

LA EFICACIA DEL EFECTO LÁTIGO EN EL DRAG-FLICK EN EL HOCKEY HIERBA

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

1. Departamento de Psicopedagogía y Educación Física. Universidad de Alcalá
2. Facultad de Ciencias del Deporte. Universidad Politécnica de Madrid

RESUMEN

El penalty 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 penalty córner (McLaughlin, 1997). Los objetivos del presente estudio fueron el 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 angulares de las caderas, hombros y stick fueron superiores ($p < 0.01$) en el modelo que en ambos grupos de género. Mediante la comparación estadística del modelo con ambos grupos de género se han podido determinar las claves de este gesto técnico, siendo necesario un movimiento hacia atrás del stick (efecto látigo) antes de la aceleración de caderas y hombros, para terminar el gesto con la máxima aceleración del stick.

Palabras claves: Biomecánica, drag-flick, hockey hierba, cinemática

ABSTRACT

The penalty corner is one of the most important goal plays in field hockey. The drag-flick is more efficient than other techniques when playing a penalty corner. The aims of this study were to describe the kinematics of international field hockey players during the drag-flick and to analyse gender differences. Thirteen participants, one male drag-flicker, six males and six females participated in the study. VICON optoelectronic system measured the kinematic parameters from the drag-flick with six cameras sampling at 250 Hz. Twenty trials were captured from each subject. Ball velocity at release, hips maximum angular velocity, stick minimum and maximum angular velocities were higher ($p < 0.01$) in the drag-flicker than in both gender groups. Comparing with the drag-flicker we have found the cues of the skill, being necessary a whipping effect of the stick before an explosive movement of hips, shoulders and a maximum acceleration of the stick.

Key words: Biomechanics, drag-flick, field hockey, kinematics

Correspondencia:

Cristina López de Subijana
Dpto. Psicopedagogía y Educación Física, Universidad de Alcalá
Ctra. Madrid-Barcelona km 33.2, 28871, Alcalá de Henares
cristina.ldesubijana@uah.es

Fecha de recepción: 06/07/2009

Fecha de aceptación: 13/11/2009

INTRODUCCIÓN

El penalty córner es una de las situaciones de juego más importantes en el hockey hierba (Vizcaya, Fernández y Martín, 1999; Laird y Sunderland, 2003; Piñeiro, 2008). Estudios previos sugieren que un tercio de los goles provienen de esta situación táctica (Vizcaya et al., 1999; Pérez y 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 compone 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 (FIH, 2009), el ejecutar un drag-flick en un penalty corner 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 penalty-corner (McLaughlin, 1997; Piñeiro, Sampedro y Refoyo, 2007; Yusoff, Hasan y Wilson, 2008).

Existen estudios relativos a los diferentes golpes en hockey hierba (Chivers & Elliot, 1987; Kerr & Ness, 2006; Brétigny et al., 2008) pero solo dos analizan el drag-flick (McLaughlin, 1997; Yusoff et al., 2008). Su objeto de estudio fue el analizar las variables cinemáticas en relación al nivel de experiencia de los jugadores.

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 y Ness, 2006; McLaughlin, 1997), 100 Hz (Elliott y Cresswell, 1987) y 200 Hz (Chivers y Elliott, 1987). Únicamente Brétigny et al. (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 et al. (2008) se analizaron los golpes de cinco jugadores de nivel internacional, con una muestra total de 19 registros. Hasta la fecha no existe ningún estudio de los parámetros dinámicos del drag-flick ni tampoco con un tratamiento estadístico de las variables estudiadas en jugadores de alto nivel.

El drag-flick sigue el patrón de los lanzamientos y golpes. En dichos movimientos el objetivo es lograr una velocidad máxima en el extremo distal de la cadena cinética (cabeza del stick) para imprimir a su vez una mayor velocidad al objeto móvil o artefacto. Numerosos autores han encontrado cómo los segmentos alcanzan velocidades máximas de forma consecutiva de segmentos proximales a distales (Bartlett y Best, 1988; Putnam, 1993; Mero et al. 1994; Morris et al., 2001).

McLaughlin (1997) indicó que en el drag-flick se producían rotaciones consecutivas en las caderas, hombros, brazos y el stick. En cambio Kerr y Ness (2006) en su estudio del push-in encontraron que dicho movimiento se basaba en una combinación de rotaciones simultáneas y secuenciales de los diferentes segmentos. Las mayores contribuciones a la velocidad de la bola según estudios previos son: la distan-

cia 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 y Ness, 2006). Ninguno de los estudios previos ha analizado la evolución de la velocidad angular del palo en el tiempo, ni su posible contribución a la aceleración final del mismo.

Las hipótesis que se plantearon en este estudio fueron dos:

- Que aquellos jugadores más experimentados lograrían una cadena cinemática de velocidades angulares más eficaz y por consiguiente una mayor velocidad de salida de la bola.
- Y que el movimiento en sentido contrario del stick, (efecto látigo), previo a su aceleración final sería determinante en dicha cadena cinemática.

MÉTODO

Participantes

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.



FIGURA 1. CAPTURA ESTÁTICA DE LOS 42 MARCADORES

Procedimiento

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 del la Facultad de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte de la Uni-

versidad 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 stick) de un diámetro de 14 mm (Figura 1). Fueron colocados siguiendo las recomendaciones del Manual de Vicon (Vicon, 2002). En el stick se colocaron marcadores al comienzo del grip, en la curva interior de la cabeza del stick y en el final de la cabeza del stick. 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 & Arara (1971), tras digitalizar la imagen de dos cámaras de video colocadas a 90°. Las cámaras estaban conectadas y grabaron a 50 Hz.

El procedimiento consistió en realizar una sesión de captura tras un calentamiento específico. Se solicitó a los jugadores que realizaran el gesto a su velocidad natural. Se capturaron veinte drag-flick de cada uno de ellos. La bola se colocó a 1.5 - 2 m del centro del espacio de calibración. Se registró desde el apoyo del pie frontal hasta varios fotogramas tras la máxima velocidad en la cabeza del stick.

La velocidad de salida de la bola fue calculada a través de la media entre los fotogramas previo y posterior al despegue. Los ángulos de las caderas, hombros y el stick 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. La velocidad angular fue la primera derivada del incremento del ángulo sobre el eje x en el tiempo. La flexión de rodilla calculada se refiere a la pierna delantera.

El drag-flick fue dividido en los siguientes eventos (s): t1 contacto del pie delantero, se consideró el tiempo 0 s; t2 velocidad angular mínima del stick; t3 velocidad angular máxima de la caderas; t4 velocidad angular máxima de los hombros; t5 salida de la bola; t6 velocidad angular máxima del stick. Estos tiempos fueron normalizados considerando el 0 % en t1 y el 100 % en t6. En un estudio piloto previo realizado se pudo comprobar cómo no existían diferencias significativas entre t5 (despegue de la bola) y t6 (máxima velocidad angular del stick)

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.

RESULTADOS

La velocidad de salida de la bola fue superior ($p < 0.01$) en el modelo (25.4 ± 1.3 m/s) que en el grupo de hombres (21.9 ± 1.7 m/s) y mujeres (17.9 ± 1.7 m/s). La cadena cinemática reflejada por los máximos de las velocidades angulares fue similar en el modelo y en el grupo de los hombres, mientras que en el grupo de mujeres en un orden diferente. Tanto en el modelo como en el grupo de hombres en primer lugar se registró el valor mínimo de la velocidad angular del stick, es decir el efecto látigo del mismo (0.058 ± 0.02 s en el modelo y 0.084 ± 0.02 s en los hombres). A continuación tenían lugar la velocidad máxima de caderas (0.093 ± 0.01 s en el modelo y 0.109 ± 0.03 s en los hombres), la velocidad máxima de los hombros (0.113 ± 0.01 s en el modelo y 0.126 ± 0.03 s en los hombres) y finalmente la velocidad angular máxima del stick (0.169 ± 0.00 s en el modelo and 0.219 ± 0.03 s en los hombres). Las mujeres en cambio, lograban primero la velocidad angular máxima en las caderas (0.069 ± 0.08 s) antes que el efecto látigo del stick (0.101 ± 0.05 s), luego la velocidad angular máxima en los hombros (0.124 ± 0.03 s) y la velocidad angular máxima en el stick (0.204 ± 0.06 s).

Se encontraron diferencias significativas ($p < 0.05$) entre el modelo y los hombres en los siguientes tiempos clave: el efecto látigo en el stick, la salida de la bola y el instante de máxima velocidad angular del stick. Siguiendo la cadena cinemática, ambos grupos de género mostraron diferencias significativas ($p < 0.01$) entre un instante clave y el siguiente. El modelo no obtuvo diferencias significativas entre los instantes clave de las caderas y los hombros.

En los tiempos normalizados se detectaron diferencias significativas ($p < 0.05$) entre el grupo de mujeres y el modelo ($48.9 \pm 15.1\%$ efecto látigo; $28.1 \pm 27.7\%$ caderas; $61.9 \pm 9.5\%$ hombros and $101.3 \pm 7.1\%$ salida de la bola en las mujeres y $34.0 \pm 9.1\%$ efecto látigo; $55.1 \pm 2.9\%$ caderas; $66.8 \pm 6.1\%$ hombros and $96.2 \pm 4.5\%$ salida de la bola en el modelo). Los hombres sólo mostraron diferencias significativas con el modelo en el tiempo de hombros normalizado ($37.9 \pm 10.7\%$ efecto látigo; $49.3 \pm 9.4\%$ caderas; $57.1 \pm 8.1\%$ hombros and $98.8 \pm 4.8\%$ salida de la bola).

La tabla 1 muestra las velocidades angulares máximas. El modelo alcanzó mayores velocidades angulares que ambos grupos de género. Estas diferencias resultaron significativas ($p < 0.01$) en el efecto látigo del stick, y en las velocidades angula-

res máximas de las caderas y de los hombros. En la comparación de las velocidades angulares máximas de los hombros, el modelo mostraba diferencias significativas con las mujeres ($p < 0.05$) pero no con los hombres. Mientras que ambos grupos de género aumentaban sus velocidades angulares máximas de proximal a distal, en el modelo las caderas lograron mayores velocidades angulares que los hombros.

La duración total del drag-flick fue similar en ambos grupos de género, (0.22 ± 0.03 s en hombres y 0.20 ± 0.06 s en mujeres) mientras que el modelo empleó menos tiempo ($p < 0.05$) en realizar el movimiento (0.17 ± 0.01 s). La velocidad media registrada en el modelo (11.63 ± 0.42 m/s) fue superior ($p < 0.01$) a la del grupo de hombres (10.96 ± 0.62 m/s) o de mujeres (8.57 ± 0.92 m/s).

TABLA 1
Medias y desviaciones estandar de las velocidades angulares mínima del stick (efecto látigo) y máximas de caderas, hombros y stick en %s

Velocidades angulares máximas (°/s)	Modelo	Hombres	Mujeres
Efecto látigo del stick	-390.5 ± 48.6	$344.3 \pm 63.4^{**}$	$397.5 \pm 76.41^{**}$
Hombros	492.9 ± 29.4	473.4 ± 90.2	$421.0 \pm 89.9^*$
Stick	1890.1 ± 72.8	$1473.2 \pm 177.8^{**}$	$1168.1 \pm 223.0^{**}$

* Diferencias significativas con el modelo en $p < 0.05$ y ** a $p < 0.01$.

DISCUSIÓN

La eficacia de la cadena cinemática se muestra en la velocidad de salida de la bola. Las velocidades de la bola alcanzadas por esta muestra son superiores a los 19.1-21.9 m/s registradas en McLaughin (1997) y 19.6-27.8 m/s en Yusoff et al. (2008). McLaughin (1997) comparó un modelo de nivel internacional con jugadores de nivel regional, mientras que Yusoff et al. (2008) registraron diecinueve golpes en total ejecutados por cinco jugadores de nivel internacional durante la 10.^a 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. (2008). Es importante mencionar que el modelo obtuvo diferencias significativas ($p < 0.01$) en esta variable respecto a ambos grupos de género.

La cadena cinemática mostrada por los máximos de las velocidades angulares de caderas, hombros y palo, y tras analizar cuando ocurría el «efecto látigo», el mínimo de la velocidad angular del stick, daba lugar a la secuencia temporal del gesto técnico. Dicha secuencia temporal fue similar en el modelo y en el grupo de los hombres, mientras que en las mujeres ocurría en un orden diferente. El modelo y el grupo de hombres seguían una secuencia de «efecto látigo»-caderas- hombros- stick. Las mujeres aceleran las caderas antes que el efecto látigo del stick, para a continuación al-

canzar el máximo de los hombros y por último del stick. La secuencia temporal de ambos grupos de género indica cómo se han encontrado diferencias significativas ($p < 0.05$) entre todos los instantes claves. En el modelo Los tiempos de las velocidades máximas angulares de las caderas y de los hombros ocurrían en instantes cercanos en el tiempo, de forma que no se registraron diferencias significativas entre ambos. El hecho de que tanto el modelo como el grupo de hombres alcancen el máximo de velocidad angular en el stick tras el despegue de la bola resulta razonable al ser el resultado de disminuir la acción de la palanca en el extremo distal del stick, y por lo tanto eliminar la fricción y disminuir el momento de inercia (Kerr & Ness, 2006).

Respecto a la duración total de la fase de aceleración de este gesto técnico, el modelo empleó tiempos similares a los estudios previos de Mc Laughlin (1997) de 0.12-0.14 s. y de Yusoff et al. (2008) 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 McLauhgín (1997) pero inferior a los 12.8-19.8 m/s de Yusoff et al. (2008).

Las velocidades angulares máximas de nuestra muestra son superiores a las registradas por McLaughlin (1997) donde obtuvieron 155-175°/s en las caderas y 260-265°/s en los hombros. Nuestros datos coinciden tanto con los jugadores experimentados, quienes lograron 439°/s y 604°/s en caderas y hombros, como en los novatos, siendo de 363°/s y 558°/s, respectivamente (Kerr & Ness, 2006). Ninguno de estos estudios aportan información de las velocidades angulares del stick.

El dominio de este gesto técnico parece estar relacionado con los movimientos del stick. Con el fin de aumentar la acción del arrastre los jugadores desplazaban el stick en sentido de las agujas del reloj (hacia atrás) antes de la aceleración final (hacia delante). Este movimiento se conoce como el efecto látigo. La velocidad angular mínima (efecto látigo) y máxima del stick en el modelo fue superior ($p < 0.01$) que ambos grupos de género. Este efecto látigo debe ser realizado después del doble apoyo final y antes de la máxima velocidad angular de las caderas.

CONCLUSIONES

En base a este estudio, se pueden hacer recomendaciones a aquellos entrenadores que entrenen a jugadores de este puesto específico: lanzadores del penalty-corner que utilizan el drag-flick como técnica preferida. La primera sería el focalizarse en el efecto látigo del stick previo a su aceleración final, y la segunda sería el entrenar el ciclo de acortamiento-estiramiento de los músculos del tronco para lograr una mayor velocidad angular en las caderas y en los hombros.

Se ha mostrado la secuencia cinemática de lanzadores del drag-flick de nivel internacional basada en las velocidades angulares de caderas, hombros y del stick. Me-

dante la comparación con el modelo se han encontrado las claves de este gesto técnico. Además, se han reflejado las diferencias significativas entre el modelo y ambos grupos de género.

REFERENCIAS

- Abdel-Aziz, Y. I., & Karara, H.M. (1971). *Direct linear transformation from comparator coordinates into object space coordinates in close range photogrammetry*. Paper presented at the ASP Symposium on close range photogrammetry, Fall Church.
- Bartlett, R. M., & Best, R. J. (1988). The biomechanics of javelin throwing: a review. *Journal of Sport Sciences*, 6(1), 1-38.
- Brétingny, 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.
- Chivers, L., & Elliott, B. (1987). The penalty corner in field hockey. *Excel*, 4(1), 5-8.
- International Hockey Federation. (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.
- 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.
- Mero, A., Komi, P. V., Korjus, T., Gregor, R. J., & Navarro, E. (1994). Body segment contribution to javelin throwing during final thrust phases. *Journal of Applied Biomechanics*, (10), 166-177.
- 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.
- Putnam, C. A. (1993). Sequential motions of body segments in striking and throwing skills: description and explanations. *Journal of Biomechanics*, 26, 125-135.
- Thomas, J. R., & Nelson, J. K. (2001). *Research methods in physical activity*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Vicon (2003). *Vicon user Manual*. Oxford Metrics, Uk.
- Yusoff, S., Hasan, N & Wilson, B. (2008). 1, 1.(35-43). (2008). Tree-dimensional biomechanical analysis of the hockey drag flick performed in competition. *ISN Bulletin, National Sport Institute of Malaysia*, 1(1), 35-43.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio fue financiado económicamente por el Consejo Superior de Deportes.