

Gonzálezjurado, J.A.; Vivas Moreno, M. y Floría Martín, P. (2011). Análisis por fotogrametría 3D de la técnica de swing de una golfista profesional. Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte vol. 11 (42) pp. 236-254.
[Http://cdeporte.rediris.es/revista/revista42/artanalisis208.htm](http://cdeporte.rediris.es/revista/revista42/artanalisis208.htm)

ORIGINAL

ANÁLISIS POR FOTOGRAMETRÍA 3D DE LA TÉCNICA DE SWING DE UNA GOLFISTA PROFESIONAL

ANALYSIS BY 3D PHOTOGRAMMETRY OF TECHNIQUE OF SWING IN A FEMALE PROFESSIONAL GOLF PLAYER

Gonzálezjurado, J.A.¹; Vivas Moreno, M.² y Floría Martín, P.³

1 Departamento de Deporte e Informática. Universidad Pablo de Olavide de Sevilla. España. jagonjur@upo.es

2 D.E.A. en la Universidad Pablo de Olavide de Sevilla. España. Ldo. Ciencias de la Actividad Física y del Deporte. mvivmor@alumno.upo.

3 es Departamento de Deporte e Informática. Universidad Pablo de Olavide de Sevilla. España. pfloriam@upo.es

Código UNESCO: 2406.04 Biomecánica.

Clasificación del Consejo de Europa: 3. Biomecánica del Deporte.

Recibido 6 de octubre de 2009

Aceptado 25 de febrero de 2010

RESUMEN

El swing es la acción técnica fundamental del golf, por tanto, es fundamental comprender sus parámetros de eficacia. El objetivo de este estudio es analizar la ejecución del swing y proporcionar un modelo técnico de ejecución en el golf femenino.

Se estudió una jugadora de golf profesional. Se analizaron 5 swings que, a criterio de la golfista, se habían ejecutado correctamente. Para el registro de los datos se utilizaron técnicas de fotogrametría 3D mediante un programa de captura de movimiento por seguimiento óptico. Se obtuvieron valores de variables cinemáticas angulares.

La mayor parte de las articulaciones analizadas registraron rangos de movimiento coincidentes con los patrones de eficacia reportados en la

literatura. Cabe destacar una gran rotación de los ejes de cadera y hombros al final del arranque. Según los datos obtenidos, el sujeto presenta un swing ajustado a los parámetros de eficacia que se reportan en la bibliografía especializada.

PALABRAS CLAVE: golf, swing, cinemática, biomecánica.

ABSTRACT

The fundamental technical movement of golf is the swing. Therefore, it is essential to understand its parameters in terms of efficacy. The objective of this study is to analyze the execution of the swing and provide a technical model for execution by female golfers.

A female professional golfer was studied. Five swings were examined that, according to golf player's criteria, were correctly performed. Techniques of 3D photogrammetry were used to examine the data. A system of movement capture, based on optic tracking, was also used. Principal kinematics angular variables were assessed.

Most of the articulations studied showed ranges of movement coincident with the patterns of efficacy reported in the literature. It is pertinent to highlight a great rotation of the axes of hips and shoulders at the end of the back-swing. The subject shows a swing adjusted to the parameters of efficacy that are reported in the specialized literature.

KEY WORDS: Golf, swing, kinematics, biomechanics

INTRODUCCIÓN

El swing, aquella sucesión de movimientos que culmina en la cabeza del driver golpeando la bola, puede ser considerado como el elemento central sobre el que se construye todo el juego de golf. Un swing se divide en cuatro partes principales: arranque (backswing), bajada (downswing), el impacto y seguimiento (follow through) (Hay, 1993). Los instantes más importantes en el swing de golf son el stance o posición inicial, el top of backswing (la pausa al final del arranque o preparación) y el impacto (Ball y Best, 2007)

Posición Inicial: La posición inicial para la ejecución de un swing de golf debe alinear correctamente al golfista con el objetivo, establecer un equilibrio dinámico y estático, en una buena posición biomecánica y proporcionar un agarre efectivo del palo (Geisler, 2001).

Para todos los golpes enteros el golfista debería colocar los pies de forma que formaran un cuadrado con la línea del objetivo. Las caderas deben estar paralelas o un poco abiertas respecto a la línea objetivo, la columna inclinada hacia delante entre 35 – 45° (Hardy y Andrisani, 2005).

Egret y col., (2006), informaron que la distancia media en la posición inicial entre los pies fue de 61.3 ± 4.3 cm en golfistas masculinos y 52.6 ± 3.1 cm en golfistas femeninos.

Arranque: El objetivo del arranque es posicionar y alinear la cabeza del driver del golfista para que el jugador pueda realizar una bajada precisa y potente y para estirar los músculos y articulaciones que son responsables de la generación de energía que generará la cadena cinética en la bajada. Por ende es necesario conocer cuál debe ser el plano del swing. La zona del plano del swing de cada golfista viene determinado por la posición inicial del palo y del golfista, la cual variará dependiendo de la longitud del palo, el "lie angle" (ángulo formado por la cabeza del palo y el eje) y la postura inicial (Cochran y Stobbs, 1968; Wallace, Grimshaw, y Ashford, 1994).

Desde el punto de vista biomecánico, el promedio de la rotación del eje de hombros ($78-102^\circ$) y rotación del eje de caderas ($47-55^\circ$) en lo alto del arranque, varía dependiendo del nivel del jugador (Burden, Grimshaw, y Wallace, 1998; Geisler, 2001; Hume y cols., 2005). El final del arranque se alcanza con las manos al nivel o ligeramente por encima de la altura de la cabeza, el tronco girado alrededor de 90° de su posición original, y la muñeca amortillada para que el eje del palo se encuentre sobre y detrás de la cabeza a unos 45 grados por encima de la horizontal (Barrentine y cols., 1994).

La rotación externa del brazo sobre el hombro y la supinación del antebrazo son muy importantes en la ejecución del swing de golf. Estos movimientos de rotación en los respectivos ejes longitudinales, no son apreciables desde una aproximación en 2D. Tradicionalmente no se les ha dado la suficiente importancia a estas acciones en la instrucción y el entrenamiento del golf (Teu y col., 2006).

Bajada: El objetivo del "downswing" es conseguir que la cabeza del palo llegue al punto de impacto desplazándose a la máxima velocidad en la dirección requerida y con la cara de palo "apuntando" en esa misma dirección (Hay, 1993).

La bajada puede ser dividida en dos subfases, la fase del swing hacia delante, la cual inicia el movimiento hacia abajo del palo; y la fase de aceleración, la cual acelera el palo hacia abajo (Jobe, Moynes, y Antonelli 1986).

Los extensores de la cadera y el aductor mayor inician la rotación pélvica durante el swing hacia delante (Bechler y cols., 1995), aunque algunos autores han expuesto que la acción excéntrica de los músculos del tronco inicia la secuencia de la bajada (Geisler, 2001; Okuda y cols., 2002). La rotación pélvica comienza antes de que los brazos hayan completado el arranque (Bechler y cols., 1995; Gatt y cols., 1998; Okuda y cols., 2002).

Nesbit y Serrano (2005), expresaron el timing o secuencia de máximos de velocidad mediante una función matemática. La secuencia de máximos de velocidad previos al impacto, para un golfista diestro, fue la siguiente: cadera izquierda, cadera derecha, tronco, hombro izquierdo, hombro derecho, codo izquierdo, codo derecho, muñeca izquierda y muñeca derecha.

Los swings muy técnicos usan la fuerza centrífuga y la conservación del momento angular para obtener la máxima velocidad de la cabeza del palo en el impacto (Milburn, 1982).

Impacto: En el momento del impacto, el ángulo espinal primario (ángulo que forman el tronco y el muslo en el plano sagital) llega a 34° aproximadamente, comparado con los 45° de la posición inicial y el ángulo espinal secundario (ángulo formado por la inclinación del hombro debido a la lateralización de la columna vertebral y al descenso y rotación de la escápula necesarios para que una mano se sitúe por debajo de la otra en el agarre del palo) llega a 28° comparado con los 16° de la posición inicial (McTeigue y cols., 1994).

Seguimiento: El propósito del seguimiento es decelerar el cuerpo y la cabeza del palo utilizando la acción de la musculatura excéntrica (Pink y cols., 1993).

Las manos y las muñecas siguen el camino del plano del swing. Cuando las manos alcanzan el nivel de los hombros, se flexionan los codos para disminuir la velocidad de los brazos y de rotación del tronco mientras mantiene la estabilidad postural (Hume y cols., 2005).

El objetivo del presente estudio fue analizar la acción del swing mediante la utilización de fotogrametría 3D para proporcionar la descripción de un modelo técnico de ejecución.

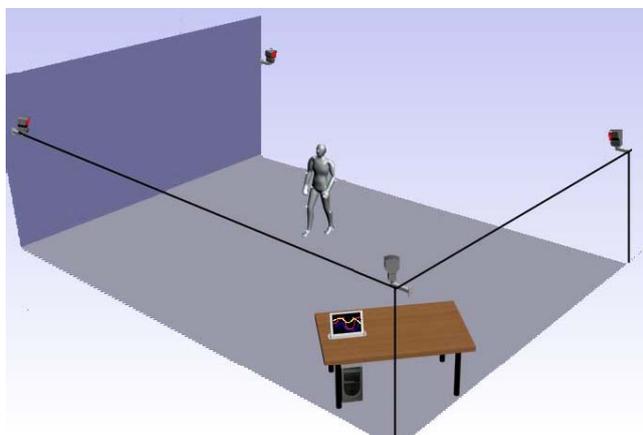
MATERIAL Y MÉTODO

El sujeto de estudio fue una jugadora profesional de golf, diestra, de 30 años, altura 1,70 m y peso 59,4 kg.

Este estudio siguió las normas de ética de la declaración de Helsinki.

Se analizaron 5 swings que, a criterio de la golfista, se habían ejecutado correctamente. El material utilizado fue el siguiente:

- Cuatro cámaras JAI M501R con resolución PAL. Frecuencia de filmación de 50 fotogramas por segundo. Ubicadas según se muestra en la imagen.

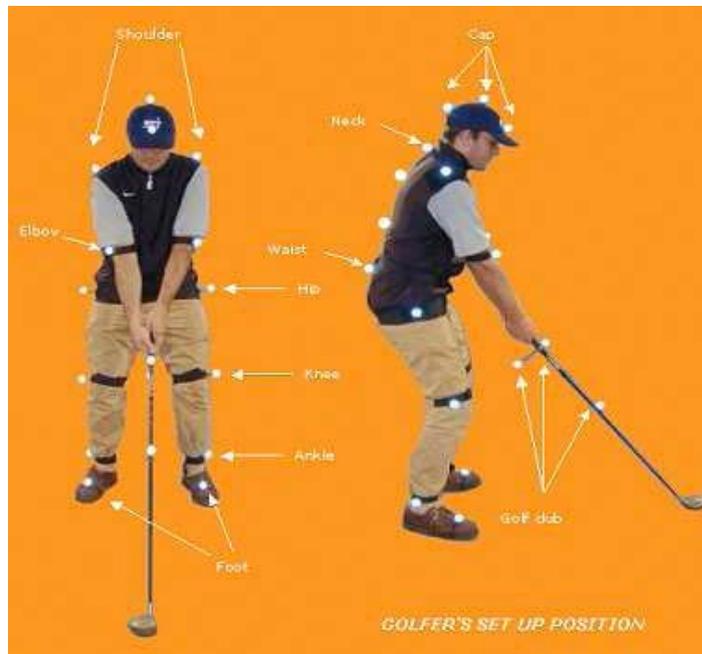


- Un chaleco, una gorra y batería de 22 marcadores reflectores.
- Un ordenador de control.
- Un driver de golf, un tee, y una bola de entrenamiento de golf.
- Programa de análisis de datos CLIMA y 3D SWING ANALYSER comercializado por la empresa STT®.

El sistema CLIMA es un sistema óptico de captura y análisis del movimiento automático, que proporciona de manera inmediata resultados en forma de curvas biomecánicas. Permite ver las capturas mediante una aplicación para vistas 3D, o imágenes reales de la acción realizada.

El proceso de calibración permitió definir un marco global de referencia para todas las cámaras usadas en el sistema óptico de captura de movimiento. El objetivo principal del proceso de calibración fue computar los parámetros extrínsecos e intrínsecos para cada cámara concreta. Los parámetros extrínsecos son los vectores y ángulos que definen la posición y orientación de cada cámara. Los parámetros intrínsecos son factores numéricos que definen las características particulares de la óptica usada por cada cámara particular. El número y el significado de los parámetros intrínsecos dependen del modelo matemático usado para los lentes. El sistema usa un modelo matemático no lineal para lentes, el cual tiene en cuenta la distorsión geométrica generada por lentes de distancia focal corta. Para este caso particular, los parámetros intrínsecos incluyen los factores de escala así como también los coeficientes radiales y tangenciales de distorsión.

Posterior al proceso de calibración y con el fin de obtener un modelo biomecánico para representar los movimientos del deportista se colocaron 22 marcadores siguiendo las indicaciones descritas en el manual del sistema CLIMA:



El sistema incorpora un módulo del software que calcula todos esos parámetros en una forma completamente automática. Este módulo computacional toma como los datos de entrada un conjunto de imágenes de una herramienta de calibración a partir de los marcadores. La posición relativa entre esos indicadores es perfectamente conocida. Las proyecciones de los marcadores en el sistema de calibración son calculadas en cada frame tomado en el proceso de calibración.

Se evaluaron variables espaciales angulares:

- Rotación de los hombros: Ángulo entre el eje de hombros y la línea de objetivo. La línea de objetivo es un vector cuya dirección y sentido apunta hacia el objetivo que se quiere alcanzar con el golpeo.
- Rotación de caderas: Ángulo entre el eje de caderas y la línea de objetivo.
- Separación torso-pélvica: Resultante en grados de la diferencia entre la rotación de hombros y la rotación de caderas.
- Rotación de rodillas: Ángulo entre el eje de rodillas y la línea de objetivo.
- Rotación de tobillos: Ángulo entre el eje de tobillos y la línea de objetivo
- Ángulo de flexo-extensión de la columna: Ángulo entre el eje cadera-rodilla y el eje cintura-cuello.

- Ángulo de flexo-extensión del cuello: Ángulo entre el eje cuello-cintura y el eje cuello-cabeza.
- Ángulo de flexo-extensión de hombro derecho e izquierdo: Ángulo entre el eje hombro-codo y el eje cuello-cintura.
- Flexo-extensión del codo derecho e izquierdo: Ángulo entre el eje codo-hombro y el eje codo-palo.
- Abducción y aducción del hombro derecho e izquierdo: Ángulo entre el eje hombro derecho-codo derecho y el eje cuello-cintura.

RESULTADOS

Los datos obtenidos por las técnicas de fotogrametría se exportaron a hojas de cálculo Excel® para poder describir los ángulos y velocidades motivos de estudio.

Las gráficas se elaboraron a partir de los valores medios y desviaciones estándar de cada variable respecto al tiempo normalizado en porcentaje.

En la tabla 1 se muestran los valores medios de las variables espacio-temporales más relevantes y su desviación estándar en cada una de las fases significativas para la descripción del swing en golf.

Tabla 1. Variables cinemáticas espaciales angulares durante un swing de golf.
Valores en grados [Media \pm (SD)]

VARIABLES	POSICIÓN INICIAL	PICO DE ARRANQUE	IMPACTO	SEGUIMIENTO
Flexión del tronco	146 \pm 3	146 \pm 6	152 \pm 1	155 \pm 3
Flexión del cuello	165 \pm 1	167 \pm 1	165 \pm 1	161 \pm 5
Flexión hombro derecho	52 \pm 3	67 \pm 3	47 \pm 3	91 \pm 28
Flexión hombro izquierdo	45 \pm 3	107 \pm 1	55 \pm 2	-4 \pm 21
Abducción hombro dcho.	-10 \pm 2	48 \pm 7	4 \pm 3	-92 \pm 80
Abducción hombro izqdo.	-8 \pm 5	-117 \pm 5	-15 \pm 3	42 \pm 14
Flexión codo derecho	26 \pm 1	89 \pm 4	32 \pm 3	104 \pm 5
Flexión codo izquierdo	18 \pm 0	31 \pm 1	23 \pm 1	146 \pm 3
Rotación eje hombros	0 \pm 1	-116 \pm 4	30 \pm 6	183 \pm 4
Rotación eje caderas	5 \pm 1	-54 \pm 2	66 \pm 5	127 \pm 2
Rotación eje rodillas	-1 \pm 1	-29 \pm 2	34 \pm 2	67 \pm 1
Rotación eje tobillos	1 \pm 2	1 \pm 2	5 \pm 3	40 \pm 4
Flexión rodilla derecha	18 \pm 1	19 \pm 5	29 \pm 1	10 \pm 1
Flexión rodilla izquierda	24 \pm 5	42 \pm 5	12 \pm 5	11 \pm 5
Separación torso-pélvica	(*)	-62 \pm 3	-36 \pm 2	(*)

(*) No se estudia esta variable en la **posición inicial** porque tiene un valor nulo. Tampoco se tiene en cuenta en el **seguimiento** porque es irrelevante. Hardy y Andrisani (2005).

En la figura 1 se muestra la flexión del tronco con respecto al muslo y en la figura 2 el ángulo de flexión del cuello con respecto al tronco. Media ± 1 (SD).

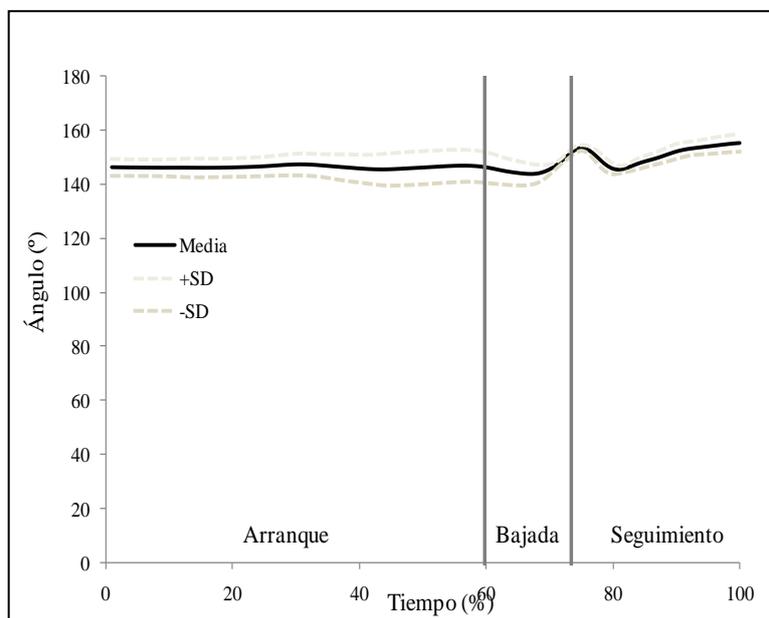


Figura 1. Flexo-extensión del tronco

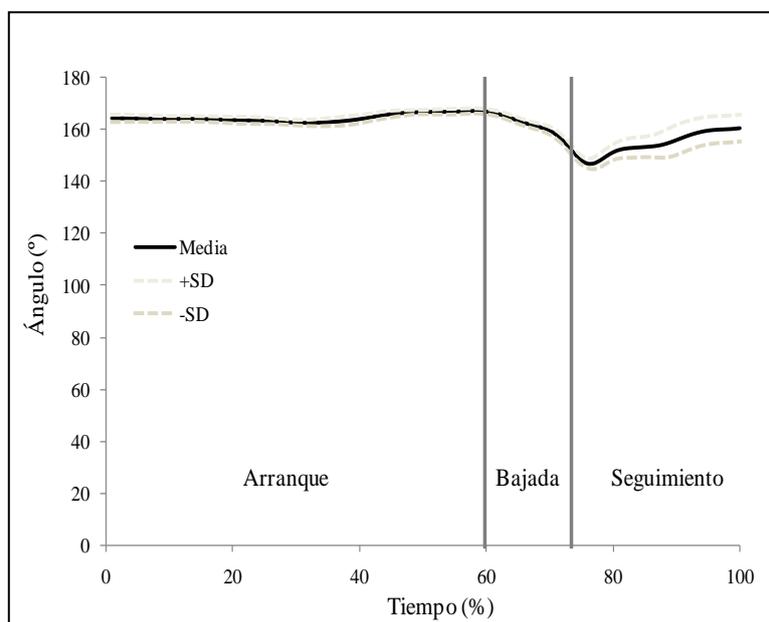


Figura 2. Flexo-extensión del cuello

En las figuras 3 y 4 se recogen los distintos valores de los ángulos de flexión de la articulación de los hombros derecho e izquierdo respectivamente durante las diferentes fases del swing de golf. Si se observa la desviación estándar a lo largo del swing, podemos valorar la consistencia del gesto.

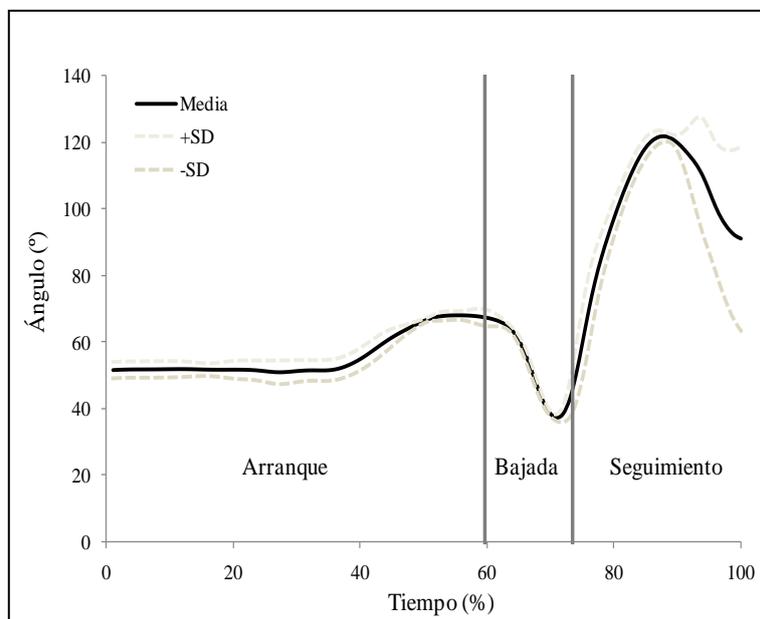


Figura 3. Flexo-extensión hombro derecho.

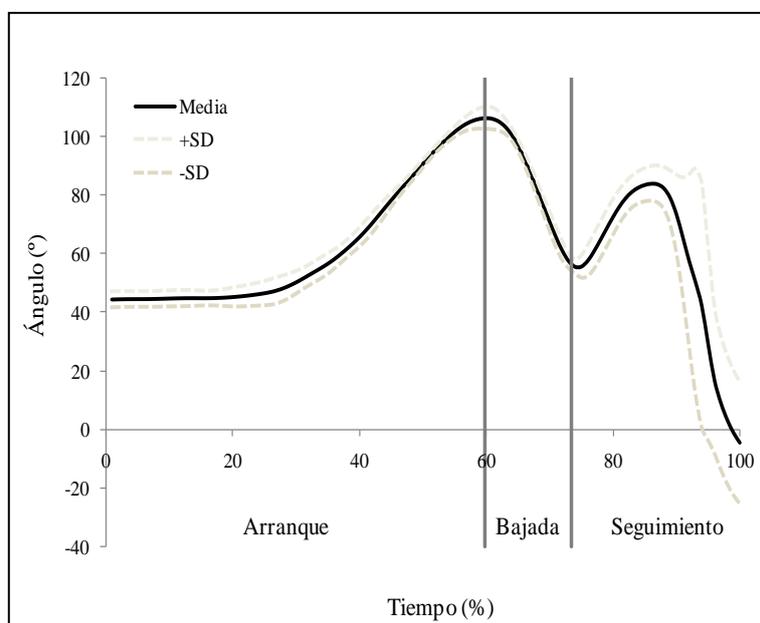


Figura 4. Flexo-extensión hombro izquierdo.

Las figuras 5 y 6 representan los ángulos que indican la abducción y aducción de la articulación de los hombros derecho e izquierdo respectivamente a lo largo del swing. Se puede apreciar perfectamente el movimiento contrario que realiza un brazo respecto al otro en el arranque y en la bajada.

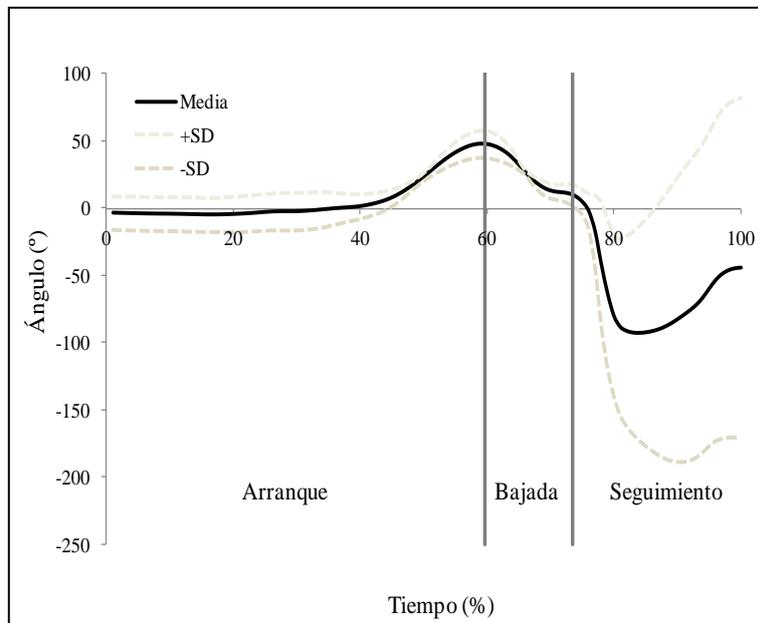


Figura 5. Abducción-aducción hombro dcho.

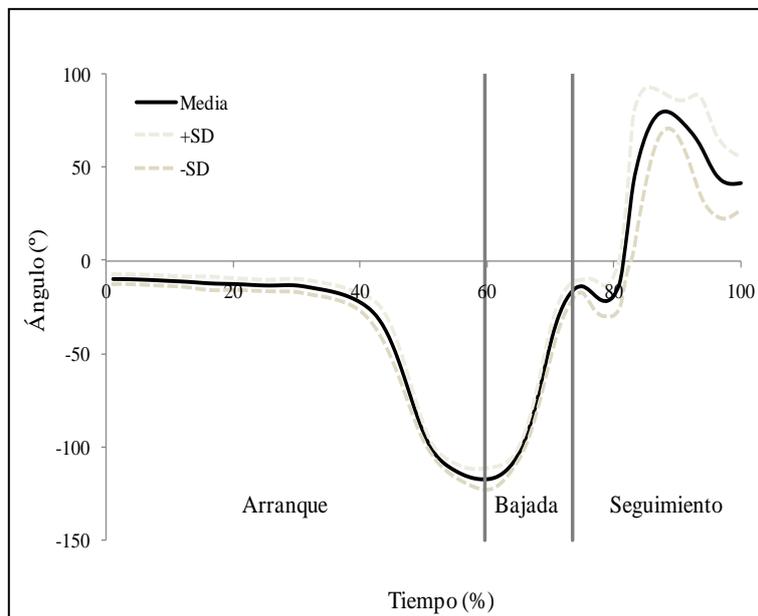


Figura 6. Abducción-aducción hombro izqdo.

Las figuras 7 y 8 representan el comportamiento de los ejes de hombros y caderas respectivamente a lo largo de las fases del swing. Se consideró positiva a la rotación en sentido de las agujas del reloj y negativa en el sentido contrario. En ambas rotaciones destaca la consistencia del patrón motor de la participante que queda reflejada por la proximidad de las líneas de la desviación estándar y la media.

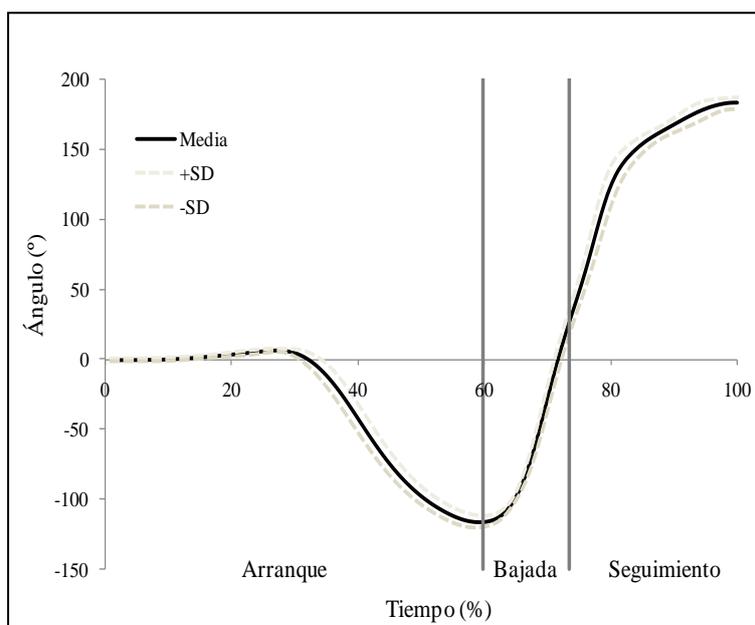


Figura 7. Rotación del eje de hombros

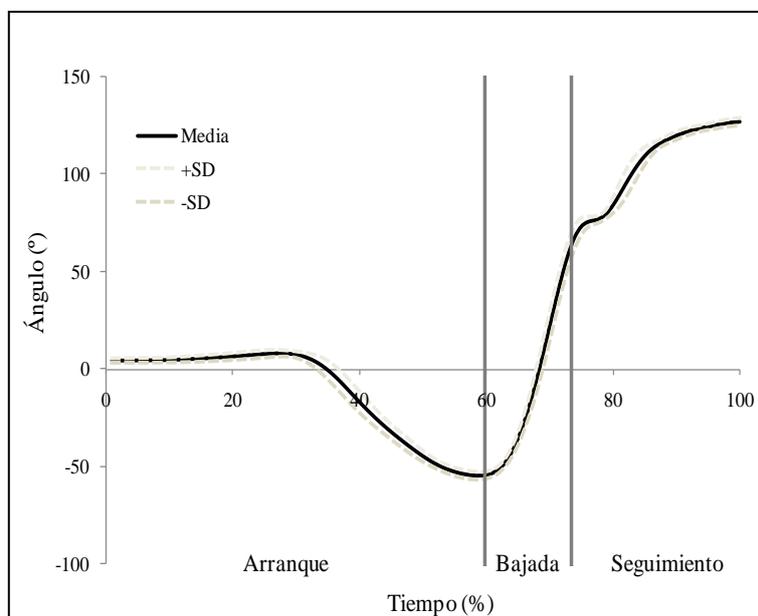


Figura 8. Rotación del eje de caderas.

En las figuras 9 y 10 se representa el comportamiento de los ángulos de flexo-extensión de la articulación del codo a lo largo de las fases del swing. Cabe destacar la extensión energética que realiza el codo izquierdo poco antes del impacto.

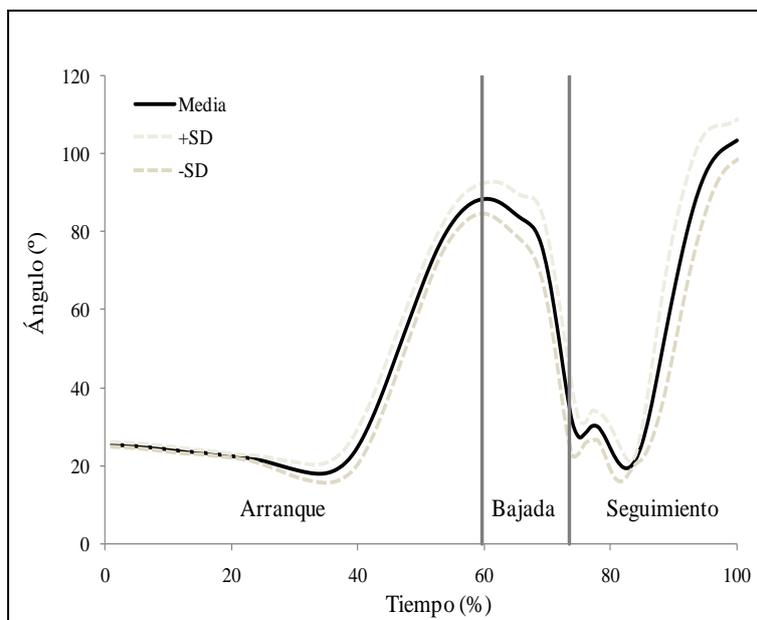


Figura 9. Flexo-extensión del codo derecho

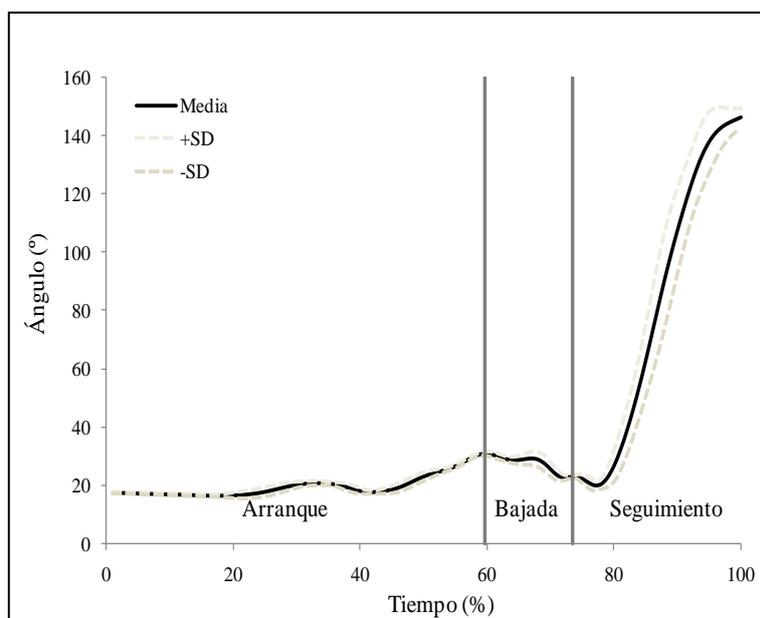


Figura 10. Flexo-extensión codo izquierdo.

Las figuras 11 y 12 representan el comportamiento de los ejes de rodillas y tobillos respectivamente a lo largo de las fases del swing. Se consideró positiva a la rotación en sentido de las agujas del reloj y negativa en el sentido contrario. Se puede apreciar cómo la participación de las rodillas tanto en el arranque como en la bajada es mayor que la de los tobillos. Esta participación queda reflejada por el mayor rango articular de las rodillas con respecto a los tobillos.

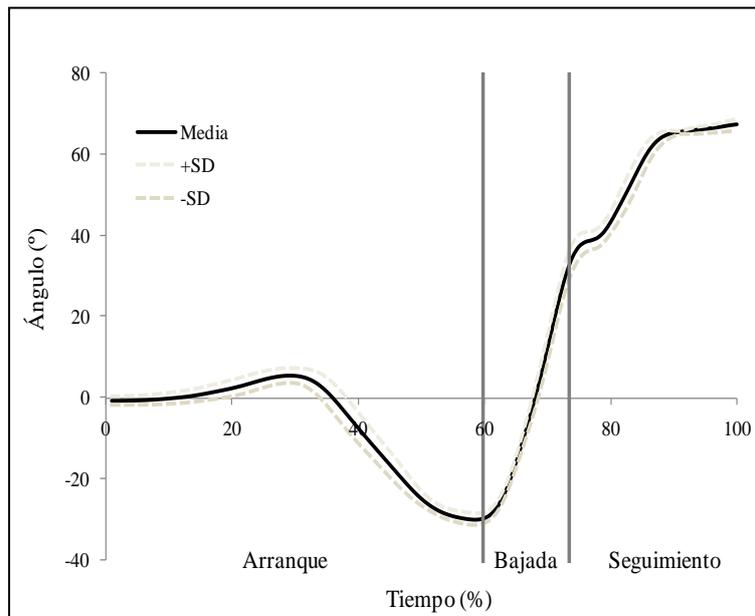


Figura 11. Rotación del eje de rodillas

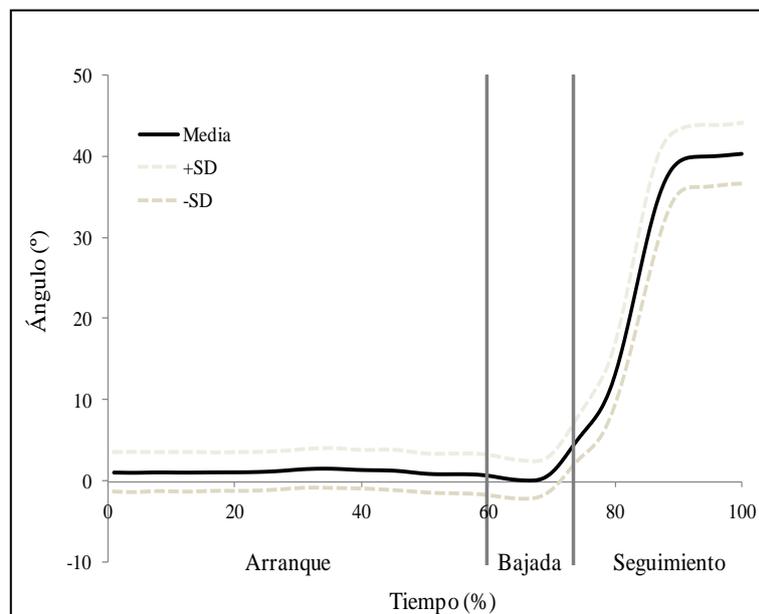


Figura 12. Rotación del eje de tobillos.

DISCUSIÓN

1. Posición Inicial

Con respecto a la columna, según Hume y cols. (2005), en la posición inicial el jugador debería mantener el tronco flexionado. En el presente estudio, para comprobar dicha posición, se dividió la columna en dos zonas, tronco y cuello. Se obtuvo una flexión de tronco de $146 \pm 3^\circ$ y el ángulo de flexión del cuello fue $165 \pm 1^\circ$ (tabla 1). Ambos resultados demuestran que la participante en este estudio adoptaba una postura donde el tronco se encontraba flexionado como se recomienda desde la literatura. Tanto el ángulo de flexión del tronco como el del cuello deben mantenerse estables durante todo el swing (Shamus y Shamus, 2001). Consecuentemente los valores obtenidos en esta posición servirán como referencia para valorar el comportamiento de la columna en el resto de las fases.

Según Hardy y Andrisani (2005), los ejes de hombros y caderas deben estar paralelos o un poco abiertos a la línea objetivo. La rotación del eje de hombros en la posición inicial fue de $0 \pm 1^\circ$ y la rotación del eje de caderas de $5 \pm 1^\circ$ (tabla 1) con respecto a la línea objetivo. Estos datos son similares con los obtenidos por Zheng y cols. (2008), que midieron una rotación de hombros $-13 \pm 5^\circ$ y de caderas de $-2 \pm 6^\circ$, a 25 jugadoras profesionales, o los obtenidos por Burden y cols. (1998), que obtuvieron una rotación del eje de hombros de $-7 \pm 10^\circ$ y del eje de caderas de $-5 \pm 8^\circ$ a ocho jugadores diestros. Estos resultados confirman que la jugadora adoptó una posición correcta durante el estudio.

En cuanto a los hombros deberían estar flexionados por delante de la línea del cuerpo y aducidos por delante del pecho para la sujeción del driver. El hombro derecho se encontró flexionado $52 \pm 3^\circ$ y aducido $-10 \pm 2^\circ$ (tabla 1), el hombro izquierdo mantuvo una flexión de $45 \pm 3^\circ$ y una aducción de $-8 \pm 5^\circ$ (tabla 1). Estos datos confirman la posición inicial de los hombros de la jugadora que se describe en los manuales (Hardy y Andrisani, 2005).

En lo que respecta al tren inferior, según Hardy y Andrisani (2005), los pies se deberían colocar formando un cuadrado con la línea de objetivo. Para comprobar la participación del tren inferior en el swing, se estudiaron los ángulos de rotación del eje de rodillas, que en la posición inicial fue $-1 \pm 1^\circ$ y el de rotación del eje de tobillos que fue de $1 \pm 2^\circ$ (tabla 1). Estos datos indicaron que los ejes se encontraron en una posición paralela a la línea objetivo como recomienda la literatura.

La rotación del eje de tobillos (tabla 1), presentó una gran estabilidad durante prácticamente todo el gesto hasta el impacto. Esta estabilidad nos permite comprobar que el gesto es estable y equilibrado, es decir, aunque se trata de un gesto explosivo, hay que mantener una estabilidad importante en la base de sustentación del sistema para poder realizar un golpeo preciso (Hay 1993).

También se midieron los ángulos de flexión de rodilla que fueron $18 \pm 1^\circ$ para la rodilla derecha y $24 \pm 5^\circ$ para la izquierda (tabla 1). Estos datos concuerdan con los publicados por Egret y cols. (2003) en un estudio con siete jugadores de golf diestros profesionales, que partieron desde una posición inicial de flexión de rodilla derecha de $18 \pm 7^\circ$ y de la articulación de la rodilla izquierda de $18 \pm 6^\circ$. Del mismo modo también concuerdan con los datos de Hume y cols. (2005) que en su artículo de revisión comentaron que el ángulo de flexión de rodillas en esta fase debe estar comprendido entre $20 - 25^\circ$. A la vista de los resultados del presente estudio se podría confirmar que la jugadora mantuvo una posición equilibrada en este instante.

2. Arranque

El final del arranque lo marca el pico de arranque (top of backswing), que es el instante en el que la cabeza del palo alcanza su posición más lateral, antes de empezar la bajada, y es la posición más elevada de los brazos (McTeigue y cols., 1994).

Existe una alta correlación entre el vector posición interacromion y el vector posicional del tórax durante la posición inicial del swing, permitiendo una estimación bastante precisa, pero este indicador no es útil para estimar la situación de alineación del tórax en el top of backswing (Wheat y cols., 2007).

La flexión del ángulo de tronco en el pico de arranque fue de $146 \pm 3^\circ$ y el ángulo de flexión del cuello fue de $165 \pm 1^\circ$ (tabla 1) por lo que se comprobó que estos ángulos no varían durante toda la fase de arranque de los datos obtenidos en la posición inicial, como se recomienda en la bibliografía.

Según Hume y cols. (2005) los hombros rotan hacia la derecha y tiran de la cadera hacia una posición rotada mientras que los brazos ascienden. Durante esta fase, la participante en nuestro estudio realizó una rotación de hombros y de caderas (figuras 7 y 8) tal como se recomienda desde la bibliografía existente. Según Hardy y Andrisani (2005) en el pico de arranque, el eje de hombros debe haber girado 90° y el eje de caderas 45° . En el presente trabajo, el eje de hombros en este instante rotó hasta $116 \pm 4^\circ$ y el eje de caderas alcanzó $54 \pm 2^\circ$ (tabla 1). Estas posiciones fueron similares a las calculadas por Zheng y cols., (2008) que midieron una rotación de hombros en el pico de arranque de $109 \pm 7^\circ$ y una rotación pélvica de $49 \pm 8^\circ$ en jugadoras profesionales de golf femenino. También existen datos parecidos publicados por Egret y cols., (2006), que obtuvieron una rotación de hombros de $-109 \pm 19^\circ$ y de caderas de $-64 \pm 12^\circ$. Todos estos datos confirman que la rotación que realizó la deportista en el presente estudio fue adecuada conforme a las publicaciones existentes y que las golfistas femeninas presentan rangos de movimientos más amplios en estas variables.

En cuanto a la separación torso-pélvica, estudios que han utilizado marcadores mediales, cercanos a la columna vertebral, no han encontrado relaciones significativas entre la rotación de la torso-pelvis en el pico de arranque y la distancia de golpeo o el nivel de habilidad de los golfistas, pero los estudios que han utilizado marcadores situados lateralmente en las caderas o en el acromion sí las han encontrado (Myers y cols., 2008). En este trabajo la rotación a este nivel en el pico de arranque fue de $-62 \pm 3^\circ$ (tabla 1), dato que concuerda con los $59 \pm 9^\circ$ obtenidos por Zheng y cols. (2008). Por lo que se podría considerar que este dato se cumple en jugadoras profesionales de golf.

En lo que respecta al tren superior (para un golfista diestro), el brazo derecho debe estar relajado para poder flexionarse debido a la rotación de hombros. En el pico del arranque, el hombro derecho es abducido y el hombro izquierdo es aducido horizontalmente por delante del pecho (Hume y cols. 2005). En el presente estudio el hombro derecho se flexionó hasta una posición de $52 \pm 3^\circ$ y alcanzó una abducción de $48 \pm 7^\circ$ (tabla 1). A su vez el hombro izquierdo se flexionó hasta llegar a $107 \pm 1^\circ$ y en este caso, se produjo una gran aducción hasta llegar a $-117 \pm 5^\circ$ (tabla 1). Todos estos datos confirman que la participante realizó los movimientos de abducción y aducción de hombros como se recomienda desde los artículos revisados en la bibliografía.

En el tren inferior, el eje de rodillas rotó hasta una posición de $29 \pm 2^\circ$ (tabla 1), la rodilla derecha apenas varió su posición alcanzando en el pico del arranque $19 \pm 5^\circ$ de flexión y la izquierda si experimentó una flexión mayor llegando a $42 \pm 5^\circ$ (tabla 1). Estas medidas fueron muy parecidas a las obtenidas por Egret y cols. (2003) en los que el grado de flexión de la rodilla derecha fue de $23 \pm 3^\circ$ y el de la izquierda fueron $38 \pm 9^\circ$ en jugadores de golf masculino. Por consiguiente, igual que sucedió en la posición inicial, el ángulo de flexión de rodillas tampoco varió.

3. Bajada e Impacto

En el momento del impacto, el ángulo del tronco fue de $152 \pm 1^\circ$ (tabla 1), este ángulo varió 8° con respecto a la posición inicial y el pico de arranque. Estos datos concuerdan con los publicados por Hume y cols. (2005) que informaron que en el momento del impacto, el ángulo espinal primario aumenta 11° . En cuanto al ángulo del cuello, se midió una flexión de $165 \pm 1^\circ$ (tabla 1). Por tanto se puede afirmar que, en este estudio, la jugadora mantuvo un grado de flexión de la columna bastante estable hasta el momento del impacto (Figuras 1 y 2), como recomiendan los manuales (Shamus y Shamus, 2001).

El movimiento de la bajada es opuesto al movimiento del arranque, por lo que los ejes de hombros y caderas rotan en sentido contrario que en el arranque como se comprobó en el presente estudio (figuras 7 y 8). Los ejes de hombros y de caderas presentaron una rotación positiva, alcanzando $30 \pm 6^\circ$ y $66 \pm 5^\circ$ (tabla 1) respectivamente. Estos valores se asemejan bastante a los

publicados por Zheng y cols. (2008), que obtuvieron un ángulo de $-23 \pm 10^\circ$ de rotación de hombros y $-52 \pm 11^\circ$ de caderas. Por tanto, se puede afirmar que la rotación realizada por el sujeto, coincidió con la citada en la bibliografía. La diferencia entre estas dos variables da como resultado la separación torso-pélvica, la cual fue de $-36 \pm 2^\circ$ en este instante (tabla 1). Evidentemente, al coincidir los datos anteriores, esta variable también se asemejó a los $29 \pm 9^\circ$ de separación torso-pélvica obtenida por Zheng y cols. (2008).

La rodilla derecha se flexionó hasta $29 \pm 1^\circ$ y la izquierda realizó una gran extensión hasta $12 \pm 5^\circ$ (tabla 1). Se podría comparar esta flexión con un estudio realizado por Egret y cols. (2006), donde midieron una posición de $27 \pm 11^\circ$ en la rodilla derecha y de $17 \pm 8^\circ$ en la izquierda. La gran extensión de la rodilla izquierda seguramente fue realizada para propiciar el giro de cadera en el impacto.

4. Seguimiento

Para desacelerar el cuerpo y la cabeza del palo, el hombro izquierdo realiza un movimiento de abducción y el derecho de aducción (Hume y cols. 2005), en el presente estudio, el hombro derecho continuó con un movimiento de flexión hasta alcanzar $91 \pm 28^\circ$ y también la aducción hasta $-92 \pm 80^\circ$ (tabla 1). El hombro izquierdo se extendió hasta $-4 \pm 21^\circ$ y realizó una abducción hasta llegar a $42 \pm 14^\circ$ (tabla 1). Por lo que se observó que los brazos siguieron el movimiento de hombros tal como relatan Hume y cols. (2005) en su artículo de revisión. De esta forma se consideró que el movimiento realizado por la participante fue acorde se recomienda desde la literatura revisada.

Cuando las manos alcanzan el nivel de los hombros, los codos se flexionan para disminuir la velocidad de los brazos y de rotación del tronco, mientras se mantiene la estabilidad postural (Hume y cols., 2005). En el presente estudio se observó que ambos codos se flexionaron llegando a $104 \pm 5^\circ$ en el codo derecho y a $146 \pm 3^\circ$ (tabla 1) en el izquierdo.

CONCLUSIONES

Los datos obtenidos de las diferentes ejecuciones del swing realizadas por el sujeto analizado, ponen de manifiesto que se trata de una acción técnica estable intrasujeto.

La mayoría de valores angulares valorados en el sujeto estudiado coinciden con los valores reportados en los estudios realizados en golfistas profesionales.

A tenor de los datos obtenidos en este estudio, el sujeto presenta un swing ajustado a los parámetros de eficacia que se reportan en la bibliografía especializada.

BIBLIOGRAFÍA

- Ball, K. A., & Best, R. J. (2007). Different centre of pressure patterns within the golf stroke I: Cluster analysis. *Journal of Sports Sciences*, 25(7), 757-770.
- Barrentine, S. W., Fleisig, G. S., Johnson, H., y cols. (1994). Ground reaction forces and torques of professional and amateur golfers. En M. R. Farrally y A. J. Cochran (eds.), *Science and golf II. Proceedings of the 1994 World Scientific Congress of Golf, Jul 4-8. St Andrews* (pp. 33-39). Londres: E & FN Spon.
- Bechler, J. R., Jobe, F. W., Pink, M., Perry, J., & Ruwe, P. A. (1995). Electromyographic analysis of the hip and knee during the golf swing. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 5(3), 162-166.
- Burden, A. M., Grimshaw, P. N., y Wallace, E. S. (1998). Hip and shoulder rotations during the golf swing of sub 10 handicap players. *Journal of Sports Science*, 16, 165-176.
- Cochran, A. y Stobbs, J. (1968). *The Search for the Perfect Swing*. Philadelphia (PA): Lippincott.
- Egret, C. I., Nicolle, B., Dujardin, F. H., Weber, J., & Chollet, D. (2006). Kinematic analysis of the golf swing in men and women experienced golfers. *International Journal of Sports Medicine*, 27(6), 463-467.
- Egret, C. I., Vincent, O., Weber, J., Dujardin, F. H., & Chollet, D. (2003). Analysis of 3D kinematics concerning three different clubs in golf swing. *International Journal of Sports Medicine*, 24(6), 465-469.
- Gatt Jr, C. J., Pavol, M. J., Parker, R. D., & Grabiner, M. D. (1998). Three-dimensional knee joint kinetics during a golf swing: Influences of skill level and footwear. *American Journal of Sports Medicine*, 26(2), 285-294.
- Geisler, P. R. (2001). Golf. En E. Shamus y J. Shamus (eds.), *Sports Injury Prevention and Rehabilitation* (pp. 185-226). Nueva York: McGraw-Hill.
- Hardy, J., y Andrisani, J. (2005). *The plane Truth for Golfers: McGraw-Hill*.
- Hay, J. G. (1993). *The Biomechanics of Sports Techniques*. Upper Saddle River: Prentice-Hall.
- Hume, P. A., Keogh, J., & Reid, D. (2005). The role of biomechanics in maximising distance and accuracy of golf shots. *Sports Medicine*, 35(5), 429-449.
- Jobe, F. W., Moynes, D. R., & Antonelli, D. J. (1986). Rotator cuff function during a golf swing. *American Journal of Sports Medicine*, 14(5), 388-392.
- McTeigue, M., Lamb S. R., Mottram, R., y cols. (1994). Spine and hip motion analysis during the golf swing. En A. J. Cochran y M. R. Farrally (eds.), *Science and golf II. Proceedings of the 1994 World Scientific Congress of Golf, Jul 4-8; St Andrews* (pp. 50-57). Londres: E & FN Spon.
- Milburn, P. D. (1982). Summation of segmental velocities in the golf swing. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 14(1), 60-64.
- Myers, J., Lephart, S., Tsai, Y. S., Sell, T., Smoliga, J., & Jolly, J. (2008). The role of upper torso and pelvis rotation in driving performance during the golf swing. *Journal of Sports Sciences*, 26(2), 181-188.
- Nesbit, S. M. (2005). A three dimensional kinematic and kinetic study of the golf swing. *Journal of Sports Science and Medicine*, 4(4), 499-519.

- Nesbit, S. M., & Serrano, M. (2005). Work and power analysis of the golf swing. *Journal of Sports Science and Medicine*, 4(4), 520-533.
- Okuda, I., Armstrong, C.W., Tsunozumi, H., y cols. (2002). Biomechanical analysis of professional golfer's swing: Hidemichi Tanaka. En E. Thain (ed.), *Science and golf VI. Proceedings of the 2002 World Scientific Jul 23-26; St Andrews* (pp. 19-27). Londres: E & FN Spon.
- Pink, M., Perry, J., & Jobe, F. W. (1993). Electromyographic analysis of the trunk in golfers. *American Journal of Sports Medicine*, 21(3), 385-388.
- Teu, K. K., Kim, W., Fuss, F. K., & Tan, J. (2006). The analysis of golf swing as a kinematic chain using dual Euler angle algorithm. *Journal of Biomechanics*, 39(7), 1227-1238.
- Wallace, E. S., Grimshaw, P.N., y Ashford, R.L. (1994). Discrete pressure profiles of the feet and weight transfer patterns during the golf swing. En A.J. Cochran y M.R. Farrally (eds.), *Science and golf II. Proceedings of the 1994 World Scientific Congress of Golf, Jul 4-8, St Andrews* (pp. 26-32). Londres: E & FN Spon.
- Zheng, N., Barrentine, S.W., Fleisig, G. S., y Andrews J. R. (2008). Swing Kinematics for Male and Female Pro Golfers. *International Journal of Sports Medicine*, 18 de Junio; Nueva York 29, 965–970.