

Análisis de la cadena cinemática 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

Facultad de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte-INEF
Universidad Politécnica de Madrid

Correspondencia con autora

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

Resumen

El penalti córner es una de las jugadas más importantes en el hockey hierba. El drag-flick es la técnica de golpeo más eficaz en las jugadas de penalti córner (McLaughlin, 1997). Los objetivos del presente estudio fueron describir los parámetros cinemáticos del drag-flick en jugadores de nivel internacional y analizar las diferencias intergénero. La muestra fueron trece sujetos, un modelo, seis hombres y seis mujeres. El sistema de captura automático Vicon registró 20 lanzamientos de cada jugador con una frecuencia de muestreo de 250 Hz. Las velocidades máximas de las caderas, hombros, grip y cabeza del palo fueron superiores ($p < 0,01$) en el modelo que en ambos grupos de género. La distancia relativa del doble apoyo final fue inferior ($p < 0,01$) en el grupo de las mujeres. Mediante la comparación estadística del modelo con ambos grupos de género se han podido determinar las claves de este gesto técnico, siendo necesario un amplio doble apoyo final, un movimiento explosivo de caderas y hombros, y finalmente un movimiento hacia atrás del palo antes de aplicarle su aceleración final.

Palabras clave: hockey, biomecánica, lanzamientos, patrón

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

Introducción

El penalti córner es una de las situaciones de juego más importantes en el hockey hierba (Vizcaya, Fernández, & Martín, 1999; Laird & Sunderland, 2003; Piñeiro, 2008). Estudios previos sugieren que un tercio de los goles provienen de esta situación táctica (Vizcaya et al., 1999; Pérez & Álvarez, 2002). Existen numerosas formas de golpeo en hockey (push, flick, hit slap-shot, lift, push-in), siendo el drag-flick una técnica que se compo-

ne de arrastre de la bola (drag) hasta que el jugador la eleva en el aire (flick). Siguiendo las normas de la Federación Internacional de Hockey (IHF, 2009), el ejecutar un drag-flick en un penalty córner tiene algunas ventajas con respecto a otros golpes al no existir la limitación de altura.

La técnica del drag-flick es de 1,4 a 2,7 veces más eficaz que los hits o los push a la hora de lanzar a portería tras un saque de penalti córner (McLaughlin, 1997;

Piñeiro, Sampedro, & Refoyo, 2007; Yusoff, Hasan, & Wilson, 2008). Las mujeres utilizan menos el drag-flick que los hombres (Piñeiro, 2008; Piñeiro et al., 2007; Sampedro, Piñeiro, & Refoyo, 2008).

Existen estudios acerca de las diferentes técnicas de golpeo en hockey hierba: relativos al push-in (Kerr & Ness, 2006), al push (Buzzell & Holt, 1979; Alexander, 1983), al penalti de 5 m (Alexander, 1985), al hit (Chivers & Elliot, 1987; Burgess-Limerick, Abernethy, & Neal, 1991), al slap shot (Brétigny, Seifert, Leroy, & Collet, 2008; Elliott & Creswell, 1986), al flick (Vizcaya et al., 1999) y al drag-flick (McLaughlin, 1997; Yusoff et al., 2008). Hasta la fecha no hay demasiada información de este gesto técnico.

La metodología encontrada en la bibliografía se basa fundamentalmente en Fotogrametría 2D y 3D con rangos de captura entre 50 Hz (Yusoff et al., 2008; Brétigny et al., 2008; Kerr & Ness, 2006; McLaughlin, 1997), 100 Hz (Elliott & Creswell, 1986) y 200 Hz (Chivers & Elliott, 1987). Únicamente Brétigny, Seifert, Leroy y Chollet (2008) utilizaron un sistema de captura automático. La muestra de McLaughlin (1997) fue de quince jugadores de nivel regional y un especialista en el drag-flick. En el estudio de Yusoff, Hasan y Wilson (2008) se analizaron los golpes de cinco jugadores de nivel internacional, con una muestra total de 19 registros.

Siguiendo a McLaughlin (1997), el drag-flick puede ser dividido en cuatro instantes: apoyo del pie derecho en el paso cruzado, contacto del palo con la bola, apoyo del pie izquierdo y lanzamiento de la bola. Sin embargo Kerr y Ness (2006) advierten que la mayoría de los autores consideran la fase final del doble apoyo como la de lanzamiento puesto que es cuando la bola adquiere mayor velocidad. McLaughlin indicó que en el drag-flick se producían rotaciones consecutivas en las caderas, hombros, brazos y el palo. En cambio, Kerr y Ness, en su estudio del push-in encontraron que dicho movimiento se basaba en una combinación de rotaciones simultáneas y secuenciales de los diferentes segmentos.

Estos estudios previos han centrado su interés en las diferencias cinemáticas existentes entre los jugadores en función del nivel de experiencia. La posición de las caderas y hombros al comienzo de la fase de doble apoyo juegan un papel muy importante. McLaughlin (1997) recomienda una colocación inicial en el sentido de las agujas del reloj para un jugador diestro. Las mayores contribuciones a la velocidad de la bola fueron: la distancia del doble apoyo, la distancia de la bola al comienzo del doble apoyo y las velocidades angulares de las caderas y

hombros en el despegue de la bola (McLaughlin, 1997; Kerr & Ness, 2006).

Por lo tanto, los objetivos de este estudio fueron:

- describir los parámetros cinemáticos del drag-flick en jugadores de nivel internacional y
- analizar las diferencias entre los grupos de género.

Métodos

Trece sujetos, un lanzador (36 años; 66,5 kg; 170 cm; 29 años de experiencia), 6 hombres (19,8 ± 0,95 años; 70,4 ± 9,7 kg; 175,5 ± 6,6 cm; 7,3 ± 3,08 años de experiencia) y 6 mujeres (20 ± 3,46 años; 61,3 ± 6,4 kg; 165,4 ± 0,5 cm; 10,3 ± 3,01 años de experiencia), participaron en el estudio. Todos eran jugadores de hockey hierba de nivel internacional. Los sujetos aportaron su consentimiento informado antes de participar en el estudio.

Todas las mediciones se llevaron a cabo durante dos semanas al comienzo de la temporada 2007-2008. Los test se realizaron en el Laboratorio de Biomecánica Deportiva de la Facultad de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte de la Universidad Politécnica de Madrid. Los parámetros cinemáticos se registraron mediante el sistema de captura automática Vicon con 6 cámaras a 250 Hz. El espacio experimental fue un área de 5 m de largo y 2,5 m de ancho. La calibración estática y dinámica reflejó un error menor de 2 cm y una reproductividad estática del 4 %. Se colocaron 42 marcadores reflectantes (39 en el cuerpo y 3 en el palo) de un diámetro de 14 mm (*fig. 1*). Fueron colocados siguiendo las recomendaciones del Manual de Vicon (Vicon, 2002). En el palo se colocaron marcadores al comienzo del grip, en la curva interior de la cabeza del palo y en el final de la cabeza del



◀ **Figura 1**
Captura estática de los 42 marcadores

palo. Los sujetos vestían ropa elástica deportiva. Los datos se filtraron utilizando funciones Quintic Spline con el método Cross Generalized Validation de Woltring para el cálculo del factor de suavizado.

La velocidad de la bola se calculó mediante fotogrametría 3D al aplicar el algoritmo DLT (Direct Linear Transformation) de Abdel-Aziz y Karara (1971), tras digitalizar la imagen de dos cámaras de vídeo colocadas a 90°. Las cámaras estaban conectadas y grabaron a 50 Hz.

El procedimiento consistió en realizar la sesión de captura tras un calentamiento específico. Se solicitó a los jugadores que realizaran el gesto a su velocidad natural. Se capturaron y analizaron veinte drag-flick de cada uno de ellos ($N = 20 \times 13$). La bola se colocó a 1,5-2 m del centro del espacio de calibración. El sujeto entraba en el área en carrera y al comienzo del último apoyo del pie frontal comenzaba el arrastre. Se registró desde el apoyo del pie frontal hasta varios fotogramas tras la máxima velocidad en la cabeza del palo.

Se midieron las velocidades de la bola en la salida, y las velocidades máximas de la cadera derecha, el hombro

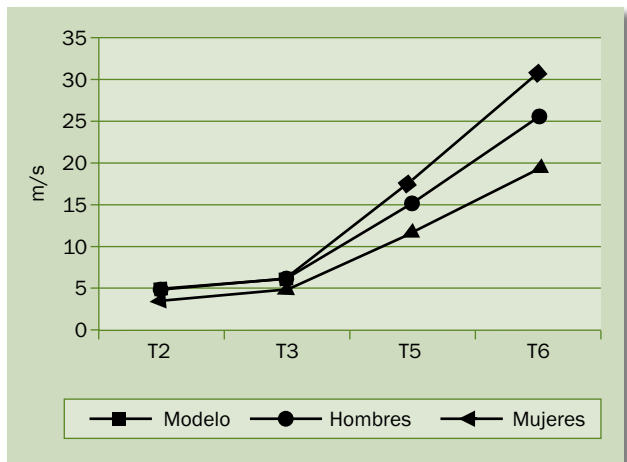


Figura 2
Velocidades máximas de la cadera derecha, hombro derecho, grip y cabeza del palo en m/s

derecho, el grip y la cabeza del palo (m/s). Se midió la velocidad angular relativa mediante la diferencia entre el grip y la cabeza del palo (m/s), teniendo en cuenta que la distancia entre ambos puntos es constante, esta velocidad es proporcional a la velocidad angular del palo.

El drag-flick fue dividido en los siguientes eventos (s): t1 contacto del pie delantero, se consideró el tiempo 0 s; t2 velocidad máxima de la cadera derecha; t3 velocidad máxima del hombro derecho; t4 salida de la bola; t5 velocidad máxima del grip y t6 velocidad máxima de la cabeza del palo. Estos tiempos fueron normalizados considerando el 0 % en t1 y el 100 % en t6.

La distancia entre el punto medio de las caderas y la cabeza del palo se registró para calcular el radio de rotación (m). También se midieron la distancia del último paso (m), la distancia de drag-flick (m) y la distancia del pie frontal a la bola en el t1 o doble apoyo final (m). Estos parámetros fueron calculados relativos a la altura del jugador. También se consideraron la duración total del drag-flick (s) y la velocidad media del drag-flick (m/s).

Los ángulos de las caderas, los hombros y el palo fueron calculados considerando el eje “y” la línea del doble apoyo de los pies, el eje “x” 90° a la derecha y el eje “z” vertical.

El análisis estadístico fue realizado utilizando el software SPSS v.16 (SPSS Inc., Chicago IL). Para calcular las diferencias entre las velocidades de salida de la bola se aplicó una ANOVA. Para el análisis de la varianza de los diferentes parámetros se utilizó una ANOVA de medidas repetidas de dos factores (grupo: modelo, hombres y mujeres y variable). Todos los análisis se llevaron a cabo cuando la asunción de esfericidad no fue violada. Cuando ϵ era menor de 1.0 se utilizó la corrección de Geisser/Greenhouse para ajustar los grados de libertad (Thomas & Nelson, 2001).

Se fijó un nivel de significación de $p < 0,05$. Este nivel fue ajustado con las correcciones de Bonferroni. Los análisis *post-hoc* se aplicaron utilizando los test de Scheffé.

Tabla 1
Media y desviaciones estándar de las velocidades máximas de la cadera derecha (t2), hombro derecho (t3), grip (t5) y cabeza del palo (t6) en m/s

Velocidades máximas (m/s)	Modelo	Hombres	Mujeres
Cadera derecha	5,1 ± 0,5	4,5 ± 0,6**	3,8 ± 0,6**
Hombro derecho	6,1 ± 0,2	6,4 ± 0,7	5,1 ± 0,5**
Grip	17,9 ± 0,5	15,3 ± 1,4**	11,9 ± 1,4**
Cabeza del palo	30,5 ± 1,0	25,5 ± 2,1**	19,4 ± 2,6**

** Diferencias significativas $p < 0,01$ con el modelo.

Resultados

La velocidad de salida de la bola fue superior ($p < 0,01$) en el modelo ($25,4 \pm 1,3$ m/s) que en el grupo de hombres ($21,9 \pm 1,7$ m/s) y mujeres ($17,9 \pm 1,7$ m/s). Las velocidades máximas de la cadera derecha, hombro derecho, grip y cabeza mostraron la secuencia cinemática existente (fig. 2 y tabla 1). El modelo alcanzó 5,1 m/s, en la cadera derecha, 6,1 m/s en el hombro derecho, 17,9 m/s en el grip y 30,5 m/s en la cabeza del palo. Las velocidades registradas en los dos grupos de género fueron inferiores ($p < 0,01$) salvo en el hombro derecho de los hombres. Resulta destacable la evolución de la velocidad en la cabeza del palo (fig. 3). Mientras que en hombres y mujeres esta velocidad aumenta a lo largo del gesto técnico, en el modelo de t2 a t3 decrece antes de alcanzar su velocidad máxima ($p < 0,01$).

La diferencia entre la velocidad en la cabeza del palo y el grip mostró la velocidad angular relativa (fig. 4). En t6 esta velocidad fue de $12,6 \pm 0,6$ m/s en el modelo, siendo superior ($p < 0,01$) a los hombres ($10,3 \pm 1,5$ m/s) y a las mujeres ($7,6 \pm 1,46$ m/s). El valor positivo de este valor significa que el movimiento del palo se produce en sentido contrario a las agujas del reloj (hacia delante). La evolución en el tiempo de la velocidad angular relativa mostró valores negativos en t3 en el modelo y en los hombres, mientras que en las mujeres se mantuvo positiva. Un valor negativo significa un movimiento del palo a favor de las agujas del reloj (hacia atrás).

La tabla 2 muestra los instantes de los momentos clave del drag-flick. Tienen lugar en el siguiente orden: t1 doble apoyo final, t2 máxima velocidad de la cadera derecha, t3 máxima velocidad del hombro derecho, t4 despegue de la bola, t5-t6 máxima velocidad en el palo (grip y cabeza del palo). La secuencia mostró diferencias significativas ($p < 0,05$) entre todos los tiempos menos entre t4 y t5 y entre t5 y t6. Considerando los tiempos normalizados entre t1 (0 %) y t6 (100 %), las mujeres rotaron las caderas (22,4 %) y los hombres

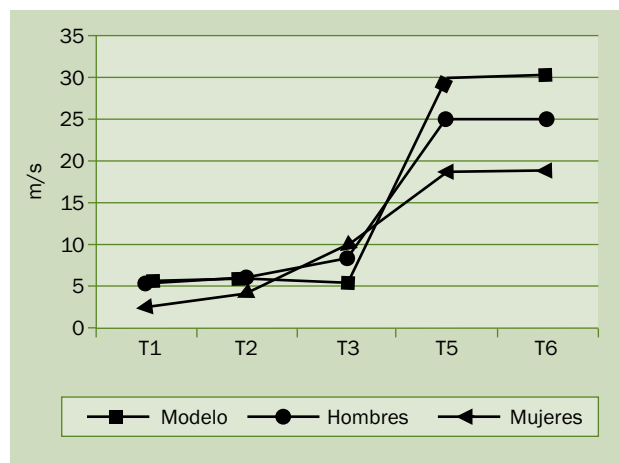


Figura 3

Evolución de la velocidad de la cabeza del palo en m/s

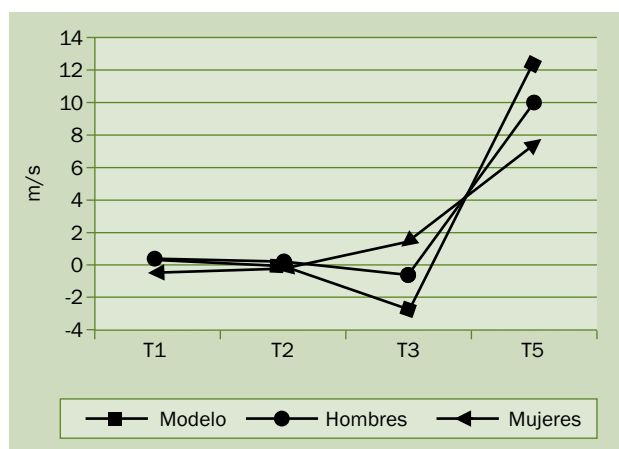


Figura 4

Evolución de la velocidad relativa del palo en m/s

(64,5 %) de forma más tardía ($p < 0,01$) que el modelo. El modelo giró las caderas en el 12,6 % y los hombres en el 56,4 %. En este parámetro no se encontraron diferencias significativas entre el grupo de hombres y el modelo.

Instantes (s)	Modelo	Hombres	Mujeres
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

* Diferencias significativas $p < 0,05$ entre dicho instante y el siguiente.

Tabla 2

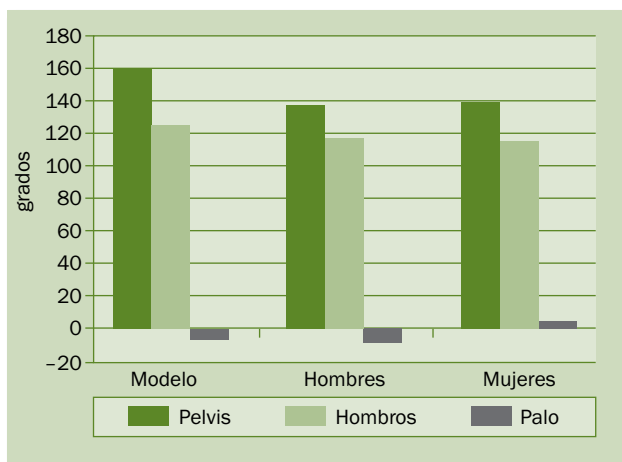
Media y desviaciones estándar de los instantes t2, t3, t4, t5 y t6 en segundos, siendo 0 el comienzo del doble apoyo final

Instante	Caderas	Hombros	Palo
Modelo			
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
Hombres			
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
Mujeres			
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

* Diferencias significativas $p < 0,05$ con el modelo y ** a $p < 0,01$.

Tabla 3

Media y desviaciones estándar de los ángulos en las caderas, hombros y palo en t1, t2, t3 y t6 en grados

**Figura 5**

Ángulos de la pelvis, hombros y palo en t3 en el modelo, hombres y mujeres en grados

En la *tabla 3* se muestran los ángulos de las caderas, hombros y el palo de t1 a t6. Todos los jugadores rotaron caderas y hombros en sentido contrario a las agujas del reloj. El jugador modelo y los hombres giraron el palo hacia atrás por un periodo de tiempo. Las mujeres nunca colocaron el palo en una posición negativa, sino que a lo largo de todo el movimiento giró en sentido contrario a las agujas del reloj (*fig. 5*).

Los ángulos de las caderas y los hombros entre ambos grupos de género y el modelo mostraron diferencias significativas ($p < 0,01$) en casi todos los instantes (sólo el ángulo de las mujeres en t3 no mostró diferencias significativas). El ángulo del palo en el modelo mostró diferencias significativas ($p < 0,01$) con los hombres en t1 y t2 y con las mujeres en t3 ($p < 0,05$). El ángulo formado por las caderas y los hombros en el doble apoyo fue superior en el modelo ($30,3^\circ$) que en los hombres ($21,2^\circ$) o mujeres ($17,5^\circ$).

El modelo alcanzó un 95 % de su altura en el radio de rotación, mientras que los hombres llegaron al 91 % y las mujeres al 86 %, siendo significativa ($p < 0,01$) dicha diferencia respecto al modelo.

La distancia del doble paso final fue similar en el modelo ($1,49 \pm 0,04$ m) y los hombres ($1,55 \pm 0,09$ m), mientras que las mujeres alcanzaron una distancia inferior ($1,32 \pm 0,08$ m). En el análisis de dicha distancia relativa a la altura del jugador, las mujeres ($80,05 \pm 4,29$ %) mostraron diferencias ($p < 0,01$) respecto al modelo ($87,82 \pm 2,5$ %) y al grupo de hombres ($88,31 \pm 5,18$ %). En la distancia del pie adelantado a la bola en el instante de doble apoyo final, t1, no se encontraron diferencias significativas entre el modelo ($1,0 \pm 0,06$ m), los hombres ($1,23 \pm 0,24$ m) y las mujeres ($0,93 \pm 0,18$ m).

La distancia del drag-flick fue superior en el grupo de los hombres ($2,42 \pm 0,31$ m), que en el modelo ($2,0 \pm 0,06$ m) y en las mujeres ($1,70 \pm 0,38$ m). Esta diferencia resultó significativa ($p < 0,05$) al comparar la distancia del drag-flick relativa a la altura del jugador en el modelo ($1,18 \pm 0,03$ m) y los hombres ($1,38 \pm 0,03$ m) y las mujeres ($1,03 \pm 0,22$ m). La duración total del drag-flick fue similar en ambos grupos de género, ($0,22 \pm 0,03$ s en hombres y $0,20 \pm 0,06$ s en mujeres) mientras que el modelo empleó menos tiempo ($p < 0,05$) en realizar el movimiento ($0,17 \pm 0,01$ s). La velocidad media registrada en el modelo ($11,63 \pm 0,42$ m/s) fue superior ($p < 0,01$) a la del grupo de hombres ($10,96 \pm 0,62$ m/s) o de mujeres ($8,57 \pm 0,92$ m/s).

Discusión

Los parámetros cinemáticos estudiados muestran cómo en el grupo de las mujeres existe una falta de dominio de esta técnica. El modelo y el grupo de hombres obtuvieron parámetros cinemáticos similares, pero las diferencias se hicieron más evidentes en el grupo de mujeres.

Las velocidades de la bola alcanzadas por esta muestra son superiores a los 19,1-21,9 m/s registradas en McLaughin (1997) y los 19,6-27,8 m/s en Yusoff et al. (2008). McLaughin comparó un modelo de nivel internacional con jugadores de nivel regional, mientras que Yusoff et al. registraron diecinueve golpes en total ejecutados por cinco jugadores de nivel internacional durante la 10ª Copa del Mundo celebrada en el año 2002. La muestra de este estudio son todo jugadores de nivel internacional, por ello los valores se asemejan a los de Yusoff et al.

En la secuencia de movimientos mostrada tras el doble apoyo final se daba, en primer lugar, la velocidad máxima de la cadera derecha, seguida por la velocidad máxima del hombro derecho, luego el despegue de la bola y casi seguido a este instante el palo lograba su velocidad máxima primero en el grip y posteriormente en la cabeza del palo. Se encontraron diferencias significativas ($p < 0,01$) entre todos los tiempos, salvo entre t4 y t5, y t5 y t6, es decir, desde el despegue de la bola hasta los máximos del palo. Pese a que todos los jugadores mostraron esta secuencia de movimientos y que el despegue de la bola ocurría antes de los máximos en el palo, dicha diferencia temporal no fue significativa. Este hecho puede ser debido al corto intervalo de tiempo entre dichos instantes: 0,09 s en el modelo, 0,05 s en el grupo de hombres y 0 s en el de mujeres. Tanto McLaughin (1997) como Yusoff et al. (2008) mostraron una secuencia de velocidades máximas antes del despegue de la bola, presumimos que no consideraron el tomar parámetros cinemáticos tras el despegue. Siguiendo las aclaraciones de Kerr y Ness (2006), el hecho de que aparezcan velocidades máximas en el palo tras el despegue de la bola resulta razonable como resultado del decrecimiento que se produce al disminuir la acción de la palanca distal, debido a la desaparición de la fricción y la disminución del momento de inercia. Es decir que en este gesto técnico el despegue se produce con el palo en el aire, sin fricción con el suelo, y por otra parte, al desaparecer el contacto con la bola, se produce una aceleración en dicho extremo distal.

En las mujeres se producían tanto la acción de rotación de las caderas y como de los hombros de forma más tardía en comparación con el modelo o con el grupo de hombres. Esta diferencia puede ser la causante de que las mujeres alcancen una velocidad de bola menor que el resto de la muestra. Los valores alcanzados en la cabeza del palo por este grupo (19,4 m/s) son similares al jugador modelo (18,4 m/s) de McLaughin (1997) e inferiores (21,2-24,2 m/s) a los del estudio de Yusoff et al. (2008). Tanto el modelo como el grupo de hombres alcanzaron velocidades en la cabeza del palo (30,5 y 25,5 m/s) superiores a dichos estudios previos. Probablemente en situación de competición la precisión toma una mayor relevancia disminuyendo la velocidad, en comparación con una situación de laboratorio como el presente estudio.

La velocidad relativa del palo (angular) también fue inferior en las mujeres ($p < 0,01$) que en el resto de la muestra. En el instante t6 las mujeres lograron un 40 % menos de velocidad angular relativa que el modelo y un 19 % menos que los hombres. Los valores negativos encontrados en el instante t3 tanto en el jugador modelo (-2,6 m/s) como en el grupo de hombres (-0,7 m/s) podrían entenderse como que antes de acelerar el palo en un sentido hacia delante se produce un movimiento hacia atrás con el fin de conseguir una mayor velocidad en el arrastre. Este movimiento se conoce como “efecto látigo”. En cambio, en las mujeres estos valores fueron siempre positivos, por lo que las mujeres no aplicaban este movimiento previo sino que realizaban un empuje a lo largo del movimiento.

En relación con la posición de los segmentos durante el movimiento, podemos afirmar que la posición inicial puede ser la clave de este gesto técnico. En nuestros resultados en ambos grupos de género en los ángulos de las caderas y los hombros en el doble apoyo final (t1) son similares con McLaughin (1997). En dicho estudio el grupo de novatos comenzaban esta fase con las caderas a 106° y los hombros a 102°, y su modelo con 110° y 111°, respectivamente. En nuestro estudio aparecieron diferencias significativas ($p < 0,01$) en el ángulo de las caderas entre el modelo y ambos grupos de género durante todo el gesto técnico. Esta diferencia puede ser debida a la posición inicial. Es decir, la diferencia entre el ángulo de los hombros y las caderas al comienzo del movimiento podría reflejar el pre-estiramiento necesario en el tronco antes de una aceleración en sentido contrario (ciclo de estiramiento-acortamiento) tal y como Yusoff et al. (2008) indicaba. Este estiramiento

previo fue superior en el modelo (30,3°) que en ambos grupos de género (21° y 17,5°). Analizando los ángulos del palo, se pudo constatar cómo las mujeres no obtuvieron valores negativos, por lo tanto el rango de movimiento fue menor en este grupo. Los desplazamientos angulares durante el movimiento en las caderas (35,3°, 31,1° y 39,2°), hombros (49,9°, 46,2° y 66,1°) y el palo (55,5°, 66,1° y 49,4°) fueron cercanos a Yusoff et al. En dicho estudio encontraron un desplazamiento angular de caderas entre 8° y 4° y en los hombros, entre 64,6° y 104,7°. El desplazamiento angular en el estudio de McLaughlin es considerablemente inferior (9-11° en caderas y 20-34° en hombros). Es necesario aclarar que la medición de los ángulos en el presente estudio se hizo en base a que la línea creada por los pies en el doble apoyo final supone el eje “y”, mientras que tanto McLaughlin como Yusoff et al. tomaron el eje longitudinal del campo como referencia. Dichos valores podrían tener un error debido a las diferentes posiciones de los pies que puede adoptar cada jugador en esta fase final de aceleración.

Las diferencias significativas ($p < 0,01$) encontradas en el radio de rotación entre el modelo y ambos grupos de género podrían indicar que, con el fin de lograr una mayor velocidad en el extremo distal, el modelo amplió su radio de rotación hasta un 95 % de su estatura.

La distancia encontrada en el doble apoyo final fue similar a McLaughlin (1997) e inferior a los 1,55 y 1,82 m de Yusoff et al. (2008). Se hallaron diferencias significativas ($p < 0,01$) entre la distancia del doble apoyo final relativa entre el modelo y ambos grupos de género. La distancia entre el pie adelantado y la bola al comienzo de la fase de aceleración (t1) en esta muestra fue superior al grupo (0,73 m) y el modelo (0,81 m) de (McLaughlin, 1997). Los valores de grupo de los hombres en este parámetro son similares a los 1,01-1,66 m de Yusoff et al. La distancia de drag-flick fue superior a McLaughlin (1,36 m y 1,47 m) y similar a Yusoff et al. (1,65-2,24 m). Estos resultados muestran la evolución de este gesto técnico en la última década. El modelo mostró una distancia relativa del drag-flick superior ($p < 0,05$) al grupo de las mujeres e inferior ($p < 0,01$) al grupo de los hombres. Consideramos más adecuado el utilizar valores relativos en el análisis del gesto puesto que los valores absolutos dependen de las características antropométricas de cada jugador. El modelo empleó tiempos similares a los estudios previos de McLaughlin de 0,12-0,14 s y de Yusoff et al. de 0,13-0,18 s, mientras que ambos grupos de género emplearon más tiempo

en la ejecución de la fase de aceleración del gesto técnico. La velocidad media del drag-flick de la presente muestra es similar a los 9,7 m/s del estudio de McLaughlin pero inferior a los 12,8-19,8 m/s de Yusoff et al.

Finalmente, indicaríamos unas recomendaciones a los entrenadores para la mejora de este gesto técnico. Lo primero sería el enfatizar la distancia del doble apoyo final, a continuación el colocar las caderas en sentido de las caderas más enfrentadas a la dirección del movimiento, el tercero el realizar la acción de las caderas seguida de los hombros en la fase inicial de la aceleración y el cuarto sería el realizar un movimiento hacia atrás con el palo antes de imprimirle la aceleración final. Debido a las diferencias intergénero en la fuerza muscular, también sería recomendable el entrenar el ciclo de estiramiento-acortamiento de los músculos del tronco en el caso de las mujeres.

Debemos reconocer las limitaciones del presente estudio. La mayor velocidad alcanzada por el jugador modelo podría deberse a su edad (36 y 20 ambos grupos de género). La experiencia deportiva también podría afectar en el dominio de este gesto técnico. Por último, debido a que la captura automática se debe realizar en un espacio limitado, la dirección de salida de la bola no fue medida. De hecho, el no estar en situación de partido puede afectar a dicha velocidad siendo superior a la situación de competición. Tal y como indicaron Elliott, Alderson y Denver (2007) el utilizar un sistema de captura automática en el análisis biomecánico del gesto técnico tiene algunas ventajas como la alta frecuencia de muestreo, el tratamiento de datos y la validez interna, pero también aparecen algunas carencias relacionadas con la validez ecológica, en este caso no se midió la eficacia del disparo de la bola o el realizarlo en un espacio limitado como es el laboratorio.

Conclusión

Se ha mostrado la secuencia cinemática del drag-flick en jugadores de hockey de nivel internacional. Mediante la comparación estadística del modelo con ambos grupos de género se han podido determinar las claves de este gesto técnico, siendo necesario un amplio doble apoyo final, un movimiento explosivo de caderas y hombros, y finalmente un movimiento hacia atrás del palo antes de aplicarle su aceleración final.

Se propone para futuras líneas de investigación el analizar el entrenamiento del drag flick mediante estudios experimentales.

Agradecimientos

Este estudio fue financiado por el Consejo Superior de Deportes.

Referencias

- Abdel-Aziz, Y. I. & Karara, H. M. (1971). Direct linear transformation from comparator coordinates into object space coordinates in close range photogrammetry. Ponencia presentada en *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. Recuperado de <http://www.jbiomech.com> doi:10.1016/j.jbiomech.2006.12.012
- International Hockey Federation (IHF). (2009). *Rules of Hockey from 1st 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.; Australia: 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). Recuperado 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). *Infocoes*, 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.