

## DIFERENCIAS BIOMECÁNICAS EN LA PATADA AP CHAGÜI ENTRE TAEKWONDOS DE CINTURÓN BLANCO Y NEGRO

### BIOMECHANICAL DIFFERENCES IN AP CHAGÜI BETWEEN WHITE BELT AND BLACK OF TAEKWONDO

1. MSc. Eduardo Marcelo Loachamin Aldaz\*. Email: [emloachamin@espe.edu.ec](mailto:emloachamin@espe.edu.ec) Tél: +593 9
2. Lic. Fanny Mariela Mena Pila\*. Email: [menamariela23@gmail.com](mailto:menamariela23@gmail.com)
3. Lic. Erika Estefanía Durán Portilla\*. Email: [duran.estefania27@gmail.com](mailto:duran.estefania27@gmail.com)
4. Dr.C. Giceya de la Caridad Maqueira Caraballo\*\*. Email: [giceyamc@gmail.com](mailto:giceyamc@gmail.com)

\*Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE

\*\*Universidad de Guayaquil

### RESUMEN

**Introducción:** La biomecánica al estudiar las estructuras de carácter cinemático y mecánico posibilita detectar supuestos que potencian un movimiento motriz en función de optimizar la técnica deportiva y por ende elevar el rendimiento. **Objetivo:** Determinar las diferencias biomecánicas en diversas variables del movimiento técnico de la patada Ap Chagüi en deportistas de taekwondo con cinturón blanco y negro. **Métodos:** Se estudia a una población de siete deportistas de cinturón blanco y siete de cinturón negro, investigando las variables cinemáticas del ángulo del brazo en sus tres fases, ángulo de la pierna en sus tres fases, centro de gravedad en sus dos ejes, velocidad inicial y final, y tiempo total y de impacto. **Resultados:** Se estableció la existencia de diferencias significativas entre la posición uno de la pierna ( $p=0,053$ ), eje X del centro de gravedad ( $p=0,026$ ), velocidad inicial ( $p=0,038$ ) y velocidad final ( $p=0,017$ ), así como el tiempo de impacto de la patada ( $p=0,053$ ) a partir de la Prueba U de Mann-Whitney ( $\alpha=0,1$ ). Mientras que no existieron diferencias significativas en la posición uno del brazo ( $p=0,259$ ), posición dos del brazo ( $p=0,535$ ), posición tres del brazo ( $p=0,318$ ), posición dos y tres de la pierna ( $p=0,209$ ;  $p=0,53$ ), eje Y del centro de gravedad ( $p=0,456$ ) y tiempo total de la patada ( $p=0,805$ ), aunque si se manifestaron diferencias en los rangos promedios. **Conclusiones:** Las descripciones y correlaciones de las variables cinemáticas de la patada Ap Chagüi permitirán conformar futuros baremos del rendimiento técnico del deportista de taekwondo en diferentes categorías de formación.

**Palabras clave:** Tae Kwon Do, Ap-chagui, Biomecánica, Cinturones blanco y negro.

## ABSTRACT

**Introduction:** Biomechanics study the structures of kinematic and mechanical character makes it possible to detect supposed that promote a motor movement in function of technique optimizing in sports and therefore to performance increase. **Objective:** To determine the biomechanical differences in variables of technical movement in Ap Chagüi kick in taekwondo athletes with black and white belt. **Methods:** We studied a population of seven white belt and seven black belt athletes, investigating the kinematic variables of arm angle in its three phases, leg angle in its three phases, center of gravity in its two axes, velocity initial and final, total time and impact time. **Results:** There were significant differences between leg position ( $p = 0.053$ ), X axis of gravity center ( $p = 0.026$ ), initial velocity ( $p = 0.038$ ) and final velocity ( $p = 0.017$ ). As well as the impact time of the kick ( $p = 0.053$ ) with Mann-Whitney U-Test ( $\alpha = 0.1$ ). While there were no significant differences in arm position one ( $p = 0.259$ ), arm position two ( $p = 0.535$ ), arm position three ( $p = 0.318$ ), leg position two and three ( $p = 0.209$ ;  $P = 0.53$ ), Y axis of the gravity center ( $p = 0.456$ ) and total time of the kick ( $p = 0.805$ ), although differences were observed in the average ranges. **Conclusions:** The descriptions and correlations kinematic variables in Ap Chagüi kick will allow future design of technical performance scale in taekwondo athlete from different training categories.

**Keywords:** Tae Kwon Do, Ap-chagui, Biomechanics, Black and white belts.

## INTRODUCCIÓN

El deporte es uno de los fenómenos sociales más importantes en el mundo, ya que conlleva una serie de intereses económicos de gran magnitud, siendo su máxima expresión las olimpiadas y campeonatos del mundo (1). Los parámetros antropométricos como talla, envergadura y longitudes de los deportistas son importantes en cada una de las disciplinas (2), al igual que la aplicación de la biomecánica para identificar los principios y leyes mecánicas que intervienen en la ejecución de una destreza motriz (3,4).

El trabajo de los biomecánicos deportivos está orientado básicamente a mejorar el rendimiento deportivo y a disminuir el nivel de incidencia de las lesiones en los diferentes deportes (5,6,7). Por esta razón, la mayoría de ellos determinan que el rendimiento deportivo se caracteriza por tener un bajo nivel de variabilidad cuando se implementa un movimiento determinado en deportes eminentemente técnicos, aunque en deportes eminentemente técnico-tácticos dicha variabilidad aumenta, al aumentar la movilidad del oponente en términos de incertidumbre (8,9). Esto ha llevado a los investigadores biomecánicos a crear valores de variables como principales estándares en el rendimiento del gesto deportivo (10), contribuyendo a la teoría y metodología del entrenamiento en un deporte específico, creando así la técnica ideal (11,12).

La cultura asiática posee numerosos puntos en común. En cuanto a la historia en un principio las formas del Taekwondo fueron una versión Coreana del karate shotokan. Años más adelante las formas del Taekwondo le darían las características únicas que llevaron al arte del General Choi a ser uno de los deportes más practicados en el mundo (13).

La biomecánica consiste principalmente en el estudio que coexiste entre dos elementos, el biológico y el mecánico (14,15). De esta manera se han acuñado términos para definir esta área, por esta razón en libros o revistas el nombre genérico de biomecánica se estudian problemas como microcirculación, prótesis, movimiento humano y mundo del deporte. Por ello, la biomecánica es aquella disciplina que utiliza instrumentos de la mecánica para el estudio del movimiento humano (16).

El estudio de diferencias biomecánicas esta direccionado en lo fundamental a los deportistas con cinturones blancos (17,18), deportistas que inician en el deporte, y que le permite ver el proceso de forma concreta hasta llegar a cinturón negro, donde su conocimiento es más teórico y práctico (19), además de la aplicación de los valores que les enseña la disciplina.

La fuerza de una patada se relaciona con la velocidad de ejecución del movimiento (20), bajo la teoría de proyectiles, un material blando con masa como el plomo, a grandes velocidades puede atravesar materiales tan fuertes y resistentes como el acero (21), aspecto basado en la segunda ley de Newton.

El Taekwondo contiene una serie de principios, teorías y conceptos. Este deporte es de un desarrollo completo el cual mejora las cualidades volitivas y cualidades físicas, los cuales son factores muy determinantes en cualquier deporte. El desarrollo armonioso de la musculatura, las cualidades motrices, trabajo del sistema cardiorrespiratorio, así como el desarrollo de las capacidades coordinativas generales y una mejora física son importantes al momento de practicar Taekwondo.

Por las características mencionadas, éste deporte influye directamente sobre la salud y otros factores (22), tomando en cuenta que a diferencia de otros deportes, éste desarrolla diversos aspectos mentales, entre ellos, la autoestima, la confianza en sí mismo y la seguridad (23).

Los requisitos más relevantes en un movimiento de patada se relacionan con la flexibilidad (24), luego la posición natural del cuerpo, agilidad y discreción (2), este último como acción a realizar relacionada con el centro de gravedad el cual eleva el nivel de ataque o defensa (25,26).

La potencia muscular, es el tipo de fuerza que viene de la actividad muscular, y esta es resultado de la energía generada por la contracción muscular (concéntrica y excéntrica) en el taekwon do su base es el golpeo y el bloqueo, y es necesario el entrenamiento de la rapidez y de la potencia (27).

Existen dos acciones que se realizan en Taekwondo: técnica y táctica, estos se relacionan directamente con los elementos técnicos y tácticos respectivamente. Los elementos técnicos son esenciales e imprescindibles en la estructura funcional de la acción técnica, que al relacionarse con el sistema de entrenamiento es la base de la estructura del movimiento deportivo para la aplicación de estas acciones (28).

En cuanto a la acción técnica es el resultado de la ejecución del gesto deportivo como modelo ideal, el cual no es una decisión que dependa solamente del adversario, si no del mismo deportista que la ejecuta (29). Estas acciones son un proceso de ejecución de todos los elementos técnicos, los cuales se basan en los modelos de entrenamiento, capacidades y condiciones que posea cada deportista (28,30), donde se incluye la longevidad deportiva como variable potenciadora del movimiento motriz y que por demás es un requisito para el cambio de cinturón en taekwondo.

El objetivo de la presente investigación es encontrar las diferencias biomecánicas en varias variables cinemáticas de la técnica Ap Chagüi de taekwondo entre deportistas de cinturón blanco y negro. Los datos obtenidos en la investigación permitirán establecer a futuro comparaciones pertinentes entre deportistas de iniciación y expertos, construyendo baremos basados en un modelo superior de nivel técnico-táctico, lo cual permitiría corregir movimientos técnicos a entrenadores y optimizar el proceso de dirección del entrenamiento deportivo.

## **MÉTODOS**

En la presente investigación se aplicó el programa Kinovea, para evaluar los ángulos en cada fase de la patada Ap Chagüi y el movimiento acompañante de brazo (tres fases), velocidad inicial y final, tiempo total y tiempo en realizar el impacto, y centro de gravedad de una población de siete deportistas de cinturón blanco y siete deportistas de cinturón negro, integrantes de alto rendimiento del Ecuador según su edad.

Se empleó el SPSS para comparar las variables estudiadas, aplicando la prueba U de Mann-Whitney ( $p \leq 0,1$ ). Se empleó un nivel de significación aceptado para las ciencias sociales (90% de margen de confianza) dado el carácter de la investigación, donde las diferencias entre las variables biomecánicas puede ser estadísticamente pequeñas pero igual de influyentes en términos de rendimiento motriz.

La patada ap-chagui, se divide en tres impactos a los genitales (el impacto se lo realiza con el empeine del pie), el estómago (el impacto se lo realiza con la planta del pie en el área de los metatarsos) y a la cara (el impacto se lo realiza con la planta del pie en el área de los metatarsos).

Se estudia precisamente la patada al estómago, las fases tomadas en cuenta para el estudio biomecánico son:

1. Posición inicial



2. Elevación de rodilla



3. Impacto.

## RESULTADOS

Tabla 1. Resultados de las mediciones realizadas a los deportistas con cinturón blanco

NOMBRE	Ángulos brazo			Ángulos Pierna			Centro de gravedad		Velocidad m/s		Tiempo	
	P1	P2	P3	P1	P2	P3	X	Y	inicial	Final	Total	impacto
<b>CINTURON BLANCO</b>												
Atleta1	46	99	161	169	121	166	148,72	115,25	1,53	5,16	1,6	0,56
Atleta2	77	134	161	173	87	162	169,42	124,46	1,99	3,95	0,8	0,4
Atleta3	40	99	147	179	89	179	174,78	142,05	2,33	6,21	0,9	0,4
Atleta4	93	138	134	176	87	172	163,78	111,73	2,53	5,3	1,6	0,43
Atleta5	43	65	51	175	81	156	168,3	111,11	1,68	2,95	1,46	0,53
Atleta6	60	71	65	152	77	172	163,05	112,47	2,13	5,35	1,3	0,43
Atleta7	71	96	131	161	81	186	169	114,57	2,36	3,82	0,76	0,33
<b>PROMEDIO</b>	<b>61,43</b>	<b>100,29</b>	<b>121,43</b>	<b>169,29</b>	<b>89</b>	<b>170,43</b>	<b>165,29</b>	<b>118,81</b>	<b>2,08</b>	<b>4,68</b>	<b>1,2</b>	<b>0,44</b>

El ángulo promedio de brazos se estableció en la posición 1 (P1) en 61,43° grados, en la posición 2 (P2) en 100,29° y la posición 3 (P3) en 121,43°. El ángulo promedio de piernas se estableció en la posición 1 (P1) en 169,29°, en la posición 2 en 89° y la posición 3 en 170,43°. Por otra parte, el centro de gravedad en el eje X se estableció como promedio en 165,29 y en el eje Y en 118,81, con una velocidad promedio inicial de 2,08m/s y final de 4,68m/s, con un tiempo total de 1,2 e índice de impacto promedio de 0,44.

**Tabla 2.** Resultados de las mediciones realizadas a los deportistas con cinturón negro

NOMBRE	Ángulos brazo			Ángulos Pierna			Centro de gravedad (cm)		Velocidad m/s		Tiempo	
	P1	P2	P3	P1	P2	P3	X	Y	Inicial	Final	Total	Impacto
<b>CINTURON NEGRO</b>												
Atleta1	75	100	103	176	87	173	161,36	119,71	0,96	5,87	0,9	0,43
Atleta2	77	130	160	168	87	165	192,41	103,7	1,87	2,26	1,2	0,36
Atleta3	75	60	54	184	73	192	250,54	106,64	1,67	0,47	1,4	0,4
Atleta4	61	68	68	185	74	181	197,66	113,23	1,78	1,3	1,4	0,33
Atleta5	83	81	76	182	76	199	251,87	116,03	2,04	1,45	1,1	0,33
Atleta6	73	124	146	174	85	187	216,45	103,61	1,48	2,12	1,16	0,33
Atleta7	51	69	50	187	82	183	172,68	118,17	0,93	1,15	1,1	0,33
<b>PROMEDIO</b>	<b>70,714</b>	<b>90,286</b>	<b>93,857</b>	<b>179,429</b>	<b>80,571</b>	<b>182,857</b>	<b>206,139</b>	<b>111,584</b>	<b>1,628</b>	<b>1,458</b>	<b>1,180</b>	<b>0,359</b>
<b>U de Mann-Whitney</b>	0,259	0,535	0,318	0,053	0,209	0,53	0,026	0,456	0,038	0,017	0,805	0,053

El ángulo promedio de brazos se estableció en la posición 1 (P1) en 70,714° grados, en la posición 2 (P2) en 90,286° y la posición 3 (P3) en 93,857°. El ángulo promedio de piernas se estableció en la posición 1 (P1) en 179,429 en la posición 2 en 80,571° y la posición 3 en 182,857°. Por otra parte, el centro de gravedad en el eje X se estableció como promedio en 206,139 y en el eje Y en 111,584, con una velocidad promedio inicial de 1,628m/s y final de 1,458m/s, con un tiempo total de 1,180 e índice de impacto promedio de 0,359.

## DISCUSIÓN

Un análisis de los elementos biológicos y mecánicos de la patada Ap Chagui posibilitó determinar características básicas a tener en cuenta en la futura modelación del entrenamiento deportivo, tal y como se afirma en la literatura base (14,15) y la especializada (17,18,19).

Al aplicar la Prueba U de Mann-Whitney, se demostró las diferencias entre los gestos técnicos en la población objeto de estudio, permitiendo entre otros aspectos, determinar variables que como la velocidad posee influencia en el éxito motriz (20). En ese sentido, se

determinó la no existencia de diferencias significativas entre el ángulo del brazo en la primera fase de la Patada Ap Chagui ( $p=0,259$ ) entre deportistas de cinturón blanco y negro. No obstante, los rangos promedios establecieron que los atletas de cinturón negro poseen un mayor ángulo en la técnica descrita (8,79) que la muestra de cinturones blanco (6,21). Igualmente se demostró que no existen diferencias significativas entre el rendimiento técnico en el ángulo del brazo en la segunda fase de la Patada Ap Chagui ( $p=0,535$ ) entre deportistas de cinturón blanco y negro, estableciéndose mayores rangos promedios en los atletas de cinturón blanco (8,29) que en cinturones negro (6,21). Para el caso del ángulo del brazo en la tercera fase de la Patada Ap Chagui entre deportistas de cinturón blanco y negro tampoco se establecieron diferencias significativas ( $p=0,318$ ), siendo mayor el rango promedio establecido en los deportistas de cinturón blanco poseen un mayor ángulo en la técnica descrita (8,71) que la muestra de cinturones negro (6,29).

El estudio biomecánico realizado en los miembros superiores que intervienen en esencia como factor coordinativo (equilibrio) (31) en la técnica de patada Ap Chagui, demostraron que en ningún caso existió diferencias significativas. En parte lo anterior se justifica por el efecto secundario de los miembros superiores en el rendimiento de miembros inferiores, aun existiendo diferencias en los rangos promedios obtenidos, y la influencia en términos de velocidad de la rotación de los brazos (32), lo que implica una técnica menos depurada en términos biomecánicos, ya que los deportistas de cinturón negro llegan a tener un estilo de pelea independiente de un modelo general.

Por otra parte, el estudio de miembros inferiores demostró la existencia de diferencias significativas entre el rendimiento técnico en el ángulo de la pierna en la primera fase de la Patada Ap Chagui ( $p=0,053$ ) entre deportistas de cinturón blanco y negro, estableciéndose un rango promedio mayor en los deportistas de cinturón negro (9,64) que en los deportistas de cinturones blanco (5,36). Para el caso de la segunda fase en el ángulo de pierna, la U de Mann-Whitney demostró la no existencia de diferencias significativas ( $p=0,209$ ) entre los deportistas comparados, siendo mayor el rango promedio en los cinturones blanco (9,00) que en la muestra de cinturones negro (6,00). Para el caso de la tercera fase del movimiento



angular de piernas sí se demostró diferencias significativas ( $p=0,053$ ), siendo mayor el rango promedio en deportistas de cinturón negro (9,71) que en cinturones blanco (5,29).

Las diferencias significativas detectadas pueden relacionarse con el grado de destreza técnica presentes en los deportistas estudiados, en lo que influye la longevidad deportiva, que implica a su vez mayor potenciación en las capacidades físicas determinantes como es el caso de la flexibilidad (24), la posición natural del cuerpo, agilidad, discreción (2), potencia y rapidez (27), así como la influencia del centro de gravedad en los movimientos de ataque y defensa (25,26).

Para el caso del estudio del centro de gravedad, la Prueba U de Mann-Whitney demostró la existencia de diferencias significativas en el eje X ( $p=0,026$ ) entre deportistas de cinturón blanco y negro, estableciéndose un rango promedio mayor en los atletas de cinturón negro (10) que en cinturones blanco (5); mientras que en el eje Y no se establecieron diferencias significativas ( $p=0,456$ ) entre las muestras independientes estudiadas, aunque si se determinó diferencias en los rangos promedios en los atletas de cinturón blanco (8,43) y cinturones negro (6,57). Tal y como afirma Estevan, Jandacka, & Falco (18) la postura de la posición puede afectar la efectividad técnica en la ejecución de las patadas del taekwondo, un aspecto que diferencia técnicamente a deportistas de diferentes cinturones, siendo probabilísticamente peor adoptar un ángulo de  $90^\circ$ , aspecto característico en taekwondocas de iniciación.

Para el caso del estudio de la velocidad, como aspecto esencial en el rendimiento del taekwondo (20), La Prueba U de Mann-Whitney demostró la existencia de diferencias significativas en la velocidad inicial ( $p=0,038$ ) entre deportistas de cinturón blanco y negro, siendo mayor el rango promedio en deportistas de cinturón blanco (9,86) que en cinturones negro (5,14), lo cual se justifica dado un menor bajo rendimiento técnico en los primeros, que realizan menores fintas y por ende mayores patadas con ineffectividad (patadas al aire sin contacto con el oponente). Por otra parte, en la velocidad final también se determinaron diferencias significativas ( $p=0,017$ ), estableciéndose un rango promedio mayor en los deportistas de cinturón blanco (10,14) que en la muestra de cinturones negro (4,86).

Finalizando, el estudio del tiempo total estableció la no existencia de diferencias significativas ( $p=0,805$ ), con un rango promedio mayor en deportistas de cinturón blanco (7,79) que en cinturones negro (7,21), mientras que el tiempo de impacto fue significativamente diferente ( $p=0,053$ ), siendo mayor el rango promedio en deportistas de cinturón blanco (9,71) que en deportistas de cinturones negro (5,29).

A pesar de la existencia de algunas diferencias no significativas, es útil aclarar que el rendimiento deportivo es multifactorial, por lo cual es necesario considerar que el éxito deportivo depende también de otros aspectos que deben analizarse junto a las variables estudiadas de forma integral, incluyendo las influencias ejercidas por variables tales como los modelos de entrenamiento, las características de los oponentes, el desarrollo alcanzado en las capacidades físicas, y los condicionantes individuales entre otros (28,33).

A modo de conclusión, luego de la comparación biomecánica entre deportistas de cinturón blanco y negro, se establecieron la existencia de diferencias significativas entre la posición 1 de la pierna ( $p=0,053$ ), eje X del centro de gravedad ( $p=0,026$ ), velocidad inicial ( $p=0,038$ ) y velocidad final ( $p=0,017$ ), y tiempo de impacto de la patada ( $p=0,053$ ) a partir de la Prueba U de Mann-Whitney, bajo un nivel de significación de 0,1. Mientras que no existieron diferencias significativas en la posición 1 del brazo ( $p=0,259$ ), posición 2 del brazo ( $p=0,535$ ), posición 3 del brazo ( $p=0,318$ ), posición 2 de la pierna ( $p=0,209$ ), eje Y del centro de gravedad ( $p=0,456$ ) y tiempo total de la patada ( $p=0,805$ ), aunque si se manifestaron diferencias en los rangos promedios.

El presente estudio permite sentar las bases comparativas para conformar futuros baremos del rendimiento técnico del deportista de Taekwondo en diferentes categorías de formación.

## **AGRADECIMIENTOS**

Al proyecto de investigación “Gestión de competencias para publicaciones científicas en estudiantes de pregrado y postgrado de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE”.

## CONFLICTOS DE INTERÉS

Los autores declaran no tener conflictos de intereses, financiero o personal, que puedan influir en el desarrollo de esta investigación.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Alonso J, Grande I. Comportamiento del consumidor: decisiones y estrategia de marketing. Madrid: ESIC Editorial; 2013.
2. Bridge CA, da Silva Santos JF, Chaabène H, Pieter W, Franchini E. Physical and physiological profiles of taekwondo athletes. *Sports Medicine*. 2014; 44(6): 713-733.
3. Blazevich AJ. *Sports biomechanics: the basics: optimising human performance*. 2nd ed.: A&C Black; 2013.
4. León S, Calero S, Chávez E. *Morfología funcional y biomecánica deportiva*. 2nd ed. Quito: Editorial de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE; 2016.
5. McBain K, Shrier I, Shultz R, Meeuwisse WH, Klügl M, Garza D, et al. Prevention of sports injury I: a systematic review of applied biomechanics and physiology outcomes research. *British journal of sports medicine*. 2012; 46(3): 169-173.
6. McIntosh AS. Biomechanical considerations in the design of equipment to prevent sports injury. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part P. Journal of Sports Engineering and Technology*. 2011; 226(3-4): 93-199.
7. Estevan I, Jandacka D, Falco C. Effect of stance position on kick performance in taekwondo. *Journal of sports sciences*. 2013; 31(16): 1815-1822.
8. Casolino E, Lupo C, Cortis C, Chiodo S, Minganti C, Capranica L, et al. Technical and tactical analysis of youth taekwondo performance. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2012; 26(6): 1489-1495.
9. Tornello F, Capranica L, Minganti C, Chiodo S, Condello G, Tessitore A. Technical-tactical analysis of youth Olympic Taekwondo combat. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2014; 28(4): 1151-1157.

10. Puentes E, Calero S. Fundamentals for a biomechanical analysis of aikido. *Lecturas: educación física y deportes*. 2014 Marzo; 18(190): 1-13.
11. Estevan I, Jandacka D, Falco C. Effect of stance position on kick performance in taekwondo. *Journal of sports sciences*. 2013; 31(16): 1815-1822.
12. McGinnis P. *Biomechanics of sport and exercise.. 3rd ed.: Human Kinetics.*; 2013.
13. Iriarte L. Introducción. In Iriarte L. *Un Día en la Eternidad. La Historia de Las Formas del Taekwondo*. Argentina: Dunken; 2013. 15.
14. Fung YC. *Biomechanics: mechanical properties of living tissues*. 2nd ed.: Springer Science & Business Media; 2013.
15. Winters JM, Woo SL. *Multiple muscle systems: biomechanics and movement organization*. 2nd ed.: Springer Science & Business Media; 2012.
16. Redín MI. *Biomecánica de la Actividad Física y El Deporte*. In Redín MI. *Biomecánica y bases neuromusculares de la actividad física y el deporte.*: Médica Panamericana; 2008. 3.
17. Tan YL, Krasilshchikov O. Diversity of attacking actions in Malaysian junior and senior taekwondo players. *International Journal of Performance Analysis in Sport*. 2015; 15(3): 913-923.
18. Estevan I, Falco C, Silvernail JF, Jandacka D. Comparison of Lower Limb Segments Kinematics in a Taekwondo Kick. An Approach to the Proximal to Distal Motion. *Journal of human kinetics*. 2015; 47(1): 41-49.
19. Abad F. *Tae Kwon Do Buenos Aires*: Editorial Lea; 2012.
20. Bercades LT, Pieter W. A biomechanical analysis of the modified taekwondo axe kick. *Revista de Artes Marciales Asiáticas*. 2012; 2(1): 28-39.
21. Monterrosa A. Análisis biomecánico de la técnica shonal chigüí en cinturones negros del arte marcial Taekwondo. *Lecturas: educación física y deportes*. 2007 Mayo; 12(108): 1-5.
22. Cárdenas YA, Zamora XA, Calero S. Incidence of the practice of taekwondo in the academic performance of 6-16 year old students. *Lecturas: educación física y deportes*. 2016 Abril; 21: 1-14.
23. Abad F. *Taekwondo: Ediciones LEA*; 2005.

24. Kwok HM. Discrepancies in fighting strategies between Taekwondo medalists and non-medalists. *JOURNAL OF HUMAN SPORT & EXERCISE*. 2012; 7(4): 806-814.
25. Lee KM. Taekwondo Kyorugi. La competición: Hispano Europea; 2001.
26. Estevan I, Jandacka D, Falco C. Effect of stance position on kick performance in taekwondo. *Journal of sports sciences*. 2013; 31(16): 1815-1822.
27. Miong L. Taekwondo Dinámico. 5th ed. Barcelona: Hispano Europea.; 2010.
28. Gonzáles de Prado C, Iglesias X, Mirallas Sariola JA, Esparza Pérez G. Sistematización de la acción táctica en el taekwondo de alta competición/Systematization of Tactical Action in High-Level Competition Taekwondo. *Apunts. Educació física i esports*. 2011; 103: 56-67.
29. Fong SS, Tsang WW. Relationship between the duration of taekwondo training and lower limb muscle strength in adolescents. *Hong Kong Physiotherapy Journal*. 2012; 30(1): 25-28.
30. Paucar MG, Pisuña HV, Calero S, Coral EG, Loachamin EM, Rodríguez MP. Integrated training vs traditional training in senior taekwondo practitioners. *Lecturas: educación física y deportes*. 2017 Enero;(21): 1-17.
31. Cheng KB, Huang YC, Kuo SY. Effect of arm swing on single-step balance recovery. *Human movement science*. 2014; 38: 173-184.
32. Wąsik J. The structure of the roundhouse kick on the example of a European Champion of taekwon-do. *Archives of Budo*. 2010; 6(4): 211-216.
33. Calero S. Fundamentos del entrenamiento optimizado: Cómo lograr un alto rendimiento deportivo en el menor tiempo posible. In *Primer Congreso de Fisioterapia y Deporte.*; 2014; Villahermosa, Tabasco: Universidad del Valle de México.