

IMPORTANCIA DE LA COORDINACIÓN EN EL RENDIMIENTO DEL SWING DE GOLF EN JÓVENES PROMESAS

López de Subijana, C.¹; De Antonio, R.²; Juarez, D²; Navarro, E.²

¹ Área de Educación Física y Deportiva. Universidad de Alcalá.

² Facultad de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte. Universidad Politécnica de Madrid.

RESUMEN

El swing de golf es una destreza que podríamos catalogar de golpeo de velocidad donde el objetivo es que la cara del palo alcance la máxima velocidad en el momento del impacto. El objetivo de este estudio fue hallar el patrón de movimiento en el swing de golf y aplicar este patrón para la mejora del rendimiento. Se han analizado biomecánicamente doce golpes de cuatro jugadores promesas, mediante el sistema fotogrametría 3D Vicon Oxford Metrics © de captura automática. El análisis de la secuencia de velocidades angulares máximas en el *downswing* muestra cómo siguen un timing diferente en función del género. Las secuencias encontradas seguían en ambos géneros el mismo orden: primero el giro de caderas, luego el giro de hombros y por último la aceleración del palo. Se hallaron fórmulas discriminantes en ambos grupos de género, capaces de predecir si el golpeo sería "bueno" o "malo" siguiendo el criterio de rendimiento marcado en la velocidad de la cabeza del palo. La separación en el tiempo del giro de caderas con respecto a los hombros puede ser la clave por la que los hombres alcancen una mayor velocidad de impacto que el grupo de las mujeres.

Palabras claves: biomecánica, golpeo, swing, golf, patrón, rendimiento.

ABSTRACT

The golf swing is a skill which could be classified as a high velocity hitting where the main goal is that the head of the golf club reaches its maximum velocity at impact time. The aim of this study was to find the movement pattern of the golf swing in order to apply this pattern to improve their performance. Twelve golf swings executed by four young players were biomechanically analyzed. Automatic capture with Vicon Oxford Metrics © was used. The analysis of the maximum angular velocity sequence during the *downswing* showed, that depending on the gender, they described different timing. The angular velocity sequences had the same order, being first the hip turn, secondly the shoulder turn y finally the golf club head acceleration. It was found discriminant function for each gender group which could predict whether the golf swing was "good" or "bad" considering the club head speed as performance criteria. This separation at the timing of the key events could be the reason why that explains men reached more velocity at the head club near impact time than women.

Key words: Biomechanics, hitting, swing, golf, pattern, performance.

Correspondencia:

Cristina López de Subijana

Facultad de Medicina

Campus Universitario. Ctra. De Madrid- Barcelona, km 33,6. 28871 Alcalá de Henares, Madrid

cristina.lsubijana@uah.es

Fecha de recepción: 19/02/2008

Fecha de aceptación: 03/03/2008

INTRODUCCIÓN

El swing en golf es una destreza que podríamos catalogar de golpeo de velocidad, donde el objetivo es que la cara del palo alcance la máxima velocidad en el momento del impacto, (Kreighbaum & Barthels, 1981). La eficacia de cada golpeo se basa en la precisión y en la distancia alcanzada (Hume, Keogh, & Reid, 2005). El control de la técnica es un requisito fundamental para realizar una óptima ejecución. En función de la distancia deseada, el golfista elegirá un tipo de palo u otro, hierro o madera.

Los instantes más importantes en el swing de golf son el stance o posición inicial, el top of backswing, o pausa al final de la preparación, y el impacto (Ball & Best, 2007). Las fases del golpeo son el *backswing* que es la fase desde el stance hasta el top of backswing, el *downswing*, que va desde el top of backswing hasta el impacto y es por lo tanto la fase de aceleración, y por último el *followthrough*, que va desde el impacto hasta que cesa el movimiento. (Figura 1).



FIGURA 1. Instantes y fases del golpeo en el swing de golf

Según Schmidt, (1982), se trata de una destreza discreta, con un principio y un final determinados y de retroalimentación cerrada, con un entorno predecible, que no exige la toma de decisiones en un corto periodo de tiempo. Estas habilidades deben de analizarse en unidades de acción, con segmentos que actúan temporalmente independientes unos de otros. (Schmidt & Lee, 1999)

La fase analizada en este estudio es la fase de aceleración, el *downswing*. Cochran & Stobbs, (1968), indicaron que el *backswing* tenía una duración en golfistas profesionales de 0,82 s. y 0,23 s. en el *downswing*. (Burden, Grimshaw, & Wallace, 1998)) registraron 0,95 s. y 0,26 s. respectivamente, Resultados similares de *downswing* 0,23 y 0,21 s. fueron obtenidos por Milburn, (1982) y Neal & Wilson, (1985).

Las muestras de los estudios previos son generalmente de género masculino y con edades superiores a los 30 años. Únicamente S. Coleman & Anderson, (2007) y C. Egret, Leroy, Chollet, Loret, & Weber, (2000) se basaron en jugadores jóvenes (alrededor de 20 años).

El principio biomecánico de “Cadena cinética” expresa que “la producción de una gran velocidad en un extremo distal (en este caso la cara del palo de golf), implica el uso de las aceleraciones y deceleraciones de los segmentos adyacentes, aplicados de una forma secuencial, de más masivo a más concreto y del segmento más fijo al más libre” (Kreighbaum & Barthels, 1981) En este caso la secuencia de eventos debería de producirse, mostrando aceleraciones primero los miembros inferiores, luego el tronco, luego los miembros superiores y por último en la cara de la cabeza del palo.

La sincronización de estas acciones es lo que diferencia en gran medida a los expertos y a los novatos, puesto que estos últimos presentan un gran número de desajustes en los movimientos. (Kreighbaum & Barthels, 1981).

La secuencia de velocidades analizada por Milburn, (1982) estableció un orden de acciones en la fase de aceleración que indicaba cómo primero actuaba el brazo izquierdo, a continuación la muñeca izquierda y por último el palo. Nesbit & Serrano, (2005) expresaron el timing o secuencia de máximos de 4 golfistas de diferentes handicap en una función matemática para cada uno de ellos; todas ellas diferentes. La muestra utilizada estaba formada por 4 sujetos de diferentes niveles de los cuales solo uno era de alto nivel presentando este jugador un handicap 0 o “scratch”. La secuencia de máximos de velocidad previos al contacto fue la siguiente: cadera izda., cadera dcha., tronco, hombro izdo., hombro dcho., codo izdo., codo dcho., muñeca izda. y muñeca dcha. (Figura 2).

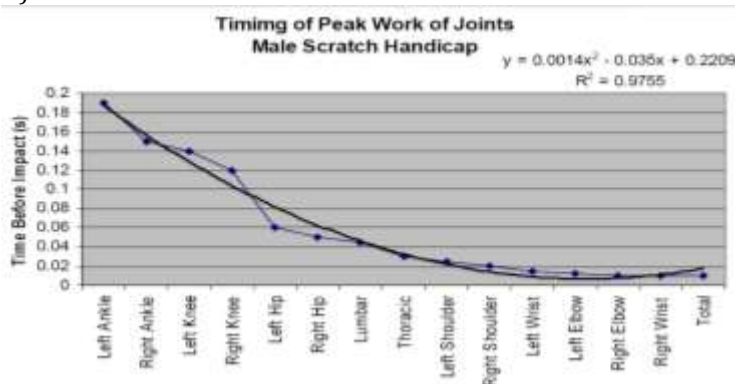


FIGURA 2. Función matemática en la que muestra la secuencia de tiempos en función del trabajo máximo realizado por los segmentos, previo al impacto. Nivel del jugador Handicap 0. (Adaptado de Nesbit y Serrano, 2005)

Según Lindsay & Horton, (2002), en un estudio comparativo entre sujetos lesionados de espalda y sujetos sanos, la velocidad angular máxima del tronco en sujetos sanos fue de 182 °/s. En otro estudio realizado por Geisler (2001), se registraron velocidades angulares sobre el eje longitudinal de 498 °/s en las caderas, 723 °/s en los hombros y sobre el eje transversal de 2090°/s en el Palo.

Las velocidades lineales alcanzadas en la cabeza del palo en estudios previos varían en un rango amplio que va de 52,6 a 40,5 m/s, (Nesbit & Serrano, 2005). Todos ellos se refieren a la velocidad del Driver. Burden, Grimshaw, & Wallace, (1998) registraron con Hierro 5 unas velocidades máximas de $35,7 \pm 0,4$ m/s. Williams & Sih, (2002) obtuvieron valores similares con el mismo palo de $34,4 \pm 5,22$ m/s. La única muestra de un alto nivel en mujeres obtuvo con el Driver una velocidad máxima de $37,66 \pm 3,8$ m/s (C. I. Egret, Nicolle, Dujardin, Weber, & Chollet, 2006). El criterio de rendimiento del swing de golf de la nuestra investigación fue la velocidad máxima alcanzada por la cara del palo.

Según Anderson & Pitcairn, (1986) el dominio de la técnica se muestra mediante patrones de movimiento “estables”, con una baja variabilidad. El objetivo principal del entrenamiento de la técnica en golf es lograr el aprendizaje de un golpeo preciso a la velocidad máxima y consistente (automatización del gesto).

Existe una corriente de opinión, (Glazier, Wheat, Pease, & Barlett, 2006), que incide en que para poder realizar una intervención sobre el sistema nervioso y por ende, sobre el aprendizaje del sujeto, los estudios se deberían de enfocar hacia la adquisición de patrones de movimiento de los sujetos y no hacia la muestra de datos cinemáticos discretos como ocurre en la mayoría de las investigaciones en biomecánica.

Por todo ello los objetivos de este estudio han sido: 1) Analizar las variables cinemáticas en el swing de golf; 2) analizar la secuencia temporal establecida por dichas variables en el *downswing*; 3) comprobar la existencia de patrones de movimiento en el swing de golf; 4) analizar las diferencias inter e intragénero.

MÉTODO

La técnica de adquisición de datos es la fotogrametría 3D mediante el sistema VICON Oxford Metrics © de captura automática. Seis cámaras con focos de luz infrarroja sincronizadas registraron a 250 Hz los golpes que se ejecutaron desde una alfombrilla de césped contra una red colocada a 5 metros. (Figura 3). Todas las sesiones de captura fueron dentro de un control realizado

por la Federación de Golf de Madrid en febrero de 2007. La muestra estaba formada por 2 jugadores ($1,82 \pm 0,05$ m y $76,8 \pm 8,8$ kg.) y 2 jugadoras ($1,64 \pm 0,02$ m. y $53,1 \pm 1,9$ kg.) pertenecientes al Centro de Tecnificación de Golf de la Comunidad de Madrid. El hándicap del grupo era $0,3 \pm 0,6$ y la edad fue de $20,8 \pm 2,8$ años.

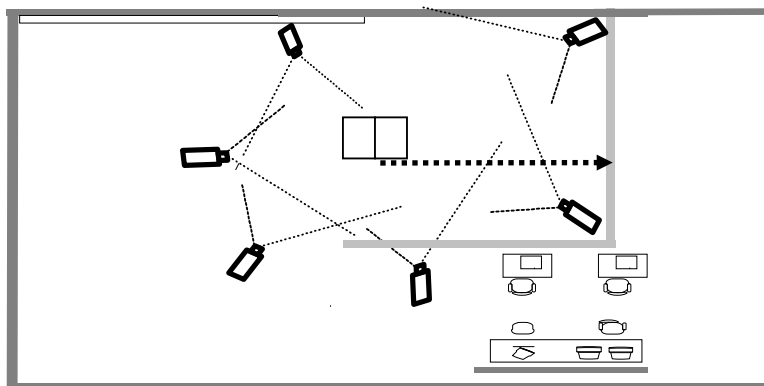


FIGURA 3. Disposición de las 6 cámaras infrarrojas y dirección de golpeo

Cada sesión de captura fue diseñada dentro de una sesión de entrenamiento en la que también participaba su entrenador. El protocolo establecido consistió en realizar un calentamiento general de 15 minutos y luego uno específico de golpeo. Se capturaron 12 golpes consecutivos contra la red. Los jugadores debían buscar su mejor golpe. Las chicas eligieron un hierro 7, mientras que los chicos eligieron un hierro 6.

El modelo mecánico estaba basado en la posición espacial de 27 marcadores reflectantes colocados en el cuerpo y 4 en el palo (Figura 4). Los marcadores fueron colocados en la punta del pie, maléolo externo del tobillo, talón, maléolo externo de rodilla, intermedio del muslo, crestas iliacas anteriores y posteriores, apófisis subesternal, cavidad supraesternal, acromion del humero, cóndilo externo del cubito, intermedio del antebrazo, apófisis externa vértebra C7, dos en el frontal y dos en los parietales en la zona posterior de la cabeza. En el palo se colocaron en el final del grip, en la unión de la cabeza del palo con el segmento, en el vértice superior de la cara del palo y en el punto medio de lateral de la cara del palo. Cada marcador tenía un diámetro de 16 mm. El sistema determinaba la posición 3D de cada marcador a tiempo real a partir de las posiciones en píxeles captadas por al menos dos cámaras y a los parámetros de la transformación calculados previamente durante la calibración. La calibración efectuada mostró que el error en la posición de cada

coordenada era menor de 2 mm. El sistema de calibración estático determinó los ejes del sistema de referencia inercial, (figura 4).

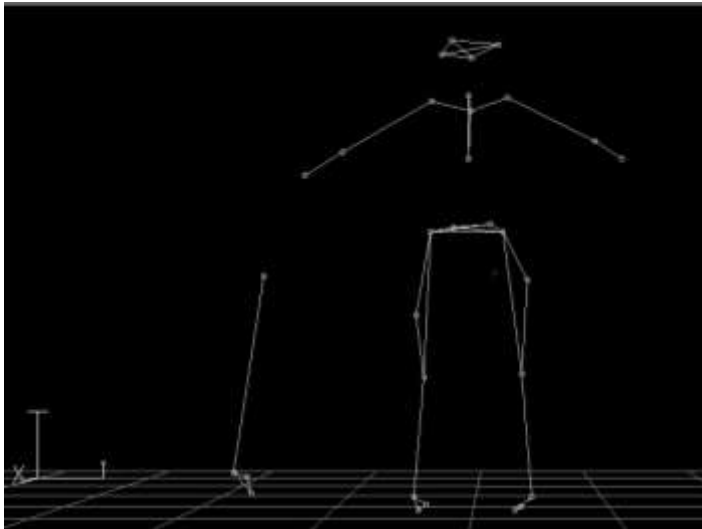


FIGURA 4. Sistema de referencia inercial y modelo creado

Las fases del golpeo analizadas fueron el *backswing* y el *downswing*. Las variables cinemáticas consideradas fueron las Velocidades Angulares máximas de las caderas, los hombros y el Palo y Velocidades lineales máximas de la cabeza del Palo. Con el fin de poder realizar una comparación intersujeto e intergrupo, las variables temporales correspondientes a los tiempos máximos de las velocidades mencionadas, fueron normalizados con respecto al tiempo total de la fase *downswing*, siendo el 0% el top of backswing y el 100% el impacto.

El criterio de rendimiento de los golpes fue la velocidad lineal máxima alcanzada por la cara del palo. Se clasificó para cada jugador un grupo de golpes “buenos” y otro como “malos” en función de su posición con respecto a la mediana de sus golpes.

El análisis estadístico se realizó con el software SPSS 14.0. Con el fin de determinar si los grupos de nivel eran significativamente diferentes en cada grupo se realizó una t de student para muestras independientes. Para el análisis de la secuencia temporal se analizó una ANOVA de medidas repetidas de dos factores. El factor inter sujeto fue la variable sujeto y el factor intra sujeto fueron las variables de los tiempos normalizados. Se aplicaron las correcciones del método Bonferroni. Para analizar el rendimiento del swing en función de los

parámetros biomecánicos se realizó un análisis discriminante en el que la variable dependiente era el nivel del golpeo y las variables cinemáticas y temporales fueron las variables independientes.

RESULTADOS

Los entrenadores descartaron algunos golpes por considerarlos de baja calidad, siendo la muestra final en chicas de 10 y 9 golpes para S1 y S2, y de 7 y 11 golpes para S3 y S4 en chicos.

Los tiempos de las fases en chicos fueron de $0,81 \pm 0,10$ s. y $0,27 \pm 0,02$ s. en el *backswing* y en el *downswing* respectivamente. Las chicas golpearon en $0,99 \pm 0,08$ s y $0,35 \pm 0,03$ en ambas fases. El tiempo total del swing fue inferior en los chicos ($1,07 \pm 0,12$ s.) que las en chicas ($1,34 \pm 0,07$ s.). Las desviaciones estándar demuestran que el tiempo empleado en el *downswing* presenta una menor variabilidad intersujeto que en el *backswing*.

Las velocidades máximas alcanzadas en la cara del palo por la chicas fueron de $28,9 \pm 0,6$ m/s y en los chicos de $38,4 \pm 0,1$ m/s. Las chicas alcanzan una velocidad considerablemente inferior en la cabeza del palo. En cualquier caso debe tenerse en cuenta que los chicos utilizaban un hierro 6.

TABLA 1
Velocidades angulares máximas registradas en $^{\circ}/s$

	Media \pm DS	Media \pm DS
	♀	♂
WmaxCad	452,0 \pm 60,7	540,6 \pm 53,5
Wmax Hob	717,6 \pm 98,1	758,9 \pm 42,2
Wmax Palo	1737,3 \pm 35,9	2233,7 \pm 61,1

Las velocidades angulares máximas alcanzadas se muestran en la tabla 1. Al igual que en las velocidades lineales, la velocidad angular de la cabeza del Palo es considerablemente superior en los chicos respecto a las chicas mientras que los valores de las velocidades angulares máximas de caderas y hombros permanecen superiores en los chicos pero no de forma tan considerable. Las desviaciones estándar reflejan la variabilidad de esa acción. Se puede apreciar cómo el giro de hombros es la acción más "inestable" en el grupo de las chicas.

Las secuencias temporales de los instantes en los que ocurrían dichos picos máximos de velocidades angulares normalizados dentro del *downswing*, se muestran en la tabla 2, siendo 0 el instante del top of *backswing* y 100 el

impacto. Los tiempos normalizados muestran cómo las tres acciones valoradas se encuentran más diferenciadas en el tiempo en el caso de los chicos.

Con el fin de comparar las muestras intersujeto e intragrupal, se realizó por separado para cada género, una ANOVA de dos factores (sujeto x tiempos normalizados como medida repetida.). En el análisis grupal de las jugadoras se pudo observar cómo existían diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los tiempos de las velocidades angulares máximas de las Caderas y los tiempos de las velocidades angulares máximas de los Hombros; y entre dicho instante y la velocidad angular máxima del Palo en ambos grupos de género.

TABLA 2
Porcentaje de los tiempos normalizados (Media \pm DS) de los grupos de género

TIEMPO	♀	♂
% T W Cad *	73,1 \pm 0,7	62,6 \pm 1,1
% T W Hob *	82,8 \pm 0,6	77,4 \pm 0,4
% T W Palo*	94,8 \pm 0,2	94,3 \pm 0,2

* Diferencias significativas, $p < 0,05$, entre ese tiempo normalizado y el siguiente en la secuencia temporal, en las velocidades angulares máximas alcanzadas.

La variabilidad mostrada en la secuencia temporal indica que el elemento que alcanza una mayor velocidad angular, es decir la cabeza del palo, no es el más variable sino el más estable a la hora de alcanzar dicho valor máximo. Ello podría indicar el nivel de precisión de la muestra del presente estudio.

En la comparación de cada secuencia temporal de cada jugador, entre S1 y S2, y entre S3 y S4, en ambos casos cada jugador mantuvo una secuencia significativamente diferente respecto al otro sujeto comparado. (Figura 5).

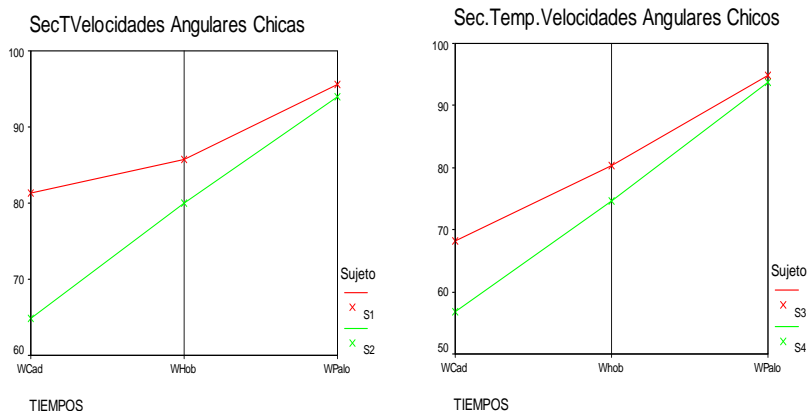


FIGURA 5. Secuencias Temporales de las velocidades angulares, de S1, S2, S3 y S4.

Para establecer los niveles de los golpes se tomó como criterio de referencia la velocidad máxima de la cabeza del palo. La mediana de cada grupo fue tomada como límite entre los niveles. El nivel 1 fueron los golpes considerados como “buenos”, mientras que el nivel 2 fueron los golpes “malos”. Se realizó una prueba t de student que estableció que existían diferencias significativas entre ambos grupos del nivel, $p < 0,01$.

Con el fin de determinar en qué medida las variables analizadas influían en el rendimiento del golpeo se realizó un análisis estadístico desde dos puntos de vista. El primero basado en las variables cinemáticas que tenían una secuencia temporal más estable, es decir en las velocidades angulares máximas como variables independientes, y el segundo en el “cuándo” ocurrían dichas velocidades angulares máximas dentro del *downswing*, es decir los tiempos normalizados como variables independientes, siendo en ambos grupos la variable dependiente el nivel del golpeo.

En el análisis discriminante de las velocidades angulares máximas y su relación con el rendimiento se hallaron fórmulas significativas en ambos grupos de género. En el grupo de los chicos el nivel de significación fue de $p < 0,001$. En esta fórmula indica que el nivel 1 “buenos” se produce cuando el resultado de la misma es positivo y es del nivel 2 “malos”, cuando es negativa. Puede predecir un 94,4 % de los casos.

$$F(d) = 0,037 \cdot W \text{ max Caderas} - 0,011 \cdot W \text{ max Hombros} - 11,685$$

Coefficiente Correlación canónica 0,813
 $p < 0,001$
 Acierto de casos 94,4 %

Según esta fórmula los swings “buenos” de los chicos se producirán cuando las caderas obtengan una gran velocidad angular.

En el caso de las chicas la fórmula discriminante obtuvo un nivel de significación de $p < 0,05$, con un acierto del 78,9 % de los casos. Los swings “buenos” resultaban positivos al aplicar la fórmula mientras que los swing “malos” eran negativos.

$$F(d) = 0,007 \cdot W \text{ max Caderas} + 0,009 \cdot W \text{ max Hombros} - 9,254$$

Correlación canónica 0,617
 $p < 0,05$
 Acierto de casos 78,9 %

La interpretación de esta fórmula discriminante nos indicaría la importancia de ambas velocidades angulares para obtener un “buen” swing y que la velocidad angular lograda por las caderas tenía ligeramente más peso en dicho resultado final.

La segunda línea del análisis discriminante se basó en analizar el “cuando” se producían las velocidades angulares máximas, es decir en discriminar si los swing “buenos” dependen de una buena “coordinación” de dichas acciones segmentarias. Se halló una fórmula discriminante en el caso de los chicos pero no en el grupo de las chicas.

La fórmula discriminante de los tiempos normalizados de las velocidades angulares máximas tenía una significación de $p < 0,005$.

$$F(d) = 0,516 \cdot \% T \text{ Hombros} - 0,034 \cdot \% T \text{ Caderas} - 38,104$$

Correlación canónica 0,754
 $p < 0,005$
 Acierto de casos 88,9 %

En esta fórmula los resultados positivos son considerados del grupo 1 “buenos”, mientras que los negativos pertenecen al grupo 2 “malos”. Dado la media de ambos tiempos normalizados que son de 62,6 % de las caderas y de

77,4% en el de los hombros, y el valor de la constante de la fórmula, 38,1, ambos datos nos indican que existe un rango óptimo de coordinación en el que cuando las caderas se actúan de forma más tardía, el swing tendrá un mejor rendimiento.

DISCUSIÓN

La duración de las fases del golpeo backswing en el grupo masculino ($0,81 \pm 0,11$ s) y downswing ($0,27 \pm 0,02$ s) encontrados son similares a los de otros estudios previos (Cochran & Stobbs, 1968; S. G. Coleman & Rankin, 2005; Neal & Wilson, 1985) en el caso del género masculino. En las chicas, el backswing ($0,99 \pm 0,08$ s) presenta un valor más alto que en otros estudios, sin embargo pensamos que esta diferencia no se debe a razones antropométricas sino posiblemente al mejor nivel técnico de la muestra empleada en el presente estudio.

Las velocidades lineales de los estudios fundamentados en el Hierro 5, (el palo más similar a Hierro 6 y Hierro 7), son inferiores a los valores alcanzados por los chicos (Milburn, 1982; Nesbit & Serrano, 2005). De nuevo nos inclinamos a pensar que esta discrepancia se debe a que el nivel de rendimiento de nuestra muestra es considerablemente superior que el de los estudios consultados.

Nesbit & Serrano, (2005) establecieron una primera secuencia temporal basada en el trabajo de los diferentes segmentos. Sólo en el caso del jugador con mejor hándicap (0-scratch), el impacto era posterior a dichos máximos lo que coincide con lo encontrado en nuestro estudio donde el máximo de velocidad del palo se produce un 5% antes impacto con relación al tiempo total del downswing. La secuencia encontrada para los chicos demuestra que el movimiento empieza por las caderas sigue por los hombros siendo la cabeza del palo la que llega a su máximo en último lugar y ligeramente antes del impacto. Esta secuencia coincide con la encontrada por Nesbit & Serrano, (2005).

Las velocidades angulares registradas (Tabla 3) son similares al estudio de Geisler, (2001). Resulta llamativo cómo la velocidad angular alcanzada en la cabeza del Palo en los chicos $2233,7^\circ/\text{s}$ sea considerablemente superior al dato de dicho estudio $2090^\circ/\text{s}$. Este hecho lo atribuimos al excelente nivel de la muestra considerada. En el caso de la chicas el registro de $1737^\circ/\text{s}$ no debe de ser considerado de baja calidad dado que, aunque se desconoce la muestra del estudio de Geisler, (2001), estos suelen ser masculinas, con lo que este dato inferior podría deberse a una cuestión intrínseca de las capacidades de cada género.

La secuencia temporal de velocidades angulares no ha sido considerada en estudios previos por lo que las diferencias significativas en ambos grupos muestran la estabilidad de la secuencia temporal de cada sujeto en la que actúa primero el giro de caderas, posteriormente los hombros y por último el Palo.

Dado que no existen estudios en los que se plantee relacionar la secuencia de acciones con el rendimiento este estudio se considera un primer paso de cómo efectuar dicha evaluación, tal y como recomiendan Glazier, Wheat, Pease, & Barlett, (2006).

El análisis discriminante efectuado en función del género permitía establecer las claves relativas a qué acción segmentaría es más importante en cuanto al rendimiento en el golpeo. El conocer el patrón de movimiento permitirá hacer hincapié en determinados factores para lograr aumentar el rendimiento. En el caso de los chicos se fundamentan en dos aspectos, por una parte el potenciar la velocidad angular de las caderas al máximo y el retardar en un rango determinado dicha acción, es decir cuánto más “se retrase su acción” respecto al top of backswing, mejores resultados obtendrán. En las chicas las acciones del giro de caderas, del giro de hombros y la bajada del palo se encuentran más agrupadas en el tiempo, por lo que se puede indicar que golpean más “todo en uno”. Esta puede ser la razón por la que los resultados encontrados mediante el análisis discriminante no han permitido diferenciar entre la importancia del movimiento de caderas u hombros lo que además concuerda con el hecho de no haber encontrado ninguna función discriminante para el tiempo normalizado de dichas acciones.

Las diferencias en cuanto al “cuando” se producen estos giros podrían ser la clave para alcanzar una mayor velocidad en la cabeza del palo, por lo que sería recomendable el disociar en el tiempo ambos giros con el fin de producir un swing más potente.

CONCLUSIÓN

Se ha puesto a punto un sistema para análisis del swing de golf que permite dar información rápida al entrenador y al deportista. Tal y como recomiendan Schmidt & Young, (1991) los datos del feedback cinemáticos deben de seleccionarse en función del objetivo de la acción en concreto con el fin de no interferir negativamente en la práctica. En este caso los informes eran transferidos al entrenador y éste seleccionó las pautas para futuras correcciones.

Se ha encontrado que las secuencias de las velocidades angulares de todos los sujetos seguían el mismo patrón, giro de caderas, giro de hombros y aceleración del Palo.

Dentro de estos patrones generales para cada sexo, se han encontrado diferencias entre los jugadores, lo que demuestra la existencia de una técnica individual que debe tenerse en cuenta a la hora de valorar el rendimiento técnico.

La coordinación de las acciones es la clave determinante en el rendimiento del este tipo de golpes. Se han hallado los patrones del movimiento en ambos géneros. Mediante el análisis discriminante se ha puesto de manifiesto que el rendimiento de los golpes está relacionado directamente con la velocidad de los giros de hombros y caderas, y con el tiempo en el que ocurren, es decir con la coordinación entre dichas acciones.

Se propone para futuros estudios el valorar el nivel de fuerza muscular de los grupos musculares implicados en la rotación del tronco, para poder analizar su relación con el golpeo producido.

Dado que la muestra es de gran nivel y de jugadores promesas, se propone este tipo de estudios como controles periódicos dentro de la planificación del entrenamiento.

REFERENCIAS

- ANDERSON, M., & PITCAIRN, T. (1986). Motor Control in dart throwing. *Human Movement Science*, 5, 1-18.
- 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.
- BURDEN, A. M., GRIMSHAW, P. N., & WALLACE, E. S. (1998). Hip and shoulder rotations during the golf swing of sub-10 handicap players. *Journal of Sports Sciences*, 16(2), 165-176.
- COCHRAN, A., & STOBBS, J. (1968). *The Search for the Perfect Golf Swing* (1st ed.). Philadelphia : J.B. Lippincott.
- COLEMAN, S., & ANDERSON, D. (2007). An examination of the planar nature of the golf club motion in the swings of experience players. *Journal of Sports Sciences*, 25(7), 739-748.
- COLEMAN, S. G., & RANKIN, A. J. (2005). A three-dimensional examination of the planar nature of the golf swing. *Journal of Sports Sciences*, 23(3), 227-234.
- EGRET, C., LEROY, D., CHOLLET, D., LORET, A., & WEBER, J. (2000). Approche scientifique du swing. *Education Physique et Sportive*(286), 61-65.
- 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), 463-467.
- GEISLER, P. R. (2001). Golf. In E. Shamus & J. Shamus (Eds.), *Sports injury prevention and rehabilitation*. New York: McGraw-Hill.
- GLAZIER, P. S., WHEAT, J. S., PEASE, D. L., & BARLETT, R. M. (2006). The interface of Biomechanics and Motor Control: Dynamics system theory and the function role of movement variability. In

- K. Davids, S. Bennet & K. Newell (Eds.), *Movement System Variability* (pp. 49-69). Champaign: Human Kinetics.
- 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.
- KREIGHBAUM, E., & BARTHEL, K. M. (1981). *Biomechanics. A qualitative approach for studying human movement*. Minneapolis, Minnesota: Burgess Publishing Co.
- LINDSAY, D., & HORTON, J. (2002). Comparison of spine motion in elite golfers with and without low back pain. *Journal of Sports Sciences*, 20(8), 599-605.
- MILBURN, P. D. (1982). Summation of segmental velocities in the golf swing. *Medicine and Science in sports and exercise*, 14(1), 60-64.
- NEAL, R. J., & WILSON, B. D. (1985). 3D Kinematics and Kinetics of the Golf Swing. *International Journal of Sports Biomechanics*, 1, 221-232.
- NESBIT, S. M., & SERRANO, M. (2005). Work and Power analysis of the golf swing. *Journal of Sports Science and Medicine*, 4, 520-533.
- SCHMIDT, R. S. (1982). *Motor Control and Learning*. Champaign: Human Kinetics.
- SCHMIDT, R. S., & LEE, T. (1999). *Motor Control and Learning. A Behaviour Emphasis*. Champaign: Human Kinetics.
- SCHMIDT, R. S., & YOUNG, D. E. (1991). Methodology for motor learning: a paradigm for kinematic feedback. *Journal of Motor Behaviour*, 23, 13-24.
- WILLIAMS, K. R., & SIH, B. L. (2002). Changes in golf clubface orientation following impact with the ball. *Sports Engineering*, 5, 65-80.