

Análisis cinemático de movimientos realizados en dispositivos de acondicionamiento físico tipo **Five Minutes Shaper¹**

Cristian David Guerrero-Méndez²
Universidad Antonio Nariño
crguerrero69@uan.edu.co

Brayan Sneider Moreno-Arévalo³
Universidad Antonio Nariño
bmoreno88@uan.edu.co

Valery Ramírez-Ruiz⁴
Universidad Antonio Nariño
vramirez38@uan.edu.co

Mario Enrique Duarte-González⁵
Universidad Antonio Nariño
mario.duarte@uan.edu.co

Andrés Felipe Ruiz-Olaya⁶
Universidad Antonio Nariño
andresru@uan.edu.co

Sebastián Jaramillo-Isaza⁷
Universidad Antonio Nariño
sebastian.jaramillo@uan.edu.co

DOI: <https://doi.org/10.21158/23823399.v9.n0.2021.3027>

Fecha de recepción: 29 de enero de 2021

Fecha de aprobación: 15 de julio de 2021

Cómo citar este artículo: Guerrero-Méndez, C. D.; Moreno-Arévalo, B. S.; Ramírez-Ruiz, V.; Duarte-González, M. E.; Ruiz-Olaya, A. F.; Jaramillo-Isaza, S. (2021). Análisis cinemático de movimientos realizados en dispositivos de acondicionamiento físico tipo Five Minutes Shaper. *Revista Ontare*, 9, 109-127.

DOI: <https://doi.org/10.21158/23823399.v9.n0.2021.3027>

¹ Los autores agradecen a la Universidad Antonio Nariño y a la Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica por el soporte en el desarrollo del presente trabajo; a los estudiantes que participaron como voluntarios en el estudio y al Semillero de Investigación de Bioingeniería y Robótica de la Universidad Antonio Nariño.

² Estudiante del programa de Ingeniería Biomédica - Universidad Antonio Nariño. Integrante del Grupo de Investigación de Bioingeniería. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1019-9423>

³ Estudiante del programa de Ingeniería Biomédica - Universidad Antonio Nariño. Integrante del Grupo de Investigación de Bioingeniería. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8346-0464>

⁴ Ingeniera Biomédica - Universidad Antonio Nariño. Integrante del Grupo de Investigación de Bioingeniería. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3750-2103>

⁵ Ingeniero Electrónico - Pontificia Universidad Javeriana. Magister en Ingeniería Eléctrica - Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Brasil. Doctor en Ingeniería Eléctrica - Universidade Estadual de Campinas, Brasil. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3449-2907>

⁶ Ingeniero Electrónico - Universidad del Valle. Especialista en Robótica - Universidad Politécnica de Madrid. Doctor en Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Automática - Universidad Carlos III de Madrid. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5883-5786>

⁷ Bioingeniero - Universidad de Antioquia. Magister en Mecánica, Materiales, Estructuras y Procesos - École Nationale d'Ingénieurs de Metz, Francia. Doctor en Biomecánica, Bioingeniería y Biomateriales - Sorbonne Universités, Université de Technologie de Compiègne, Francia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2134-772X>



RESUMEN

Debido al aumento en el uso de dispositivos de acondicionamiento físico por parte de sujetos sin entrenamiento, la falta de evidencia científica de los dispositivos y los efectos que puede tener la mala ejecución de los movimientos en cuanto a lesiones osteomusculares, en este artículo se presenta un estudio de la actividad física realizada en el dispositivo de entrenamiento físico Five Minutes Shaper por medio de un análisis cinemático, en usuarios sin acondicionamiento físico. Se realizó una caracterización de las variables cinemáticas de velocidad, aceleración y amplitud articular relacionadas con el movimiento, de tres de los seis niveles del dispositivo —fácil, medio, extremo— en las articulaciones de la rodilla y la cadera. Además, se realizó una evaluación de significancia estadística para evaluar el efecto de los diferentes niveles analizados del dispositivo sobre las variables cinemáticas, en hombres y mujeres. La digitalización del movimiento se realizó mediante un sistema óptico de captura de movimiento, el análisis cinemático mediante el software Kinovea y Matlab, y el análisis estadístico por medio del software SPSS. En los experimentos han participado un grupo de cinco hombres y cinco mujeres, quienes cumplieron con los criterios de inclusión. Como resultados se obtiene una caracterización cinemática entre géneros que no cuentan con acondicionamiento físico para el movimiento de las dos articulaciones, así como para cada nivel analizado en el dispositivo Five Minutes Shaper. El estudio presenta un enfoque en la articulación de la rodilla y la cadera, dado que son estas los ejes principales en el movimiento.

Palabras clave: análisis biomecánico; parámetros cinemáticos; datos antropométricos; biomecánica del deporte; dispositivos de entrenamiento físico; acondicionamiento físico.





Kinematic analysis of movements performed on physical conditioning devices type Five Minutes Shaper

ABSTRACT

Because of the increased use of fitness devices by untrained subjects, the lack of scientific evidence on the devices, and the effects that poor execution of movements can have in terms of musculoskeletal injuries, this article presents a study of the physical activity performed on the Five Minutes Shaper fitness training device by means of a kinematic analysis in untrained users. The study outlines the features of the kinematic variables of velocity, acceleration, and joint amplitude that have to do with the movement of three of the six levels of the device -easy, medium, extreme- on the knee and hip joints. In addition, we performed a test of statistical significance in order to evaluate the effects of the different levels that were analyzed in the device on the kinematic variables in men and women. Motion digitization was also performed by means of an optical motion capture system; the kinematic analysis by means of the Kinovea and Matlab software, and the statistical analysis by means of the SPSS software. A group of five men and five women who met the inclusion criteria took part in the experiments. The results present a kinematic characterization between genders that do not have physical conditioning for the movement of the two joints, as well as for each of the levels analyzed in the Five Minutes Shaper device. The study focuses on the knee and hip joints, since these are the main axes of movement.

Keywords: Biomechanical analysis; kinematic parameters; anthropometric data; sport biomechanics; physical training devices; physical conditioning.



Análise cinemática de movimentos realizados em aparelhos de condicionamento físico Five Minutes Shaper

RESUMO

Devido ao aumento do uso de aparelhos de condicionamento físico por indivíduos destreinados, à falta de evidências científicas dos aparelhos e aos efeitos que a má execução dos movimentos pode ter em termos de lesões osteomusculares, este artigo apresenta um estudo da atividade física realizada no aparelho de treinamento físico Five Minutes Shaper, por meio de análise cinemática, em usuários sem condicionamento físico. Foi realizada uma caracterização das variáveis cinemáticas de velocidade, aceleração e amplitude articular relacionadas ao movimento, de três dos seis níveis do dispositivo —fácil, médio, extremo— nas articulações do joelho e quadril. Além disso, foi realizada uma avaliação de significância estatística para avaliar o efeito dos diferentes níveis do aparelho analisado sobre as variáveis cinemáticas, em homens e mulheres. A digitalização do movimento foi realizada usando um sistema de captura ótica de movimento, análise cinemática usando o software Kinovea e Matlab e análise estatística usando o software SPSS. Participou dos experimentos um grupo de cinco homens e cinco mulheres, que cumpriram com os critérios de inclusão. Como resultados, obtém-se uma caracterização cinemática entre os gêneros que não possuem condicionamento físico para a movimentação das duas articulações, bem como para cada nível analisado no aparelho Five Minutes Shaper. O estudo apresenta um enfoque na articulação do joelho e quadril, uma vez que estes são os principais eixos em movimento.

Palavras-chave: análise biomecânica; parâmetros cinemáticos; dados antropométricos; biomecânica do esporte; aparelhos de treinamento físico; aptidão física.





Analyse cinématique des mouvements effectués sur des appareils de musculation de type Five Minutes Shaper

RÉSUMÉ

Cet article présente une étude de l'activité physique sur des appareils de musculation en raison de la hausse de l'utilisation de ces machines par des personnes non préparées, du manque d'études scientifiques sur les effets d'une mauvaise exécution des mouvements en termes de blessures musculaires, osseuses et articulaires. L'appareil de musculation Five Minutes Shaper sera soumis à une analyse cinématique pour des utilisateurs ne disposant pas de préparation physique particulière. Nous réaliserons une caractérisation des variables cinématiques de vitesse, d'accélération et d'amplitude articulaires liées au mouvement, pour trois des six niveaux du dispositif —facile, moyen, extrême— au niveau des articulations du genou et de la hanche. Une évaluation statistique a également été réalisée pour évaluer l'effet des différents niveaux du dispositif analysés sur les variables cinématiques, chez des participants masculins et féminins. La numérisation des mouvements sera réalisée à l'aide d'un système de capture de mouvement optique ; l'analyse cinématique est effectuée par les logiciels Kinovea et Matlab ; l'analyse statistique à l'aide du logiciel SPSS. Un groupe mixte composé de cinq hommes et cinq femmes ont participé aux expériences. Les résultats révèlent une caractérisation cinématique genrée, sans préparation physique spécifique, pour le mouvement des deux articulations, mais également pour chaque niveau de difficulté du dispositif Five Minutes Shaper. L'étude se concentre sur les deux principaux axes de mouvement de l'articulation que sont le genou et la hanche.

Mots clés: analyse biomécanique; paramètres cinématiques; données anthropométriques; biomécanique du sport; appareils d'entraînement physique; conditionnement physique



1. Introducción

Los análisis biomecánicos del movimiento humano requieren registros de movimientos corporales, así como estudios de variables cinemáticas y cinéticas que se adquieren por medio de diferentes métodos, por ejemplo, videogrametría, electromiografía (EMG), y captura por plataformas de fuerza (Soriano-Pérez y Llana-Belloch, 2007). Actualmente la biomecánica del deporte es una disciplina que permite mejorar el rendimiento físico, evitar lesiones y desarrollar técnicas de entrenamiento en personas con acondicionamiento físico (Balthazard, Currat y Degache, 2015). Sin embargo, el gran aumento en el uso de dispositivos enfocados en mejorar el rendimiento físico y el aspecto estético por parte de personas sin entrenamiento puede conducir a lesiones osteomusculares, lumbares y síndrome de sobreentrenamiento, debido al uso inadecuado del dispositivo (Kreher, 2016).

En la literatura se han reportado estudios que han cuantificado la activación eléctrica muscular en dispositivos tales como Ab circle, Ab Slide, Ab Roller, Torso Track, Ab Twister, Perfect Abs Roller, Ab Scissor, 6-Second Abs, Ab Lounge y 5-Minutes Shaper (Escamilla *et al.*, 2006; Nelson, Bent-Forsythe y Roopchand-Martin, 2012; Silva *et al.*, 2020; Sternlicht *et al.*, 2005; Youdas *et al.*, 2008; Willardson *et al.*, 2010). Hasta donde se conoce, no se han realizado análisis de movimiento en el uso del dispositivo *Five Minutes Shaper*, los cuales son importantes para entender, conocer y describir fenómenos cinéticos y cinemáticos asociados a la actividad.

Los análisis biomecánicos o de movimiento presentan un papel importante en el manejo de enfermedades neurológicas y ortopédicas con miras a la investigación cinemática y dinámica. Por tal motivo, la información obtenida a partir de los análisis de movimiento podría beneficiar a terapeutas y pacientes en el desarrollo de una actividad física usando algún dispositivo de acondicionamiento físico (van den Bogert *et al.*, 2013).

Considerando que últimamente los estudios reportados se han enfocado en la medición de las variables eléctricas y no en las causas que podrían llevar a un mal desarrollo del ejercicio, la masificación del uso de este tipo de dispositivos en personas sin acondicionamiento físico, la falta de evidencia





científica —principalmente en el dispositivo *Five Minutes Shaper*—, las recomendaciones de uso poco claras y los efectos que puede tener la mala ejecución de este movimiento, en el presente estudio se realiza una caracterización de las variables cinemáticas —velocidad, aceleración, amplitud articular— que intervienen en la ejecución de las actividades físicas de cinco hombres y cinco mujeres utilizando el dispositivo *Five Minutes Shaper*.

Se identifica la variación de parámetros cinemáticos relacionados con el movimiento de tres niveles del dispositivo —fácil, medio, extremo— en las articulaciones de la rodilla y la cadera. Con esto, se plantea la siguiente pregunta de investigación: ¿cómo caracterizar el movimiento generado a partir del uso del dispositivo *Five Minutes Shaper* por medio de variables cinemáticas registradas en hombres y mujeres sin acondicionamiento físico?

El documento está estructurado en cuatro secciones. En la siguiente sección se presentan los métodos experimentales mediante los que se aborda la descripción del protocolo, el procesamiento de los datos y el análisis estadístico. Enseguida se presenta la discusión, las métricas implementadas, las tablas y las gráficas de los resultados obtenidos. Posteriormente, se encuentran las conclusiones y los trabajos futuros propuestos. Finalmente, los agradecimientos y las referencias.

2. Metodología

2.1 Sujetos voluntarios

En este estudio participaron diez sujetos —cinco hombres y cinco mujeres— de forma voluntaria, con edad media —hombre 20 ± 2 años-mujeres 19 ± 1 años— y sin enfermedad física o mental aparente. Cada sujeto firmó un consentimiento informado, teniendo en cuenta las recomendaciones establecidas en la Declaración de Helsinki, y completó una encuesta en la que se indagó sobre temas tales como el historial de fracturas y los procedimientos quirúrgicos, la frecuencia en el desarrollo de actividad física y el nivel de acondicionamiento físico.



Estas respuestas se utilizaron como criterio de exclusión, ya que se requieren sujetos aparentemente sanos y sin acondicionamiento físico. Para la inclusión los sujetos fueron seleccionados si presentaban rutinas de entrenamiento físico con una frecuencia de máximo una vez al mes. Se registraron los datos antropométricos para cada sujeto tal como se muestra en la tabla 1.

Tabla 1. Tabla de datos antropométricos de los sujetos analizados —hombres y mujeres—

Sujetos	Peso —kg—	Altura —m—	Edad —años—	IMC —Kg/m2—	Rango IMC
Hombre 1	75	1,80	22	23,1	Peso saludable
Hombre 2	65	1,71	21	23,2	Peso saludable
Hombre 3	59	1,68	19	20,9	Peso saludable
Hombre 4	88	1,82	18	26,6	Sobrepeso
Hombre 5	62	1,69	20	21,7	Peso saludable
Mujer 1	55	1,57	18	22,3	Peso saludable
Mujer 2	68	1,75	19	22,2	Peso saludable
Mujer 3	50	1,5	19	22,2	Peso saludable
Mujer 4	55	1,67	18	19,7	Peso saludable
Mujer 5	62	1,66	20	22,5	Peso saludable

Fuente. Elaboración propia.

Los datos obtenidos en la tabla 1 permiten clasificar dos poblaciones que proporcionan un análisis estadístico de las medias poblacionales con desviación estándar, cuyos valores se representan en la tabla 2.

Tabla 2. Valor promedio de peso, estatura, edad e IMC en hombres y mujeres

	Peso —Kg—	Estatura —m—	Edad —años—	IMC —Kg/m2—
Hombres	73,5 ± 14,5	1,74 ± 0,1	20 ± 2	24,2 ± 2,4
Mujeres	59 ± 9	1,62 ± 0,1	19 ± 1	21,1 ± 1,4

Fuente. Elaboración propia.

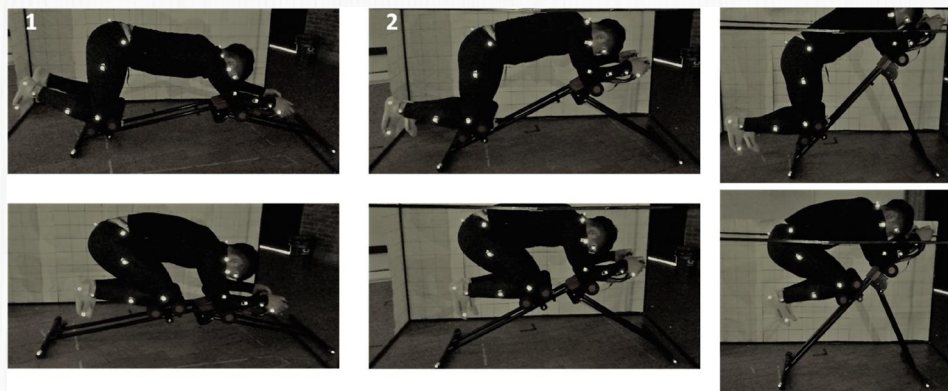




2.2 Dispositivo de entrenamiento físico *Five Minutes Shaper*

El dispositivo *Five Minutes Shaper* cuenta con seis niveles de intensidad ajustables mediante la ampliación del ángulo de inclinación respecto al suelo y clasificados en fácil, intermedio, medio, difícil, avanzado y extremo. Este dispositivo utiliza el propio peso del sujeto para tonificar el abdomen, los brazos y las piernas. El sujeto se ubica en posición decúbito ventral en el dispositivo, apoyando los brazos y las rodillas en los soportes de la máquina, donde se le indica traslade el tren inferior hacia la parte del tronco de acuerdo con el soporte de la rodilla y vuelva a la posición inicial, tal como se muestra en la figura 1. En este estudio se utilizaron los niveles fácil, medio y extremo, los cuales tienen una inclinación de 15°, 30° y 45°, respectivamente.

Figura 1. Ejercicios de abdominales realizados usando tres niveles del dispositivo, nivel fácil —1—, nivel medio —2—, y nivel extremo —3—



Fuente. Elaboración propia.

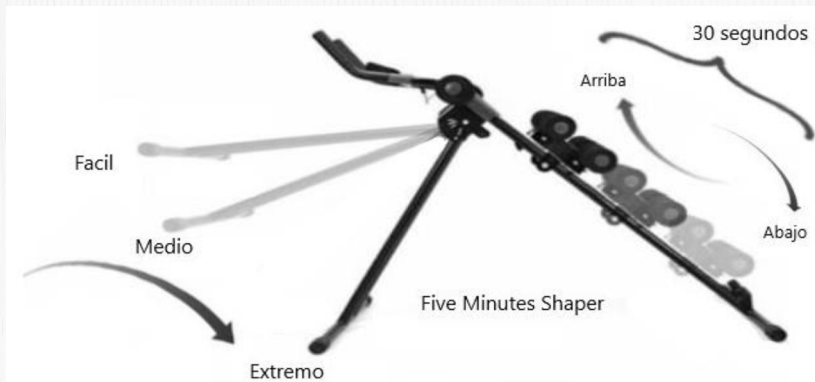
2.3 Protocolo experimental

El diseño experimental de este estudio consistió en que el usuario realizara la mayor cantidad de repeticiones durante 30 segundos en cada uno de los diferentes niveles de dificultad del dispositivo *Five Minutes Shaper*. Estos niveles, según recomendación del fabricante, pueden ser clasificados en fácil, medio y extremo, debido a la disminución del ángulo de apertura del dispositivo (véase la Figura 2). Cada sujeto realizó un calentamiento de activación articular y muscular durante cinco minutos por medio de estiramientos y ejercicios dinámicos, principalmente en los miembros inferiores. Posteriormente,



cada sujeto ejecutó el ejercicio indicado iniciando desde el nivel fácil, hasta el nivel extremo, con intervalos de cuatro minutos de descanso entre los niveles de dificultad. Este tiempo ha sido considerado suficiente para garantizar la recuperación y evitar la fatiga muscular de los sujetos de prueba.

Figura 2. Protocolo ejecutado por cada sujeto



Fuente. Elaboración propia.

2.4 Registro y procesamiento de datos

La captura de movimiento se realizó en el plano sagital utilizando un sistema de cámaras de alta velocidad Basler AG scA640-70gc, con frecuencia de captura de 70 fps a través del *software* de captura y análisis de movimiento MaxTRAQ 2D y 3D.

Para la toma de datos se ubicaron en cada sujeto marcadores reflectivos en las articulaciones del lado derecho del cuerpo. La localización y el etiquetado de los marcadores se realizó siguiendo las recomendaciones de la International Society of Biomechanics (ISB) (Wu *et al.*, 2005). Las articulaciones seleccionadas son tobillo, rodilla, cadera, hombro y codo. Se extrajeron los datos de posición de los marcadores para cada sujeto con ayuda del *software* libre para análisis biomecánico Kinovea®.

Los datos de posición fueron guardados en un archivo Excel y posteriormente procesados en el *software* Matlab —versión R2019b, Mathworks Inc.—. A fin de garantizar que los movimientos fueran lo más naturales posible, se





escogieron ocho repeticiones seguidas del total de repeticiones realizadas en los 30 segundos por cada sujeto en cada nivel de dificultad. Estas fueron seleccionadas en el intervalo de tiempo a partir del cual se identifica que los sujetos comienzan a realizar el ejercicio de forma natural, hasta el final del registro. Los datos fueron suavizados utilizando ventanas de cinco datos para evitar posibles desenfoques de la cámara en el momento de registrar los movimientos.

Posteriormente, estos datos se utilizaron con el propósito de calcular las variables cinemáticas de velocidad, aceleración y amplitud articular. Al ser un movimiento cíclico, cada una de las ocho rutinas seleccionadas fueron normalizadas y graficadas por medio de funciones propias desarrolladas en Matlab. Las variables se han representado mediante el método de *grand mean* entre datos y sujetos del mismo género (Tirrell et al., 2018).

2.5 Análisis estadístico

El análisis estadístico se llevó a cabo mediante el *software* SPSS —versión-25—. Para determinar el tipo de distribución y homogeneidad de varianzas de los datos se aplicó el test de Shapiro-Wilk y Test de Levene (Moncada-Jiménez, 2004), de modo que se obtuvieron valores de distribución normales y varianzas homogéneas. Posteriormente, se aplicó el test paramétrico, análisis de varianza Anova para la constatación de las variables para los grupos de hombres y mujeres en los distintos niveles del dispositivo *Five Minutes Shaper*, ajustando el nivel de significancia al 5 %, es decir, un *p-valor* menor a 0,05. Adicionalmente, se empleó el coeficiente de correlación de Pearson con la finalidad de confirmar hipótesis.

3. Resultados y discusión

En la figura 1 se identifican dos secuencias en la actividad física importantes en este estudio, la extensión y la flexión de la cadera, las cuales son generadas por el desplazamiento de la rodilla en el tubo deslizante de la máquina. Este trabajo hace énfasis en la articulación de la cadera y la rodilla, debido a que la cadera actúa como centro de estabilización del tronco en la ejecución de

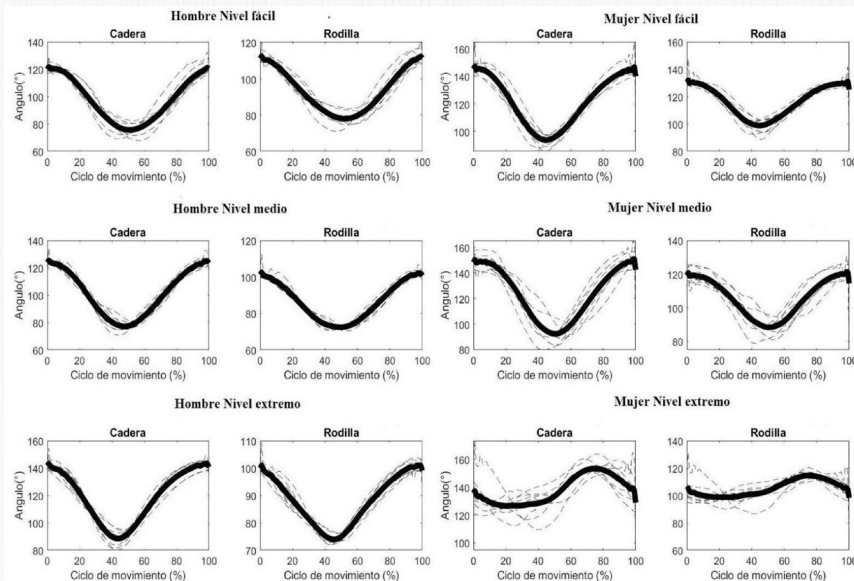


movimientos, de modo que previene el riesgo de lesiones (Endo y Sakamoto, 2014); además, la rodilla es la articulación principal del movimiento en el dispositivo debido a su desplazamiento lineal (véase la Figura 1).

La figura 3 muestra los ángulos relativos formados por las articulaciones de la cadera y la rodilla en cada nivel analizado de la máquina, además permite observar que existe una relación en la amplitud articular de la rodilla y la cadera entre los géneros. También se observa que los hombres presentan mayor amplitud articular en la flexión de las articulaciones, pero no en la extensión al utilizar el dispositivo en los tres niveles.

Sin embargo, se determina cómo a medida que aumenta el nivel de la máquina la amplitud articular disminuye gradualmente, debido al esfuerzo que se debe realizar para desplazar las rodillas en el soporte transversal del dispositivo. Adicionalmente, se puede determinar en el nivel extremo que las mujeres en comparación con los hombres para las dos articulaciones presentan dificultades al realizar el ejercicio, debido al ángulo de inclinación del dispositivo en ese nivel. Véase la figura 3.

Figura 3. Variación de la amplitud articular de la cadera y la rodilla en las fases de extensión y flexión de hombres y mujeres en los tres niveles del dispositivo *Five Minutes Shaper*



Fuente. Elaboración propia.





Con el fin de contrastar los resultados obtenidos, se hallan las magnitudes de velocidad y aceleración en la articulación de la rodilla (Tabla 3), por medio de las ecuaciones presentadas en la figura 4, las cuales fueron implementadas con funciones propias en el *software* Matlab. Para la validación de los resultados con las funciones desarrolladas se utilizó como Gold Standard el *software* Kinovea. Adicionalmente, se presentan los resultados de la velocidad y la aceleración en diagramas de cajas y bigotes para determinar el cambio entre hombres y mujeres. Véanse las figuras 5 y 6.

Tabla 3. Datos de las variables cinemáticas de velocidad y aceleración en cada nivel de la maquina *Five Minutes Shaper* en todos los sujetos

Suj.	Velocidad (m/s)											
	N. Fácil		N. Medio		N. Extremo		N. Fácil		N. Medio		N. Extremo	
	S	B	S	B	S	B	S	B	S	B	S	B
H1	0,60	0,64	0,77	0,78	0,72	0,83	1,89	1,9	2,14	3,01	2,71	3,85
H2	0,58	0,39	0,75	0,488	0,81	0,55	2,07	1,58	2,63	2,38	2,82	2,85
H3	1,00	0,96	1,08	1,12	1,00	0,96	3,31	4,19	4,3	7,95	3,75	7,65
H4	0,8	0,5	0,79	0,46	0,84	0,58	4,34	2,64	2,0	2,4	2,4	4,55
H5	1,21	0,8	1,52	1,00	1,57	1,25	5,1	5,1	6,3	8,6	6,5	12,5
M1	0,5	0,64	0,79	0,47	0,60	0,4	1,05	1,77	1,975	2,85	1,55	2,45
M2	0,4	0,31	0,70	0,44	0,67	0,4	1,3	1,20	2,55	2,13	2,35	2,5
M3	0,64	0,4	0,55	0,62	0,45	0,50	2,15	1,9	2,02	3,9	1,95	2,95
M4	0,8	0,67	1,00	0,90	0,57	0,54	2,24	2,86	3,09	4,1	2,25	3,8
M5	0,6	0,48	0,8	0,61	0,83	0,54	1,93	2,05	2,07	2,53	2,15	3,08

Nota: S = subida; B = bajada; Suj. = sujetos

Fuente. Elaboración propia.

Figura 4. Ecuaciones de las variables cinemáticas lineales utilizadas e implementadas en el *software* Matlab

$$\text{Velocidad} = \frac{P_{\text{final}} - P_{\text{inicial}}}{T_{\text{final}} - T_{\text{inicial}}} \quad \text{Aceleración} = \frac{V_{\text{final}} - V_{\text{inicial}}}{T_{\text{final}} - T_{\text{inicial}}}$$

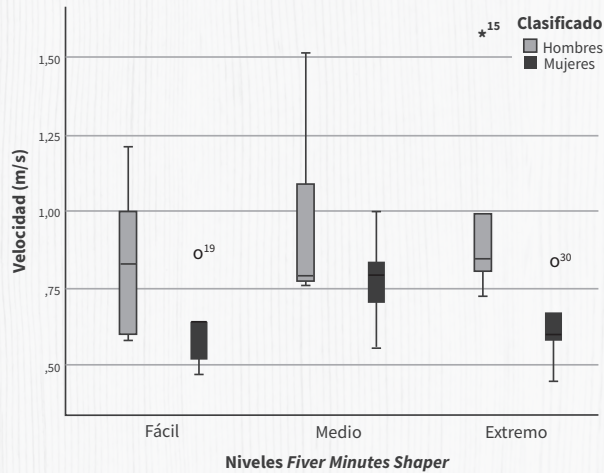
$$\text{Amplitud Articular} = \arccos \frac{A * B}{|A| * |B|} \quad \text{Resultante} = \sqrt{\text{Dato } x^2 + \text{Dato } y^2}$$

Fuente. Elaboración propia.



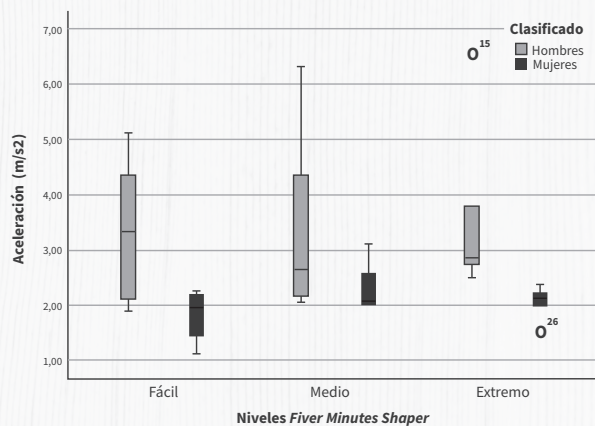
Donde P corresponde a la posición de los marcadores, A y B son los segmentos anatómicos —pantorrilla, muslo y tronco—, y T corresponde al tiempo empleado en la prueba.

Figura 5. Representación de la variable cinemática de velocidad en los tres niveles del dispositivo entre géneros



Fuente. Elaboración propia.

Figura 6. Representación de la variable cinemática de aceleración en los tres niveles del dispositivo entre géneros



Fuente. Elaboración propia.





Las pruebas estadísticas realizadas entre las medias articulares y los géneros a un nivel de confianza del 95 % mostraron que en la flexión no se presentan diferencias significativas en la articulación de la cadera para los niveles fácil — $p = 0,138$ — y extremo — $p = 0,092$ —, pero en la articulación de la rodilla sí se encontraron diferencias significativas en los niveles fácil — $p = 0,045$ —, medio — $p = 0,010$ — y extremo — $p = 0,042$ —. En la extensión mostraron diferencias significativas entre géneros la articulación de la cadera en el nivel fácil — $p = 0,047$ — y medio — $p = 0,019$ —, así como la articulación de la rodilla en el nivel medio — $p = 0,047$ — y extremo — $p = 0,048$ —. Sin embargo, en la velocidad y la aceleración de subida y bajada en los tres niveles de la máquina no se evidencian diferencias significativas — $p > 0,05$ —.

Esto evidencia que, en la extensión, las mujeres presentan mayor amplitud articular que los hombres en la rodilla y cadera para los tres niveles de la máquina, y para la flexión los hombres presentan mayor amplitud articular en la rodilla y cadera, con relación a las mujeres en los tres niveles de la máquina. Se resalta que la velocidad y la aceleración de subida y bajada no afecta la amplitud articular de la flexión y extensión, en la que los hombres tienden a subir y bajar más rápido que las mujeres. Véanse las figuras 5 y 6.

En la tabla 4 se presenta la correlación de Pearson para la amplitud articular de la cadera y rodilla, la cual comprueba que cuando aumenta la amplitud articular de la cadera también aumenta la amplitud articular de la rodilla —y viceversa— tanto para hombres como mujeres. Esto afirma la hipótesis de que cuando hay diferencias significativas entre géneros para la rodilla también las hay para la cadera.

Tabla 4. Correlación de Pearson para las amplitudes articulares de la cadera y rodilla

	Articulación	Correlación Pearson	Significancia
Flexión	Cadera y rodilla	0,53	0,03
Extensión	Cadera y rodilla	0,69	0,0001

Fuente. Elaboración propia.



4. Conclusiones

En este estudio, se han analizado las características cinemáticas lineales relacionadas con el movimiento en el dispositivo *Five Minutes Shaper*. Estas brindan información sobre la actividad física realizada y pueden ayudar a la mejora del rendimiento en el entrenamiento de zonas de alto sinergismos como lo es la zona abdominal. Se encuentran diferencias entre géneros en los que los hombres se destacan en la flexión del movimiento, lo cual podría ir acompañado de una alta activación muscular en la zona abdominal en el momento de subir en la máquina. Se resalta que la amplitud articular de las mujeres en el grado máximo de exigencia podría relacionarse con un mal gesto de movimiento, como, por ejemplo, alta probabilidad de lesiones osteomusculares.

Adicionalmente, los resultados muestran que el acondicionamiento físico puede ser un factor determinante en el rendimiento de los usuarios cuando se utiliza este tipo de dispositivos, especialmente en niveles altos de exigencia. Así mismo, estos resultados se encuentran dentro de los lineamientos fundamentales de los grados de libertad y los rangos de movimiento establecidos para cada articulación, por lo que el dispositivo puede ser utilizado en este tipo de ejercicio en personas con o sin acondicionamiento físico.

Finalmente, este estudio presenta el cambio de las variables cinemáticas de amplitud articular, velocidad y aceleración cuando se realiza el ejercicio en diferentes niveles del dispositivo, de manera que se caracteriza, principalmente, el uso del dispositivo en sujetos sin acondicionamiento físico. Los resultados podrían beneficiar a entrenadores y kinesiólogos acerca de los efectos producidos en el uso del dispositivo para que personas sin acondicionamiento físico puedan realizar el ejercicio y evitar de esta forma lesiones, mejorar el rendimiento deportivo y la imagen corporal, así como aumentar la fuerza, la resistencia y la flexibilidad.





Como estudios futuros se propone aumentar la muestra poblacional, implementar un análisis electromiográfico relacionándolo con variables cinemáticas angulares, analizar la fatiga muscular, estudiar la activación cardíaca e implementar métodos de clasificación dirigidos a obtener una mejor caracterización en movimientos relacionados con dispositivos de acondicionamiento físico.

Referencias

- Balthazard, P.; Currat, D.; Degache, F. (2015). Fundamentos de biomecánica. *EMC-Kinesiterapia-Medicina Física*, 36(4), 1-8. DOI: [https://doi.org/10.1016/S1293-2965\(15\)74142-3](https://doi.org/10.1016/S1293-2965(15)74142-3)
- Endo, Y.; Sakamoto, M. (2014). Correlation of shoulder and elbow injuries with muscle tightness, core stability, and balance by longitudinal measurements in junior high school baseball players. *Journal of Physical Therapy Science*, 26(5), 689-693. DOI: <https://doi.org/10.1589/jpts.26.689>
- Escamilla, R. F.; McTaggart, M. S.; Fricklas, E. J.; DeWitt, R.; Kelleher, P.; Taylor, M. K.; Hreljac, A.; Moorman, C. T. (2006). An electromyographic analysis of commercial and common abdominal exercises: implications for rehabilitation and training. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 36(2), 45-57. DOI: <https://doi.org/10.2519/jospt.2006.36.2.45>
- Kreher, J. B. (2016). Diagnosis and prevention of overtraining syndrome: an opinion on education strategies. *Open Access Journal of Sports Medicine*, 7, 115-122. DOI: <https://doi.org/10.2147/OAJSM.S91657>
- Moncada-Jiménez, J. M. (2004). Métodos estadísticos utilizados en las ciencias del movimiento humano. *Revista Educación*, 28(2), 279-287. DOI: <https://doi.org/10.15517/revedu.v28i2.2265>
- Nelson, G. A.; Bent-Forsythe, D. A.; Roopchand-Martin, S. C. (2012). Electromyographic activity of the rectus abdominis during a traditional crunch and the basic jackknife exercise with the Ab Lounge™. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 26(6), 1584-1588. DOI: <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318234e886>



- Silva, F. H.; Arantes, F. J.; Gregorio, F. C.; Santos, F. R.; Fidale, T. M.; Bérzin, F.; Bigaton, D. R.; Lizardo, F. B. (2020). Comparison of the electromyographic activity of the trunk and rectus femoris muscles during traditional crunch and exercise using the 5-minute shaper device. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 34(1), 1-10. DOI: <https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000003250>
- Soriano-Pérez, P.; Llana-Belloch, S. (2007). La instrumentación en la biomecánica deportiva. *Journal of Human Sport and Exercise*, 2(2), 26-41. DOI: <https://doi.org/10.4100/jhse.2007.22.02>
- Sternlicht, E.; Rugg, S. G.; Bernstein, M. D.; Armstrong, S. D. (2005). Electromyographical analysis and comparison of selected abdominal training devices with a traditional crunch. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 19(1), 157-162. DOI: <https://doi.org/10.1519/r-14864.1>
- Tirrell, T. F.; Rademaker, A. W.; Lieber, R. L. (2018). Analysis of hierarchical biomechanical data structures using mixed-effects models. *Journal of Biomechanics*, 69, 34-39. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2018.01.013>
- van den Bogert, A. J.; Geijtenbeek, T.; Even-Zohar, O.; Steenbrink, F.; Hardin, E. C. (2013). A real-time system for biomechanical analysis of human movement and muscle function. *Medical & Biological Engineering & Computing*, 51(10), 1069-1077. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11517-013-1076-z>
- Willardson, J. M.; Behm, D. G.; Huang, S. Y.; Rehg, M. D.; Kattenbraker, M. S.; Fontana, F. E. (2010). A comparison of trunk muscle activation: Ab Circle vs. traditional modalities. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(12), 3415-3421. DOI: <https://doi.org/10.1519/jsc.0b013e3181f639af>
- Wu, G.; van der Helm, F. C.; Veeger, H. D.; Makhsous, M.; Van Roy, P.; Anglin, C.; Nagels, J.; Karduna, A. R.; McQuade, K.; Wang, X.; Werner, F. W.; Buchholz, B. (2005). ISB recommendation on definitions of joint coordinate systems of various joints for the reporting of human joint motion—Part II: shoulder, elbow, wrist and hand—. *Journal of Biomechanics*, 38(5), 981-992. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2004.05.042>
- Youdas, J. W.; Guck, B. R.; Hebrink, R. C.; Rugotzke, J. D.; Madson, T. J.; Hollman, J. H. (2008). An electromyographic analysis of the Ab-Slide exercise, abdominal crunch, supine double leg thrust, and side bridge in healthy young adults: implications for rehabilitation professionals. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 22(6), 1939-1946. DOI: <https://doi.org/10.1519/jsc.0b013e31818745bf>

