

ANÁLISIS CINEMÁTICO DE LA PATADA KIZAMI MAWASHI GERI EN KARATECAS ÉLITE

KINEMATIC ANALYSIS OF THE KIZAMI MAWASHI GERI KICK IN ELITE KARATE PLAYERS

ANÁLISE CINEMÁTICA DO PONTAPÉ KIZAMI MAWASHI GERI CARATECAS DE ELITE

José David Vélez Uribe¹

Leidy Katherine González Madrigal²

Duván Alexis Manquillo Tobón³

Mateo Pérez Villegas⁴

Juan Pablo Restrepo Arbeláez⁵

Nicolás Eugenio Gómez Suárez⁶

¹ Magíster en Fisioterapia en Pediatría. Docente e investigador, Grupo Movimiento y Salud, Facultad de Fisioterapia, Universidad CES, Medellín, Colombia. Correo electrónico: jvelezu@ces.edu.co

ORCID: 0000-0003-0888-531X

² Fisioterapeuta. Grupo Movimiento y Salud, Facultad de Fisioterapia, Universidad CES, Medellín, Colombia. Correo electrónico: gonzalezm.leidy@uces.edu.co

³ Fisioterapeuta. Grupo Movimiento y Salud, Facultad de Fisioterapia, Universidad CES, Medellín, Colombia. Correo electrónico: manquillo.duva@uces.edu.co

⁴ Fisioterapeuta. Grupo Movimiento y Salud, Facultad de Fisioterapia, Universidad CES, Medellín, Colombia. Correo electrónico: perez.mateo@uces.edu.co

⁵ Fisioterapeuta. Grupo Movimiento y Salud, Facultad de Fisioterapia, Universidad CES, Medellín, Colombia. Correo electrónico: restrepoa.juan@uces.edu.co

⁶ Fisioterapeuta. Grupo Movimiento y Salud, Facultad de Fisioterapia, Universidad CES, Medellín, Colombia. Correo electrónico: negomez@ces.edu.co

© Autores.



Esta obra está bajo la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0.

Cómo referenciar

Vélez Uribe, J. D., González Madrigal, L. K., Manquillo Tobón. D. A., Pérez Villegas, M., Restrepo Arbeláez, J. P., y Gómez Suárez, N. E. (2021). Análisis cinemático de la patada Kizami Mawashi Geri en karatecas élite. *Educación Física y Deporte*, 40(2), 155-176. <https://doi.org/10.17533/udea.efyd.v40n2a07>

RESUMEN

Objetivo. Describir las características cinemáticas de la patada Kizami Mawashi Geri (KMG) en deportistas élite para establecer parámetros que permitan mejorar el desempeño en su ejecución. **Métodos.** Se realizó un estudio de enfoque cuantitativo, diseño observacional, transversal con alcance descriptivo en 21 deportistas, hombres y mujeres de categoría élite; los datos se capturaron con sistema 3D en un laboratorio de análisis de movimiento. **Resultados.** El tiempo y velocidad de impacto tuvieron una media de 0,37 s y 4,08 m/s respectivamente. En el presente artículo se describen y discuten las gráficas más relevantes de la artrocinemática de miembro inferior en la patada KMG; existen diferencias con los reportes previos. **Conclusión.** Esta patada es más rápida que la reportada en otros estudios de karatecas. Es un gesto complejo, cuya descripción y comprensión puede optimizar los métodos de entrenamiento y mejorar el desempeño.

PALABRAS CLAVE: artes marciales; fenómenos biomecánicos; análisis y desempeño de tareas; extremidad inferior; rango del movimiento articular.

ABSTRACT

Objective. To describe kinematics characteristics of the Kizami Mawashi Geri (KMG) kick in elite athletes to set parameters to improve performance in its execution. **Methods.** A quantitative, observational, cross-sectional study with a descriptive scope was conducted on 21 elite male and female athletes. The data were captured using a 3D Motion Capture System in a movement analysis laboratory. **Results.** The time and impact speed had a mean of 0.37 s and 4.08 m/s respectively. This paper describes and discusses the most relevant arthrokinematics graphs from the lower limb in the KMG kick. There are differences with previous reports. **Conclusion.** This kick is faster than reported in other studies of Karate players. This is a complex gesture, whose description and understanding might optimize the training methods and improve the performance.

KEYWORDS: Martial arts; biomechanical phenomena; task analysis and performance; lower extremity; range of motion articular.

RESUMO

Objetivo. Descrever as características cinemáticas do pontapé *Kizami Mawashi Geri* (KMG) em atletas de elite para definir parâmetros que servem para melhorar seu desempenho. **Métodos.** Este estudo foi quantitativo, observacional, transversal e incluiu 21 atletas de elite, homens e mulheres do

caratê para sua análise. Os dados foram tomados usando um sistema de captura de movimentos 3D. **Resultados.** O tempo e a velocidade de impacto tiveram uma média de 0,37 e 4,08 m/s, respectivamente. Este artigo descreve e discute os gráficos artrocinemáticos do membro inferior no pontapé KMG. Existem diferenças com os estudos anteriores. **Conclusão.** Este pontapé é mais rápido do que o relatado em outros estudos. Este é um gesto complexo e sua compreensão pode melhorar o processo de treinamento no intuito de melhorar o desempenho.

PALAVRAS-CHAVE: artes marciais; fenômenos biomecânicos; análise e desempenho de tarefas; extremidade inferior; amplitude de movimento articular.

INTRODUCCIÓN

En los Juegos Olímpicos de Tokio 2021, apareció por primera vez el Karate-Do, un deporte que ha tomado gran fuerza durante los últimos años. Este deporte cuenta con dos modalidades de competencia, el Kumite (combate) se considera la rama más atractiva, la que más interés despierta, por lo que al compararla con la Kata (combate simulado) presenta mayor cantidad de competidores. En el campeonato mundial realizado en Viena (Austria), en 2016, compitieron en total 830 karatecas en la modalidad de Kumite en la categoría mayores (Spordata, 2016).

El Kumite se trata de un combate “reglado” en el que cada contrincante debe anotar el mayor número de puntos intentando realizar algunas técnicas no letales del Karate sobre el rival (World Karate Federation, s.f.). Dentro de las técnicas más utilizadas están las patadas y entre las más importantes se encuentra la Kizami Mawashi Geri (KMG) (Ibáñez et al., 2018), ya que es de difícil anticipación por el contrincante debido a su alta velocidad y precisión (Marques, 2011; Roberts Piemontez et al., 2013), y también a su alto potencial de sumar el mayor puntaje al impactar la cabeza, lo que la convierte en una técnica fundamental.

La KMG es una patada cuyo ataque se ejecuta desde la posición de combate con el miembro inferior que se encuentra adelante, iniciando el despegue del piso con un movimiento de abducción y rotación interna de cadera, flexión de rodilla y plantiflexión. Desde esta posición la cadera rota a neutro con extensión de cadera y la rodilla pasa súbitamente a extensión manteniendo la flexión plantar, en este momento el impulso hacia delante de la pierna alcanza su máxima velocidad. Cuando se genera el impacto al objetivo, se finaliza la patada con extensión completa de rodilla, extensión y abducción de cadera y se conserva la plantiflexión (Emmermacher et al., 2007; Marques, 2011).

A pesar de esta descripción, son pocos los estudios que se centran en profundizar sus aspectos cinemáticos y el interés que

ha despertado la KMG ha llevado a analizarla a partir de estudios con algunas limitaciones debido a la poca muestra y la baja participación de karatecas de diferentes niveles. También se han realizado descripciones orales o estudios piloto en los cuales el análisis involucra un solo segmento o variable cinemática (Emmermacher et al., 2007; Marques, 2011; Roberts Piemontez et al., 2013; Witte et al., 2007). Es así como esta patada se suele enseñar y practicar basándose en dichas descripciones. Sin embargo, al tener presentes las principales características de todo el gesto, se puede ampliar la comprensión y, por consiguiente, con cualquier modificación de las variables cinemáticas se podría influir en el correcto desarrollo y así mejorar la ejecución de la patada KMG.

Debido a la relevancia de este gesto, se hace necesario realizar un estudio en el que se abarquen los diferentes segmentos corporales y su cinemática, y se incluya una muestra amplia de deportistas élite que se comporten como referencia, para poder mejorar la comprensión de su ejecución y así disponer de datos relevantes para optimizar la ejecución e incluirla en los procesos de entrenamiento técnico para mejorar su eficacia y prevenir lesiones (Pueo et al., 2017).

Por ende, el propósito de este estudio es describir las características cinemáticas de la patada KMG en deportistas élite para establecer parámetros que permitan mejorar el desempeño en su ejecución.

MÉTODO

Estudio de enfoque cuantitativo, diseño observacional, transversal con alcance descriptivo.

Participantes

La población de estudio fue de 21 deportistas élite pertenecientes a la selección Antioquia de Karate-Do en la categoría mayores, de ambos sexos, subcampeones de los XXI Juegos Deportivos Nacionales Bolívar de 2019. Se tuvieron en cuenta los siguientes criterios de inclusión: karatecas hombres y mujeres que hicieran parte del proceso interno de juegos nacionales, pertenecientes a clubes afiliados a la Liga Antioqueña de Karate-Do en el año 2019 y deportistas mayores de 18 años. Los criterios de exclusión fueron: participantes que llevaran entrenando menos de un año, con práctica deportiva adicional al karate o que presentaran dolor en el momento de la evaluación. A los participantes se les hizo entrega del consentimiento informado, el cual fue aprobado por el Comité de Ética de la Universidad CES, a través del acta 131, código 841. De los 21 participantes, 12 fueron de sexo masculino (57,1 %), con un rango de edad entre 18 a 29 años, de estos, 17 eran estudiantes (80,95 %), 3 eran empleados (14,29 %) y solo uno con dedicación exclusiva al deporte (4,76 %); la mayoría pertenecían al estrato 3 (61,9 %).

Materiales e instrumentos

La toma de datos fue realizada en el Laboratorio de Biomecánica y Análisis de Movimiento de la Universidad CES por estudiantes de fisioterapia previamente entrenados y estandarizados por el profesional del laboratorio. La captura y el análisis de movimiento fue realizada en este laboratorio, que cuenta con el sistema Vicon (Oxford, Inglaterra), integrado por ocho cámaras Bonita 10, las cuales capturan a 1 megapíxel y una velocidad de 250 cuadros por segundo; este sistema cuenta con el *software* Polygon (versión 4.4.3), (Vicon, s.f.a) en el cual se realizó la reconstrucción del movimiento. Para que el programa reconociera el movimiento, fue necesaria la ubicación de marcadores reflectivos; estos se ubicaron siguiendo la guía *plug-in-gait* modelo *full body* de 39 marcadores en los siguientes puntos anatómicos de referencia bilateralmente: occipital, frontal, ester-

nón, clavícula, escápula derecha, séptima vértebra cervical, décima vértebra torácica, acromion de la escápula, tercio medio del brazo, epicóndilo lateral del codo, tercio medio del antebrazo, apófisis estiloides cubital y radial, cabeza del tercer metacarpiano, espina iliaca anterosuperior, espina iliaca posterosuperior, cara lateral del tercio medio del muslo, cóndilo femoral externo, cara lateral del tercio medio de la pierna, maléolo externo, cabeza del segundo metatarsiano y borde superior del calcáneo (Vicon, s.f.a). Para la toma de medidas antropométricas se utilizó tallímetro (Seca 206, Hamburgo, Alemania), cinta métrica (Seca 201, Hamburgo Alemania) y antropómetro (Lafayette LA-01291, Indiana, Estados Unidos). Por último, para la toma del índice de masa corporal (IMC) se utilizó tallímetro y báscula (Seca 874, Hamburgo, Alemania).

Procedimiento

Una vez ingresó el participante se explicó el procedimiento que se iba a llevar a cabo y la finalidad del estudio; se hizo entrega del consentimiento informado, el cual debía ser leído y firmado por los deportistas; y se continuó con la toma de las medidas antropométricas anteriormente descritas.

Para el análisis cinemático de la patada KMG se eligieron los siguientes momentos: inicial, instante en que comienza el movimiento de despegue del pie de ataque; máximo, arco articular máximo alcanzado durante la ejecución del movimiento por cada articulación; final, instante en que se alcanza el objetivo simulado. Se distribuyeron así por el interés que generan los fenómenos individuales en la totalidad del gesto. Posteriormente se reconstruyó la gráfica de los principales movimientos como un continuo. Las variables analizadas fueron agrupadas en características antropométricas (talla, peso, IMC, longitud de miembros inferiores), cinemáticas (rango de movimiento articular de la pelvis, cadera, rodilla y tobillo en la posición inicial, pico máximo de movimiento y posición final, además de la velocidad

lineal del impacto) y de práctica deportiva (horas de entrenamiento por día, entrenamientos por semana y años de práctica de Karate-Do). Para la captura de las variables cinemáticas, se inició con un calentamiento autodirigido durante 15 minutos, luego con los marcadores puestos se ubicó al deportista en el volumen de captura en la posición inicial del gesto, con la pierna que ejecuta la patada (seleccionada por preferencia del participante) posicionada hacia adelante en el plano sagital. Posteriormente, se le indicó realizar la patada a una velocidad máxima. Se realizó la patada a un objetivo simulado buscando el impacto con el dorso del pie y se regresó a la posición inicial, repitiendo el gesto cinco veces más, dejando un tiempo de descanso de 30 segundos entre cada repetición. Cada ejecución fue registrada y al final se identificó la que menor número de datos perdidos registrara.

Las capturas fueron procesadas en el *software* Nexus 2.9 (Vicon, s.f.b), y se extrajeron los datos con el *software* Polygon 4.4.3 (Vicon, s.f.a), para generar la base de datos en Excel. Se analizó en Jamovi 1.2.27 (The Jamovi Project, s.f.).

Plan de análisis

Las variables cualitativas fueron analizadas por medio de tablas de frecuencias de porcentajes, y graficadas en diagramas de barras y diagramas de sectores. Para las variables cuantitativas se utilizó la prueba de Shapiro Wilk para comprobar la normalidad estadística. Posteriormente, para las variables sociodemográficas -de las características del entrenamiento, antropométricas y cinemáticas que se distribuyeron de manera normal- se analizaron con media acompañadas de desviación estándar, y las variables que se distribuyeron de manera no normal se analizaron con mediana acompañadas de rango intercuartil. Se realizó un análisis de correlación mediante Pearson y se generó una matriz de correlación y un análisis bivariado de los datos obtenidos que

se expresaron mediante gráficos de dispersión. Para las gráficas del movimiento de las articulaciones de los miembros inferiores durante toda la patada se calculó la media y la desviación estándar, con esta se calculó el error estándar, con un intervalo de confianza del 95 %, para sumarle y restarle este valor a la media, así se obtuvieron los límites superior e inferior de los intervalos de confianza para cada una de las variables. Luego se graficaron la media y los límites superior e inferior en un plano donde el eje X es el porcentaje de la patada y el eje Y corresponde a los grados de cada movimiento articular, de tal forma que se presentó un área delimitada por límites superior e inferior de un intervalo de confianza del 95 %. Esto se realizó en el *software* R 3.6 (The R Project for Statistical Computing, s. f.).

RESULTADOS

En la tabla 1 se reportan las características antropométricas y de tiempo de entrenamiento de los participantes.

Tabla 1. Características antropométricas y de entrenamiento

Variable	Mediana / Media	Rango intercuartil / Desviación estándar
Talla (m)	1,63	1,59-1,74
Peso (kg)	65,2*	± 11,1
IMC (kg/m ²)	23,4*	± 2,4
Longitud de miembro inferior (cm)	86,4*	± 5,27
Horas de entreno por día	4	2-4
Entrenamientos por semana	6,00	5-6
Años practicando Karate-Do	10	9-13

Nota. *Comportamiento normal.

Fuente: elaboración propia.

La patada fue realizada con el miembro inferior derecho por 14 karatecas (66,7 %) según su dominancia. El tiempo de impacto, que representa lo que tarda el miembro inferior desde que inicia el gesto hasta que finaliza el alcance superior, tuvo una media de 0,37 s (\pm 0,052). Por otro lado, la velocidad de impacto obtuvo una media de 4,08 m/s (\pm 0,59), se encontró una correlación negativa fuerte entre la velocidad y el tiempo de impacto ($r = -0,931$; $p < 0,0001$). No se encontraron otras correlaciones entre las variables (tabla 2).

En la tabla 3 se reportan las características angulares del miembro inferior que ejecuta la patada.

Tabla 2. Matriz de correlación

	Velocidad	Tiempo de im-pacto	Horas de entreno por día	Años prac-ticando Karate-Do	Entrena-mientos por semana	Peso	Altura	Longitud miembros inferiores
Velocidad	Pearson's r — Valor de p	— —						
Tiempo al objeto	Pearson's r — Valor de p	-0,931*** — <0,00001						
Horas entreno por día	Pearson's r — Valor de	0,012 -0,076 0,74252	— — —					
Años practicando Karate-Do	Pearson's r — Valor de	0,008 0,97399	0,303 0,18248	— —				
Entrenamientos por semana	Pearson's r — Valor de p	0,169 0,46310	0,443* 0,04446	0,113 0,62523	— —			
Peso	Pearson's r — Valor de p	-0,166 0,15821	-0,235 0,30538	-0,062 0,78988	-0,100 0,66671	— —		
Altura (m)	Pearson's r — Valor de p	0,108 0,64057	-0,238 0,29811	-0,100 0,66632	-0,051 0,82545	0,816*** <0,00001	— —	
Longitud miembros inferiores	Pearson's r — Valor de p	0,158 0,84200	-0,185 0,42334	-0,040 0,86368	0,038 0,87034	0,753*** 0,00008	0,936*** <0,00001	— —

Nota. * p < 0,05, ** p < 0,01, *** p < 0,001.

Fuente: elaboración propia.

Tabla 3. Características antropométricas y de entrenamiento

Variable	Media (°)	Desviación estándar
Pelvis		
Anteversión y retroversión inicial	12,6*	± 4,2
Anteversión y retroversión máxima	54,3*	± 17,8
Anteversión y retroversión final	54,3*	± 17,8
Oblicuidad inicial	-17,3*	± 10,6
Oblicuidad máxima	-30,9*	± 21,1
Oblicuidad final	30,9	± 21,1
Rotación externa inicial	1,6*	± 4,5
Rotación externa máxima	61,0*	± 7,4
Rotación externa final	61,0*	± 7,6
Cadera		
Flexión inicial	15,8*	± 7,2
Flexión máxima	43,3*	± 13,4
Flexión final	12,7*	± 17,9
Abducción inicial	18,3*	± 8,9
Abducción máxima	54,8*	± 9,2
Abducción final	53,1*	± 10,6
Rotación inicial (externa)	15,2*	± 14,8
Rotación final (externa)	14,8*	± 22,5
Rotación externa máxima	15,2*	± 14,8
Rotación interna máxima	2,1*	± 19,3
Rodilla		
Flexión inicial	13,9*	± 9,6
Flexión máxima	111,6*	± 8,5
Flexión final	6,8*	± 9,9
Tobillo		
Plantiflexión inicial	0,8*	± 7,4
Plantiflexión máxima	41,1*	± 11,4
Plantiflexión final	36,5*	± 14,2
Progresión inicial	52,9	± 15,8
Progresión máxima	68,4	± 14,8
Progresión final	19,8	± 40,3

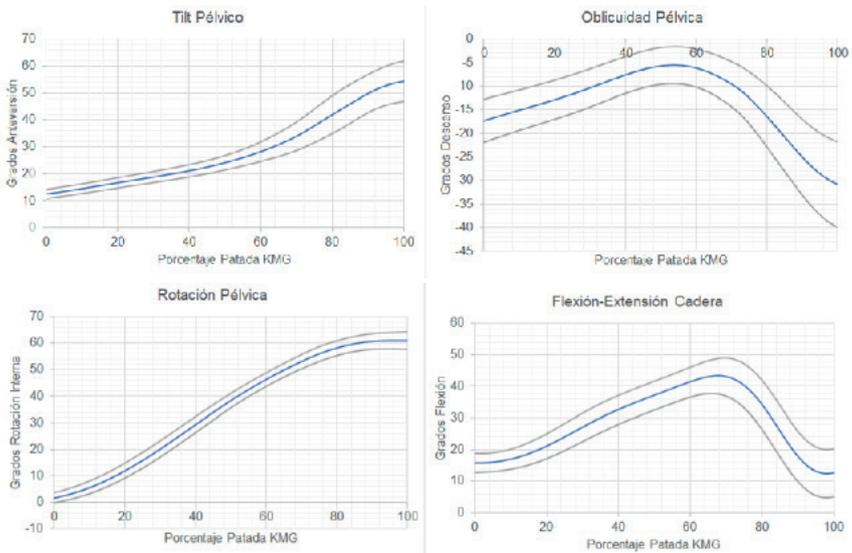
Nota. *Comportamiento normal.

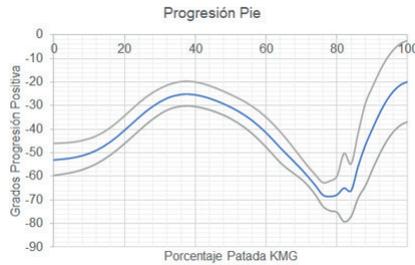
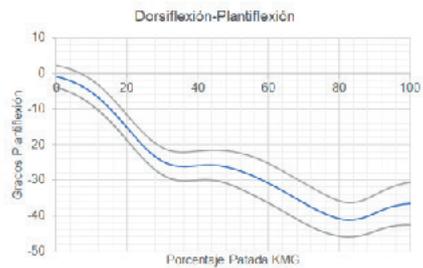
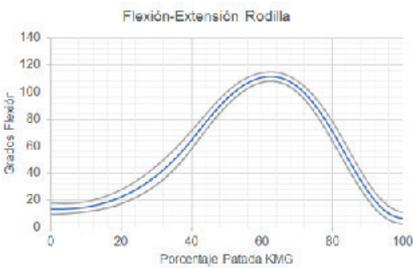
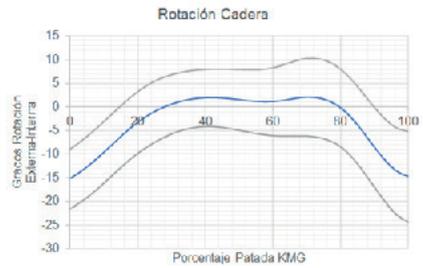
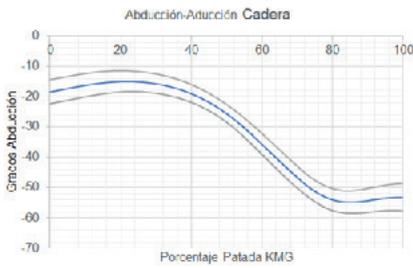
Fuente: elaboración propia.

La figura 1 muestra los movimientos articulares de la pelvis y la cadera en los tres planos, la rodilla y el tobillo en el plano sagital y la progresión del pie durante toda la patada KMG.

La pelvis durante todo el gesto muestra una anteversión que se vuelve más pronunciada cerca del final de la patada, coincidiendo con la reducción de la flexión y aumento de la abducción de la cadera; en el plano transverso demuestra una rotación interna cuyo comportamiento es similar al de la anteversión. La patada inicia con una flexión, abducción y rotación externa de cadera, una leve flexión de rodilla y neutro de tobillo. A partir de aquí se presenta un movimiento progresivo hacia la máxima flexión de rodilla que ocurre en el 62 % del gesto, a su vez se acompaña de un aumento en la flexión de la cadera que llega a su máximo en el 68 % del gesto cuando la rodilla va en dirección de extensión. Todo esto se acompaña de abducción de cadera, la cual alcanza su máximo movimiento alrededor del 86 % de la patada. El tobillo, conforme la rodilla se flexiona se dirige hacia la plantiflexión y continua su movimiento hasta alcanzar el máximo al 82 % de la patada, donde reduce su movimiento hacia plantiflexión al igual que lo hace la cadera en el plano sagital y coronal.

Figura 1. Artrocinemática de la patada KMG





Fuente: elaboración propia.

DISCUSIÓN

Dentro de las variables tenidas en cuenta en el presente estudio, se analizó la velocidad al momento del impacto de la KMG, medida desde la posición inicial de combate hasta el impacto (100% del gesto); esta tuvo una media de 4,08 m/s, siendo mayor al compararla con los datos descritos en un estudio realiza-

do en Alemania por Emmermacher et al. (2007), quienes realizaron un análisis cinemático de la KMG (velocidad de impacto 2,55 m/s) el cual se comparó con su precursora la Mawashi Geri (velocidad de impacto 3,49 m/s) donde el gesto se realiza con la pierna partiendo desde atrás, siendo mayor la velocidad en esa variante, atribuible a una trayectoria de aceleración más larga de la pierna que ejecuta el movimiento y al potencial de reclutamiento rápido asociado a la posición de elongación de los músculos flexores de cadera; sin embargo, esto representa más tiempo hasta el impacto, por ende más fácil predicción por el contrincante, lo que hace menos eficiente la técnica.

Los resultados del presente estudio en cuanto a velocidad de impacto fueron mayores que los obtenidos en Alemania (Emmermacher et al., 2007); esto se puede atribuir a la mayor capacidad de desarrollo técnico que poseen los deportistas élite con los que contó este estudio, a diferencia de los datos provenientes del estudio comparado, el cual contó con la participación de karatecas de categoría *amateur*.

En cuanto al análisis de las variables cinemáticas, como la duración de la patada, esta fue de 0,38 s, lo que da a entender que tuvo una velocidad al impacto menor al compararla con otros estudios (Arias, 2018; Boey y Xie, 2002); cabe destacar que en el estudio con el que se compara se analizó la duración de impacto en hombres (0,35 s) y mujeres (0,30 s) por separado y corresponde al gesto deportivo en taekwondo, en el que, aunque es un deporte diferente, las características de las patadas son similares y por lo tanto comparables (Arias, 2018; Boey y Xie, 2002). Esta diferencia se puede asociar a que en el taekwondo las técnicas de combate se realizan únicamente con miembros inferiores, por lo que el entrenamiento se enfoca y se prioriza en estos segmentos, a diferencia del karate donde se combinan técnicas de miembros superiores o inferiores. Por otro lado, al explorar las correlaciones entre las diferentes variables por medio de la técnica estadística de P de Pearson se encontró que no

existe relación entre la altura o longitud de miembros inferiores con respecto a la velocidad o tiempo de impacto.

En la bibliografía revisada no se encuentra una descripción detallada acerca de las variables angulares y se tienen en cuenta una o máximo dos articulaciones del miembro inferior que ejecuta la patada (Emmermacher et al., 2007; Roberts et al., 2013; Witte et al., 2007); aunque se reportan variables como la aceleración y la velocidad de impacto. Debido a la ausencia de información acerca de los fenómenos angulares que ocurren en el miembro inferior que ejecuta este gesto deportivo, se planteó la idea de abarcar de manera completa, mediante un análisis, las características cinemáticas (velocidad y angulares) más importantes y relevantes en este gesto, y se resalta que, en comparación con estudios anteriores, la cadera no alcanza la extensión, ni tampoco lo hace así la rodilla; y se conserva durante todo el movimiento algún grado de flexión.

Los resultados permiten evidenciar una relación inversa en los grados de oblicuidad pélvica en la ejecución del gesto, generándose una inclinación superior en el lado que genera la patada y una inclinación inferior en el de apoyo durante el gesto. Para aumentar la altura y de esta forma el alcance de la patada, los deportistas aumentaron los grados de abducción de cadera de ambos miembros inferiores, aumento que se mantiene hasta el momento de impactar al objetivo; este movimiento puede verse afectado por un problema en el complejo aductor de cadera o incluso llegar a ser un factor de predisposición a sufrir lesiones (Gilliland et al., 2018; Meyers et al., 2012). Por lo tanto, se sugiere implementar trabajos de flexibilidad específica en dichos músculos y mejorar la fuerza en abductores y aductores de cadera, con énfasis en entrenamiento excéntrico.

A su vez, la pierna de pateo, con el objetivo de lograr un mayor alcance, genera una rotación interna durante la mitad del trayecto; una abducción y flexión progresiva de cadera durante el recorrido inicial; y al momento del impacto disminuye los

grados de rotación interna, manteniendo la abducción y flexión de cadera. Es importante resaltar que, desde el primer momento de la patada, la plantiflexión de la pierna ejecutante es marcada y en la fase media del gesto llega a su punto máximo, mientras que al final disminuye dichos grados, sin llegar a la posición neutra, posiblemente por acción de gastrocnemios, que al estar acortados podría influir negativamente en la flexión dorsal del tobillo en conjunto con el movimiento asociado de extensión de rodilla (Barouk y Barouk, 2012), o como estrategia de protección de la rodilla al movimiento de aceleración que presenta hacia la extensión; sin embargo se necesitan estudios con electromiografía de superficie (sEMG) para establecer esta hipótesis.

De acuerdo con los resultados, la cadera es quizás la articulación que se encuentra más involucrada en el movimiento, ya que mediante los grandes rangos de movilidad que esta alcanza durante la ejecución se logra aumentar el alcance y altura de la patada, factor que es importante para alcanzar zonas de puntuación que otorguen tres puntos (cabeza, cara y cuello). Esto sumado a la alta velocidad y fuerza con la que se ejecuta el gesto, se puede convertir en un factor de riesgo de lesión de cadera, lo que conlleva a la disminución de los arcos de movilidad y fuerza muscular de este complejo (Bortoluzzi et al., 2020), limitando así una ejecución eficiente de la patada. Debido a esto es importante priorizar, en los planes de prevención de lesiones, ejercicios de movilidad para mantener este factor en la realización del gesto, a su vez, utilizar estos datos obtenidos en el estudio para lograr una rehabilitación integral de los deportistas lesionados teniendo en cuenta cuáles elementos podrían mejorar los procesos y disminuir la posibilidad de que ocurra una lesión reincidente.

Se observaron diferentes estrategias en los deportistas al momento de realizar la patada para lograr la mejor ejecución posible. El grupo investigador observó entre estos, una compensación que se realiza al flexionar e inclinar el tronco a nivel

lumbar sobre la extremidad inferior que se encuentra apoyada en el suelo, lo que resalta la importancia de la pierna de apoyo. Para que esto sea posible se requiere una buena activación de la musculatura glútea y paraespinal, para lograr controlar el movimiento y generar mayor estabilidad (Restoy et al., 2014), por lo que se sugiere en futuros estudios analizar el papel de la pierna de apoyo y el tronco en el gesto de la KMG, debido a que una mayor potencia muscular se asocia con una mayor velocidad, pero mayores movimientos del tronco pueden ser más fácilmente predecibles por el contrincante.

Todos los hallazgos presentados en este artículo son útiles para los profesionales de la salud y del deporte, ya que aportan información precisa sobre el comportamiento de las articulaciones del miembro inferior que genera la patada, estrategias utilizadas a la hora de realizar el gesto para potenciar el movimiento y posibles relaciones entre variables relevantes para los entrenamientos; además plantea una base para otros estudios gracias a las variables analizadas que pueden tener un impacto positivo en el mejoramiento del desarrollo técnico. Esto serviría para generar planes de prevención y promoción que beneficien a los participantes directos de este deporte (equipo médico, entrenadores y deportistas). Además, en un nivel diferente de intervención en los deportistas (como la prevención y rehabilitación de lesiones), esta investigación brinda información a los fisioterapeutas para ayudar a dirigir de una mejor manera sus intervenciones, optimizando el tiempo y la eficacia.

La investigación arrojó varias hipótesis sobre el comportamiento artrocinemático durante la patada KMG, las cuales deben de ser contrastadas mediante técnicas cinéticas tales como electromiografía de superficie o acelerómetros. Estas técnicas son esenciales a la hora de comprobar experimentalmente las diferentes hipótesis planteadas, tales como la sinergia intermuscular, los reflejos que influyen en la desaceleración antes del impacto, entre otras.

Dentro de las limitantes, se encuentra que el gesto no se realizó hacia un objetivo real, lo que puede generar variación en los hallazgos encontrados; no se tuvieron en cuenta los antecedentes lesivos de los deportistas a la hora de analizar los datos; y no fue descrita ni analizada la pierna de apoyo, la cual cumple una función importante.

Entre las ventajas se encuentra el tamaño de la muestra y la categoría (élite) a la que pertenecen los karatecas evaluados, lo que hace los datos más “ideales” al tomarlos como referencias. Son necesarios estudios futuros con otros alcances para lograr comprobar las hipótesis sugeridas y/o dar profundidad a puntos específicos que no fueron tenidos en cuenta en este estudio.

CONCLUSIONES

La velocidad de impacto fue mayor a la descrita en otros artículos sobre el mismo gesto o gestos similares, esto se puede atribuir a la mayor capacidad de desarrollo técnico que poseen los deportistas élite con los que contó este estudio.

La cinemática encontrada difiere de las descripciones reportadas en la literatura, resaltando la necesidad de basarse en datos específicos y precisos para el análisis certero de la KMG. Existe gran variabilidad entre deportistas élite y *amateur*, por lo que se requiere ampliar el número de deportistas élite incluidos, para disponer de datos que se comporten como referencia o *gold standar* del gesto.

REFERENCIAS

1. Arias Bonilla, Y. N. (2018). *Reglamento e interpretación de arbitraje en combate de taekwondo*. http://mastkd.com/wp-content/uploads/2018/09/Kyorugi-01_ES_REGLAMENTO-E-INTERPRETACION-DE-ARBITRAJE-EN-COMBATE-DE-TAEKWONDO-WT.pdf

2. Barouk, L. S., y Barouk, P. (2012). Gastrocnemios cortos. *Revista del Pie y Tobillo*, 26(2), 7-13. [https://doi.org/10.1016/s1697-2198\(16\)30051-9](https://doi.org/10.1016/s1697-2198(16)30051-9)
3. Boey, W. L., y Xie, W. (2002). Experimental Investigation of Turning Kick Performance of Singapore National Taekwondo Players. *20 International Symposium on Biomechanics in Sports*. <https://ojs.ub.uni-konstanz.de/cpa/article/view/715>
4. Bortoluzzi Frasson, V., Vaz, M. A., Beling Morales, A., Torressan, A., Telöken, M. A., Fotis Gusmão, P. D., Crestani, M. V., y Manfredini Baroni, B. (2020). Hip Muscle Weakness and Reduced Joint Range of Motion in Patients with Femoroacetabular Impingement Syndrome: A Case-Control Study. *Brazilian Journal of Physical Therapy*, 24(1), 39-45. <https://doi.org/10.1016/j.bjpt.2018.11.010>
5. Emmermacher, P., Witte, K., Bystryzcki, S., y Potenberg, J. (2007). Different Variations of the Karate Technique Mawashi-Geri. *25 International Symposium on Biomechanics in Sports*, Ouro Preto, Brasil. <https://ojs.ub.uni-konstanz.de/cpa/article/view/462>
6. Gilliland, C. E., Manske, R. C., y Brotzman, S. B. (2018). Pubalgia atlética. En *Rehabilitación ortopédica clínica* (4.^a ed.). Elsevier.
7. Ibáñez, R., Lapresa, D., Arana, J., Camerino, O., y Anguera, M. T. (2018). Observational Analysis of the Technical-Tactical Performance of Elite Karate Contestants. *Cultura, Ciencia y Deporte*, 13(37), 61-70. <https://doi.org/10.12800/ccd.v13i37.1039>
8. Marques Junior, N. K. (2011). Sugestão do Mawashi Geri Do Karatê Shotokan com Embasamento da Biomecânica. *Movimenta*, 4(1), 66-72. <https://www.revista.ueg.br/index.php/movimenta/article/view/7088>
9. Meyers, W. C., Yoo, E., Devon, O. N., Jain, N., Horner, M., Lauencin, C., y Zoga, A. (2012). Understanding “Sports Hernia” (Athletic Pubalgia): The Anatomic and Pathophysiologic Basis for Abdominal and Groin Pain in Athletes. *Operative Techniques in Sports Medicine*, 20(1), 33-45. <https://doi.org/10.1053/j.otsm.2012.03.005>
10. Pueo, B., y Jiménez-Olmedo, J. M. (2017). Application of Motion Capture Technology for Sport Performance Analy-

- sis. *Retos*, 32, 241-247. <https://recyt.fecyt.es/index.php/retos/article/view/56072>
11. Restoy, J. L. F., Aventín Roig, J., Ortega Planas, M., y Ricart Ribó, E. (2014). Dinámica de los músculos pelvitrocantéreos y glúteo mayor. *Revista Española de Podología*, 25(3), 96-101. <https://www.elsevier.es/es-revista-revista-espanola-podologia-224-articulo-dinamica-de-los-musculos-pelvitrocantereos-X0210123814502478>
 12. Roberts Piemontez, G., Vieira Martins, A. C., Lopes Melo, S. I., Ferreira, L., y Fritzen Reis, N. (2013). Cinemática do chute semicircular no karatê: comparação entre as fases de ataque e retorno. *Revista do Educação Física UEM*, 24(1), 51-59. <https://periodicos.uem.br/ojs/index.php/RevEducFis/article/view/18190>
 13. Sportdata. (2016). *WKF World Senior Championships 2016*. <https://bit.ly/3tgfnaU>
 14. The Jamovi Project (s. f.). Jamovi. (version 1.2.27) [software]. <https://www.jamovi.org>
 15. The R Project for Statistical Computing. (s. f.). R (3.6) [software]. R. <https://www.r-project.org/>
 16. Vicon. (s.f.a). *Polygon (4.4.3)* [software]. Vicon. <https://www.vicon.com/software/polygon/?section=downloads>
 17. Vicon. (s.f.b). *Nexus (2.9)* [software]. Vicon. <https://www.vicon.com/software/nexus/>
 18. Vicon. (s.f.). Full body modeling with Plug-in Gait. *Nexus 2.6 Documentation*. <https://docs.vicon.com/display/Nexus26/Full+body+modeling+with+Plug-in+Gait>
 19. Witte, K., Emmermacher, P., Bystrzycki, S., y Potenberg, J. (2007). Movement Structures of Round Kicks in Karate. 25 *International Symposium on Biomechanics in Sports*, Ouro Preto, Brasil. <https://ojs.ub.uni-konstanz.de/cpa/article/view/466>
 20. World Karate Federation. (s.f.). *Reglamento de competición de Karate*. https://www.wkf.net/pdf/WKF_Competicion%20Rules_2020_ES.pdf