

## **Comparación de la eficiencia de la patada circular al pecho y a la cara en taekwondo según la distancia de ejecución**

### **Comparison of the efficiency of the roundhouse kick to the chest and to the head in taekwondo in function of execution distance**

**Isaac Estevan Torres**

Universidad Católica de Valencia

**Javier Molina-García**

Universidad Católica de Valencia. Universitat de València

**Coral Falcó Pérez**

Universidad Católica de Valencia

**Octavio Álvarez Solves**

Centro de Medicina del Deporte de Chestre. Valencian International University (VIU)

#### **Resumen**

Este trabajo pretendió analizar el tiempo de ejecución (TE), el tiempo de impacto, la fuerza máxima de golpeo (FMG) y la fuerza relativa de golpeo (FRG), según tres distancias de ejecución, en la patada circular al pecho y a la cara, y analizar la relación entre TE-FMG, y FMG-peso. La muestra estuvo compuesta por 23 taekwondistas: medallistas ( $n = 12$ ) y no medallistas ( $n = 11$ ). En el grupo de no medallistas se hallaron diferencias según la distancia de ejecución en la FMG y FRG entre la patada circular al pecho y a la cara ( $p < 0,01$ ), mientras que no se hallaron diferencias en el grupo de medallistas. Además, en el grupo de no medallistas el peso predijo la fuerza máxima de golpeo ( $p < 0,05$ ). En conclusión, se puede afirmar que las patadas a la cara poseen la misma eficiencia que las patadas al pecho.

**Palabras Clave:** parámetros mecánicos; distancia de ejecución; patada; taekwondo.

#### **Abstract**

The purpose of the research was to examine and compare execution time (TE), impact time, maximum impact force (FMG) and relative impact force (FRG) in terms of the execution distance, in the roundhouse kick to the chest and to the head and to analyze the relationship between TE-FMG, and between FMG-weight. 23 taekwondo athletes, medallist ( $n = 12$ ) and non-medallist ( $n = 11$ ), participated in the study. For the non-medallists' group significant differences were found from several execution distances, in FMG and FRG between roundhouse kick to the chest and to the head ( $p < 0.01$ ), but no differences had been found in medallists' group. Besides, for the non-medallists' group, weight predicted maximum impact force ( $p < 0.05$ ). In conclusion, roundhouse kicks to the head are same efficiency as roundhouse kicks to the chest.

**Key words:** mechanical parameters; execution distance; kick; taekwondo.

Correspondencia/correspondence: Isaac Estevan Torres  
Facultad de Ciencias de la Educación y del Deporte.  
Universidad Católica de Valencia. C/ Guillem de Castro, 175 - 46008 - Valencia  
E-mail: isaac.estevan@ucv.es

## Introducción

El taekwondo es un deporte de lucha con golpeo donde las técnicas de pierna son las que más se realizan en competición (Olivé, 2005). Entre las patadas que se realizan en los combates, encontramos la patada circular al pecho o Bandal chagui, con la que se consigue el 27% del total de los puntos en los combates y el 10% de los KO. Además con la patada circular a la cara o Dolio chagui, se obtiene el 11 % de los puntos, siendo ésta la segunda técnica con la que más KO se consiguen (Olivé, 2005). En 2009, se modificó el reglamento de competición estableciéndose que las patadas a la cara otorgan tres puntos (p.e., Dolio chagui), frente a las patadas al pecho que otorgan un punto (p.e., Bandal chagui) (World Taekwondo Federation [WTF], 2009).

Según Kim, Yenuga y Kwon (2008), los deportistas realizan aquellas acciones con las que se pueden conseguir puntos con menor esfuerzo y mayor eficacia. Entre éstas se encuentran el Bandal y Dolio chagui, cuya diferencia técnica es la altura del objetivo de golpeo: al pecho y a la cara, respectivamente (O'Sullivan y cols., 2009).

Durante los combates de taekwondo los competidores mantienen entre sí una determinada distancia denominada distancia de ejecución (ED). Ésta es un parámetro táctico cuyo control es clave para la excelencia deportiva en ciertos deportes de lucha (Hristovski, Davids, Araújo, y Button, 2006). La ED condiciona otros parámetros como la fuerza de golpeo y el tiempo de ejecución (Bolander, Neto y Bir, 2009; Neto, Magini y Saba, 2007), que son relevantes para la obtención de puntos. Según Kim y cols. (2008) las patadas circulares son las acciones con las que los competidores más fácilmente se adaptan a la ED.

Además de aspectos tácticos como la ED, teniendo en consideración los comentarios de Toskovic y colaboradores (Toskovic, Blessing y Williford, 2002), quienes señalan que en taekwondo las acciones se dan en cortos periodos de tiempo y con gran explosividad, se han de señalar otros parámetros importantes para conseguir puntuar (Falco y cols., 2009; Su, Chin, y Ho, 2008). Entre éstos encontramos el tiempo de ejecución (TE), que hace referencia al periodo de tiempo desde que se separa el pie de golpeo del suelo hasta que se consigue la fuerza máxima de golpeo en el impacto contra el objetivo. En este sentido, queremos destacar diversos estudios que han hallado diferencias en el TE según el nivel de los deportistas en el Dolio y Bandal chagui (Estevan, 2009; Falco y cols., 2009).

Otra variable que podría aportar información para comprender las diferencias en las patadas a analizar sería el tiempo de impacto (TI), o tiempo durante el que el pie de golpeo está en contacto con el objetivo a golpear. El TI ha sido analizado desde un punto de vista descriptivo por diversos autores como por ejemplo Pearson (1997) y Roosen, y Pain (2006). Pero no se han hallado estudios que han analizado el TI comparando los resultados según el nivel de los deportistas o el tipo de patada.

Durante el TI es cuando se consigue y se estima la fuerza de golpeo. Según el reglamento de taekwondo, para que una patada puntúe, debe impactar con contundencia (WTF, 2009). La variable que tradicionalmente se ha estudiado para conocer la contundencia del impacto es la fuerza máxima de golpeo (FMG). Esta variable ha sido analizada en diversos estudios en función del nivel de los atletas y la ED, en el Dolio y Bandal chagui, respectivamente. Los resultados mostraron en prácticamente todas las ED mayores FMG en los deportistas de más nivel (Estevan, 2009; Falco y cols., 2009).

En los últimos años en las competiciones de Taekwondo se ha implantado un nuevo método de puntuación más objetivo. Se trata de un sistema de petos electrónicos donde los competidores deben golpear y sobrepasar un umbral de fuerza determinado que establece la

contundencia de la patada. El reglamento determina que la competición se realiza por categorías de peso, aún así, hasta la actualidad son escasos los trabajos que han analizado la fuerza de golpeo generada en función la masa corporal del deportista (Lee, Chin y Liu, 2005; Nien, Chang y Tang, 2004). Teniendo en cuenta este sistema de puntuación, un deportista de categoría pesado (más de 87 kg) tenderá a golpear con más fuerza que otro de categoría minimosca (menos de 54 kg), por ello, el umbral establecido para que una patada puntúe debería ser diferente. Sin embargo, no hay estudios que aporten información acerca de la fuerza que generan los taekwondistas según su masa corporal para así establecer los umbrales de manera justificada. En nuestro estudio introducimos una variable denominada fuerza relativa de golpeo (FRG), que ofrece información de la fuerza generada según la masa corporal de los deportistas y permite avanzar en la correcta implantación de este nuevo sistema de puntuación.

Entre los trabajos que estudian diferentes patadas, encontramos algunos que únicamente aportan información descriptiva (p.e. Balius, Angulo y Kinzler, 1993). Por otro lado, existen estudios que han analizado las diferencias mecánicas según el tipo de acción realizada, diferenciando entre aquellos que se basan en el análisis cinemático de las patadas (p.e. Levanon y Dapena, 1998) y otros en los que se plantea un análisis cinético (p.e. Falco y cols., 2009). En cuanto a los trabajos que han comparado las acciones desde el punto de vista cinemático, Levanon y Dapena (1998) señalaron que incluso en acciones con una gran similitud técnica existen diferencias en diversos aspectos, como por ejemplo, la posición del cuerpo para realizar las patadas. Pedzich, Mastalerz y Urbanik (2006) observaron que el tipo de trayectoria descrita en la ejecución afecta a los resultados mecánicos de la patada, hallando diferencias en el TI entre dos patadas diferentes. Continuando con el análisis cinemático, Hong, Hing y Luk (2000) destacaron que el tipo de patada influye en el TE, concretamente obtuvieron mayores TE en las patadas dirigidas a una mayor altura. Asimismo Lee, Lee, y Cheong (2005) encontraron que las patadas que impactan a una menor altura se realizan en menor tiempo que las que buscan golpear a la cara.

Respecto a los estudios que comparan las diferencias cinéticas entre las patadas analizadas, Pedzich y cols. (2006) y Lee y Huang (2006) señalaron que las patadas más complejas se realizan con una menor FMG que las más fáciles. Apoyando estos resultados, en un estudio en el que se compara el Bandal y el Dolio chagui, Bolander y cols. (2009) y O'Sullivan y cols. (2009) encontraron mayores fuerzas de golpeo en las acciones cuyo objetivo era golpear a una menor altura.

En cuanto a los trabajos que tratan de explicar los principios teóricos en los que se basa la ejecución técnica de las patadas en Taekwondo, Nien y Tang (2006) encontraron que, pese a analizar patadas técnicamente similares, existían diferencias en la ejecución en aspectos como la forma en que los segmentos corporales interactúan entre sí. Neto y cols. (2007) afirmaron que los deportistas de más nivel tienden a implicar de manera eficaz varios segmentos corporales en la acción de golpeo, frente a los de menor nivel que solamente implican de forma eficaz el segmento que participa directamente en el golpeo, es decir, los deportistas de más nivel utilizan su cuerpo de manera más eficiente.

En otros estudios se ha sugerido que los deportistas de más nivel basarían su ejecución en el principio de cadena cinética, también denominado principio de encadenamiento segmentario, que supone una mejor ejecución técnica (Estevan, 2009; Falco y cols., 2009). Al respecto, Lee y cols. (2005a) señalan que seguir el principio de cadena cinética es esencial para la eficacia de la patada circular. Otros autores como Pearson (1997) y Pedzich y cols. (2006), señalaron en sus estudios que para generar mayor FMG los deportistas utilizan su masa corporal (peso). En estos estudios se halló una relación positiva entre estas dos variables

(fuerza de golpeo y peso). En los trabajos de Estevan (2009) y Falco y cols. (2009) también se obtuvo una relación entre la FMG y el peso en un grupo de taekwondistas de menor nivel, pero no en un grupo de mayor nivel. En esta misma línea, Neto y cols. (2007) señalaron que una ejecución más eficaz no se relaciona con la masa corporal del deportista.

Como ya se ha comentado anteriormente, en taekwondo las acciones se dan en cortos periodos de tiempo y con gran explosividad (Toskovic y cols., 2002), por ello se considera necesario el estudio de la relación entre el TE y la FMG. En este sentido, Neto y cols. (2007) informaron que la FMG está condicionada tanto por el TE previo al golpeo como por la ED, ya que una mayor distancia supone un mayor tiempo para aumentar la aceleración en el golpeo. Así pues, estos dos factores (TE y ED) condicionarán la posibilidad de generar mayor o menor aceleración antes del golpeo. En base a ello, en nuestro estudio se analizará la relación entre el TE y la FMG en las acciones de taekwondo según la ED desde la que se lleve a cabo la acción.

Cabe señalar que entre los estudios que han realizado análisis mecánicos de las patadas de taekwondo se observa un enfoque generalizado estableciendo grupos de participantes según el nivel (p.e. Nien y cols., 2004; Falco y cols., 2009). Por ello, el primer propósito del presente estudio es establecer si existen diferencias entre el Bandal y el Dolio chagui desde tres ED en el TE, el TI, la FMG y la FRG, en dos grupos de taekwondistas de diferente nivel. El segundo propósito es analizar la relación entre el TE y la FMG, y la FMG y el peso, según el tipo de patada, el nivel de los sujetos y también en tres distancias de ejecución (ED).

## **Material y método**

### *Participantes*

En el estudio participaron 23 taekwondistas varones, seleccionados por un muestreo por conveniencia, con una media de edad de 26,78 años ( $D.T.= 2,27$ ), con un peso de 73,80 kg ( $D.T.= 12,60$ ) y una estatura de 1,78 m ( $D.T.= 0,07$ ). Los sujetos fueron divididos en dos grupos de nivel: medallistas ( $n = 12$ ) y no medallistas ( $n = 11$ ) en función de si habían obtenido o no medalla en competición oficial nacional (p.e. Campeonato de España Absoluto) y/o internacional (p. e. Campeonato de Europa Absoluto, Campeonato y/o Copa del Mundo Absoluto). Todos los deportistas tenían una experiencia en competición de al menos 4 años y entrenaban un mínimo de tres veces por semana. Voluntariamente, todos aceptaron participar en la investigación y firmaron un consentimiento informado. Este procedimiento fue aprobado por el Comité Ético de la Universitat de València.

### *Instrumentos*

La medición de las variables mecánicas (TE, TI y FMG) se llevó a cabo por medio de un sistema de adquisición de datos compuesto por una plataforma de fuerzas, formada con dos placas circulares de 25 cm de diámetro entre las que se colocaron 5 sensores resistivos (Flexiforce® A201 de la compañía Tekscan Inc.) dispuestos en forma pentagonal. La consistencia interna de la plataforma de fuerzas, medida con el Alfa de Cronbach, fue de 0,985 (coeficiente de correlación intraclase 0,66-0,99). El sistema de adquisición también se compuso de una plataforma de contacto, encargada de enviar la señal de inicio al cronómetro para estimar el tiempo de ejecución cuando el pie de golpeo dejaba de hacer contacto. Y un microcontrolador encargado de capturar, digitalizar y enviar las señales que provienen de los sensores a un Pc que procesaba, mostraba por pantalla y almacenaba los datos mecánicos de las patadas.

### *Procedimiento:*

Para llevar a cabo el presente trabajo, se utilizó el mismo protocolo establecido por Falco y cols. (2009), en el que desde tres ED diferentes ( $ED_1$  = distancia corta;  $ED_2$  = distancia media;  $ED_3$  = distancia larga) establecidas en función de la longitud de la extremidad inferior de cada deportista, se realizan dos repeticiones con la pierna dominante, realizando cada una de las técnicas analizadas (ver figura 1). Según la distancia de ejecución, el grupo de medallistas realizó las patadas en la  $ED_1$  desde 0,68 m ( $D.T.$  = 0,04), en la  $ED_2$  desde 1,02 m ( $D.T.$  = 0,55) y en la  $ED_3$  desde 1,37 m ( $D.T.$  = 0,73). El grupo de no medallistas realizó las patadas a una distancia del objetivo desde la  $ED_1$  de 0,68 m ( $D.T.$  = 0,05), desde  $ED_2$  de 1,03 m ( $D.T.$  = 0,74) y desde  $ED_3$  de 1,37 m ( $D.T.$  = 1,00). Así, tras el calentamiento, se comenzaba el protocolo realizando el Bandal chagui: el deportista se colocaba con su pie delantero justo detrás de la línea que marcaba la  $ED_2$  y el pie trasero encima de la plataforma de contacto. El investigador mencionaba las mismas premisas para todos los deportistas: “¿estás preparado?”, “cuando quieras, golpea lo más fuerte y rápido posible”, una vez realizada la patada en cuestión, se repetía de nuevo. El mismo procedimiento se llevó a cabo desde la  $ED_3$  y la  $ED_1$ , por este orden. Posteriormente, se repetía todo el protocolo realizando la patada Dolio chagui.

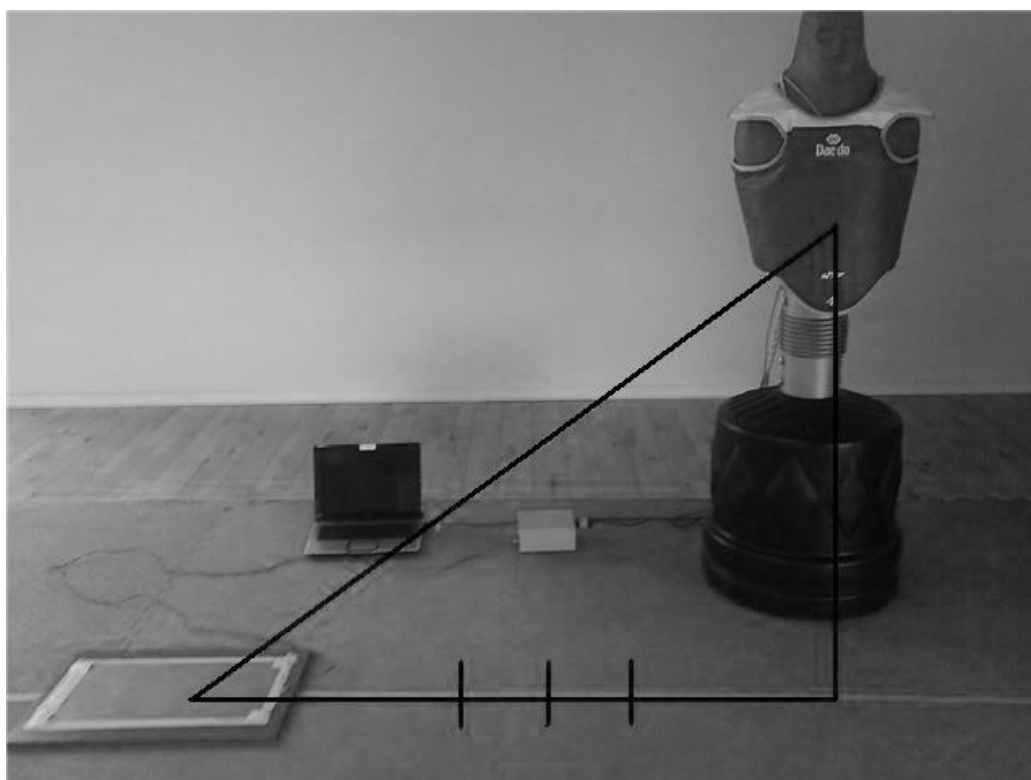


Figura 1. Disposición del sistema de adquisición de datos para el procedimiento con las tres distancias de ejecución (Extraído de Falco y cols., 2009).

Durante el procedimiento, la plataforma de fuerzas se colocaba en el maniquí que se recubría con un peto homologado para competición. El maniquí simulaba el tronco y cabeza de una persona y permitía adaptar la altura de la plataforma de fuerzas para colocarla a nivel del esternón del deportista en las repeticiones de Bandal chagui y a nivel de la barbilla del mismo en el Dolio chagui.

### Análisis estadístico

El análisis estadístico preliminar (Kolmogorov –Smirnov) presentó una distribución normal de todas las variables consideradas. El análisis comparativo se realizó utilizando como estadístico de contraste la prueba *t*-Student para comparación entre los grupos. Asimismo, se utilizó la prueba *t*-test (para muestras relacionadas) para establecer diferencias entre cada una de las distancias de ejecución (ED<sub>1</sub>; ED<sub>2</sub>; ED<sub>3</sub>) para las variables mecánicas en cada grupo (medallistas y no medallistas). Para reducir el error acumulado (error tipo I) en los 3 *t* test realizados en cada uno de los análisis diferenciales, se aplicó el factor de corrección de Bonferrini. De esta manera, el nivel de significación se estableció al 99%. El análisis estadístico se realizó con el paquete informático SPSS 15.0.

## Resultados

En las tablas 1 y 2 se presentan los análisis estadísticos descriptivos de las variables del estudio (media y desviación típica, mínimos y máximos) y el análisis diferencial realizado en las variables cinemáticas (TE, TI) según el tipo de patada realizada y la ED para cada uno de los grupos (medallistas y no medallistas) (Ver tabla 1). En la tabla 2 se muestra el análisis diferencial para las variables cinéticas (FMG y FRG).

Tabla 1. Análisis comparativo entre el Bandal y el Dolio chagui, en función de la distancia de ejecución, en el tiempo de ejecución y tiempo de impacto.

		Bandal chagui				Dolio chagui				
	ED	<i>M</i>	<i>D.T.</i>	<i>Mín</i>	<i>Máx</i>	<i>M</i>	<i>D.T.</i>	<i>Mín</i>	<i>Máx</i>	<i>t</i>
Medallistas ( <i>n</i> = 12)										
TE	ED <sub>1</sub>	0,225	0,038	0,179	0,312	0,241	0,030	0,190	0,285	-2,14
(s)	ED <sub>2</sub>	0,241	0,020	0,202	0,267	0,286	0,100	0,210	0,580	-1,76
	ED <sub>3</sub>	0,329	0,091	0,236	0,589	0,313	0,045	0,227	0,398	0,63
TI	ED <sub>1</sub>	0,020	0,002	0,017	0,024	0,022	0,003	0,018	0,030	-1,57
(s)	ED <sub>2</sub>	0,022	0,004	0,014	0,030	0,022	0,004	0,020	0,034	0,78
	ED <sub>3</sub>	0,023	0,003	0,020	0,030	0,028	0,009	0,190	0,048	-2,15
No medallistas ( <i>n</i> = 11)										
TE	ED <sub>1</sub>	0,257	0,095	0,187	0,472	0,276	0,015	0,245	0,290	-0,801
(s)	ED <sub>2</sub>	0,273	0,043	0,226	0,378	0,316	0,072	0,270	0,520	-1,756
	ED <sub>3</sub>	0,344	0,074	0,218	0,462	0,370	0,051	0,292	0,449	-1,180
TI	ED <sub>1</sub>	0,022	0,003	0,017	0,026	0,023	0,003	0,020	0,033	-1,71
(s)	ED <sub>2</sub>	0,024	0,003	0,019	0,029	0,023	0,003	0,019	0,035	-0,77
	ED <sub>3</sub>	0,025	0,004	0,020	0,033	0,026	0,008	0,018	0,043	-0,06

*Nota.* ED = Distancia de ejecución (ED<sub>1</sub>: corta; ED<sub>2</sub>: media; ED<sub>3</sub>: larga); TE = tiempo de ejecución en segundos (s); TI = tiempo de impacto en segundos (s). \* *p* < 0,01.

En el grupo de medallistas no se han encontrado diferencias en el TE y el TI entre el Bandal y el Dolio chagui, tampoco en la FMG y la FRG entre ambas patadas. En el grupo de no medallistas, se han encontrado diferencias estadísticamente significativas en la FMG y la FRG entre el Bandal y el Dolio chagui. Así, los no medallistas realizan desde la ED<sub>1</sub> ( $t = 3,00$ ;  $p < 0,01$ ) y la ED<sub>2</sub> ( $t = 3,32$ ;  $p < 0,01$ ) el Bandal chagui con una mayor FMG que el Dolio chagui. Del mismo modo, los no medallistas en la ED<sub>2</sub> ( $t = 3,21$ ;  $p < 0,01$ ) generan una mayor FRG al realizar el Bandal chagui frente al Dolio chagui.

Tabla 2. Análisis comparativo entre el Bandal y el Dolio chagui, en función de la distancia de ejecución, en la fuerza máxima de golpeo y fuerza relativa de golpeo.

		Bandal chagui				Dolio chagui				
	ED	M	D.T.	Mín	Máx	M	D.T.	Mín	Máx	t
Medallistas (n = 12)										
FMG	ED <sub>1</sub>	1959,83	632,50	1258,50	3284,50	1934,13	573,82	1225,00	2660,50	0,12
(N)	ED <sub>2</sub>	2018,46	335,70	1491,50	2614,00	1889,00	401,23	1247,00	1405,00	0,86
	ED <sub>3</sub>	1852,29	381,09	1250,50	1431,50	1775,21	402,41	1278,00	2433,50	0,49
FRG	ED <sub>1</sub>	28,41	10,11	17,12	49,77	28,10	9,58	16,67	42,21	0,09
(N·kg <sup>-1</sup> )	ED <sub>2</sub>	29,31	6,54	19,29	39,61	27,26	6,30	16,97	36,14	0,97
	ED <sub>3</sub>	26,78	6,55	18,34	39,86	25,60	5,72	14,52	32,90	0,54
No medallistas (n = 11)										
FMG	ED <sub>1</sub>	1910,82	677,18	664,00	2745,00	1457,10	537,71	665,00	2149,50	3,00*
(N)	ED <sub>2</sub>	2040,68	307,45	1542,00	2436,50	1597,50	392,00	903,00	2390,50	3,32*
	ED <sub>3</sub>	1871,64	370,61	1302,50	2391,00	1398,77	630,94	290,50	2580,00	2,74
FRG	ED <sub>1</sub>	24,77	9,34	11,45	46,10	18,49	5,07	10,56	25,53	2,62
(N·kg <sup>-1</sup> )	ED <sub>2</sub>	24,97	6,08	20,42	39,69	20,69	4,12	14,33	26,59	3,21*
	ED <sub>3</sub>	24,27	3,71	19,49	33,08	17,64	6,62	4,61	29,66	2,83

Nota. ED = Distancia de ejecución (ED<sub>1</sub>: corta; ED<sub>2</sub>: media; ED<sub>3</sub>: larga); FMG = fuerza máxima de golpeo en Newtons (N); FRG = fuerza relativa de golpeo en N·kg<sup>-1</sup>. \*  $p < 0,01$ .

Para analizar la relación entre el TE y la FMG, se llevó a cabo el análisis de correlación de Pearson. En el grupo de medallistas, desde la ED<sub>1</sub> ( $r = -0,72$ ;  $p < 0,01$ ) y desde la ED<sub>2</sub> ( $r = -0,62$ ;  $p < 0,05$ ) se ha encontrado una correlación negativa entre el TE y la FMG en el Dolio chagui. En cuanto a las patadas de Bandal chagui realizadas por el grupo de medallistas, no se ha encontrado correlación alguna. En la misma línea, en el grupo de no medallistas no se ha hallado en ninguna de las tres ED una correlación entre el TE y la FMG en el Bandal chagui y el Dolio chagui. También se realizó el análisis de correlación de Pearson para estudiar la relación entre la FMG y el peso en ambos grupos. En el grupo de medallistas no se ha encontrado ninguna correlación entre el peso y la FMG en el Bandal y en el Dolio chagui. No obstante, en la ED<sub>3</sub> ( $r = 0,73$ ;  $p < 0,05$ ) se ha encontrado una correlación entre el peso y la FMG en el Bandal chagui en el grupo de no medallistas. También se ha obtenido desde ED<sub>1</sub>

( $r = 0,74$ ;  $p < 0,01$ ),  $ED_2$  ( $r = 0,62$ ;  $p < 0,05$ ) y  $ED_3$  ( $r = 0,64$ ;  $p < 0,05$ ) una correlación significativa entre el peso y la FMG en el Dolio chagui.

Se realizó un análisis de regresión lineal para determinar el poder predictivo del TE sobre la FMG con las acciones del grupo de medallistas. Los resultados muestran que en el Dolio chagui desde la  $ED_1$  ( $\beta = -0,72$ ) el TE predice el 52% de la varianza de la FMG ( $p < 0,01$ ), y desde la  $ED_2$  ( $\beta = -0,62$ ) el TE predice el 38,6% de la varianza de la FMG ( $p < 0,05$ ). Para determinar el poder predictivo del peso en la FMG se realizó un análisis de regresión con las patadas realizadas por el grupo de no medallistas. Los resultados muestran que en el Bandal chagui desde la  $ED_3$  ( $\beta = 0,73$ ), el peso predice el 53,4% de la varianza de la FMG ( $p < 0,01$ ). Del mismo modo, en el Dolio chagui desde la  $ED_1$  ( $\beta = 0,74$ ;  $p < 0,01$ ) el peso predice el 54,7% de la varianza de la FMG, desde la  $ED_2$  ( $\beta = 0,62$ ;  $p < 0,05$ ) el 38,9% de la varianza de la FMG y desde la  $ED_3$  ( $\beta = 0,64$ ;  $p < 0,05$ ) el 41,3% de la varianza de la FMG.

## Discusión

El objetivo del presente trabajo era examinar si el tipo de patada circular (al pecho o a la cara), realizada desde tres ED diferentes, condicionaba el tiempo de ejecución (TE), el tiempo de impacto (TI), la fuerza máxima de golpeo (FMG) y la fuerza relativa de golpeo (FRG). Hemos podido constatar que según el nivel de los deportistas, los resultados de las variables cinéticas son diferentes. En este sentido, en el grupo de medallistas no hay diferencias en la FMG y la FRG entre las ejecuciones de Bandal y Dolio chagui, pero en el caso del grupo de no medallistas sí existen diferencias en la FMG y la FRG.

Al igual que ya han señalado otros autores (Estevan, 2009; Falco y cols., 2009; Kim y cols., 2008), observamos que la distancia de ejecución influye en los resultados mecánicos de las patadas realizadas por los deportistas de menor nivel. Así, según la distancia desde la que se realice la acción el rendimiento deportivo puede variar (Bolander y cols., 2009).

En la presente investigación los resultados del TE según el tipo de patada ejecutada no presentan diferencias en ninguna de las tres ED para ninguno de los grupos (medallistas y no medallistas). Estos hallazgos difieren de los encontrados por otros autores (Hong y cols., 2000; Lee y cols., 2005a) que obtuvieron diferencias en el TE según el tipo de patada realizada. En la misma línea, en el TI no hemos obtenido diferencias entre el Bandal chagui y el Dolio chagui en las tres ED para ninguno de los grupos. Es posible que, al igual que para el TE, el TI no difiera entre ambas patadas debido a la similitud técnica de las dos acciones comparadas. Cabe señalar que hasta la actualidad no se han realizado estudios en deportes de lucha en los que se analice el TI según el tipo de patada, lo que no nos permite disponer de referencias con las que comparar nuestros resultados.

En lo referente a la FMG, observamos que para el grupo de no medallistas ésta se ve condicionada por el tipo de patada. Estos hallazgos coinciden con las afirmaciones de diversos autores (Bolander y cols., 2009; Lee, y Huang, 2006; O'Sullivan y cols., 2009) que encontraron mayores fuerzas de golpeo en aquellas acciones que impactaban a una menor altura. No obstante, en nuestro estudio para el grupo de medallistas, el tipo de patada no condiciona la FMG desde ninguna ED, por lo que los comentarios de autores como Lee y Huang (2006), señalando que la fuerza de golpeo está condicionada por el tipo de patada realizada, deberían matizarse, determinando que dicha afirmación podría referirse particularmente a los deportistas de menor nivel. Del mismo modo, nuestros resultados indican que la FRG en el grupo de medallistas tampoco se ve condicionada por el tipo de patada a realizar, es decir, independientemente de que la acción sea más o menos compleja, los deportistas medallistas son capaces de generar la misma fuerza por kilogramo de masa



(FRG). Sin embargo, los atletas no medallistas no son capaces de ello, de esta forma en el Dolio chagui el grupo de no medallistas genera una menor FRG en comparación al Bandal chagui en la ED<sub>2</sub>. Al igual que con el TI, hasta la actualidad no se han realizado estudios comparativos de la FRG según el tipo de patada que nos permitan comparar y justificar los resultados.

En cuanto a la relación entre el TE y la FMG, atendiendo al grupo de medallistas, observamos que existe una correlación negativa desde las distancias de ejecución 1 y 2, es decir, en estas distancias las patadas que se realizan en un menor tiempo de ejecución generan más fuerza de golpeo. Sin embargo, dicha correlación no se da en la distancia 3 que es la más alejada. Bolander y cols. (2009) y Neto y cols. (2007) señalaron que cuando se dispone de más distancia de ejecución aumenta la posibilidad de acelerar la pierna, consiguiendo una mayor velocidad de ejecución y fuerza en el golpeo. En nuestro estudio, se observan resultados heterogéneos, así pues, entre la distancia corta (ED<sub>1</sub>) y la media (ED<sub>2</sub>) sí se mantiene lo postulado en la bibliografía, mientras que entre la distancia media (ED<sub>2</sub>) y la larga (ED<sub>3</sub>) no. Según estos resultados, se deberían matizar los comentarios de Bolander y cols. (2009) y Neto y cols. (2007), referentes a la relación entre el TE y la FMG, destacando la influencia de un factor como es la ED, ya que en función de cuál sea ésta (por ejemplo, desde ED elevadas) la relación entre TE y FMG no se mantiene.

Siguiendo con los resultados del grupo de medallistas, observamos que no existen diferencias en el TE y la FMG entre el Bandal y el Dolio chagui, es decir, la eficiencia de la ejecución técnica (misma FMG y mismo TE) no se ve condicionada por el tipo de patada circular (Bandal o Dolio chagui). Teniendo en cuenta que el Dolio chagui otorga tres puntos (dos más que el Bandal chagui), podría sugerirse a los deportistas de más nivel que, en los combates de taekwondo, tiendan a realizar más acciones de Dolio chagui ya que es igual de eficiente que el Bandal chagui pero ofrece la posibilidad de conseguir más puntos.

En taekwondo, la relación entre la FMG y el peso ha sido analizada por diversos autores (p.e., Estevan, 2009; Falco y cols., 2009; Pearson, 1997), que han encontrado que sí existe una relación entre la fuerza de golpeo y el peso de los deportistas. En nuestro trabajo los resultados indican que solamente existe relación entre el peso y la FMG en el grupo de no medallistas, es decir, al igual que afirman Falco y cols. (2009), los deportistas de menor nivel basan la generación de mayores fuerzas de golpeo en su masa corporal. Según nuestros resultados, esta relación se da sobre todo conforme aumenta la dificultad de la situación desde la que se realiza la acción (distancia alejada) o también conforme aumenta la complejidad de la patada.

Continuando con la relación entre la FMG y el peso, en el grupo de no medallistas, el peso se relaciona con la FMG en todas las ED cuando se realiza el Dolio chagui. Sin embargo, al realizar el Bandal chagui, el peso y la FMG únicamente se relacionan desde la ED<sub>3</sub>. En esta línea, el peso ofrece un mayor poder predictivo sobre la FMG en el Dolio chagui que en el Bandal chagui, es decir, el peso explica en mayor medida la fuerza de golpeo en el Dolio que en el Bandal chagui. En cambio, el grupo de medallistas, independientemente de la técnica realizada, no basa la generación de su FMG en el peso. Siguiendo las aportaciones de Neto y cols. (2007), los deportistas que no basan la generación de su fuerza de golpeo en el peso realizan la acción de manera más eficaz. Con ello, podríamos señalar que los deportistas medallistas de nuestro estudio realizan el Dolio chagui de manera más eficaz.

Es posible que en un grupo de taekwondistas de alto nivel (p.e., medallistas) la generación de grandes fuerzas de impacto sea debida a una mejor ejecución técnica basada en el principio de cadena cinética. En un futuro sería necesario que se plantearan investigaciones en las que

se diferencie a los deportistas no sólo en dos niveles, como ocurre en la presente investigación, sino atendiendo a un rango de nivel de los deportistas más diferenciador y considerando el peso de los atletas, para así incidir en el análisis mecánico según las categorías en las que se compite. Por otro lado, se sugiere que en el futuro se realicen estudios en los que se valore el tiempo de reacción de los deportistas y se analice cómo condiciona éste la realización de la patada, así como ciertos parámetros mecánicos como el tiempo de ejecución, el tiempo de impacto y la fuerza de golpeo.

## Conclusiones

Los estudios que pretenden analizar las patadas desde un punto de vista mecánico deben considerar la distancia desde la que se realizan, debido a que los resultados mecánicos en los deportistas de menor nivel se ven condicionados por la distancia de ejecución.

Se puede afirmar que en taekwondo los deportistas de mayor nivel son capaces de generar la misma fuerza máxima de golpeo y la misma fuerza por kilogramo de masa corporal independientemente del tipo de patada circular.

Los deportistas de menor nivel basan la generación de mayores fuerzas de golpeo en su peso, es posible que así busquen suplir su deficiencia técnica. No obstante, podríamos señalar que los deportistas con un mayor nivel basan su ejecución técnica en el principio de cadena cinética, que se considera más eficiente.

Como conclusión general, decir que pese a que el Dolio chagui es una patada más compleja que el Bandal chagui, en el grupo de medallistas la eficiencia de la patada (misma fuerza y mismo tiempo de ejecución) no se ve mermada por el tipo de acción a realizar.

## Bibliografía

- Balius, X.; Angulo, R., y Kinzler, S. (1993). *Cinemática y dinámica de las cinco técnicas más frecuentes. Taekwondo*. Vol 13. Madrid: Comité Olímpico Español.
- Bolander, R. P.; Neto, O. P., y Bir, C. A. (2009). The effects of height and distance on the force production and acceleration in martial arts strikes. *Journal of Sports Science and Medicine*, 8 (CSSI 3), 47-52.
- Estevan, I. (2009). *Estudio sobre parámetros mecánicos y autoeficacia física percibida en la patada "Dolio chagui" de taekwondo*. Tesis doctoral no publicada. Universitat de València. Valencia.
- Falco, C.; Alvarez, O.; Castillo, I.; Estevan, I.; Martos, J.; Mugarra, F., y Iradi, A. (2009). Influence of the distance in a roundhouse kick's execution time and impact force in Taekwondo. *Journal of Biomechanics*, 42, 242-248.
- Hristovski, R.; Davids, K.; Araújo, D., y Button, C. (2006). How boxers decide to punch a target: emergent behaviour in nonlinear dynamical movement systems. *Journal of Sports Science and Medicine*, CSSI, 60-73.
- Hong, Y.; Hing, K. L., y Luk, T. C. J. (2000). Biomechanical Analysis of Taekwondo Kicking Technique, Performance & Training Effects. *SDB Research Report*, 2, 1-29.
- Kim, J. W.; Yenuga, S., y Kwon, Y. H. (2008). The effect of target distance on trunk, pelvis, and kicking leg kinematics in Taekwondo round house kick. En Y. H. Kwon, J. Shim, J. K. Shim, y I. S. Shim (Eds.), *Proceedings of the 26th International Symposium on Biomechanics in Sports* (p. 742). Seul.

- Lee, C. H.; Lee, Y. J., y Cheong, C. C. (2005). A kinematical analysis of the Taekwondo Ap Chagui. En Q. Wang (Ed.), *Proceedings of the 23rd International Symposium on Biomechanics in Sports* (pp. 595-597). Beijing.
- Lee, C. L.; Chin, Y. F., y Liu, L. (2005). Comparing the difference between Front-Leg and Back-Leg Round-House Kicks attacking movement abilities in Taekwondo. En Q. Wang (Ed.), *Proceedings of the 23rd International Symposium on Biomechanics in Sports* (pp. 877-880). Beijing.
- Lee, C. L., y Huang, C. (2006). Biomechanical analysis of Back kicks attack movement in Taekwondo. En H. Schwameder, G. Strutzenberger, V. Fastenbauer, S. Lindinger, y E. Müller, (Eds.), *Proceedings of the 24th International Symposium on Biomechanics in Sports* (pp. 1-4). Salzburgo.
- Nien, Y. H.; Chang, J. S., y Tang, W. T. (2006). The comparison of kinematics characteristics between single and successive kicking techniques for the taekwondo players with an Olympic medal: a case study. *Journal of Biomechanics*, 39, S563.
- Nien Y. H.; Chuang L. R., y Chung P. G. (2004). The design of force and action time measuring device for martial arts. *The Engineering of Sport* 5, 139-144.
- Olivé, R. (2005). *Estudio de la cadera del practicante de taekwondo*. Tesis doctoral no publicada. Universidad Autónoma de Barcelona. Barcelona.
- O'Sullivan, D.; Chung, C.; Lee, K.; Kim, E.; Kang, S.; Kim, T., y Shin, I. (2009). Measurement and comparison of Taekwondo and Yongmudo turning kick impact force for two target heights. *Journal of Sports Science and Medicine*, 8 (CSSI 3), 13-16.
- Pearson, J. (1997). *Kinematics and kinetics of Taekwon-do turning kick*. Tesis doctoral no publicada. University of Otago. Dunedin.
- Pedzich, W.; Mastalerz, A., y Urbanik, C. (2006). The comparison of the dynamics of selected leg strokes in taekwondo WTF. *Acta of Bioengineering and Biomechanics*, 8, 1-9.
- Neto, O. P.; Magini, M., y Saba, M. M. F. (2007). The Role of Effective Mass and Hand Speed in the Performance of Kung Fu Athletes Compared With Nonpractitioners. *Journal of Applied Biomechanics*, 23, 139-148.
- Roosen, A., y Pain, M. T. G. (2006). Impact timing and stretch in relation to foot velocity in a Taekwondo kicking combination. *Journal of Biomechanics*, 49, S562.
- Su, T. Y.; Chin, Y. F., y Ho, W. H. (2008). The characteristics of Double Kick in the Air during active and passive attack for elite Tae-Kwon-Do athletes. En Y. H. Kwon, J. Shim, J. K. Shim, y I. S. Shim (Eds.), *Proceedings of the 26th International Symposium on Biomechanics in Sports* (pp. 649-651). Seoul.
- Toskovic, N. N.; Blessing, D., y Williford, H. (2002). The effect of experience and gender on cardiovascular and metabolic responses with dynamic Tae Kwon Do exercise. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 16, 278-285.
- World Taekwondo Federation. (2009). *Rules and Regulations*. Tomado el 3-14-2009 de [http://wtforg.cafe24.com/wtf\\_eng/site/rules/file/Rules\\_and\\_Regulations\\_of\\_the\\_WTF\\_\(as\\_of\\_Feb\\_3\\_2009\).pdf](http://wtforg.cafe24.com/wtf_eng/site/rules/file/Rules_and_Regulations_of_the_WTF_(as_of_Feb_3_2009).pdf).