

# Anàlisi de la cadena cinemàtica del drag-flick

## *Analysis of the Kinematic Chain in a Drag Flick*

**CRISTINA LÓPEZ DE SUBIJANA HERNÁNDEZ**

**RAQUEL DE ANTONIO**

**PABLO GONZÁLEZ FRUTOS**

**ENRIQUE NAVARRO CABELLO**

Facultat de Ciències de l'Activitat Física i de l'Esport-INEF  
Universidad Politécnica de Madrid

**Autora per a la correspondència**

**Cristina López de Subijana Hernández**  
*c.lopezdesubijana@upm.es*

### Resum

El penal córner és una de les jugades més importants de l'hoquei sobre herba. El *drag-flick* és la tècnica de xut més eficaç en les jugades de penal córner (McLaughlin, 1997). Els objectius d'aquest estudi van ser descriure els paràmetres cinemàtics del *drag-flick* en jugadors de l'àmbit internacional i analitzar les diferències intergènere. Tretze subjectes, un model, sis homes i sis dones van ser la mostra. El sistema de captura automàtic VICON va enregistrar vint llançaments de cada jugador amb una freqüència de mostreig de 250 Hz. Les velocitats màximes dels malucs, les espatlles, l'empunyadura i la pala de l'estic van ser superiors ( $p < 0,01$ ) en el model que en ambdós grups de gènere. La distància relativa del doble recolzament final va ser inferior ( $p < 0,01$ ) en el grup de les dones. Per mitjà de la comparació estadística del model amb tots dos grups de gènere, s'han pogut determinar les claus d'aquest gest tècnic, que es fa amb un ampli doble recolzament final, un moviment explosiu de malucs i espatlles, i finalment un moviment cap enrere de la pala abans d'aplicar-li l'acceleració final.

**Paraules clau:** hoquei, biomecànica, llançaments, patró

### Abstract

#### *Analysis of the Kinematic Chain in a Drag Flick*

*The penalty corner is one of the most important plays in field hockey. The drag flick is the most effective hitting technique in penalty corner plays (McLaughlin, 1997). The objectives of this study were to describe the kinematic parameters of the drag flick in international level players and analyze gender differences. The sample consisted of thirteen subjects: a model, six men and six women. The Vicon automatic capture system recorded 20 hits by each player with a sampling frequency of 250 Hz. The maximum velocities of the hips, shoulders, grip and stick head were higher ( $p < 0.01$ ) in the model than in both gender groups. The relative distance of the final double support was lower ( $p < 0.01$ ) in the group of women. Statistical comparison of the model with both gender groups has made it possible to identify the key factors in this technical action, with a broad final double support, explosive movement of hips and shoulders, and finally a backward movement of the stick before applying its final acceleration all being necessary.*

**Keywords:** hockey, biomechanics, hitting, pattern

### Introducció

El penal córner és una de les situacions de joc més importants de l'hoquei sobre herba (Vizcaya, Fernández, & Martín, 1999; Laird & Sunderland, 2003; Piñeiro, 2008). Estudis previs suggereixen que un terç dels gols provenen d'aquesta situació tàctica (Vizcaya et al., 1999; Pérez & Álvarez, 2002). Existeixen nombroses maneres de xut en l'hoquei (*push*, *flick*, *hit*, *slap-shot*, *lift*, *push-in*), essent el *drag-flick* una tècnica que es compon d'arrossegament de la bola (*drag*)

fins que el jugador l'eleva enlaire (*flick*). Si seguim les normes de la Federació Internacional d'Hoquei (IHF, 2009), executar un *drag-flick* en un penal córner té alguns avantatges respecte d'altres xuts en no existir la limitació d'altura.

La tècnica del *drag-flick* és d'1,4 a 2,7 vegades més eficaç que els *hits* o els *push* a l'hora de llançar a porteria després d'un servei de penal córner (McLaughlin, 1997; Piñeiro, Sampedro i Refoyo, 2007; Yusoff, Hasan i Wilson, 2008). Les dones utilitzen menys el *drag-flick*

que els homes (Piñeiro et al., 2007; Piñeiro, 2008, Sampedro, Piñeiro, & Refoyo, 2008).

Existeixen estudis sobre les diferents tècniques de xut en hoquei sobre herba: relatius al *push-in* (Kerr & Ness, 2006), al *push* (Buzzell & Holt, 1979; Alexander, 1983), al penal de 5 m (Alexander, 1985), al *hit* (Chivers & Elliot, 1987; Burgess-Limerick, Abernethy, & Neal, 1991), a l'*slap shot* (Brétigny, Seifert, Leroy, & Collet, 2008; Elliott & Creswell, 1986), al *flick* (Vizcaya et al., 1999) i al *drag-flick* (McLaughlin, 1997; Yusoff, Hasan, & Wilson, 2008). Fins avui no hi ha massa informació d'aquest gest tècnic.

La metodologia que es troba en la bibliografia es basa fonamentalment en fotogrametria 2D i 3D amb rangs de captura d'entre 50 Hz (Yusoff et al., 2008 Brétigny et al., 2008; Kerr & Ness, 2006; McLaughlin, 1997), 100 Hz (Elliott & Creswell, 1986) i 200 Hz (Chivers & Elliott, 1987). Únicament Brétigny, Seifert, Leroy i Chollet (2008) van utilitzar un sistema de captura automàtic. La mostra de McLaughlin (1997) va ser de quinze jugadors de l'àmbit regional i un especialista en el *drag-flick*. En l'estudi de Yusoff, Hasan i Wilson (2008) es van analitzar els xuts de cinc jugadors de l'àmbit internacional, com a mostra total de dinou registres. Si seguim McLaughlin (1997), el *drag-flick* es pot dividir en quatre instants: recolzament del peu dret en el pas creuat, contacte de la pala amb la bola, recolzament del peu esquerre i llançament de la bola del peu dret en el pas creuat, contacte de la pala amb la bola, recolzament del peu esquerre i llançament de la bola. No obstant això, Kerr i Ness (2006) adverteixen que la majoria dels autors consideren la fase final del doble recolzament com la del llançament, ja que és quan la bola agafa més velocitat. McLaughlin va indicar que en el *drag-flick* es produïen rotacions consecutives en els malucs, les espatlles, els braços i la pala. En canvi, Kerr i Ness, en el seu estudi del *push-in* van trobar que aquest moviment es basava en una combinació de rotacions simultànies i seqüencials dels diferents segments.

Aquests estudis previs han centrat el seu interès en les diferències cinemàtiques existents entre els jugadors en funció del nivell d'experiència. La posició dels malucs i les espatlles al començament de la fase de doble recolzament tenen un paper molt important. McLaughlin (1997) recomana una col·locació inicial en el sentit de les agulles del rellotge per a un jugador dret. Les majors contribucions a la velocitat de la bola van ser: la distància del doble recolzament, la distància de la bola al començament del doble recolzament i les velocitats an-

gulars dels malucs i les espatlles en el desplegament de la bola (McLaughlin, 1997; Kerr y Ness, 2006).

Per tant, els objectius d'aquest estudi van ser:

- descriure els paràmetres cinemàtics del *drag-flick* en jugadors de l'àmbit internacional, i
- analitzar les diferències entre els grups de gènere.

## Mètodes

Tretze subjectes, un llançador (36 anys; 66,5 kg.; 170 cm; 29 anys d'experiència), sis homes ( $19,8 \pm 0,95$  anys;  $70,4 \pm 9,7$  kg;  $175,5 \pm 6,6$  cm;  $7,3 \pm 3,08$  anys d'experiència) i sis dones ( $20 \pm 3$ , anys;  $61,3 \pm 6,4$  kg;  $165,4 \pm 0,5$  cm;  $10,3 \pm 3,01$  anys d'experiència) van participar en l'estudi. Tots eren jugadors d'hoquei sobre herba de l'àmbit internacional. Els subjectes van donar el seu consentiment informat abans de participar en l'estudi.

Tots els mesuraments es van dur a terme durant dues setmanes al començament de la temporada 2007-08. Els tests es van fer al Laboratori de Biomecànica Esportiva del la Facultat de Ciències de l'Actividad Física i de l'Esport de la Universitat Politècnica de Madrid. Els paràmetres cinemàtics es van enregistrar mitjançant el sistema de captura automàtica VICON amb sis càmeres a 250 Hz. L'espai experimental va ser una àrea de 5 m de llarg i 2,5 m d'ample. El calibratge estàtic i dinàmic va reflectir un error menor de 2 cm i una reproductivitat estàtica del 4 %. Es van col·locar quaranta-dos marcadors reflectants (trenta-nou en el cos i tres en l'estic) d'un diàmetre de 14 mm (*fig. 1*). Van ser col·locats seguint les recomanacions del Manual de Vicon (Vicon, 2002). En l'estic es van col·locar marcadors al començament de l'empunyadura, en la corba interior de la pala i al final

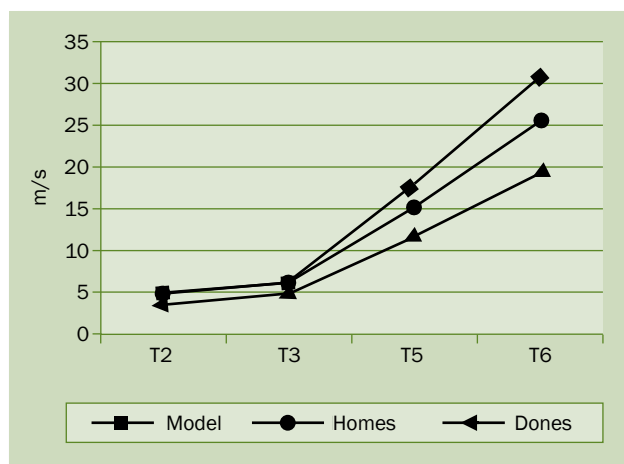


▲  
**Figura 1**  
Captura estàtica dels  
42 marcadors

de la pala. Els subjectes vestien roba elàstica i esportiva. Les dades es van filtrar utilitzant Quintic Spline amb el mètode Cross Generalized Validation de Woltring per al càlcul del factor de suavitzat.

La velocitat de la bola es va calcular per mitjà de fotogrametria 3D en aplicar l'algoritme DLT (Direct Linear Transformation) d'Abdel-Aziz i Arara (1971), després de digitalitzar la imatge de dues càmeres de vídeo col·locades a 90°. Les càmeres estaven connectades i van gravar a 50 Hz.

El procediment va consistir a realitzar la sessió de captura després d'un escalfament específic. Es va demanar als jugadors que fessin el gest a velocitat natural. Es van capturar i analitzar vint *drag-flicks* de cada un d'ells ( $N = 20 \times 13$ ). La bola es va col·locar a 1,5-2 m del centre de l'espai de calibratge. El subjecte entrava a l'àrea en carrera i al començament de l'últim recolzament del peu frontal començava l'arrossegament. Es va enregistrar des del recolzament del peu fins a diversos fotogrames després de la màxima velocitat a la pala.



**Figura 2**  
Velocitats màximes del maluc dret, espatlla dreta, empunyadura i pala en m/s

Es van mesurar les velocitats de la bola a la sortida i les velocitats màximes del maluc dret, l'empunyadura i la pala (m/s) i tenint en compte que la distància entre ambdós punts és constant, aquesta velocitat és proporcional a la velocitat angular del pal.

El *drag-flick* es va dividir en els següents esdeveniments (s): t1 contacte del peu del davant, es va considerar el temps 0 s; t2 velocitat màxima del maluc dret; t3 velocitat màxima de l'espatlla dreta; t4 sortida de la bola; t5 velocitat màxima de l'empunyadura, i t6 velocitat màxima de la pala. Aquests temps van ser normalitzats considerant el 0 % a t1 i el 100 % a t6.

La distància entre el punt mitjà dels malucs i la pala es va registrar per calcular el radi de rotació (m). També es va mesurar la distància de l'últim pas (m), la distància de *drag-flick* (m) i la distància del peu frontal a la bola en el t1 o doble recolzament final (m). Aquests paràmetres es van calcular segons l'alçada del jugador. També es van tenir en compte la duració total del *drag-flick* (s) i la velocitat mitjana del *drag-flick* (m/s).

Els angles dels malucs, les espatlles i la pala es van calcular considerant l'eix "y", la línia del doble recolzament dels peus, l'eix "x" 90° a la dreta i l'eix "z" vertical.

L'anàlisi estadística es va realitzar utilitzant el programari SPSS v. 16 (SPSS Inc., Chicago IL). Per calcular les diferències entre les velocitats de sortida de la bola es va aplicar una ANOVA. Per a l'anàlisi de la variància dels diferents paràmetres es va utilitzar una ANOVA de mesures repetides de dos factors (grup: model, homes i dones i variable). Totes les anàlisis es van dur a terme quan l'assumpció d'esfericitat no va ser violada. Quan èpsilon era menor d'1.0 es va utilitzar la correcció de Geisser/Greenhouse per ajustar els graus de llibertat (Thomas & Nelson, 2001).

Es va fixar un nivell de significació de  $p < 0,05$ . Aquest nivell va ser ajustat amb les correccions de Bonferroni. Les anàlisis *post-hoc* es van aplicar utilitzant els tests de Scheffé.

**Taula 1**  
Mitjana i desviacions estàndard de les velocitats màximes del maluc dret (t2), espatlla dreta (t3), empunyadura (t5) i pala (t6) en m/s

| Velocitats màximes (m/s) | Model      | Homes        | Dones        |
|--------------------------|------------|--------------|--------------|
| Maluc dret               | 5,1 ± 0,5  | 4,5 ± 0,6**  | 3,8 ± 0,6**  |
| Espatlla dreta           | 6,1 ± 0,2  | 6,4 ± 0,7    | 5,1 ± 0,5**  |
| Empunyadura              | 17,9 ± 0,5 | 15,3 ± 1,4** | 11,9 ± 1,4** |
| Pala                     | 30,5 ± 1,0 | 25,5 ± 2,1** | 19,4 ± 2,6** |

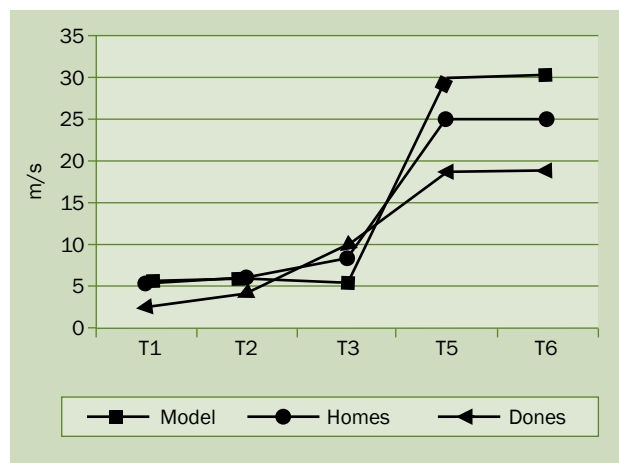
\*\* Diferències significatives  $p < 0,01$  amb el model.

## Resultats

La velocitat de sortida de la bola va ser superior ( $p < 0,01$ ) en el model ( $25,4 \pm 1,3$  m/s) que en el grup d'homes ( $21,9 \pm 1,7$  m/s) i dones ( $17,9 \pm 1,7$  m/s). Les velocitats màximes del maluc dret, l'espatlla dreta, l'empunyadura i la pala van mostrar la seqüència cinemàtica existent (fig. 2 i taula 1). El model va arribar a 5,1 m/s en el maluc dret, a 6,1 m/s en l'espatlla dreta, a 17,9 m/s a l'empunyadura i a 30,5 m/s a la pala. Les velocitats enregistrades en els dos grups de gènere van ser inferiors ( $p < 0,01$ ) excepte en l'espatlla dreta dels homes. Cal destacar l'evolució de la velocitat a la pala (fig. 3). Mentre que en homes i dones aquesta velocitat augmenta al llarg de la gesta tècnica, en el model de t2 a t3 decreix abans d'aconseguir la seva velocitat màxima ( $p < 0,01$ ).

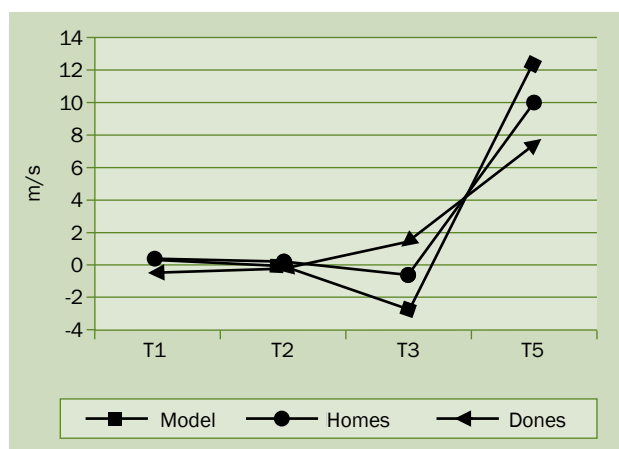
La diferència entre la velocitat a la pala i l'empunyadura va mostrar la velocitat angular relativa (fig. 4). En t6 aquesta velocitat va ser de  $12,6 \pm 0,6$  m/s en el model, essent superior ( $p < 0,01$ ) als homes ( $10,3 \pm 1,5$  m/s) i a les dones ( $7,6 \pm 1,46$  m/s). El valor positiu d'aquest valor significa que el moviment de la pala es produeix en sentit contrari a les agulles del rellotge (cap endavant). L'evolució en el temps de la velocitat angular relativa va mostrar valors negatius a t3 en el model i en els homes, mentre que en les dones es va mantenir positiva. Un valor negatiu significa un moviment del pal a favor de les agulles del rellotge (cap enrere).

La taula 2 mostra els instants dels moments claus del drag-flick. Ocorren en el següent ordre: t1 doble recolzament final, t2 màxima velocitat del maluc dret, t3 màxima velocitat de l'espatlla dreta, t4 arrencada de la bola, t5-t6 màxima velocitat a la pala (empunyadura i pala). La seqüència va mostrar diferències significatives ( $p < 0,05$ ) entre tots els temps menys entre t4 i t5 i entre t5 i t6. Considerant els temps normalitzats entre t1 (0 %) i t6 (100 %), les dones van rodar els malucs (22,4 %) i les espat-



**Figura 3**

Evolució de la velocitat de la pala en m/s



**Figura 4**

Evolució de la velocitat angular relativa del pal en m/s

lles (64,5 %) més tard ( $p < 0,01$ ) que el model. El model va girar els malucs en el 12,6 % i les espatlles en el 56,4 %. En aquest paràmetre no es van trobar diferències significatives entre el grup d'homes i el model.

| Instants (s) | Model         | Homes         | Dones         |
|--------------|---------------|---------------|---------------|
| T2           | 0,022 ± 0,02* | 0,032 ± 0,02* | 0,043 ± 0,02* |
| T3           | 0,097 ± 0,01* | 0,133 ± 0,02* | 0,128 ± 0,05* |
| T4           | 0,163 ± 0,01* | 0,216 ± 0,03* | 0,204 ± 0,06* |
| T5           | 0,176 ± 0,07  | 0,221 ± 0,03  | 0,204 ± 0,06  |
| T6           | 0,172 ± 0,06  | 0,221 ± 0,03  | 0,204 ± 0,06  |

\* Diferències significatives  $p < 0,05$  entre aquest instant i el següent.



### Taula 2

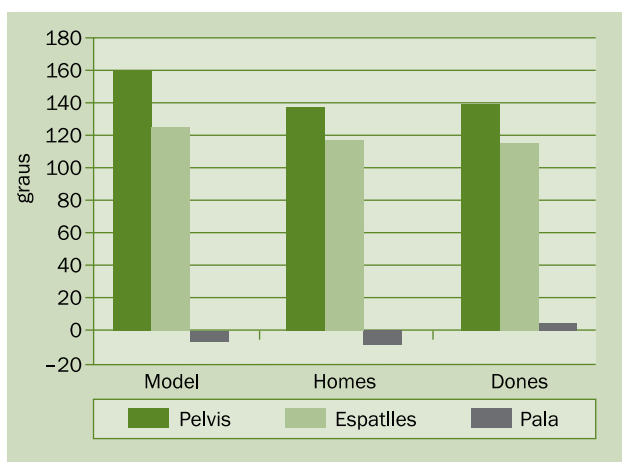
Mesura i desviacions estàndards dels instants t2, t3, t4, t5 i t6 en segons, essent 0 el començament del doble recolzament final

| Instant | Malucs         | Espatlles      | Pala          |
|---------|----------------|----------------|---------------|
| Model   |                |                |               |
| T1      | 125,6 ± 2,2    | 95,3 ± 2,1     | 5,3 ± 1,9     |
| T2      | 131,8 ± 5,3    | 98,6 ± 3,4     | 5,9 ± 2,0     |
| T3      | 159,3 ± 1,2    | 125,9 ± 1,6    | -6,4 ± 2,3    |
| T6      | 160,9 ± 3,1    | 145,2 ± 2,8    | 60,8 ± 3,3    |
| T6-t1   | 35,3           | 49,9           | 55,5          |
| Homes   |                |                |               |
| T1      | 109,3 ± 7,2**  | 88,1 ± 6,1*    | -8,4 ± 17,7** |
| T2      | 113,0 ± 9,6**  | 89,4 ± 6,5**   | -5,9 ± 14,4** |
| T3      | 137,7 ± 9,6**  | 117,7 ± 9,1**  | -8,1 ± 9,6    |
| T6      | 140,4 ± 9,8**  | 134,3 ± 10,5** | 57,7 ± 9,2    |
| T6-t1   | 31,1           | 46,2           | 66,1          |
| Dones   |                |                |               |
| T1      | 106,3 ± 10,2** | 88,8 ± 11,4*   | 9,2 ± 4,9     |
| T2      | 114,9 ± 12,1** | 92,5 ± 13,4    | 7,0 ± 5,3     |
| T3      | 140,9 ± 6,5**  | 116,7 ± 10,0** | 5,6 ± 15,9*   |
| T6      | 145,5 ± 8,4**  | 133,9 ± 12,4** | 58,6 ± 10,9   |
| T6-t1   | 39,2           | 45,1           | 49,4          |

\* Diferències significatives  $p < 0,05$  amb el model i \*\* a  $p < 0,01$ .

**Taula 3**

Mesura i desviacions estàndards dels angles en els malucs, les espatlles i la pala a t1, t2, t3 i t6 en graus

**Figura 5**

Angles de la pelvis, les espatlles i la pala a t3 en el model, homes i dones en graus

En la *taula 3* es mostren els angles dels malucs, les espatlles i el pal de t1 a t6. Tots els jugadors van rodar els malucs i les espatlles en sentit contrari a les agulles del rellotge. El jugador model i els homes van girar la pala cap enrere per un període de temps. Les dones mai van col·locar la pala en una posició negativa, sinó que al llarg de tot el moviment es va girar en sentit contrari a les agulles del rellotge (*fig. 5*).

Els angles dels malucs i de les espatlles entre grups de gènere i el model van mostrar diferències significatives ( $p < 0,01$ ) en gairebé tots els instants (tan sols l'angle de les dones a t3 no va mostrar diferències significatives). L'angle de la pala en el model va mostrar diferències significatives ( $p < 0,01$ ) amb els homes a t1 i t2 i amb les dones a t3 ( $p < 0,05$ ). L'angle format pels malucs i les espatlles en el doble recolzament va ser superior en el model ( $30,3^\circ$ ) que en els homes ( $21,2^\circ$ ) o dones ( $17,5^\circ$ ).

El model va arribar a un 95 % de la seva alçada en el radi de rotació, mentre que els homes van arribar al 91 % i les dones al 86 %, diferència significativa ( $p < 0,01$ ) respecte del model.

La distància de la doble passada final va ser semblant en el model ( $1,49 \pm 0,04$  m) i els homes ( $1,55 \pm 0,09$  m), mentre que en el cas de les dones es va aconseguir una distància inferior ( $1,32 \pm 0,08$  m). En l'anàlisi d'aquesta distància relativa a l'alçada del jugador, les dones ( $80,05 \pm 4,29$  %) van mostrar diferències ( $p < 0,01$ ) respecte del model ( $87,82 \pm 2,5$  %) i el grup d'homes ( $88,31 \pm 5,18$  %). En la distància del peu avançat a la bola en l'instant de doble recolzament final, t1, no es van trobar diferències significatives entre el model ( $1,0 \pm 0,06$  m), els homes ( $1,23 \pm 0,24$  m) i les dones ( $0,93 \pm 0,18$  m).

La distància del *drag-flick* va ser superior en el grup dels homes ( $2,42 \pm 0,31$  m) que en el model ( $2,0 \pm 0,06$  m) i en les dones ( $1,70 \pm 0,38$  m). Aquesta diferència va ser significativa ( $p < 0,05$ ) en comparar la distància del *drag-flick* relativa a l'alçada del jugador en el model ( $1,18 \pm 0,03$  m) i els homes ( $1,38 \pm 0,03$  m) i les dones ( $1,03 \pm 0,22$  m). La duració total del *drag-flick* va ser similar en ambdós grups de gènere ( $0,22 \pm 0,03$  s en homes i  $0,20 \pm 0,06$  s en dones) mentre que el model va trigar menys temps ( $p < 0,05$ ) a realitzar el moviment ( $0,17 \pm 0,01$  s). La velocitat mitjana registrada en el model ( $11,63 \pm 0,42$  m/s) va ser superior ( $p < 0,01$ ) a la del grup d'homes ( $10,96 \pm 0,62$  m/s) o de dones ( $8,57 \pm 0,92$  m/s).

## Discussió

Els paràmetres cinemàtics estudiats mostren com en el grup de les dones existeix una falta de domini d'aquesta tècnica. El model i el grup d'homes van obtenir paràmetres cinemàtics similars, però les diferències es van fer més evidents en el grup de les dones.

Les velocitats de la bola que es van aconseguir en mostra són superiors als 19,1-21,9 m/s registrades a McLaughin (1997) i els 19,6-27,8 m/s a Yusoff et al. (2008). McLaughin va comparar un model d'àmbit internacional amb jugadors de l'àmbit regional, mentre que Yusoff et al. van registrar dinou xuts en total executats per cinc jugadors de l'àmbit internacional durant la 10a Copa del Món celebrada l'any 2002. La mostra d'aquest estudi són tots jugadors de l'àmbit internacional, i per això els valors s'assemblen als de Yusoff et al.

La seqüència de moviments mostrada després del doble recolzament final passava, en primer lloc, per la velocitat màxima del maluc dret, seguida per la velocitat màxima de l'espatlla dreta, després l'arrencada de la bola i gairebé seguit d'aquest instant la pala aconseguia la seva velocitat màxima, primer a l'empunyadura i posteriorment a la pala. Es van trobar diferències significatives ( $p < 0,01$ ) entre tots els temps, excepte entre  $t_4$  i  $t_5$ , i  $t_5$  i  $t_6$ , és a dir, des de l'arrencada de la bola fins als màxims de la pala. Malgrat que tots els jugadors van mostrar aquesta seqüència de moviments i que l'arrencada de la bola passava abans dels màxims en el pal, aquesta diferència temporal no va ser significativa. Aquest fet pot ser degut al curt interval de temps entre aquests instants: 0,09 s en el model, 0,05 s en el grup d'homes i 0 s en el de dones. Tant McLaughin (1997) com Yusoff et al. (2008) van mostrar una seqüència de velocitats màximes abans de l'arrencada de la bola, i creiem que no van considerar determinar paràmetres cinemàtics després de l'arrencada. Si seguim els aclariments de Kerr i Ness (2006), el fet que apareguin velocitats màximes a la pala després de l'arrencada de la bola resulta raonable com a resultat del decreixement que es produeix en disminuir l'acció de la palanca distal, a causa de la desaparició de la fricció i a la disminució del moment d'inèrcia. És a dir, que en aquest gest tècnic l'arrencada es produeix amb la pala enlaire, sense fricció amb el terra, i, d'altra banda, en desaparèixer el contacte amb la bola, es produeix una acceleració en aquest extrem distal.

En les dones es produïen tant l'acció de rotació dels malucs com la de les espatlles però més tard en comparació amb el model o amb el grup dels homes. Aquesta diferència pot ser la causant que les dones arribin a una velocitat de bola menor que la resta de la mostra. Els valors aconseguits a la pala per aquest grup (19,4 m/s) són similars al jugador model (18,4 m/s) de McLaughin (1997) i inferiors (21,2-24,2 m/s) als de l'estudi de Yusoff et al. (2008). Tant el model com el grup d'homes van aconseguir velocitats a la pala (30,5 i 25,5 m/s) superiors a aquests estudis previs. Probablement en situació de competició la precisió pren una major rellevància disminuint la velocitat, en comparació amb una situació de laboratori com aquest estudi.

La velocitat relativa de la pala (angular) també va ser inferior en les dones ( $p < 0,01$ ) que en la resta de la mostra. En l'instant  $t_6$  les dones van aconseguir un 40 % menys de velocitat angular relativa que el model i un 19 % menys que els homes. Els valors negatius trobats a l'instant  $t_3$  tant en el jugador model (-2,6 m/s) com en el grup d'homes (-0,7 m/s) podrien entendre's perquè abans d'accelerar la pala en un sentit cap endavant es produeix un moviment cap enrere amb la fi d'aconseguir una major velocitat en l'arrossegament. Aquest moviment es coneix com "efecte fuel". En canvi, en les dones aquests valors van ser sempre positius, per la qual cosa les dones no aplicaven aquest moviment previ sinó que realitzaven una empenta al llarg del moviment.

Amb relació a la posició dels segments durant el moviment, podem afirmar que la posició inicial pot ser la clau d'aquest gest tècnic. En els nostres resultats per a ambdós grups de gènere en els angles dels malucs i les espatlles en el doble recolzament final ( $t_1$ ) són similars amb McLaughin (1997). En aquest estudi el grup de debutants començaven aquesta fase amb els malucs a  $106^\circ$  i les espatlles a  $102^\circ$ , i el seu model amb  $110^\circ$  i  $111^\circ$ , respectivament. En el nostre estudi van aparèixer diferències significatives ( $p < 0,01$ ) en l'angle dels malucs entre el model i ambdós grups de gènere durant tot el gest tècnic. Aquesta diferència pot ser deguda a la posició inicial. És a dir, la diferència entre l'angle de les espatlles i els malucs al començament del moviment podria reflectir el preestirament necessari en el tronc abans d'una acceleració en sentit contrari (cicle d'estirament-escurçament) tal com Yusoff et al. (2008) indicaven. Aquest estirament previ va ser superior en el model ( $30,3^\circ$ ) que en ambdós grups de gènere ( $21^\circ$  i  $17,5^\circ$ ). Analitzant els angles de la pala, es poden constatar com les dones no van obtenir valors negatius, per

tant el rang de moviment va ser menor en aquest grup. Els desplaçaments angulars durant el moviment en les espatlles ( $35,3^\circ$ ,  $31,1^\circ$  i  $39,2^\circ$ ), les espatlles ( $49,9^\circ$ ,  $46,2^\circ$  i  $66,1^\circ$ ) i la pala ( $55,5^\circ$ ,  $66,1^\circ$  i  $49,4^\circ$ ) van ser propers a Yusoff et al. En aquest estudi van trobar un desplaçament angular de malucs d'entre  $8^\circ$  i  $4^\circ$  i en els malucs entre  $64,6^\circ$  i  $104,7^\circ$ . El desplaçament angular en l'estudi de McLaughlin és considerablement inferior ( $9-11^\circ$  en malucs i  $20-34^\circ$  en espatlles). És necessari aclarir que el mesurament dels angles en aquest estudi es va fer partint de la base que la línia creada pels peus en el doble recolzament final suposa l'eix "y", mentre que tant McLaughlin com Yusoff et al. van prendre l'eix longitudinal del camp com a referència. Aquests valors podrien tenir un error a causa de les diferents posicions dels peus que pot adoptar cada jugador en aquesta fase final d'acceleració.

Les diferències significatives ( $p < 0,01$ ) que es van trobar en el radi de rotació entre el model i ambdós grups de gènere, podrien indicar que amb el fi d'aconseguir més velocitat en l'extrem distal, el model ampliava el seu radi de rotació fins a un 95 % de la seva alçada.

La distància trobada en el doble recolzament final va ser similar a McLaughlin (1997) i inferior a l'1,55 i 1,82 m de Yusoff et al. (2008). Es van trobar diferències significatives ( $p < 0,01$ ) entre la distància del doble recolzament final relativa entre el model i ambdós grups de gènere. La distància entre el peu avançat i la bola al començament de la fase d'acceleració ( $t_1$ ) en aquesta mostra va ser superior al grup (0,73 m) i el model (0,81 m) (McLaughlin, 1997). Els valors de grup dels homes en aquest paràmetre són similars als 1,01-1,66 m de Yusoff et al. La distància de *drag-flick* va ser superior a McLaughlin (1,36 m i 1,47 m) i similar a Yusoff et al. (1,65-2,24 m). Aquests resultats mostren l'evolució d'aquest gest tècnic en l'última dècada. El model va mostrar una distància relativa del *drag-flick* superior ( $p < 0,05$ ) al grup de les dones i inferior ( $p < 0,01$ ) al grup dels homes. Considerem més adequat utilitzar valors relatius en l'anàlisi del gest ja que els valors absoluts depenen de les característiques antropomètriques de cada jugador. El model va utilitzar temps similars als estudis previs de McLaughlin de 0,12-0,14 s i de Yusoff et al. de 0,13-0,18 s, mentre que ambdós grups de gènere van fer servir més temps en l'execució de la fase d'acceleració del gest tècnic. La velocitat mitjana del *drag-flick* d'aquesta mostra és similar als 9,7 m/s de l'estudi de McLaughlin, però inferior als 12,8-19,8 m/s de Yusoff et al.

Finalment, indicarem unes recomanacions als entrenadors per a la millora d'aquest gest tècnic. El primer seria emfatitzar la distància del doble recolzament final; a continuació, col·locar els malucs en sentit dels malucs més encarats a la direcció del moviment; el tercer, realitzar l'acció dels malucs seguida de les espatlles en la fase inicial de l'acceleració, i el quart, realitzar un moviment cap enrere amb la pala abans d'imprimir-li l'acceleració final. A causa de les diferències intergènere en la força muscular, també seria recomanable entrenar el cicle d'estirament –escurçament dels músculs del tronc en el cas de les dones.

Hem de reconèixer les limitacions d'aquest estudi. La major velocitat aconseguida pel jugador model podria ser deguda a la seva edat (36 anys, i ambdós grups de gènere, 20 anys). L'experiència esportiva també podria afectar en el domini d'aquest gest tècnic. Per acabar, com que la captura automàtica s'ha de fer en un espai limitat, la direcció de sortida de la bola no es va mesurar. De fet, no estar en situació de partit pot afectar aquesta velocitat, que és superior en la situació de competició. Tal com van indicar Elliott, Alderson i Denver (2007), utilitzar un sistema de captura automàtica en l'anàlisi biomecànica, del gest tècnic té alguns avantatges com ara l'alta freqüència de mostreig, el tractament de dades i la validesa interna, però també apareixen algunes mancances relacionades amb la validesa ecològica; en aquest cas no es va mesurar l'eficàcia del xut de la bola o realitzar-lo en un espai limitat com és el laboratori.

## Conclusió

S'ha mostrat la seqüència cinemàtica del *drag-flick* en jugadors d'hoquei de l'àmbit internacional. Per mitjà de la comparació estadística del model amb ambdós grups de gènere, s'han pogut determinar les claus d'aquest gest tècnic, essent necessari un ampli doble recolzament final, un moviment explosiu de malucs i espatlles, i finalment un moviment cap enrere de la pala abans d'aplicar-li la seva acceleració final.

Es proposa per a futures línies d'investigació analitzar l'entrenament del *drag flick* per mitjà d'estudis experimentals.

## Agraïments

Aquest estudi va ser finançat pel Consell Superior d'Esports.

## Referències

- Abdel-Aziz, Y. I. & Karara, H. M. (1971). Direct linear transformation from comparator coordinates into object space coordinates in close range photogrammetry. Ponència presentada a *ASP Symposium on close range photogrammetry*. Falls Church, Virginia.
- Alexander, M. (1983). The footwork pattern in the push stroke. *Counterattack*, 3(1), 14-18.
- Alexander, M. (1985). Penalty stroke technique. *Counterattack*, 5(2), 3-10.
- Brétigny, P., Seifert, L., Leroy, D., & Chollet, D. (2008). Upper-Limb Kinematics and Coordination of Short Grip and Classic Drives in Field Hockey. *Journal of Applied Biomechanics*, 24(3), 215-223.
- Burgess-Limerick, R., Abernethy, B., & Neal, R. J. (1991). Experience and backswing movement time variability. A short note concerning a serendipitous observation. *Human Movement Science*, 10(6), 621-627. doi:10.1016/0167-9457(91)90019-T
- Buzzell, N. & Holt, L. E. (1978, 1979). *Cinema-computer Analysis of Selected Field Hockey Strokes*. Trabajo presentado en el International Congress of Sports Sciences, Science in sports: Open papers, Edmonton.
- Chivers, L. & Elliott, B. (1987). The penalty corner in field hockey. *Excel*, 4(1), 5-8.
- Elliott, B. & Cresswell, A. (1986). The slap shot or drive in field hockey: A dilemma. *Sports Coach*, 8(4), 20-22.
- Elliott, B. C., Alderson, J. A., & Denver, E. R. (2007). System and modelling errors in motion analysis: Implications for the measurement of the elbow angle in cricket bowling. *Journal of Biomechanics*, 40(12), 2679-2685. Recuperat de <http://www.jbiomech.com> doi:10.1016/j.jbiomech.2006.12.012
- International Hockey Federation (IHF). (2009). *Rules of Hockey from 1<sup>st</sup> May 2009*. World Hockey. Lausanne: I.H.F.
- Kerr, R. & Ness, K. (2006). Kinematics of the field hockey penalty corner push-in. *Sports Biomechanics*, 5(1), 47-61. doi:10.1080/14763141.2006.9628224
- Laird, P. & Sutherland, P. (2003). Penalty corners in Field Hockey: A guide to success. *International Journal of Performance Analysis in Sport* 3(1), 19-26.
- McLaughlin, P. (1997). *Three-dimensional Biomechanical Analysis of the Hockey Drag Flick: Full Report*. Belconnen, A.C.T.; Austràlia: Australian Sports Commission.
- Pérez, R. & Álvarez, A. (2002). Estudio descriptivo de la situación de penalty corner en ataque durante el I Campeonato de España juvenil masculino de hockey sobre hierba. *Lecturas, Educación Física y Deportes. Revista Digital*, 8(5). Recuperat de <http://www.efdeportes.com/>
- Piñeiro, R. (2008). *Observación y análisis de la acción de gol en hockey hierba*. Sevilla: Wanceulen.
- Piñeiro, R., Sampedro, J., & Refoyo, I. (2007). Differences between international men's and women's teams in the strategic action of the penalty corner in field hockey. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 7(3), 67-83.
- Sampedro, J., Piñeiro, R., & Refoyo, I. (2008). Análisis de la acción de gol en el portero de hockey hierba. Motricidad. *European Journal of Human Movement*, 20(1), 75-85.
- Thomas, J. R. & Nelson, J. K. (2001). *Research Methods in Physical Activity*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Vicon (2002). *Vicon user Manual*. Oxford Metrics Group, UK.
- Vizcaya, F. J., Fernández, M., & Martín, R. (1999). Determinación de sobrecargas para el entrenamiento de la fuerza especial del flick de hockey (y un caso de entrenamiento del push). *Info-coes*, 4(1).
- Yusoff, S., Hasan, N., & Wilson, B. (2008). Three-dimensional biomechanical analysis of the hockey drag flick performed in competition. *ISN Bulletin. National Sport Institute of Malaysia*, 1(1), 35-43.