



Revista Actividad Física y Ciencias  
Año 2017, vol. 9, N°1

**FACTORES BIOMECÁNICOS QUE INFLUYEN EN LA EJECUCIÓN DEL SALTO  
JETE EN GIMNASIA RÍTMICA**  
**BIOMECHANICAL FACTORS INFLUENCING JETE JUMP EXECUTION IN  
RHYTHMIC GYMNASIUM**

Marbelit D. Loaiza-Navarro  
[loizamabelit@gmail.com](mailto:loizamabelit@gmail.com)

Pedro Felipe Gamardo-Hernández  
[pgamardo@hotmail.com](mailto:pgamardo@hotmail.com)

Universidad Pedagógica Experimental Libertador-IPC

**Recibido:** 10-03-2017

**Aceptado:** 16-04-2018

**Resumen**

El objetivo del estudio fue analizar las variables cinemáticas y cinéticas que influyen en el salto Jete con hiperextensión del tronco y lanzamiento de pelota con captura al frente durante el vuelo en gimnasia rítmica. Es un diseño descriptivo, bajo modalidad estudio de casos. Se evaluó una gimnasta (1,70 m; 61 kg; 17 años), categoría juvenil, selección nacional. La atleta ejecutó seis saltos, clasificados como *exitosos* (captura de pelota) y *fallidos* (no captura de pelota) mientras era grabada con cámara Sony de 60 cuadros por segundos, en plano frontal. Se utilizó método vídeo gráfico computarizado-sistema *PeakMotus*- para el procesamiento de la información. El análisis de los resultados se hizo mediante estadísticos descriptivos; se aplicó prueba T para muestras relacionadas y correlación de Spearman. Los resultados indican que las diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) se encontraron en la proyección de la pelota; las variables técnicas de ejecución corporal no mostraron diferencias significativas. La velocidad inicial de proyección influyó de manera no significativa sobre el resto de las características del vuelo de la pelota. Se evidenció que la atleta presenta *óptima colocación* de los segmentos corporales y de *altura de vuelo* (1,54 metros) lo que refleja una adecuada forma en el salto, el ángulo de separación entre los muslos alcanzó  $180^\circ$ ; se estructuró el modelo biomecánico cualitativo. Conclusión. Las características de proyección de la pelota resultan determinantes y con incidencia en el logro del objetivo del salto. Recomendación: incorporan medios para mejorar la coordinación oculo-manual, incorporar en la evaluación variables cinéticas.

**Palabras clave:** gimnasia rítmica, biomecánica, salto Jete.

### Abstract

The objective of the study was to analyze the kinematic and kinetic variables that influenced the jump Jete with the hyperextension of the trunk and the ball launch with the capture during the flight and the rhythmic gymnastics. It is a descriptive design, under the case study modality. A gymnast (1.70 m, 61 kg, 17 years) was evaluated, juvenile category, national selection. The athlete performed six jumps, sports as successful (capture of ball) and fall (not capture of ball). While it was recorded with Sony camera of 60 frames per second, in frontal plane. We used the video graphical-PeakMotus system for the information processing. The analysis of the results was done through descriptive statistics; T-test for related samples and the Spearman correlation were applied. The results indicate that the significant differences ( $p < 0.05$ ) were found in the projection of the ball; Technical execution variables. The initial velocity of the projection influenced not significantly the rest of the characteristics of the flight of the ball. It was evidenced that the athlete presents the optimal placement of body segments and flight height (1.54 meters) so that it reflects a suitable shape in the jump, the angle of separation between muscles reached  $180^\circ$ ; The qualitative biomechanical model was structured. Conclusion. The characteristics of projection of the ball are decisive and have an impact on the achievement of the goal of the jump. Recommendation: incorporate the means to improve oculo-manual coordination, incorporate kinetic variables into the evaluation.

**Keywords:** rhythmic gymnastics, biomechanics, Jete jump.

### Introducción

El mundo del deporte de alto rendimiento se ha vuelto un área de extensos e interesantes estudios. Las exigencias físicas, técnicas, tácticas y psicológicas en cada deporte requieren de constante actualización, información científica, técnica y teórica de avanzada, para así, estar a la vanguardia y contribuir eficientemente en el logro de los objetivos de cualquier deportista considerado de élite.

La biomecánica ofrece herramientas útiles que permiten mejorar las formas de entrenamiento de la técnica, la táctica, las cualidades físicas, (Gunther & Klaus, 1989). Considerada ciencia, se basa en la aplicación de las leyes de la mecánica a los movimientos deportivos, los resultados obtenidos sirven para reconfigurar el entrenamiento con el fin de dirigirlo hacia el objetivo preciso.

Gutiérrez (1994) señala que la biomecánica utiliza dos métodos complementarios: el método cualitativo, enmarcado en un carácter subjetivo, refleja información no numérica, por otro lado, el método cuantitativo, de carácter objetivo, apoyado en la cuantificación de los datos. Para Hay & Reid (1983), el análisis, cualitativo o cuantitativo, de un gesto deportivo, debe

realizarse bajo la premisa del modelo biomecánico, para visualizar de manera clara todas las variables que intervienen en el logro del objetivo. El método más utilizado en el estudio del movimiento corresponde a la cinematografía y videografía tridimensional (3D) utilizada desde 1950, con el apoyo de la tecnología computacional se hizo posible la automatización de los datos.

El reconocimiento de estudios biomecánicos se fundamenta en los aportes que los investigadores logran, con calidad científica, sobre el proceso que involucra maximizar el rendimiento deportivo, además, proporciona herramientas para cuantificar las variables mecánicas consideradas determinantes para el rendimiento. Se emplean métodos diferentes para definir estas variables y se acepta que el enfoque para su obtención es variado. En lo que respecta a las recomendaciones, que involucra al atleta y personal técnico, se hace sobre la información que deriva de la evaluación, (Lees, 1999).

La gimnasia rítmica, deporte de arte competitivo se caracteriza por los gestos motrices elegantes, por su exigencia técnica y grados de dificultad, requiere que las cualidades como la flexibilidad, base de la plasticidad de los movimientos; la potencia muscular contribuye con la eficacia de los saltos y acrobacias permitidas, son la combinación entre la resistencia aeróbica y anaeróbica, proporcionan las condiciones que permiten completar toda la ejecución que involucra cambios de ritmo con tolerancia a la fatiga, (Platonov, 2001). Por otro lado, el excelente grado de coordinación que se debe desarrollar, para lograr armonizar cada movimiento del cuerpo, al compás de la música, de manera que la maestría en el manejo del implemento, defina la composición final.

Los diferentes fundamentos técnicos cumplen consideraciones basadas en el Código de Puntuación. Entre los elementos destacan balanceos, ondas, equilibrios, giros, lanzamientos y saltos que, combinados con destreza en una coreografía, brindan gran vistosidad y son de alta exigencia.

Los saltos son variados en estructura y forma, según el código de puntuación, muestra entre sus características básicas: óptima altura (elevación del salto), definición en la forma durante el vuelo en cuanto a la colocación de los segmentos y la amplitud del mismo. La designación de un salto depende del tipo de inicio, cómo se actúa durante el período de vuelo y cómo se toma de nuevo contacto con el suelo. Siendo el Jete un salto base para movimientos más complejos, con una ponderación para el momento de la investigación de 0,40 que, al incorporar elementos como la extensión del tronco y lanzamiento de la pelota, con captura al frente en el vuelo, lo convierte en una ejecución de mayor complejidad.

El aumento en las dificultades de un salto se produce porque durante el vuelo, la gimnasta puede realizar diversos movimientos que permiten:

- Aumentar la amplitud articular del tren inferior.
- Situar el tronco en máxima extensión dorsal.
- Introducir un giro corporal.
- Disminuir los pasos intermedios de impulso.

- Combinar en un único salto dos de menor dificultad.
- Adoptar diferentes formas en los miembros inferiores.

Los implementos fundamentales: aros, maza, cinta, cuerda y pelota, son incorporados para las rodadas, escapadas, rebotes, golpes, capturas y lanzamientos. Así, al referirse a un elemento corporal, acompañado de un implemento que será lanzado y capturado, se completan las condiciones para demostrar la maestría de la gimnasta. Queda en evidencia que la coordinación de tres factores fundamentales durante la ejecución la conforman: el cuerpo, el implemento y la música.

La técnica correcta de liberación de la pelota, implemento seleccionado para este estudio, garantiza un dominio del mismo durante la ejecución. El código de puntuación hace referencia a consideraciones tales como: posar la pelota en la palma de la mano, sin flexión en la articulación de la muñeca, no se deben apreciar movimientos bruscos y al momento de lanzar, el segmento debe asemejar un péndulo en ascenso y con dirección al implemento.

Los lanzamientos en gimnasia rítmica, son una sucesión de impulsos que vienen desde las piernas, a través de una ligera flexión de las principales articulaciones corporales hasta la punta de los dedos. El cuerpo y los brazos se extienden en dirección al lanzamiento. El código de puntuación de Gimnasia Rítmica 2013-2016 expone en cuanto a la pérdida del aparato, si este cae, pero no sale del practicable, el uso de un aparato de reemplazo no está autorizado por tanto las penalizaciones por parte de juez de ejecución (E) son 0,70 por pérdida del aparato y el Juez coordinador /a penaliza con 0,50 puntos por la utilización de un aparato de reemplazo.

La recepción de la pelota, se debe efectuar sin ruido, por tanto, se amortigua la caída, con una extensión del brazo dirigida hacia la pelota hasta finalizar el movimiento siguiendo la trayectoria que lleva, enlazando con otro elemento o finalizando el ejercicio.

En las diferentes formas de captura del implemento destaca el que se realiza con una mano, fuera del campo visual, en la parte posterior de la cabeza, puede ser lanzada antes de la fase de despegue, realizar el salto y capturar la pelota en la caída, de igual forma, con ambas manos y detrás de la cabeza; también puede ser capturada durante el vuelo en la posición de mayor altura del cuerpo, esta última ejecución fue la ejecución seleccionada para el estudio.

Con la secuencia de ejecución óptima del gesto seleccionado, se logra la máxima puntuación, por tanto, debe garantizarse que la gimnasta realice todos los elementos corporales durante el vuelo, capturar el implemento con hiperextensión del tronco y culminar en posición de equilibrio bien definido.

El uso del análisis cinemático permite identificar aquellas variables que confieren la evaluación del progreso físico y/o técnico, permite estructurar un modelo de informe con presentación de resultados que exponen datos analizados, proporciona a los técnicos la información de cada gimnasta-de manera individual y grupal- así como controlar el proceso de

mejora que definen al salto, (Ferro Sánchez, Rivera Sánchez, & Pagola Aldazabal, 1999; Grande Rodríguez, Bautista Reyes, & Galán, 2008).

Otras alternativas para la evaluación de gimnastas se corresponden con los protocolos squatjump (SJ) y saltos en contramovimiento (CMJ), aplicados en dos momentos de la preparación física de las atletas. Los resultados derivados de estas evaluaciones han puesto en evidencia que las mejoras en la altura de salto, en cuanto al SJ se reportó 11,41% y 9,15% para el CMJ, otra variable evaluada como la potencia máxima relativa mostró que el SJ: 4,15% y 9,67% CMJ, (Grande Rodríguez, Sampedro Molinuelo, Rivilla-García, Bofill Ródenas, & Hontoria Galán, 2010).

Por otro lado, en una muestra de niñas de 10 años, a las que se evaluó la composición corporal se encontró que la práctica de 10 horas semanales de gimnasia rítmica se asocia con mayor rendimiento en el salto vertical, (Pérez Gómez et al., 2006).

Estudiamos el rendimiento en el salto vertical y como podría verse afectado por la composición corporal en 13 niñas que practicaban gimnasia rítmica (10,4±0,9 años) y 13 niñas del grupo control (9,9±0,7 años). La composición corporal fue determinada mediante antropometría y absorciometría de rayos X. Se evaluaron con saltos según protocolos con y sin contramovimiento, sobre una plataforma de fuerza; se analizaron: la altura de vuelo, velocidad de despegue, velocidad vertical máxima del centro de masa, la potencia media, el impulso mecánico positivo, tiempo de fuerza máxima y potencia instantánea máxima. El grupo de gimnastas logró mayor altura de vuelo, velocidad de despegue, impulso positivo y velocidad vertical en ambos saltos y mayor potencia instantánea máxima, tiempo de fuerza máxima en el salto contramovimiento que las controla ( $p < 0,05$ ). Los autores concluyen que la práctica semanal de gimnasia rítmica se asocia con un mayor rendimiento en el salto vertical.

Tras consultar expertos de la disciplina, esto es; entrenadores y coreógrafos, se identificaron las fallas comunes en la ejecución del salto Jete con hiperextensión del tronco y lanzamiento de la pelota con captura al frente en el vuelo, se describen como: baja altura de la pelota, baja altura del salto, pérdida de la pelota, deficiente colocación de los segmentos corporales durante el vuelo, no se aprecia la hiperextensión del tronco, captura del implemento en el descenso, salto no definido y caída en desequilibrio, estos aspectos son los que afectan de manera importante el logro del objetivo.

Por todo lo antes descrito se planteó la siguiente interrogante de investigación:

¿Cuáles son las características mecánicas de proyección del implemento y las corporales los factores biomecánicos que determinan la calidad del salto Jete?

Para responder esta interrogante se plantearon los siguientes objetivos:

### **General :**

Determinar los factores biomecánicos que influyen en la ejecución del salto Jete con extensión del tronco y lanzamiento del implemento pelota con captura al frente en la fase de vuelo, ejecutado por una atleta de la Selección Nacional de Gimnasia Rítmica de Venezuela.

### **Objetivos Específicos :**

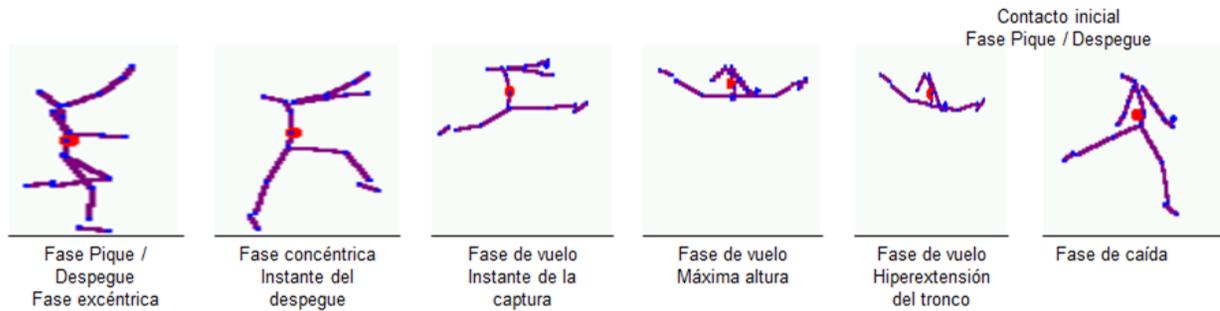
- Estructurar el modelo biomecánico correspondiente al salto Jete con extensión del tronco y lanzamiento de la pelota con captura al frente en la fase de vuelo.
- Cuantificar y evaluar las variables mecánicas (Cinéticas y Cinemáticas) que influyen en el logro del objetivo del salto, ejecutado por la atleta de la Selección Nacional de Gimnasia Rítmica.
- Determinar los errores técnico-biomecánicos más comunes en la ejecución del salto por parte de las atletas.
- Determinar las características de proyección óptima de la pelota, que garantice su captura en la fase de vuelo.
- Establecer las posibles diferencias entre las características de los saltos eficaces y fallidos.
- Proporcionar a los entrenadores y atletas las sugerencias y recomendaciones correspondientes para el mejoramiento del rendimiento deportivo.

### **Marco teórico**

Las investigaciones que involucran el salto Jete representan un número reducido de trabajos que los relaciona con gimnastas rítmicas. El interés se ha centrado en bailarinas en las que se ha encontrado, por ejemplo, aumento de fuerzas durante los saltos correspondiente al lado no dominante. Se recomendó incorporar las modificaciones en la metodología de entrenamiento para eliminar las diferencias bilaterales, (Wyon, Harris, Brown, & Clark, 2013). Para otros autores el salto Jete representa movimientos complejos, estudiado con electromiografía de la musculatura del tronco, pelvis y ambas piernas afirman que los patrones electromiográficos serán fenómenos que dependen de lo que se conoce como "ajuste direccional" de los músculos, (Lepelletier, Thullier, Koral, & Lestienne, 2006).

La gimnasia, se clasifica como un deporte que tiene como objetivo lograr una forma determinada, es una estructura de movimiento en la que su valoración depende de la dificultad y el carácter artístico de las acciones, (Platonov, 2001). En el caso de saltos y giros, exponen elementos de flexibilidad y equilibrio, combinados con algunos implementos son determinantes para su evaluación durante la competencia: El reglamento define la forma del salto y la fase de vuelo es las variables que posibilita la ejecución óptima del mismo, (Rutkowska-Kucharska, 1998).

La estructura secuencial del salto comprende la etapa de pique despegue, con sus dos fases excéntrica y concéntrica; fase de vuelo en la que se observa el instante de la captura, la máxima altura del salto, posición de hiperextensión máxima del tronco y por último la fase de caída. El gráfico 1 representa los esquemas de posturas de la ejecución completa del salto, tomando en cuenta que la distribución de las fases, se seleccionó con el fin de evaluar con detalle cada uno de los momentos.



**Gráfico 1. Fases del Jete con Hiperextensión del Tronco y Lanzamiento de la Pelota con Captura al frente en el Vuelo.**

El modelo biomecánico describe las características técnicas de las diferentes variables que influyen en el logro del objetivo del salto Jete. Los aspectos que constituyen el modelo de la destreza estudiada se presentan como sigue:

- Estructura del Movimiento (fases: activa de lanzamiento, pasos de impulso, de pique-despegue; dos sub fases concéntrica y excéntrica, fase de vuelo, momentos de máxima altura e hiperextensión del tronco y finalmente la fase de caída.)
- Altura de vuelo.
- Tiempo de vuelo.
- Amplitud del movimiento en el vuelo.
- Manipulación adecuada de la pelota.
- Sincronización Rítmica. (cuerpo, implemento, música)

### **Errores más comunes durante la ejecución**

De acuerdo con entrevistas realizadas a especialistas en el área, específicamente entrenadora y coreógrafa, coincidieron en exponer las fallas más comunes, tanto en lo corporal como en el manejo del aparato, por parte de la gimnasta en la ejecución del salto seleccionado, por tanto, se pueden presentar:

Corporales:

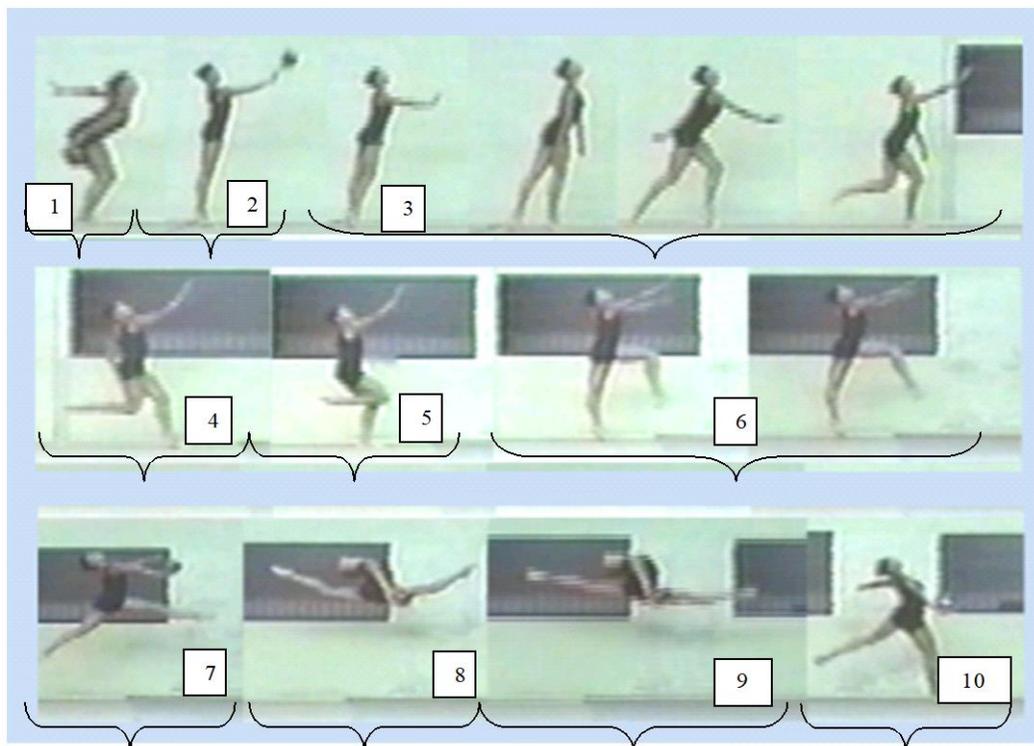
- La técnica descrita no se correspondió con la idea estructural del movimiento.
- Baja velocidad horizontal.
- Despegue de baja potencia.

- Poca flexibilidad en la articulación del tronco.
- Poca amplitud entre los miembros inferiores.
- Precipitar la caída.
- Poco tiempo en el aire para realizar los movimientos.

En cuanto al implemento:

- Lanzamiento con baja altura.
- Tiempo de vuelo corto.
- Ángulo de proyección de la pelota con tendencia marcada a la verticalidad próximo a los 90 grados o con tendencia a la horizontalidad por debajo de 75 grados.
- Falta de concreción de la captura durante el vuelo.
- Pérdida o caída del implemento.

La secuencia de movimiento presentada a continuación corresponde al intento numero 2 ejecutado por la atleta seleccionada, dicho salto resulto el mejor en cuanto a las características de proyección del cuerpo y de la pelota en comparación con el resto de los intentos eficaces.



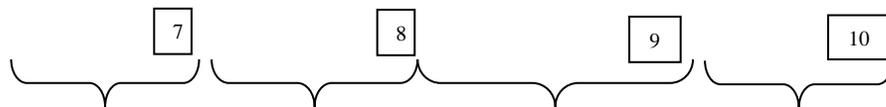
**Gráfico 2. Fotografías de la secuencia de movimiento del salto Jete con hiperextensión del tronco y lanzamiento de la pelota con captura al frente en el vuelo.**

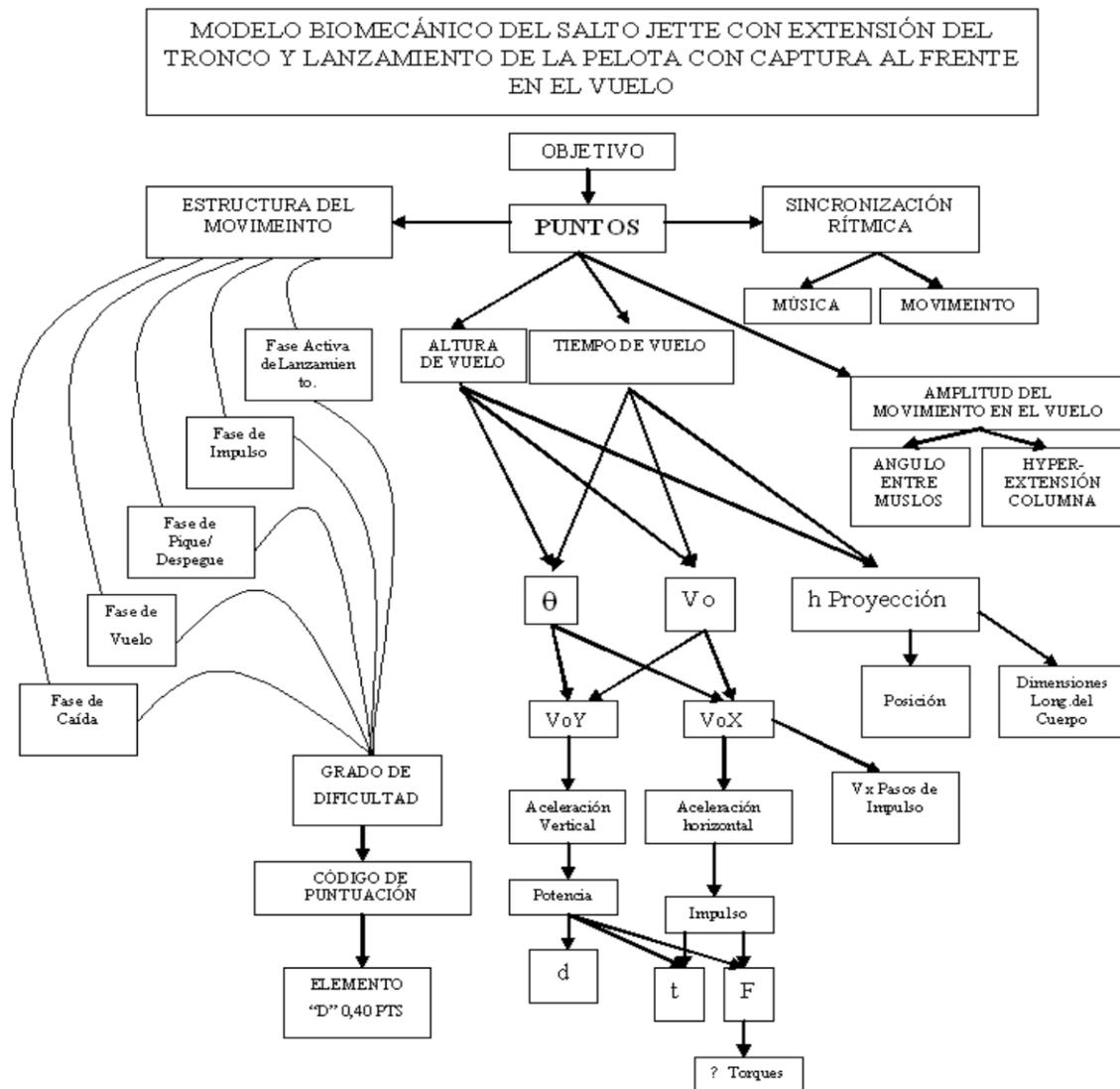
Los fotogramas describen la secuencia de las diferentes fases y posiciones durante el salto: el número 1 presenta la fase activa del lanzamiento; 2, el instante de proyección del implemento; 3, pasos de impulso; 4, posición de contacto; 5, fase de pique-despegue; 6, instante del despegue; 7, instante de la captura de la pelota; 8, máxima altura de vuelo; 9, máxima hiperextensión del tronco y 10 posición de caída.

### Modelo Biomecánico

El modelo biomecánico representa un esquema de las características cinemáticas del movimiento, esto es, la descripción del mismo en función de las leyes físicas y de las variables cinéticas (dinámicas) que se combinan de manera óptima para lograr el objetivo propuesto.

El objetivo principal de la gimnasta consiste en obtener el máximo puntaje que corresponde a 0,40. A partir de la combinación del salto, ponderado con 0,20 puntos y la extensión del tronco que equivale a 0,20- ambas características descritas en el Código Internacional de Puntuación 2001-2005, (Abruzini, 2000), aplicó durante el estudio.





**Gráfico 3. Modelo biomecánico del salto Jete con hiperextensión del tronco y lanzamiento de la pelota con captura al frente en el vuelo. Tomado de Zissu & Loaiza, Noviembre 2007.**

### **Material y método**

Es estudio de investigación de campo, descriptivo bajo modalidad estudio de caso. Los datos se recogieron directamente de la realidad tras la video-grabación de la atleta seleccionada en condiciones experimentales realizando la ejecución del salto.

### **Sujetos**

La población seleccionada para el estudio, estuvo conformada por las seis (6) atletas de la Selección Nacional de Gimnasia Rítmica de Venezuela, categoría juvenil. Participó solo una (1) atleta de reconocida trayectoria en eventos nacionales e internacionales, con un peso corporal 61 kg, talla de 1,70 metro, reunía los criterios de inclusión que fueron, mostrar las condiciones físicas y técnicas altas dentro del grupo para ejecutar el salto seleccionado, cuadro de salud óptimo y adaptación aceptable al entrenamiento físico y técnico. Tras el consentimiento firmado, y posterior a una fase de acondicionamiento físico-técnico de 15 minutos, la atleta realizó 06 saltos, con intervalos de descanso de 01 minuto entre cada uno; al fin de determinar si se presentan fallas comunes, errores técnicos o físicos importantes.

### **VARIABLES DE ESTUDIO**

- Características Cinemáticas, propuestas en (Grande Rodríguez et al., 2008). La integraron variables espaciales, temporales y espaciales temporales, desde el inicio del movimiento a la fase activa del lanzamiento y liberación del implemento; luego los pasos previos que realiza la atleta, el instante del despegue y proyección, fase de vuelo de la atleta, la captura del implemento hasta el contacto con la superficie.
- Espaciales: Se procedió a determinar el centro de gravedad del cuerpo cuadro a cuadro, utilizando el método segmental, con base al cambio de posición de punto invisible y móvil, porque varía en su posición, en función de la distribución momentánea de la masa del cuerpo que se analiza. Se consideró la altura máxima alcanzada por el centro de gravedad del cuerpo con relación a la superficie del suelo.

También se determinaron: el ángulo de proyección de la pelota en el momento de liberación, el ángulo de máxima flexión de la rodilla al momento del despegue, el ángulo de separación entre los miembros inferiores en la altura máxima, ángulo de extensión del tronco en la fase de vuelo y el ángulo de la pelota con respecto al cuerpo en el momento de la captura.

- Temporales: Se registró el tiempo de vuelo en cada cuadro del centro de gravedad y de la pelota desde el momento de su liberación, hasta el momento de su captura.
- Espacio-Temporales: Se registró la velocidad inicial de proyección del centro de gravedad del cuerpo en la fase de despegue, la velocidad inicial de proyección de la pelota y sus componentes horizontal y vertical.

- Análisis de Posiciones: A partir de los instantes críticos o de mayor importancia de la ejecución.

Los datos se procesaron mediante estadística descriptiva (media y desviación estándar), se obtuvo la comparación de medias con prueba t para muestras relacionadas y las correlaciones mediante Rho de Spearman. Los resultados se muestran en cuadros y gráficos.

### **Procedimientos para la Recolección de los Datos**

#### **Proceso de Video-grabación**

- Se envió comunicado a la Federación Nacional de Gimnasia Rítmica solicitando la autorización para la videograbación de una atleta, la cual contribuiría al estudio biomecánico establecido.
- Envío de comunicado a la entrenadora de la Selección Nacional de Gimnasia Rítmica con la intención de seleccionar a una atleta para la ejecución del salto en estudio.
- Una vez aprobada la solicitud se programó el encuentro entre las partes para llevar a cabo la videograbación.
- Se pautó una reunión con la atleta seleccionada a fin de instruirla sobre la investigación y para firmar consentimiento por escrito.
- Condiciones para realizar la video grabación: se colocó un nivel de 2 x 1 metro, ubicado en el lugar de la ejecución para determinar la escala utilizada, la cámara de video se ubicó a 20 metros, en plano horizontal a la ejecución y a una altura de 1,50 metros.
- Una vez organizado el espacio se informó a la gimnasta las condiciones en las que debería realizar los seis (6) saltos Jete, con extensión del tronco y lanzamiento de la pelota, con captura al frente en pleno vuelo.
- Condiciones para realizar la video grabación: Antes de iniciar los saltos se permitió que la gimnasta realizará un acondicionamiento físico general de 15 a 20 minutos incluyendo elementos técnicos, a baja intensidad según percepción individual.
- Finalizado el acondicionamiento se dio inicio a la grabación.

#### **Cuantificación de las Variables postgrabación**

Para la cuantificación de las variables seleccionadas, se procedió a cumplir con los siguientes pasos, entre los cuales se encuentran:

1. Elaboración del Modelo Espacial: Se elaboró un modelo espacial en el cual, se identificaron los 21 Puntos anatómicos de los 14 segmentos corporales, sin embargo, se anexaron tres (3) puntos en el tronco, es decir, 22, 23,24, para identificar la

- hiperextensión del tronco y un punto que representó el centro geométrico de la pelota (25).
2. Definición del modelo para el cálculo del centro de gravedad (CG) del corporal, empleándose para ello un modelo de 14 segmentos corporales.
  3. Definición de ángulos principales y articulaciones del cuerpo: ángulo entre los muslos, tronco con la horizontal, ángulo de máxima flexión de rodilla, ángulo del miembro superior ejecutor (derecho) con la horizontal, entre otros.
  4. Definición de las fases del movimiento: posición de inicio, proyección del implemento, pasos de impulso, pique-despegue, vuelo, captura de la pelota y aterrizaje.
  5. Determinación de la escala de conversión de unidades gráficas a reales, a través de la captura y digitalización de un nivel de dimensiones conocidas, video-grabado previamente.
  6. Captura y digitalización de la destreza, para la obtención de las coordenadas de los diferentes puntos definidos, que sirvieron como base para los cálculos de las demás variables del estudio.
  7. Cálculos de las variables (obtención de los resultados), mediante la utilización del sistema automatizado de movimiento y otros cálculos complementarios. Se digitalizó la imagen en el “PeakMotusSystem”, indicando cada punto articular, donde de manera automática se obtuvieron las coordenadas X y Y las cuales sirvieron de referencias para el cálculo de las diferentes variables cinéticas y cinemáticas.

### **Análisis de los Datos**

La obtención de los resultados se hizo en el *Laboratorio de Biomecánica* ubicado en el *Estadio Nacional “Brígido Iriarte”*. Las imágenes fueron captadas para su evaluación a través del “PeakMotusSystem”, especializado para el movimiento. Los datos fueron procesados en hoja de cálculo Excel de Microsoft Office y paquete estadístico SPSS IBM, v17, se obtuvo media, desviación estándar, coeficiente de variación, diferencias de medias entre el número de intentos y la evaluación resultante de cada intento, previa categorización dicotómica en: *Fallido* y *Exitoso*, nivel de relación mediante coeficiente Rho de Spearman.

### **Resultados**

Las diferentes variables manejadas que reflejan las características de vuelo de la pelota han sido de suma importancia, ya que se considera un momento clave dentro de la ejecución, formando parte de la dificultad del movimiento, y es a través de los resultados arrojados, que se ha podido detectar que es una fase con elementos determinantes.

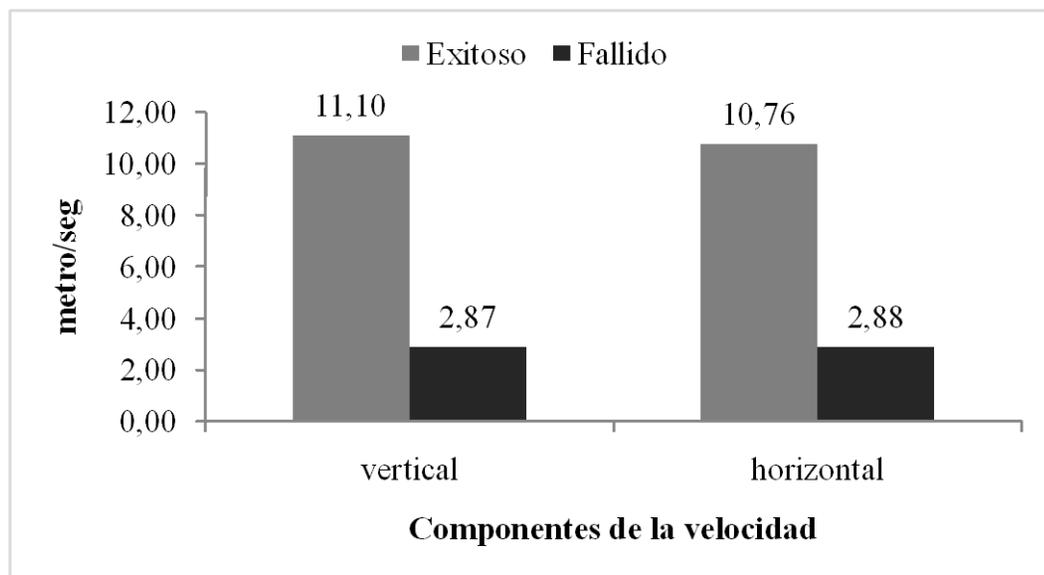
Los valores bajos de los coeficientes de variación obtenidos entre los intentos fallidos (0,038) y los exitosos (0,090) indican que la variación entre los intentos fue pequeña. El cuadro 1 muestra los valores de cada variable estudiada durante el salto.

**Cuadro 1. Promedios y desviación estándar de las seis pruebas del salto Jete**

Características del vuelo de la pelota	Intentos exitosos	Intentos fallidos
Velocidad inicial de proyección (m/s)	11,47 ± 0,46	11,16 ± 0,31 *
Velocidad Vertical de Proyección (m/s)	11,37 ± 0,52	10,77 ± 0,32 *
Velocidad Horizontal de Proyección (m/s)	2,87 ± 0,09	2,89 ± 0,28 *
Angulo de Proyección (grados)	75,67 ± 1,15	75,00 ± 1,00 *
Altura de Proyección (m)	1,84 ± 0,07	1,71 ± 0,04 *
Altura relativa de Proyección (m)	1,84 ± 0,07	1,71 ± 0,04 *
Tiempo de Vuelo (s)	2,09 ± 0,06	1,91 ± 0,22 *
Desplazamiento Horizontal de la Pelota ( m)	5,97 ± 0,07	4,36 ± 1,95 *
Elevación de la Pelota (m)	6,29 ± 0,57	6,01 ± 0,17 *

\* Diferencia significativa  $p < 0,05$

El rendimiento promedio fue diferente entre los intentos, disminuye al tratarse de los intentos *fallidos*. La velocidad alcanzada por la pelota fue el factor que más influyó. El gráfico 3 muestra los valores de los componentes vertical y horizontal alcanzados durante el vuelo de la pelota.



**Gráfico 4. Características de vuelo de la pelota**

La diferencia entre la *velocidad inicial* alcanzada entre los intentos *exitosos* y los *fallidos* se considera el factor que afectó la *altura máxima* alcanzada por la pelota (6,29 metros y 5,91

metros), ya que para la captura efectiva del implemento se debe contar con una altura óptima, con el fin, de que la atleta realice y complete virtuosamente los movimientos del cuerpo en el aire, en caso contrario, se precipita la recepción.

Por otro lado, se hace visible el valor mayor entre las medias de los intentos en cuanto a la altura relativa de proyección, la cual, resulta de la diferencia entre el momento que la atleta libera el implemento y la altura en el instante cuando es capturado, donde a través de los valores arrojados, se consideró que al liberar el implemento a diferentes alturas (1,84 metros eficaces y 1,71 metros fallidos), la altura máxima que alcanza la pelota será menor, lo que reflejaron los intentos fallidos, no dándole tiempo a la atleta de realizar las acciones correspondientes en el aire, quedando así anticipada la captura de la pelota, ocasionando su caída. Se hizo notable, la diferencia entre la distancia horizontal alcanzada por dicho implemento, desplazándose más en los intentos exitosos, siendo mayor la componente horizontal que la vertical, mostrando los mismos ángulos de proyección, ya que el miembro superior ejecutor (derecho) se mantuvo en 75° con respecto a la vertical, sin embargo, pudo observar la diferencia entre el tiempo de vuelo y la altura alcanzada por el implemento.

Se concluye que de los intentos fallidos y durante la fase de proyección de la pelota, las variables que incidieron en la captura del implemento fueron las siguientes:

- Menor velocidad inicial de proyección de la pelota (11,16 (m/s)
- Menor velocidad vertical de proyección de la pelota (10,77 (m/s)
- Altura de Proyección de la Pelota menor (1,71 metros)
- Altura Relativa de Proyección de la Pelota menor (0,04 metros)
- Altura Máxima Alcanzada por la Pelota menor (6,01 metros)

Dichas fallas, son reflejadas en los intentos fallidos 4, 5 y 6, respectivamente y se confirma que la característica principal que diferencia los intentos exitosos de los exitosos fue la verticalidad de la acción, siendo la consecuencia la no captura de la pelota.

**Cuadro 2. Correlaciones de los componentes del vuelo de la pelota intento exitosos**

	VVP	VHP	AP	ALP	ALRELP	TV	DHP	EP
VIP	0,866		0,866	0,500	0,500	0,500	-0,500	
VVP		-0,866	0,500	0,866	0,866		-0,866	0,866
VHP			-0,866	-0,500	-0,500	-0,500	0,500	
AP								0,866
ALP						-0,500		0,500
ALRELP						-0,500		0,500
TV							0,500	0,500
DHP								-0,500

\*\* . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (2 colas).

VIP=Velocidad inicial de proyección, VVP=Velocidad Vertical de Proyección, VHP=Velocidad Horizontal de Proyección, AP=Ángulo de Proyección, ALP=Altura del centro de gravedad, ALRELP= Altura máxima del centro de gravedad, TV=Tiempo de Vuelo, DHP=Desplazamiento Horizontal del centro de gravedad.

**Cuadro 3. Correlaciones de los componentes del vuelo de la pelota intentos fallidos**

Variables	VVP	VHP	AP	ALP	ALRELP	TV	DHP	EP
VIP	0,500	0,500	-0,500	0,866	0,866	0,866	0,866	0,500
VVP		-0,500	0,500	0,866	0,866	0,866	0,866	
VHP								-0,500
AP								0,500
ALP								0,866
ALRELP								0,866
TV								0,866
DHP								0,866

\*\* . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (2 colas).

VIP=Velocidad inicial de proyección, VVP=Velocidad Vertical de Proyección, VHP=Velocidad Horizontal de Proyección, AP=Ángulo de Proyección, ALP=Altura del centro de gravedad, ALRELP= Altura máxima del centro de gravedad, TV=Tiempo de Vuelo, DHP=Desplazamiento Horizontal del centro de gravedad.

Las asociaciones encontradas, algunas no significativas, se categorizan desde intensidad moderada a muy buena. La velocidad inicial de proyección es un factor importante porque es el inicio de la cadena de eventos para alcanzar con éxito el salto Jete. En los intentos fallidos se observa su influencia sobre el resto de las variables la hace el factor que influye sobre los valores bajos que derivan de ella al compararse con los intentos exitosos.

No se encontró diferencias significativas entre los intentos *Exitoso* y *Fallido*, ver cuadro 4, resultante de la evaluación de la dinámica del centro de gravedad de la gimnasta. Las

relaciones fueron no significativas. Los resultados de la evaluación del implemento mostraron diferencias significativas entre los intentos *Exitosos* y *Fallido* y mostro correlaciones significativas.

**Cuadro 4. Características del vuelo del centro de gravedad de la gimnasta**

Variables	Intentos exitosos	Intentos fallidos
Velocidad inicial de proyección (m/s)	3,43 ± 0,04	3,45 ± 0,13
Velocidad Vertical de Proyección (m/s)	2,30 ± 0,31	2,22 ± 0,10
Velocidad Horizontal de Proyección (m/s)	2,58 ± 0,13	2,59 ± 0,35
Angulo de Proyección (grados)	41,67 ± 2,08	40,67 ± 4,51
Altura del CDG en el instante de proyeccion (m)	1,20 ± 0,05	1,17 ± 0,04
Altura maxima alcanzada del CDG	1,48 ± 0,05	1,40 ± 0,04
Elevacion del CDG (m)	0,27 ± 0,08	0,25 ± 0,02
Tiempo de Vuelo (s)	0,54 ± 0,04	0,44 ± 0,10
Desplazamiento Horizontal del CDG ( m)	1,27 ± 0,15	1,22 ± 0,22
Angulo maximo de separacion entre los muslos	188,00 ± 2,65	180,33 ± 7,23

CDG= Centro de gravedad

Se plantea dos situaciones en el rendimiento: el primero en que el dominio técnico de la gimnasta no representa una desventaja para lograr un óptimo rendimiento, pero se encontró diferencia en la cinética de la pelota, lo que indica que la manipulación externa del implemento es el factor que incide en la puntuación final que logra la atleta.

### Discusión

En lo que respecta al procedimiento propuesto para la evaluación de los saltos se encontró similitud con lo descrito por Sousa & Lebre, (1998). A diferencia de nuestros resultados en los que la velocidad inicial de proyección incidió significativamente en el resto de las variables, estos autores concluyeron que el ángulo de despegue fue el parámetro cinemático de mayor influencia durante la ejecución de estos saltos.

Las características de vuelo del cuerpo representan un aspecto fundamental dentro de la ejecución de la destreza, ya que determinarán la actuación de la atleta para lograr o no el objetivo del movimiento, reflejando diferencias poco significativas a nivel corporal entre los intentos eficaces y fallidos. Se apreció que la atleta desarrolla poca velocidad vertical de proyección en los intentos fallidos con una media de 2,22 metro por segundo, en comparación con la alcanzada en los intentos eficaces de 2,30 metro por segundo; lo que influyó en el tiempo de vuelo de la atleta, siendo este mayor en los eficaces 0,54 segundos en relación a los fallidos 0,44 segundo, sin embargo, los valores están por debajo en comparación con los reportados por Smith, (1984) y afirma que el tiempo estimado de vuelo del cuerpo debe ser de al menos 1 segundo de duración .

El mayor tiempo de vuelo garantizará que se cumplan las exigencias corporales: la captura de la pelota, la hiperextensión del tronco y el mayor ángulo de separación entre los muslos. El ser

mayor la componente horizontal de la velocidad, se presentará un salto más bajo y con menor tiempo en el aire, siendo reducido el ángulo de proyección del cuerpo, ya que para lograr un ángulo de proyección óptimo de 45° (Smith, 1984), la componente de la velocidad horizontal y vertical deben ser iguales.

Los saltos resultan uno de los elementos que presentan mayor dificultad (Federación Internacional de Gimnasia, 2015) y son incluidos en los aparatos de suelo y barra de equilibrio dentro de la Gimnasia Artista (GA) y en todos los aparatos de la Gimnasia Rítmica (GR), por tanto, se considera una disciplina de interés, por ello se han realizado comparaciones entre ambas modalidades de la Gimnasia (Grande, I., Figueroa, J., Hontoria, M., Bautista, 2008). En cuanto a la velocidad máxima de salto que desarrollan las atletas se ha encontrado que las practicantes de GR superan de forma considerable a las atletas de GA, en cuanto la fuerza aplicada, que resulta una variable determinante en el movimiento.

En función del ángulo de proyección del implemento, se ve influenciado por la componente vertical y horizontal, tanto en los intentos eficaces como en los fallidos; se obtuvo similar ángulo de proyección, coincidiendo éste, con la media de cada uno de los intentos al igual que con la media general.

### **Conclusiones**

La incidencia de las características de proyección, principalmente de la pelota, quebrantan la correcta ejecución del salto, afecta principalmente la manipulación de dicho implemento, siendo determinante la velocidad inicial de proyección para el logro de la captura de la pelota.

Las características corporales y técnicas de la atleta no resultaron determinantes en la ejecución del salto.

La velocidad inicial de proyección del implemento influye sobre las variables: altura y tiempo de vuelo.

El ángulo de proyección del cuerpo de la atleta influye sobre las variables: altura y tiempo de vuelo.

Las características de proyección de la pelota resultan determinantes en el logro del objetivo del salto.

La evaluación video-gráfica pone de manifiesto las deficiencias de ejecución y por lo tanto resulta una herramienta valiosa para el investigador al momento de estudiar el rendimiento físico y técnico.

### **Recomendaciones**

1. Introducir medios apoyados en el método fraccionado con énfasis en la coordinación óculo-manual que impacte en el ángulo de proyección de del cuerpo y de velocidad inicial de la pelota

2. Incorporar en la evaluación del rendimiento individual la fuerza muscular del tren inferior (variables cinéticas).

### Referencias

- Abruzini, E. (2000). *Código de Puntuación de Gimnasia Rítmica. Ciclo 1996-2000*. Federación Internacional de Gimnasia. Lausana, Suiza: Autor.
- Aykroyd, P. (1983). *Técnicas y destrezas de la gimnasia*. Bogotá-Colombia: Educar Editores.
- Federación Internacional de Gimnasia. (2013) *Código de Puntuación de Gimnasia Rítmica 2013-2016*. Lausana, Suiza: Autor.
- Fédération Internationale de Gymnastique (2015). Código De Puntuación 2013-2016. Disponible: [www.fig-gymnastics.com](http://www.fig-gymnastics.com)
- Ferro Sánchez, A., Rivera Sánchez, A., & Pagola Aldazabal, I. (1999). Metodología para el análisis cinético de saltos específicos de gimnasia rítmico-deportiva. Disponible: <http://webcache.googleusercontent.com/>
- Fleiss, J. L. (2011). *Design and Analysis of Clinical Experiments* (6th ed). New York: Wiley. Chicago: John Wiley & Sons.
- Grande Rodríguez, I., Bautista Reyes, A., & Galán, M. (2008). Biomecánica aplicada al diseño de una Herramienta de Evaluación de los saltos en Gimnasia Rítmica atendiendo al Código Internacional de Puntuación. Aplicación a la evaluación del salto zancada. *Apunts. Educación física y deportes*, 3(93), 55–61.
- Grande Rodríguez, I., Sampedro Molinuelo, J., Rivilla-García, J., Bofill Ródenas, A., & Hontoria Galán, M. (2010). Evolución y relación de la capacidad de salto y amortiguación en gimnastas de rítmica de alto nivel. *Cuadernos de Psicología del Deporte*, 10(2). Retrieved from <http://revistas.um.es/cpd/article/view/112601>.
- Grande, I., Figueroa, J., Hontoria, M., Bautista, A. (2008). Rendimiento en el Deporte. Evolución y comparación de la capacidad de salto de los equipos nacionales de gimnasia artística femenina y rítmica durante la preparación del Campeonato del Mundo 2007. *Revista Kronos*.

- Ilisastiqui, M. (2001). Algunas consideraciones acerca de la preparación y selección deportiva en Gimnasia Rítmica Deportiva. *Ef deportes.com* 6 (33). Disponible: <http://www.efdeportes.com/efd33a/ritmica1.htm>
- Lees, A. (1999). Biochemical assessment of individual sports for improved performance. *Sports Medicine* (Auckland, N.Z.), 28(5), 299–305.
- Lepelley, M.-C., Thullier, F., Koral, J., & Lestienne, F. G. (2006). Muscle coordination in complex movements during Jeté in skilled ballet dancers. *Experimental Brain Research*, 175(2), 321–331. <https://doi.org/10.1007/s00221-006-0552-1>.
- Pérez Gómez, J., Vicente Rodríguez, G., Ara Royo, I., Arteaga, R., López Calbet, J. A., & Dorado, C. (2006). Capacidad de salto en niñas prepúberes que practican gimnasia rítmica. *European Journal of Human Movement*, (15), 25.
- Platonov, V. N. (2001). *Teoría general del entrenamiento deportivo olímpico*. Barcelona: Editorial Paidotribo.
- Rutkowska-Kucharska, A. (1998). Take-off structure and touch down loads during landing in selected rhythmic sport gymnastics jumps. *ISBS - Conference Proceedings Archive*, 1(1). Retrieved from <https://ojs.ub.uni-konstanz.de/cpa/article/view/1667>.
- Sousa, F., & Lebre, E. (1998). Biomechanics of jumps in rhythmic sport gymnastics (rsg) kinematic analysis of the principal jumps in RSG. *ISBS - Conference Proceedings Archive*, 1(1). Retrieved from <https://ojs.ub.uni-konstanz.de/cpa/article/view/989>.
- Smith T. (1984) *Biomecánica y gimnasia*. España: Editorial Paidotribo.
- Wyon, M., Harris, J., Brown, D., & Clark, F. (2013). Bilateral differences in peak force, power, and maximum plié depth during multiple grandejetés. *Medical Problems of Performing Artists*, 28(1), 28–32.
- Zissu, M., & Loaiza, M. (2007). *Modelo Biomecánico del Salto Jete con hiperextensión del tronco y lanzamiento de la pelota con captura al frente en la fase de vuelo en Gimnasia Rítmica*. Tesis de maestría no publicada. Universidad Pedagógica Experimental Libertador. Instituto Pedagógico de Caracas.