

PARÁMETROS CINEMÁTICOS DEL LANZAMIENTO DE TEJO Y SU INFLUENCIA EN EL RENDIMIENTO

DENNIS CONTRERAS

Profesor Universidad de Pamplona

Magister en Educación Física Mención Fisiología del Ejercicio

Director Grupo de Investigación en Ciencias del Movimiento Humano, Universidad de Pamplona

Dennis.contreras@unipamplona.edu.co

OSCAR GARCÍA

Magister en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte, Grupo de Investigación en Ciencias del Movimiento Humano, Instituto

Departamental de Recreación y Deportes (INDERSANTANDER)

RESUMEN

El establecimiento de un nexo que relacione el lenguaje y las expresiones de los entrenadores con la terminología y los principios biomecánicos es la clave para el aprovechamiento de la información y de los resultados del trabajo realizado por entrenadores y biomecánicos, encaminado al control del entrenamiento, la mejora de la técnica y del rendimiento deportivo. El propósito de este estudio fue elaborar un cuadro de indicadores de eficacia que clasifique, ordene la información y permita la valoración de la técnica deportiva basándose en criterios biomecánicos, tomando como objeto de estudio el lanzamiento del tejo. La metodología seguida se basó en un análisis cualitativo, pero asociado a datos cuantitativos procedentes de la bibliografía, y constó de varias etapas: 1. Recopilar información del gesto técnico; 2. Fijar su objetivo final; 3. Dividir el movimiento en fases; 4. Determinar los criterios de eficacia de cada fase; 5. Identificar los aspectos técnicos utilizados por los entrenadores para enseñar la técnica y mejorarla; 6. Identificar y definir las variables biomecánicas relacionadas con dichos aspectos técnicos; 7. Señalar los criterios de valoración de cada variable; 8. Anotar los valores aportados por la bibliografía para dichas variables biomecánicas. Este estudio fue de tipo caso, con un diseño de tipo longitudinal panel, analizando el gesto técnico a 5 deportistas de la selección departamental de Tejo Rama Femenina, en el cual se caracterizó el comportamiento de las variables cinemáticas y de rendimiento. Las deportistas tenían una experiencia de 6 años de participación en competencias nacionales e internacionales. Se determinó un Alfa de Cronbach con un valor de $\alpha = 0,874$ para variables biomecánicas, lo que indicó una buena confiabilidad con respecto al registro de los datos. Se aplicó un ANOVA para las variables biomecánicas respecto a los momentos, obteniéndose como resultado que no existen diferencias significativas ($p < 0.05$). Se realizó una prueba T ($p < 0.05$) al modelo del gesto técnico estandarizado diseñado para este grupo de tejistás, esta demostró homogeneidad en la ejecución de la técnica de cada una de las integrantes del equipo y de cada uno de los momentos. Se realizó un análisis de Cluster para comparar la homogeneidad entre las fases (2 y 3).

Palabras clave: Biomecánica, parámetros cinemáticos, rendimiento, disciplina, tejo.

ABSTRACT

The establishment of a causal relationship to language and expressions of coaches with the terminology and biomechanical principles is the key to harnessing the information and the results of work done by coaches and biomechanics enables control of training, improving technique and improving athletic performance. The purpose of this study was to develop a frame of performance indicators that classifies and organizes information and allows assessment based on biomechanical criteria, taking as a case

.....
Artículo recibido 24 de febrero del 2012 y
aceptado

para su publicación el 18 de mayo del 2012.

Se considera un artículo T 1 de Investigación
científica y tecnológica.

study the throwing of the tejo. The methodology followed was based on a qualitative analysis, but associated with quantitative data from bibliographies, and supported by various stages: 1) Collect information from the technical procedure; 2) Set your final Object; 3) Divide the movement into phases; 4) Determine the performance criteria for each phase; 5) Identify the technical aspects used by trainers to improve their technique; 6) Identify and define the biomechanical variables related to these technical aspects; 7) Point out assessment criteria of each variable; 8) Register the values given by the bibliography such biomechanical variables. This study was a case, with a longitudinal panel design, analyzing the technical producer to 5 athletes from the departmental selection test team in the Women's Branch Tejo which characterizes the behavior of the kinematic and Performance variables. The athletes had an experience of 6 years participation in national and international competitions. We determined a Cronbach value of $\alpha = 0.874$ for biomechanical variables, which indicated a good reliability with respect to registration of the data. ANOVA was applied to the biomechanical variables compared to the phases, resulting in no significant differences ($p < 0.05$). T test anode led was performed ($p < 0.05$) to the standard techniques for this group of tejistas, this showed consistency in the execution of the technique of each team member and each of the phases. We performed a cluster analysis to compare the homogeneity of the phases (2 and 3).

INTRODUCCIÓN

La biomecánica deportiva juega un papel importante en el logro de una técnica deportiva eficaz, puesto que puede ayudar a comprenderla, a mejorar su enseñanza y su entrenamiento (Bartlett, 1997). 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. La interpretación de los principios biomecánicos no es sencilla, por lo que es necesario trazar una estrategia que establezca la relación de dichos principios con la práctica deportiva. El análisis biomecánico cualitativo facilita la comprensión de los principios que rigen las habilidades motrices básicas y las deportivas. Si esa información se complementa con los resultados proporcionados por los estudios biomecánicos procedentes de los análisis cuantitativos, obtenidos utilizando tecnología sofisticada, la comprensión de dicha información será completa y dará una idea más global al entrenador sobre las claves que determinan la técnica.

Se han diferenciado cinco pasos sucesivos en el proceso de control y evaluación de la ejecución del movimiento: Diagnóstico de una ejecución, tanto en entrenamiento como en competición; establecimiento de los objetivos, planificación de entrenamientos y competiciones; ejecución de entrenamientos y competiciones; control y análisis del entrenamiento y de las competiciones

por medio de la auto-observación y observación objetiva y evaluación, comparación de objetivos y corrección de errores (Kreighbaum y cols, 1996). Para que esta tarea pueda llevarse a cabo, es necesario construir un perfil de las demandas del gesto, donde se identifiquen las variables de eficacia del movimiento, decisivas para el rendimiento, así como las acciones realizadas por el deportista (Knudson y cols, 2002; Ferro y cols, 1998; Grosser y cols, 1989).

A pesar de la importancia de esta relación entrenador-biomecánico, son escasos los estudios científicos que se centran en analizar cómo deberían ser proporcionados los resultados de los análisis biomecánicos a los atletas y técnicos deportivos para que éstos puedan ser aplicados en la práctica diaria del entrenamiento deportivo (McGuinnis, 2005; Floría, 2006).

Si bien los análisis biomecánicos de la técnica, por un lado, y las pruebas de campo realizadas por los entrenadores, por otro, podrían proporcionar dicha evaluación sistemática, no siempre se establece una comunicación fluida entre entrenadores y biomecánicos, no llegando a aprovecharse los conocimientos de ambos colectivos en beneficio del deportista de alto nivel. Este hecho ha sido puesto de manifiesto por algunos autores en sus publicaciones más relevantes, habiendo aportado soluciones para solventarlo (Grosser y cols, 1989; Tidow, 1994; Ferro y cols, 2007).

Se identificaron las variables cinemáticas de eficacia de la técnica, en el caso concreto del lanzamiento de tejo, y se elaboró un modelo que lo clasifique, ordene la información y permita la valoración de la técnica basándose en criterios biomecánicos.

MÉTODOS

Enfoque Experimental del Problema

En el lanzamiento del tejo al igual que en cualquier deporte, el resultado deportivo o rendimiento obtenido representa un parámetro que evidencia la eficacia de un movimiento, asumiendo que la premisa de que la técnica más efectiva será aquella que garantice el logro del más alto resultado. Sin embargo, la valoración de la eficacia técnica no puede llevarse a cabo valorando de manera única el rendimiento alcanzado, ya que en el resultado conseguido habitualmente intervienen de manera interrelacionada un número elevado de variables y factores de rendimiento (capacidades físicas, aspectos tácticos y estratégicos, aspectos psicológicos, emocionales y volitivos, etc.), resultando prácticamente imposible el completo aislamiento de los factores técnicos implicados en la ejecución de una habilidad motriz deportiva.

En consecuencia, para solventar los obstáculos derivados de la interpretación de los principios biomecánicos y de su aplicación al entrenamiento y a la mejora del rendimiento, se propone la siguiente línea de actuación encaminada a diseñar una estructura ordenada en forma de un modelo que relacione los aspectos técnicos, utilizados por los entrenadores en la mejora del rendimiento, con los indicadores de eficacia biomecánicos. Así se establecerá un nexo entrenador – biomecánico que permitirá una comunicación fluida, mediante un lenguaje comprensible, y un eficaz aprovechamiento de los resultados y de los conocimientos científicos proporcionados por ambos colectivos. Para ello, fue necesario identificar las variables biomecánicas de eficacia de la técnica, en el caso concreto del lanzamiento de tejo, y elaborar un cuadro que clasifique, ordene la información y permita la valoración de la técnica basándose en criterios biomecánicos. La información obtenida a partir de la ejecución de esta investigación es de gran utilidad dado que constituye un panorama respecto a parámetros biomecánicos del lanzamiento del tejo y cómo influyen en el rendimiento deportivo.

Sujetos

De acuerdo a los registros del Instituto Departamental de Recreación y Deportes (INDERSANTANDER), y la Liga Departamental de Tejo, la selección departamental de Tejo Rama Femenina está conformada por 5 deportistas. Las deportistas tenían una experiencia de 6 años de participación en competencias nacionales e internacionales. El promedio de edad de la muestra fue de 20 años, el promedio de talla expresada en centímetros fue de 155,7 y el promedio de la masa corporal fue de 54,6 kg.

Ética del Estudio. Este estudio cumplió con los estándares para la realización de investigaciones en seres humanos, según las disposiciones de la Convención de Helsinki(1968) y las normas científicas, técnicas y administrativas para la investigación en salud, según resolución número 8430 de 1993 del Ministerio de Salud, Colombia.

Intervención y evaluación

Se inició aplicando una valoración de la composición corporal del equipo que hace parte de la selección santandereana de lanzamiento de tejo, rama femenina. Se continuó realizando una valoración del gesto técnico que realizaban hasta el momento las tejitas de la selección, ésta se efectuó en una unidad de entrenamiento diseñada de tal manera que reuniera características semejantes a la competencia.

Posterior a esta valoración, se realizaron reuniones de discusión con el entrenador y con base en el análisis del gesto técnico realizado hasta el momento por las tejitas, se establecieron las similitudes y diferencias en éste; como producto de esto se estableció un modelo técnico unificado para el lanzamiento del tejo, este modelo se caracterizó por implantar criterios generales tales como número de pasos para la ejecución del lanzamiento, aspectos de la fluidez del gesto técnico, momentos para la flexión y/o extensión de determinados segmentos corporales, etc.; esto se llevó a cabo a lo largo de 12 etapas.

De igual manera se estableció una serie de pasos metodológicos por los que ha de transcurrir el proceso de análisis, desde la fase inicial de registro de datos hasta la obtención de los resultados. La metodología se estructuró en dos componentes, el primero hace referencia a las técnicas instrumentales de registro la cual identifica y/o agrupa los sistemas o métodos para la recolección de los datos de campo (unidades de entrenamiento y competencias), en este se identifican el sistema de referencias y el sistema de filmación. El segundo componente hace referencia a las técnicas instrumentales utilizadas para la computación de datos; ésta se conformó en dos sub-componentes, técnicas para la captación de datos, que se realizó mediante la digitalización de la información y obtención y generación de resultados, este abarca el procedimiento para el cálculo de los parámetros cinemáticos y la presentación de resultados escritos y gráficos; en este sentido parte fundamental del trabajo es que se utilizó tecnología de bajo costo al alcance de cualquier profesional; en la edición de video se utilizó el sistema Camtasia Studio, en la edición de imágenes, con el fin de ubicar las diferentes coordenadas, se utilizó el programa Paint y finalmente para la obtención de resultados se utilizó el programa de Excel.

De otra parte, se construyó una metodología para la valoración de la eficacia del resultado del gesto técnico, con el fin de viabilizar, planificar y controlar los niveles de precisión dentro del trabajo con los indicadores de la carga.

Análisis estadístico

Para el análisis de la información se utilizó SPSS (StatisticalPackageforthe Social Sciences" versión 15); los datos fueron procesados en conjunto con el paquete estadístico XLSTAT 2010. Se determinó un Alfa de Cronbach para conocer la confiabilidad de los datos registrados. Se realizaron las siguientes pruebas estadísticas: una prueba T para conocer la homogeneidad de los datos, un ANOVA para determinar las diferencias significativas de las variables biomecánicas respecto a los momentos (I, II y III),

se realizó un análisis de Clúster para comparar la homogeneidad entre las fases (2 y 3), y la correlación de Pearson para conocer la relación de las variables biomecánicas con respecto al rendimiento deportivo. El valor de confiabilidad al aplicar la prueba Alpha de Cronbach fue de $\alpha = 0,874$ para variables biomecánicas, lo que indica una buena confiabilidad con respecto al registro de los datos. La correlación entre las variables, en la que la variable independiente fue cada una de las variables biomecánicas denominadas y la variable dependiente fue rendimiento deportivo denominada.

RESULTADOS

A continuación se presentan los hallazgos de esta investigación que ilustran los aspectos planteados en el objetivo general.

De tal manera se describen los momentos (I, II y III) que hace referencia a los resultados de las competencias fundamentales realizadas en los años (2007, 2008 y 2009); seguidamente se presentan las diferencias significativas con respecto a las fases (II y III) mediante un dendograma, y finalmente la correlación de Pearson para conocer la relación de las variables biomecánicas con respecto al rendimiento deportivo.

Características de los momentos (I, II y III)

Los momentos son las tres competencias fundamentales realizadas durante los años 2007, 2008 y 2009, en las que participó la selección santandereana femenina de tejo. Tabla 1.

| Tabla.1 RENDIMIENTO DEPORTIVO PUNTAJE OBTENIDO EN LA COMPETENCIA FUNDAMENTAL | | | | | | | |
|--|----------|-------|--------|-------|--------|-----------------|---------|
| SUJETO | MOMENTO | MANOS | MECHAS | BOCIN | MOÑONA | PUNTAJE GENERAL | RANKING |
| 1 | 1 (2007) | 29 | 6 | 5 | 0 | 77 | 1 |
| | 2 (2008) | 24 | 7 | 6 | 1 | 90 | 1 |
| | 3 (2009) | 30 | 3 | 5 | 1 | 78 | 3 |
| 2 | 1 (2007) | 10 | 2 | 0 | 0 | 16 | 28 |
| | 2 (2008) | 20 | 0 | 3 | 0 | 38 | 11 |
| | 3 (2009) | 7 | 5 | 2 | 1 | 43 | 8 |
| 3 | 1 (2007) | 11 | 4 | 0 | 1 | 32 | 10 |
| | 2 (2008) | 16 | 3 | 0 | 0 | 25 | 22 |
| | 3 (2009) | 6 | 1 | 3 | 1 | 36 | 10 |
| 4 | 1 (2007) | 3 | 0 | 0 | 0 | 3 | 37 |
| | 2 (2008) | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 49 |
| | 3 (2009) | 3 | 0 | 0 | 0 | 3 | 41 |
| 5 | 1 (2007) | 8 | 0 | 1 | 0 | 14 | 31 |
| | 2 (2008) | 2 | 1 | 0 | 0 | 5 | 41 |
| | 3 (2009) | 2 | 0 | 0 | 0 | 2 | 42 |

Tabla 1. Competencias fundamentales realizadas durante los años 2007, 2008 y 2009, en las que participó la selección santandereana femenina de tejo.

Cada momento se encuentra estructurado por 33 variables biomecánicas que son (número de pasos de acercamiento, longitud

primer apoyo, longitud de cada paso, longitud total desplazada, longitud segmental de la muñeca, longitud segmental del codo, longitud segmental de la cadera, longitud segmental de la rodilla, longitud segmental del tobillo, longitud segmental brazo/antebrazo, longitud segmental muslo/pierna, velocidad de cada paso, velocidad media lineal de acercamiento, velocidad segmental de la muñeca, velocidad segmental del codo, velocidad segmental de la cadera, velocidad segmental de la rodilla, velocidad segmental del tobillo, velocidad segmental brazo/antebrazo, velocidad segmental muslo/pierna, aceleración de cada paso, aceleración lineal promedio de acercamiento, aceleración segmental de la muñeca, aceleración segmental del codo, aceleración segmental de la cadera, aceleración segmental de la rodilla, aceleración segmental del tobillo, aceleración segmental brazo/antebrazo, aceleración

segmental muslo/pierna, ángulo brazo-antebrazo en cada fase, ángulo del tronco-muslo en cada fase, ángulo muslo/pierna en cada fase, altura de liberación del tejo). Se aplicó un ANOVA para las variables biomecánicas respecto a los momentos, obteniéndose como resultado que no existen diferencias significativas ($p < 0.05$). Se realizó una prueba T ($p < 0.05$) al modelo del gesto técnico estandarizado diseñado para este grupo de tejistitas de alto rendimiento en la medida que avanza en cada participación en competencias fundamentales (momentos), ésta demostró homogeneidad en la ejecución de la técnica de cada una de las integrantes del equipo y de cada uno de los momentos.

Características de las fases (2 y 3)

Las variables ángulo brazo-antebrazo y longitud segmental

de la muñeca, no presentaron diferencias significativas entre las fases 2 y 3 según la ANOVA, con nivel de significancia del 95%. En este sentido se observa que el ángulo brazo-antebrazo oscila en un rango de 173° y 178° grados, este resultado evidencia que los sujetos integrantes de la selección mantienen una unificación en esta variable a la hora de la ejecución del gesto técnico. Figura 1.

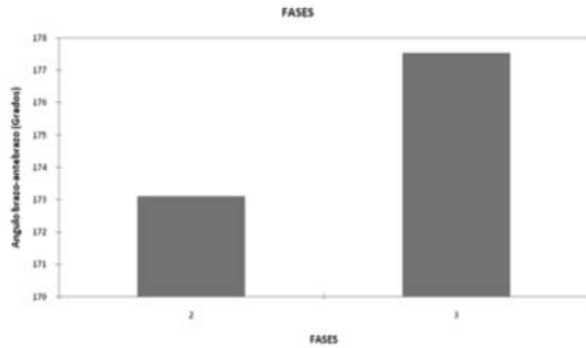


Figura 1. Caracterización de las variables ángulo-antebrazo, longitud segmental de la muñeca.

Según el dendograma, las variables: aceleración segmental muslo-pierna, aceleración segmental de la cadera, aceleración

segmental del tobillo, aceleración segmental del codo, aceleración segmental brazo-antebrazo, aceleración de cada paso, aceleración segmental de la muñeca, aceleración segmental de la rodilla, ángulo brazo-antebrazo, ángulo del tronco-muslo, ángulo muslo-pierna, longitud segmental brazo-antebrazo, longitud segmental de la rodilla, longitud segmental muslo-pierna, longitud segmental del tobillo, longitud segmental de la cadera, longitud de cada paso, longitud segmental de la muñeca, longitud segmental del codo, número de pasos de acercamiento, velocidad segmental brazo-antebrazo, velocidad segmental de la rodilla, velocidad segmental del tobillo, velocidad segmental de la cadera, velocidad de cada paso, velocidad segmental muslo-pierna, velocidad segmental de la muñeca, velocidad segmental del codo. Se agruparon en seis (6) conglomerados (Conglomerado AV, Conglomerado L-BA-C, Conglomerado LAN, Conglomerado L-M, Conglomerado A-BA y Conglomerado A-MP), logrando la máxima homogeneidad en cada uno de ellos y las mayores diferencias entre los mismos. El método para determinar el algoritmo jerárquico acumulativo utilizado fue el de las distancias mínimas, donde se busca la mayor semejanza entre los elementos o grupos más cercanos. Figura 2.

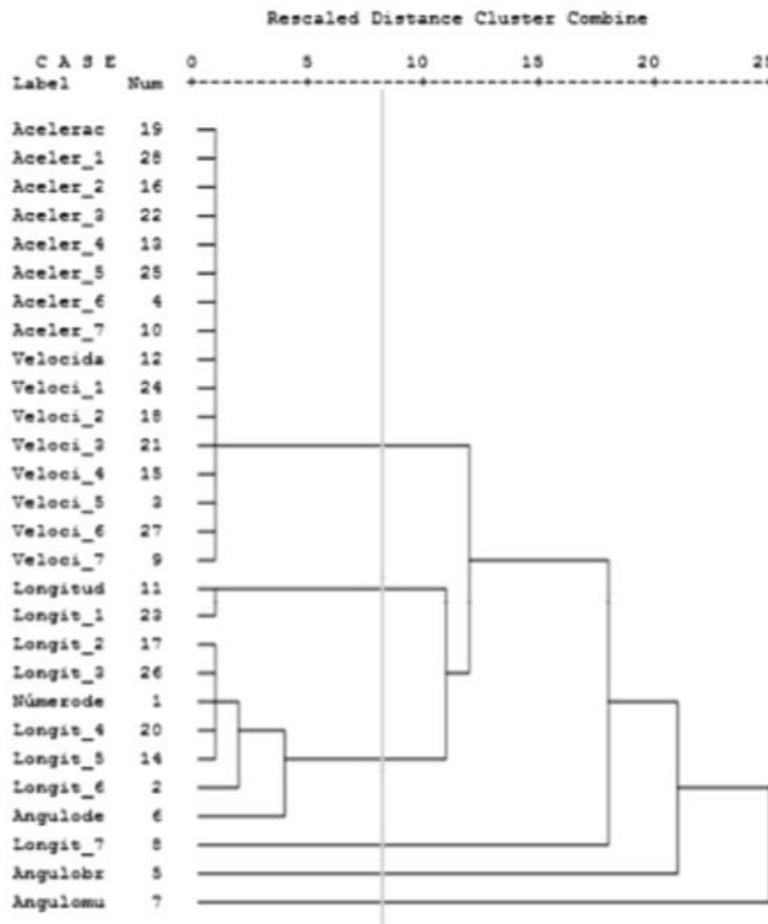


Figura 2. Conglomerado basado en el análisis de Cluster.

Conglomerado AV

El conglomerado AV está conformado por todas las variables de velocidad y aceleración seleccionadas en el estudio, que se presentan en la tabla 2. En todo el proceso de estudio y en cada uno de los momentos (competencias y entrenamientos), el producto de estas variables son las que inciden en proporcionar elementos importantes para la ubicación del implemento del tejo en la caja de greda. La relación promedio en los tres momentos (competencias) obtenidas fueron las siguientes.

De acuerdo al modelo del gesto técnico y las fases que lo componen, las fases 2 y 3 son las que, por sus características, mantienen igual número y tipo de variables biomecánicas; en este sentido observamos que la velocidad media en la fase 2 es de (0,9909 mt/s), y en la fase 3 es de (7,0794 mt/s), y la aceleración media de la fase 2 es de (1,6494 mt/sg²), y en la fase 3 es de (43,1241mt/sg²), esto con el fin de transmitir a la siguiente fase la potencia necesaria al implemento tejo, con el propósito de ubicarlo en la caja de greda y de manera más precisa en el bocin.

La velocidad y aceleración de las variables segmento de la muñeca y del codo en la fase 2 es de (0,5278 mt/s y 0,2375 mt/sg²) y en la fase 3 es de (3,1667 mt/s y 19,805 mt/sg²); donde se obtiene mayor velocidad y aceleración es en la fase 3, acorde a las características manifestadas en busca de aumentar los niveles de precisión en la ubicación del tejo. En las variables del codo la velocidad y aceleración en las fase 2 y 3 es de (0,6410 mt/s, 0,8107 mt/sg²) y de (3,3380 mt/s, 20,3736 mt/sg²) respectivamente; se mantiene la tendencia en que la fase 3 es en la que se producen las mayores velocidades y aceleraciones, sin embargo es de gran importancia que estas variables correspondientes al segmento en el cual se agarra y sujeta el tejo, se genere una dinámica muy especial y variada a la hora de contribuir a generar niveles muy altos para la precisión de éste.

Las variables cadera, rodilla y tobillo en las fases 2 y 3 mantienen la dinámica, en el sentido de que la tercera fase es en la que se generan la mayores velocidades y aceleraciones, de igual manera cumplen una función importante que complementa el proceso en estas fases; al igual que inciden en aspectos estratégicos controlables a la hora de realizar modificaciones en las competencias y unidades de entrenamiento con el propósito de optimizar los niveles de precisión.

La velocidad y aceleración media en las fases 2 y 3 de las variables brazo/antebrazo y muslo/pierna se constituyen en factor fundamental y práctico para el entrenador y la tejista a la hora de generar los controles correspondientes a estas dos variables en los entrenamientos y competencias, pues integran de manera funcional y practico cuatro segmentos corporales.

Conglomerado L-BA-C

El conglomerado L-BA-C está conformado por: la longitud segmental del brazo-antebrazo y la longitud segmental del codo (Tabla. 2), las longitudes alcanzadas en el desplazamiento de cada fase varía ostensiblemente de acuerdo al nivel de precisión que se pretende alcanzar en el lanzamiento, o a las modificaciones establecidas teniendo en cuenta el nivel de precisión del lanza-

miento anterior, la longitud del desplazamiento del segmento codo oscila entre 0,2 mts y 1,47 mts, el segmento brazo/ antebrazo oscila entre 0,35 mts y 1,46 mts.

| Variable por fase | Momentos | Media | Mínimo | Máximo |
|---|-----------|--------|--------|--------|
| Longitud segmental del codo (mts) FASE2 | Momento 1 | 0,641 | 0,2 | 1,0 |
| | Momento 2 | 0,847 | 0,4 | 1,1 |
| | Momento 3 | 0,686 | 0,4 | 1,1 |
| | Total | 0,725 | 0,2 | 1,1 |
| Longitud segmental Brazo/Antebrazo (mts) FASE2 | Momento 1 | 0,6621 | 0,35 | 0,95 |
| | Momento 2 | 0,8591 | 0,46 | 1,14 |
| | Momento 3 | 0,7107 | 0,41 | 1,14 |
| | Total | 0,7440 | 0,35 | 1,14 |
| Longitud segmental del codo (mts) FASE3 | Momento 1 | 1,0318 | 0,78 | 1,36 |
| | Momento 2 | 0,9978 | 0,51 | 1,47 |
| | Momento 3 | 0,8487 | 0,51 | 1,28 |
| | Total | 0,9594 | 0,51 | 1,47 |
| Longitud segmental Brazo/Antebrazo (mts) FASE 3 | Momento 1 | 1,0491 | 0,83 | 1,36 |
| | Momento 2 | 0,9812 | 0,47 | 1,46 |
| | Momento 3 | 0,8405 | 0,47 | 1,24 |
| | Total | 0,9569 | 0,47 | 1,46 |

Tabla 21. El Conglomerado L-BA-C está conformado por la longitud segmental del brazo-antebrazo y la longitud segmental del codo.

Conglomerado LAN

El conglomerado LAN está conformado por: La longitud segmental de la rodilla, longitud segmental muslo-pierna, longitud segmental del tobillo, longitud segmental de la cadera, longitud de cada paso, ángulo del tronco-muslo, y número de pasos de acercamiento, que son dos.

Con referente al ángulo tronco/ muslo, el rango en el cual varió este fue de 164 a 178 grados en la fase 2 y de 96 a 139 grados en la fase 3, el aprovechamiento de esta variable fundamental en la fase 3, previa a la etapa final, genera un amplio espectro de posibilidades para generar, transmitir y optimizar la potencia suficiente para alcanzar los más altos niveles de precisión, sin embargo es de aclarar que estas posibilidades dependen de los niveles de movilidad en la articulación de la cadera. Tabla 3.

| | Momentos | Media | Mínimo | Máximo |
|---|-----------|--------|--------|--------|
| Angulo del tronco – muslo (Grados) | Momento 1 | 174,40 | 169 | 180 |
| | Momento 2 | 170,00 | 167 | 175 |
| | Momento 3 | 169,40 | 164 | 178 |
| | Total | 171,27 | 164 | 180 |
| Longitud segmental de la cadera (mts) FASE 2 | Momento 1 | 0,5184 | 0,36 | 0,62 |
| | Momento 2 | 0,5820 | 0,29 | 0,71 |
| | Momento 3 | 0,4848 | 0,31 | 0,69 |
| | Total | 0,5284 | 0,29 | 0,71 |
| Longitud segmental de la rodilla (mts) FASE 2 | Momento 1 | 0,3617 | 0,27 | 0,48 |
| | Momento 2 | 0,4171 | 0,19 | 0,59 |
| | Momento 3 | 0,3411 | 0,18 | 0,59 |
| | Total | 0,3733 | 0,18 | 0,59 |
| Longitud segmental del tobillo (mts) FASE2 | Momento 1 | 0,0356 | -0,06 | 0,09 |
| | Momento 2 | 0,0570 | -0,02 | 0,11 |
| | Momento 3 | 0,0411 | 0,00 | 0,10 |
| | Total | 0,0445 | -0,06 | 0,11 |
| Longitud segmental Muslo/Pierna (mts) FASE 2 | Momento 1 | 0,395 | 0,3 | 0,5 |
| | Momento 2 | 0,451 | 0,2 | 0,6 |
| | Momento 3 | 0,373 | 0,2 | 0,6 |
| | Total | 0,407 | 0,2 | 0,6 |
| Número de pasos de acercamiento FASE 3 | Momento 1 | 2,00 | 2 | 2 |
| | Momento 2 | 2,00 | 2 | 2 |
| | Momento 3 | 2,00 | 2 | 2 |
| | Total | 2,00 | 2 | 2 |
| Longitud de cada paso (mts) FASE 3 | Momento 1 | 2,1930 | 1,87 | 2,54 |
| | Momento 2 | 2,0875 | 1,79 | 2,48 |
| | Momento 3 | 1,8504 | 1,78 | 1,91 |
| | Total | 2,0436 | 1,78 | 2,54 |
| Angulo del tronco – muslo (Grados) FASE3 | Momento 1 | 119,40 | 96 | 132 |
| | Momento 2 | 112,80 | 96 | 130 |
| | Momento 3 | 119,40 | 105 | 139 |
| | Total | 117,20 | 96 | 139 |
| Longitud segmental de la cadera (mts) FASE 3 | Momento 1 | 1,2664 | 1,04 | 1,43 |
| | Momento 2 | 1,1787 | 0,86 | 1,46 |
| | Momento 3 | 1,0646 | 0,86 | 1,25 |
| | Total | 1,1699 | 0,86 | 1,46 |
| Longitud segmental de la rodilla (mts) FASE 3 | Momento 1 | 1,6824 | 1,39 | 1,92 |
| | Momento 2 | 1,5908 | 1,24 | 1,83 |
| | Momento 3 | 1,4506 | 1,24 | 1,66 |
| | Total | 1,5746 | 1,24 | 1,92 |
| Longitud segmental del tobillo (mts) FASE3 | Momento 1 | 2,1713 | 1,89 | 2,44 |
| | Momento 2 | 2,0574 | 1,76 | 2,37 |
| | Momento 3 | 1,8561 | 1,76 | 2,06 |
| | Total | 2,0283 | 1,76 | 2,44 |
| Longitud segmental Muslo/Pierna (mts) FASE 3 | Momento 1 | 1,5503 | 1,30 | 1,75 |
| | Momento 2 | 1,4592 | 1,13 | 1,71 |
| | Momento 3 | 1,3246 | 1,13 | 1,50 |
| | Total | 1,4447 | 1,13 | 1,75 |

Tabla 3. El conglomerado LAN está conformado por la longitud segmental de la rodilla, longitud segmental muslo-pierna, longitud segmental del tobillo, longitud segmental de la cadera, longitud de cada paso, ángulo del tronco–muslo y número de pasos de acercamiento, que son dos.

El conglomerado L-M está conformado por la longitud

segmental de la muñeca, este desplazamiento en la fase 2 y 3 se desarrolla entre -18 mts a 3,36 mts y 0,07 mts a 1,63 mts, respectivamente para cada fase, (Tabla 4) es de aclarar que en la primera fase a consecuencia de mantener una extensión casi total del segmento brazo/antebrazo y en la intersección entre estas fases se aprecia una disminución en la referencia de la longitud inicial (-18 mts).

| Variable por Fase | Momentos | Media | Mínimo | Máximo |
|--|-----------|--------|--------|--------|
| Longitud segmental de la muñeca (mts) FASE 2 | Momento 1 | 0,4921 | -0,18 | 1,39 |
| | Momento 2 | 0,9430 | 0,42 | 1,57 |
| | Momento 3 | 1,3885 | 0,44 | 3,36 |
| | Total | 0,9412 | -0,18 | 3,36 |
| Longitud segmental de la muñeca (mts) FASE 3 | Momento 1 | 0,9778 | 0,45 | 1,49 |
| | Momento 2 | 0,9520 | 0,07 | 1,63 |
| | Momento 3 | 0,7261 | 0,07 | 1,39 |
| | Total | 0,8853 | 0,07 | 1,63 |

Tabla 4. El Conglomerado L-M está conformado por la longitud segmental de la muñeca.

Conglomerado A-BA

El conglomerado A-BA está conformado por el ángulo brazo-antebrazo. Tabla 5. Este conglomerado oscila en la fase 2, entre 154 a 180 grados y en la fase 3, entre 155 a 180 grados; como podemos observar en el desarrollo de estas dos fases, se mantiene un rango en la extensión de este segmento, esto con el propósito de generar un control en la dinámica de todo el desplazamiento y disminuir la posibilidad de generar variaciones significativas en este segmento, ya que es en él que se encuentra el implemento deportivo (tejo).

| | | Media | Mínimo | Máximo |
|--|-----------|--------|--------|--------|
| Angulo brazo-antebrazo (Grados) FASE 2 | Momento 1 | 167,80 | 154 | 180 |
| | Momento 2 | 176,20 | 172 | 180 |
| | Momento 3 | 176,60 | 163 | 180 |
| | Total | 173,53 | 154 | 180 |
| Angulo brazo-antebrazo (Grados) FASE3 | Momento 1 | 177,60 | 168 | 180 |
| | Momento 2 | 180,00 | 180 | 180 |
| | Momento 3 | 175,00 | 155 | 180 |
| | Total | 177,53 | 155 | 180 |

Tabla 5 El conglomerado A-BA está conformado por el ángulo brazo-antebrazo.

Conglomerado A-MP

El conglomerado A-MP está conformado por el ángulo muslo-pierna. Tabla 6. Este conglomerado oscila en la fase 2, entre 137 a 168 grados y en la fase 3, entre 138 a 180 grados; el manejo de esta variable está en dependencia de la variable ángulo tronco/muslo fundamentalmente en la fase 3, ésta permite generar niveles de angulación apropiados para que la tejista pueda

aprovechar toda la dinámica generada en esta y las fases previas, de tal manera que se pueda desarrollar una fluidez en la fase 4 que optimice la liberación del proyectil (tejo).

| Variable por Fase | Momentos | Media | Mínimo | Máximo |
|--------------------------------------|-----------|--------|--------|--------|
| AÁngulo muslo-pierna (Grados) FASE 2 | Momento 1 | 159,40 | 146 | 163 |
| | Momento 2 | 153,20 | 143 | 167 |
| | Momento 3 | 148,60 | 137 | 168 |
| | Total | 153,73 | 137 | 168 |
| Ángulo muslo-pierna (Grados) FASE 3 | Momento 1 | 163,60 | 142 | 180 |
| | Momento 2 | 155,80 | 138 | 171 |
| | Momento 3 | 154,20 | 139 | 171 |
| | Total | 157,87 | 138 | 180 |

Tabla 6. El conglomerado A-MP está conformado por el ángulo muslo-pierna.

La correlación es una medida de la fuerza de la relación entre dos variables. El concepto se encuentra asociado a la variación conjunta existente entre dos o más variables. Para las variables que participan en la primera fase, no se correlacionan con los diferentes niveles de rendimiento deportivo con un nivel de significancia del ($p < 0.05$). En las variables que conforman la segunda fase, la longitud segmental de la cadera es la única que presenta correlación con el rendimiento deportivo con un nivel de significancia ($p < 0.05$). En la tercera fase: longitud segmental de la cadera, longitud segmental de la rodilla, longitud segmental del tobillo, longitud segmental muslo/pierna, ángulo del tronco- muslo, longitud de cada paso se relacionan con el rendimiento deportivo, con un nivel de significancia ($p < 0.05$). En esta cuarta fase: ángulo del tronco- muslo, ángulo muslo pierna se relacionan con el rendimiento deportivo, con un nivel de significancia del ($p < 0.05$).

Se estableció una regresión lineal al modelo creado para el lanzamiento del gesto técnico, y como se puede observar en la tabla de resumen el R^2 es de 0.726 indicando un ajuste alto al mismo.

CONCLUSIONES

El principal hallazgo de este estudio fue que encontró para la categoría femenina de la Selección de Santander de Tejo, las variables cinemáticas que incidían en la técnica del lanzamiento con una estadísticamente altamente significativa.

Este es el primer estudio a nivel nacional que investigó los Parámetros Cinemáticos que Incidían en el Rendimiento del Lanzamiento del Tejo. Diseñando una metodología de la técnica instrumental de registro y un modelo de análisis, aplicado en las competencias fundamentales, como en las sesiones de entrenamiento. La intervención de esta investigación tuvo una duración de 3 años, donde se planteó una metodología de Valoración de la Eficiencia del Gesto Técnico, con el fin de controlar la carga del entrenamiento deportivo, todo esto apoyado en las ciencias aplicadas del deporte (p.ej., fisiología del ejercicio, entrenamiento deportivo, la biomecánica deportiva, etc.).

En numerosas ocasiones los resultados biomecánicos deportivos publicados en revistas científicas no son usados en el ámbito del entrenamiento. Una de las posibles causas de la falta de aplicación de esta información podría ser la desafortunada comunicación entre los científicos del deporte y los técnicos deportivos y, a su vez, con los deportistas. Ante la identificación de este obstáculo se planteó establecer una base de datos que recoja valores biomecánicos de eficacia del lanzamiento que sirva de referencia a técnicos deportivos y atletas.

No cabe duda de que uno de los objetivos últimos del entrenamiento de la técnica es llegar a encontrar un modelo técnico deportivo individual y ser capaces de reproducirlo sistemáticamente en la competición para asegurar el máximo rendimiento y la marca deportiva. Sin embargo, la dificultad del logro de este objetivo reside en la complejidad técnica del lanzamiento, en las características físicas y psíquicas del deportista y en las condiciones ambientales de la competición.

El modelo y metodología propuesta en este trabajo es novedoso por no existir en la bibliografía consultada un diseño similar para el gesto técnico de lanzamiento del tejo. En él se proponen relaciones entre aspectos técnicos críticos observables por los técnicos deportivos y variables biomecánicas medidas con fiabilidad y precisión; además se proporcionan valores reales de esas mismas variables cuantificadas en lanzadores de tejo de alto rendimiento.

Ofrecer una escala de valoración de la eficiencia del resultado del gesto técnico facilita y simplifica la planificación del entrenamiento de la técnica, otorgándole una objetividad al entrenador en su planificación de la carga. Además la evaluación de la técnica basada en parámetros cinemáticos establece un control técnico para evaluar los aspectos críticos de la misma. Estas variables biomecánicas hacían referencia al patrón articular que debía adoptar el lanzador en ciertos instantes críticos seleccionados por los propios autores. Los autores apoyaban el uso de estas variables biomecánicas aportando un rango que incluía los valores aconsejados. Sin duda la inclusión de variables biomecánicas y una aproximación a los valores óptimos inspiraban a las hojas de control técnico de un cierto grado de objetividad. Con todo, éstas contenían únicamente variables que cuantificaban el patrón articular en instantes concretos, no quedando reflejados datos relacionados con el tiempo, tampoco variables espaciales ni variables espacio-temporales. El Cuadro de Indicadores de Eficacia Técnica-Biomecánica propuesto contiene dicha información además de rangos máximos y mínimos que son una referencia añadida a los valores medios.

BIBLIOGRAFIA

- Bartlett, R.M. (1997). Current issues in the mechanics of athletic activities. A position paper. *Journal of Biomechanics*, 30, 477-486.
- Nelson, R.C. (1973). Biomechanics of sport. En S. Cerquiglini, A. Venerando y J. Wartenweiler (eds.), *Biomechanics III* (pp. 336-341). Basel: Karger.
- Ferro, A.; García-Fogeda, A.; Valios, J.C.; Blanco, M. y Graupera, J.L. (1998b). Metodología y modelo de actuación en el proyecto de lanzamiento de disco. En X. Aguado (ed.), *Biomecánica Aplicada al Deporte I* (pp. 85-96). León: Universidad de León.
- Hay, J.G. y Yu, B. (1995). Critical characteristics of techniques in throwing the discus. *Journal of Sports Sciences*, 13, 125-140.
- Yu, B., Broker, J. y Silvester, L.J. (2002). A kinetic analysis of discus-throwing techniques. *Sports Biomechanics*, 1, 25-46.
- Grosser, M.; Brüggeman, P. y Zintl, F. (1989). *Alto Rendimiento Deportivo*. Barcelona: Martinez Roca.
- Gregor, R.J.; Broker, J.P. y Ryan, M.M. (1992). Performance feedback and new advances. En R.W. Christina y H.M. Eckert (eds.), *Enhancing Human Performance in Sport: New Concepts and Developments* (pp. 19-32). Champaign: Human Kinetics.
- Bartlett, R.M. (1997). Current issues in the mechanics of athletic activities. A position paper. *Journal of Biomechanics*, 30, 477-486.
- Kreighbaum, E. y Barthels, K.M. (1996). *Biomechanics: A Qualitative Approach for Studying Human Movement*. Needham heights: Allyn and Bacon.
- Knudson, D.V. y Morrison, C.S. (2002). *Qualitative Analysis of Human Movement*. 2ª ed. Champaign: Human Kinetics.
- McGuinnis, P.M. (2005). *Biomechanics of Sport and Exercise*. 2ª ed. Champaign: Human Kinetics.
- Floría, P. (2006). *Análisis biomecánico del lanzamiento de disco. Categorización de variables de eficacia de la técnica*. Tesis Doctoral. Madrid: Universidad Autónoma de Madrid.
- Tidow, G. (1994). Model technique analysis sheets part IX: the discus throw. *New Studies in Athletics*, 9, 47-68.
- Ferro, A.; Floría, P. La aplicación de la biomecánica al entrenamiento deportivo mediante los análisis cualitativo y cuantitativo. Una propuesta para el lanzamiento de disco. *International Journal of Sport Science*. Volumen III, año III. Nº 7. 2007.