

Secuencia temporal en el swing de golf de jóvenes promesas

C. LÓPEZ DE SUBIJANA¹, R. DE ANTONIO², D. JUÁREZ², E. NAVARRO².

¹Área de ED. Física, CAFAD, Universidad de Alcalá.

²Instituto Nacional de Educación Física, Universidad Politécnica de Madrid.

Resumen

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. Se han analizado biomecánicamente diez golpes de cuatro jugadores promesas, mediante el sistema fotogrametría 3D Vicon Oxford Metrics© de captura automática. En primer lugar se ha podido comprobar que los valores absolutos de velocidades lineales eran mayores en los chicos que en las chicas. El análisis de las dos fases del swing indica que la fase de aceleración (downswing) presenta una variabilidad menor que el backwing. El análisis de la secuencia temporal de máximos alcanzados en los segmentos muestra cómo las acciones de los mismos siguen un orden diferente en función del género. La secuencia en los chicos empieza por el movimiento de caderas y sigue con el codo izquierdo, el hombro izquierdo y el palo; en las chicas, las caderas y el codo izquierdo actúan simultáneamente seguidos del hombro izquierdo y del palo.

Palabras clave: Biomecánica, golpeo, swing, golf, timing.

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. Ten golf swings executed by four young players were biomechanically analyze. Automatic capture with Vicon Oxford Metrics © was used. The absolute values of the linear velocities were higher at men than at women. At the interval analysis, the downswing presented less variation than the backswing. The analisis of the maximum timing sequence showed that depending on the gender they described different order. At men, the secuencia started with the hip movement, followed by, left elbow, left shoulder and the club head. At women the hips and left elbow occurred simultaneously followed by the left shoulder and the club head.

Keywords: Biomechanics, swing, golf, timing.

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. La eficacia de cada

golpeo se basa en la precisión y en la distancia alcanzada, Hume, Keogh & Reid, [1]. 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*, pausa al final de la preparación, y el impacto. 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 el *followthrough*, que va

Correspondencia:

Cristina López de Subijana

Área de Educación Física. Dpto. Psicopedagogía y Ed. Física. Facultad de Medicina. Campus Externo Universidad de Alcalá

Carretera de Barcelona, km 33,600. Alcalá, 28871

Telf. +34918839235

Correo electrónico: cristina.ldesubijana@uah.es

desde el impacto hasta que cesa el movimiento. (Figura 1)

Cochran y Stobbs [2] indicaron que el *backswing* tenía una duración en golfistas profesionales de 0,82 s. y 0,23 s. en el *downswing*. Burden, Grimshaw y Wallace [3] registraron 0,95 s. y 0,26 s. respectivamente; resultados similares de *downswing* 0,23 y 0,21 s. fueron obtenidos por Milburn [4] y Neal y Wilson, [5].

Las muestras de los estudios previos son generalmente de género masculino y con edades superiores a los 30 años. Únicamente Coleman y Anderson, [6] y Egret et. al [7] se basaron en jugadores jóvenes (20 años).

La secuencia de velocidades analizada por Milburn [4] 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 y Serrano [8] 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 1). Las velocidades lineales alcanzadas por el palo de estudios previos varían en un rango amplio que va de 52,6 a 40,5 m/s, Nesbit y Serrano, [8], todos ellos se refieren a la velocidad del Driver. Burden et al., [3] registraron con Hierro 5 velocidades máximas de $35,7 \pm 0,4$ m/s. Williams y Sih [9] 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 por Egret et al., [7].

Los objetivos de este estudio han sido: 1) demostrar la existencia de una secuencia temporal en el swing de jóvenes promesas y 2) analizar las diferencias inter e intragénero.

Métodos

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

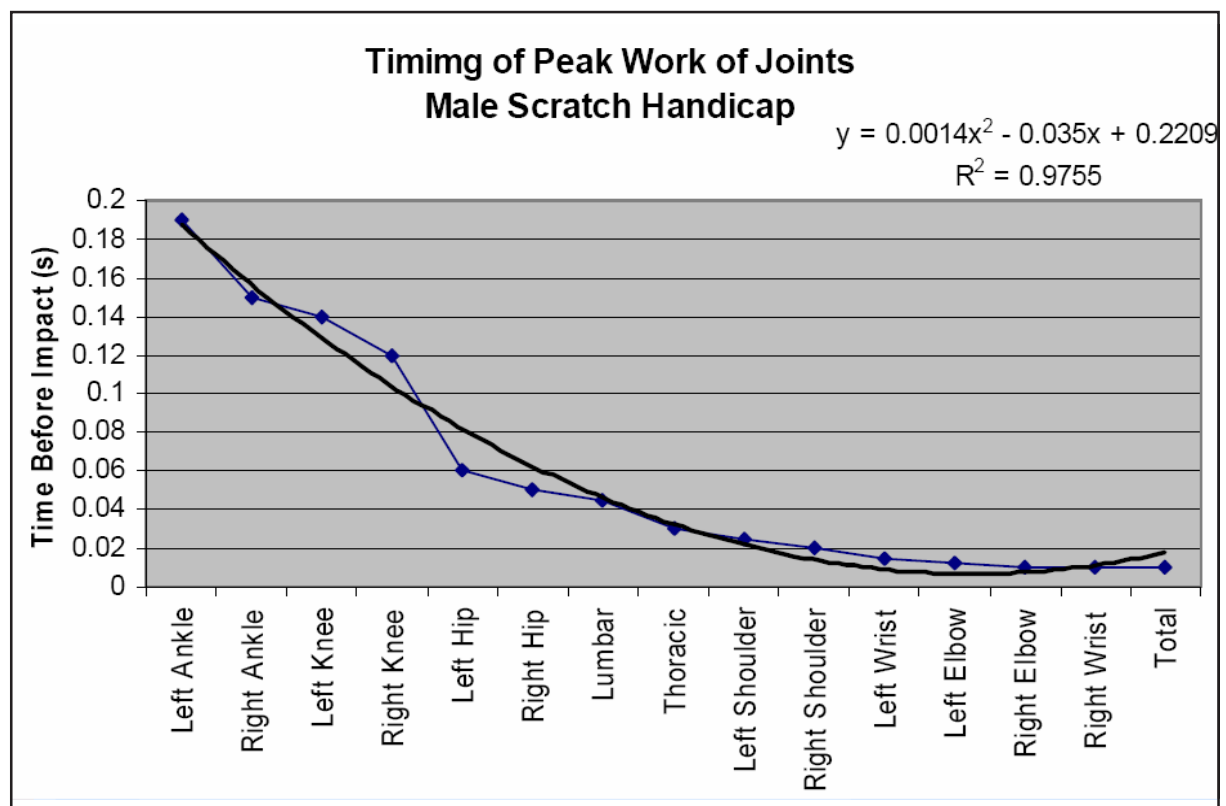


Figura 1. Función matemática en la que muestra la secuencia de tiempos en función del trabajo máximo realizado por los segmentos, previo al impacto. Nivel del jugador Handicap 0. (Adaptado de Nesbit y Serrano, 2005)

desde una alfombrilla de césped contra una red colocada a 5 metros (figura 2). Dentro del mismo protocolo se recogieron las fuerzas efectuadas con cada pie sobre dos plataformas dinámicas y la filmación simultánea desde una vista posterior y lateral a 50 Hz. 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 y 2 jugadoras pertenecientes al Centro de Tecnificación de Golf de la Comunidad de Madrid. El handicap del grupo era $0,3 \pm 0,6$ y la edad $20,8 \pm 2,8$ años. Las chicas tenían una altura de $1,64 \pm 0,02$ y un peso de $53,1 \pm 1,9$ kg. Los chicos midieron $1,82 \pm 0,05$ m y pesaron $76,8 \pm 8,8$ kg.

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 un número indeterminado de golpes hasta la familiarización. Se capturaron 10 golpes consecutivos con la intención de alcanzar la máxima distancia posible, es decir, imprimir a la bola la máxima velocidad posible con el palo. Las chicas utilizaron un hierro 7, mientras que los chicos utilizaron 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 3). Cada marcador tenía un diámetro de 16 mm. El sistema

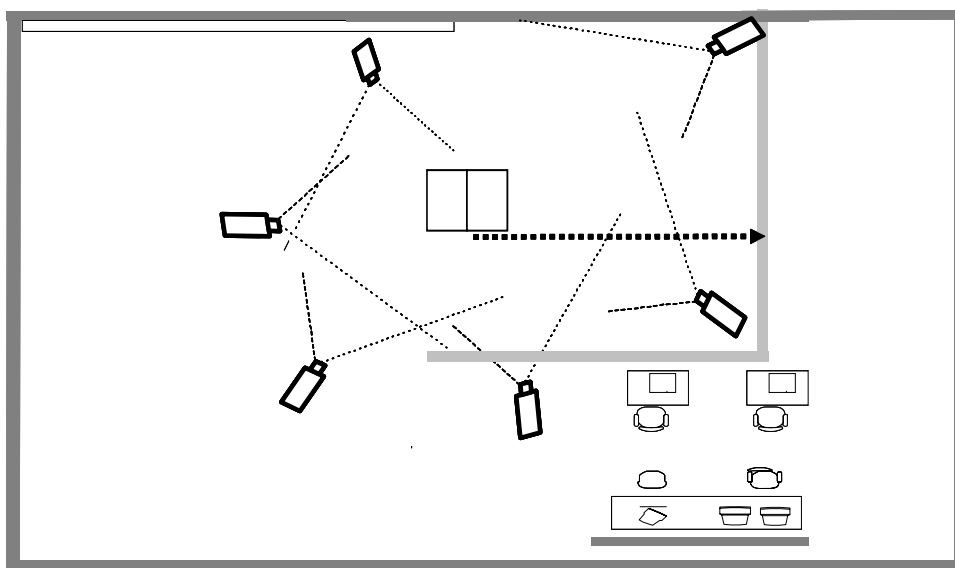


Figura 2. Disposición de las 6 cámaras infrarrojas, plataformas y dirección de golpeo

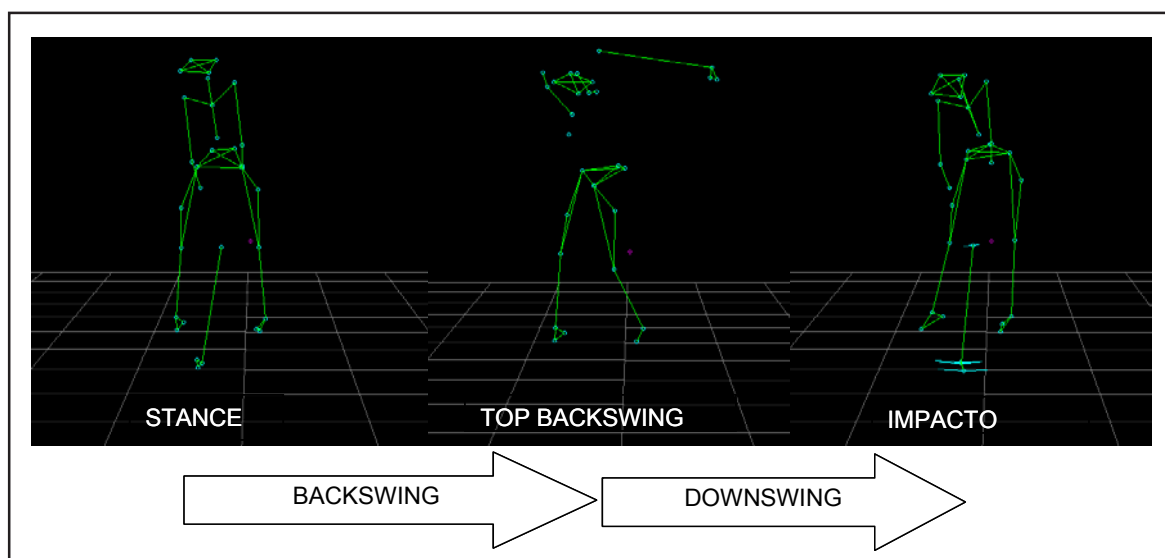


Figura 3. Instantes y fases del golpeo en el swing de golf

determinaba la posición 3D de cada marcador a tiempo real a partir de las posiciones en pixels 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 es menor de 2 mm. El sistema de calibración estático determinó los ejes del sistema de referencia inercial, (figura 4).

Las fases de los golpes analizados fueron el *backswing* y el *downswing*. Las variables cinemáticas consideradas fueron las Velocidades

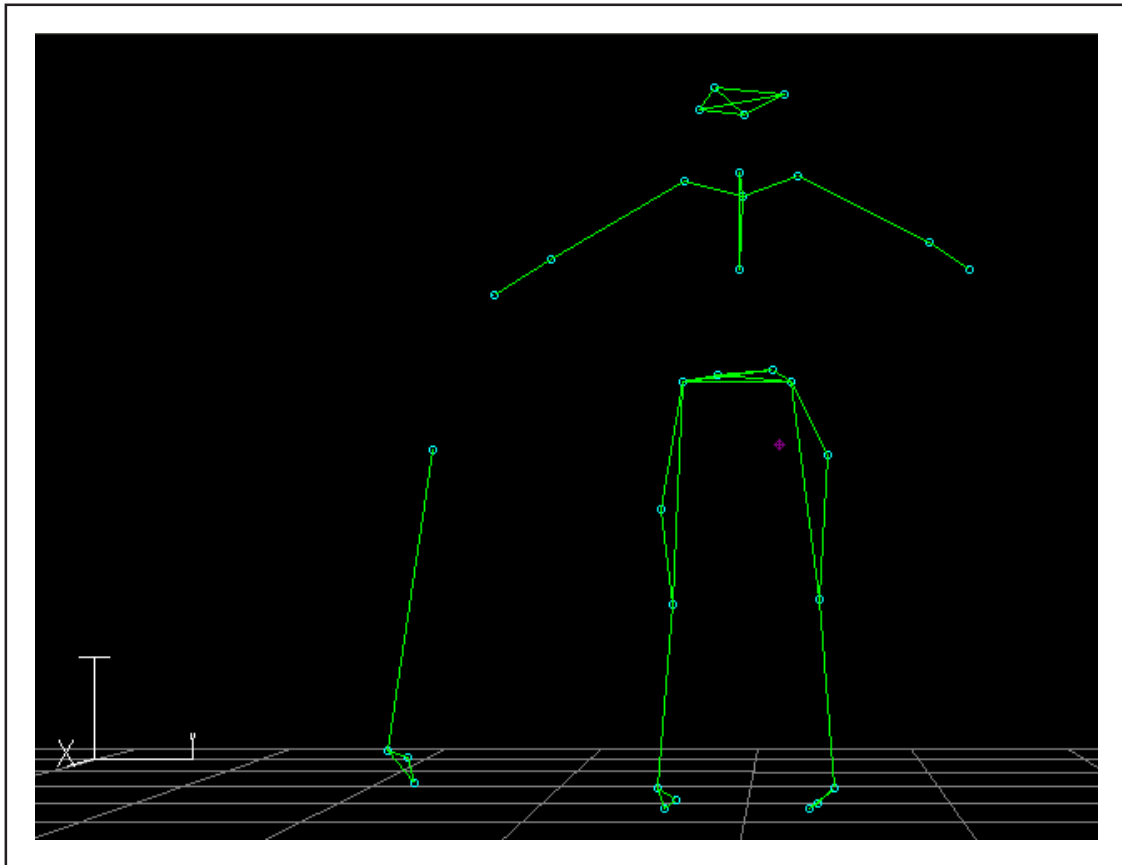


Figura 4. Sistema de referencia inercial y modelo creado

	Media \pm DS	Media \pm DS
	♀	♂
Vmax Cod i ¹	4,6 \pm 0,6	5,3 \pm 0,1
Vmax Cad i	1,6 \pm 0,01	1,6 \pm 0,1
Vmax Cad d	1,2 \pm 0,1	1,9 \pm 0,2
Vmax Hob l	2,4 \pm 0,5	2,3 \pm 0,3
Vmax grip	10,6 \pm 0,9	14,4 \pm 1,1
Vmax palo	28,9 \pm 0,6	38,3 \pm 0,8

Tabla 1. Velocidades máximas registradas en m/s. ¹El codo izdo. en las chicas es previo al máximo de las caderas y en los chicos en posterior a las caderas

máximas de: cadera dcha., cadera izda., hombro izdo., codo izdo., grip y palo. Con el fin de poder realizar una comparación intersujeto e intra grupo, las variables temporales correspondientes a los tiempos máximos de las velocidades mencionadas, fueron normalizados con respecto al tiempo total de la fase *downswing*, El 0% fue el top of backswing y el 100% fue el impacto.

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 8 golpes para S3 y S4 en chicos.

Los tiempos de las fases en chicos fueron de $0,81 \pm 0,11$ s. y $0,26 \pm 0,02$ s. en el *backswing* y en el *downswing* respectivamente. Las chicas golpearon en $0,99 \pm 0,08$ s y $0,35 \pm 0,02$ en ambas

fases. El tiempo total del swing fue superior 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 por los segmentos se muestran en la Tabla 1. Las chicas alcanzan una velocidad considerablemente inferior en la cabeza del palo, mientras que las velocidades lineales de segmentos resultan ser muy similares. En cualquier caso debe tenerse en cuenta que los chicos utilizaban un hierro 6.

Las secuencias temporales normalizadas se representan en la Tabla 2 seleccionados por sujeto y en la Tabla 3 en grupos de género. Se puede observar cómo los tiempos de las caderas en el género masculino se encuentran considerablemente más distanciados del impacto que en el género femenino. Debido a que las velocidades máximas

TIEMPO	♀	TIEMPO	♂
T Cod i	$77,26 \pm 0,6$	T Cad i	$65,85 \pm 0,9$
T Cad i	$79,57 \pm 0,6$	T Cad d*	$66,99 \pm 1,4$
T Cad d*	$81,09 \pm 1$	T Cod i*	$75,53 \pm 0,4$
T Hob i*	$86,20 \pm 0,7$	T Hob i*	$82,07 \pm 0,4$
T Palo	$95,42 \pm 0,1$	T Palo	$95,15 \pm 0,3$

Tabla 3. Tiempos normalizados (Media \pm DS) de los grupos de género. * Correlaciones significativas, $p < 0,05$, entre ese tiempo normalizado y el siguiente en la secuencia temporal

TIEMPO	S1	S2	TIEMPO	S3	S4
T Cod i	$80,71 \pm 0,8$	$73,80 \pm 0,8$	T cad d	$74,13 \pm 1,2$	$57,57 \pm 1,3$
T Cad i	$85,30 \pm 0,9$	$73,83 \pm 0,9$	T Cad i	$74,51 \pm 1,9$	$59,48 \pm 2,03$
T Cad d	$88,15 \pm 1,4$	$74,03 \pm 1,5$	T Cod i	$76,47 \pm 0,5$	$74,58 \pm 0,5$
T Hob i	$90,41 \pm 0,9$	$82,0 \pm 1$	T Hob i	$87,24 \pm 0,6$	$76,90 \pm 0,6$
T Palo	$96,17 \pm 0,2$	$94,68 \pm 0,2$	T Palo	$95,69 \pm 0,4$	$94,61 \pm 0,4$

Tabla 2. Tiempos normalizados (Media \pm DS), de los sujetos S1, S2, S3 y S4

del grip y del palo se situaban en un intervalo muy corto de fotogramas, se decidió tomar como valor de referencia el tiempo normalizado de la velocidad máxima del palo, descartando el del grip.

Con el fin de comparar las muestras intersujeto e intragrupal, se realizó por separado para cada género, una ANOVA de dos factores (sujeto x instante como medida repetida.). En el análisis grupal de las jugadoras se pudo observar cómo existían correlaciones significativas ($p < 0,05$) entre los tiempos del codo izdo. (77.26 %) y el hombro izdo. (86.2%); entre la Cadera dcha. (81,09 %) y el Hombro izdo. (86.2 %); y entre la Hombro izdo. y el Palo. (95.42 %). Sin embargo, no se han encontrado diferencias significativas entre los tiempos del Codo izdo. (77.26 %) y la Cadera izda. (79.57 %), ni entre la Cadera izda. y la Cadera dcha. (81.09 %) (Tabla 4).





La comparación de los tiempos normalizados entre las jugadoras S1 y S2 mostraba que la

secuencia temporal es significativamente diferente ($p < 0,05$). En el análisis individual de las diferencias existentes en cada jugadora, se pudo observar cómo en la jugadora S1 se obtuvieron diferencias significativas ($p < 0,05$) y fueron entre el Codo izdo. (80.71 %) y la Cadera izda. (85.15 %) y entre el Hombro izdo. y el Palo. En la jugadora S2 se dieron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre la Cadera derecha (74.03 %) izda. y el Hombro izdo. (82.01%).

En el análisis en conjunto del grupo masculino se hallaron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre la Cadera dcha. (65.85 %) y el Codo izdo. (75.53 %); entre el Codo izdo. y el Hombro izdo. (82.07 %); y entre el Hombro izdo. y el Palo (95.15 %) (Tabla 5).

Como en el caso de las chicas, la secuencia temporal de cada jugador, S3 y S4, resultó ser significativamente diferente ($p < 0,05$) salvo en el tiempo máximo normalizado del Palo.

Measure: MEASURE_1

(I) TIEMPO	(J) TIEMPO	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig. ^a	95% Confidence Interval for Difference ^{a1}	
					Lower Bound	Upper Bound
Cod i 	2	-2,309	,935	,244	-5,322	,704
	3	-3,833*	1,013	,015	-7,099	-,567
	4	-8,947*	1,157	,000	-12,674	-5,219
	5	-18,166*	,565	,000	-19,988	-16,344
Cad i 	1	2,309	,935	,244	-,704	5,322
	3	-1,524	1,526	1,000	-6,440	3,392
	5	-15,857*	,638	,000	-17,914	-13,801
Cad d 	1	3,833*	1,013	,015	,567	7,099
	2	1,524	1,526	1,000	-3,392	6,440
	4	-5,114*	1,418	,022	-9,683	-,544
	5	-14,333*	1,080	,000	-17,813	-10,853
Homb. i 	1	8,947*	1,157	,000	5,219	12,674
	2	6,638*	,825	,000	3,979	9,297
	3	5,114*	1,418	,022	,544	9,683
	5	-9,220*	,721	,000	-11,544	-6,895
Palo	1	18,166*	,565	,000	16,344	19,988
	2	15,857*	,638	,000	13,801	17,914
	3	14,333*	1,080	,000	10,853	17,813
	4	9,220*	,721	,000	6,895	11,544

Based on estimated marginal means

*. The mean difference is significant at the ,05 level.

a. Adjustment for multiple comparisons: Bonferroni.

Tabla 4. Comparación por pares de los tiempos normalizados en el grupo femenino

Individualmente en el jugador S3 aparecieron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre el Codo izdo. (76.47 %) y el Hombro izdo. (87.24 %); y entre el Hombro izdo. y el Palo (95.69 %). En S4 el valor del tiempo de la Cadera dcha. (57.57 %) fue significativamente más pequeño que el Codo izdo. (74.58 %); también el Codo izdo., el Hombro Izdo. (76.90 %) y el Palo presentaron diferencias significativas.

Discusión





Los tiempos de las fases del golpeo backswing ($0,81 \pm 0,11$ s) y downswing ($0,26 \pm 0,02$ s) encontrados son similares a los de otros estudios previos [2,3,4] en el caso del género masculino. En las chicas, el downswing ($0,99 \pm 0,08$ 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 [6, 7]. 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 y Serrano [7] 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

Measure: MEASURE_1

(I) TIEMPO	(J) TIEMPO	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig. ^a	95% Confidence Interval for Difference ^a	
					Lower Bound	Upper Bound
Cad i 	2	-1,139	1,604	1,000	-6,550	4,271
	3	-9,675*	,812	,000	-12,413	-6,937
	4	-16,216*	,876	,000	-19,169	-13,263
	5	-29,298*	,951	,000	-32,506	-26,091
Cad d 	1	1,139	1,604	1,000	-4,271	6,550
	3	-8,536*	1,238	,000	-12,711	-4,361
	4	-15,077*	1,247	,000	-19,281	-10,872
	5	-28,159*	1,266	,000	-32,429	-23,889
Cod i 	1	9,675*	,812	,000	6,937	12,413
	2	8,536*	1,238	,000	4,361	12,711
	4	-6,541*	,320	,000	-7,622	-5,461
	5	-19,624*	,264	,000	-20,514	-18,733
Homb i 	1	16,216*	,876	,000	13,263	19,169
	2	15,077*	1,247	,000	10,872	19,281
	3	6,541*	,320	,000	5,461	7,622
	4	-13,082*	,315	,000	-14,146	-12,019
	5					
Palo	1	29,298*	,951	,000	26,091	32,506
	2	28,159*	1,266	,000	23,889	32,429
	3	19,624*	,264	,000	18,733	20,514
	4	13,082*	,315	,000	12,019	14,146

Based on estimated marginal means

*. The mean difference is significant at the ,05 level.

a. Adjustment for multiple comparisons: Bonferroni.

Tabla 5. Comparación por pares de los tiempos normalizados en el grupo masculino

por el codo y hombro izquierdo 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 y Serrano [7] salvo que estos autores han encontrado que los hombros llegan al máximo antes que los codos. Esta diferencia de resultados puede deberse al tipo de variable utilizada. En cualquier caso, es importante remarcar que en nuestro estudio se han utilizado dos muestras (chicos y chicas) y que en ambos casos el máximo del codo izquierdo se produce antes que el máximo del hombro izquierdo, siendo esta diferencia de un 6.54 % (de la fase de aceleración) en los chicos y de 5.11% en las chicas. Es relevante precisar que en el grupo de chicas no se ha podido confirmar que las caderas actúan antes que el codo, en concreto en las dos jugadoras analizadas el máximo de velocidad de la cadera derecha fue posterior al del codo izquierdo. Podríamos, en principio pensar que es debido a una falta de fuerza en el miembro inferior que impide mantener el «stance», sin embargo consideramos que este dato deberá confirmarse con otros estudios. En cuanto a la actuación de las caderas tanto en chicos como en chicas no se han encontrado diferencias significativas entre la actuación de la cadera derecha y la izquierda, nos sorprende este hecho que atribuimos a una falta de frecuencia de muestreo (en este caso se ha muestreado a 250Hz).

Conclusión

Se ha puesto a punto un sistema para análisis del swing de golf que permite dar información rápida al entrenador y deportista. Se ha encontrado que la secuencia de movimientos empieza por las caderas y sigue por el codo izquierdo, hombro izquierdo y extremos del palo en los chicos. Las chicas actúan primero con el codo izquierdo y simultáneamente con las caderas para finalmente actuar con el hombro izquierdo y el 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. Son necesarios más estudios comparativos entre jugadores y jugadoras que tengan en cuenta las fuerzas de reacción y donde se utilicen frecuencias de muestreo cercanas a los 500 Hz.

Bibliografía

1. **Hume, P.A., J. Keogh, and D. Reid.** *The Role of Biomechanics in Maximising Distance and Accuracy of Golf Shots.* Sports Medicine, 2005. 35(5): p. 429-449.
2. **Cochran, A. and J. Stobbs.** *The Search for the Perfect Golf Swing.* 1st ed. 1968, Philadelphia, J.B. Lippincott.
3. **Neal, R.J. and B.D. Wilson.** *3D Kinematics and Kinetics of the Golf Swing.* International Journal of Sports Biomechanics, 1985. 1: p. 221-232.
4. **Coleman, S.G. and A.J. Rankin.** *A three-dimensional examination of the planar nature of the golf swing.* Journal of Sports Sciences, 2005. 23(3): p. 227-234.
5. **Egret, C.I., et al.** *Kinematic Analysis of the golf Swing in Men and Women Experienced Golfers.* International Journal of Sports Medicine, 2006(27): p. 463-467.
6. **Milburn, P.D.** *Summation of segmental velocities in the golf swing.* Medicine and Science in sports and exercise, 1982. 14(1): p. 60-64.
7. **Nesbit, S.M. and M. Serrano.** *Work and Power analysis of the golf swing.* Journal of Sports Science and Medicine, 2005. 4: p. 520-533.
8. **Burden, A.M., P.N. Grimshaw, and E.S. Wallace.** *Hip and shoulder rotations during the golf swing of sub-10 handicap players.* Journal of Sports Sciences, 1998. 16(2): p. 165-176.
9. **Williams, K.R. and B.L. Sih.** *Changes in golf clubface orientation following impact with the ball.* Sports Engineering, 2002. 5: p. 65-80.