelos del cuerpo humano cada vez más complejos. A continuación mostramos un ejemplo de ello.

Figura 7. Modelo para animación virtual mediante la captura del movimiento humano.



Esta nueva técnica para la animación de actores (y por qué no del deportista) virtuales está basada en tecnología de sensores magnéticos y guantes-datos VR.

Dos clases de aplicaciones pueden ser realizadas, la primera, aplicación en tiempo real utilizando la *captura del movimiento* y reproduciendo dicho movimiento en un ambiente virtual; y la segunda, el registro de gestos y acciones motoras que demandan más esfuerzo computacional.

Por último, es necesario aclarar que los modelos matemáticos son los más usados, y para su utilización es necesario tener en cuenta los *parámetros de los segmentos del cuerpo humano*, que han sido investigados por varios científicos; ya no sería posible entonces la aplicación de la mecánica de Newton al movimiento del hombre.

## Bibliografía

- ÁLVAREZ-BUYLLA VALLE, MERCEDES. *Modelos económicos-matemáticos II*. Editorial ISPJAE, La Habana, 1987.
- ANTONIAZZI, LUIS D. *Variables Biomecánicas*. Publice Standard. 18/11/2001. Pid: 10.
- DONSKOI, D. D. *Leyes de los movimientos en el deporte*. Cultura Física y Deporte, Moscú, 1968.
- . *Biomecánica con fundamentos de la técnica deportiva*. Editorial Pueblo y Educación, La Habana, 1982.
- DONSKOI, D. D. y V. M. ZATSIORSKI. *Biomecánica de los ejercicios físicos*. Editorial Pueblo y Educación, La Habana, 1988.
- GRIEVE, D. W. y otros. *Techniques for the Analysis of Human Movement*. The Human Movement Series, Lepus Book, London, 1975.
- MARTÍNEZ FERNÁNDEZ, S. C. «Temas para el desarrollo de un curso de diplomado en Biomecánica para la formación de profesores». (Trabajo para optar por la categoría docente de Profesor Titular.) Santa Clara, febrero de 2005.
- MUSCULO GRAPICS c/o Motion Analysis Corporation //www.musclographics.com/
- «Working Model, 2D. Simulador versión 4.0.1», 1996.

# Simulación del salto de longitud



LIC. OMAR IGLESIAS PÉREZ

Ms. C. ZELMA QUETGLAS GONZÁLEZ

## Resumen

Este trabajo realiza un análisis biomecánico de la técnica del salto de longitud durante el despegue. Debido al mejoramiento de los métodos de entrenamiento la preparación física es ahora más definitiva, y está compuesta por diferentes factores para lograr una mayor efectividad de la técnica de los saltadores de longitud. El estudio conducido por la simulación biomecánica de los saltadores de longitud, es una herramienta para el análisis de la técnica en saltadores de alto nivel. Finalmente los valores están dados para las más relevantes variables de la biomecánica, tales como el ángulo de inclinación de la rodilla, la aceleración negativa, el tiempo de despegue y la velocidad del centro de gravedad. Nuestro estudio está concentrado solo en saltadores de longitud, en principio, y los resultados se acercan también a los de triple salto, debido a que la fase de despegue es muy similar.

## Introducción

Cada día es más evidente la necesidad de los aportes de la biomecánica a los entrenamientos deportivos. A lo largo de la historia el mejoramiento del rendimiento de los deportistas se ha visto influenciado por múltiples factores como: la genética, la calidad de vida, la alimentación, los controles fisiológicos, entre otros. Sin embargo, el motivo más importante en la actualidad es, sin duda, el perfeccionamiento de la técnica, a través de entrenamientos científicamente planificados, que son el resultado de estudios biomecánicos.

Para perfeccionar la técnica, cuando se trata de atletas de alto nivel, se debe reforzar el proceso de evaluación de la ejecución del movimiento. Aunque el entrenador tenga una vasta experiencia,

existen indicadores que se analizan a través de modelos biomecánicos y software de modelación y anales de movimientos.

En nuestro caso, el estudio de modelos de salto de longitud nos condujo hasta la tarea más gratificante de este proceso: modelar el comportamiento del cuerpo humano en dicho evento, lo cual se realiza con la ayuda de ecuaciones físico-matemáticas, las cuales nos ilustran en cualquier instante de tiempo las cualidades cinemáticas que gobiernan este proceso. De esta forma ponemos en manos de entrenadores y especialistas cómo la influencia de indicadores cinemáticos y dinámicos puede variar el rendimiento de un atleta. Esto posibilitará mejorar la técnica de los deportistas para que obtengan mejores resultados.

## Desarrollo

Para poder realizar dicha simulación necesitamos representarnos un

modelo físico matemático, lo cual nos lleva a tomar varias consideraciones físicas del movimiento del cuerpo:

1. Considerar el movimiento solo en el plano x-y.
2. Que el movimiento de todo el cuerpo se pueda analizar por el movimiento del centro de masas (CM).
3. Que el centro de masas y el centro de gravedad (CG) coincidan en todas las circunstancias.
4. Que no existan desviaciones laterales del pie de apoyo en el momento del despegue.
5. Que todos los movimientos sean lo más armónico posible, de manera que el movimiento del centro de masas sea lo mas uniforme que se pueda.

Como estamos analizando el movimiento del centro de masas del cuerpo

## Long Jump Simulation

### Abstract

In this work a biomechanical analysis of the long jump techniques during the takeoff is made. Due to the improvement of the training methods, the physical preparation of the athletes is now more definitive, and it is composed of different factors to attain a higher effectiveness of the long jumpers' technique. The study conducted by the biomechanical simulation of the long jumpers is a tool to analyze the technique in high level jumpers. Finally, the values are given for the most relevant variables of biomechanics, such as the knee bent angle, negative acceleration; takeoff time and the velocity of the center of gravity. Our study focuses only on long jumpers in principle, but the results also approach the triple jump competitors, since the takeoff phase is very similar.

debemos partir de las condiciones iniciales del movimiento del centro de masas del sistema.

Teniendo las condiciones iniciales de las magnitudes físicas en un instante de tiempo, y las leyes que gobiernan dicho movimiento, podemos determinar las condiciones físicas en cualquier otro instante de tiempo.

Las condiciones iniciales del movimiento vienen dadas por:

$$X_0 = 0 \quad (1)$$

$$V_0 = 0 \quad (2)$$

$$t_0 = 0 \quad (3)$$

Según la segunda ley de Newton tenemos para el movimiento del centro de masas del cuerpo:

$$\frac{d\vec{P}}{dt} = \vec{F} \quad (4)$$

Según la técnica del salto de longitud, los últimos tres pasos son diferentes con respecto a los pasos normales, debido a que los dos últimos son más largos para disminuir la altura del centro de gravedad del cuerpo (HG), y el último más corto con el objetivo de garantizar el ascenso del centro de gravedad desde el despegue.

Si se aplican las leyes del movimiento del cuerpo en el instante en que se realiza el último paso que es más corto y a la vez un paso de fuerza, encontramos la siguiente ecuación de trabajo, la cual caracteriza la aceleración negativa del centro de masas del cuerpo en el primer cuadrante de movimiento en el eje horizontal.

$$\vec{a}_x[\gamma, \alpha] = (\vec{g} \operatorname{sen}[\gamma - \alpha] + \vec{a}_{x_0} \cos[\gamma - \alpha]) \operatorname{sen}[\gamma] \cos[\gamma - \alpha]$$

$\gamma$ : ángulo de inclinación de la rodilla.

$\alpha$ : ángulo de inclinación de la pierna en el momento de entrada a la tabla.

$\vec{g}$ : aceleración de la gravedad.

$\vec{a}_{x_0}$ : aceleración del centro de masas del cuerpo en el momento de entrada a la tabla.

En la ecuación de trabajo podemos observar que las pérdidas de velocidad que experimenta el CM del cuerpo en el primer cuadrante de movimiento, entendiéndose eso como la pérdida durante el tiempo de apoyo en la tabla, depende de la aceleración del CM, del ángulo de la articulación de la rodilla y del ángulo de inclinación de la pierna en el momento inicial del apoyo.

A través de la ecuación de movimiento podemos calcular las pérdidas de la velocidad dadas por la ecuación (4) donde:

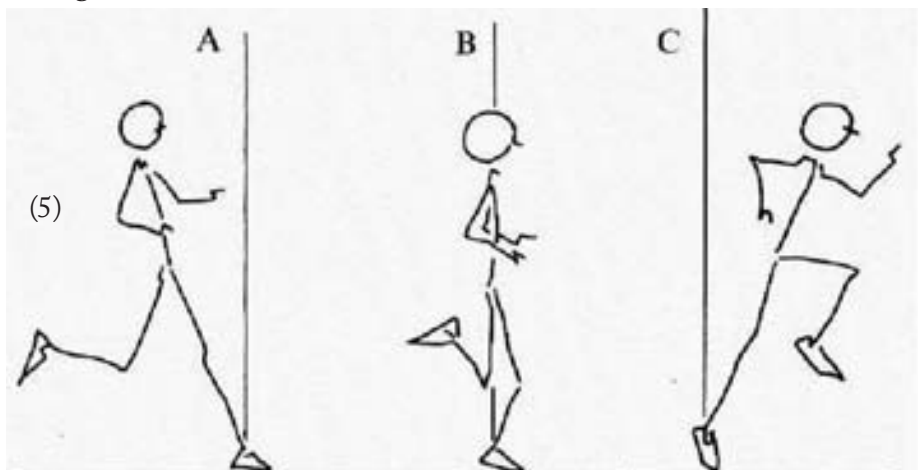
$$\int_t^t F(\gamma, \alpha) dt = \vec{P} \quad (6)$$

Si existe pérdida de velocidad se pierde una magnitud que es fundamental para lograr un buen resultado, entonces debemos tratar de mejorarla. La forma, de la cual depende el alcance de estas magnitudes viene dada por:

$$X(V_0, \delta, H_t) = \frac{V_{0x}(V_{0x} + \sqrt{V_{0x}^2 + 2gH_t})}{g} \quad (7)$$

$V_0$ : velocidad inicial de la fase de vuelo del centro de masas.

Figura 1.



$\varrho$ : ángulo que forma la velocidad inicial con respecto a la horizontal.

$H_c$ : altura inicial del centro de masas del sistema.

$$\omega = \frac{d\phi}{dt} \quad (8)$$

$\omega$ : velocidad angular.

$d\phi$ : diferencial angular.

$dt$ : diferencial de tiempo.

$$V_t = \omega r \quad (9)$$

$V_t$ : velocidad tangencial del centro de masas.

r: radio del arco.

Las ganancias o pérdidas que existan en la cantidad de movimiento del sistema vienen dadas por la velocidad tangencial al arco, que describirá el centro de masas del sistema antes del despegue.

De esta forma se podrá calcular el ángulo de despegue, ya que el coseno de este ángulo viene dado por la relación entre la velocidad tangencial del centro de masas y la variación que experimenta la velocidad lineal de este en el eje x.

$$\frac{V_x}{V_t} = \operatorname{Cos}[\alpha_0] \quad (10)$$

$\alpha_0$ : ángulo de salida del centro de masas.

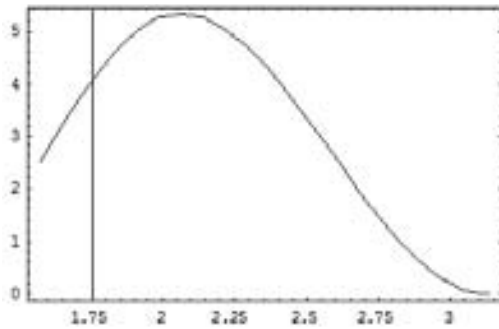


## Conclusiones

Para ilustrar la relación entre las magnitudes, que se relacionan en el presente estudio, se sugieren los siguientes gráficos. Los cálculos realizados en el trabajo se desarrollaron en el lenguaje de programación Mathematica 6.0.

**Gráfico 1.** Dependencia de la aceleración con respecto al ángulo de la rodilla.

Aceleración

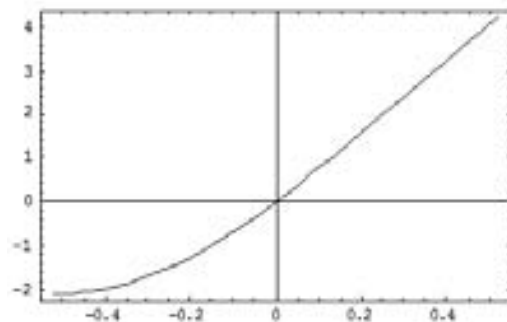


Ángulo articular

El gráfico indica cómo para valores pequeños de los ángulos de inclinación de la rodilla se observan los valores máximos de la aceleración negativa del CM del cuerpo, y para valores mayores del ángulo, empieza a disminuir ese valor. Ello está de acuerdo con lo esperado, y se comprueba que si baja demasiado el CM, se necesita mayor tiempo para salir de ahí, y las pérdidas de velocidad serían muy considerables. De esta forma, el resultado en el salto es menor.

**Gráfico 2.** Dependencia de la aceleración con respecto al ángulo de inclinación de la pierna.

Aceleración

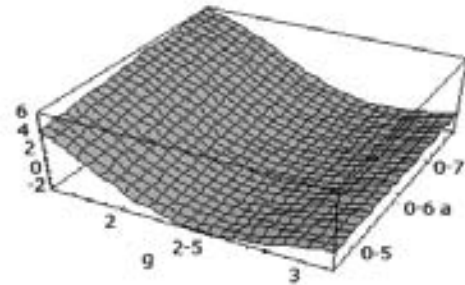


Ángulo de inclinación de la pierna

En el gráfico 2 se puede observar la variación que experimenta la aceleración del CM con respecto al ángulo de inclinación de la pierna. Vemos que existe una dependencia casi lineal entre la disminución de aceleración y el aumento del ángulo. Ello, también está de acuerdo con los resultados de la mayoría de los mejores saltadores, que tienen un ángulo mayor de inclinación de la pierna, lo cual hace posible que disminuya las pérdidas de velocidad del CM.

**Gráfico 3.** Dependencia de la aceleración con respecto a los ángulos de la rodilla y la pierna.

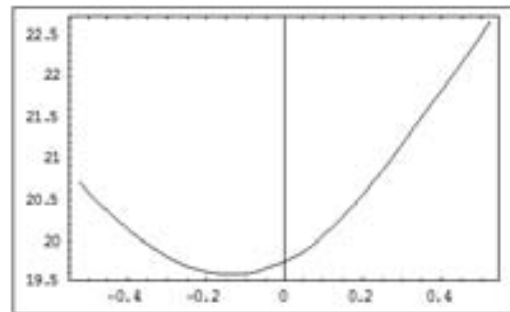
Aceleración



En el gráfico 3 podemos observar cómo varía la aceleración del CM con respecto a los dos ángulos, para determinar los puntos donde sería mínima la pérdida de velocidad del CM. Esto se puede ver donde la superficie de la curva es mínima, bajo condiciones de ángulos mayores, casi todos en el segundo cuadrante, donde la normal pasa a ser positiva, y por ende favorece el movimiento del CM antes del despegue.

**Gráfico 4.** Dependencia del ángulo de salida del CG con respecto al ángulo de inclinación de la pierna.

Ángulo de salida del CG



Ángulo de inclinación de la pierna

En el gráfico 4 se puede observar la dependencia del ángulo de salida del CM con respecto a la inclinación de la pierna en el momento de entrada a la tabla. Vemos que cuando este ángulo empieza a aumentar, también lo hace el componente vertical de la velocidad del CM. Es decir, para ángulos pequeños de dicho ángulo, las pérdidas de velocidad son muy grandes, y esto conlleva a que los ángulos de salida sean pequeños.

## Bibliografía

- AGUADO, JÓDAR y X. M. IZQUIERDO. *Biomecánica fuera y dentro del laboratorio*. Universidad de León, León, 1997.
- BERNSTEIN, N. *The Coordination and Regulation of Movement*. Pergamon Press, 1967.
- IAAF. «New Studies in Athletics», febrero de 2002.
- DONSKOI, D. D. *Biomecánica con fundamentos de la técnica deportiva*. Editorial Pueblo y Educación La Habana, 1982.
- DONSKOI, D. D. y V. ZATSIORSKI. *Biomecánica de los ejercicios físicos*. Editorial Pueblo y Educación. La Habana, 1988.

# Software educativo para el estudio del método de diferenciación numérica por aproximación

LIC. ROSARIO GEYSA CAÑIZARES ARTEAGA

Ms. C. JESÚS ALIOSKA DENIS VALDIVIA



## Resumen

La determinación de las *características biomecánicas* (estructura del movimiento) juegan un papel fundamental en el estudio de la técnica deportiva y en su perfeccionamiento. Por otro lado, los recursos informáticos como aplicaciones software, sistemas o paquetes de software son de vital importancia en la obtención de los resultados en la investigación biomecánica, pero además son buenos aliados para la enseñanza-aprendizaje de esta ciencia, sobre todo para la realización de actividades prácticas virtuales. La informática como medio de enseñanza cuenta con una amplia gama de tipos de programas que pueden ser empleados con múltiples enfoques. Cada uno de estos programas tiene propósitos específicos, dirigidos a contribuir con el desarrollo de diferentes funciones del proceso enseñanza-aprendizaje. En la presente investigación se aborda un problema de la actualidad relacionado con el estudio de las características del movimiento del hombre. Para la solución de dicha problemática se propone un software educativo, con el objetivo de perfeccionar el estudio del método de diferenciación numérica por aproximación en el proceso enseñanza-aprendizaje de la asignatura de Biomecánica, en la Facultad de Cultura Física de Sancti-Spíritus. Con ello se logra, que cada cual, atendiendo a su ritmo o deseo, determine rutas o caminos de construcción del conocimiento y los adapte a sus características individuales.

## Introducción

Los problemas que hoy afectan al mundo y su agudización imponen un

## An Educative Software for the Study of the Numerical Differentiation by Approximation

### Abstract

The determination of the biomechanical characteristics (movement structure) plays a fundamental role in the study of the sports technique and in its improvement. On the other hand, the computer resources, such as software applications, software systems or packages are of vital importance in the obtaining of the results in the biomechanical investigation, and they are also good allies for the teaching-learning process of this science, mainly for the carrying out of virtual practical activities. Informatics as a teaching aid has a wide range of types of programs that may be used with multiple approaches. Each of these programs has specific purposes directed to contribute to the development of different functions of the teaching-learning process. In this investigation a current problem related to the study of the characteristics of the man's movement is dealt with. To solve this problem, an educative software is proposed in order to improve the study of the method of numerical differentiation by approximation in the teaching-learning process of the Biomechanics subject, in the Faculty of Physical Culture of Sancti Spiritus. This allows everyone, according to his rhythm or desire, to determine his own routes or ways of construction of knowledge and to adapt them to his individual characteristics.

reto a los sistemas educacionales de aquellos países que, como el nuestro, consideran sumamente necesario el desarrollo de la educación y la cultura para mantener su independencia y soberanía, trazándose pautas encaminadas a que la educación sea un factor de transformación de la realidad presente.

De este modo, la introducción de las nuevas tecnologías de la información y las comunicaciones en los países desarrollados y subdesarrollados se ha

comportado de manera muy diferente. Los países del primer mundo de forma concentrada; y mediante un avasallador poder financiero y tecnológico ha perpetuado el dominio sobre el resto del mundo en vías de desarrollo.

González Plana, titular del Ministerio de la Información y las Comunicaciones plantea que esta realidad conlleva a un concepto que se introdujo paralelamente al de Gobierno Electrónico, la brecha digital, es decir, la

separación entre las personas (comunidades, estados, países) que utilizan las nuevas tecnologías de la información como una parte habitual de su vida diaria y aquellas que no tienen acceso a ellas o que no saben cómo usarlas.

Este novedoso reto impone la necesidad de crear herramientas que ayuden en este empeño. La fusión de las tecnologías de la informática y las comunicaciones (TIC) y la Inteligencia Artificial harán de la computadora no solo un medio de enseñanza sino también una vía para lograr el aprendizaje por parte de los estudiantes, protagonistas de este proceso.

Para el trabajo docente significa poseer un instrumento que potencie este proceso, aunque a la vez demanda una mayor preparación para su utilización exitosa. Su empleo acertado significa el vínculo con la vida, que le facilita ilustrar de manera científica lo que se aprende en este ámbito, sustentándose en su carácter politécnico. Con este propósito es necesario crear una escuela nueva, imbuida de creatividad, imaginación, gozo, espontaneidad, vitalidad y energía.

Fidel Castro (2003:19) en el discurso en la sesión de clausura del Congreso de Pedagogía planteó: «Siempre he pensado que la educación es una de las más nobles y humanas tareas a las que alguien puede dedicar su vida. Sin ella no hay ciencia, ni arte, ni letras; no hay ni habría hoy producción ni economía, salud ni bienestar, calidad de vida, ni creación, autoestima, ni reconocimiento social posible».

Con toda certeza, hoy más que nunca estas palabras se ponen de manifiesto, y más cuando estamos inmersos en un mundo de transformaciones y en la era de la informatización, por lo que es importante la adquisición de conocimientos y la aplicación ordenada de las nuevas tecnologías.

Cuba, inmersa en la batalla de ideas, lleva a cabo la Tercera Revolución Educativa con profundas transformaciones, haciendo que el papel del docente adquiera nuevas cualidades en lo que se refiere a su desempeño pro-

fesional, a la dirección y control del aprendizaje, al empleo de las nuevas tecnologías y la informática como facilitadores del proceso de aprendizaje y de manera muy especial, al uso de la investigación científica como herramienta para el diagnóstico y desarrollo de la personalidad de los estudiantes y para el estudio de los hechos y fenómenos pedagógicos que transcurren en la escuela. Más aún si tenemos presente lo planteado por Fidel Castro Ruz en 2006, cuando dijo que la sociedad que no se prepara para el uso de la computación está liquidada.

Sin embargo, las diferentes vías y formas que se han venido aplicando para el desarrollo acelerado de la preparación de los docentes para asumir estas transformaciones, dejan entrever que aún subsisten insuficiencias que hacen que no se adquieran en breves plazos los necesarios conocimientos y habilidades para el normal funcionamiento del modelo educativo en cuestión.

Teniendo en cuenta lo anterior, podemos decir que aún existen contradicciones en la Facultad de Cultura Física de Sancti-Spíritus, tales como: uso ineficiente de los medios computacionales; la realización de las prácticas de laboratorio de manera tradicional y no virtual, lo que hace más engorroso el proceso de enseñanza-aprendizaje; y no se cuenta con un material de apoyo para la determinación de las características biomecánicas del hombre, específicamente con el método de diferenciación numérica por aproximación en la asignatura de Biomecánica.

Se constató durante la investigación que existen otros software, pero que no resuelven el problema en la docencia pues los existentes requieren de una serie de requisitos técnicos, incluyendo el idioma y una preparación previa para el manejo del software (por ejemplo, el Human), el cual requiere del tiempo con el que no se cuenta en el currículo de la asignatura. Todo lo anterior nos lleva a una dificultad que necesita ser resuelta: *¿cómo perfeccionar*

*el estudio del método de diferenciación numérica por aproximación en el proceso enseñanza-aprendizaje de la asignatura de Biomecánica, en la Facultad de Cultura Física de Sancti-Spíritus?*

Para la solución de este problema nos trazamos como objetivo general de la investigación: proponer un software educativo para perfeccionar el estudio del método de diferenciación numérica por aproximación en el proceso enseñanza-aprendizaje de la asignatura de Biomecánica, en la Facultad de Cultura Física de Sancti-Spíritus. Desde las ciencias nos cuestionamos para ello:

1. ¿Qué referentes teóricos desde el punto de vista pedagógico, psicológico y didáctico son necesarios para perfeccionar el método de diferenciación numérica por aproximación de la asignatura de Biomecánica?
2. ¿Qué potencialidades y carencias presentan los profesores en cuanto al método de diferenciación numérica por aproximación de la asignatura de Biomecánica, en el proceso enseñanza-aprendizaje en la Facultad de Cultura Física de Sancti-Spíritus?
3. ¿Qué producto informático se necesita para perfeccionar el método de diferenciación numérica por aproximación de la asignatura de Biomecánica, en el proceso enseñanza-aprendizaje en la Facultad de Cultura Física de Sancti-Spíritus?
4. ¿Cómo validar la pertinencia del software educativo?

En consonancia con estas preguntas se realizaron las tareas siguientes:

1. Sistematización de los referentes teóricos desde el punto de vista pedagógico, psicológico y didáctico, necesarios para perfeccionar el método de diferenciación numérica por aproximación de la asignatura de Biomecánica.
2. Diagnóstico de las potencialidades y carencias que poseen los profesores

en cuanto al método de diferenciación numérica por aproximación de la asignatura de Biomecánica, en el proceso enseñanza-aprendizaje en la Facultad de Cultura Física de Sancti-Spíritus.

3. Elaboración de un software educativo para perfeccionar el método de diferenciación numérica por aproximación de la asignatura de Biomecánica, en el proceso enseñanza-aprendizaje en la Facultad de Cultura Física de Sancti-Spíritus.
4. Validación de la pertinencia del software educativo para perfeccionar el método de diferenciación numérica por aproximación de la asignatura de Biomecánica, en el proceso enseñanza-aprendizaje en la Facultad de Cultura Física de Sancti-Spíritus.

## Desarrollo

### Conceptos fundamentales a trabajar

*Método de diferenciación numérica por aproximación:* método matemático que consiste en calcular las velocidades y aceleraciones medias entre posiciones alternas del punto, y considerarlas como velocidades y aceleraciones instantáneas para la posición intermedia. (Fernández y Conrado, 1985)

*Software educativo:* Los programas computacionales conocidos como software educativo que buscan *automatizar* cálculos, procedimientos, secuencias de pasos, etc., para hacer más eficiente el proceso de enseñanza-aprendizaje. (Ballesteros, 2002).

Teniendo en cuenta las conceptualizaciones anteriores asumimos el siguiente *concepto de software educativo:* es un programa computacional con el objetivo de automatizar cálculos, procedimientos, secuencias de pasos, para el estudio del método de diferenciación numérica por aproximación en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la asignatura de Biomecánica, en la Facultad de Cultura Física de Sancti-Spíritus.

### Valoración de la estrategia propuesta

Se adoptó como estrategia metodológica fundamental la elaboración de un software educativo para perfeccionar el estudio del método de diferenciación numérica por aproximación, para hacer más eficiente el proceso de enseñanza-aprendizaje de estos contenidos de la asignatura de Biomecánica en la Facultad de Cultura Física de Sancti-Spíritus.

La población o universo se conformó por los 10 profesores del segundo año del Curso Para Trabajadores (CPT) de la sede principal y sus subse-des municipales, y una muestra que se considera no probabilística (intencional) con 10 profesores pertenecientes al segundo año del Curso Para Trabajadores (CPT) de estas sedes, representando el 100 % de la población.

La validación de la pertinencia del software en sus diferentes aspectos se realizó por el criterios de expertos, método matemático que permitió consultar a 32 expertos en la materia, seleccionados por el método Delphi, para lograr una opinión consensuada sobre los aspectos de la dimensión contenido del mismo, con lo cual se logró una mayor calidad en su confección y ajuste al tema de investigación. Todo esto resulta novedoso, pues se cuenta con un software educativo de fácil instalación que no requiere de recursos sofisticados, y que en su contenido muestra un registro de usuarios, que se guardarían en una base de datos; contiene además una galería de imágenes y videos; un glosario de términos específicos de la Biomecánica; un módulo de ejercicios propio de la asignatura con su registro de trazas; así como permite obtener mediante su ejercitador el cálculo más exacto de las velocidades medias e instantáneas al estar la segunda posición en los ejes de coordenadas  $x$  y  $y$ , desarrolladas por el cuerpo humano en su movimiento y se obtiene así un trazado más exacto de ellas. Contiene además un módulo de ayuda donde se brinda información detallada sobre sus partes y funcionamiento.

### Requerimientos mínimos de instalación del SEDCABH (Software Educativo para el estudio de las Características Biomecánicas del Hombre)

- o Sistema Operativo Windows 98 o superior.
- o 64 MB RAM.
- o Monitor SVGA que permita una resolución de 800x600, 16 bits de color o superior.
- o Mouse.
- o Speaker.
- o Lector de CD.

#### *Descripción del proceso de instalación:*

El o los usuario (s) que utilicen este software deberán acceder al CD de instalación y dar doble clic sobre el fichero SEDCABH.exe, el cual activará el asistente de instalación para guiar al usuario en el proceso de instalación. No necesita número de serie para su instalación.

*Descripción del software:* SEDCABH es un software que se realizó para contribuir a perfeccionar el proceso enseñanza-aprendizaje de la asignatura de Biomecánica, en la Facultad de Cultura Física de Sancti-Spíritus. Está elaborado en plataforma de Visual Basic 6.0 Edición Empresarial, utilizando Microsoft Access 2003 como plataforma para el manejo de la base de datos. Para su realización se hizo necesario además constar con un escáner Acer Prisa 600 para obtener las imágenes, Microsoft Photo Editor, Adobe PhotoShop CS, Adobe Image CS para su tratamiento, Microsoft Word 2003 para los textos, Windows Media Player 10 para los videos y Pinnacle en su versión 5.0; también se hizo necesario contar con Adobe Acrobat Reader 6.0 para el procesamiento de los ficheros pdf y Microsoft Access 2003 para la creación de la base de datos que se manejaría en el software.

Este software cuenta de varias opciones tanto para profesores que son

los usuarios principales y que actuarían como administradores, así como para estudiantes.

Para los primeros, las opciones serían:

*Registrarse:* donde se constata nombres, apellidos, contraseña y confirmación de ella y podrán acceder a su ventana de trabajo.

*Galería:* donde tendrá una galería de fotos y videos sobre deportistas y contornogramas necesarios para su trabajo, estos pueden ser vistos a un zoom mayor, copiados e impresos, al igual que los videos podrán ser reproducidos.

*Glosario:* esta opción permite encontrar, imprimir o copiar terminología y conceptualizaciones específicas de la Biomecánica.

*Lecciones:* aquí el usuario contará con lecciones específicas de la Biomecánica y literatura actualizada sobre el tema.

*Ejercitador:* constituye el eje fundamental del software, pues en él los usuarios tendrán acceso a la secuencia de pasos que se siguen para la determinación de las características biomecánicas del hombre por el método de diferenciación por aproximación numérica; a este se le hace una modificación o aporte, pues se obtiene más exactitud en los cálculos de las coordenadas y tiempos de los diferentes puntos del cuerpo para el estudio de su movimiento.

*Ejercicios:* contiene una gama de ejercicios referentes a la Biomecánica donde el estudiante podrá ejercitar los conocimientos sobre dicha asignatura, donde también obtendrá evaluaciones y se le dará seguimiento al mostrarle su acumulado.

*Ayuda:* brinda la explicación sobre cómo y de qué forma opera el software, y otras especificaciones necesarias para su buen funcionamiento.

Para los segundos, las opciones serían: *Mantenimiento:* permite actualizar las cuestiones básicas del software como son ejercicios, bibliografía, imágenes y videos.

*Evaluaciones:* permite obtener una estadística preliminar sobre el compor-

tamiento de los estudiantes durante el tiempo de navegación y dificultades obtenidas en los ejercicios.

### Divulgación de resultados

Este software de reciente creación se ha empezado a instrumentar en la enseñanza de la Biomecánica —específicamente en el tratamiento de los contenidos de estructura y características básicas del hombre como sistema biomecánico—, en la facultad de Cultura Física de Sancti Spiritus, teniendo buena aceptación por profesores y alumnos. Se presentó en el II Evento Científico Metodológico de la Sede Municipal de Cultura Física Panchito Gómez Toro de Jatibonico (9 de junio del 2007) y obtuvo Premio, así como en el evento provincial Universidad 2008 donde recibió Reconocimiento. Recientemente, en el XXVI Forum de Ciencia Municipal de Jatibonico le otorgaron Premio Relevante, y Mención en el Forum Ramal (provincial) del Instituto Nacional de Deportes, Educación Física y Recreación (INDER).

### Conclusiones

- La interpretación crítica de los referentes teóricos desde el punto de vista pedagógico, psicológico y didáctico son necesarios para el perfeccionamiento del estudio del método de diferenciación numérica por aproximación de la asignatura de Biomecánica.
- El diagnóstico realizado a los docentes que imparten la asignatura de Biomecánica permitió identificar sus potencialidades y carencias en la utilización del método de diferenciación numérica por aproximación.
- La elaboración del diseño conceptual permitió la definición de las entidades, las relaciones y sus atributos para la confección de la base de datos.
- El software educativo resulta pertinente para el perfeccionamiento del

método de diferenciación numérica por aproximación en la asignatura de Biomecánica, según el criterio de expertos.

### Bibliografía

- BALLESTEROS HORTA, ROBERTO. «Espacios virtuales de aprendizaje.zip.». Universidad Central Marta Abreu, Las Villas, 2002.
- BENITO, C. DE. «Herramientas para la creación, distribución y gestión de cursos a través de Internet», en *EDUTEC. Revista Electrónica de Tecnología Educativa*, no. 12, junio de 2000.
- CASTRO RUZ, F. *Las ideas son el alma esencial en la lucha de la humanidad por su propia salvación*. Oficina de Publicaciones del Consejo de Estado, La Habana, 2003.
- DONSKOI, D. D. *Biomecánica con fundamentos de la técnica deportiva*. Editorial Pueblo y Educación, La Habana, 1982.
- DONSKOI, D. D. y V. M. ZATSIORSKI. *Biomecánica de los ejercicios físicos*. Editorial Pueblo y Educación, La Habana, 1990.
- FAINHOLC, B. *Nuevas tecnologías de la información y la comunicación en la enseñanza*. Aique Grupo Editor S. A., Argentina, 1997.
- FERNÁNDEZ PRADO, JORGE y SIXTO CONRADO MARTÍNEZ. *Cuaderno de trabajo de Biomecánica*. Editorial Científico-Técnica, La Habana, 1985.
- FERNÁNDEZ-VALMAYOR, A., C. FERNÁNDEZ y A. VAQUERO. «Panorama de la informática educativa: de los métodos conductistas a las teorías cognitivas», en *Revista Española de Pedagogía*, España, enero-abril, 1995.
- HERNÁNDEZ SAMPIERI, ROBERTO y otros. *Metodología de la Investigación*. Mc Graw Hill, México, 1999.
- POLAINO DE LOS SANTOS, LÁZARA. *Biomecánica*. Instituto Superior de Cultura Física Manuel Fajardo, La Habana, 2001.
- «Software», en Biblioteca de Consulta Microsoft® Encarta® 2007 [DVD]. Microsoft Corporation, 1993-2006.
- VALLE SOTO, MANUEL L. del y JUAN JOSÉ AZPEITÍA. *Biomecánica y entrenamiento deportivo*. España, 2000.



# Análisis de la ejecución del empujón al lado-abajo con agarre de cuello y tobillo en la lucha libre

Ms. C. JULIO CÉSAR PÉREZ SUZARTE

DR. C. ABBDIEL AGUILERA VARGAS

## Resumen

El presente trabajo fue realizado con atletas de categorías escolar, juvenil y cadete, con el propósito de analizar la ejecución de la técnica «empujón al lado-abajo, con agarre de cuello y tobillo», a partir de un enfoque metodológico y biomecánico. Para el logro del fin propuesto se procedió a dividir en fases la ejecución de la acción técnica, según la importancia de la tarea. Se elaboró un modelo determinístico para el análisis de la ejecución de la técnica «empujón al lado-abajo, con agarre de cuello y tobillo», y finalmente se determinaron los errores más frecuentes en la ejecución de la acción motora. Para el desarrollo del estudio nos apoyamos en los métodos biomecánicos de investigación. Los resultados obtenidos le permiten al entrenador evaluar con mayor objetividad el dominio alcanzado en la ejecución de la acción.

## Introducción

Los resultados de la lucha olímpica, conjuntamente con otras disciplinas como el béisbol, boxeo, judo, voleibol y el atletismo, han patentizado la calidad del deporte cubano. Los luchadores cubanos han conquistado importantes victorias de forma individual en los Juegos Olímpicos, campeonatos mundiales y continentales, así como por equipos en copas del mundo y juegos regionales.

Los triunfos alcanzados por nuestros deportistas se deben fundamentalmente al trabajo creador de los propios atletas y al colectivo de entrenadores y especialistas, sobre la base de un profundo y consciente sentido del entrenamiento, sustentado en fuertes lazos de confraternidad y espíritu colectivista.

## Analysis of the Execution of the Push to the Side and Down with Grab of the Neck and Ankle in Wrestling

### Abstract

The present work was carried out with athletes of the school, juvenile and cadet categories in order to analyze the execution of the technique “push to the side and down with grab of the neck and ankle”, starting from a methodological and biomechanical approach. To this end, the execution of the technical action was divided into phases, according to the importance of the task. A deterministic model was made for the analysis of the execution of the technique “push to the side and down with grab of the neck and ankle”. Finally, the most common errors in the execution of the motor action were determined. The results allowed the trainer to evaluate with a greater objectivity the control attained in the execution of the action.

Para superar y mantener los resultados de la lucha cubana, en un contexto actual matizado por un creciente desarrollo deportivo a nivel mundial, se necesita llegar a niveles superiores en la calidad de los procesos de enseñanza-aprendizaje, estudio-entrenamiento, la teoría y metodología del entrenamiento y los sistemas de preparación de los deportistas desde las edades tempranas, garantizando el desarrollo de esta disciplina deportiva en las categorías inferiores.

La lucha libre olímpica es un deporte con agarre, en el que se produce un enfrentamiento entre dos adversarios de características similares (peso, edad y sexo), con el objetivo común de derribar al contrincante y cuyo fin último es fijarlo de espaldas en el suelo, conforme a las acciones y espacios permitidos por el reglamento. Al igual que ocurre con otros deportes individuales,

el componente técnico es de suma importancia, pues permite la consecución de un objetivo motor señalado por la táctica, considerando tanto el desarrollo motriz como psíquico. Por tanto, una buena ejecución técnica facilitará la realización de un trabajo con el mínimo gasto energético, posibilitando la adquisición de mejores resultados.

Para el logro de los objetivos propuestos, dirigidos a preservar la continuidad de la brillante trayectoria de la lucha en nuestro país, es imprescindible introducir en el proceso deportivo, los elementos que aportan las actuales investigaciones científicas asociadas al perfeccionamiento de la técnica desde las primeras categorías, puesto que en el alto rendimiento se utilizan un conjunto de técnicas que son aprendidas y usadas por los atletas desde sus inicios en la práctica de la lucha.

En los últimos años, los luchadores de categorías superiores, en nuestro país, han logrado muy buenos resultados en sus ejecuciones, con el uso de las técnicas de empujones. En las categorías inferiores, sin embargo, aunque son enseñadas las diferentes técnicas de la lucha libre, disminuye considerablemente la efectividad del uso de los empujones en el ejercicio competitivo.

Ante esta situación nos planteamos como objetivo: analizar la ejecución de la técnica «empujón al lado-abajo, con agarre de cuello y tobillo», en categorías inferiores, a partir de un enfoque metodológico y biomecánico.

Para su cumplimiento nos planteamos las siguientes tareas:

- Dividir en fases, según la importancia de la tarea, la ejecución de la acción técnica.
- Elaborar un modelo determinístico para el análisis de la ejecución de la técnica «empujón al lado-abajo, con agarre de cuello y tobillo».
- Determinar los errores durante la ejecución de la técnica «empujón al lado-abajo, con agarre de cuello y tobillo».

En los deportes de lucha no son frecuentes los análisis biomecánicos. Debido a sus particularidades, la existencia de zonas o puntos que no se observan en un plano determinado y a la elevada duración de las acciones, se dificulta el proceso de digitalización, y por lo tanto el empleo de técnicas de fotogrametría.

Las consideraciones realizadas en el trabajo se fundamentan en el estudio de atletas nacionales, en la búsqueda de un modelo que permita evaluar la calidad de la ejecución de la técnica en categorías inferiores.

## Desarrollo

### La lucha como deporte. Características

La lucha olímpica es un deporte individual de combate, se caracteriza por la superación recíproca de ambos atletas, que ostentan la victoria por medio de la aplicación de movimientos técnico-tácticos, permitidos por las reglas, a través de los cuales colocan al adversario con la espalda pegada al colchón. Gran parte de las características están dadas por el reglamento y el estilo o variedad; ya sea clásica, libre, sambo o judo; cada uno de ellos posee sus agarres, movimientos, tácticas e indumentarias específicas.

En el proceso de preparación y competición, los luchadores emplean diferentes procedimientos técnicos y tácticos relacionados con grandes esfuerzos musculares, bajo condiciones de un agudo combate cuerpo a cuerpo en contacto directo con el oponente. El encuentro competitivo de los luchadores se caracteriza por un trabajo de potencia submáxima. Las tensiones de velocidad-fuerza de corta dura-

ción están acompañadas de elementos de apnea, y durante los agarres predominan los esfuerzos estáticos de los correspondientes grupos musculares.

Las reglas del estilo libre permiten a los contendientes usar todo su cuerpo en la competición. Los agarres por debajo de la cintura y el uso de las piernas están permitidos. El estilo libre es el tipo de lucha más popular, y en el que participan más países en el campeonato mundial, que se celebra anualmente.

### Clasificación de las distintas acciones técnicas en la lucha deportiva

Las acciones técnicas que caracterizan a la lucha deportiva, pueden distribuirse en los siguientes grupos:

Posición de pie:	Posición de 4 puntos:
1. Derribes.	1. Viradas.
2. Proyecciones.	2. Proyecciones.
3. Empujones.	

Contando con los aspectos particulares de forma de cumplimiento de las llaves se pueden clasificar por subgrupos como son:

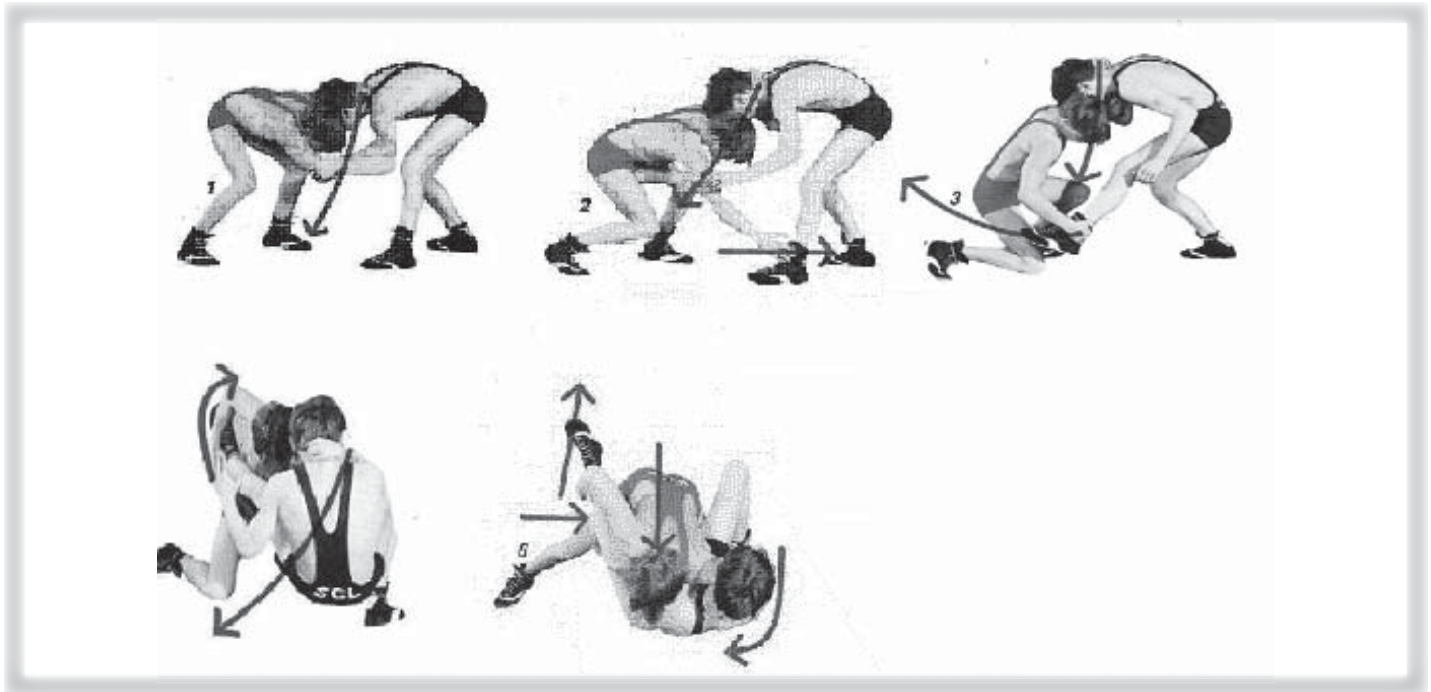
Posición de pie:
1. Derribes (con halón, sumersión, con giro, con switch).
2. Proyecciones (con inclinación, bombero, volteo, arqueo).
3. Empujones (atrás, al lado-abajo, con torsión).

Posición de 4 puntos:
1. Viradas (con semigiro, traslado por la cabeza, traslado por arriba, vuelta al frente, universal, desbalance, arqueo).
2. Proyecciones (con inclinación, con volteo, con arqueo, con desbalance).

### Análisis de la técnica de empujón al lado-abajo, con agarre de cuello y tobillo

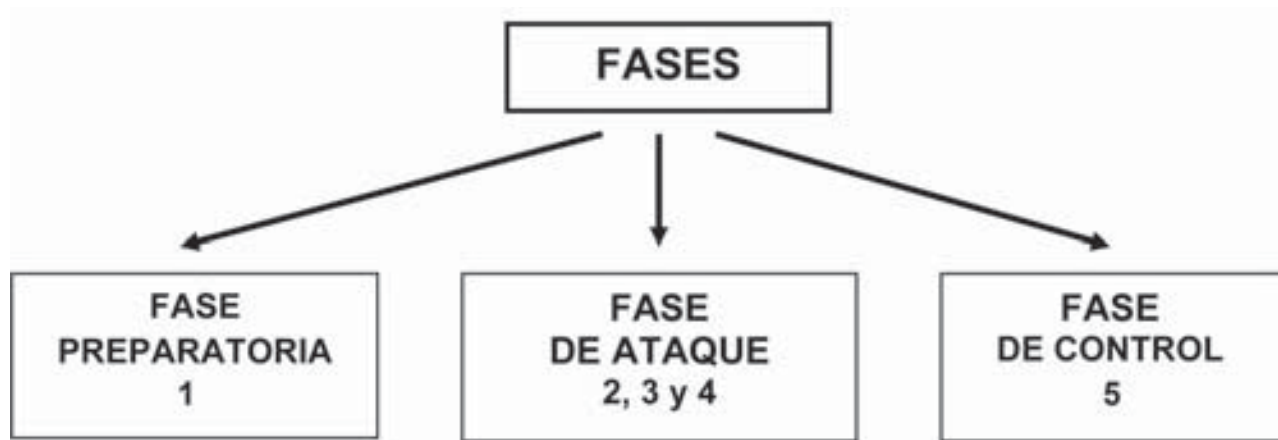
Para la ejecución de esta técnica se parte desde la posición de enyugue. Conservando la posición inicial de agarre por el cuello, con el brazo libre, inclinando el tronco al frente, se va a realizar agarre del tobillo de la pierna de nombre contrario. Manteniendo el agarre del cuello y la pierna con el agarre del tobillo; se continúa con un halón hacia sí del mismo, a la vez que se empuja al lado abajo con el agarre del cuello, manteniendo la pierna con el agarre del tobillo; apoyándola en el muslo de la pierna de nombre contrario y extendiendo las piernas se lleva al oponente a la posición de toque.

Figura 1. Secuencia de la ejecución de la técnica de empujón al lado-abajo, con agarre de cuello y tobillo.



### División en fases de la técnica de empujón al lado-abajo, con agarre de cuello y tobillo

La técnica objeto de estudio, puede dividirse en las siguientes fases:



Fase 1. *Inicial o preparatoria*. Contiene las posiciones iniciales para la ejecución de la acción. La postura se caracteriza por una inclinación hacia el frente, en posición de enyugue a corta distancia con pies en forma de paso (postura 1).

Fase 2. *Ataque o resolución*. Acción simultánea del descenso del tronco sin separar la cabeza del contrario, manteniendo el enyugue y el agarre de la pierna por el tobillo. A continuación del empujón al lado-abajo del cuello, se hala el tobillo de la pierna agarrada hasta llevarlo al muslo contrario. Para quitar el punto de apoyo se gira la

cadera, aumentando la distancia entre los pies del contrario, en la búsqueda de la pérdida del equilibrio del contrario (posturas 2, 3 y 4).

Fase 3. *Final o control*. Se continúa el empuje al lado-abajo del contrario, con el control de la pierna hasta el contacto de la espalda del contrario, apoyando la cabeza sobre el hombro del lado contrario del contrincante y manteniendo el agarre del cuello. Se ejecuta el control de la pegada, a partir de la extensión de las piernas, manteniendo la pierna del contrario, que está elevada, agarrada y pegada al muslo (postura 5).



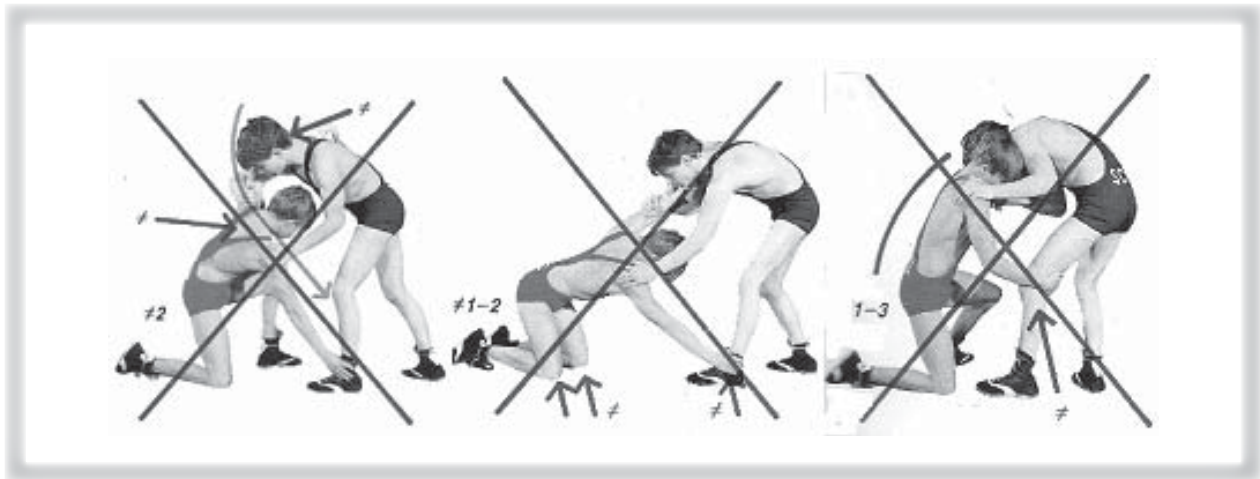
**Análisis de errores más comunes en la ejecución de la técnica de empujón al lado-abajo, con agarre de cuello y tobillo**

a) En la fase de ataque (fig. 2) :

o Arrodillarse al buscar el tobillo.

- o Separación de la cabeza respecto al adversario.
- o Agarrar indebidamente el tobillo.
- o No empujar al lado abajo por el cuello.
- o Elevar el tobillo del contrario hasta la cintura.
- o No empujar con el hombro y codo contrario.

**Figura 2.** Errores más comunes en la ejecución de la técnica de empujón al lado-abajo, con agarre de cuello y tobillo, en la fase de ataque.



b) En la fase de control (fig. 3):

- o No apoyar la cabeza en el hombro contrario de la mano de agarre del cuello.
- o Elevar la pierna agarrada por el tobillo, por encima del muslo.

**Figura 3.** Errores más comunes en la ejecución de la técnica de empujón al lado-abajo, con agarre de cuello y tobillo, en la fase de control.



**Consideraciones biomecánicas del análisis de la técnica de empujón al lado-abajo, con agarre de cuello y tobillo**

El propósito fundamental de la lucha es manipular una resistencia, dado por el objetivo común de derribar al contrincante y cuyo fin último es fijarlo de espaldas en el suelo.

Partiendo de la premisa de que, en la aplicación de una técnica de empujón en la lucha, las condiciones del medio están cambiando constantemente, así como las decisiones del atleta en cuanto a la realización de su ejecución, este tipo de destreza es considerada abierta.

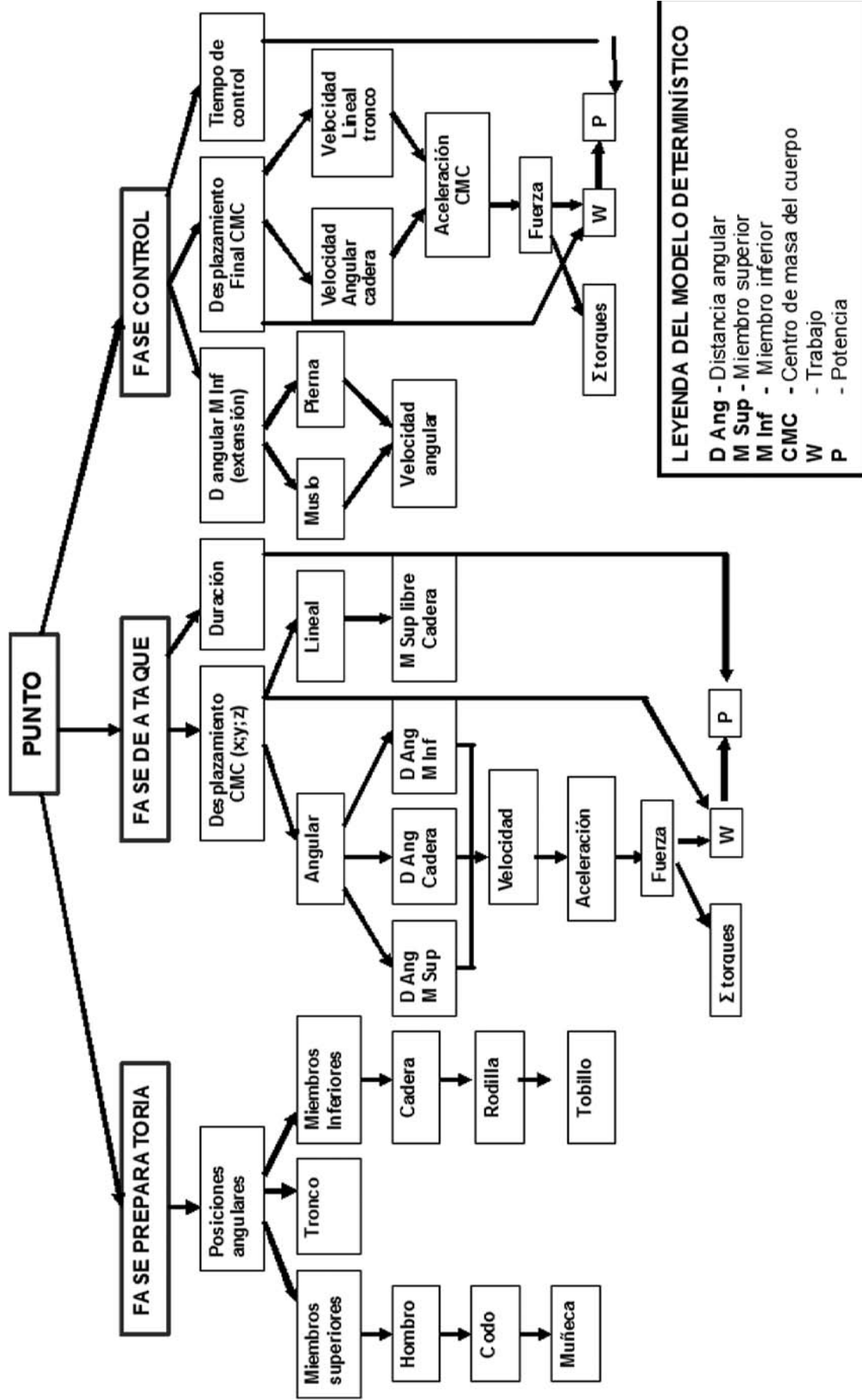
*Principales acciones motoras en la ejecución de la técnica:*

- a) Empujar la cabeza al lado-abajo, hacia el tobillo agarrado, con el agarre del cuello.
- b) Pegar el codo al pecho del contrario.
- c) El halón del tobillo.
- d) El control de la pegada manteniendo la pierna agarrada levantada y pegada al muslo.

*Recomendaciones técnicas para la ejecución de la acción objeto de estudio:*

- a) Halar o empujar al oponente para que adelante la pierna del tobillo que se va a agarrar.
- b) Amagar el agarre de una pierna, cuando la defiende atrás, agarrar el tobillo de la pierna adelantada.

Propuesta de modelo determinístico de los factores que intervienen en la ejecución de la técnica «empujón al lado-abajo, con agarre de cuello y tobillo»



**LEYENDA DEL MODELO DE DETERMINÍSTICO**

- D Ang - Distancia angular
- M Sup - Miembro superior
- M Inf - Miembro inferior
- CMC - Centro de masa del cuerpo
- W - Trabajo
- P - Potencia

Según Hay, el modelo es una subordinación de características biomecánicas en secuencia, donde las inferiores explican las superiores. En el nivel inferior se encuentran las características de la mecánica (dinámica rotacional), le siguen, en orden ascendente, las de la mecánica (dinámica traslacional), y en el mismo orden ascendente las características cinemáticas; espacio-temporales, temporales y espaciales. Por último, de abajo hacia arriba, indicando su carácter rector, el objetivo máximo que persigue el movimiento que se analiza.

En el caso de la lucha libre, el objetivo rector es manipular una resistencia con el factor tiempo aplicado.

## Conclusiones

1. Para facilitar la enseñanza de la técnica analizada y evaluar la calidad de su ejecución, la acción puede dividirse en tres fases: preparatoria, de ataque y control.
2. Se elabora el modelo determinístico para el análisis de la acción técnica a partir de las fases propuestas.
3. La aplicación del modelo determinístico propuesto en el análisis de la ejecución de la acción, permitió precisar los errores más frecuentes, los cuales se concentraron en las fases de ataque y control.

## Bibliografía

- AGUILERA VARGAS, A. *Las capacidades motrices básicas de los luchadores escolares*. Facultad de Cultura Física, Isla de la Juventud, 1990.
- AMADOR, F. R. *Iniciación a los deportes de lucha*. Deporte y Salud, Las Palmas, Gran Canaria, 1990.
- ALIJANOV, I. I. «Metodología de la enseñanza», en *Técnica de la Lucha Libre*. Editorial Cultura Física y Deportes, Moscú, 1977.
- BARRIOS, J. y A. RANZOLA. *Manual para el deporte de iniciación y desarrollo*. Editorial IND, Venezuela, 1995.
- BRIGGS, M. H. *Lucha olímpica y lucha libre*. Editorial Mayo. S. A., México, 1972.

DIACHKOV, V. M. *Métodos de perfeccionamiento de la maestría técnica del deportista*. Editorial Cultura Física y Deportes, Moscú, 1965.

DONSKOI, D. D. *Biomecánica con fundamento de la técnica deportiva*. Editorial Pueblo y Educación. La Habana, 1988.

———. *Biomecánica de los ejercicios físicos*. Editorial Pueblo y Educación, La Habana, 1988.

GARRIDO, G. I. «La motivación: mecanismo de regulación de la acción», 2003. Disponible en [www.reme.uji.es](http://www.reme.uji.es)

GONZÁLEZ CATALÁ, S. «Técnica y táctica de la lucha deportiva» (en proceso editorial).

HOCHMUTH, G. *Biomechanik sportlicher bewegungen*. Sportverlag, Berlín, 1967.

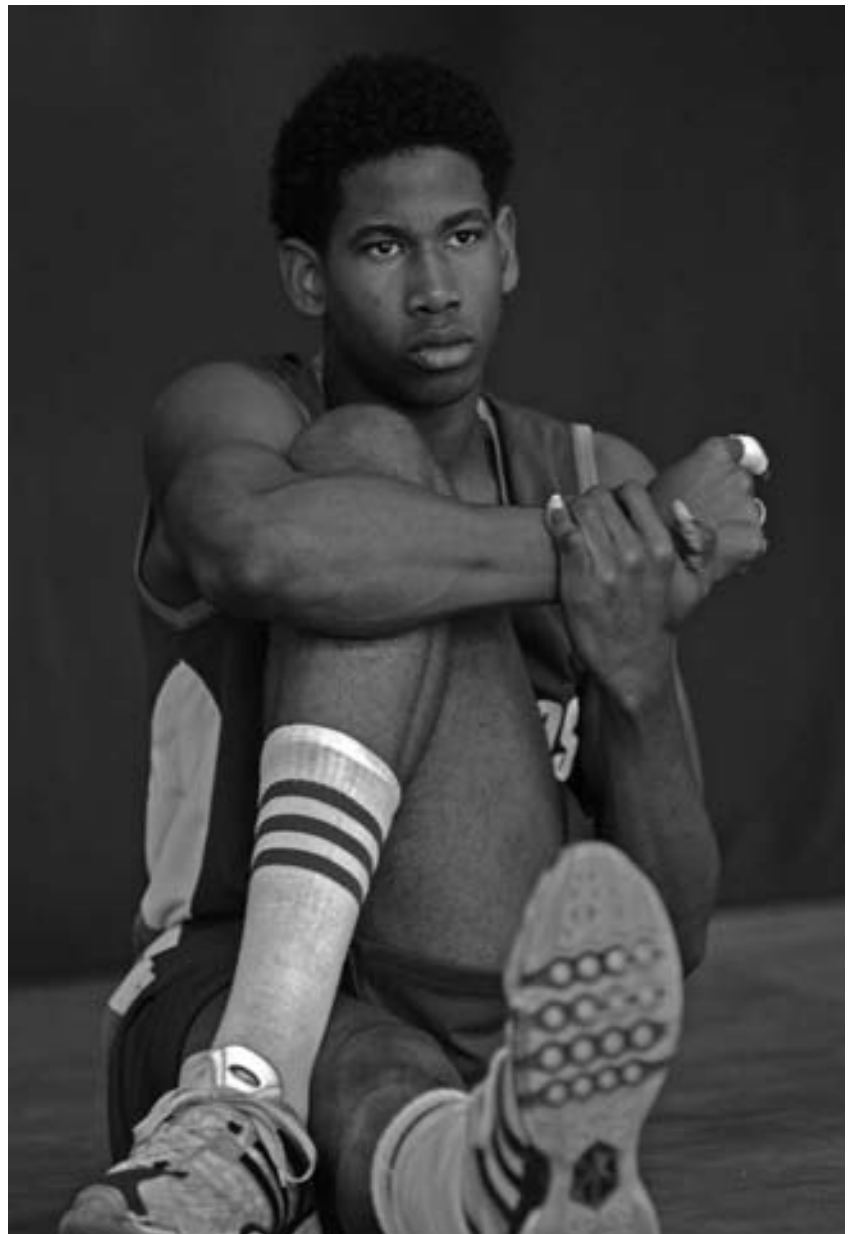
KATULIN, A. Z. *Lucha clásica*. Editorial Cultura Física y Deportes, Moscú, 1962.

MATZUR, A. G. *Lucha clásica. Manual metodológico*. Editorial Científico-Técnica, La Habana, 1983.

MARÍN SANAMES, M. y H. TRUJILLO. «Lucha deportiva: Capacidad vital y variación funcional del pulso». (Trabajo de Diploma.) Instituto Superior de Cultura Física, Facultad Isla de la Juventud, 1997.

MEINEL, K. *Didáctica del movimiento*. Editorial Pueblo y Educación, La Habana, 1979.

NOVIKOV, A. A. *Vías de perfeccionamiento en la lucha deportiva*. Editorial Cultura Física y Deportes, Moscú, 1963.



# Elementos de la metrología en el deporte. Escalas y errores en las mediciones

LIC. MANUEL TRUJILLO ÁVILA

## Resumen

El artículo señala los fundamentos teóricos básicos acerca de la selección y utilización de escalas de medición, a partir de cómo se han construido, en qué tipo de medición pueden emplearse, cuáles son sus limitaciones y qué procedimientos estadísticos admite cada una de ellas. Se abordan también algunos elementos de la teoría de errores en las mediciones, haciendo énfasis en los errores más comunes y en el tratamiento básico que hace posible que disminuya su influencia en los resultados obtenidos al medir.

## Introducción

La metrología es la ciencia que estudia las mediciones, las cuales son necesarias para precisar cuantitativamente un fenómeno estudiado.

El deporte y la actividad física requieren no sólo de la cuantificación de determinadas magnitudes (fuerza, rapidez, aceleración), sino que incluye fenómenos biológicos, psicológicos, estéticos, etc., mediante métodos comparativos de rango variable.

No siempre una medición puede realizarse por comparación respecto a un patrón exacto, como lo hacemos con la masa o la longitud de los cuerpos. En el deporte se requiere hacer mediciones acerca del dominio de la técnica deportiva, la belleza o complejidad de un conjunto de movimientos corporales, entre otras. De ahí que sea necesario establecer relaciones de comparación con un rango amplio, no exacto (mayor, menor, excelente, regular, etc.), que también puede expresarse numéricamente como hacemos al

## Elements of Metrology in Sports. Scales and Errors in Measurements

### Abstract

This article presents the theoretical basic foundations about the selection and use of the measurement scales, starting from how they have been constructed, in what kind of measurement they can be used, their limitations, and the statistical procedures admitted by each of them. Some elements of the theory of errors in measurements are also approached, making emphasis on the most common errors and on the basic treatment that makes possible the decrease of their influence on the results obtained on measuring.

evaluar los conocimientos de los estudiantes al concluir el curso.

Efectuar las mediciones de determinados fenómenos requiere rigurosidad, para que los resultados puedan ofrecer una información veraz y objetiva. Por ello se precisa tomar en cuenta la *teoría de las mediciones*. Esta teoría regula los procedimientos de medición cuando pretendemos estudiar la actividad física y el deporte, y posibilita evitar errores básicos.

## Desarrollo

### Las mediciones

Diversas son las magnitudes que podemos medir en los fenómenos o en los objetos: la intensidad de la corriente en una descarga eléctrica, la longitud de una mesa, el grado de flexibilidad de una articulación, el volumen de oxígeno consumido por un atleta o la fuerza muscular máxima que puede desarrollarse con los brazos.

Para medir una magnitud es necesario establecer una comparación. Medir es comparar, pero para ello se requiere de una *referencia* también llamada *patrón de medida*.

Por ejemplo, medimos la longitud de la mesa comparando con un patrón de medidas que puede ser el metro, y la masa muscular respecto a otro patrón que puede ser el kilogramo de masa.

Inicialmente surgieron muchos patrones para medir la misma magnitud. Así por ejemplo, la longitud se medía con la vara española, la yarda, el metro, etc. Hoy existen convenios internacionales para tratar de unificar las mediciones de las distintas magnitudes respecto a un solo patrón. Por ello se crea el Sistema Internacional de Unidades.

Los patrones de medida se establecen tomando en consideración su invariabilidad, facilidad de transferirlos, simplicidad y otros aspectos. Dicho patrón se conoce como *unidad de medida*, y existen tantas unidades de medida dentro del Sistema Internacional de

Unidades como magnitudes se consideren imprescindibles.

Otro elemento importante es el *instrumento de medición*, que será todo objeto, equipo o aparato que nos posibilite efectuar la medición. Por ejemplo, la magnitud longitud puede ser medida con una regla de madera graduada en centímetros o mediante un difractor de rayos X, que mide distancias del orden de 1 ángstrom ( $1\text{Å}=10^{-10}$  m.). Casi todos los instrumentos de medición tienen una escala graduada que permite *comparar la magnitud que se desea medir con el patrón establecido*.

También se pueden hacer mediciones de otros aspectos como la maestría técnica, la complejidad y la belleza de un conjunto de ejercicios, el dominio táctico, etc., mediante *relaciones de comparación* del tipo mayor o menor; excelente, bueno, regular o malo, aprobado o desaprobado.

Al medir asignamos un número a objetos o eventos en función de una determinada regla. Una escala de medida es precisamente ese conjunto de reglas que condicionan la medición que realizamos. En dependencia de cómo y en qué grado deseamos efectuar la medición de algo, o sea, el nivel de medición que requerimos, será el *tipo de escala* que utilizemos.

### Escalas de medición

La más sencilla de todas las escalas es la denominada *escala nominal*, en la que los números sirven para identificar y diferenciar los objetos que se estudian. En este sentido, pueden señalarse los números asignados a diferentes jugadores en un equipo de baloncesto o en una carrera de maratón, así como los resultados del sorteo para obtener el saque en el fútbol. Esta escala permanece invariante ante cualquier transformación de permutación o intercambio de sus elementos.

Las únicas aplicaciones aritméticas están relacionadas con la igualdad  $A=B$ .

Los estadísticos aplicables son: frecuencia, moda, coeficiente de con-

tingencia y correlación casual. Por su simplicidad algunos autores no la consideran una escala de medición.

La *escala ordinal o de rangos* se emplea cuando se necesita medir indicadores cualitativos y que no requieren una elevada diferenciación cuantitativa. El ordenamiento se establece mediante rangos, por ejemplo, este grupo *es mejor que el otro*, los varones son más altos que las hembras. La desigualdad se establece por *apreciación* ya que los intervalos entre categorías no se miden con exactitud. Esta escala permanece invariante cuando se somete a transformaciones. Siempre que se mantenga el orden se puede variar cualquier elemento, mientras no se saque del rango en que se encuentra cada cual.

Al concluir una competencia deportiva podemos decir que el primero fue mejor que el segundo y el tercero, pero sin establecer caracterizaciones precisas en las diferencias que existen entre ellos, no sabemos cuánto fue mejor uno que otro. Se suele agrupar a los alumnos por rangos de notas (excelente, bien, regular, mal), pero no se establecen diferencias entre los considerados excelente o bien.

En esta escala de orden es posible realizar mayor cantidad de operaciones matemáticas que en la nominal; no sólo se diferencian los objetos estudiados, sino que también se hacen algunas precisiones acerca del carácter de dichas diferencias:

$$> ; = ; <$$

Los estadísticos aplicables son: mediana, percentil y correlación ordinal.

Las variables que se miden con las dos escalas anteriores se denominan *variables discretas*, porque los valores posibles que pueden tomar están aislados, carecen de continuidad y las diferencias se establecen por saltos.

La *escala de intervalos* se emplea cuando queremos que los números no solamente se ordenen por rangos, sino que también se dividan en intervalos. Esta escala permanece invariante ante cualquier transformación lineal, es de-

cir, podemos sustituir las mediciones efectuadas por otras que estén en función lineal con las primeras.

Por ejemplo, si medimos la temperatura ambiente, además de saber si hay frío o calor, podemos establecer qué intervalos corresponden a estos rangos o a otros que establezcamos. Para ello seleccionamos un sistema de unidades con la particularidad de que *el cero de la escala se selecciona arbitrariamente* o por conveniencia del que la construye. Por ejemplo, en la escala Celsius para medir temperaturas, el cero corresponde al punto de congelación del agua, mientras que en la escala Fahrenheit este punto de congelación se indica a los 32 grados. Otros casos serían los calendarios para medir el tiempo, en los que se cuentan los años a partir de hechos arbitrarios; o la determinación de la energía potencial de un objeto, en la que el nivel cero varía de acuerdo a nuestro interés.

Este tipo de escala permite realizar operaciones de *suma y resta* que expresan la relación entre los valores posibles, pero no tendría sentido relacionar estos valores puntuales en forma de cociente, pues no se cumplirá la proporción entre puntos, pero sí entre intervalos. El intervalo entre 10 y 20 grados Celsius es proporcional al intervalo entre 10 y 20 grados Fahrenheit, se duplica la temperatura en ambos, pero ello no quiere decir que haga el doble de calor.

La *escala de intervalos* responde a las preguntas ¿cuánto mayor? o ¿cuánto menor?, pero no permite asegurar que la magnitud medida sea tantas veces mayor o menor como resultado de dicha medición.

Si observamos un termómetro de mercurio en el que a ambos lados del capilar se han inscrito divisiones correspondientes a escalas de medición diferentes (Celsius y Fahrenheit), veremos que la longitud a la que asciende la columna líquida cuando se duplica el valor de la temperatura en la escala Celsius es aproximadamente el doble, que cuando se duplica la temperatura

en la escala Fahrenheit. Es la dilatación volumétrica del mercurio el indicador de la variación del calor existente, y al duplicarse los valores de temperatura en ambas escalas, se obtienen diferentes longitudes. La dilatación del mercurio es la propiedad que realmente refleja la cantidad de calor en tránsito y hemos visto que iguales diferencias de temperatura reflejan diferentes cantidades de calor. No es posible establecer relaciones por cociente entre puntos de ambas escalas.

Las aplicaciones aritméticas que admite este tipo de escala son:

$$;> ; A - B = C - D ; <$$

Los estadísticos aplicables son: media aritmética, desviación estándar y correlación.

Si hacemos que *el cero de la escala se corresponda con la nulidad objetiva de la magnitud que estamos midiendo*, entonces para todas las escalas posibles que se construyan con el objetivo de medir dicha magnitud, tiene sentido establecer relaciones por cociente entre los distintos valores obtenidos en la medición, ya que estos sí reflejan los cambios experimentados por la magnitud que estamos midiendo, con independencia del sistema de unidades adoptado. La operación matemática sería:  $A = n B$ .

Esta escala se denomina de *relaciones o absoluta*, ya que no tiene carácter relativo la ubicación del cero de la escala. El cero de la escala tiene que indicar cero longitud, ausencia de masa o de movimiento molecular, según la magnitud que se desea medir.

Cuando construimos las escalas de esa forma, adquiere significado relacionar diferentes mediciones entre sí, independientemente del sistema de unidades seleccionado. Por ejemplo, si se duplica la temperatura ambiente, implica que el calor sea el doble, ya que el cero de la escala no está situado arbitrariamente, sino que refleja la ausencia de movimiento molecular.

Esta escala admite todas las operaciones aritméticas y los estadísticos como la media geométrica y el coeficiente de variación.

Hemos estudiado el concepto utilizando escalas de temperatura; conviene señalar que una escala es centígrada cuando entre los puntos notables seleccionados existan 100 divisiones. Por ejemplo, la escala Celsius establece como puntos notables la temperatura de congelación del agua ( $0^{\circ}\text{C}$ ) y la temperatura de ebullición de la referida sustancia ( $100^{\circ}\text{C}$ ); entre ambos puntos se han establecido 100 divisiones, por eso se denomina centígrada.

### Errores en las mediciones

Siempre que realicemos una medición estaremos cometiendo errores. La magnitud del error dependerá fundamentalmente del método empleado y de la exactitud del instrumento de medición que utilicemos.

Estudiando el problema de la estimación del error en las mediciones, a causa de fluctuaciones aleatorias, surgió la curva de distribución normal como resultado de las investigaciones de Karl F. Gauss, físico y astrónomo alemán (1777-1855).

Esta distribución aleatoria constituye uno de los pilares de la estadística moderna, aunque cuando fue encontrada por Gauss estaba muy distante la aparición de la matemática estadística.

Para todo investigador que requiera hacer mediciones, le resulta muy importante conocer qué tipo de errores se presentan y de qué forma podemos disminuir su influencia. Veamos algunos conceptos y formas de trabajo de la *teoría de errores*.

#### Exactitud de la medición:

La exactitud depende del grado de correspondencia entre la escala graduada del instrumento de medición que estamos utilizando y su correspondiente patrón internacional. Si esto ocurre se dice que el instrumento está bien *calibrado*. Cuando el instrumento presenta deficiencias entre los valores

de su escala y los de la magnitud patrón, aparecen los errores sistemáticos.

Si utilizamos instrumentos diferentes en una misma medición y obtenemos valores iguales, ello nos indica exactitud.

#### Precisión:

Depende del valor de la menor división de la escala del instrumento. Mientras más pequeño sea el valor entre dos divisiones sucesivas de la escala, más cifras significativas contendrá el resultado de la medición y, por tanto, más precisa será esta.

#### Apreciación del instrumento:

Es el valor de la menor división de la escala del instrumento. Por ejemplo, si estamos en presencia de un voltímetro con 100 divisiones en su escala y señala 10 mV a plena escala, entonces la apreciación del instrumento será:

$$\frac{10\text{mV}}{100} = 0.1\text{mV}$$

### Tipos de errores

#### 1. Error absoluto (Ea).

Cualquier tipo de error cometido al efectuar una medición se integra al concepto de error absoluto.

A: Valor real (libre de errores).

a: Valor medido (influido por errores).

$$Ea = | A - a |$$

Veamos un ejemplo:

Queremos medir la frecuencia del paso de un deportista, mediante el conteo visual de los pasos y también por el registro telemétrico de la carrera. Este último procedimiento nos dará el valor real de la frecuencia, mientras que el primero estará sujeto a errores.

$A = 200$  pasos/min (registro telemétrico, considerado como valor real).

$a = 205$  pasos/min (valor influido por el error).

$Ea = A - a = | 200 - 205 | = 5$  pasos/min (error absoluto).

En ocasiones es conveniente expresar qué parte representa el error absoluto respecto al valor real de la magnitud que se está midiendo expresado en por ciento, lo que llamamos error relativo. En el ejemplo estudiado dicha razón sería:

$$E_r = E_a / A \times 100$$

$$E_r = 5 / 200 \times 100 = 2.5 \%$$

## 2. Error de apreciación.

Está dado por el instrumento y por nuestra capacidad para apreciar con exactitud lo que este indica. Generalmente se acostumbra tomar como error absoluto la apreciación del instrumento que estamos empleando, aunque no siempre es posible hacerlo, pues si efectuamos varias mediciones de una magnitud con un mismo instrumento, y obtenemos valores cuya diferencia es superior a la apreciación del instrumento, ello nos indicará que están presentes errores accidentales superiores a los límites considerados, por lo que será necesario establecer criterios adicionales en la evaluación del error absoluto.

## 3. Errores accidentales o aleatorios.

Aparecen durante el proceso de medición como consecuencia de la imposibilidad del sujeto de controlar todos los factores que influyen durante el proceso, tales como: cambios de temperatura, humedad relativa, fuerza del viento, fluctuaciones del voltaje en la línea, vibraciones, etcétera. No son errores accidentales las equivocaciones

del operador al manejar los instrumentos, ni tampoco los cálculos o estimaciones erróneas.

## 4. Errores sistemáticos.

Están relacionados con la incorrecta calibración de la escala de los instrumentos de medición y con la utilización de patrones inadecuados.

El error sistemático indica falta de conocimiento de las características de la magnitud que se mide o del instrumento empleado en la medición, por ejemplo, si la pesa de 1 g utilizada al efectuar una medición en una balanza analítica, tiene realmente una masa de 1,001 g, todas las mediciones que realicemos tendrán un exceso de 0,001 g.

También son errores sistemáticos no usar los instrumentos matemáticos requeridos para el tratamiento de las mediciones que estamos realizando como el coeficiente de correlación lineal entre dos magnitudes que no se relacionan linealmente.

Podemos eliminar los errores sistemáticos si chequeamos el funcionamiento correcto del instrumento, escogemos los patrones adecuados y damos el tratamiento matemático requerido al resultado de las mediciones.

Todos los errores estudiados pueden controlarse excepto los aleatorios.

¿Qué error aleatorio debemos considerar al efectuar una medición?

A partir de la distribución normal de Gauss, se demuestra que, al efectuar una medición sujeta a errores accidentales, el valor real de la magnitud

medida caerá dentro del intervalo  $x \pm \bar{\sigma}$ , aproximadamente el 68% de las veces y en el intervalo  $x \pm 2\bar{\sigma}$ , el 95% de las veces, por lo que:

$$\text{Error probable } E_{x_i} = 0.6745 \bar{\sigma} \approx \frac{2}{3}\bar{\sigma}$$

(donde  $x$  es el valor medio y  $\bar{\sigma}$  la desviación estándar).

Dicho resultado representa un valor tal que el 50% de las veces el error cometido será menor o igual que  $E_{x_i}$ .

El estudio del error probable nos presenta algunos conceptos de la matemática-estadística que requieren ser analizados, junto a otros que constituyen instrumentos básicos en el tratamiento y análisis de las mediciones.

## Bibliografía

- FREUND, J. *Estadística elemental moderna*. Editorial Pueblo y Educación, La Habana, 1977.
- GONZÁLEZ, A. *Errores y mediciones*. Editorial Científico-Técnica, La Habana, 1983.
- GÓMEZ, L y NAPIER. *Fundamentos de normalización, metrología y control de la calidad*. Ed. Centro Nacional de Enseñanza en Normalización, La Habana, 1980.
- INSTITUTO DE ECONOMÍA U. H. *Tablas de equivalencias del SIU*. Imprenta Universitaria André Voisin, La Habana, 1972.
- MESA, M. «Asesoría estadística en la investigación aplicada al deporte». (Trabajo de Diploma.) Instituto Superior de Cultura Física Manuel Fajardo, La Habana, 2002.
- SMITH, J. *Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement*. Edit. International Bureau of Weights and Measures. 1995.
- ZATSORSKI, V. M. *Metrología deportiva*. Editorial Planeta, Moscú, 1989.



# Justificación mecánica de las lesiones musculares y ligamentosas

Ms. C. ZELMA QUETGLAS GONZÁLEZ

Dr. C. RAZEL MARTÍNEZ QUETGLAS

## Resumen

Las lesiones musculares y ligamentosas ocurren con frecuencia en los deportistas adjudicándose como causa, una mala dosificación de las cargas.

El estudio de los movimientos, sustentado en las leyes de la mecánica, resulta de mucha utilidad para todo profesional del deporte, pues el conocimiento de las causas mecánicas que generan las necesidades de fuerza muscular, es muy importante no solo para lograr un entrenamiento eficaz que mejore el rendimiento deportivo del atleta, sino también para prevenir las lesiones musculares y ligamentosas, que pueden limitar la vida deportiva de ese atleta. Este trabajo se realiza con el objetivo de contribuir a la prevención de lesiones en los deportistas. En él nos referimos a los fundamentos mecánicos básicos, que explican las exigencias de fuerza en el músculo cargado; a las variaciones del momento de fuerza de resistencia y del momento de fuerza de potencia, según la posición adoptada por el cuerpo, las cuales pueden ocasionar lesiones en los músculos y ligamentos.

## Introducción

Los entrenadores, médicos deportivos y profesionales del deporte en general, siempre han estado buscando nuevos caminos que den respuesta a las interrogantes relacionadas con la adaptación del organismo a las cargas de entrenamiento. Las respuestas encontradas tienen una base anatomo-fisiológica, pero en el entrenamiento se pone de manifiesto el movimiento del cuerpo o de un segmento del cuerpo del deportista, por lo que resulta evidente la importancia de estudiar este

## Mechanical Justification of the Muscle and Ligamentous Injuries

### Abstract

The muscle and ligamentous injuries usually occur among athletes due to an inadequate dosage of the training loads. The study of the movements based on the laws of mechanics is very useful for every sports professional, since the knowledge of the mechanical causes that generate the needs of muscle strength is very important not only to attain an effective training that improves the performance of the athlete, but to prevent the muscle and ligamentous injuries that may limit the sports life of this athlete. This work is aimed at contributing to the prevention of lesions in athletes.

In this study, reference is made to the basic mechanical foundations that explain the exigencies of strength in the loaded muscle, and to the production of the variations of the resistance strength moment and of the potency strength moment, according to the position adopted by the body, which may cause lesions in the muscles and ligaments.

fenómeno, también desde el punto de vista de la mecánica, ciencia que estudia el movimiento.

El estudio de los movimientos, sustentado en las leyes de la mecánica, resulta de mucha utilidad para todo profesional en el deporte. El conocimiento de las causas mecánicas que generan las necesidades de fuerza muscular, es muy importante no solo para lograr un entrenamiento eficaz que mejore el rendimiento deportivo del atleta, sino para prevenir las lesiones musculares y ligamentosas.

Apoyándose en los fundamentos mecánicos básicos que explican las exigencias de fuerza en el músculo cargado, los profesionales dedicados al deporte pueden diseñar ejercicios adecuados que no conduzcan a posibles lesiones, lo cual contribuye a alargar la vida deportiva de los atletas y su ren-

dimiento deportivo. Este trabajo refiere los fundamentos mecánicos básicos que explican las exigencias de fuerza en el músculo cargado. Además, analiza cómo se producen las variaciones del momento de fuerza de resistencia y de fuerza de potencia, según la posición adoptada por el cuerpo, las cuales pueden traer como consecuencia lesiones en los músculos y ligamentos.

## Desarrollo

En la literatura científica podemos encontrar diversas definiciones de fuerza como por ejemplo:

Bompa (1983): «Capacidad neuromuscular de vencer una resistencia externa e interna».

Grosser y Muller (1989): «Capacidad del sistema neuromuscular de



superar resistencias a través de la actividad muscular, de actuar contra las mismas o bien de mantenerlas».

Kuznetsov (1989), Harre (1994), Zatsiorski (1995) y Tunnemann (1996): «Capacidad de vencer u oponerse ante una resistencia externa mediante tensión muscular».

Verkhoshansky (1996): «Capacidad de un músculo o grupo de músculos de generar tensión muscular bajo condiciones específicas».

Wilmore y Costill (1999): «Máxima tensión que un músculo o grupo muscular puede generar».

Al analizar estas definiciones de fuerza, como presupuesto para la ejecución de los movimientos deportivos, estimamos que no son equivalentes al concepto físico *causa capaz de modificar el estado de reposo o de movimiento de un cuerpo*. Por tal razón, coincidimos con muchos autores que consideran es más recomendable utilizar en el entrenamiento deportivo el término *capacidad de fuerza*, que podría entonces sustituirse por *fuerza muscular*, término que se ajusta al concepto físico, lo que nos permitirá considerar los elementos anatómicos, semejantes a los mecánicos.

Así, los huesos que son relativamente rígidos y de forma alargada, se considerarían desde el punto de vista mecánico, *palancas*. Las articulaciones, unión móvil de dos huesos, cuya estructura permite el movimiento recíproco entre los huesos que la forman, serían *ejes de rotación*. Pero para que sea posible que un elemento óseo pueda moverse respecto al contiguo, se requiere de una *fuerza*, y esta misión la llevan a cabo los músculos; gracias a su capacidad contráctil y a la capacidad de disminuir su longitud, se genera la *fuerza muscular*.

Para comprender cómo actúan los músculos sobre las palancas óseas, debemos familiarizarnos con ciertas propiedades de fuerza y del momento de fuerza. Lo más frecuente es oír hablar de dicho término y del resultado de su acción, pero esto es aplicable al

más simple movimiento de traslación del cuerpo.

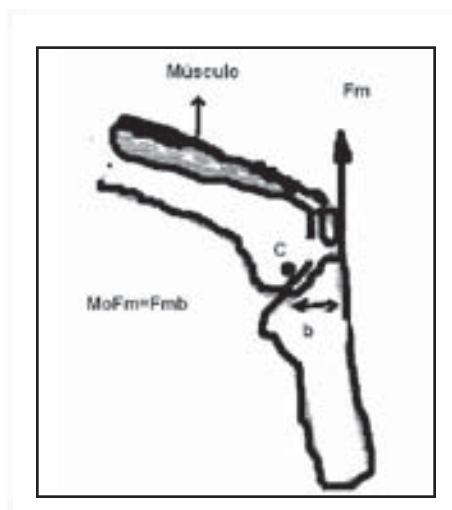
En el hombre, como cuerpo multiarticulado, todos los movimientos de los diferentes segmentos corporales son de rotación, y su variación, al igual que en el resto de los cuerpos, no depende de la fuerza, sino del momento de fuerza.

Se denomina *momento de fuerza muscular* a la medida de la acción de rotación de una fuerza sobre un cuerpo, determinado por el producto del módulo de la fuerza por su brazo, donde el brazo de fuerza (b) es la menor distancia entre el centro de rotación y la línea de acción de la fuerza  $MoF = F \cdot b$ . (Hochmuth, 1973)

Toda fuerza no provoca efecto de rotación o efecto giratorio, sino que esto depende de su punto de aplicación.

Los músculos están situados dentro del aparato de movimiento, de tal manera que sus direcciones de fuerza de tiro no pasan por el eje de las articulaciones. Por consiguiente, el momento de fuerza muscular o momento de giro, queda determinado por la fuerza muscular ( $F_m$ ) y su distancia perpendicular al eje de giro. (Ver gráfico 1.)

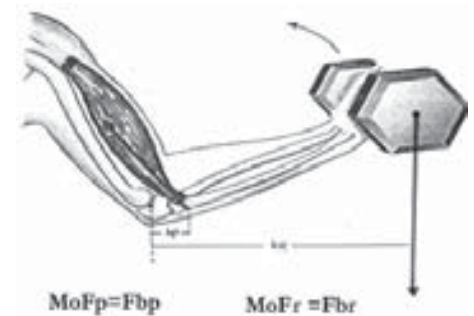
Gráfico 1.



En realidad surgen siempre dos momentos de fuerza: el momento de resistencia provocado por la carga, y el momento de potencia provocado por la fuerza muscular. (Ver gráfico 2.)

La fuerza muscular, generalmente no actúa sobre el eje longitudinal del segmento del cuerpo a mover de manera perpendicular. En tales casos, el brazo de fuerza (b) es siempre inferior a la distancia entre el eje de giro y la inserción del músculo (longitud del brazo de la palanca). Considerando el ángulo de trabajo ( $\alpha$ ), formado por el eje longitudinal del segmento del cuerpo y la línea de la acción de la fuerza que es lateral al eje de giro, entonces el brazo de fuerza quedará determinado:  $b = l \cdot \sin \alpha$ , por lo que aseguramos que, en estos casos, el brazo de fuerza (b) es igual al brazo de la palanca (l). (En el gráfico 2  $bp = l_1$  y  $br = l_2$ .)

Gráfico 2.



De acuerdo a la relación que se establece entre estos momentos, se pueden presentar tres alternativas: mantener la carga, vencerla o ceder ante ella. Por ejemplo:

- o Cuando sostenemos un peso sobre la mano, de acuerdo a la primera ley de Newton, si se mantiene, los momentos están equilibrados, o sea:

$$\Sigma MoF = 0 \Rightarrow MoFp = MoFr$$

En el resto de los casos no se cumple la igualdad ( $MoFp \neq MoFr$ ), si:

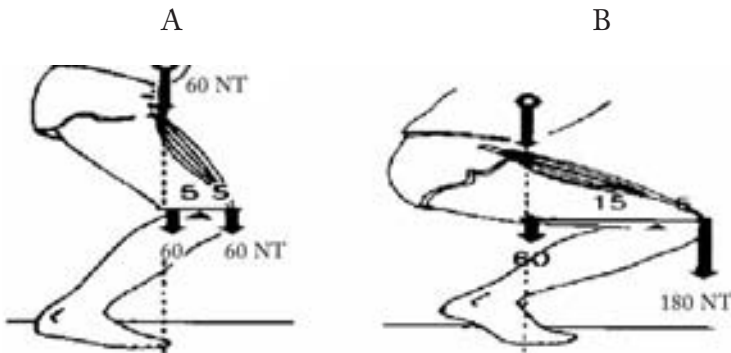
- $MoFp > MoFr$  se vence la carga y se flexiona el antebrazo.
- $MoFp < MoFr$  se cede ante la carga y se extiende el antebrazo.

El principio de la relación entre los momentos de fuerza, y en particular entre los brazos de potencia y de resistencia es quien justifica, desde el punto

de vista mecánico, las lesiones musculares y ligamentosas. Lo explicaremos con los ejemplos siguientes.

**Tensiones producidas en la articulación de la rodilla en distintas posiciones**

Gráficos 3 A y 3 B.



A: situado de pie, con las rodillas ligeramente flexionadas, el centro de gravedad se encuentra 5 cm por detrás del eje del movimiento (brazo de resistencia), los extensores de la pierna (cuádriceps crural) deben contraerse con una fuerza suficiente para evitar que el cuerpo se desplome, de acuerdo a la primera ley de Newton. La fuerza muscular debe ser igual a la de gravedad, y a la del peso (carga), si el brazo de potencia es también 5 cm.

B: aquí la rodilla esta flexionada en un ángulo menor que en A. En este caso en el brazo de resistencia (la distancia entre la línea vertical que pasa por el centro de gravedad y el eje del movimiento de la articulación), pasó a ser 15 cm, aunque el brazo de potencia sigue siendo 5 cm ya que las uniones musculares no pueden modificarse. En consecuencia, la fuerza muscular debe ser tres veces la de gravedad (peso corporal)  $3 \times 600 \text{ N}$  porque su brazo es tres veces menor que el de la fuerza de gravedad, lo que puede provocar ruptura de miofibrillas y desgarrar del cartílago.

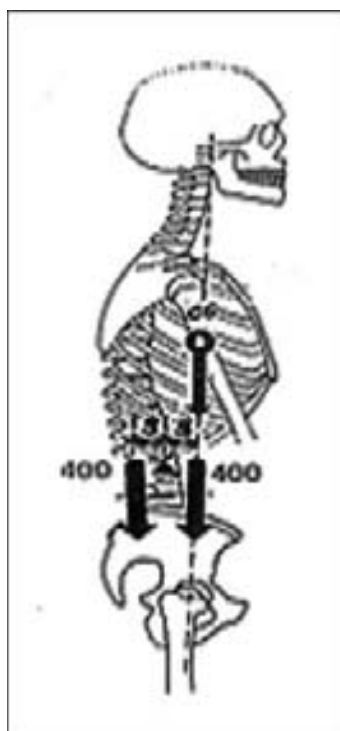
Como norma general nunca flexione en exceso las rodillas cuando estas

se encuentran en condiciones de esfuerzo.

**Tensiones a las cuales se halla sometida la columna en distintas posiciones**

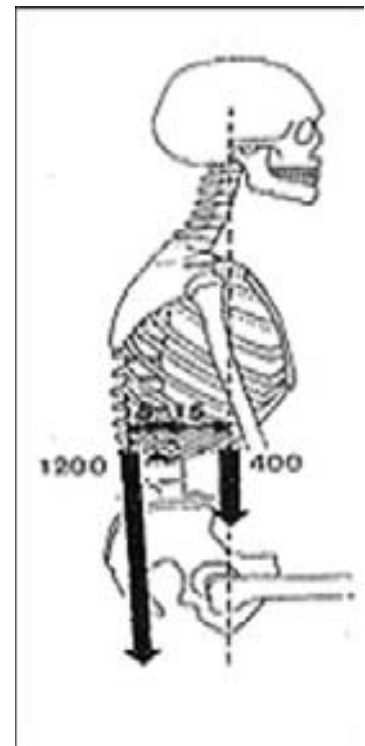
Partiremos de la característica del brazo de resistencia en bipedestación y en posición de sentado.

Gráfico 4 A. (Bipedestación.)



Quando una persona está de pie, la línea que parte de su centro de gravedad hacia el suelo (línea media vertical) pasa unos 5 cm por delante del centro del disco intervertebral L3 y los músculos de la espalda se sitúan a unos 5 cm por detrás del mismo. Por tanto, la fuerza muscular debe alcanzar los 400 N para evitar que la parte superior del cuerpo caiga hacia delante.

Gráfico 4 B. (Posición de sentado.)

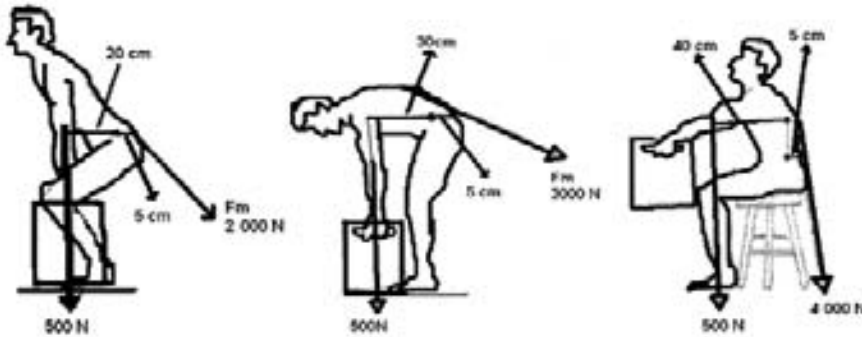


Quando una persona se sienta, su línea media vertical pasa unos 15 cm por delante del disco intervertebral L3. El brazo de palanca de los músculos es de 5 cm (como en bipedestación). En consecuencia, se requiere una fuerza de 1 200 N para que se mantenga el equilibrio.

Conociendo estas características analizaremos los siguientes ejemplos:  
Si un sujeto cuyo peso es de 800 N, de los cuales 400 N se encuentran por

encima de L3 (la mitad superior del cuerpo) y alza una carga de 100 N, la resistencia a vencer es de 500 N.

Gráficos 5 A, 5 B y 5 C.



Del análisis de las figuras A, B y C se deriva que:

Cuando se alza un objeto es importante acercarlo a la línea media vertical, de modo que el brazo de resistencia, sea lo más corto posible, es decir, disminuya la distancia entre el disco intervertebral L3 y el punto donde la gravedad actúa tanto sobre el objeto como sobre el cuerpo.

Cuando alzamos algún peso desde la posición de sentado, debemos considerar que, aunque los pesos sean muy pequeños pueden someter la espalda a un gran trabajo de carga.

Estos ejemplos permiten diferenciar la relación entre el brazo de potencia y de resistencia en diferentes posiciones, y así inferir algunos aspectos a tener en cuenta para evitar lesiones cuando levantamos pesos.

## Conclusiones

La posición del cuerpo determina la ubicación del centro de gravedad y, como consecuencia la magnitud del brazo de resistencia. De ahí la importancia de la posición adoptada en la realización de movimientos, pues incide en la variación del brazo de resistencia, cambiando las exigencias a la fuerza del músculo, lo que puede traer consigo posibles lesiones.

## Bibliografía

- DONSKOI, D. *Biomecánica con fundamentos de la técnica deportiva*. Editorial Pueblo y Educación, La Habana, 1982.
- DONSKOI, D. y V. ZATZIORSKI. *Biomecánica de los ejercicios físicos*. Editorial Pueblo y Educación, La Habana, 1982.
- GRAM, E. *Tendon Elasticity and Relative Length*. Journal of Applied Biomechanics, USA, VII: 2004.
- GROSSER, M. *Entrenamiento de la fuerza*. Editorial Martínez Roca, Barcelona, 1998.
- GROSSER, M. y S. STARISCHKA. *Test de la condición física*. Editorial Martínez Roca, Barcelona, 2005.
- HOCHMUTH, G. *Biomecánica de los movimientos deportivos*. Editorial Doncel, Madrid, 1973.
- KUZNESOV, V. V. *Preparación de la fuerza de los deportistas de las categorías superiores*. Editorial Orbe, La Habana, 1981.



# El pronóstico de los resultados deportivos

DR. C. EUGENIO PERDOMO MANSO

## Resumen

El pronóstico del resultado deportivo es de gran importancia para encauzar el entrenamiento de los deportistas. El pronóstico conjuga lo cualitativo y lo cuantitativo, y para ello es fundamental el trabajo de los expertos. Con la participación de los especialistas y mediante el concurso de diferentes técnicas para la recopilación de la información y con un adecuado procesamiento a través de la aplicación de métodos matemáticos, es posible realizar una predicción bien fundamentada científicamente del resultado de los deportistas.

## Introducción

El ser humano comenzó a tener una idea más acertada del tiempo cuando se dio cuenta de que existía un ayer, un hoy y un mañana; es decir, cuando tuvo las nociones de pasado, presente y futuro al encontrar una relación causal en muchos de los acontecimientos que sucedían a su alrededor. A diferencia del resto de los animales, logró asociar su existencia a esta realidad y pudo ordenar la ocurrencia de muchos fenómenos como la salida y puesta del sol, la sucesión de días y noches, el nacimiento y la muerte, etc. Muchos de ellos los aceptó desde el punto de vista de su lógica primitiva, pero a otros les trató de encontrar una explicación mística, sobrenatural.

El hecho es que siempre quiso tener conocimiento de lo ocurrido en el pasado y procuró transmitir los sucesos más importantes de generación en generación, la mayoría de las veces contada oralmente por los ancianos y los de mayor experiencia, convirtiéndose esa en la primera expresión rudimentaria de la historia; también, tomaba conciencia de lo presente, empleando incansablemente el método

## The Prediction of Sports Results

### Abstract

The prediction of the sports result is very important to direct the athletes' training. The prognosis joins together the qualitative and the quantitative, and the experts' work is essential for this. By the participation of specialists and by the use of different techniques for collecting information, and with an adequate processing through the application of mathematical models, it is possible to make a well scientifically founded prediction of the athletes' result.

de prueba y error, lo que le permitió acumular gran experiencia y además, llegó a interesarse sobremedida en lo que podía ocurrir en el futuro. En tal sentido, preparaba la siembra, pero quería saber si la cosecha sería buena o no; preparaba trampas y armas diversas, pero quería conocer si la caza sería productiva o no; otros eventos como el probable resultado de sus luchas contra otras tribus, el sexo de los descendientes, la posibilidad de ocurrencia de desastres, etc., eran también objeto de su necesidad de conocimiento.

Dado lo imposible de poseer un conocimiento apriorístico de tales sucesos, ello condujo al surgimiento de la magia, del augurio y en fin, del intento de comunicación con lo sobrenatural; de este modo nació el hechicero, el oráculo con todo tipo de agoreros, y la astrología, como «métodos prístinos» para obtener información del porvenir. A partir del neolítico superior con la aparición de las primeras comunidades urbanas, cobró una mayor importancia la actividad de todos estos individuos, los que al margen de los productores, lograron una gran influencia en la sociedad.

En la antigüedad, en China, Egipto, Grecia y Roma, eran notables los lugares en que se hacían todo tipo de profecías, siendo una de las más famosas el Oráculo de Delfos.

En el mundo grecolatino era una práctica común el sacrificio de los animales para presagiar el futuro ante campañas militares y amenazas de las tribus «bárbaras». Los Juegos Olímpicos en Grecia, celebrados cada cuatro años a partir del 776 a.C., ponían a prueba las capacidades de atletas e incluso de los animales que participaban en las competencias de cuadrigas. Probablemente se hacían muchas apuestas en las que se fundían el deseo y la predicción de los que arriesgaban sus bienes al capricho de la suerte y del destino de los contendientes. La lucha entre gladiadores en la que participaban algunos de los más afamados era objeto de pronóstico, así como otros tipos de competencias y espectáculos, muchos de ellos escenificados en el Coliseo de Roma, ordenado a construir por el Emperador Vespasiano de la dinastía Flavia y concluida su construcción en el año 80 d.C.

Durante la Edad Media las artes, el deporte y muchas manifestaciones

culturales se vieron estancadas, prevaleciendo una concepción basada en la predicción apocalíptica del fin del mundo. Junto a profecías de carácter religioso y astrológico, aparecieron «profetas» al estilo del médico francés Nostradamus que auguraban desastres, guerras y todo tipo de calamidades que afectarían al género humano.

Pero todo comenzaría a cambiar en el siglo XIX, los adelantos científico-técnicos ejercieron una notable influencia en el campo de las ideas y ello trajo una visión más clara del porvenir, a tal punto que pensadores como Julio Verne, creador de la ciencia ficción, expresaban una concepción del mundo diferente, optimista y en más armonía con la realidad. El mundo imaginario que creó Verne presagiaba la aparición de aviones, misiles, naves espaciales, submarinos e incluso la televisión.

Hoy día con un mayor conocimiento del espacio y el tiempo como formas de existencia de la materia, los físicos representan la sucesión de eventos desde el pasado al futuro mediante un cono de luz. Nosotros simplemente lo caracterizaremos avanzando en una sola dirección, en forma de línea recta.

Los Juegos Olímpicos reaparecieron en 1896 y con ello se inició un capítulo importante para el deporte moderno, convirtiéndose en un acontecimiento mundial que sigue ocurriendo cada cuatro años en que se cierran y se abren las cortinas de cada una de las Olimpiadas. La voluntad, el optimismo, la tenacidad y la perseverancia, entre otras cualidades, han sido el denominador común en los diferentes eventos deportivos que tienen lugar en cada una de las competiciones. Desde entonces, el deporte se ha ido convirtiendo en un quehacer importante en todos los países, como parte inseparable de la educación, la cultura y los valores patrióticos y morales de los pueblos. El acontecimiento deportivo tiene repercusión en todo el mundo y a él va unido el nombre de verdaderos héroes y heroínas que protagonizan las hazañas más

notables e increíbles, y no es casual que *el pronóstico del resultado deportivo* de los atletas sea objeto de un especial interés, sobre todo para aquellos que intervienen en la preparación y dirección del proceso de entrenamiento de los deportistas.

### El pronóstico del resultado deportivo (RD)

En el deporte existen muchos aspectos cuyo desarrollo puede ser pronosticado, como por ejemplo, aquellos que constituyen la infraestructura de las organizaciones deportivas, el crecimiento de la participación de jóvenes en determinados deportes, el número de medallas a alcanzar en competencias, el talento deportivo, etc. Sin embargo, en el presente trabajo se centra el análisis en la obtención de los resultados individuales de los deportistas; estimándose conveniente, además, aceptar determinados principios como los siguientes:

- El pronóstico posee *carácter científico*.
- En el resultado deportivo sólo debe pronosticarse su *crecimiento*.
- En el pronóstico debe conjugarse *lo cualitativo y lo cuantitativo*.
- El pronóstico debe servir de *instrumento para mejorar* el rendimiento deportivo de los atletas.

Atendiendo a lo anterior, y a diferencia de lo que se expuso con relación a las predicciones, profecías, augurios y presagios de nuestros antecesores, el pronóstico tiene carácter científico, siempre como un proceso en el que se conjugan dialécticamente la posibilidad y la realidad, por lo que para realizar un buen pronóstico deben tomarse en consideración toda una serie de factores y de variables que lo condicionan como parte de una realidad objetiva, en tránsito hacia otra realidad en perspectiva.

De hecho, el Principio de Causalidad rige, pero de manera casual. El Rendimiento Deportivo transita desde

el pasado hacia el futuro, pasando por el presente, por lo que es muy importante el conocimiento de la historia de su comportamiento en el tiempo. Por otra parte, el RD solo tiene interés cuando crece en correspondencia con determinado ritmo de crecimiento, siempre mostrando un desarrollo desde lo inferior a lo superior; de manera que la proyección que se obtenga mediante el proceso de entrenamiento en las diferentes formas de preparación, esté en correspondencia con la tendencia esperada y de acuerdo con una cierta ley de crecimiento (el pronóstico sólo tiene sentido en su vinculación con el plan de entrenamiento). Pero, ¿por qué el pronóstico no se cumple con exactitud? La respuesta puede estar en el primer renglón de este párrafo, puesto que dada la influencia de un sinnúmero de variables que muchas veces al actuar de manera casual no se pueden controlar; el pronóstico adquiere un sentido probabilístico, sin dejar de ser fiel al determinismo empírico. De todas maneras, se dice que la exactitud del pronóstico empeora a medida que aumenta el tiempo; es decir, cuando pronosticamos en un plazo inmediato, el error es menor que cuando se pronostica a largo plazo.

Es lógico pensar entonces, que dentro de las variables a que hemos hecho referencia, se encuentran indicadores cualitativos y cuantitativos y esto conduce a la reflexión de que para realizar el pronóstico de los resultados deportivos individuales de los atletas se necesite el concurso de los expertos, además de la necesidad del empleo de métodos matemático-estadísticos para el procesamiento de la información obtenida.

Uno de los propósitos importantes del pronóstico es que este sirva de instrumento para que entrenadores y preparadores tengan la visión de lo que puede ocurrir con el resultado deportivo de sus atletas, lo que en cierta medida implica cambios en la estrategia y reajustes en los programas de preparación.

### Pasos metodológicos a seguir en el pronóstico

En el deporte, el proceso de elaboración del pronóstico puede verificarse atendiendo a la siguiente metodología:

Paso 1. Análisis del comportamiento temporal del Resultado Deportivo. Tendencia de los resultados.

Paso 2. Obtención de información cualitativa a través de los expertos.

Paso 3. Extrapolación matemática de los resultados.

Paso 4. Resultado final del pronóstico y su fundamentación.

Pasemos a comentar lo más relevante de cada uno de estos pasos:

*Paso 1.* Con relación a este primer paso, para responder a la interrogante ¿qué tipo de crecimiento es? es necesario analizar la historia y evolución de los resultados y en qué forma se han comportado; es decir, si de manera lineal, parabólica, exponencial, etc., también debe tomarse en cuenta el hecho de que dado el ritmo de crecimiento manifestado, pueda ser analizado solamente en dependencia del tiempo como una serie cronológica o si intervienen otras variables que no tienen dicha dependencia. Si el proceso debe ser tratado como un comportamiento univariado o multivariado, ello puede obtenerse de este primer análisis. Sin embargo, es importante señalar que cuando tratamos con deportistas de élite, los resultados dependen fuertemente del tiempo de preparación, dado que los problemas debidos a insuficiencias en el contenido de la preparación general son poco comunes y el resultado deportivo manifiesta un ritmo de crecimiento estable. Luego, es evidente la importancia de obtener información de la tendencia, puesto que podemos ver el problema del pronóstico como:

**Tendencia+Extrapolación= Pronóstico**

(Está claro que en la tendencia se conjuga el pasado y el presente, mien-

tras que en la extrapolación se vislumbra el futuro.)

Para obtener la estimación de la tendencia de los resultados cuando estamos en presencia de una serie cronológica, se acude a métodos como los siguientes:

- Método geométrico o de mano alzada.
- Método de los promedios móviles.
- Método del semipromedio.

*El método geométrico o de mano alzada* se logra graficando «a ojo» los resultados deportivos. No obstante, el error puede ser grande y el resultado bien diferente, en dependencia de la persona que realice el graficado.

*El método de los promedios móviles* consiste en obtener una secuencia de medias aritméticas que nos llevan a cálculos sencillos y, flexibles por el hecho de que no se obliga a que la tendencia cumpla con una función matemática.

*El método del semipromedio* considera los datos divididos en dos partes, cada una de las cuales es promediada, obteniéndose dos puntos por los que se puede dibujar una línea recta que represente la tendencia de los resultados.

*Paso 2.* En cuanto al segundo paso, el pronóstico debe apoyarse en la información que puedan aportar los expertos; es decir, los entrenadores y preparadores de los deportistas a considerar. Para ello es conveniente elaborar encuestas o guiones para entrevistas, que deben ser procesadas mediante los métodos de la cualimetría; entre estos, el método de Delfos o método Delphi es uno de los más difundidos para la estimación del futuro (pronóstico pericial) y debe su nombre a la ciudad de Delfos, célebre por su oráculo, ya mencionada con anterioridad (a grandes rasgos consiste en diseñar la recopilación de opiniones de expertos y a partir de estas, obtener una opinión generalizada confiable). Además, los expertos pueden ayudar a la construcción del Árbol de Calidad, encontrar variables fundamentales y con

ello posibilitar el enfoque de la solución desde el punto de vista de un problema cuantitativo multivariado.

*Paso 3.* El tratamiento cuantitativo de la información está en correspondencia con el instrumento matemático que cada caso requiere. Una síntesis de su aplicación puede ser la siguiente:

- Extrapolación mediante funciones.
- Extrapolación por regresión simple y múltiple o multifactorial.

La extrapolación mediante funciones prevé primeramente un análisis del comportamiento del resultado deportivo y en correspondencia con la tendencia de crecimiento de este, se selecciona la función que mejor pueda describirlo. En sentido general, el pronóstico puede ser expresado matemáticamente mediante la función

$$Y(t + \Delta t) = f(a; Y; X; u) \text{ donde}$$

$Y(t + \Delta t)$ : magnitud pronosticada del indicador en el tiempo  $t + \Delta t$

$Y(t)$ : magnitud de partida del indicador en el tiempo  $t$  (en el pasado o en el presente)

$a$ : coeficiente de conversión de la magnitud  $Y(t)$  en la magnitud pronosticada  $Y(t + \Delta t)$  sin considerar la acción de nuevos factores

$X$ : magnitud desconocida que refleja la acción de nuevos factores en el período  $t + \Delta t$  y que se considera que no incidieron con importancia en el tiempo  $t$ .

$u$ : Variaciones permisibles del pronóstico. Puede interpretarse como un error entre el valor dado por el modelo matemático y lo acaecido en la realidad.

En lo particular, atendiendo al carácter de la tendencia de crecimiento (la letra  $Y$  puede entenderse como el RD pronosticado, mientras que  $t$  es el tiempo), pueden seleccionarse:

- La línea recta, cuya expresión matemática es  $Y = at + b$

- La parábola mínimo cuadrática:  
 $Y = a_0 + a_1X + a_2X^2$
- La función exponencial:  $Y = at^b$
- Las funciones polinomiales:  
 $Y = a + bt + ct^2 + \dots + rt^n$

La mayoría de las veces el caso del pronóstico en el deporte constituye un proceso que puede ser descrito mediante una serie cronológica y es posible extrapolar sustituyendo el tiempo futuro en las expresiones funcionales anteriores. Esto es algo de suma importancia para el pronóstico del resultado deportivo; ya que en el resultado, en un tiempo t cualquiera, se encuentra resumido todo aquello que ha afectado

en alguna medida dicho resultado; es decir, el entrenamiento y su estado de preparación general, la salud del deportista, entre otros aspectos.

En lo referente a la Extrapolación por Regresión simple y múltiple o multifactorial, se genera un gran interés debido al hecho que el pronóstico del RD se realiza sobre la base de un proceso en el que la casualidad y la probabilidad juegan un importante papel.

La Regresión Simple comprende el caso lineal y el no lineal, que pueden ser expresados mediante las relaciones funcionales relacionadas con anterioridad. En cuanto a la Regresión Lineal,

con la recta de regresión o línea recta mínimo cuadrática se puede describir el proceso de extrapolación, lo que se corresponde con las expresiones siguientes:

$$Y = Y_m + B (t - t_m)$$

en la que 
$$B = \frac{\sum_i (t_i - t_m) Y_i}{\sum_i (t_i - t_m)^2}$$

Al ordenar los datos para el cálculo de B se puede seguir la tabla mostrada, aunque si se emplea un paquete estadístico o cualquier otro software que aporte el cálculo de B, este se obtiene de forma inmediata.

ETAPA	AÑOS (t)	RD (T)	(ti - tm)	(ti - tm)Yi	(ti - tm) <sup>2</sup>

De manera análoga puede hacerse si los datos no siguen un comportamiento lineal, como exponencial de segundo orden, por ejemplo. En este caso, la relación funcional que debe ser planteada es

$$Y = A + Bt + Ct^2$$

en la que, por supuesto, se necesitaría conocer A, B y C

Como hemos visto anteriormente, el pronóstico se ha considerado suponiendo que el RD es función únicamente de una sola variable, que seleccionamos como el tiempo por ejemplo. Ahora bien, cuando se considera el RD dependiendo de más de una variable, el pronóstico se transforma en un problema multivariado y se acude a la Regresión Múltiple para proyectarlo, la que a su vez también puede ser lineal o no lineal.

Supongamos que, de manera muy sencilla, el RD (variable dependiente Y) depende, linealmente, de la preparación física (variable X) y de la preparación técnica (variable Z),

entonces la Ecuación de Regresión para el caso lineal puede tomar la forma

$$Y = A + B X + CZ$$

La que en un sistema de coordenadas rectangulares en 3D representa un plano llamado plano de regresión y que consiste en una generalización de la recta de regresión para el caso de 2 variables. Pero, para valorar la variable X y la Z, debe tenerse el comportamiento de la preparación física y de la preparación técnica del deportista en toda una etapa en que se pueda predecir su tendencia y será entonces que, a partir de contar con esos datos es que podremos pronosticar el resultado deportivo del atleta que sea de nuestro interés.

El caso de la Regresión Múltiple No Lineal tiene lugar cuando se encuentra que la dependencia del RD con las variables que más lo definen no es de manera lineal, sino que están afectados por otro tipo de dependencia, cuadrática, cúbica, etcétera.

Como ilustración tomemos el caso de Ana Fidelia Quirot, atleta cubana que obtuvo muy buenos resultados como corredora y que analizamos en este ejemplo en su desempeño dentro de los 400 metros planos.

ETAPA	AÑOS (t)	RD en s (Y)	(ti - tm)	(ti - tm)Yi	(ti - tm) <sup>2</sup>
1	1978	53,74	-5	- 268,7	25
2	1979	56	- 4	- 224	16
3	1980	55,5	- 3	- 166,5	9
4	1981	54,02	- 2	- 108,4	4
5	1982	52,61	- 1	- 52,61	1
6	1983	51,82	0	0	0
7	1984	50,87	1	50,87	1
8	1985	50,86	2	101,72	4
9	1986	50,41	3	151,23	9
10	1987	50,12	4	200,48	16
11	1988	49,62	5	248,1	25
Media	1983	52,34			
Sumas				- 67,81	110
Pronóstico	1989	48,64			

La recta de regresión empleada para los cálculos fue de la forma

$$Y = Y_m + B (t - t_m)$$

$$B = -67.81/110 = -0.6164$$

Además, como puede verse a partir de la tabla  $t_m = 1983$ ;  $Y_m = 52.54$ , entonces

$Y = 52.34 - 0.6164 (t - 1983)$ , lo que después de hacer operaciones sencillas, nos permite llegar a la recta de regresión que caracteriza la tendencia de los resultados deportivos de la atleta en cuestión

$$Y = 1274.77 - 0.6164 t$$

Ahora podemos extrapolar al año 1989; es decir, si colocamos  $t=1989$ , obtenemos que  $Y=48,64$  segundos como resultado pronosticado para Ana Fidelia en ese año. Sin embargo, el mejor resultado de Ana Fidelia en dicho año fue peor de lo previsto, con 50,01 segundos, alcanzado en los Juegos Universitarios, existiendo una diferencia de 1,37 segundos con respecto a lo pronosticado.

Gráficamente:



## Análisis y perspectivas

Ahora intentemos dar respuesta a las interrogantes siguientes:

- ¿Por qué el pronóstico no se cumple con exactitud?
- ¿Por qué el pronóstico puede ser importante para revelar el talento deportivo?
- ¿Puede, el estudio de la tendencia de los resultados revelar el carácter de la respuesta del atleta al proceso de entrenamiento?
- ¿Por qué el estudio de la tendencia de los resultados puede convertirse en instrumento para mejorar el Rendimiento Deportivo?

## Bibliografía

- BODE YANES, A. J. «Aspectos teóricos y metodológicos del problema del pronóstico científico en el deporte», en revista *Acción*, no. 2. Instituto Superior de Cultura Física Manuel Fajardo, La Habana, 2005.
- BRONSHTEIN, I. y K. SEMIENDIAEV. *Manual de matemáticas superiores*. Editorial MIR, Moscú, 1971.
- COLECTIVO DE AUTORES. (Facultad de Economía, U.H.) *Métodos de pronosticación en la economía*. Editora de la ENSPES, La Habana, 1982.
- DONSKOI, D. D. *Biomecánica con fundamentos de la técnica deportiva*. Editorial Pueblo y Educación, La Habana, 1982.
- LOPATNIKOV, L. *Diccionario popularizado de cibernética económica*. Editorial de Ciencias Sociales, La Habana, 1984.
- SPIEGEL, M. *Teoría y problemas de estadística*. Editorial Ciencia y Técnica, La Habana, 1971.
- SPIRIDONOV, V. *Tratamiento matemático de datos físico-químicos*. Editorial MIR, Moscú, 1973.
- STEARNS, P. «Predecir el futuro: cómo se cuenta la historia». Microsoft Encarta 2008, Microsoft Corporation.
- ZATZIORSKI, V. M. y otros. *Metrología deportiva*. Editorial Pueblo y Educación, La Habana, 1989.



# Modelo teórico-metodológico para el pronóstico del rendimiento deportivo de los remeros de Pinar del Río

LIC. OSMANI CASABELLA MARTÍNEZ

DR. C. AMADO BODE YANES

DRA. C. ISABEL FLEITAS DÍAZ

## Resumen

La necesidad de perfeccionar la dirección del entrenamiento deportivo de los remeros de Pinar del Río, a partir de una mayor precisión en la planificación y el control de dicho proceso, de forma que permita elevar los niveles del rendimiento, ha motivado adentrarse en esta problemática, haciendo un análisis del proceso de entrenamiento deportivo con la aplicación de métodos de investigación.

Teniendo como referentes la literatura científica consultada, los métodos investigativos utilizados en este campo y la experiencia práctica; se parte del postulado de relacionar la teoría del pronóstico del rendimiento deportivo y la dirección del entrenamiento, presentando una propuesta de un modelo teórico-metodológico, el cual argumentado y ejemplificado con acciones concretas contribuya a perfeccionar la dirección del entrenamiento deportivo de los remeros de Pinar del Río.

En la obra se brinda una definición operativa del pronóstico del rendimiento deportivo como proceso que se inserta en el marco de la dirección del entrenamiento deportivo, lo que posibilita además, arribar a la definición del proceso de conducción del entrenamiento como vía para la corrección de las desviaciones del curso del rendimiento deportivo apoyado en los modelos de pronóstico.

El modelo teórico-metodológico propuesto fue validado utilizando el método criterio de expertos apoyándose en la variante Delphi, y se obtuvo el modelo matemático de regresión lineal múltiple, utilizando el procedimiento paso a paso, que posibilita el análisis de regresión en el Statistical Package for the Social Sciences (SPSS), permitien-

## Theoretical and Methodological Model for the Prognosis of Sports Performance Among Oarsmen from Pinar del Río

### Abstract

The need to improve the management of the sports training of the oarsmen from Pinar del Río, starting from a higher precision in the planning and control of such process, and in a way that allows to elevate the performance levels, has led us to go deep into this problem, making an analysis of the sports training process with the application of research methods. Taking as a reference the consulted scientific literature, the research methods used in this field, and the practical experience, it is started from the postulate that relates the theory of the prognosis of the sports training to the management of training, presenting the proposal of a theoretical and methodological model, which once explained and illustrated with concrete actions contributes to improve the sports training management of the oarsmen from Pinar del Río.

This work provides an operative definition of the prognosis of sports training as a process that is inserted into the framework of sports training management, making possible to define the process of training conduction as a way to correct the deviations of the course of sports performance supported by the prognosis models. The proposed theoretical and methodological model was validated by using the experts' criterion method based on Delphi's variant. The mathematical model of multiple lineal regression was obtained by using the step by step procedure that makes easy the regression analysis in the Statistical Package for the Social Sciences (SPSS), and allows to calculate the parameters of the model with which its functioning was demonstrated. On the basis of previous data, the level of sports performance was predicted for the next mesocycle, making possible to prove the feasibility of the proposed model.

do calcular los parámetros del modelo, con los cuales se realizó la demostración de su funcionamiento. A partir de datos anteriores, se pronosticó el nivel del rendimiento deportivo para el siguiente mesociclo, con lo que se pudo comprobar la factibilidad del modelo propuesto.

## Introducción

El problema del pronóstico científico es actual para muchas esferas de la vida social, siendo de utilidad práctica en ciencias como la meteorología, la demografía, la economía, la militar, la medicina, al mismo tiempo también para la cultura física y el deporte. Uno

de los aspectos que revela la importancia de elaborar el pronóstico en la rama del deporte se basa en la necesidad de buscar nuevos caminos para preparar a los deportistas de altos rendimientos.

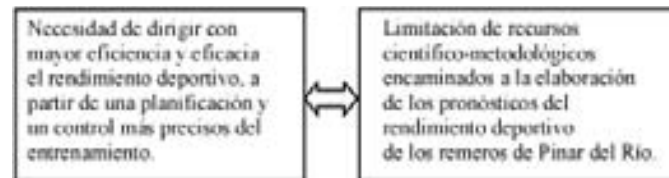
En la actualidad, en el deporte de alto rendimiento, para alcanzar, mantener y elevar los resultados deportivos, se requiere el apoyo de las ciencias aplicadas al entrenamiento deportivo (la fisiología, la bioquímica, la biomecánica, la psicología, la pedagogía, la sociología, la fisioterapéutica, entre otras). Esto está dado porque «la teoría y metodología por sí sola, como ciencia del deporte, no es capaz de resolver todos los problemas científicos de su propio objeto, es decir, el deporte y su interrelación con el hombre. Es por ello que necesita de otras disciplinas científicas que contribuyen a la solución de los problemas profesionales inherentes a su objeto de estudio». (Forteza, 2001: 11)

En la práctica sistemática, se observa la necesidad de perfeccionar el pronóstico del rendimiento deportivo, pues este se elabora actualmente, solo a partir de la consideración de los factores condicionales y constitucionales, quedando al margen otros factores del rendimiento de importancia para el desempeño. Por ello se considera que, a partir del aprovechamiento de las posibilidades que brindan algunos métodos de pronóstico, se haría más preciso este proceso, lo que contribuiría a perfeccionar la dirección del entrenamiento deportivo.

Además, algunos autores han destacado como posible vía de perfeccionamiento de la dirección del proceso de entrenamiento en el deporte, la consideración de métodos de pronóstico que posibilite, no solo pronosticar el resultado en competencias; sino el rendimiento en el entrenamiento, de manera que este, sea conducido en el tiempo, mediante la contrastación de datos supuestos y reales.

A partir de estas consideraciones es que se devela la contradicción que motiva el presente estudio, entre el reclamo de la Comisión Provincial de Remo en relación con el perfeccionamiento de la dirección del entrena-

miento y las limitaciones que reconocen los entrenadores para la aplicación del pronóstico en la preparación de los deportistas. Esta se refleja y precisa en el esquema siguiente:



## Desarrollo

El futuro del entrenamiento deportivo como sistema de dirección, se forma a partir de las tendencias, los principios y las leyes del pasado y del presente, así como también a partir de aquellas consecuencias que van a ser provocadas por la realización del plan de entrenamiento.

Según Konopliov (1980: 20) «el pronóstico científico, fundamentado en el conocimiento de las leyes objetivas de la realidad, está en condiciones de predecir los fenómenos, los acontecimientos y los procesos que pueden o deben surgir en el futuro».

Por eso, el primer aspecto de importancia en el ejercicio del pronóstico del rendimiento deportivo es la consideración de los antecedentes de cada sujeto desde su iniciación en el deporte, razón por la cual es necesario establecer mecanismos efectivos de control durante la vida deportiva de cada uno de estos deportistas, acompañado de soportes que garanticen la longevidad de esa información para futuros análisis.

Como un segundo aspecto de importancia es la determinación del estado del rendimiento deportivo en el momento del pronóstico, lo que se determina a partir del control sistemático de la preparación, apoyándose en la medición y la evaluación.

Un tercer aspecto es el estudio de las tendencias del rendimiento deportivo a corto, mediano y largo plazos, lo que conforma el rol fundamental del pronóstico de dicho fenómeno en la toma de decisiones para la dirección del entrenamiento.

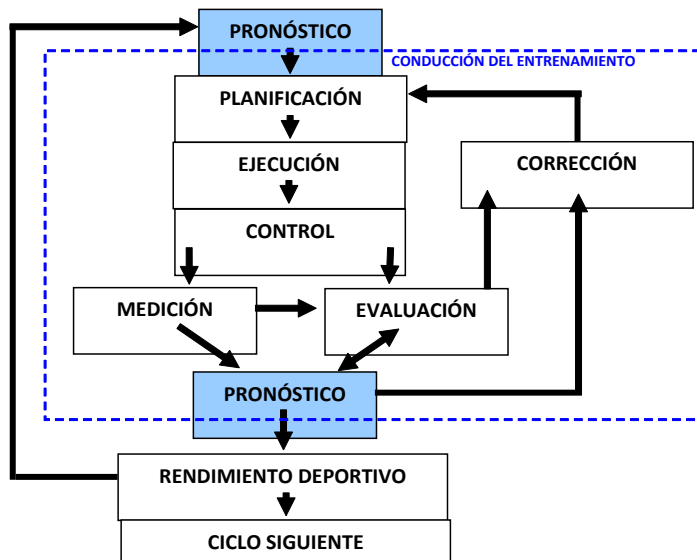
A continuación se describe el modelo teórico a partir de la relación plan-pronóstico y control-pronóstico, el cual se representa en la figura 1, y sintetiza teóricamente las relaciones entre las principales categorías que participan en el proceso de toma de decisiones para optimizar la dirección de la preparación teniendo como eje central la categoría pronóstico.

El pronóstico en el estadio inicial es el punto de partida para la elaboración de cualquier plan de entrenamiento, pues este le facilita a los directivos de la preparación de los deportistas un argumento fundamentado científicamente y con una visión más amplia del contexto al que tendrá que enfrentarse.

La corrección está en correspondencia con los controles previstos en el plan de entrenamiento y para corregir este plan es preciso medir y evaluar los deportistas objeto de estudio. Por eso cuando se trata de la conducción del entrenamiento el control estará siempre en función del pronóstico, con el objetivo de corregir la tendencia del rendimiento deportivo.

De ahí que la *conducción del entrenamiento* deportivo se define como el proceso de corrección del plan a partir de las desviaciones de su curso, al analizar la información obtenida de la medición de cada factor influyente, de la evaluación del estado y el análisis de las tendencias del rendimiento deportivo apoyado en los modelos de pronóstico.

**Figura 1.** Representación gráfica del modelo teórico para el pronóstico del rendimiento deportivo de los remeros de Pinar del Río.



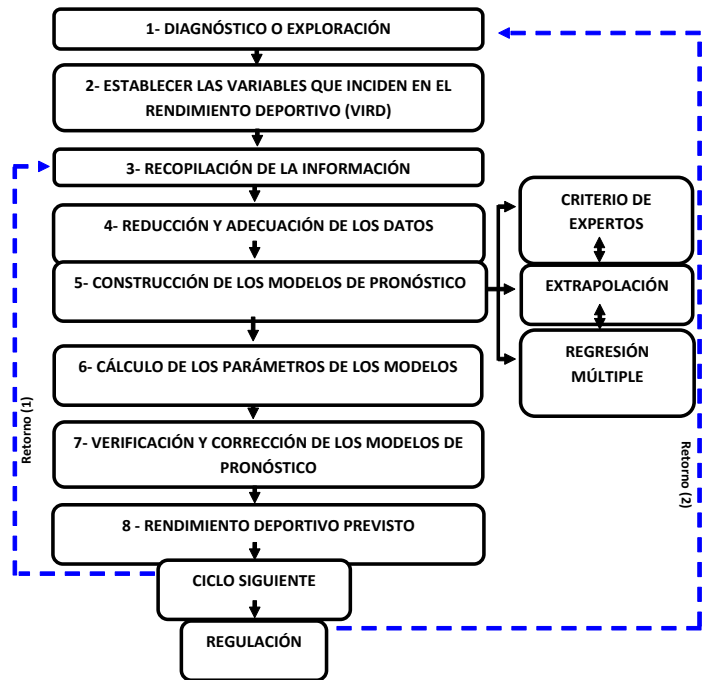
La conducción del entrenamiento deportivo surge por la necesidad de cumplir con los objetivos previstos en el plan y de optimizar los recursos en la preparación de los deportistas. Esta se materializa al aprovechar la relación que se forma entre pronóstico y plan, entre control y pronóstico en función de la corrección de dicho plan, por lo que surge la necesidad de instrumentar un modelo teórico metodológico para el pronóstico del rendimiento deportivo, que perfeccione la dirección del entrenamiento deportivo de los remeros de Pinar del Río.

En la actualidad, en los deportes los resultados deportivos se han visto influenciados por la dinámica competitiva, la aplicación de las tecnologías de la información y las comunicaciones, entre otros factores, provocando que cada día en muchos de ellos se haga más difícil predecir el resultado en determinada competencia, creando un ámbito de incertidumbre al elaborar los planes de entrenamiento, los que reflejan la previsión empírica de los entrenadores, quienes basados en la experiencia práctica, la cual no es exonerada en el pronóstico, pero no es suficiente para enfrentar los retos que presenta la dinámica competitiva internacional.

A continuación, se presenta en la figura 2 cómo debe aplicarse metodológicamente el proceso de pronóstico del rendimiento deportivo en el marco del entrenamiento deportivo de los remeros de Pinar del Río, el cual está compuesto por ocho pasos.

El paso 1 exige que a partir de la literatura existente, se estudien nuevos métodos que con el desarrollo de la ciencia puedan surgir para realizar los pronósticos y se comparen con los utilizados hasta el momento. Además todo ello debe ser contrastado con el criterio de los expertos, quienes a partir de sus experiencias contribuyen a tomar decisiones sobre cuáles de las variantes estudiadas podría ser la más factible.

**Figura 2.** Representación gráfica del modelo metodológico para el pronóstico del rendimiento deportivo de los remeros de Pinar del Río.



El paso 2 es el establecimiento de factores que inciden en el rendimiento deportivo, los cuales se denominan variables que inciden en el rendimiento deportivo (VIRD) y se representan con la expresión  $X_i$ , donde  $i$  recorre desde 1 hasta  $n$ .

El paso 3 consiste en recopilar la información, donde se aplica la medición correspondiente a cada una de las variables en la muestra objeto de estudio de tamaño  $j$ , donde cada sujeto se representa con la expresión  $X_j$ , a la que se le hace corresponder el valor de la medición de la variable  $i$ , influyente o predictora de la variable dependiente (en nuestro caso debe ser el rendimiento), teniendo en cuenta la unidad de medida y la precisión del instrumento de medición.

El paso 4 consiste en reducir y adecuar los datos de cada medición a cada uno de los sujetos y cada variable, momento que posibilita su organización para el posterior procesamiento.

El paso 5 está relacionado con la construcción de los modelos de pronóstico, los cuales están en correspondencia con el tipo de dato, con el tipo de previsión y la complejidad del pronóstico. Atendiendo a ello se proponen tres variantes que posibilitan conjugar estos tres elementos y basándose en Stolmov (1979), el cual plantea de acuerdo con la esencia de los métodos de pronóstico, que con frecuencia se distinguen grupos cuya base son la extrapolación, modelación matemática y las evaluaciones de peritaje.

El paso 6 está relacionado con el cálculo de los parámetros de los modelos. Para calcular los parámetros del modelo multifactorial se sugiere utilizar el SPSS y al ejecutar el análisis de regresión se obtiene la constante del modelo, los parámetros del modelo, el coeficiente de regresión, los coeficientes de correlación de cada variable y los rangos de desviación que son permisibles para el modelo.

El paso 7 está relacionado con la verificación y corrección de los modelos de pronóstico, donde se realiza una evaluación del valor de pronóstico del modelo. Esta evaluación es realizada por medio de diferentes métodos. Uno de los métodos de evaluación del valor de pronóstico del modelo, más ampliamente utilizado, es la comparación del valor previsto con el valor real que se alcance para el ciclo pronosticado.

El paso 8 representa la obtención de la previsión del rendimiento deportivo a partir del uso simultáneo de los modelos de pronóstico propuestos. Para ello se propone: utilizar cada variante de forma independiente e integrar las tres variantes propuestas y que sean retomadas por los expertos.

Para realizar la validación del modelo teórico metodológico para el pronóstico del rendimiento deportivo de los remeros de Pinar del Río propuesto en esta investigación, se asumen los pasos metodológicos emitidos por Castillo Estrella (2003), los cuales se concibieron de la siguiente manera: definición del objetivo, selección de los expertos, elección de la metodología, ejecución de la metodología y procesamiento y análisis de la información.

Las valoraciones pertinentes de los 36 posibles expertos permitieron seleccionar 33 expertos para un 91,7%, integrado por 1 experto internacional y 32 nacionales, pues solo 3 poseían bajo nivel de competencia para un 8,3%, 14 expertos con nivel medio para un 38,9% y 19 expertos con alto nivel, para un 52,8%.

El procesamiento de la información se realizó a partir de las valoraciones emitidas por los expertos, auxiliado del software para el procesamiento del criterio de expertos elaborado por Casabella Martínez (2006), sobre el modelo teórico metodológico para el pronóstico del rendimiento deportivo de los remeros de Pinar del Río. Para ello se estableció un diálogo anónimo hasta llegar a consenso de opiniones y conociendo los motivos de las discrepancias, transitando por una primera, segunda y tercera vueltas.

Después de conocer los resultados de las valoraciones anteriores se pudo evaluar positivamente la propuesta del modelo teórico metodológico para el pronóstico del rendimiento deportivo, llegando a consenso en tercera vuelta, observándose que los resultados estuvieron entre las categorías de Muy Adecuado, Bastante Adecuado y Adecuado.

**Tabla 1:** Resultados de la evaluación del modelo teórico metodológico propuesto por el método criterio de expertos

ASPECTOS	MA		BA		A		PA		NA	
Fundamentación del modelo	15	45,5%	11	33,3%	7	21,2%	-	-	-	-
Operatividad del gráfico	15	45,5%	12	36,4%	6	18,2%	-	-	-	-
Interacción entre los elementos	22	66,7%	9	27,3%	2	6,1%	-	-	-	-
Funcionamiento accionar	25	75,8%	8	24,2%	-	-	-	-	-	-
Utilidad práctica	29	87,9%	4	12,1%	-	-	-	-	-	-

Los criterios anteriores corroboran la necesidad de un modelo teórico-metodológico para el pronóstico del rendimiento deportivo que optimice la toma de decisiones en la conducción del entrenamiento deportivo. En sentido general los expertos recomendaron:

- Seminariar a los metodólogos y entrenadores encargados de dirigir el proceso de entrenamiento deportivo de los remeros cubanos del Equipo Nacional para llevar a vías de realización dicho modelo, sugerencia que será tenida en cuenta para su aplicación.
- La mayoría de los expertos coinciden en la importancia de poner en práctica el modelo en un ciclo de entrenamiento de forma experimental para elevar su validez en la práctica, y ello debe ir acompañado de un software que automatice todo el proceso para optimizar el trabajo de los entrenadores.

Seguidamente se procede a la obtención del modelo matemático, puesto que juega un gran papel en el deporte para pronosticar los niveles del rendimiento deportivo para cada ciclo de entrenamiento, en la previsión de los resultados deportivos en los tipos de deportes con indicadores cuantitativos, en la elaboración de las características estadísticas modelos del nivel de preparación para competencias importantes, en la confección de los requisitos para determinadas partes de la preparación deportiva, en la elaboración de diferentes géneros de requisitos para seleccionar a deportistas jóvenes con perspectivas y también con determinadas características.

Teóricamente, a través del criterio de expertos se establecen una cantidad de variables que supuestamente tienen un gran peso en la predicción del rendimiento.

En este caso, los expertos eligieron 11 variables, las que reunían las condiciones señaladas anteriormente, para ser consideradas en el modelo. Estas fueron las siguientes: remo acostado, cuclilla, halón de clin, carrera 5 000 m, natación 200 m, flexibilidad ventral, flexibilidad de tobillos, remoergómetro 2 000 m, regata 6 000 m, hemoglobina y peso corporal.

Se realizó la recopilación de los datos relacionados con cada variable, los que se obtuvieron en los equipos de remo de Pinar del Río a partir de los registros que poseen los entrenadores en sus diarios de entrenamiento. Para este estudio se obtuvieron los datos pertenecientes a 36 sujetos, a los cuales se les registró los resultados de las variables escogidas en su mejor forma deportiva.

Para la tabulación, edición y procesamiento de los datos se eligió el SPSS 11.5, lo cual por sus siglas en inglés

significa Paquete Estadístico para las Ciencias Sociales. Este software es uno de los más utilizados en la actualidad en investigaciones para el procesamiento de los datos obtenidos del terreno.

Una vez completado el registro de los datos de cada variable, se procede al cálculo de los parámetros del modelo matemático. Para ello se precisa analizar los métodos de selección de variables en el análisis de regresión lineal múltiple. Al realizar el procedimiento de cálculo se obtienen los datos que se muestran a continuación:

Tabla 2. Resumen de los parámetros del modelo

R	R <sup>2</sup>	Ajuste de R <sup>2</sup>	Error estándar de la estimación
0.949	0.900	0.854	0:00:05.48

Como se observa en la tabla 2, R<sup>2</sup> = 0.900, lo que indica que las variables seleccionadas influyen en la predicción en un 90%, si calculamos el coeficiente de determinación D = R<sup>2</sup> \* 100% = 0.900\*100% = 90.0%.

La tabla de los coeficientes arrojada por el SPSS permitió obtener los parámetros del modelo. Los parámetros entonces quedan representados en la ecuación de regresión de la siguiente forma:

$$\text{Rend} = 38,428 + 0,028*X_1 + 0,037*X_2 - 0,112*X_3 + 0,062*X_4 + 0,076*X_5 - 0,050*X_6 + 0,139*X_7 + 0,032*X_8 + 0,859*X_9 - 0,180*X_{10} + 0,012*X_{11}$$

Para mostrar el funcionamiento y utilidad del modelo matemático se tomó en una Hoja de Datos de Microsoft Excel y se tabuló los datos registrados de 1 remero obtenidos por uno de los entrenadores en relación con las 11 variables incluidas en el modelo (véase tabla 3).

Tabla 3. Resultados de la aplicación del modelo matemático en el pronóstico del rendimiento deportivo de un remero

	Kg	Kg	Kg	Tiempo	Tiempo	Cm	Tiempo	Tiempo	Tiempo	g/l	Kg	Rend.
	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11	
A	101.5	200	100.4	18:27.32	03:27.00	17.00	00:40.00	06:41.35	25:45.32	15.00	85.0	07:17.55
P	114.0	208	114.5	18:10.45	03:10.00	18.00	00:40.00	06:32.70	25:27.32	15.00	85.00	07:02.80
R	114.0	210	114.0	18:11.55	03:11.00	17.00	00:40.00	06:24.56	25:21.13	15.00	85.2	07:05.12
D	0	+2	-0.5	-00:01.10	-00:01.00	-1	0	+00:08.14	+00:06.19	0	+0.2	-00:02.32

A: Datos anteriores.

P: Datos pronosticados.

R: Datos reales.

D: Diferencia entre pronóstico y real.

Los datos anteriores pertenecen al mesociclo 7, y los datos reales al mesociclo 8, ambos mesociclos pertenecientes al macrociclo comprendido entre septiembre de 2007 y julio de 2008. Los datos del mesociclo 7 se tomaron como antecedente para pronosticar el rendimiento deportivo de este remero en el mesociclo 8.

En los valores mostrados se observa que el rendimiento real no cumplió con el pronosticado; pero en el momento de evaluar se debe analizar cada variable por separado y teniendo como argumento los rangos de desviación en que pueden oscilar este modelo de pronóstico.

## Conclusiones

1. En la sistematización de los antecedentes del pronóstico como categoría científica, se denota su progreso hasta la etapa actual, donde la utilización de las tecnologías de la informática y las comunicaciones han favorecido el empleo de modelos matemáticos en diferentes ramas de las ciencias; no obstante, no se han consolidado fundamentos que sustenten el pronóstico del rendimiento deportivo, desaprovechando las posibilidades que brindan estos modelos, lo que limita la científicidad del proceso de dirección del entrenamiento en el remo.
2. El diagnóstico arrojó que en la realización de los pronósticos del rendimiento deportivo de los remeros de Pinar del Río, predominan las decisiones intuitivas, lo que sumado a la carencia de recursos científico-metodológicos para su elaboración, limita la obtención de altos resultados en este deporte; sin embargo, se plantea como una línea de trabajo, la necesidad de dirigir con mayor eficiencia y eficacia el rendimiento deportivo, a partir de una planificación y un

control más precisos del entrenamiento.

3. Tomando como punto de partida los nexos conceptuales que sustentan la relación entre la teoría del pronóstico y la teoría de la dirección del entrenamiento se determinaron como componentes del modelo para el pronóstico del rendimiento deportivo de los remeros de Pinar del Río: la planificación, la ejecución, el control, la medición, la evaluación, el pronóstico, la corrección y la conducción; lo que permitió establecer las relaciones: pronóstico-plan y control-pronóstico.
4. La concepción teórica del modelo, su representación gráfica, interacción entre los componentes, su funcionamiento y su utilidad práctica fueron evaluados positivamente por los expertos, resaltando el valor práctico del modelo matemático construido y el cálculo de los parámetros que lo componen a partir de la recopilación de los datos relacionados con 11 variables para el pronóstico del rendimiento deportivo de los remeros de Pinar del Río.

## Bibliografía

- BALADÍN, V. I. «Aplicación de los métodos de extrapolación durante el pronóstico». (Traducción del ruso.) Biblioteca Instituto Superior de Cultura Física Manuel Fajardo, La Habana, 1996.
- BODE YANES, A. J. «Aspectos teóricos y metodológicos del problema del pronóstico científico en el deporte», en revista *Acción* 2: 23-29. Instituto Superior de Cultura Física Manuel Fajardo, La Habana, 2005.
- BOMPA, T. O. *Theory and Methodology of Training: The Key to Athletic Performance*. Dubuque, Iowa: Kendall/Hunt Publishing Company, 1983.
- CASABELLA MARTÍNEZ, O. «Software para el procesamiento del criterio de expertos». Facultad de Cultura Física, Pinar del Río, 2006.
- CASTILLO ESTRELLA, T. «Curso sobre valoración de las propuestas metodológicas como resultado de las investigaciones científicas». Facultad de Cultura Física, Pinar del Río, 2003.
- FORTEZA, A. *Entrenamiento deportivo: ciencia e innovación tecnológica*. Editorial Científico-Técnica, La Habana, 2001.
- GARCÍA MANSO, J. M. *Planificación del entrenamiento deportivo*. Editorial Gymnos, Barcelona, 1996.
- GROSSER, M. y otros. *Alto Rendimiento Deportivo: planificación y desarrollo*. Ediciones Martínez Roca, S. A., Barcelona, 1989.
- HARRE, D. *Applied Anatomy and Biomechanics in Sport*. Blackwell Scientific Publications, 1994.
- HERBERGER, E. *Remo*. Editorial Científico-Técnica, La Habana, 1984.
- JACKSON, R. *Manual de administración deportiva*. Comité Olímpico Internacional, Lausana, 2005.
- KONOPLIOV, V. *El pronóstico científico en el arte militar*. Editorial Progreso, Moscú, 1980.
- KLESHNEV, V. «Modelling of Distance per Stroke». Disponible en: <http://www.biorow.com/>. (Consultado el 5 de julio de 2007.)
- MATVEEV, L. *Fundamentos del entrenamiento deportivo*. Editorial Ráduga, Moscú, 1983.
- MORENO, C. «Pronósticos. Modelo cualitativo de pronóstico y aplicaciones», 2003. Disponible en: [www.monografias.com](http://www.monografias.com). (Consultado el 21 de abril de 2005.)
- PLATONOV, V. N. *El entrenamiento deportivo: teoría y metodología*. Editorial Paidotribo S. A., Barcelona, 1994.
- ROMEROS ESQUIVEL, R. *Alto rendimiento deportivo. Gerencia, ciencia y tecnología*. Editorial Buhos, Bogotá, 2006.
- SOUÇIE, D. *Administración, organización y gestión deportiva*. INDE Publicaciones, Barcelona, 2002.
- STOLMOV, L. F. *Estudio pronóstico de la demanda de compradores*. Editorial Orbe, La Habana, 1979.
- VERJOSHANSKI, I. V. *Entrenamiento deportivo. Planificación y programación*. Editorial Martínez Roca S. A., España, 1990.
- VERJOSHANSKI, Y. *Teoría y metodología del entrenamiento deportivo*. Barcelona. Editor Service, S. L., Barcelona, 2002.
- ZATSIORSKI, V. M. *Metrología deportiva*. Editorial Planeta, Moscú, 1989.

# Caracterización de un modelo de deslizamiento con pierna doblada en el béisbol

LIC. MARÍA ADELA CEBALLOS RUBIO

LIC. SIXTO CONRADO MARTÍNEZ FERNÁNDEZ

LIC. MAURY RODRÍGUEZ RODRÍGUEZ



## Resumen

La correcta ejecución del deslizamiento con pierna doblada proporciona la menor porción del cuerpo para esquivar la acción de tocado antes de llegar a la base. Sin embargo, con el pretexto de evitar que los jugadores se lesionen, su trabajo durante el entrenamiento es pobre. La división del movimiento en fases facilita la enseñanza y detección de errores durante su ejecución. Este trabajo va encaminado a evaluar el movimiento para contribuir a su desarrollo para la enseñanza. Para ello fueron filmados tres sujetos con altos resultados deportivos, pertenecientes al equipo juvenil de la provincia y se analizó cinemáticamente el movimiento. Se logró dividir el movimiento en fases según la tarea y se obtuvo un modelo teórico que facilitó la detección de errores técnicos en los sujetos medidos.

## Introducción

El deslizamiento con pierna doblada es uno de los más utilizados en los juegos por su sencillez de ejecución y efectividad; se emplea para prevenir que un jugador a la defensiva toque al corredor que trata de alcanzar una base, también para prevenir que un jugador se pase de la base que trata de ganar, y por consiguiente se vea obligado a reducir la velocidad antes de llegar a la almohadilla (Ealo, 1984), y para romper un doble play.

Actualmente existe poco interés por parte de los entrenadores de trabajar este elemento con el pretexto de evitar que sus jugadores se lesionen. El conocimiento de las particularidades

## Characterization of a Model of Slide with one Leg Bent in Baseball

### Abstract

The correct execution of the slide with one leg bent provides the smallest portion of the body to avoid to be tagged before touching the base. However, under the pretext of preventing the players from injuries, work on it is poor during training. The division of the movements into phases facilitates the teaching and detection of errors during its execution. The objective of this work is to evaluate the movement to contribute to its development for teaching. To this end, three subjects from the juvenile team of the province with high sports results were filmed, and the movement was kinetically analyzed. It was possible to divide the movement into phases according to the task, and it was obtained a theoretical model that made easy the detection of technical errors among the evaluated individuals.

cinemáticas de las fases de deslizamiento facilita la enseñanza y la detección de errores durante la ejecución del movimiento, por lo que el objetivo de este trabajo está encaminado a analizar cinemáticamente el deslizamiento con pierna doblada en el béisbol, para de esta forma contribuir a su desarrollo para la enseñanza.

## Desarrollo

Se filmaron un total de tres sujetos pertenecientes al equipo juvenil, con experiencia en el deporte y conocimiento de la técnica. Con la utilización del software Human versión 5.0, se obtuvieron los gráficos cinemáticos de diferentes indicadores que permitieron caracterizar el movimiento.

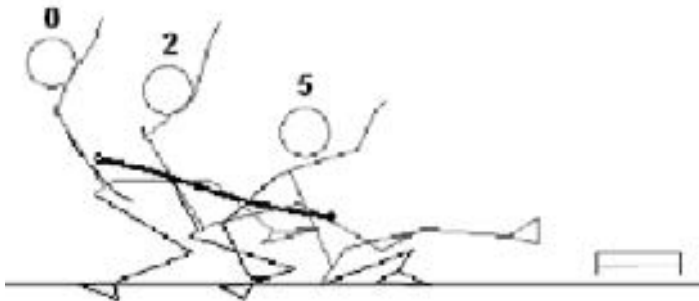
## Análisis de las características registradas

Atendiendo a la tarea del movimiento esta técnica se dividió en tres fases: fase preparatoria, fase de deslizamiento y fase de recuperación.

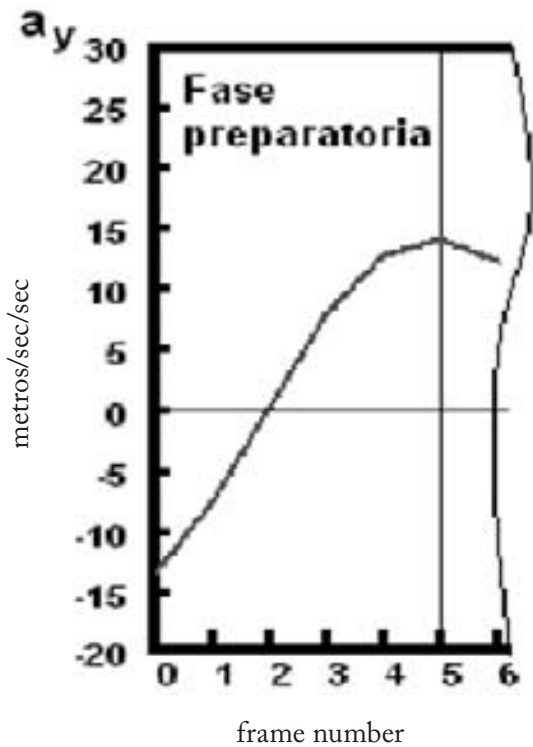
*Fase preparatoria:* Comienza durante la fase de empuje de la pierna de apoyo en el último paso de la carrera con el avance al frente de la pierna de péndulo. La pierna de apoyo no ejecuta la función de despegue como algunos autores plantean, sino que sirve de amortiguación al descenso hacia el apoyo (mecanismo de descenso hacia el apoyo), flexionándose en la rodilla a medida que se desciende. Esta fase finaliza en el instante en que los glúteos se acercan lo más posible al suelo con la pierna flexionada a unos 90°.

En la figura 1, el cuadro 5 muestra que el centro de masa ha alcanzado su máximo descenso, y los miembros superiores comienzan a elevarse por fuera del cuerpo; y la cabeza y el tronco inician su inclinación hacia atrás.

**Figura 1.** Desplazamiento del centro de masa durante la fase preparatoria en el deslizamiento en béisbol.

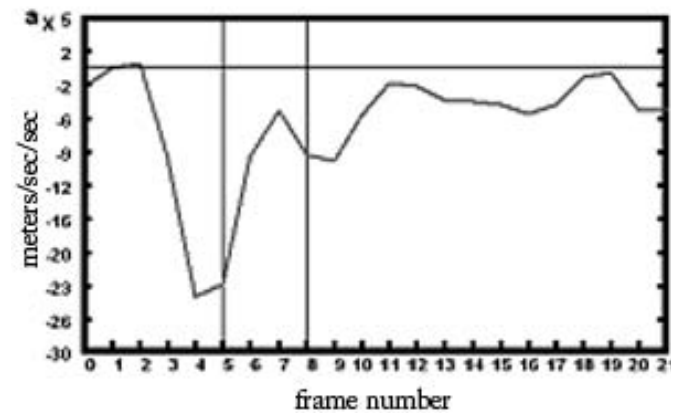


**Gráfico 1.** Comportamiento de la aceleración vertical.

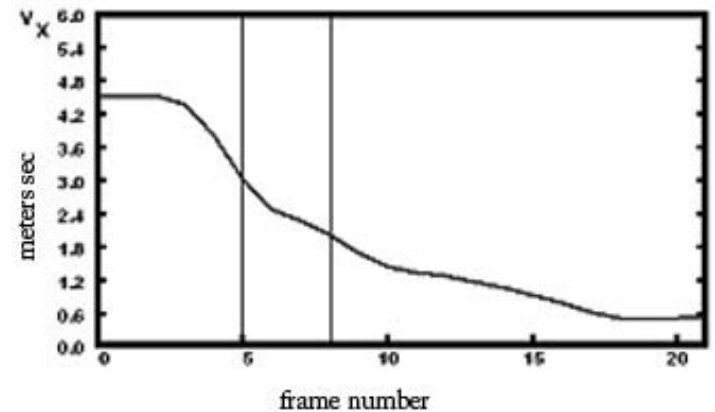


El comportamiento de la aceleración vertical tiene la forma típica del mecanismo de descenso hacia el apoyo (gráfico 1). Al inicio es negativa, ya que el centro de masa se mueve hacia abajo en el sentido del movimiento y como no es posible continuar el movimiento hacia abajo, es necesario frenarlo, se hace cero en el cuadro 2 y se convierte en positiva para frenar dicho descenso. La aceleración horizontal alcanza su mayor valor negativo (frenaje) porque la velocidad vertical del centro de masa se afecta bruscamente, cuando el pie del miembro que se flexiona comienza a amortiguar el movimiento vertical y se comporta semejante a un freno mecánico (gráfico 2).

**Gráfico 2.** Comportamiento de la aceleración horizontal.



**Gráfico 3.** Disminución de la velocidad horizontal.



*Fase de deslizamiento:* Comienza cuando los glúteos hacen contacto con el suelo, hasta que el miembro inferior extendido al frente y algo elevado del suelo, entre 10 cm y 12 cm, toca la almohadilla. El centro de masa se mueve muy cerca del suelo, el tronco continúa inclinándose atrás, sin que los hombros hagan contacto con el piso, los brazos flexionados se siguen extendiendo a los lados del cuerpo y el cuello es arqueado hacia delante con la barbilla muy cercana al pecho (figura 2).

**Figura 2.** Desplazamiento del centro de masa.

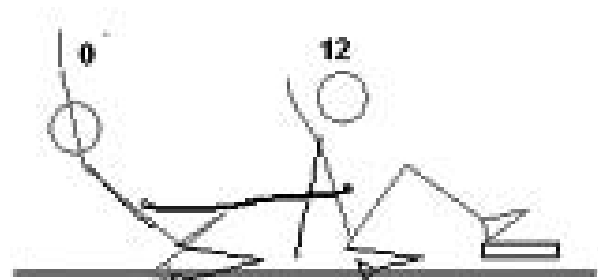
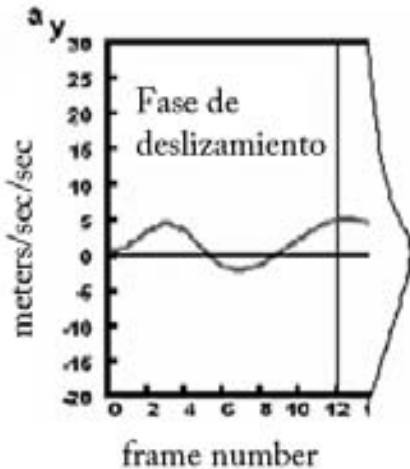




Gráfico 4. Aceleración vertical.



Note que el atleta no realiza la extensión atrás del tronco, sin embargo la trayectoria del centro de masa es bastante paralela al suelo. Durante esta fase continúa disminuyendo la velocidad horizontal por el rozamiento del cuerpo con el terreno (ver gráfico 3), y como el centro de masa se mueve lo más paralelo posible al suelo, la aceleración vertical es pequeña (ver gráfico 4).

3), y como el centro de masa se mueve lo más paralelo posible al suelo, la aceleración vertical es pequeña (ver gráfico 4).

*Fase de recuperación:* Comienza con el contacto del pie sobre la almohadilla (figura 3). En esta fase se pone de manifiesto el mecanismo de empuje, la aceleración comienza a incrementarse positivamente disminuyendo hasta cero, pues es necesario frenar el movimiento hacia arriba, por lo que se convierte en negativa, es decir cambia su sentido (gráfico 5).

Figura 3. Desplazamiento del centro de masa.

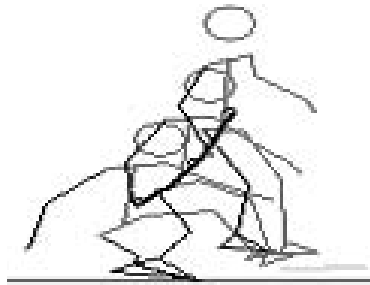
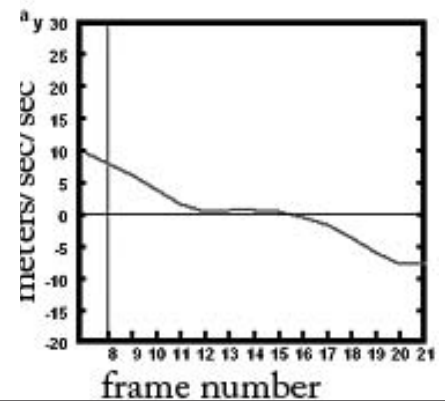
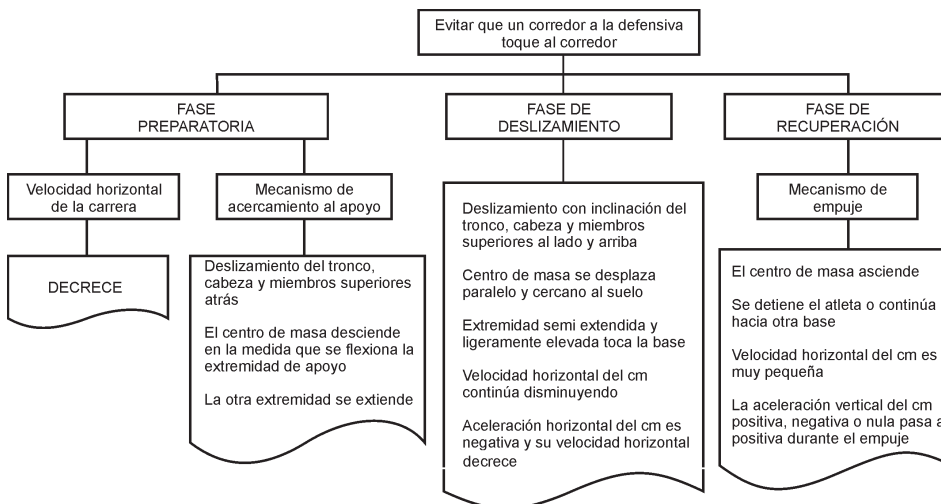


Gráfico 5. Aceleración vertical de recuperación.



ESQUEMA DEL MODELO TEÓRICO DEL DESLIZAMIENTO EN BÉISBOL



Conclusiones

1. Este análisis permitió dividir el movimiento en tres fases y caracterizar cada una de ellas a partir de los indicadores cinemáticos medidos.
2. El comportamiento de la aceleración en el eje Y cumple con las características biomecánicas del mecanismo de acercamiento al apoyo durante el descenso y de empuje durante la fase de recuperación.
3. Durante la fase preparatoria existe un descenso del cuerpo hacia el apoyo durante el cual se dobla la pierna, y la otra se extiende al frente produciéndose el deslizamiento y el contacto del pie con la almohadilla; no existe fase de despegue.

Recomendaciones

1. En futuras mediciones se deberá analizar el movimiento desde el comienzo de la fase preparatoria.

2. Hacer extensivo a entrenadores y especialistas este contenido para contribuir a eliminar las posibles lesiones que puedan sufrir los atletas y su enseñanza correcta y perfeccionamiento durante los entrenamientos.

Bibliografía

CANADIAN FEDERATION OF AMATEUR BÉISBOL. «Fundamentos del deslizamiento», 2008. Disponible en Canadian. www.baseball.ca.

COLLAGE BASEBALL NEW ENGLAND. (Cap. 8.) Base running. www.foulpole.com.

DONSKOI, D. y V. Y. ZATSIORSKI: *Biomecánica de los ejercicios físicos*. Editorial Pueblo y Educación, La Habana, 1988.

EALO DE LA HERRÁN, JUAN. *Béisbol*. Editorial Pueblo y Educación, La Habana, 1984.

FARINOLA MARTÍN, G. «Cuantificación del esfuerzo físico durante la competencia en el béisbol. Análisis de la fase de ataque». Disponible en www.sobrentrenamiento.com.

REINALDO, FRANGEL. *Del béisbol, casi todo*. Editorial Deporte, La Habana, 2006.

# Propuesta de una alternativa de modelo biomecánico cualitativo para el lanzamiento de la jabalina en la Academia Provincial de Atletismo de Santiago de Cuba

LIC. LORENA PIÑA PANEQUE

LIC. JORGE DANGER LARANZA

## Resumen

La investigación presenta la propuesta de una alternativa de modelo biomecánico cualitativo para el deporte de lanzamiento de la jabalina, en la Academia Provincial de Atletismo de Santiago de Cuba, teniendo como principal objetivo: contribuir al perfeccionamiento de la técnica motriz mediante la conceptualización de esta. El modelo propuesto en este trabajo es novedoso por no existir en la bibliografía consultada un diseño similar para el gesto técnico de lanzamiento de jabalina. En él se proponen relaciones entre aspectos técnicos críticos observables por los técnicos deportivos y variables biomecánicas medidas, además se ofrece un formato para la evaluación. El modelo biomecánico cualitativo de lanzamiento de la jabalina creado en este trabajo intenta ser una posible solución al problema científico evidenciado, y establece de una manera sencilla y clara nexos entre los factores críticos observables por el técnico deportivo y las variables biomecánicas; de igual forma incluye su definición y la de los factores biomecánicos que determinan el propósito mecánico.

## Introducción

El atletismo es un deporte olímpico por excelencia y se basa en los elementos naturales del hombre como la marcha, saltos y los lanzamientos, y al mismo tiempo constituye una disciplina pedagógica-científica. Nos detendremos en el área de lanzamiento de jabalina.

El dominio de la técnica del lanzamiento y su perfeccionamiento constituyen los principales elementos de todo este complejo proceso. Con su ayuda se de-

termina el ritmo de desarrollo de los lanzadores, la influencia estimulante sobre otros aspectos de la preparación, los métodos y los medios de perfeccionamiento.

En el logro de esa técnica deportiva eficaz, la biomecánica deportiva juega un papel importante, puesto que puede ayudar a comprenderla, a mejorar su enseñanza y su entrenamiento.

El conocimiento de la terminología, de las bases y de los principios biomecánicos por parte de los entrenadores resulta fundamental para el control del

entrenamiento, la mejora de la técnica deportiva y del rendimiento. Para ello, el establecimiento de un nexo que relacione el lenguaje y expresiones de los entrenadores con las variables y principios utilizados por los biomecánicos, es la clave para el aprovechamiento de la información y de los resultados del trabajo realizado por ambos colectivos. A pesar de la importancia de esta relación entrenador-biomecánico, son escasos los estudios científicos que se centran en analizar cómo deberían

## Proposal of an Alternative of a Qualitative Biomechanical Model for the Javelin Throw in the Provincial Academy of Track and Field of Santiago de Cuba

### Abstract

The research presents the proposal of an alternative of a qualitative biomechanical model for javelin throw in the Provincial Academy of Track and Field of Santiago de Cuba. Its main objective is to contribute to the improvement of the motor technique by its conceptualization. The model proposed in this work is novel, since there is not a similar design for the technical gesture of javelin throw in the consulted bibliography. Relations among the critical technical aspects that may be observed by the sports technicians and the measured biomechanical variables are proposed. A format for the evaluation is also provided. The qualitative biomechanical model of javelin throw created in this work intends to be a possible solution to the evidenced scientific problem, and it establishes, in a simple and clear way, links between the critical factors that may be observed by the sports technician and the biomechanical variables. Likewise, it includes its definition and those of the biomechanical factors determining the mechanical purpose.

ser proporcionados los resultados de los análisis biomecánicos a los atletas y técnicos deportivos para que estos puedan ser aplicados en la práctica diaria del entrenamiento deportivo.

Para corroborar la necesidad de la aplicación del modelo biomecánico, se realizó también un protocolo de observación el cual denominamos: *Valoración de los errores según las fases técnicas en el lanzamiento de la jabalina*.

En esta prueba fragmentamos la técnica del lanzamiento de la jabalina en tres fases (posición de esfuerzo final, lanzamiento con ritmo de 3 pasos y con 5 pasos). Aquí observamos errores que evalúan el dominio de cada una de las fases, los cuales influyen en gran medida en los resultados de los atletas. Estos presentan dificultades en todas las fases analizadas, pues el 66,7% de la muestra se encuentra evaluada de mal y solo el 33,3% de regular, por lo que se observa que todos poseen errores, en los cuales se debe trabajar.

En sentido general, los atletas cometen errores que se manifiestan en la ejecución de la técnica completa, así como en el dominio de las fases técnicas, por lo que afirmamos que existen dificultades en la enseñanza de la técnica del lanzamiento de la jabalina. Ello nos motivó a elaborar una propuesta de un modelo biomecánico, que sirva como metodología para estos atletas, la cual les permita asimilar y dominar mejor los elementos básicos de esta disciplina.

Por todo lo anterior y por la importancia que ello revierte para nuestro movimiento deportivo nos propusimos la presente investigación, la cual nos llevó al siguiente planteamiento:

*Problema científico:* ¿cómo garantizar el perfeccionamiento motriz de la técnica del lanzamiento de la jabalina, a partir de la aplicación de una alternativa de modelo biomecánico cualitativo, en atletas de la Academia Provincial de Atletismo José Pepe del Cabo de la provincia Santiago de Cuba?

*Objetivo general:* Elaboración de una alternativa de modelo biomecánico cualitativo para el perfeccionamiento de la

técnica motriz en el lanzamiento de la jabalina en la Academia Provincial de Atletismo de la provincia Santiago de Cuba.

### Métodos de investigación

Métodos empíricos:

- Cuantitativos
  - o La observación.
  - o La encuesta (se le aplicó a 6 atletas del evento de lanzamiento de la jabalina, lo cual tomamos como muestra).
  - o La entrevista (se les aplicó a los entrenadores, técnicos y al Comisionado).

Método estadístico-matemático:

- o Cálculo porcentual.
- o Tabulación de datos.
- Cualitativos
  - o Revisión de documentos oficiales.

### Desarrollo

#### Análisis cualitativo

Este nivel de análisis es el más directo, pero al mismo tiempo el más utilizado por los técnicos deportivos. Consiste en el estudio de los movimientos sobre la base de la observación y apreciación de las distintas características técnico-biomecánicas. Los entrenadores aplican este análisis durante la mayoría de las sesiones del entrenamiento, especialmente cuando se trata de los entrenamientos técnicos. En el proceso de la preparación deportiva, los entrenadores generalmente observan la ejecución de los atletas y después le dan indicaciones para conservar o modificar la estructura del movimiento. En esta forma, ellos utilizan el análisis biomecánico cualitativo para la perfección de las destrezas.

Previas a la liberación	Temporales	Intervalos de tiempo
	Espaciales lineales	Distancias entre marcadores.
	Espaciales angulares	Ángulos de proyección de la jabalina.
	Espacio-temporales	Velocidades de la jabalina.
Posteriores a la liberación	Espaciales	Distancias recorridas por la jabalina en el vuelo.

6. Elaborar una relación de las características críticas de cada componente. Las características críticas son esas acciones corporales que pueden ser observadas por el entrenador.

### Estructura del modelo biomecánico cualitativo

El modelo biomecánico es una estructura que representa la relación, que existe entre los objetivos de las destrezas y los factores que los producen.

El modelo biomecánico fue concebido por Hay (1988), y consiste en la elaboración de una secuencia de eventos en forma de niveles, de tal manera que los mas inferiores son explicativos de los superiores. En este sentido, el modelo es una jerarquización de los factores que intervienen en el gesto.

#### Fases del proceso de análisis

1. Identificar el objetivo del movimiento.

El objetivo general de rendimiento se expresa en términos mecánicos.

2. Dividir la habilidad en diferentes fases de acuerdo al criterio de la importancia del movimiento.

o Fase 1 o de preparación.

o Fase 2 o fase principal.

o Fase 3 o fase final.

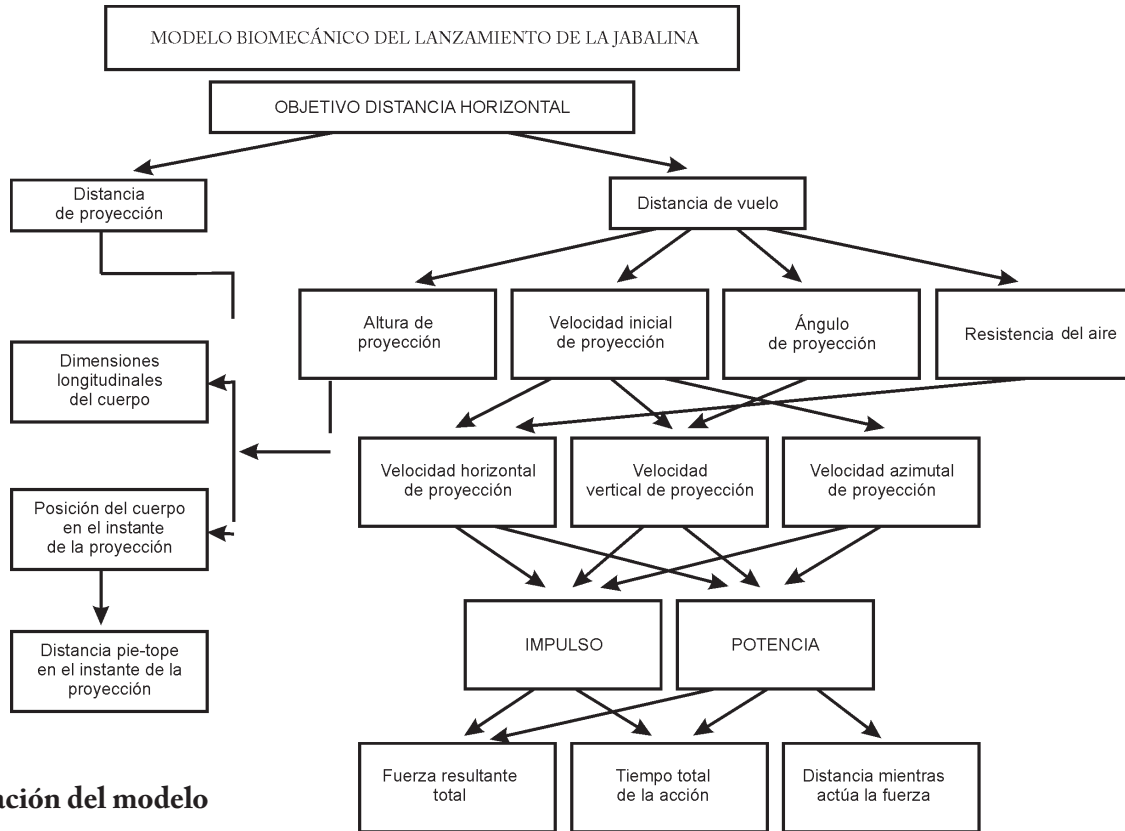
3. Identificar el propósito mecánico de cada fase de movimiento. (Los propósitos del lanzamiento de la jabalina son realizar el movimiento con el máximo de aceleración, con un ángulo entre 40° y 45°.)

4. Elaborar una relación de los factores biomecánicos que determinan la consecución del propósito mecánico.

5. Identificar los principios biomecánicos que relacionan los factores biomecánicos con el rendimiento.

A continuación se identificaron las variables biomecánicas que podrían cuantificar los aspectos técnicos expuestos anteriormente. La identificación se basó en la revisión bibliográfica.

PROPUESTA DEL MODELO BIOMECÁNICO CUALITATIVO



Explicación del modelo

En el nivel superior se encuentra el objetivo principal del lanzamiento de la jabalina, el cual es proyectar el implemento al aire con la finalidad de asegurar el mayor desplazamiento horizontal posible. A su vez, esta distancia puede ser subdividida (a manera de fase) en dos: la distancia de vuelo y la distancia de proyección.

*Distancia de proyección* es la distancia que se establece desde el pie tope del atleta (más adelantado) y la mano con que se realiza el lanzamiento. Esta depende de dos factores: los antropométricos o físicos del lanzador y en la manera que este coloca dichos segmentos en el instante de la proyección; tomando en cuenta en este último factor, la distancia pie-tope en el instante de la proyección. En este caso, entre más alto sea el sujeto, mayor será la distancia de proyección.

*Distancia de vuelo* es la distancia horizontal desde el centro de la jabalina en el instante de liberación hasta la huella desde la cual se mide la distancia oficial. Esta depende de varios factores como son:

- o La altura de proyección, que es la distancia vertical desde el punto de proyección del implemento y la superficie del suelo. Esta característica biomecánica depende principalmente de la posición extendida del atleta en el instante de proyección del implemento y de la talla del atleta.
- o La velocidad inicial, que es la velocidad con la que se inicia la proyección del implemento y que depende de la velocidad horizontal y de la velocidad vertical, que son componentes de la velocidad resultante de la jabalina en el instante de liberación y de la velocidad azimutal, que es la dirección de la velocidad de la jabalina durante el tiempo de vuelo, pero que a la vez dependen del impulso y la potencia para que la transmisión de energía pueda transmitir el impulso del cuerpo al implemento en la posición de esfuerzo final y lograr que se asegure una adecuada proyección del implemento, con alta velocidad inicial y un ángulo adecuado. De este impulso y potencia dependen *la fuerza resultante*, que es la sumatoria de todas las fuerzas ejercidas en el cuerpo durante la ejecución y que se transmite al implemento en el esfuerzo final, *el tiempo total de la acción*. *Tiempo* empleado desde que el atleta comienza el movimiento hasta que la jabalina baja según la dirección vertical y marca la distancia oficial y *la distancia mientras actúa la fuerza* pues, en el instante en que se suelta el implemento el  $t=0$ , posee una velocidad inicial que puede descomponerse en dos componentes, uno vertical (que coincide con la dirección de la fuerza de gravedad) y otro horizontal. Al quedar libre el implemento, sobre este actúa la fuerza de gravedad y la resistencia del aire, que le provoca una desaceleración en la dirección vertical y horizontal respectivamente. Por estas condiciones, la jabalina comenzará a caer bajo la acción de la fuerza de gravedad, a la vez que se traslada horizontalmente como consecuencia de su inercialidad; como resultado de esto, la jabalina llega al suelo, cierto intervalo

de tiempo después de liberada y caerá a una distancia del origen del sistema de referencia.

- o El ángulo de proyección es el ángulo formado por la dirección de la velocidad inicial de la jabalina y la horizontal; depende principalmente de la magnitud del componente horizontal y vertical de proyección del implemento.
- o La resistencia del aire es donde se debe analizar si las condiciones climáticas no son las más favorables, pues se incrementa la resistencia del aire, también se toma en cuenta la humedad relativa, la dirección del viento, etcétera.

### Resultados obtenidos después de la aplicación de la propuesta

Primeramente para analizar la aplicación del modelo biomecánico cualitativo se debe tomar en consideración, que en el test diagnóstico realizado a las atletas, estas presentaban múltiples errores en un 60% de las fases técnicas, con resultados que oscilaban entre regular y mal, según la normativa expuesta por los autores. Para aplicar nuestra propuesta, nos dimos a la tarea de seleccionar y analizar de acuerdo a la complejidad de corrección de las mismas, 7 de los errores más comunes encontrados durante la ejecución de la técnica completa con la finalidad de constatar la efectividad del modelo. Con la aplicación del modelo biomecánico cualitativo durante el entrenamiento se pudo observar que los errores técnicos en un 80% fueron corregidos, oscilando los resultados (según la normativa expuesta) entre muy bien y bien; aunque es necesario señalar que no se logró una erradicación completa de los errores, por el corto tiempo de aplicación, y los que persisten requieren de un mayor tiempo para corregirse o erradicarse.

### Análisis de los resultados por fases

Tabla 4. Comparación de errores por fases

FASES ANALIZADAS	Total de errores cometidos		( % )
	Anterior	Actual	
Posición y esfuerzo final	19	8	42%
5 pasos	14	3	21,4%

(%): por ciento que representa del test anterior.

La tabla 1 muestra cómo varió el número de errores cometidos por las atletas en dos de las fases analizadas antes y después de aplicado algunos de los aspectos propuestos por el modelo biomecánico cualitativo, es decir, se tomaron deliberadamente algunos factores de menor complejidad a la hora de corregir los errores o erradicarlos durante la ejecución del ejercicio completo del lanzamiento de la jabalina; ellos fueron los siguientes:

En la fase de posición y esfuerzo final se tuvieron en cuenta errores técnicos, que influyen en los factores relacionados con la altura de proyección y el ángulo de proyección.

En la fase de 5 pasos se tuvo en cuenta errores técnicos que influyen en los factores relacionados con velocidad inicial, impulso, potencia y fuerza resultante.

Esto permitió, que una vez corregidos algunos de estos errores en las atletas, sus respectivas distancias oficiales recorridas por el implemento tuvieran un saldo positivo (ver tabla 2), la cual muestra los avances positivos y el por ciento de errores erradicados por las atletas, lo cual nos da una visión general de la influencia positiva que ejerce la aplicación del modelo biomecánico cualitativo.

Tabla 2. Comparación de errores por atletas

Atletas	1	2	3	4	5	6
Errores	1	2	3	3	1	1
( % )	25%	50%	50%	50%	15%	16,6%
Logros en ml	1 m	2 m	1,5 m	1 m	1,3 m	0,90 m

(%): por ciento de errores erradicados por las atletas.  
ml: metros lineales.

### Conclusiones

1. Se comprueba que desde el comienzo de la implantación del Programa de Preparación del Deportista de Lanzamiento de la Jabalina (Sistema Nacional de Enseñanza), se ha instalado un proceso con un buen propósito general, pero con grandes limitaciones en su contenido al no contar con un modelo biomecánico cualitativo para el análisis de los movimientos de los lanzadores y poder corregir los movimientos de una mecánica inapropiada.
2. La alternativa del modelo biomecánico cualitativo evidencia la necesidad de la integración de las fases del análisis biomecánico a las fases tradicionales del lanzamiento, lo cual caracteriza el movimiento deportivo de los lanzadores según su transcurso espacio-temporal.

### Bibliografía

DONSKOI, I. y V. ZATSIORSKI. *Biomecánica de los ejercicios físicos*. Editorial Pueblo y Educación, La Habana, 1988.

DORIA, EUGENIO V. «La biomecánica del pitcheo en escolares y juveniles de provincia La Habana. Metodología para el análisis y control de su optimización técnica». (Tesis doctoral.) Instituto Superior de Cultura Física Manuel Fajardo, La Habana, 2004.

HAY, J. G. *The Biomechanics of Sports Techniques*. Englewood Cliffs, Prentice Hall, 1993.

MIHAI, ZISSU. «Evaluación biomecánica del atleta de alto rendimiento». Instituto Nacional de Deportes Universidad Pedagógica Experimental Libertador-IP, 2007. Disponible en <http://DigitalResources/Biomechanics.htm> (Consultado el 17 de diciembre de 2007.)

NAVARRO CABELLO, E. «Análisis biomecánico de la técnica individual del lanzamiento de jabalina». (Tesis doctoral.) E.T.S.I.I., Universidad Politécnica de Valencia. Disponible en Google: <http://www.Dialnet.com> (Consultado el 17 de diciembre de 2007.)

# El análisis biomecánico de los movimientos como vía para contrarrestar el desequilibrio muscular, una de las principales causas de lesiones en lanzadores del béisbol cubano

DR. C. EUGENIO DORIA DE LA TERGA  
MS. C. EDDY DUARTE PÉREZ

## Resumen

Desde las perspectivas de la biomecánica deportiva se abordan las lesiones «cada día en ascenso» de los llamados *grupos de riesgo* por desequilibrios musculares, que afectan la artrocinemática del complejo lumbo-pélvico y provocan las fatales lesiones en el hombro. Grupos de riesgo integrado por deportistas, que pertenecen a los deportes de *movimientos por encima del brazo*, especialmente *lanzamientos*, como es el caso de los lanzadores de béisbol, jugadores de voleibol, tenistas, nadadores, lanzadores de jabalina, etcétera.

## Introducción

El llamado deporte de alto rendimiento es cada día más exigente en todos los parámetros medibles en el entrenamiento y competición de los deportistas. Si el nivel competitivo aumenta constantemente, la preparación para alcanzar y mantener ese nivel es mayor en cada etapa. Sin embargo, en el caso que nos ocupa, «los lanzadores de béisbol», es preocupante cómo el afán por alcanzar, mantener y rendir a ese nivel, viene trayendo consecuencias funestas en cuanto al brazo de lanzar se refiere.

En los reportes médicos de los últimos años se vienen acumulando las lesiones del conocido *manguito rotador*, situado entre los músculos *deltoides* y *supraespinoso*, anexo a los ligamentos *coracohumeral*, *coracoacromial* y *transversos superior e inferior*.

## The Biomechanical Analysis of the Movements as a Way to Counteract the Muscle Imbalance, one of the Main Causes of Lesions Among Cuban Baseball Pitchers

### Abstract

The concern about the “every day increasing lesions” of the so-called risk groups due to muscle imbalances that affect the arthrokinematics of the lumbar and pelvic complex, causing fatal lesions in the shoulder, is approached from the perspectives of sports biomechanics. The risk group is composed of athletes practicing over the arm sports, as it is the case of baseball pitchers, volleyball players, tennis players, swimmers and javelin throwers.

La Academia Nacional de Medicina Deportiva (NASM) de los EE.UU. ha venido tratando y atendiendo la cantidad de reportes médicos acerca de lesiones muy frecuentes en los atletas que realizan lanzamientos, liderado este grupo por los lanzadores de béisbol, así como por lanzadores de jabalina, tenistas y voleibolistas; todos integrantes del bien llamado *grupo de riesgo* por estas características.

¿Cómo evaluar la mecánica de lanzamiento de los lanzadores de béisbol? Esta es una de las interrogantes y preocupantes que abordaremos en el presente artículo. La NASM ha planteado lo que se llama *Dynamic Postural Assessment*, algo así como *valoración de postura dinámica*, método para detectar posturas incorrectas y posibles desequilibrios musculares en el movimiento de los

pitchers, pero, que no evalúa la mecánica de los movimientos del lanzador.



Otros investigadores, como Hermes Romero Alfonso se han sentido motivados y tentados de trabajar en el sistema de evaluación de las posturas o movimientos incorrectos en los tenistas y otros atletas, y así determinar

el grado de implicación de cada segmento corporal, así como otras causas; ejemplo, una metodología inapropiada del trabajo físico (fuerza-flexibilidad) que ellos han dejado de realizar a lo largo de sus vidas deportivas.

Esta metodología inapropiada de preparación física, en cualidades motoras decisivas para los lanzadores como la *fuerza-flexibilidad*, traen consigo procesos neurofisiológicos que provocan *sobrefortalecimiento-acortamiento* de algunos grupos musculares, que dan paso a un *debilitamiento-sobreestiramiento* de sus antagonistas, por consiguiente contribuyen al dominio de los sinergistas, y estos no realizan su función como es debido. (Romero, 2007) Todo esto es lo que se conoce hoy en día como *imbalance o desequilibrios musculares*, causas de lesiones articulares y músculo-tendinosas en un por ciento considerable de atletas.

Debido a la naturaleza mecánica del lanzamiento en el béisbol, los lanzadores están propensos a tener los flexores de las caderas (psoas e ilíaco) acortados y tensos (Hernández, 1988), lo cual hace rotar anteriormente al complejo pélvico, sobreestimando y debilitando los glúteos, lo que provoca dominio del complejo esquiotal y sobre todo, acorta y sobrefortalece el dorsal ancho. Esto último se considera la causa principal de las lesiones en el *manguito rotador*, lesión que en los últimos reportes de Cuba (Medicina Deportiva) y EE.UU. (Academia Nacional de Medicina Deportiva) constituye el 90% de las lesiones de los pitchers.

## Desarrollo

Nuestro trabajo investigativo tiene como objetivo general lo siguiente: evaluar posturalmente a varios sujetos (lanzadores de béisbol) en algunos movimientos donde se ponga de manifiesto el trabajo muscular del complejo flexor de la cadera «psoas e ilíaco», comprobándose que en dichos movimientos se produce la contracción extensora de los glúteos y la

acción de presión del «dorsal ancho» sobre el supra e infraespinoso, es decir sobre los brazos, específicamente sobre el brazo de lanzar.

La muestra escogida fueron cinco lanzadores (dos de ellos) de la categoría juvenil del equipo Habana, tres de los cuales poseen experiencia en el equipo de primera categoría que participa en la Serie Nacional y en equipos Cuba de las categorías 15-16 y juvenil. Ellos fueron:

1. Noel Argüelles Carrera (18 años, zurdo; 1,92 m, 86 kg).
2. Gerardo Miranda Pérez (19 años, derecho; 1,90 m, 96 kg).
3. Miguel Lahera Betancourt (20 años, derecho; 1,90 m, 99 kg).
4. Choandry Ramírez Pérez (17 años, zurdo; 1,89 m, 83 kg).
5. Armando Rivero Luzardo (19 años, derecho; 1,92 m, 78 kg).

## Metodología

Se le indicaron a cada lanzador varios ejercicios sencillos; ejemplo:

- 1º. Desde la posición de pie con los brazos extendidos y apuntando ambos hacia arriba, los pies separados al ancho de los hombros y con las puntas dirigidas completamente hacia el frente, *realizar una cuchilla a 90° de flexión de piernas, tratando de mantener los brazos apuntando hacia arriba.*

El *desequilibrio* se visualizará con este sencillo ejercicio en el *plano sagital* como una inclinación pronunciada del tronco al frente con imposibilidad de mantener los brazos apuntando hacia arriba. Esto evidencia un acortamiento de los flexores de la cadera y del dorsal ancho.

- 2º. Desde la posición de pie con estos paralelos (como mismo se colocan al iniciar los movimientos en el box) completamente erecto el lanzador, levantar ambos brazos

estirándolos lo más verticalmente posible con los dedos apuntando al cielo. Realizar una flexión «sin doblar la rodilla» con el recto mayor del abdomen y el tensor de la fascia lata formando un ángulo de 90° con el vasto interno del cuádriceps, glúteo medio y glúteo mayor. Se observará el sometimiento del supraespinoso, el coracobraquial y el infraespinoso, a las presiones del dorsal ancho.

*El desequilibrio* se visualizará al comprobarse que la espalda no se mantiene en línea recta con el abdomen, es decir la región del deltoides, redondo mayor y menor, trapecio (porción inferior) y otros, se encorva al flexionarse, por lo que en la posición no acompañan los grandes músculos a los más pequeños, mostrando un debilitamiento de estos, aspecto peligroso de manifestarse en los lanzamientos, tanto en la fase de aceleración como de desaceleración. Es de destacarse que la presión de abajo hacia arriba es de forma general, llegando *al redondo, dorsal y oblicuo mayor*, extendiéndose hasta los *deltoides; posterior, anterior y medio.*

## Materiales y métodos

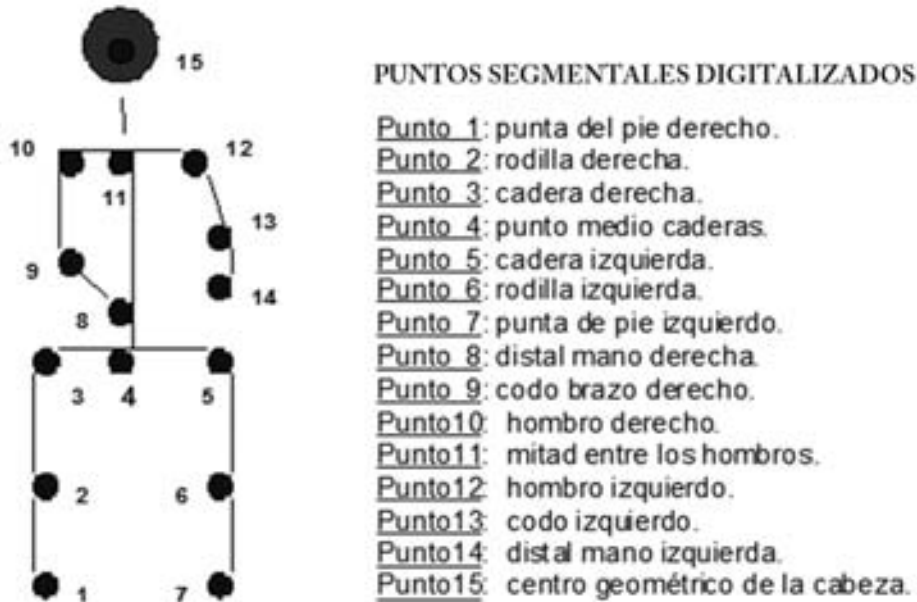
Se filmaron los sujetos con dos cámaras Sony Hi-8 de 200 cuadros por segundo de velocidad y con una frecuencia de 60 Hz, del laboratorio de Biomecánica del IND de Caracas, situadas, una completamente de frente al sujeto, y la otra, formando un ángulo de 90° perpendicular al mismo. Se filmaron cinco repeticiones de cada movimiento, es decir, diez movimientos en total, comparándose cada uno de ellos, con el mismo atleta y entre sí. Se procesaron las imágenes tomadas con el Sistema de Análisis de Movimiento Human versión 5.0, trabajándose los datos obtenidos con una PC-5 Intel Dual Core de 120 GB de dd y 2 GB de memoria RAM.

Se tomó como modelo biomecánico simplificado, el de 15 segmentos

fraccionados, que recoge los principales segmentos implicados en las acciones motoras descritas.

A continuación el ejemplo del *modelo biomecánico* utilizado (14 segmentos y 15 puntos), comentado por Mc Donald y Dapena (1991).

**Figura 1.** Puntos para la digitalización de los atletas.



Sobre este modelo básico se puede dividir o no el tronco en varios segmentos, entre ellos la pelvis y se puede considerar también el segmento del antepie y las falanges de los dedos de las manos, entre otros. (Aguado, 1998)

Para la realización de este trabajo se empleó el método de investigación de campo y documental para el análisis y comparación tanto cualitativa como cuantitativamente. Para la recolección y análisis de los datos se utilizó el método videográfico básico y computarizado, a través de los procedimientos correspondientes y una amplia revisión bibliográfica para la obtención de datos de investigaciones realizadas.

Los trabajos de referencia encontrados en internet: <http://www.nasm.org> (muy pocos por cierto) demuestran lo virgen del tema, así como que las diferentes hipótesis planteadas acerca del *imbalance o desequilibrio muscular* están aún por demostrar.

### Análisis biomecánico

Al observar el primer grupo de ejercicios en los cinco sujetos investigados se detectó lo siguiente:

- o Los cinco atletas (a pesar de su juventud, gran fortaleza física, etc.) demostraron irregularidades en el mantenimiento de la posición correcta (erecta) en el plano sagital del tronco y los brazos completamente extendidos, por lo que se generaliza el debilitamiento de los flexores de la cadera «al no mantener la posición de cuclilla como es debido» y la oblicuidad del dorsal ancho, redondo; mayor y menor, infraespinoso y oblicuo mayor, los cuales presionarán de abajo hacia arriba al deltoides (sobre todo) y trapecio (porción media e inferior) con el consiguiente debilitamiento de toda la región.
- o La relación entre el acortamiento-sobrefortalecimiento del dorsal ancho y el *impacto o choque del hombro en los lanzadores*, viene dado porque el dorsal ancho se origina en la fascia toracolumbar que se ancla en el sacro en su origen

más caudal y se inserta en la fosa intertrabecular del húmero de forma postero-anterior (Hernández, 1988), por lo cual su acción dinámica produce una rotación interna del brazo. Al acortarse el dorsal ancho por las presiones antes mencionadas implicará una rotación interna del brazo, un brazo internamente rotado. En estas condiciones, una abducción acompañada de rotación externa del brazo (caso de los *pitchers*), provoca que el tubérculo mayor del húmero «desplazado anteriormente por la rotación interna del brazo» aplaste el tendón del manguito de los rotadores contra el arco acromio-coracoideo, y trae la conocida «bursitis subacromial» en primera instancia y en peores circunstancias (*sobreuso del brazo*), «la ruptura del tendón del manguito de los rotadores». (NASM, 2007)

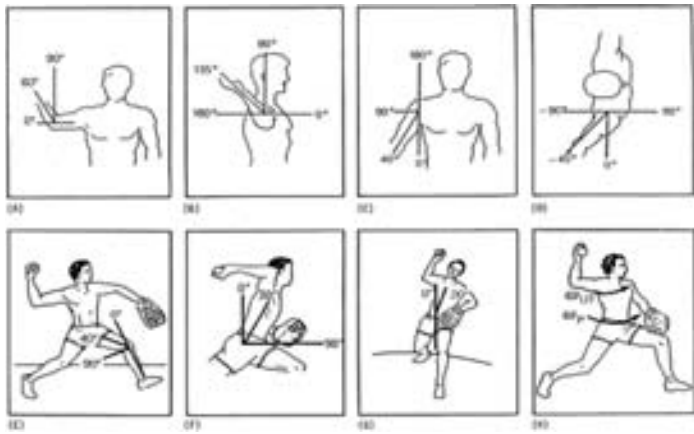
- o De producirse esta última circunstancia solo queda la operación quirúrgica en la ruptura tendinosa, con la consecuente recuperación tardía y la incertidumbre de regresar o no a la forma deportiva anterior. (Casos de Vladimir Hernández y Yoide Castillo del equipo de Villa Clara, Rafael Castillo del equipo de Orientales, Freddy García, venezolano del equipo de Medias Rojas del Boston de las Grandes Ligas, etcétera.)
- o La foto del lanzador, quien es tomado como muestra *patrón técnico a imitar*, se origina en el instante de contacto del pie; los *torques* aplicados sobre el brazo por el hombro en la *abducción/aducción*, horizontal *aducción/abducción* y *dirección de la rotación interna* (Fleisig y otros, 1996), solo pueden ser soportados por el conjunto de músculos de la espalda si se cumplen dos condiciones: primera, si la interacción con el apoyo es lo suficientemente fuerte y en el preciso instante del pie de contacto (Perdomo, 2007); segunda, si las rotaciones se originan inmediatamente que el impulso de la interacción con el apoyo se



traslada por el cuerpo, pasando a través de los gemelos internos y externos; sóleo, vasto; interno y externo; glúteo mayor, hasta llegar al psoas iliaco (director del grado de compresión de los miembros superiores), ya explicado en este trabajo.

- o La ilustración de lo explicado anteriormente nos lo muestran los parámetros cinemáticos determinados en los movimientos del pitcheo, tomados de G. Fleisig y otros (1995) de la American Sport Medicine Institute (ASMI) y utilizados por este autor para la Tesis doctoral (2005).

Figura 2. Parámetros cinemáticos del pitcheo.



FUENTE: Con permiso de S.G. Fleisig y otros. Tomado de «Biomechanics of the Shulder During Throwing». New York, Livingstone, 1995.

- (A): Flexión del codo.
- (B): Rotación interna del codo.
- (C): Rotación del hombro.
- (D): Aducción del hombro.
- (E): Flexión de la rodilla de péndulo o de zancada.
- (F): Inclinación frontal del tronco (flexión ventral).
- (G): Inclinación lateral del tronco.
- (H): Rotación de la cintura pélvica (velocidad y aceleración angular de la cintura pélvica).

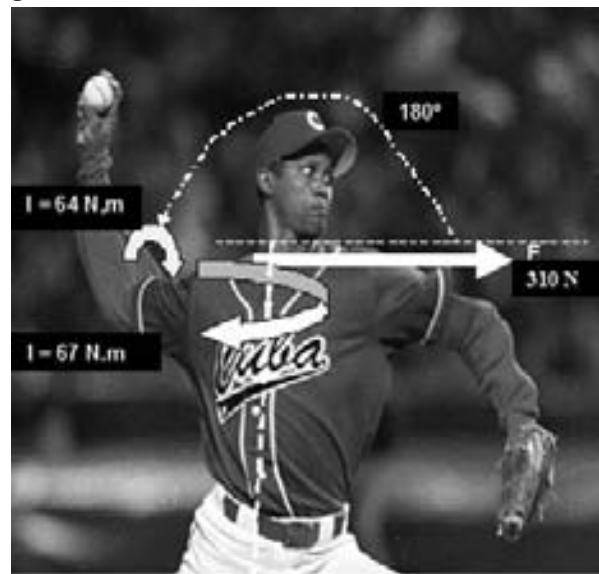
### Análisis biomecánico (2)

- o Si observamos las diapos (B) y (F); comprenderemos mejor a lo que nos referimos cuando hablamos (inclusively) de procesos neurofisiológicos como el *sobrefortalecimiento-acortamiento* de algunos grupos musculares que originan un *debilitamiento-sobreestiramiento* de los músculos antagonistas, contribuyendo al dominio de sus sinérgicos, lo que se plantea como el desbalance muscular funcional de los sinérgicos y antagonistas. Recordemos que las tracciones musculares en las cadenas biocinéticas se constituyen en sinergias musculares; tracciones coordinadas de un grupo de músculos de acción varia-

ble, que dirigen un grupo de miembros. (Donskoi y Zatsiorski, 1988).

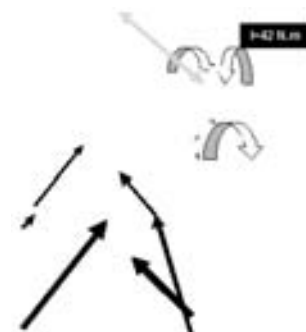
- o En el caso que nos ocupa, lanzadores de béisbol, la mecánica de sus movimientos nos indica que en el momento de rotar internamente el codo (B), en la fase de máxima rotación externa del hombro, altas cargas son producidas en el hombro y el codo, reportándose (Fleisig y otros, 1996) de 64 N.m. del torque del varus del codo y 67 N.m. del torque en rotación interna del hombro; lo que representan aproximadamente 310 N. de fuerza en la parte anterior del hombro, cuando este es rotado externamente 165°.

Norge Luis Vera en la decisiva fase de máxima rotación externa del hombro. Estas altas cargas que se originan al realizarse el movimiento deben estar precedidas de una mecánica de lanzamiento correcta, es decir apropiada para desarrollarlas desde todas las perspectivas: fisiológicas, anatómicas y biomecánicas; de no ser así se originan las peli-  
grasas lesiones.



Es de señalarse, que por una parte, los músculos varían su acción durante el movimiento, es decir su acción es variable. Por otra parte, en movimientos complejos «como el de los lanzadores de béisbol» preestablecidos, la acción conjunta de los músculos es ya tan estable, que estos resultan ser agrupaciones estables *extremadamente constantes*. (Ujtomski, 1979)

Gráfico 1.



## Conclusiones

Este pequeño experimento es la estructura que interviene en la acción motora, cuando se desconocen las regularidades que norman y rectorean el movimiento. La literatura internacional no define si las dimensiones o configuración del músculo hace que este sea más o menos débil, tampoco que un atleta estimulado muscularmente de forma manual o isométricamente sea beneficiado desde la óptica de obtener una mayor *fuerza-flexibilidad*.

La terminología *firme y débil* utilizada en la salud e industria del deporte, se refiere en la primera de ellas a los músculos escasos de la habilidad de *alargue*, llamada típicamente *flexibilidad*. Aunque reportes médicos de la NASM consideran que son firmes y se estiran normalmente.

El lanzador de béisbol se somete (en el accionar de sus movimientos) a una serie de fuerzas, torques, ángulos de proyección, reacciones, etc., quizás presentes en pocos deportes. Agreguemos que realiza dichos movimientos desde un montículo en pendiente con la horizontal y realizando contacto con un objeto pequeño.

El desequilibrio del músculo está estrechamente relacionado con la forma de realizar los movimientos, es decir, con la mecánica del movimiento, independientemente de que existan las tendencias de consideración de una estrechez neurológica como mecanismo proteccionista del músculo. El descanso prolongado en este tipo de atletas (lanzamientos por encima del brazo) puede ser otras de las causas de una mecánica inapropiada en los movimientos, al comprobarse en los sencillos ejercicios realizados al *romboide y trapecio* echados sobre las espaldas, y el *tendón complejo de la corva* demasiado inclinada con relación a la pelvis.

El sistema nervioso dicta directamente la «orden» o habilidad de la estructura mecánica de los músculos, sin embargo, para mayor facilidad de

explicación y considerando las diferentes constituciones de los tejidos del músculo, hemos escogido la utilización de las condiciones específicas de la *mecánica estructural*, aunque existan dos constataciones de cómo debe el músculo funcionar óptimamente.

El lanzador de béisbol no tiene derecho a despreciar nada, todo lo que le brinda la naturaleza y todo lo que es capaz de almacenar en su entrenamiento, competencia y años de experiencia contribuirán a propiciar una mecánica en sus movimientos que se acerque a la técnica patrón. Solo así se evitarán las lastimosas lesiones.

## Bibliografía

- ACSM'S. *Guidelines for Exercise Testing and Prescription*. (Seventh Edition). American Collage of Sports Medicine (ACSM), Lippincott Williams & Wilkins Edition, 2007.
- AGUADO JÓDAR, X. Eficacia y técnica deportiva. Análisis del movimiento humano. Publicaciones INDE, Barcelona, 1993.
- \_\_\_\_\_. *Biomecánica Aplicada al Deporte*. (Libro de ponencias y comunicaciones de la III Jornada de Biomecánica aplicada al deporte.) Universidad de León, 1998.
- ASMI (American Sports Medicine Institute). «Modelo de pitcheo de la Fundación Internacional de Béisbol (FIB), basado en el modelo biomecánico de la ASMI, USA, 2000. (Material impreso.) (Consultado en diciembre de 2002).
- ATWATER, A. E. «Biomechanical Analysis of Different Pitches Delivered from the Stretch Positions». (Paper presented at the 24th annual meeting of the American Sport Medicine Institute). Chicago, 1986.
- COICOCHEA, C. E. «Análisis de los factores y/o causas predisponentes o desencadenantes de las lesiones sufridas por lanzamientos de los pitchers del equipo Habana en el macrociclo 1995-1996. (Trabajo de Diploma.) Facultad de Cultura Física, Universidad Agraria de La Habana, La Habana, 1995.
- DELAVIRE F. *Guía de los movimientos de musculación*. (Descripción anatómica.) Editorial Paidotribo, Barcelona, 2005.
- DAPENA, J. y M. E. FELTNER. «Dynamics of the Shoulder and Elbow Joints of During a

Baseball Pitch», in *Journal Sport Biomechanics* (2), 1986.

DONSKOI, D. D. *Biomecánica con fundamentos de la técnica deportiva*. Editorial Pueblo y Educación, La Habana, 1982.

DONSKOI, D. D y Zatziorski. *Biomecánica de los ejercicios físicos*. Editorial Pueblo y Educación, La Habana, 1988.

DORIA DE LA TERGA, E. «Propuesta metodológica para el análisis biomecánico del gesto motor que se manifiesta en la fase técnica del salto para el remate en el voleibol». (Tesis de maestría.) Universidad Agraria de La Habana, La Habana, 2005.

FLEISIG, S. G. et. al. «Biomechanics of the Shoulder During Throwing». New York, Livingstone, USA, 1996. (In: Andrews's JR, wilt, ed. *The athlete's shoulder*.)

HERNÁNDEZ, CORVO, R. *Morfología funcional deportiva. Sistema locomotor*. Editorial Científico-Técnica, La Habana, 1987.

HOCHMUTH, G. *Biomecánica de los movimientos deportivos*. Instituto Nacional de Educación Física, Madrid, 1973.

PERDOMO, M. E. «Contribución al análisis biomecánico del pitcheo y el bateo en el béisbol». (Tesis doctoral.) Instituto Nacional de Deportes Educación Física y Recreación, La Habana, 2007.

ROBERTS, W. F. «Studies Morphological and Biomechanics of the Movements of the Baseball Pitcher's Arm; some Suggestions and Recommendations Alabama University». USA, 1999.

ROMERO ALFONSO, H. «La preparación específica del jugador de tenis con ejercicios preventivos de lesiones en el hombro», 2007, en <http://www.sobrentrenamiento.com>

UJTOMSKI, A. A. «Manifestaciones en diferentes deportes de las propiedades del sistema biomecánico». (Traducido del ruso.) Disponible en Biblioteca del Instituto Superior de Cultura Física Manuel Fajardo, La Habana, 1979.

