

El patró de moviment en el swing de golf en joves promeses

CRISTINA LÓPEZ DE SUBIJANA^a, RAQUEL DE ANTONIO^b, DANIEL JUAREZ^b I ENRIQUE NAVARRO^b

^a Universidad de Alcalá. Área de Educación Física, CAFAD. Departamento de Psicopedagogía y Educación Física. Alcalá. Espanya.

^b Universidad Politécnica de Madrid. Instituto Nacional de Educación Física. Madrid. Espanya.

RESUM

Introducció i objectius: El swing de golf és una destresa que podríem catalogar de cop de velocitat en què l'objectiu és que la cara del pal assoleixi la màxima velocitat en el moment de l'impacte. L'objectiu d'aquest estudi va ser analitzar la seqüència temporal del swing de golf i trobar-ne el patró de moviment.

Mètodes: S'han analitzat biomecànicament 10 cops de 4 jugadors promeses, mitjançant el sistema de fotogrametria 3D Vicon Oxford Metrics® de captura automàtica.

Resultats: En primer lloc, s'ha pogut comprovar que els valors absoluts de velocitats lineals eren més alts en els nois que en les noies. L'anàlisi de les dues fases del swing indica que la fase d'acceleració *downswing* presenta una variabilitat menor que el *backswing*. L'anàlisi de la seqüència temporal de màxims aconseguits en les velocitats lineals dels segments mostra com aquestes accions segueixen un ordre diferent en funció del sexe. La seqüència en els nois comença pel moviment de malucs i segueix amb el colze esquerre, l'espatlla esquerra i el pal; en les noies, els malucs i el colze esquerre actuen simultàniament, seguits de l'espatlla esquerra i del pal. En canvi, les seqüències de velocitats angulars trobades seguien en ambdós sexes el mateix ordre: primer el gir de malucs, després el gir d'espatlles i per últim l'acceleració del pal. Aquesta seqüència d'esdeveniments es trobava més separada en el temps en els homes en comparació amb les dones.

Conclusions: Es van trobar els patrons del moviment mitjançant fórmules discriminants en ambdós grups de gènere, capaços de predir si el cop seria "bo" o "dolent" seguint el criteri de rendiment marcat en la velocitat del cap del pal.

PARAULES CLAU: Biomecànica. Cop. Golf. Rendiment. Patró de moviment.

ABSTRACT

Introduction: The golf swing is a skill that could be classified as high velocity hitting in which the main goal is that the head of the golf club reaches its maximum velocity at the moment of impact.

Aims: To analyze the timing sequence of the golf swing and to identify the movement pattern of this skill.

Methods: Ten golf swings executed by four young players were biomechanically analyzed. Automatic capture with Vicon Oxford Metrics® was used.

Results: The absolute values of the linear velocities were higher in men than in women. In the interval analysis, the downswing showed less variation than the backswing. Analysis of the maximum speed timing sequence revealed a different order depending on gender. In men, the sequence started with the hip movement, followed by the left elbow, left shoulder and the club head. In women, the hips and left elbow moved simultaneously, followed by the left shoulder and the club head. In contrast, the angular velocity sequences followed the same order in both genders: first the hip turn, then the shoulder turn, and finally the golf club head acceleration. These key events were more separated in the time line in men than in women.

Conclusions: Movement patterns were found through discriminatory formulae in both genders, which were able to predict whether the golf swing was "good" or "bad", taking the club head speed as the performance criterion.

KEY WORDS: Biomechanics. Hitting. Golf. Athletic performance. Movement pattern.

INTRODUCCIÓ

El swing en golf és una destresa que podríem catalogar de cop de velocitat, en què l'objectiu és que la cara del pal assolixi la màxima velocitat en el moment de l'impacte¹. L'eficàcia de cada cop es basa en la precisió i en la distància aconseguida². El control de la tècnica és un requisit fonamental per efectuar una execució òptima. En funció de la distància desitjada, el golfista triarà un tipus de pal o un altre, ferro o fusta.

Els instants més importants en el swing de golf són el *stance* o posició inicial, el *top of backswing*, pausa al final de la preparació, i l'impacte³. Les fases del cop són el *backswing*, que és la fase des de l'*stance* fins al *top of backswing*, el *downswing*, que va des del *top of backswing* fins a l'impacte i és, per tant, la fase d'acceleració, i el *followthrough*, que va des de l'impacte fins que cessa el moviment. El *mid-downswing* és l'instant en què l'eix longitudinal del pal se situa paral·lel a la superfície (fig. 1).

La fase analitzada en aquest estudi és la fase d'acceleració, el *downswing*. Cochran i Stobbs⁴ van indicar que el *backswing* tenia una durada en golfistes professionals de 0,82 i 0,23 s en el *downswing*. Burden et al⁵ van registrar 0,95 i 0,26 s, respectivament; resultats semblants de *downswing* (0,23 i 0,21 s) van ser obtinguts per Milburn⁶ i per Neal i Wilson⁷.

Les mostres dels estudis previs són generalment de sexe masculí i amb edats superiors als 30 anys. Únicament Coleman i Anderson⁸ i Egret et al⁹ es van basar en jugadors joves (al voltant dels 20 anys). Egret et al⁹ van fer una anàlisi dels angles aconseguits en les fases del swing i van registrar les velocitats màximes en la punta del pal, que van ser 40,1 m/s en els homes i 37,7 m/s en les dones. Ambdós sexes van utilitzar un driver. Coleman i Anderson⁸ van analitzar el pla del cop amb diferents tipus de pals: un driver, un ferro 5 i un wedge.

El principi de cadena cinètica és un concepte que es basa en el fet que "la producció d'una gran velocitat en un extrem distal (en aquest cas la cara del pal de golf) implica l'ús de les acceleracions i desacceleracions dels segments adjacents, aplicats d'una manera seqüencial, de més massiu a més concret i del segment més fix al més lliure"¹. En aquest cas, la seqüència d'esdeveniments s'hauria de produir mostrant acceleracions, primer els membres inferiors, després el tronc, després els membres superiors i finalment la cara del cap del pal.

La seqüència de velocitats analitzada per Milburn⁶ establí un ordre d'accions en la fase d'acceleració que indicava com primer actuava el braç esquerre, tot seguit el canell esquerre i finalment el pal. Nesbit i Serrano¹⁰ van expressar el *timing* o seqüència de màxims amb una funció matemàtica. La mostra uti-

litzada estava formada per 4 subjectes de nivells distints i cadascun va mostrar una funció diferent. Només un subjecte era d'alt nivell. La seqüència de màxims de velocitat previs al contacte va ser la següent: maluc esquerre, maluc dret, tronc, espatlla esquerra, espatlla dreta, colze esquerre, colze dret, canell esquerre i canell dret.

Segons Lindsay i Horton¹¹, la velocitat angular màxima del tronc en subjectes sans és de 182 graus/s. En un altre estudi realitzat per Geisler¹² es van registrar velocitats angulars sobre l'eix longitudinal de 498 graus/s als malucs, 723 graus/s en les espatlles i, sobre l'eix transversal, de 2.090 graus/s al pal.

Les velocitats lineals aconseguides al cap del pal d'estudis previs varien en un rang que va de 40,5 a 52,6 m/s¹⁰. Tots fan referència a la velocitat del driver. Burden et al⁵ van registrar amb un ferro 5 velocitats màximes de 35,7 ± 0,4 m/s. Williams i Sih¹³ van obtenir valors semblants amb el mateix pal, de 34,4 ± 5,22 m/s. El criteri de rendiment del swing de golf d'aquesta recerca va ser la velocitat màxima assolida per la cara del pal.

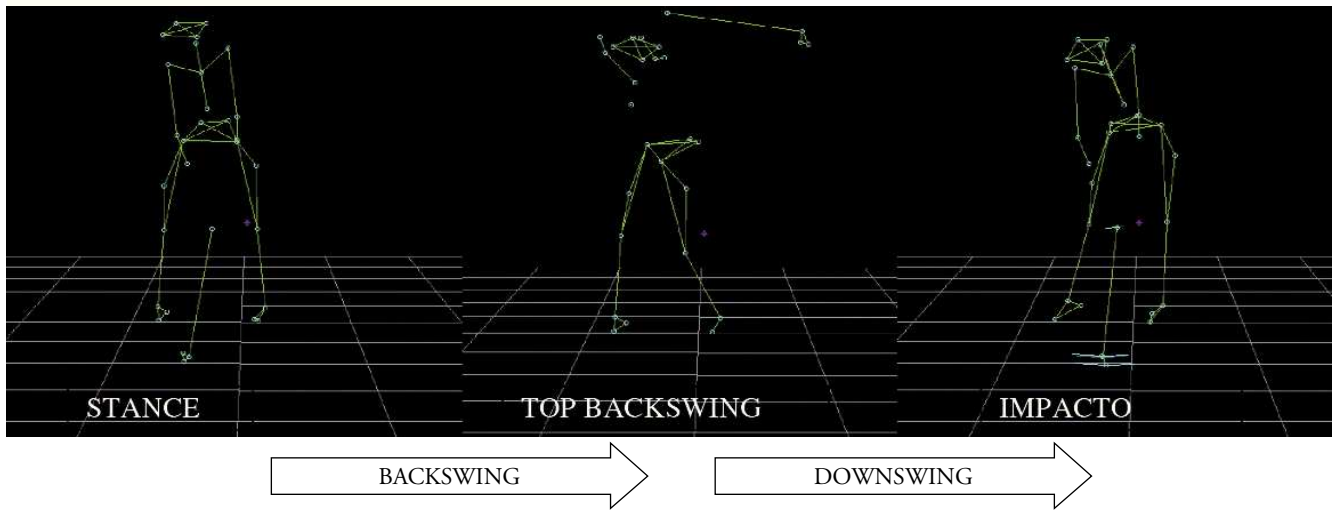
Els objectius d'aquest estudi han estat: a) analitzar les variables cinemàtiques i la seqüència temporal durant el swing de golf, i b) trobar el patró de moviment en ambdós grups segons el sexe.

MÈTODES

La tècnica d'obtenció de dades és la fotogrametria 3D mitjançant el sistema Vicon Oxford Metrics[®] de captura automàtica. Sis càmeres amb focus de llum infraroja sincronitzades van enregistrar a 250 hertz els cops que es van executar des d'una catifa de gespa contra una xarxa col·locada a 5 m (fig. 2). Totes les sessions d'enregistrament es van fer en un control de la Federació de Golf de Madrid el febrer del 2007. La mostra estava formada per 2 jugadors i 2 jugadores pertanyents al Centre de Tecnificació de Golf de la Comunidad de Madrid. L'handicap del grup era 0,3 ± 0,6 i l'edat va ser de 20,8 ± 2,8 anys. Les noies tenien una altura d'1,64 ± 0,02 m i un pes de 53,1 ± 1,9 kg. Els nois tenien una altura d'1,82 ± 0,05 m i pesaven 76,8 ± 8,8 kg.

Cada sessió va ser concebuda dins una sessió d'entrenament en què també participava el seu entrenador. El protocol establert va consistir a fer un escalfament general de 15 min i després una sèrie de cops fins a familiaritzar-s'hi. Es van enregistrar 12 cops consecutius contra la xarxa amb la intenció d'executar el millor swing possible, és a dir, d'acord amb la seva pròpia percepció. Les noies van triar un ferro 7, mentre que els nois es van decantar per un ferro 6.

Figura 1 Instants i fases del cop en el swing de golf.



El model mecànic estava basat en la posició espacial de 27 marcadors reflectors col·locats al cos i 4 al pal (fig. 3). Els marcadors van ser col·locats a la punta del peu, al mal·lèol extern del turmell, al taló, al mal·lèol extern de genoll, a l'intermedi del cuixa, a les crestes ilíaqües anteriors i posteriors, a l'apòfisi subesternal, a la cavitat supraesternal, a l'acròmion de l'húmer, al còndil extern del cúbit, a l'intermedi de l'avantbraç, a l'apòfisi externa de la vèrtebra C7, 2 en el frontal i 2 en els parietals a la zona posterior del cap. Al pal se'n van col·locar al final del *grip*, en la unió del cap del pal amb el segment, al vèrtex superior de la cara del pal i al punt mitjà del lateral de la cara del pal. Cada marcador tenia un diàmetre de 14 mm. El sistema determinava la posició 3D de cada marcador a temps real a partir de les posicions en píxels captades per almenys 2 càmeres i els paràmetres de la transformació calculats prèviament durant el calibratge. El calibratge efectuat va mostrar que l'error en la posició de cada coordenada va ser menor a 2 mm. El sistema de calibratge estàtic va determinar els eixos del sistema de referència inercial (fig. 3).

Es va registrar la durada, tant del *backswing* com del *downswing*. Les variables cinemàtiques considerades van ser les velocitats lineals màximes de: maluc dret, maluc esquerre, espatlla esquerra, colze esquerre, *grip* i cap del pal, i les velocitats angulars màximes dels malucs, les espatlles i el pal durant la fase d'acceleració *downswing*. A fi de poder realitzar una comparació intersubjecte i intragrup, les variables temporals corresponents als temps màxims de les velocitats esmentades van ser normalitzades respecte del temps total de la fase *downswing*, sent el 0% el *top of backswing* i el 100% l'impacte. Inicialment es va valorar de considerar el *mid-downswing* com el

Figura 2 Disposició de les 6 càmeres infraroges, plataformes i direcció del cop.

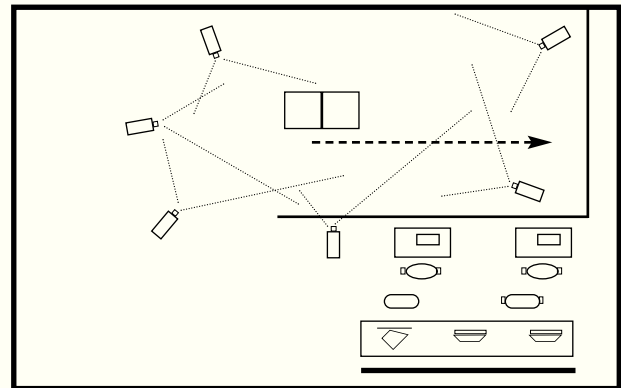
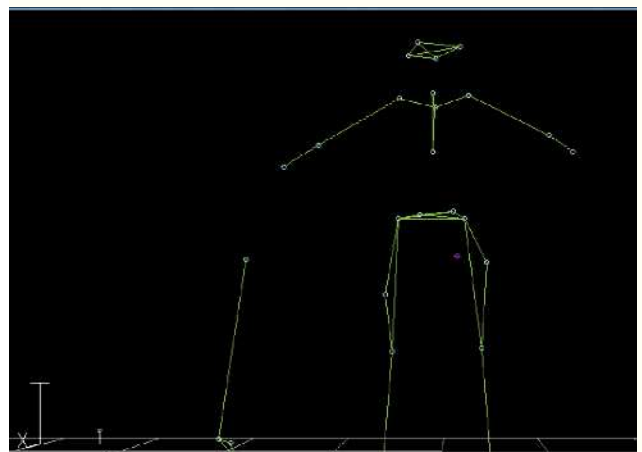


Figura 3 Sistema de referència inercial i model creat.



0%, però es va descartar en existir diverses velocitats prèvies a aquest instant, la qual cosa impedia una normalització dins aquest interval.

Per a l'anàlisi de la seqüència temporal es va analitzar una ANOVA de mesuraments repetits de dos factors. El factor intersubjecte va ser la variable subjecte i el factor intrasubjecte van ser les variables dels temps normalitzats. Es van aplicar les correccions del mètode Bonferroni. Es van analitzar les seqüències temporals tant de les velocitats lineals màximes com de les velocitats angulars màximes.

El criteri de rendiment dels cops va ser la velocitat lineal màxima assolida per la cara del pal. Es va classificar per a cada jugador un grup de cops "bons" i un altre de "dolents" en funció de la seva posició respecte de la mitjana dels seus cops.

L'anàlisi estadística es va dur a terme amb el programari SPSS 14.0. A fi de determinar si els nivells dels grups eren significativament diferents, en cada grup es va fer una t d'Student per a mostres independents. Per analitzar el rendiment del swing en funció dels paràmetres biomecànics es va fer una anàlisi discriminant en què la variable dependent era el nivell del cop i les variables cinemàtiques i temporals eren les variables independents.

RESULTATS

Els entrenadores van descartar alguns cops per considerarlos de baixa qualitat. Així, la mostra final va ser: en noies, 10 i 9 cops per al subjecte 1 (S1) i S2, i en nois, de 7 i 11 cops per a S3 i S4.

Els temps de les fases en nois van ser de $0,81 \pm 0,10$ i $0,27 \pm 0,02$ s en el *backswing* i en el *downswing*, respectivament. Les noies van fer els cops en $0,99 \pm 0,08$ i $0,35 \pm 0,03$ s en ambdues fases. El temps total del swing va ser inferior en els nois ($1,08 \pm 0,12$ s) respecte de les noies ($1,34 \pm 0,07$ s). Les desviacions estàndard demostren que el temps emprat en el *downswing* presenta menys variabilitat que en el cas del *backswing*.

Les velocitats lineals màximes aconseguides per les diverses articulacions són semblants en noies i en nois: al colze esquerre, 4,6 i 5,3 m/s; al maluc esquerre, 1,6 m/s en ambdós grups; al maluc dret, 1,2 i 1,9 m/s; a l'espatlla esquerra, 2,4 m/s en ambdós grups; i en el *grip*, 10,6 i 14,6 m/s. En canvi, la velocitat lineal màxima assolida al cap del pal pels nois (38,4 m/s) va ser molt superior a la de les noies (28,9 m/s). En qualsevol cas, s'ha de tenir en compte que els nois utilitzaven un ferro 6. Un ferro 6 té més longitud, per la qual cosa agafa més velocitat a la cara del pal.

Taula I Temps normalitzats de les velocitats lineals (mitjana \pm DE) dels grups per sexe

Temps	Noies	Temps	Nois
Colze esquerre	77,3 \pm 0,6	Maluc esquerre	66,2 \pm 0,8
Maluc esquerre	79,6 \pm 0,6	Maluc dret*	67,3 \pm 1,2
Maluc dret*	81,1 \pm 1	Colze esquerre*	75,7 \pm 0,4
Espatlla esquerra*	86,2 \pm 0,7	Espatlla esquerra*	81,9 \pm 0,4
Pal	95,4 \pm 0,1	Pal	95,2 \pm 0,3

* Diferències significatives ($p < 0,05$), entre aquest temps normalitzat i el següent en la seqüència temporal.

L'ordre de les velocitats lineals varia quant a la intervenció del colze esquerre, que és previ a l'actuació dels malucs en el cas de les noies i posterior a les velocitats lineals dels malucs en el grup dels nois. A continuació es mostren els màxims de l'espatlla esquerra, *grip* i cap del pal.

Les seqüències temporals de les velocitats lineals normalitzades es representen en la taula I, distribuïdes per grups de sexe. Es pot observar que els temps dels malucs en el sexe masculí estan considerablement més distanciat de l'impacte que en el sexe femení. Pel fet que les velocitats màximes del *grip* i del pal se situaven en un interval molt curt de fotogrames, es va decidir prendre com a valor de referència el temps normalitzat de la velocitat màxima del pal, tot descartant el del *grip*.

Per tal de comparar les mostres intersubjecte i intragrupal, es va fer per separat per a cada sexe una ANOVA de 2 factors (subjecte \times temps normalitzats com a mesurament repetit). En l'anàlisi grupal de les jugadores es va poder observar com hi havia diferències significatives ($p < 0,05$) entre els temps del colze esquerre (77,3%) i l'espatlla esquerra (86,2%); entre el maluc dret (81,1%) i l'espatlla esquerra (86,2%), i entre l'espatlla esquerra i el cap del pal (95,4%). No obstant això, no s'han trobat diferències significatives entre els temps del colze esquerre (77,3%) i el maluc esquerre (79,6%), ni entre el maluc esquerre i el maluc dret (81,1%) (taula I). En l'anàlisi en conjunt del grup masculí es van trobar diferències significatives ($p < 0,05$) entre el maluc dret (67,3%) i el colze esquerre (75,7%); entre el colze esquerre i l'espatlla esquerra (81,9%), i entre l'espatlla esquerra i el cap del pal (95,2%) (taula I).

Les velocitats angulars màximes aconseguides es mostren en la taula II. Igual que en les velocitats lineals, la velocitat angular del cap del pal és considerablement superior en els nois respecte de les noies.

Taula II Velocitats angulars màximes enregistrades en graus/segon

Velocitat angular màxima	Noies (mitjana ± DE)	Nois (mitjana ± DE)
Maluc	452,0 ± 60,7	540,6 ± 53,5
Espatlla	717,6 ± 98,1	758,9 ± 42,2
Pal	1.737,3 ± 35,9	2.233,7 ± 61,1

Les seqüències temporals dels instants en què es produeixen els esmentats pics màxims de velocitats angulars normalitzats dins el *downswing*, es mostren en la taula III, sent 0% l'instant del *top of backswing* i 100% l'impacte. Els temps normalitzats mostren com les 3 accions valorades es troben més diferenciades en el temps en el cas dels nois. En l'anàlisi grupal d'aquests temps en ambdós grups, masculí i femení, existien diferències significatives ($p < 0,05$) entre l'instant normalitzat i el següent en la seqüència temporal.

En la comparació de cada seqüència temporal de cada jugador, entre S1 i S2, i entre S3 i S4, en ambdós casos cada jugador va mantenir una seqüència significativament diferent respecte de l'altre subjecte comparat (figs. 4 i 5).

Per establir els nivells dels cops es va agafar com a criteri de referència la velocitat màxima del cap del pal. La mitjana de cada grup va ser presa com a límit entre els nivells. El nivell 1 van ser els cops considerats "bons", mentre que el nivell 2 van ser els cops "dolents". Es va realitzar una *t* d'Student per a mostres independents que va establir l'existència de diferències significatives entre ambdós grups del nivell, $p < 0,01$.

A fi de determinar en quina mesura les variables analitzades influïen en el rendiment del cop, es va fer una anàlisi estadística des de dos punts de vista. El primer basat en les variables cinemàtiques que tenien una seqüència temporal més estable, és a dir, en les velocitats angulars màximes com a variables independents, i el segon en el "quan" es manifestaven les velocitats angulars màximes dins el *downswing*, és a dir, els temps normalitzats com a variables independents, sent en ambdós grups la variable dependent el nivell del cop.

En l'anàlisi discriminant de les velocitats angulars màximes i la seva relació amb el rendiment es van trobar fórmules significatives en ambdós grups. En el grup dels nois, el nivell de significació va ser de $p < 0,001$. Aquesta fórmula discriminant o $F(d)$ indica que el nivell 1 ("cops bons") es produeix quan el seu resultat és positiu, mentre que és del nivell 2 ("cops dolents"), quan és negatiu. Pot predir un 94,4% dels casos.

Taula III Temps normalitzats de les velocitats màximes angulars (mitjana ± DE) dels grups per sexe

Tiempo	Noies	Nois
% T velocitat angular maluc*	73,1 ± 0,7	62,6 ± 1,1
% T velocitat angular espatlla*	82,8 ± 0,6	77,4 ± 0,4
% T velocitat angular pal*	94,8 ± 0,2	94,3 ± 0,2

* Diferències significatives ($p < 0,05$) entre aquest temps normalitzat y el següent en la seqüència temporal, en les velocitats angulars màximes assolides

% T: percentatge de temps normalitzat en el *downswing*.

$$F(d) = 0,037 \times \text{velocitat angular màxima malucs} - 0,011 \times \text{velocitat angular màxima espatlles} - 11,685$$

Coefficient correlació canònica: 0,813
 $p < 0,001$
 Encert de casos: 94,4%

Segons aquesta fórmula, els swings "bons" es produiran quan la fórmula discriminant sigui positiva, per a la qual cosa els malucs han d'obtenir una gran velocitat angular; per tant, seria l'element per potenciar.

$$F(d) = 0,007 \times \text{velocitat angular màxima malucs} + 0,009 \times \text{velocitat angular màxima espatlles} - 9,254$$

Coefficient correlació canònica: 0,617
 $p < 0,05$
 Encert de casos: 78,9%

En el cas de les noies, la fórmula discriminant va obtenir un nivell de significació de $p < 0,05$, amb un encert del 78,9% dels casos. Els swings "bons" resultaven positius en aplicar la fórmula, mentre que els swing "dolents" eren negatius.

La interpretació d'aquesta fórmula discriminant ens indicaria que cal potenciar ambdues velocitats angulars per obtenir un "bon" swing i que la velocitat angular aconseguida pels malucs té lleument més pes en el resultat final.

La segona línia de l'anàlisi discriminant es va basar a analitzar el "quan" es produeixen les velocitats angulars màximes, és a dir, a discriminar si els swing "bons" depenen d'una bona "coordinació" de les esmentades accions segmentàries. Es va trobar una fórmula discriminant en el cas dels nois, però no en el grup de les noies.

La fórmula discriminant dels temps normalitzats de les velocitats angulars màximes tenia una significació de $p < 0,005$.

Figura 4 Seqüència dels temps normalitzats de les velocitats lineals en els subjectes 1, 2, 3 i 4.

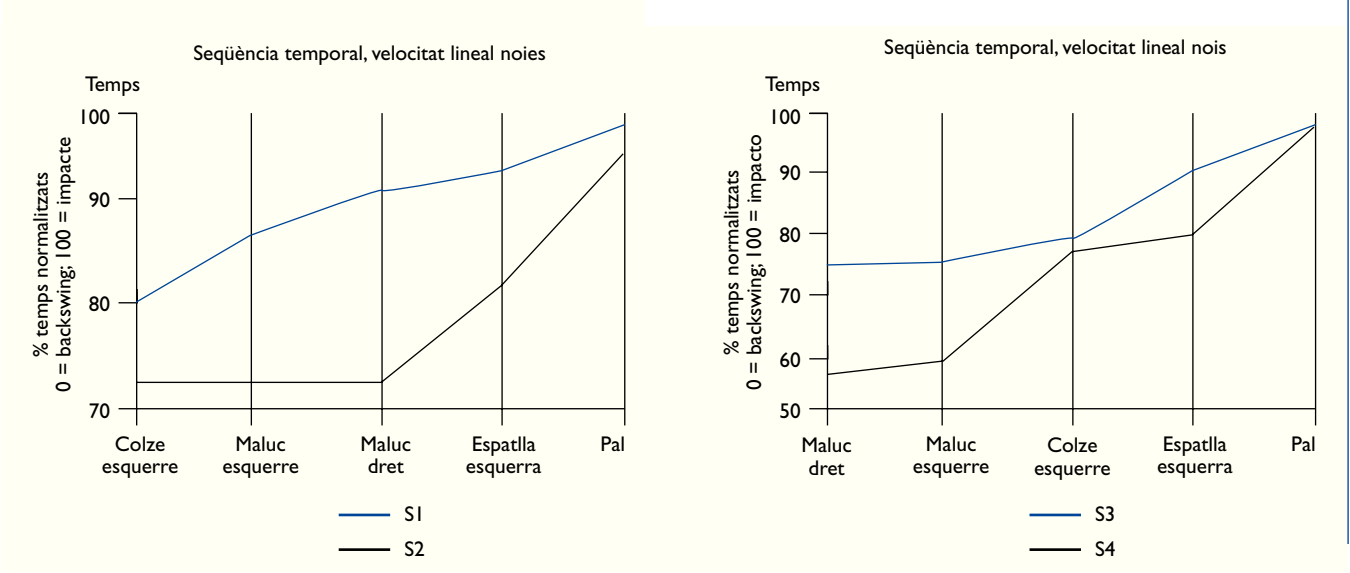
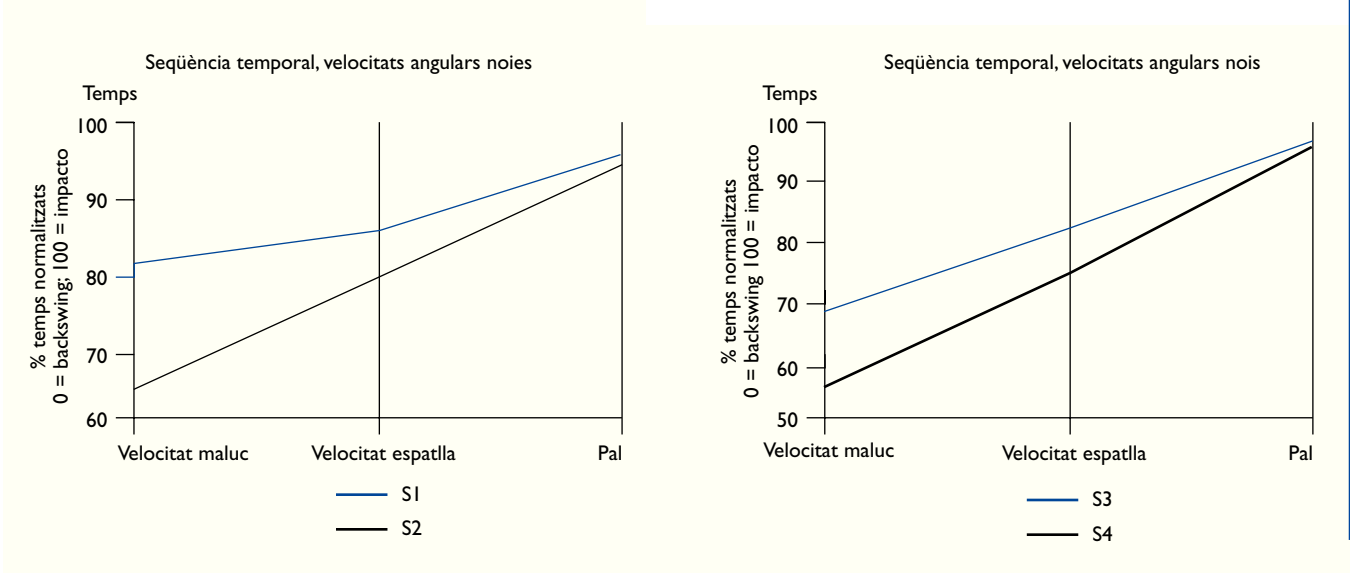


Figura 5 Seqüències temporals de les velocitats angulars, S1, S2, S3 i S4.



$F(d) = 0,034 \times \% \text{ temps normalitzat en el } \textit{downswing} \text{ malucs} - 0,516 \times \% \text{ temps normalitzat en el } \textit{downswing} \text{ espatlles} + 38,104$
 Correlació canònica: 0,754
 $p < 0,005$
 Encert de casos: 88,9%

En aquesta fórmula, els resultats positius són considerats del grup 1 (“bons”), i els negatius, del grup 2 (“dolents”). Atesa la mitjana d’ambdós temps normalitzats, que són de 62,6%

en el temps dels malucs i de 77,4% en les de les espatlles, i el valor de la constant de la fórmula (38,1), ambdues dades ens indiquen que hi ha un rang òptim de coordinació en el qual, quan els malucs es fan actuar d’una manera més primerenca, el swing tindrà un millor rendiment.

DISCUSSIÓ

La durada de les fases del cop *backswing* en el grup masculí ($0,81 \pm 0,11 \text{ s}$) i *downswing* ($0,27 \pm 0,02 \text{ s}$) trobats són sem-

blants als d'altres estudis previs^{4,7,14-15}, en el cas del sexe masculí. En les noies, el *backswing* ($0,99 \pm 0,08$ s) presenta un valor més alt que en altres estudis; tanmateix, pensem que aquesta diferència no és per raons antropomètriques, sinó possiblement pel millor nivell tècnic de la mostra utilitzada en aquest estudi.

Les velocitats lineals dels estudis fonamentats en el ferro 5 (el pal més semblant a ferro 6 i ferro 7) són inferiors als valors aconseguits pels nois^{6,10}. Novament ens decantem per creure que aquesta discrepància ve donada pel fet que el nivell de rendiment de la nostra mostra és considerablement superior que el dels estudis consultats.

Nesbit i Serrano¹⁰ van establir una primera seqüència temporal basada en el treball dels diversos segments. Només en el cas del jugador amb millor handicap (0-scratch), l'impacte era posterior a aquests màxims, fet que coincideix amb el que mostra el nostre estudi, en què el màxim de velocitat del pal es produeix un 5% abans de l'impacte respecte del mateix temps total del *downswing*. La seqüència trobada per als nois demostra que el moviment comença pels malucs, segueix pel colze i l'espatlla esquerra, sent el cap del pal el que arriba al seu màxim en últim lloc i lleument abans de l'impacte. Aquesta seqüència coincideix amb la trobada per Nesbit i Serrano¹⁰, llevat que aquests autors han trobat que les espatlles arriben al màxim abans que els colzes. Aquesta diferència de resultats pot tenir com a causa el tipus de variable utilitzada, atès que aquests autors van agafar el treball mecànic realitzat com a paràmetre fonamental. En qualsevol cas, és important remarcar que en el nostre estudi s'han utilitzat dues mostres (nois i noies) i que en ambdós casos el màxim del colze esquerre es produeix abans que el màxim de l'espatlla esquerra, diferència que és del 6,54% (de la fase d'acceleració) en els nois i del 5,11% en les noies. És rellevant remarcar que en el grup de noies no s'ha pogut confirmar que els malucs actuïn abans que el colze; en concret, en les dues jugadores analitzades, el màxim de velocitat del maluc dret va ser posterior al del colze esquerre. Podríem, en principi, pensar que és a causa d'una falta de força en el membre inferior que impedeix mantenir l'*stance*; no obstant això, considerem que aquesta dada s'haurà de confirmar amb altres estudis. Quant a l'actuació dels malucs tant en nois com en noies, no s'han trobat diferències significatives entre l'actuació del maluc dret i l'esquerre.

Les velocitats angulars registrades (taula III) són semblants a l'estudi de Geisler¹². Resulta destacable que la velocitat angular assolida al cap del pal en els nois (2.233,7 graus/s) és considerablement superior a la dada de l'estudi esmentat (2.090 graus/s). Aquest fet l'atribuïm a l'excel·lent nivell de la mostra considerada. En el cas de la noies, el registre de 1.737 graus/s

no s'ha de considerar de baixa qualitat, perquè tot i desconèixer la mostra de l'estudi de Geisler¹², els registres solen ser masculins, amb la qual cosa aquesta dada inferior podria ser per una qüestió intrínseca de les capacitats de cada sexe.

La seqüència temporal de velocitats angulars no ha estat considerada en estudis previs, i per tant, les diferències significatives en ambdós grups mostren l'estabilitat de la seqüència temporal de cada subjecte, en què actua primer el gir de malucs, posteriorment les espatlles i finalment el pal.

És important remarcar la no existència d'estudis que investiguin la relació entre la seqüència de moviments i el rendiment final. Els resultats trobats en aquest estudi permeten assegurar que l'ús de tècniques estadístiques de classificació de patrons de moviment, com ara l'anàlisi discriminant, pot ser útil a l'hora d'afrontar el rendiment tècnic individual.

L'anàlisi discriminant efectuada en funció del sexe ha permès establir les claus respecte de quina acció segmentària és més important en el rendiment del swing. En el cas dels nois s'ha pogut demostrar que el rendiment millora quan augmenta la velocitat angular màxima dels malucs i quan aquest màxim es produeix distanciat en el temps respecte de la màxima velocitat angular de les espatlles.

En les noies, les accions del gir de malucs, del gir d'espatlles i la baixada del pal es troben més agrupades en el temps, per la qual cosa es pot indicar que fan el cop més "tot en un". Això indica que el fet que les accions es produeixin d'una manera més agrupada en el temps, pot ser la raó per la qual no hi ha una fórmula discriminant en relació amb el temps normalitzat.

Les diferències sobre "quan" es produeixen aquests girs podrien ser la clau per aconseguir una velocitat més gran al cap del pal, per la qual cosa seria recomanable, en el cas de les noies, dissociar en el temps ambdós girs, a fi de produir un swing més potent.

CONCLUSIONS

S'ha posat a punt un sistema per a l'anàlisi del swing de golf que permet oferir informació ràpida a l'entrenador i a l'esportista. S'ha trobat que la seqüència de moviments lineals comença pels malucs i segueix pel colze esquerre, l'espatlla esquerra i extrems del pal en els nois. Les noies actuen primer amb el colze esquerre i simultàniament amb els malucs, i finalment actuen l'espatlla esquerra i el pal. Les seqüències de les velocitats angulars de tots els subjectes segueixen el mateix patró: gir de malucs, gir d'espatlles i acceleració del pal.

En aquests patrons generals per a cada sexe, s'han trobat diferències entre els jugadors, la qual cosa demostra l'existència

d'una tècnica individual que cal tenir en compte a l'hora de valorar el rendiment tècnic. Les velocitats angulars serien més adequades per fer una anàlisi biomecànica en ser un cop basat més en girs que en desplaçaments.

La coordinació de les accions és la clau determinant en el rendiment d'aquest tipus de cops. Mitjançant l'anàlisi descri-

minant s'ha posat de manifest que el rendiment dels cops està relacionat directament, a més de la velocitat de gir, amb el temps en què es produeix l'acció.

Com que la mostra és de gran nivell i de jugadors promeses, es proposa aquest tipus d'estudis com a controls periòdics en la planificació de l'entrenament.

Bibliografia

1. Krehbaum E, Barthels KM. Biomechanics. A qualitative approach for studying human movement. Minneapolis, Minnesota: Burgess Publishing Co; 1981.
2. Hume PA, Keogh J, Reid D. The role of biomechanics in maximizing distance and accuracy of golf shots. *Sports Med.* 2005; 35:429-49.
3. Ball KA, Best RJ. Different centre of pressure patterns within the golf stroke I: cluster analysis. *J Sports Sci.* 2007;25:757-70.
4. Cochran A, Stobbs J. The search for the perfect golf swing. 1st ed. Philadelphia: J.B. Lippincott; 1968.
5. Burden AM, Grimshaw PN, Wallace ES. Hip and shoulder rotations during the golf swing of sub-10 handicap players. *J Sports Sci.* 1998;16:165-76.
6. Milburn PD. Summation of segmental velocities in the golf swing. *Med Sci Sports Exerc.* 1982;14:60-4.
7. Neal RJ, Wilson BD. 3D kinematics and kinetics of the golf swing. *International Journal of Sports Biomechanics.* 1985; 1:221-32.
8. Coleman S, Anderson D. An examination of the planar nature of the golf club motion in the swings of experience players. *J Sports Sci.* 2007;25:739-48.
9. Egret C, Leroy D, Chollet D, Loret A, Weber J. Approche scientifique du swing. *Education Physique et Sportive.* 2000; 286:61-5.
10. Nesbit SM, Serrano M. Work and power analysis of the golf swing. *Journal of Sports Science and Medicine.* 2005;4:520-33.
11. Lindsay D, Horton J. Comparison of spine motion in elite golfers with and without low back pain. *J Sports Sci.* 2002;20:599-605.
12. Geisler PR. Golf. En: Shamus E, Shamus J, editors. *Sports injury prevention and rehabilitation.* New York: McGraw-Hill; 2001.
13. Williams KR, Sih BL. Changes in golf clubface orientation following impact with the ball. *Sports Engineering.* 2002;5:65-80.
14. Egret CI, Nicolle B, Dujardin FH, Weber J, Chollet D. Kinematic analysis of the golf swing in men and women experienced golfers. *Int J Sports Med.* 2006;27:463-7.
15. Coleman SG, Rankin AJ. A three-dimensional examination of the planar nature of the golf swing. *J Sports Sci.* 2005;23:227-34.