

## **Análisis biomecánico de la patada Mawashi Geri Jodan en el Kárate-Do**

### **Biomechanical analysis of the Mawashi Geri Jodan kick in Karate-Do**

### **A análise biomecânica do pontapé de Mawashi Geri Jodan no Karate-Do**

**Lino Michel Valdés Cabrera**<sup>1\*</sup>  <https://orcid.org/0000-0003-2812-8180>

**Zelma Quetglas González**<sup>1</sup>  <https://orcid.org/0000-0001-6273-9319>

**Rosa María Tabares Arévalos**<sup>1</sup>  <https://orcid.org/0000-0003-2721-6402>

**Raúl Enrique Ruíz Viladón**<sup>1</sup>  <https://orcid.org/0000-0001-7687-8504>

<sup>1</sup>Universidad de Pinar del Río "Hermandades Saíz Montes de Oca". Facultad de Cultura Física "Nancy Uranga Romagoza". Pinar del Río, Cuba.

\*Autor para la correspondencia: [linom.valdes@upr.edu.cu](mailto:linom.valdes@upr.edu.cu)

**Recibido:** 25 de noviembre de 2019.

**Aprobado:** 21 de enero de 2020.

## **RESUMEN**

Las expectativas actuales del deporte contemporáneo han impuesto retos que necesariamente implican, desde posiciones de ciencia, la búsqueda constante de nuevas tecnologías que permitan elevar el resultado deportivo de los atletas, de lo cual no ha quedado exento el kárate-do. En la presente investigación, se realizó un estudio de las características biomecánicas que tributan al cumplimiento del patrón técnico de la patada Mawashi Geri Jodan, con el objetivo de proponer el procedimiento para su análisis, considerando los indicadores biomecánicos que garantizan su patrón técnico. Para ello, se trabajó con una muestra de seis atletas de los dojos del municipio Pinar del Río, así como una muestra secundaria de seis entrenadores y ocho especialistas. Se emplearon métodos y técnicas científicas de investigación como el analítico-sintético, inductivo-deductivo, análisis de documentos, la observación, la entrevista, la videografía, medición y el criterio de expertos. Para lograr el propósito, se tomó como referencia una metodología, identificando las características biomecánicas que contribuyen al resultado de esta técnica, las que fueron complementadas por el análisis del modelo determinístico construido. Una vez seleccionadas las características biomecánicas que posibilitan la ejecución exitosa de esta técnica, se procedió, mediante el criterio de expertos, al análisis cuantitativo de las variables con su correspondencia, en la incidencia del resultado de la ejecución del movimiento técnico mediante la videograbación. Las características biomecánicas



determinadas, que aparecen en el modelo determinístico construido para la técnica, son factibles para el análisis de la calidad de la ejecución de esta patada.

**Palabras clave:** análisis biomecánico; técnica Mawashi Geri Jodan; análisis de la preparación técnica en el kárate.

## ABSTRACT

The current expectations of contemporary sport have imposed challenges that necessarily imply, from positions of science, the constant search for new technologies that will allow athletes to raise their sporting performance, from which karate-do has not been exempt. In the present research, a study of the biomechanical characteristics that contribute to the fulfillment of the technical pattern of the Mawashi Geri Jodan kick was carried out, with the objective of proposing the procedure for its analysis, considering the biomechanical indicators that guarantee its technical pattern. For this purpose, a sample of six athletes from the dojos of the Pinar del Río municipality was worked on, as well as a secondary sample of six coaches and eight specialists. Scientific research methods and techniques were used, such as analytical-synthetic, inductive-deductive, document analysis, observation, interview, videography, measurement and expert judgment. To achieve the purpose, a methodology was taken as reference, identifying the biomechanical characteristics that contribute to the result of this technique, which were complemented by the analysis of the deterministic model built. Once the biomechanical characteristics that make possible the successful implementation of this technique were selected, the quantitative analysis of the variables with their correspondence in the incidence of the result of the implementation of the technical movement through video recording was carried out by means of expert criteria. The determined biomechanical characteristics that appear in the deterministic model constructed for the technique, are feasible for the analysis of the quality of the execution of this kick.

**Keywords:** biomechanical analysis; Mawashi Geri Jodan technique; analysis of technical preparation in karate.

## RESUMO

As expectativas atuais do desporto contemporâneo impuseram desafios que implicam necessariamente, a partir de posições da ciência, a constante procura de novas tecnologias que permitam aos atletas elevar o seu desempenho desportivo, do qual o karate-do não tem sido isento. Na presente investigação foi realizado um estudo das características biomecânicas que contribuem para o cumprimento do padrão técnico do pontapé Mawashi Geri Jodan, com o objectivo de propor o procedimento para a sua análise, considerando os indicadores biomecânicos que garantem o seu padrão técnico. Para isso, foi trabalhada uma amostra de seis atletas dos dojos do município de Pinar del Río, assim como uma amostra secundária de seis treinadores e oito especialistas. Foram utilizados métodos e técnicas de pesquisa científica, tais como análise analítico-sintética, indutivo-dedutiva, análise documental, observação, entrevista, videografia, medição e julgamento por especialistas. Para alcançar o objetivo, tomou-se como referência uma metodologia, identificando as características biomecânicas que contribuem para o resultado desta técnica, as quais foram complementadas pela análise do modelo determinístico construído. Uma vez selecionadas as características biomecânicas que tornam possível a execução bem-



sucedida desta técnica, a análise quantitativa das variáveis com sua correspondência na incidência do resultado da execução do movimento técnico por meio da gravação em vídeo foi realizada por meio de critérios de especialistas. As determinadas características biomecânicas que aparecem no modelo determinístico construído para a técnica, são viáveis para a análise da qualidade da execução deste chute.

**Palavras-chave:** análise biomecânica; técnica de Mawashi Geri Jodan; análise da preparação técnica em karatê.

## INTRODUCCIÓN

En el deporte resulta cada vez más difícil mejorar un resultado alejado de las nuevas tecnologías y de los modernos sistemas de entrenamientos. En la actualidad, los profesionales del deporte tienen que pensar que la competitividad del deporte descansa, cada vez más, en la eficiente aplicación de la ciencia y la técnica.

La observación del movimiento que se ejecuta es una tarea permanente de los profesionales del deporte para saber si las acciones motoras se han realizado en correspondencia con el patrón de la técnica, si se han realizado de manera correcta o incorrecta y sus causas.

En cualquier modalidad deportiva, el atleta ejecuta un determinado número de movimientos técnicos a elevada velocidad, razón por la cual le resulta bien difícil al entrenador, por mucha experiencia que tenga y un ojo especializado, determinar cómo se ha ejecutado la técnica.

Los avances tecnológicos en la informática y las comunicaciones dan solución a este problema, al disponer el entrenador de videos de la ejecución de la técnica y de softwares de análisis del movimiento. Estos avances tecnológicos permiten, además, del análisis cualitativo del movimiento a partir de si se cumplen una serie de criterios para su ejecución, el análisis a partir de los valores numéricos que alcanzan las variables mecánicas que garantizan el resultado de la acción motora (Acero, J.A. 2004 y Zissu, M. 2012).

Entre estos avances se encuentra el actual desarrollo de la Biomecánica, evidenciado por los nuevos procedimientos y técnicas de investigación, en los cuales es posible reconocer la tendencia creciente en combinar varias disciplinas científicas en el análisis del movimiento. En los últimos años, el progreso de las técnicas de medición, el almacenamiento y procesamiento de datos han contribuido, en gran medida, en el análisis del movimiento humano.

Un entrenador exitoso debe conocer las características del movimiento bajo análisis, al igual que los factores que contribuyen para una ejecución fluida (y hábil) del movimiento. Una técnica defectuosa impedirá al atleta usar sus capacidades físicas máximas (fuerza, flexibilidad, resistencia, etc.), impidiendo la mejora de su desempeño (Soares Leite, W. 2012).

Resulta imprescindible para los profesores deportivos, conocer los fundamentos biomecánicos que justifican los movimientos del deportista, especialmente en el alto rendimiento, pues trabajan para lograr en sus atletas el máximo rendimiento deportivo, el cual depende de la precisión en los detalles. Por su parte, también es



útil para el atleta, pues, al poseer un conocimiento claro de los detalles y las causas que pueden mejorar o empeorar sus ejecuciones, logra mejorar su técnica, acelerando el aprendizaje de la misma, puesto que es capaz de establecer la relación entre la causa y el efecto de sus movimientos, aspectos que convierten a esta ciencia en un instrumento que reporta, tanto al profesor deportivo como al atleta (Perdomo, Perdomo y Sánchez, 2018).

En el caso específico de deportes de combate como el taekwon-do y el kárate-do, existen estudios recientes en que se analizan, desde la Biomecánica, diferentes elementos técnicos de estas disciplinas deportivas, como los publicados por Soto Benalcázar, (2015); Avitia y Reina, (2016); Loachamin *et al.*, (2017); Barreno López, (2017) y Hariri y Sadeghi, (2018).

El kárate-do es un deporte de combate que permite la acumulación de diversas fuerzas al momento de realizar los diferentes movimientos técnicos, característicos por su velocidad, fluidez y fuerza, manteniendo como base fundamental la concentración. Esta disciplina deportiva es un sistema de lucha, basado en el impacto que alcanza su máxima efectividad en enfrentamientos de distancia media; generalmente se basa en una fuerte acción muscular para desarrollar fuerza.

Dentro de los elementos técnicos del kárate-do, la patada es una de las técnicas fundamentales y de difícil ejecución; dentro de ellas, la Mawashi Geri Jodan es una de las patadas que más utilidad se le da en el sistema competitivo (Hariri, S. y Sadeghi, H. 2018), pues es una de las que tiene el valor máximo de puntuación y es la primera que se enseña por ser la de menor complejidad técnica.

Si en los entrenamientos se utiliza, como único indicador, la apreciación visual para analizar el cumplimiento del patrón del movimiento, no se podrá determinar si se han usado correctamente las leyes de la mecánica para lograr el movimiento que garantiza el modelo o patrón realizado. Precisamente, esta situación nos aporta los antecedentes que constituyen la situación problemática que nos conduce a realizar esta investigación.

En visitas realizadas a los dojos del municipio de Pinar del Río, se ha observado que los entrenadores realizan el análisis de la técnica de los atletas por el método tradicional, observación directa al ejecutar los atletas el movimiento y en entrevistas con los entrenadores, se aprecia que desconocen el procedimiento a seguir para realizar el análisis biomecánico, aplicando la tecnología de avanzada de que se dispone.

Partiendo de lo anterior, el control de la técnica Mawashi Geri Jodan es insuficiente, solo se realiza mediante la observación directa al ejecutar el movimiento los atletas. Con esta forma de control, a pesar de la experiencia de los entrenadores, es imposible obtener la información necesaria sobre el cumplimiento del patrón del movimiento técnico, lo que dificulta el perfeccionamiento de la técnica y, como consecuencia, el rendimiento competitivo de los mismos.

Por ello, es que se realiza la presente investigación, con el objetivo de proponer el procedimiento de análisis de la técnica Mawash Geri Jodan en los dojos del municipio de Pinar del Río, considerando los indicadores biomecánicos que garantizan su patrón técnico y así contribuir al proceso de enseñanza y perfeccionamiento de esta valiosa técnica en el resultado competitivo de los atletas.



## MATERIALES Y MÉTODOS

En la realización de la investigación, se utilizaron métodos de carácter teórico, empíricos y técnicas correspondientes, los cuales se describen a continuación. En todo el proceso de investigación, estuvo presente el método analítico-sintético, pero con mayor énfasis durante la valoración de la información recopilada, en la determinación de regularidades y tendencias de la técnica Mawashi Geri Jodan, así como cuando se estudiaron los factores que influyen en esta técnica y se determinaron los indicadores biomecánicos que caracterizan esta patada.

También el método inductivo-deductivo se manifiesta durante toda la investigación; en particular, estos procesos lógicos estuvieron presentes al inferir las características biomecánicas que inciden en el resultado de la técnica objeto de estudio y en la adopción del modelo determinístico.

Se utilizó el método análisis de documentos para la revisión de todas las fuentes de consulta, materiales, textos y artículos que fundamentaron nuestra investigación, dándole un soporte teórico y metodológico.

Se empleó la observación directa durante 20 sesiones de entrenamiento a seis atletas cinta verde de los dojos del municipio Pinar del Río, con el propósito de llegar al diagnóstico de la situación problemática y en el proceso de obtención del video y su análisis.

A estos seis atletas se les aplicó también la Medición indirecta, valorándose las características biomecánicas de la ejecución de la patada Mawashi Geri jodan, en particular, las cinemáticas espaciales, temporales y espacio-temporales. Para el análisis de los movimientos, se empleó el software KINOVEA versión 0.8.27, el cual está siendo utilizado en las investigaciones biomecánicas para la realización de estudios cinemáticos.

Así mismo, se aplicó una entrevista a seis entrenadores con más de diez años de experiencia en esta labor, que fueron los encargados de realizar el proceso de entrenamiento; se utilizó una guía elaborada con el propósito de conocer las consideraciones en relación con el proceso establecido para lograr el perfeccionamiento de la técnica Mawashi Geri Jodan en sus atletas.

También se utilizó la videografía en los seis atletas mencionados, técnica biomecánica que posibilitó el registro de los datos relacionados con la acción motora objeto de estudio y el posterior análisis de los resultados, así como para obtener la caracterización cuantitativa de los indicadores previamente seleccionados.

A través del criterio de expertos, se efectuó la valoración teórica del procedimiento propuesto. Para ello, se conformó un grupo, integrado por ocho expertos de reconocida autoridad e idoneidad respecto al tema, todos licenciados en Cultura Física, con un coeficiente de competencia alto en el tema, adecuado nivel académico relacionado con el perfil del trabajo y con más de diez años vinculados a la actividad.



## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Una vez aplicados los métodos y técnicas de investigación, se procedió al análisis de la información obtenida de la teoría revisada. Se comenzó por la identificación de las características biomecánicas que tributan al resultado de la patada Mawash Geri Jodan y se tomó como referencia la metodología propuesta por **Ferro y Floría, (2007)**. Esta estructura, aunque fue establecida para el análisis del lanzamiento de disco, es viable para toda acción motora.

En esta metodología, los autores proponen los siguientes pasos:

1. Recopilar la información relevante del movimiento técnico.
2. Fijar el objetivo final del movimiento.
3. Dividir el movimiento en fases.
4. Fijar los criterios de efectividad biomecánica 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 que están relacionadas con dichos aspectos técnicos.
7. Señalar los criterios de valoración.
8. Anotar los valores aportados por la bibliografía para esas mismas variables biomecánicas.

La alternativa metodológica propuesta por **Ferro y Floría, (2007)** consta de ocho pasos, pero para los efectos que se tomó esta referencia, se seleccionaron solo los pasos uno, dos, tres, cuatro y seis.

1- Recopilar la información relevante del movimiento técnico.

En este primer paso, se realizó un proceso exhaustivo de síntesis de información procedente de fuentes, como la propia observación de la ejecución de la patada por los atletas estudiados, de reuniones mantenidas con técnicos deportivos para conocer sus inquietudes, así como el proceder que utilizan para la enseñanza y perfeccionamiento de la patada Mawashi Geri Jodan y de la revisión bibliográfica sobre biomecánica y el entrenamiento de la técnica objeto de estudio.

2- Fijar el objetivo final del movimiento.

La segunda fase consistió en expresar con precisión el objetivo final del movimiento. Según **Kreighbaum y Barthels, (1996)**, cada una de las fases tiene su propio propósito mecánico que facilita y contribuye al cumplimiento exitoso del objetivo general de rendimiento.

Para determinar el propósito mecánico en esta fase, se tuvo en cuenta que, en el kárate, el resultado competitivo lo decide el puntaje acumulado. Entonces, el objetivo final del movimiento estudiado es marcar en la parte alta del tren superior, en el menor tiempo posible.



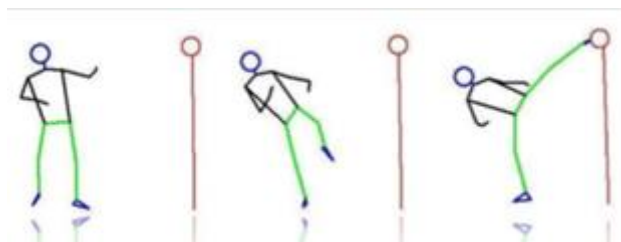
### 3- Dividir el movimiento en fases.

Para dividir el movimiento en fases, se utilizaron los criterios de [Donskoi, D. \(1988\)](#), acerca de la estructura cinemática de los movimientos, para lo cual, según el mismo autor, se toma el cuadro externo, al tener en cuenta la forma y carácter del movimiento.

Teniendo en cuenta este criterio, en las diferentes disciplinas deportivas, así como en el kárate, se plantean tres fases: inicial, principal y final, según el Programa Integral de Preparación del Deportista de kárate ([Sánchez, I.Y. et al., 2013](#)).

En los trabajos y autores consultados como [Zissu, M. \(2012\)](#); [Soto, E.A. \(2015\)](#) y [Toro, A. \(2018\)](#), en relación con acciones ofensivas en el Kárate y la ejecución de la técnica Mawashi Geri Jodan, se describen igualmente tres fases: fase preparatoria, integrada por las acciones de la posición de guardia y de los movimientos para acercarse al adversario; fase activa, comprendida desde el instante en que el pie que ejecuta, pierde el contacto con el tatami y logra el contacto con el adversario y la de recuperación o la fase de regreso a la posición inicial (de guardia).

En esta investigación, el estudio se dirigió solamente a la fase activa, considerada como la fundamental en esta acción motora, delimitándola desde el instante en que el tronco inicia el movimiento de rotación en la dirección del movimiento del miembro inferior ejecutor, durante el apoyo bipodal, hasta que el miembro inferior ejecutor logra el contacto con el adversario. (Figura 1)



**Fig. 1.** - Fase activa Mawashi Geri Jodan

### 4- Fijar los criterios de efectividad biomecánica de cada fase.

Delimitada la fase a estudiar, se procedió a fijar los criterios biomecánicos de efectividad que deben cumplirse para lograr el objetivo mecánico de esta fase, precisado en el segundo paso de la metodología.

Partiendo de que esta fase tiene por objetivo: marcar en la parte alta del tren superior, en el menor tiempo posible.

Al analizar el propósito mecánico de esta fase, se determinaron como criterios de efectividad biomecánicos que deben cumplirse para lograr el mismo:

- La estabilidad del cuerpo durante el apoyo unipodal, adoptando una postura que posibilite la ubicación del centro de gravedad del cuerpo dentro de la base de sustentación y manteniendo asentada, en el suelo, la totalidad de la planta del pie del miembro de apoyo.





- Alcanzar en el miembro inferior ejecutor alta velocidad, pero controlable para frenar el movimiento, instantes antes del contacto con el adversario.

5- Identificar y definir las variables biomecánicas que están relacionadas con los aspectos técnicos.

Analizando los resultados de todo el proceso seguido de la observación y discusión de la ejecución técnica con los entrenadores de los atletas estudiados, se consideró que hay dos factores mecánicos esenciales en la ejecución de esta acción motora: la estabilidad del cuerpo del atleta y la velocidad del miembro inferior ejecutor y, a partir de ellos, se identificaron las siguientes características espaciales, temporales y espacio-temporales que tributan al logro de los aspectos técnicos en la patada Mawashi Geri Jodan:

### Características espaciales:

Posiciones angulares de los segmentos corporales: Ángulo de flexión y de extensión de la rodilla y de inclinación del tronco (Figura 2).



**Fig. 2.-** Posiciones angulares

Ángulo de flexión de la rodilla (A). Para conseguir la máxima velocidad del miembro inferior ejecutor, debe plegarse la rodilla al máximo y el talón atraerlo todo lo posible hacia los glúteos, así se incrementa el espacio de aceleración y se contribuye al incremento de la velocidad, criterio por el que se seleccionó esta característica.

Ángulo de extensión de la rodilla (B). Para aprovechar el espacio de aceleración y contribuir a la obtención de altos valores de velocidad, debe extenderse totalmente la rodilla a un ángulo de 180 f.

Ángulo del tronco (C). El tronco debe inclinarse en sentido contrario del movimiento, con la finalidad de mantener el centro de gravedad del cuerpo encima de la base de sustentación para conservar la estabilidad del cuerpo, recomendándose como ángulo ideal de inclinación del tronco de 45 f.

Ubicación del centro de gravedad del cuerpo (CGC) y posición del talón del miembro inferior de apoyo (Figura 3).







**Fig. 3-** Ubicación del centro de gravedad del cuerpo

Ubicación del centro de gravedad del cuerpo (CGC). Se seleccionó esta característica ya que el factor fundamental que determina la estabilidad de los cuerpos es la localización del CGC dentro de la base de sustentación.

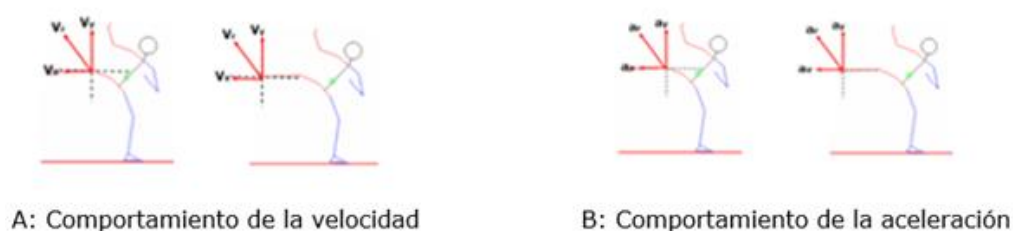
Posición del talón del miembro inferior de apoyo. Es importante asentar en el tatami la planta entera del pie, del miembro inferior de apoyo, a fin de no minimizar la zona básica de sustentación, para no hacer el movimiento más inestable de lo que resulta con ese apoyo unipodal.

### Características temporales

Tiempo de la fase activa; de la subfase de flexión máxima y de la subfase de extensión de la rodilla. Se toman estas características con el objetivo de valorar la duración de las subfases de flexión y extensión de la rodilla. Para contribuir a resultados de valores altos de la velocidad, la subfase de extensión debe presentar menor duración, esta debe ser menor e igual a los 0.15 segundos para aprovechar la energía elástica acumulada.

### Características espaciotemporales:

Comportamiento de la velocidad, la aceleración y sus componentes en la rodilla y el tobillo (Figura 4).



**Fig. 4.** - Comportamiento de la velocidad y la aceleración

Comportamiento de la velocidad lineal en la rodilla y el tobillo (A). Para analizar la manifestación de la resultante de la velocidad y sus componentes durante toda la trayectoria. Comportamiento de la aceleración lineal de la rodilla y el tobillo (B). Para analizar la manifestación de la resultante de la aceleración y sus componentes durante toda la trayectoria.

Sobre la base del propósito mecánico de la fase activa determinada y de los indicadores de efectividad, tanto cualitativos como cuantitativos identificados, se construyó el modelo determinístico para la fase activa de la técnica Mawashi Geri Jordan, ya que constituye un patrón estructurado, en una forma esquematizada y



lógica que permite visualizar, de manera clara, la interrelación que existe entre el resultado (objetivo) que se persigue y los factores mecánicos que intervienen para que este se logre, lo que permite, finalmente, la complementación de los resultados obtenidos.

Este modelo creado por Hay y Reid, (1988), está basado en la relación causa-efecto, partiendo de los parámetros de rendimiento (resultado), de una especialidad deportiva determinada, expresado mediante un diagrama de bloque. Es una subordinación de características biomecánicas en secuencia, donde las inferiores explican las superiores.

El modelo construido que visualiza la interrelación que existe entre el resultado (objetivo) que se persigue y los factores mecánicos que intervienen para que este se logre, referido a la fase activa de la técnica Mawashi Geri Jodan, se muestra a continuación (Figura 5).

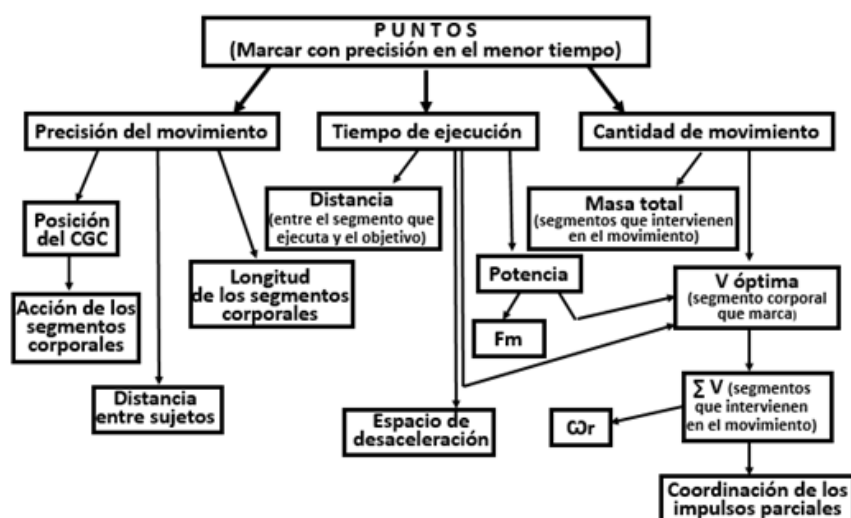


Fig. 5. - Modelo Determinístico para la Mawashi Geri Jodan

En el proceso de construcción del modelo, se analizó otro aspecto a destacar para la definición de las características biomecánicas; el análisis biomecánico de la ejecución del movimiento sobre la base de los principios biomecánicos definidos por Hochmuth, G. (1973), que se ponen de manifiesto durante la ejecución. Identificando el principio de coordinación de impulsos parciales.

El cumplimiento de este principio garantiza valores altos de velocidad. Los impulsos deben ir coordinados desde los movimientos de la cadera, muslo, pierna y pie, ya que la velocidad resultante está dada por la suma de las velocidades desarrolladas por cada segmento corporal que interviene en el movimiento.

Otro principio de Hochmuth, G. (1973), que tributa al resultado de esta técnica, es el principio de acción y reacción. Al girar el tronco en sentido contrario al giro del miembro inferior que ejecuta la acción de patear, como reacción a ese movimiento, gira la cadera y el miembro inferior como prolongación de esta, en sentido contrario, facilitando el movimiento técnico y el incremento de la velocidad del miembro inferior ejecutor.



Las características biomecánicas determinadas como influyentes en el resultado de la ejecución de la Mawashi Geri Jodan fueron sometidas a un análisis de expertos. Al examinar los resultados obtenidos con este método, se pudo comprobar fácilmente que la concepción teórica aplicada para su selección es muy adecuada según la categoría otorgada a los diferentes parámetros evaluados.

Al calcular el coeficiente de concordancia de Kendall ( $W$ ) para medir el grado de concordancia de los expertos en las respuestas a las preguntas realizadas al respecto, se obtiene un valor de 0,81 ( $W = 0,81$ ), que expresa un alto grado de acuerdo entre los expertos, lo que manifiesta que las características seleccionadas teóricamente influyen con un alto grado en la calidad de la ejecución de la patada objeto de estudio.

Para comprobar en la práctica la influencia de estas características en la ejecución de la Mawashi Geri Jodan, se procedió al análisis cualitativo de la ejecución de esta técnica por los atletas objetos de estudio; se constató la influencia que tuvo el comportamiento de los valores obtenidos de las diferentes características biomecánicas seleccionadas en la ejecución exitosa de esta técnica. A continuación, se muestran algunos ejemplos (Figura 6).

### Características espaciales:

Posiciones angulares de los segmentos corporales:



Ángulo de flexión de la rodilla (A)



Ángulo de extensión de la rodilla (B)



Ángulo del tronco (C)



**Fig. 6. -** Medición de las posiciones angulares

Ángulo de flexión de la rodilla (A): al calcular el ángulo de flexión de la rodilla, el valor obtenido en el atleta 1 fue de 54 f y en el atleta 2 fue de 80 f. Valorando cualitativamente la técnica ejecutada por los atletas, fue notable la calidad del primero con respecto al segundo, por lo que se infirió que esta característica biomecánica influye en el éxito de esta técnica.

Ángulo del tronco: al analizar los resultados obtenidos con respecto al ángulo de inclinación del tronco en el atleta 1, fue de 48,7 f y el atleta 2 fue 50,4 f. Como se puede observar, el atleta 1 se acerca más al ángulo ideal de los 45 f, realizando una mejor ejecución del movimiento con respecto al segundo, por lo que se dedujo que esta característica biomecánica incide en el resultado de esta técnica.

Ubicación del centro de gravedad del cuerpo (CGC) y posición del talón del miembro inferior de apoyo (Figura 7).



**Fig. 7. -** Representación del centro de gravedad del cuerpo

Ubicación del centro de gravedad del cuerpo (CGC): en relación con los resultados obtenidos, se puede apreciar que en el atleta 1, la vertical del centro de gravedad cae dentro de la base de sustentación, no siendo así en el atleta 2, donde su centro de gravedad cae fuera de la base de sustentación, teniendo mejores posibilidades de marcar puntos el primer atleta que el segundo, por lo que se concluyó que esta característica biomecánica incide en el resultado de la técnica.

Posición del talón del miembro inferior de apoyo: al valorar la posición del talón del miembro inferior de apoyo, se observó que el atleta 1 asienta la planta entera del pie en el tatami, mientras que el atleta realiza una ligera elevación del talón. Analizando el movimiento ejecutado por ambos atletas, se observó que el primer atleta tiene mejor ejecución técnica que el segundo, por lo que esta característica biomecánica influye en el resultado de esta técnica.



### Características temporales:

Tiempo de la fase activa; de la subfase de flexión máxima y de la subfase de extensión de la rodilla (Figura 8).

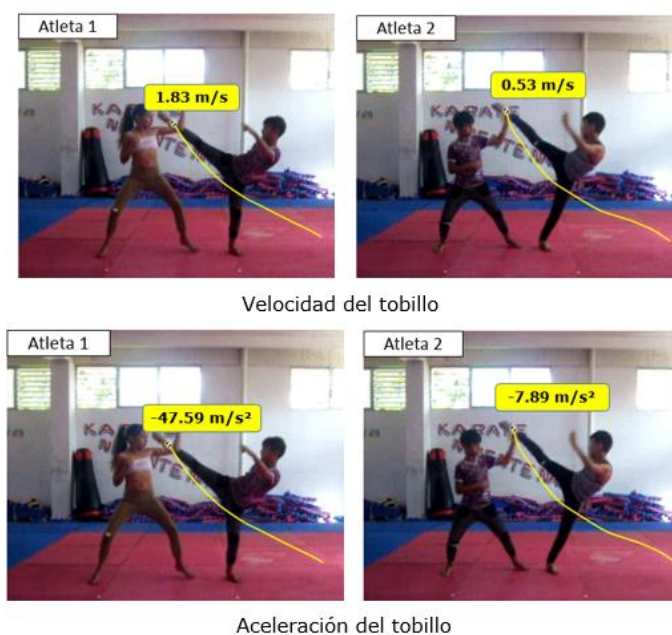


**Fig. 8.-** Tiempo de la fase activa

Tiempo de la fase activa: al calcular el tiempo de la fase activa, el valor obtenido en el atleta 1 fue de 0.37 segundos y en el atleta 2, fue de 0.40 segundos. Valorando las diferencias en los tiempos de la subfase de extensión de la rodilla, se demuestra que el primer atleta ejecuta más rápido que el segundo, por lo que se infirió que esta característica biomecánica es importantísima en el logro de este movimiento.

### Características espaciotemporales:

Comportamiento de la velocidad, la aceleración y sus componentes en la rodilla y el tobillo (Figura 9).



Velocidad del tobillo

Aceleración del tobillo

**Fig. 9. -** Cálculo de la velocidad y la aceleración





Comportamiento de la velocidad lineal en el tobillo: al calcular el comportamiento de la velocidad del tobillo en la fase activa, se puede observar que el atleta 1 registró una velocidad de 1.83 m/s y que en el atleta 2 fue de 0.53 m/s. Analizando la técnica ejecutada por los atletas, se observó que el primero realiza mejor el movimiento que el segundo, por lo que se infirió que esta característica biomecánica influye en el resultado de esta técnica.

De igual forma, los resultados de los componentes de la velocidad en el atleta 1 son mejores que en el atleta 2, ya que este es capaz de garantizar valores altos de velocidad, comprometiendo en el movimiento cada segmento corporal que interviene en la patada. Cumpliendo con el Principio de coordinación de impulsos parciales.

Comportamiento de la aceleración lineal del tobillo: al calcular la aceleración, el valor obtenido en el atleta 1 fue de 47.59 m/s<sup>2</sup> y en el atleta 2, fue de 7.89 m/s<sup>2</sup>. Al analizar la ejecución del movimiento, se observa que el atleta 1 realiza la técnica más cerca de la zona de puntuación que el atleta 2, por lo que se infirió que esta característica biomecánica influye en el resultado de este movimiento.

Los resultados obtenidos, mediante el análisis del movimiento y el criterio expresado por los expertos, manifiestan que las características biomecánicas seleccionadas influyen con un alto grado en la calidad de la ejecución de la patada objeto de estudio y se demuestra, de esta forma, que las características biomecánicas influyen en el resultado de la acción motora. Existe una interrelación entre el comportamiento de las características biomecánicas y la calidad de la ejecución de la técnica.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acero, J.A. (2004). *El análisis cualitativo y cuantitativo en los movimientos deportivos*. Revista Palestra. Facultad de Cultura Física Universidad Santo Tomás, Campus de Floridablanca, Bucaramanga. Colombia.
- Avitia, R. & Reyna, M. A. (2016). A wireless platform implementation for biomechanical data analysis. In *2016 Global Medical Engineering Physics Exchanges/Pan American Health Care Exchanges (GMEPE/PAHCE)* (pp. 1-6). IEEE. Disponible en: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7504624>
- Barreno Lopez, J. J. (2017). *Control biomecánico de la técnica bandal-chagui y su incidencia en el nivel competitivo en taekwondosistas de la provincia de Chimborazo* (Bachelor's thesis, Universidad Nacional de Chimborazo, 2017). Disponible en: <http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/4192/1/UNACH-EC-FCS-CUL-FIS-2017-0028.pdf>
- Donskoi, D. (1988). *Biomecánica con fundamentos de la técnica deportiva*. La Habana: Editorial Pueblo y Educación. Recuperado de: [https://books.google.com.cu/books/about/Biomec%C3%A1nica\\_con\\_fundamentos\\_de\\_la\\_t%C3%A9cnica.html?id=t\\_F9AAACAAJ&redir\\_esc=y](https://books.google.com.cu/books/about/Biomec%C3%A1nica_con_fundamentos_de_la_t%C3%A9cnica.html?id=t_F9AAACAAJ&redir_esc=y)
- Ferro, A. y Floría, P. (2007). La aplicación de la biomecánica al entrenamiento deportivo mediante los análisis cualitativos y cuantitativos. Una propuesta para



- el lanzamiento de disco. *Revista Internacional de Ciencias del Deporte*, 7(3), 4980. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=71000705>
- Hay, J.G. y Reid, J.G. (1988). *Anatomy, Mechanics, and Human Motion*. Engle Wood Cliffs: Prentice Hall. Recuperado de: [https://books.google.com/cu/books/about/Anatomy\\_Mechanics\\_and\\_Human\\_Motion.html?id=8cxwQgAACAAJ&redir\\_esc=y](https://books.google.com/cu/books/about/Anatomy_Mechanics_and_Human_Motion.html?id=8cxwQgAACAAJ&redir_esc=y)
- Hochmuth G. (1973). *Biomecánica de los movimientos deportivos*. Madrid: Editorial Ciencia y Deporte. Recuperado de: <https://books.google.com/cu/books?id=e-BINwAACAAJ&dq=Biomec%C3%A1nica+de+los+movimientos+deportivos&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwiy8-a5iZrnAhUpvFkKHUdyD4EQ6AEIKzAA>
- Hariri S, Sadeghi H. (2018). Biomechanical Analysis of Mawashi-Geri Technique in Karate: Review Article, *Int J Sport Stud Hlth*; 1(4): e84349. Recuperado de: <https://doi.org/10.5812/intjssh.84349>.
- Kreighbaum, E. y Barthels, K. (1995). *Biomechanics: A Qualitative Approach for Studying Human Movement*. Needhamheights: Allyn and Bacon. Recuperado de: <https://books.google.com/cu/books?id=3NALAQAAMAAJ&dq=Biomechanics:+A+Qualitative+Approach+for+Studying+Human+Movement&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwjYy8jTiZrnAhWlxVkkHfuYCyQQ6AEIKzAA>
- Loachamin Aldaz, Eduardo Marcelo, Mena Pila, Fanny Mariela, Durán Portilla, Erika Estefanía, & Maqueira Caraballo, Giceya de la Caridad. (2017). Diferencias biomecánicas en la patada Ap Chagüi entre taekwondocas de cinturón blanco y negro. *Revista Cubana de Investigaciones Biomédicas*, 36(2), 159-168. Accedido: 22 de diciembre de 2019, Recuperado de: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0864-03002017000200013&lng=es&tlng=en](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03002017000200013&lng=es&tlng=en)
- Perdomo Ogando, J. M., Perdomo Blanco, L. P., & Sánchez Oms, A. (2018). La superación profesional de los profesores deportivos en Biomecánica. *Ciencia y Actividad Física* 5(1), 1-18. Recuperado de: <http://revistaciaf.uclv.edu.cu/index.php/CIAF/article/view/78>
- Sánchez, I. y col. (2013). *Programa Integral de Preparación del Deportista de Karate Do*. La Habana: Deporte.
- SoaresLeite, W. (2012). Biomecánica aplicada al deporte: contribuciones, perspectivas y desafíos. *Lecturas: Educación Física y Deportes, Revista Digital*. Buenos Aires, Año 17, N° 170, Julio de 2012. Disponible en: <http://www.efdeportes.com/efd170/biomecanica-aplicada-al-deporte.htm>
- Soto Benalcázar, E. A. (2015). Valoración del gesto motor de miembros inferiores en la patada mae-geri en los karatecas de la categoría juvenil avanzado en el club de karate do "Japón" entre octubre 2014 y abril 2015. *Tesis Licenciado en Terapia Física*. Quito, Ecuador. Recuperado de: <http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/9264>





Toro, A. (2018). Análisis cinemático de la mawashigeri a la cara ejecutada por atletas masculinos venezolanos de karate do. *Revista Con-Ciencias del Deporte*, 1(1), 156-175. Recuperado de: <http://revistas.unellez.edu.ve/index.php/rccd/article/view/499>

Zissu, M. (2012). Evaluación biomecánica del atleta de alto rendimiento. Instituto Nacional de Deportes. Universidad Pedagógica Experimental Libertador-IPC. Dirección de Medicina y Ciencias Aplicadas. Recuperado de: <https://docplayer.es/28176409-Evaluacion-biomecanica-del-atleta-de-alto-rendimiento-mihai-zissu-instituto-nacional-de-deportes-universidad-pedagogica-experimental-libertador-ipc.html>

### **Conflicto de intereses:**

Los autores declaran no tener conflictos de intereses.

### **Contribución de los autores:**

Los autores han participado en la redacción del trabajo y análisis de los documentos.



Esta obra está bajo una [licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).

Copyright (c) 2020 Lino Michel Valdés Cabrera, Zelma Quetglas González, Rosa María Tabares Arévalos, Raúl Enrique Ruíz Viladón

