

## Kinematic Demands of International Competition in Women's Field Hockey

Esther Morencos<sup>1,2\*</sup>, David Casamichana<sup>3</sup>, Lorena Torres<sup>4</sup>, Blanca Romero-Moraleda<sup>5</sup>, Xavier Haro<sup>2,6</sup> and Gil Rodas<sup>2,7</sup>

<sup>1</sup>Exercise and Sport Sciences, Faculty of Health Sciences, Francisco de Vitoria University, Spain, <sup>2</sup>Royal Spanish Field Hockey Federation, Spain, <sup>3</sup>European University of the Atlantic, Santander, Spain, <sup>4</sup>Institute of Sport, Exercise and Active Living, College of Sport and Exercise Science, Victoria University, Melbourne, VIC, Australia, <sup>5</sup>Healthy Sciences Faculty, Camilo José Cela University, Cañada, Madrid, Spain, <sup>6</sup>School of Health Sciences, Pompeu Fabra University, Mataró, Spain, <sup>7</sup>Department of Medical Services of Futbol Club Barcelona, Spain

### Abstract

**Objective.** To compare the kinematic demands on international women field hockey players during official competition matches. **Materials and methods.** Sixteen women players (age:  $24.7 \pm 2.8$ ; weight:  $57.9 \pm 5.9$  kg; height:  $165.2 \pm 4.9$  cm) belonging to the Spanish national team were monitored during 5 matches of the European Championship using global positioning systems (GPS). The analyses were carried out according to the players' positions (defenders, midfielders and forwards), the quarters in the game (Q1, Q2, Q3, Q4), and the number of minutes played. The data analysed included distances, accelerations and decelerations in different intensity ranges. **Results.** The defenders showed less high-intensity activity (speeds, accelerations and decelerations) than midfielders and forwards ( $9.4 \pm 2.4\%$ ; ES: 0.78 with the midfielders and  $33.1 \pm 7.2\%$ ; ES: 2.1, with the defenders). The analysis by quarters showed that in Q4 activity was the highest for all positions. In terms of the number of minutes played, the cluster analysis grouped the players into 3 groups according to the number of minutes played (<32, 32-45 and >45 minutes). The athletes who played <32 covered the greatest distance at a sprint (>21 km/h) and high-intensity distance (>15 km/h) per minute of play compared to the group who played >45 minutes. **Conclusions.** The results of this study show that the physical demands on elite women hockey players depend on their position on the field, and that there is more activity in the last quarter and less relative high-intensity kinematic activity among the players who play more minutes during the match.

**Keywords:** GPS, team sports, movement analysis, competition analysis

\* Correspondence:  
Esther Morencos ([esther.morencos@ufv.es](mailto:esther.morencos@ufv.es)).

## Demandas cinemáticas de competición internacional en el hockey sobre hierba femenino

Esther Morencos<sup>1,2\*</sup>, David Casamichana<sup>3</sup>, Lorena Torres<sup>4</sup>, Blanca Romero-Moraleda<sup>5</sup>, Xavier Haro<sup>2,6</sup> y Gil Rodas<sup>2,7</sup>

<sup>1</sup>Ciencias de la Actividad Física y el Deporte, Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad Francisco de Vitoria, España, <sup>2</sup>Real Federación Española de Hockey Hierba, España, <sup>3</sup>Universidad Europea del Atlántico, Santander, España, <sup>4</sup>Institute of Sport, Exercise and Active Living, College of Sport and Exercise Science, Victoria University, Melbourne, VIC, Australia, <sup>5</sup>Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad Camilo José Cela, Cañada, Madrid, España, <sup>6</sup>Escuela Superior de Ciencias de la Salud, Universidad Pompeu Fabra, Mataró, España, <sup>7</sup>Departamento de Servicios Médicos del Futbol Club Barcelona, España

### Resumen

**Objetivo.** Comparar las demandas cinemáticas de jugadoras internacionales de hockey sobre hierba durante partidos de competición oficial. **Material y métodos.** Dieciséis jugadoras (edad:  $24.7 \pm 2.8$  años; peso:  $57.9 \pm 5.9$  kg; altura:  $165.2 \pm 4.9$  cm) pertenecientes a la selección absoluta española fueron monitorizadas mediante sistemas de posicionamiento global (GPS) durante 5 partidos del Campeonato de Europa. Los análisis fueron llevados a cabo en función de la demarcación de las jugadoras (defensas, medias y delanteras), de los cuartos de juego (C1, C2, C3, C4), y en base a los minutos jugados. Los datos analizados incluyeron distancias, aceleraciones y desaceleraciones en diferentes rangos de intensidad. **Resultados.** Las defensas presentaron menor actividad a alta intensidad (velocidades, aceleraciones y desaceleraciones) que medias y delanteras ( $9.4 \pm 2.4\%$ ; TE: 0.78 con las medias y  $33.1 \pm 7.2\%$ ; TE: 2.1, con las defensas). El análisis por cuartos mostró que en el C4 la actividad fue mayor para todas las demarcaciones. En cuanto a minutos jugados, el análisis clúster agrupó a las jugadoras en 3 grupos en función de los minutos jugados (<32, 32-45 y >45 minutos). Las deportistas que jugaron <32 cubrieron mayor distancia a esprint (>21 km/h) y distancia a alta intensidad (>15 km/h) por minuto de juego en comparación con el grupo de >45 minutos jugados. **Conclusiones.** Los resultados de este estudio muestran que las demandas físicas en jugadoras de élite de hockey dependen de la demarcación en el campo, con mayor actividad en el último cuarto y con menor actividad cinemática de alta intensidad relativa en las jugadoras que acumulan más minutos durante el partido.

**Palabras clave:** GPS, deportes colectivos, análisis del movimiento, análisis de la competición

\* Correspondencia:  
Esther Morencos ([esther.morencos@ufv.es](mailto:esther.morencos@ufv.es)).

## Introduction

Field hockey is an Olympic sport with 11 players per team who are usually categorised according to the position they occupy on the playing field into goalkeeper, defenders, midfielders and forwards. Just as in other team sports, it is characterised by variable intensity which repeatedly alternates periods of effort and recovery with a high offensive and defensive technical-tactical emphasis in which players require certain physical qualities (aerobic-anaerobic capacity and power, sprinting, acceleration, deceleration and changes in direction, to cite just a few) in order to perform successfully (Elferink-Gemser, Starkes, Medic, Lemmink, & Visscher 2011; Gabbett, 2010).

Due to the increase in the use of global positioning systems (GPS) to analyse and quantify outdoor sports loads (Cummins, Orr, O'Connor, & West, 2013; Sweeting, Cormack, Morgan, & Aughey, 2017), knowledge of the competitive physical demands in this sport has been increasing in recent years (McGuinness, Malone, Petrakos, & Collins, 2017). The study of the demands of competition provides references to help optimise athletes' preparation. This information is a starting point when managing the workloads, designing tasks in training situations (Gabbett, 2010; Holmes, Robinson, & Peters, 2006; Johnston, Sproule, McMorris, & Maile, 2004) and returning to play (Blanch & Gabbett, 2016) to mention just several practical applications (McGuinness, et al., 2017; Vescovi & Frayne, 2015).

The main results of previous studies showed that the number of minutes played (MP) was reflected in certain kinematic variables, such as the total distance run or the distance run at high speeds (the higher the MP, the higher the values for both variables), to cite just some of the most popular ones (Vescovi & Frayne, 2015). In addition, different demands were also found according to playing positions (technical-tactical role), which is traditionally classified into goalkeepers, defenders, midfielders and forwards, with the goalkeepers excluded from the majority of studies performed on the demands of competition. In this sense, Macutkiewicz and Sunderland (2011) were the first to observe that forwards spend more time making high-intensity movements (8% of total time) than midfielders and defenders (6% and

## Introducción

El hockey sobre hierba es un deporte olímpico en el que participan 11 jugadores por equipo normalmente categorizados en función de la demarcación ocupada en el terreno de juego en portero, defensas, medias y delanteros. Como otros deportes de equipo, se caracteriza por una intensidad variable en la que se alternan periodos de esfuerzo y de recuperación de forma iterativa, con un alto componente técnico-táctico ofensivo y defensivo y en el cual las jugadoras requieren de ciertas cualidades físicas (capacidad y potencia aeróbico-anaeróbica, de esprint, aceleración, desaceleración, cambios de dirección, por mencionar algunas) para rendir con éxito (Elferink-Gemser, Starkes, Medic, Lemmink y Visscher 2011; Gabbett, 2010).

Debido al incremento en la utilización de sistemas de posicionamiento global (GPS) para el análisis y la cuantificación de cargas en deportes *outdoor* (Cummins, Orr, O'Connor y West, 2013; Sweeting, Cormack, Morgan y Aughey, 2017), el conocimiento de las demandas físicas competitivas en este deporte está aumentando en los últimos años (McGuinness, Malone, Petrakos y Collins, 2017). El estudio de las demandas de la competición permite tener referencias para ayudar a optimizar el estado de preparación de los deportistas. Esta información sirve de punto de partida a la hora de gestionar las cargas de trabajo, el diseño de tareas en situaciones de entrenamiento (Gabbett, 2010; Holmes, Robinson y Peters, 2006; Johnston, Sproule, McMorris y Maile, 2004), o en el proceso de *return to play* (Blanch y Gabbett, 2016), por mencionar algunas de las aplicaciones prácticas (McGuinness, et al., 2017; Vescovi y Frayne, 2015).

Los principales resultados de estudios previos mostraban que los minutos jugados (MJ) se veían reflejados en ciertas variables cinemáticas, como el total de la distancia recorrida o la distancia recorrida a alta velocidad (ambas variables con valores mayores a más MJ), por citar algunos de los más populares (Vescovi y Frayne, 2015). Por otro lado, también se observaban demandas diferentes en función de las demarcaciones de juego (rol técnico-táctico), que tradicionalmente se clasifican en porterías, defensas, medias y delanteras, excluyéndose a las porterías en la mayoría de los estudios realizados acerca de las demandas de la competición. En este sentido, Macutkiewicz y Sunderland (2011) fueron los primeros en observar que las delanteras pasan más tiempo realizando movimientos de alta intensidad (8% respecto al tiempo total) en comparación con las medias y defensas (6% y 5%, respectivamente).

5%, respectively). More recently and after the latest change in the regulations, in their analysis with professional women players McGuinness et al. (2017) found that regardless of the position, the athletes played an average of 44 min, which meant  $\approx 60\%$  of the total, in which they ran an average of  $5540 \pm 521$  m in total. The distance at high speed was 11% of the total and 2% was at a sprint ( $> 20$  km/h). The defenders were the ones that ran the highest total distances compared to forwards and midfielders ( $5696 \pm 530$  m,  $5369 \pm 578$  m and  $5555 \pm 456$  m, respectively). However, forwards ran a greater relative distance (number of minutes played) compared to defenders and midfielders (70 - 131 m/min, 79 - 114 m/min, 79 - 129 m/min, respectively) (Gabbett, 2010; Macutkiewicz & Sunderland, 2011; McGuinness et al., 2017; Vescovi & Frayne, 2015).

Nevertheless, the evolution of the sport has been associated in all senses (technical-tactical and physical) with changes in the regulations, including the number of interchanges allowed (which is now unlimited), the introduction of the self-pass and changes in game times (Gabbett, 2010; Macutkiewicz & Sunderland, 2011; McGuinness, Malone, Hughes, & Collins, 2018; White & MacFarlane, 2013). The latest update from the International Federation stipulates that an official international competitive match has gone from being organised into two 35-minute periods to 4 quarters of 15 minutes each (FIH, 2014). Only a few studies have been performed since the latest change in the regulation, but they do shed some light on the physical demands of this sport on international women players. In this sense, McGuinness et al. (2018) are the only ones to date to analyse the kinematic demand of competition when the time is divided into quarters. On average, the women players ran  $4847 \pm 583$  m ( $127.6 \pm 15.6$  m/min), 12% at high speeds ( $> 16$  km/h). Differences were found according to the players' position similar to previous studies, and a drop was found in the distance run at high speeds throughout all the quarters, with a concomitant increase in the distance run at moderate speeds (8.0-15.9 km/h).

Given these demands, research in sports of this kind is evolving to increasingly precise analysis thanks to technological development, which leads it to include accelerations and decelerations at different intensity

Más recientemente, y tras el último cambio de reglamento, McGuinness et al. (2017) mostraron en su análisis con jugadoras profesionales que, independientemente de la demarcación, las deportistas jugaban una media de 44 min, lo que suponía un  $\approx 60\%$  del total, en el cual recorrieron una media de  $5540 \pm 521$  m totales. La distancia a alta velocidad supuso el 11% del total, y un 2% fue recorrido a esprint ( $> 20$  km/h). Las defensas fueron las que mayores distancias totales recorrieron en comparación con delanteras y medias ( $5696 \pm 530$  m,  $5369 \pm 578$  m y  $5555 \pm 456$  m, respectivamente). Sin embargo, las delanteras recorrieron más distancia relativa (minutos jugados), cuando se comparó con defensas y medias (70 - 131 m/min, 79 - 114 m/min, 79 - 129 m/min, respectivamente) (Gabbett, 2010; Macutkiewicz y Sunderland, 2011; McGuinness et al., 2017; Vescovi y Frayne, 2015).

Sin embargo, la evolución del deporte ha estado ligada en todos los sentidos (técnico-táctica y física) a los cambios en el reglamento, entre los que destacan el número de cambios permitidos (evolucionando hasta ser ilimitados), la introducción del autopase y los cambios en los tiempos de juego (Gabbett, 2010; Macutkiewicz y Sunderland, 2011; McGuinness, Malone, Hughes y Collins, 2018; White y MacFarlane, 2013). La última actualización de la Federación Internacional estableció que un partido competitivo oficial internacional pasaba de una estructura de 2 tiempos de 35 min a 4 cuartos de 15 min de duración cada uno de ellos (FIH, 2014). Los estudios realizados desde el último cambio de reglamento son escasos, pero permiten aproximarse al conocimiento acerca de las exigencias físicas de este deporte en jugadoras de nivel internacional. En este sentido, McGuinness et al. (2018), han sido los únicos hasta la fecha en analizar la demanda cinemática de competición en el formato de tiempo distribuido en cuartos. De media, las jugadoras recorrieron  $4847 \pm 583$  m ( $127.6 \pm 15.6$  m/min), siendo un 12% completado a alta velocidad ( $> 16$  km/h). Se obtuvieron diferencias en función de la demarcación ocupada por las jugadoras en la línea de los estudios previos, y una disminución de la distancia recorrida a alta velocidad a lo largo de los cuartos concomitante a un incremento de la distancia a velocidad moderada (8.0-15.9 km/h).

Entre estas demandas, la investigación en deportes de este tipo evoluciona hacia un análisis cada vez más preciso gracias también al desarrollo de la propia tecnología, lo que lleva a incluir aceleraciones y desaceleraciones a diferentes rangos de intensidad como una variable que muestra relación con el impacto generado

ranges as a variable which shows the relationship with the impact caused on the athlete's body. Specifically, the activity of creating kinase, the perception of muscle pain and neuromuscular performance and fatigue in sports like football (Akenhead, Harley, & Tweddle, 2016; Akenhead, Hayes, Thompson, & French, 2013; Varley, Lewin, Needham, Thorpe, & Burbearly, 2017) seem to be responses that are sensitive to this kind of activity. In women's field hockey, to date there has been no analysis which considers these variables, perhaps because of the lower number of studies which can be found and the technology used.

Despite the fact that Spain is number 11 in the world rankings (FIH, 2017), women's hockey is still mainly amateur in Spain, so this technology is not always accessible to all teams and clubs. Therefore, the objective of this study was to compare the kinematic demands of competition in international women's field hockey, bearing in mind the players' positions, the quarters in the match and the number of minutes played in competition.

## Methodology

### Participants

Sixteen women players belonging to Spain's national field hockey team participated in the study (body weight  $57.9 \pm 5.9$  kg; height  $165.2 \pm 4.9$  cm; age  $24.8 \pm 2.8$ ,  $108.3 \pm 56.4$  caps). All the players were notified of the design, requirements, benefits and risks of the study and they all provided their informed consent. The data used in this study emerged from monitoring the players during competition; therefore, authorisation from the ethics committee was not required (Winter & Maughan, 2009). The study meets the recommendations of the Declaration of Helsinki.

### Procedure

The players were monitored for 5 matches in the 2017 European championship held in Holland ( $n=50$  cases); of them, three matches were in the group phase and two were in the 5<sup>th</sup> to 8<sup>th</sup> place play-offs. For the analysis by position, the players were grouped into defenders ( $n=4$ , 10 cases), midfielders ( $n=6$ , 19 cases) and forwards ( $n=6$ , 21 cases);

en el organismo del deportista. De forma concreta, la actividad de la creatina quinasa, la percepción de dolor muscular y de rendimiento neuromuscular y fatiga en deportes como el fútbol (Akenhead, Harley y Tweddle, 2016; Akenhead, Hayes, Thompson y French, 2013; Varley, Lewin, Needham, Thorpe y Burbearly, 2017) parecen ser respuestas sensibles a este tipo de actividad. En hockey sobre hierba femenino, posiblemente por el menor número de estudios que se pueden encontrar y la tecnología usada, no se hallan hasta la fecha análisis que contemplen estas variables.

A pesar de que España es Top 11 en el *ranking* mundial (FIH, 2017), el hockey femenino sigue siendo mayoritariamente *amateur* en España, por lo que el acceso a esta tecnología no siempre está al alcance de todos los equipos o clubes. Por tanto, el objetivo del estudio fue comparar las demandas cinemáticas de la competición en hockey sobre hierba femenino de nivel internacional, atendiendo a la demarcación de las jugadoras, a los cuartos del partido y a los minutos jugados en competición.

## Metodología

### Participantes

Dieciséis jugadoras integrantes de la selección nacional de hockey sobre hierba de España participaron en el estudio (peso corporal  $57.9 \pm 5.9$  kg; talla  $165.2 \pm 4.9$  cm; edad  $24.8 \pm 2.8$ , internacionalidades  $108.3 \pm 56.4$ ). Todas las jugadoras fueron notificadas del diseño de investigación y de sus requerimientos, beneficios y riesgos, aportando todas las participantes el consentimiento informado. Los datos utilizados en este trabajo surgieron de la monitorización de las jugadoras durante la competición. Por lo tanto, no se requirió autorización del comité de ética (Winter y Maughan, 2009). El estudio se ajustó a las recomendaciones de la Declaración de Helsinki.

### Procedimiento

Las jugadoras fueron monitorizadas durante 5 partidos del Campeonato Europeo de 2017 celebrado en Holanda ( $n=50$  casos), de estos, tres partidos correspondían a la fase de grupos y dos a la disputa para los puestos entre el 5<sup>o</sup> y el 8<sup>o</sup>. Para el análisis por demarcaciones se agruparon a las jugadoras en defensas ( $n=4$ , 10 casos), medias ( $n=6$ , 19 casos) y delanteras ( $n=6$ , 21 casos);



the total match time (60 min) and the time of each of the 15-minute quarters in the match (Q1, Q2, Q3 and Q4) were used. The players' activity on the field (active playing time) was analysed, excluding rest periods between quarters or when the players were on the bench due to either a technical decision or temporary suspension cards. The matches were played with breaks of 24-48 hours between them.

The kinematic monitoring was performed using GPS devices (GPS, SPI ELITE, GPSport, Fyshwick, Australia) which operate with a sampling frequency of 10 Hz and come with an accelerometer at 100 Hz. The reliability and validity of this device has previously been studied (Scott, Scott, & Kelly, 2016). Each athlete wore a vest with a pocket in the upper back where the GPS was placed. The data on each unit were later downloaded onto a laptop using Team AMS software (v.R1.215.3) and the firmware from the download table v2.03B. The number of connected satellites was  $10.6 \pm 1.2$  during the matches.

The variables recorded to be analysed later were the following: the number of minutes played (min; MP), total distance (m; TD), peak speed reached (km/h), high-intensity distance run (HID: > 15 km/h), distance run and number of sprints (>21 km/h), number of accelerations (Acc) and decelerations (Dec), classified into 3 categories of intensity: i) low (Z1: 1-1.9 m/s<sup>2</sup>), ii) moderate (Z2: 2-2.9 m/s<sup>2</sup>), and iii) high (Z3: >3 m/s<sup>2</sup>). All the variables, with the exception of peak speed, were expressed both absolutely and relative to the minutes played (m/min or n/min). Furthermore, the work:rest ratio (W:R) was determined by dividing the distance run >6 km/h / distance <6 km/h.

## Data Analysis

Descriptive analysis of all the data was performed, presented as means and standard deviation ( $\pm$ SD) with a 95% confidence interval (CI) and effect size (ES). The differences by position and by quarter were analysed via a two-way analysis of variance (ANOVA) (positions x quarters). Cluster analysis was performed to establish groups according to the variable of the number of minutes played. The thresholds for the ESs were < 0.2; 0.2-0.6 (trivial), 0.6-1.2 (small),

se utilizó el tiempo total del partido (60 min) y de cada uno de los cuartos del partido (C1, C2, C3 y C4) de 15 min de duración cada uno. Se analizó la actividad de las jugadoras en campo (tiempo activo de juego), excluyendo los periodos de descanso entre cuartos o cuando las jugadoras se encontraban en el banquillo, ya fuera por decisión técnica o por tarjetas de expulsión temporal. Los partidos se jugaron con periodos de descanso de 24-48 h entre partidos.

La monitorización cinemática se realizó mediante el uso de dispositivos GPS (GPS, SPI ELITE, GPSport, Fyshwick, Australia) que operan con una frecuencia de muestreo de 10 Hz y que incorporan un acelerómetro a 100 Hz. La fiabilidad y validez de este dispositivo ha sido estudiada previamente (Scott, Scott y Kelly, 2016). Cada deportista llevó un chaleco con un bolsillo colocado en la parte superior de la espalda donde se ubicó el GPS. Los datos de cada unidad fueron posteriormente descargados a un ordenador portátil mediante el *software* Team AMS *software* (v.R1.215.3) y *firmware* de la mesa de descarga v2.03B. El número de satélites conectados fue de  $10.6 \pm 1.2$  durante la celebración de los partidos.

Las variables registradas para su posterior análisis fueron las siguientes: los minutos jugados (min; MJ), la distancia total (m; DT), la velocidad pico alcanzada (km/h), la distancia recorrida a alta intensidad (DAI: > 15 km/h), la distancia recorrida y el número de sprints (>21 km/h), el número de aceleraciones (Ace) y desaceleraciones (Des), clasificados en 3 categorías de intensidad: i) baja (Z1: 1-1.9 m/s<sup>2</sup>), ii) moderada (Z2: 2-2.9 m/s<sup>2</sup>), y iii) alta intensidad (Z3: >3 m/s<sup>2</sup>). Todas las variables, a excepción de la velocidad pico, fueron expresadas de forma absoluta y de forma relativa a los minutos de juego (m/min o n/min). Además, se estableció la ratio trabajo: descanso (T:D), dividiendo la distancia recorrida >6 km/h / distancia <6 km/h.

## Análisis de los datos

Se realizó un análisis descriptivo de todo el conjunto de datos, presentados como medias y desviaciones estándar ( $\pm$ DE), con el 95% de intervalo de confianza (IC) y el tamaño del efecto (TE). El análisis de las diferencias por demarcaciones y por cuartos se realizó mediante un análisis de la varianza (ANOVA) de doble vía (demarcaciones x cuartos). Se llevó a cabo un análisis de conglomerados (*cluster analysis*) para establecer grupos según la variable de minutos jugados. Los umbrales para los TE fueron < 0.2; 0.2-0.6 (trivial), 0.6-1.2 (pequeño),

1.2-2.0 (moderate), 2.0- 4.0 (large) and 2.0-4.0 (very large) (Hopkins, 2002). All the statistical analyses were performed using the SPSS 18.0 statistical package for iOS. The level of significance allowed was  $p < .05$ .

## Results

The total distance run was 8.8% higher for forwards than for midfielders (ES: 0.7) and 18.9% higher than defenders (ES: 0.9). The high-intensity distance ( $> 15$  km/h) was also higher for forwards than for midfielders ( $9.4 \pm 2.4\%$ ; ES: 0.78) and defenders ( $33.1 \pm 7.2\%$ ; ES: 2.1), while the distance at a sprint ( $> 21$  km/h) shows higher values in forwards than in defenders ( $41.19 \pm 21.4\%$ ; ES: 1.05) (Fig. 1). The variables representing neuromuscular effort (Acc, Dec) related to amount of playing time were also higher for forwards than midfielders ( $23.9 \pm 12.2\%$ ; ES: 0.8) and defenders ( $50.4 \pm 24.4\%$ ; ES: 0.99-1.6), especially those that occur in Z2 (Fig. 2). The W:R ratio was also higher for forwards and midfielders compared to defenders ( $36.4 \pm 5.3$ ; ES:1.4 and  $35.4 \pm 4.9$ ; ES: 0.7, respectively).

In terms of the analysis by quarters, all the positions showed a higher distance relative to the amount of time played in Q4 (21.7-27.3%) than in the other quarters (ES: 0.7-1.2). High-intensity distance running was also higher in Q4 than in Q2 and Q3 (ES: 0.6-1.25), although not compared to Q1 (ES: 0.1-0.4) (Fig. 1). The number of sprints completed was higher in Q4 than in the other quarters ( $25 \pm 13.7\%$ ), although only for midfielders (ES: 0.7-0.9). The number of Dec/min completed in Z1 was higher in Q4 than in the other quarters for both midfielders (ES: 0.9) and forwards (ES: 0.6-0.7), although not for defenders (Fig. 2).

Finally, cluster analysis was performed in which the players were grouped according to MP. This resulted in 3 groups: i)  $< 32$  min (mean:  $30.4 \pm 1.7$ ), ii) between 32 and 45 min (mean:  $38.6 \pm 4.2$ ), and iii)  $> 45$  min (mean:  $50.1 \pm 5.2$ ). The players in groups 1 and 2 covered a greater distance at a sprint (ES: 1.9 and 1.2) and HID/min (ES: 2.1 and 1.1) compared to group 3. The relative distance was higher for group 1 than groups 2 and 3 (Table 1), with  $13.1 \pm 6.7\%$  more than group 2 and  $19.9 \pm 8.9\%$  more than group 3.

1.2-2.0 (moderado), 2.0- 4.0 (grande) y 2.0-4.0 (muy grande) (Hopkins, 2002). Todos los análisis estadísticos fueron realizados utilizando el paquete estadístico SPSS 18.0 para iOS. El nivel de significación admitido fue de  $p < .05$ .

## Resultados

La distancia total recorrida fue un 8.8% mayor para las delanteras con respecto a las medias (TE: 0.7) y un 18.9% mayor con respecto a las defensas (TE: 0.9). La distancia a alta intensidad ( $> 15$  km/h) también fue mayor para las delanteras que para las medias ( $9.4 \pm 2.4\%$ ; TE: 0.78) y defensas ( $33.1 \pm 7.2\%$ ; TE: 2.1), mientras que la distancia a sprint ( $> 21$  km/h) muestra valores mayores en las delanteras respecto a las defensas  $41.19 \pm 21.4\%$ ; TE: 1.05) (figura 1). Las variables representativas de esfuerzos neuromusculares (Ace, Dec) relativas al tiempo de juego también fueron mayores para las delanteras con respecto a las medias ( $23.9 \pm 12.2\%$ ; TE: 0.8) y defensas ( $50.4 \pm 24.4\%$ ; TE: 0.99-1.6) sobre todo las que ocurren en la Z2 (figura 2). El ratio T:D también fue mayor para delanteras y medias en comparación a las defensas ( $36.4 \pm 5.3$ ; TE: 1.4 y  $35.4 \pm 4.9$ ; TE: 0.7, respectivamente).

En cuanto al análisis por cuartos, todas las demarcaciones mostraron una distancia relativa al tiempo jugado mayor en el C4 (21.7-27.3%) que en el resto de los cuartos (TE: 0.7-1.2). La distancia recorrida a alta intensidad también fue superior en el C4 con respecto al C2 y C3 (TE: 0.6-1.25), aunque no con respecto al C1 (TE: 0.1-0.4) (figura 1). El número de sprints completados fue mayor en el C4, con respecto al resto de cuartos ( $25 \pm 13.7\%$ ), aunque solo para las medias (TE: 0.7-0.9). El número de Des/min completadas en la Z1 fueron mayores en C4 que en el resto de los cuartos, tanto para las medias (TE: 0.9) como para las delanteras (TE: 0.6-0.7), aunque no fue así en el caso de las defensas (figura 2).

Finalmente, se realizó un análisis clúster en el que se agrupó a las jugadoras en función de los MJ. Como resultado, se obtuvieron 3 grupos: i)  $< 32$  min (media:  $30.4 \pm 1.7$ ), ii) entre 32 y 45 min (media:  $38.6 \pm 4.2$ ), y iii)  $> 45$  min (media:  $50.1 \pm 5.2$ ). Las jugadoras pertenecientes a los grupos 1 y 2 cubrieron mayor distancia a sprint (TE: 1.9 y 1.2) y DAI/min (TE: 2.1 y 1.1) en comparación con el grupo 3. La distancia relativa fue mayor para el grupo 1, en comparación con los grupos 2 y 3 (tabla 1). Mostrando un  $13.1 \pm 6.7\%$  más respecto al grupo 2 y un  $19.9 \pm 8.9\%$  más con respecto al grupo 3.

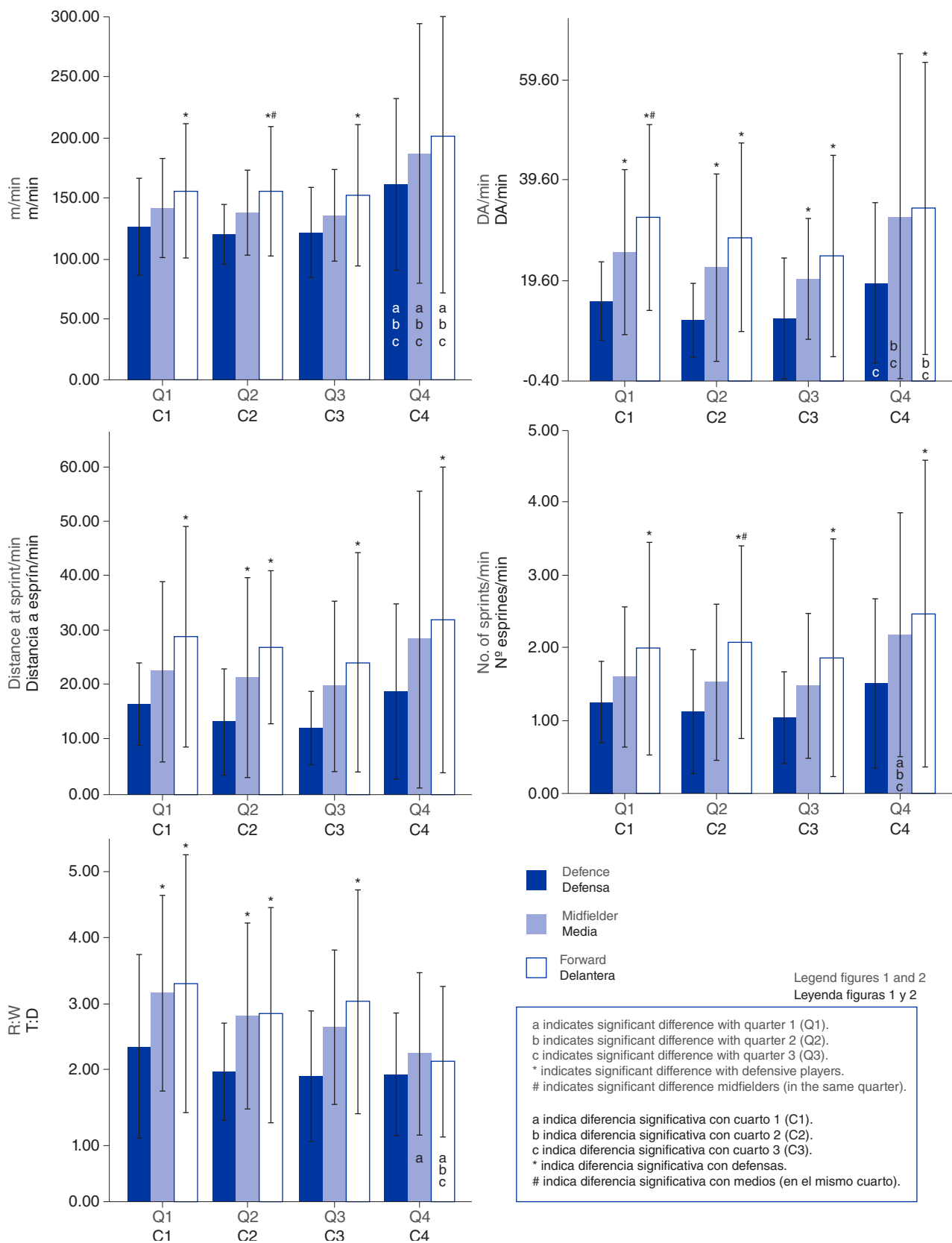


Figure 1. Kinematic variables by quarters.

Figura 1. Variables cinemáticas por cuartos.

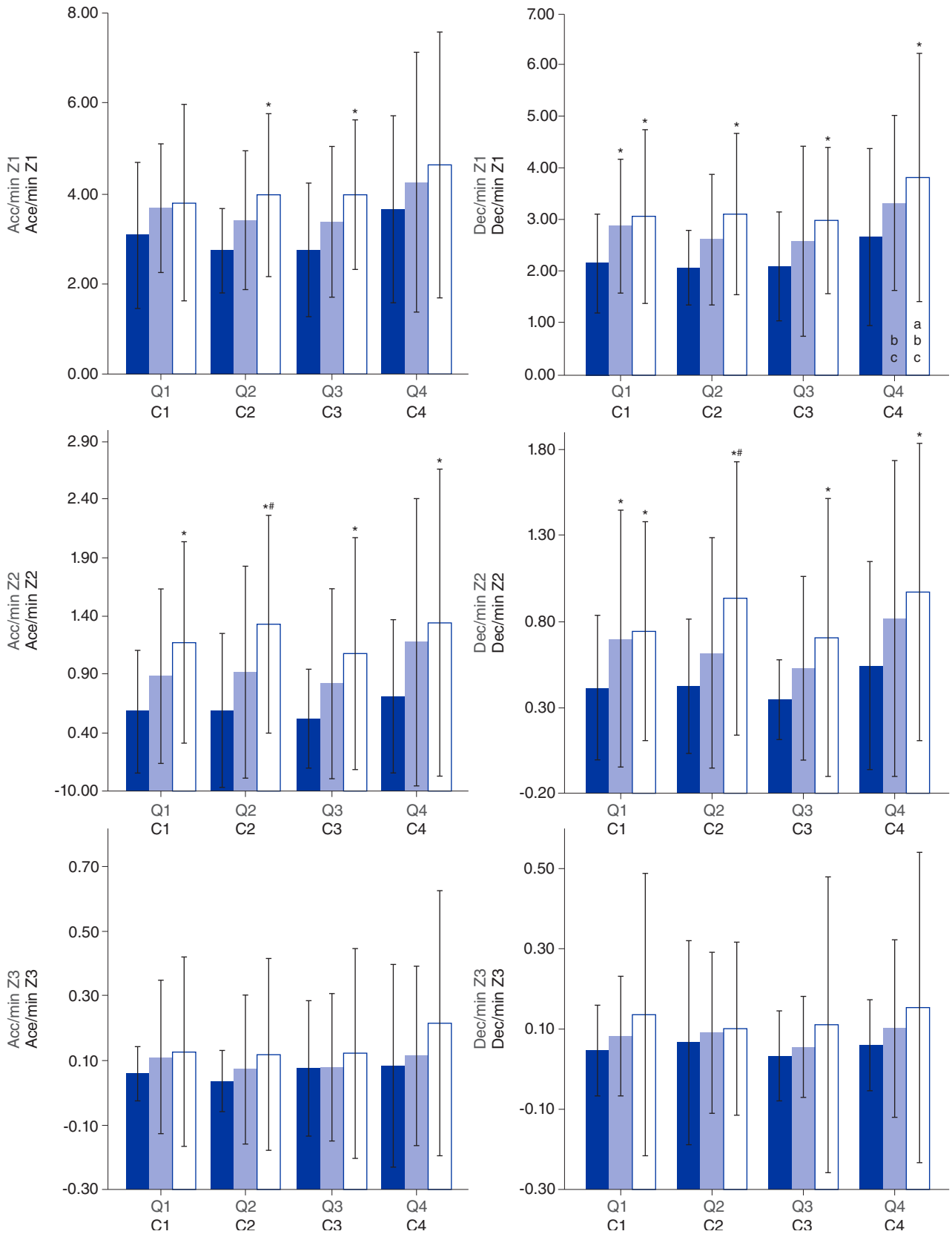


Figure 2. Analysis of accelerations and decelerations by quarter.

Figura 2. Análisis de las aceleración y desaceleraciones por cuartos.



Table 1.  
Comparison of the kinematic variables according to the number of minutes played

Tabla 1  
Comparación de las variables cinemáticas en función de los minutos jugados

		MP	N		ES	95% CI		
		MJ	N		TE	95% IC		
m/min (total)	m/min (totales)	< 32min	15	64.91 ± 6.17		61.49	68.33	
		>32 <45	25	73.12 ± 8.27	*1.08	69.70	76.53	
		> 45	10	82.48 ± 9.50	<b>*2.3 #1.08</b>	75.68	89.28	
Distance at a sprint/min	Distancia a esprint/min	< 32min		29.12 ± 8.03		24.68	33.57	
		>32 <45		23.08 ± 6.46	*0.85	20.41	25.74	
		> 45		15.71 ± 4.14	<b>*1.97 #1.24</b>	12.75	18.67	
m/min (plays)	m/min (jugados)	< 32min		< 32min ± 23.56		158.42	184.51	
		>32 <45		>32 <45 ± 18.01	*1.11	141.52	156.39	
		> 45		137.28 ± 17.46	*1.57	<b>0.60</b>	124.79	149.77
HID/min	DAI/min	< 32min		< 32min ± 6.97		27.61	35.33	
		>32 <45		>32 <45 ± 7.24	*0.94	21.18	27.16	
		> 45		16.84 ± 6.67	<b>*2.13 #1.11</b>	12.07	21.61	
HID	DAI	< 32min		920.09 ± 231.17		792.08	1048.11	
		>32 <45		912.28 ± 246.11		<b>0.03</b>	810.69	1013.87
		> 45		845.93 ± 311.84		<b>0.28/0.25</b>	622.86	1069.01
Total distance	Distancia total	< 32min		5036.22 ± 706.93		4644.73	5427.70	
		>32 <45		5609.45 ± 566.61	*0.92	5375.56	5843.33	
		> 45		6856.91 ± 761.18	<b>*2.5 #2.0</b>	6312.39	7401.42	
Acc/min Z1	Ace/min Z1	< 32min		9.98 ± 2.88		8.38	11.57	
		>32 <45		10.80 ± 2.83		<b>0.28</b>	9.64	11.97
		> 45		11.60 ± 2.42		<b>0.6/0.3</b>	9.86	13.33
Acc/min Z2	Ace/min Z2	< 32min		2.93 ± 1.16		2.29	3.58	
		>32 <45		2.76 ± 1.06		<b>0.15</b>	2.32	3.20
		> 45		2.03 ± 0.85		<b>0.85/0.72</b>	1.42	2.64
Acc/min Z3	Ace/min Z3	< 32min		0.39 ± 0.42		0.16	0.62	
		>32 <45		0.27 ± 0.29		<b>0.35</b>	0.15	0.39
		> 45		0.19 ± 0.22		<b>0.56/0.3</b>	0.04	0.35
Dec/min Z1	Des/min Z1	< 32min		7.90 ± 2.73		6.39	9.41	
		>32 <45		8.35 ± 2.60		<b>0.17</b>	7.28	9.43
		> 45		8.36 ± 2.30		<b>0.17/0.00</b>	6.71	10.01
Dec/min Z2	Des/min Z2	< 32min		2.09 ± 0.66		1.73	2.46	
		>32 <45		1.73 ± 0.79		<b>0.48</b>	1.41	2.06
		> 45		1.36 ± 0.46	*1.23	<b>0.52</b>	1.03	1.68
Dec/min Z3	Des/min Z3	< 32min		0.28 ± 0.22		0.16	0.41	
		>32 <45		0.20 ± 0.24		<b>0.34</b>	0.10	0.30
		> 45		0.20 ± 0.23		<b>0.35/0.00</b>	0.04	0.37
W:R	T:D	< 32min		2.91 ± 0.41		2.69	3.14	
		>32 <45		2.58 ± 0.63		<b>0.59</b>	2.32	2.84
		> 45		2.30 ± 0.58	*1.26	<b>0.45</b>	1.88	2.71
Acc Z1	Ace Z1	< 32min		125.93 ± 22.34		113.56	138.30	
		>32 <45		135.80 ± 21.93		<b>0.44</b>	126.75	144.85
		> 45		163.30 ± 23.81	<b>*1.63 #1.22</b>	146.26	180.34	

\* Significant differences with <32; # Significant differences with >32<45. Acc: accelerations; Dec: decelerations. MP: number of minutes played; ES: effect size for significant and non-significant values (bold font); CI: confidence intervals; W:R: work:rest ratio; HID: high-intensity distance.

\* Diferencias significativas con <32; # Diferencias significativas con >32<45. Ace: aceleraciones; Des: desaceleraciones. MJ: minutos jugados; TE: tamaño del efecto. para valores significativos y no significativos (negrita); IC: intervalos de confianza; T:D: ratio trabajo: descanso; DAI: distancia alta intensidad.

Table 1  
(Continuation)

Tabla 1  
(Continuación)

		MP MJ	N N	ES TE	95% CI 95% IC
Acc Z2	Ace Z2	< 32min	36.80 ± 9.69		31.43 42.17
		>32 <45	38.72 ± 10.91	0.18	34.22 43.22
		> 45	29.90 ± 9.56	<b>0.71/0.83</b>	23.06 36.74
Acc Z3	Ace Z3	< 32min	4.93 ± 3.53		2.98 6.89
		>32 <45	3.80 ± 3.21	0.34	2.47 5.13
		> 45	2.90 ± 1.97	<b>0.67/0.31</b>	1.49 4.31
Dec Z1	Des Z1	< 32min	98.53 ± 16.93		89.16 107.91
		>32 <45	108.08 ± 19.29	0.51	100.12 116.04
		> 45	120.30 ± 24.94	<b>*1.06</b>	102.46 138.14
Dec Z2	Des Z2	< 32min	26.93 ± 6.37		23.40 30.46
		>32 <45	24.88 ± 6.92	0.30	22.02 27.74
		> 45	20.90 ± 4.07	<b>1.08/0.63</b>	17.99 23.81
Dec Z3	Des Z3	< 32min	4.27 ± 1.87		3.23 5.30
		>32 <45	2.84 ± 2.44	0.63	1.83 3.85
		> 45	3.30 ± 2.21	<b>0.48/0.19</b>	1.72 4.88
Distance at a sprint	Distancia a esprint	< 32min	873.83 ± 245.91		737.65 1010.01
		>32 <45	874.61 ± 221.91	0.00	783.01 966.21
		> 45	795.61 ± 213.80	<b>0.33/0.36</b>	642.66 948.56
No. of sprints	Nº esprints	< 32min	64.20 ± 17.59		54.46 73.94
		>32 <45	64.80 ± 64.80	0.01	58.23 71.37
		> 45	64.80 ± 64.80	<b>0.01/0.00</b>	55.34 74.26

\* Significant differences with <32; # Significant differences with >32<45. Acc: accelerations; Dec: decelerations. MP: number of minutes played; ES: effect size for significant and non-significant values (bold font); CI: confidence intervals; W:R: work:rest ratio; HID: high-intensity distance.

\* Diferencias significativas con <32; # Diferencias significativas con >32<45. Ace: aceleraciones; Des: desaceleraciones. MJ: minutos jugados; TE: tamaño del efecto para valores significativos y no significativos (negrita); IC: intervalos de confianza; T:D: ratio trabajo: descanso; DAI: distancia alta intensidad.

In terms of the neuromuscular variables, the Dec/min in Z2 were lower for group 3 ( $1.36 \pm 0.46$ ; ES: 1.23), as were the absolute accelerations ( $163.3 \pm 23.81$ ; ES: 1.63 and 1.22) and decelerations ( $120.2 \pm 24.94$ ; ES: 1.06) in Z1. The W:R ratio showed the same behaviour ( $2.3 \pm 0.58$ ; ES: 1.26). No differences were found in the other variables.

En cuanto a las variables neuromusculares, las Des/min en Z2 mostraron ser menores para el grupo 3 ( $1.36 \pm 0.46$ ; TE: 1.23), así como las aceleraciones ( $163.3 \pm 23.81$ ; TE: 1.63 y 1.22) y desaceleraciones ( $120.2 \pm 24.94$ ; TE: 1.06) absolutas en Z1. El ratio T:D también mostró el mismo comportamiento ( $2.3 \pm 0.58$ ; TE: 1.26). No se observaron diferencias en el resto de las variables.

## Discussion

The main objective of this study was to compare the kinematic demands of competition in international women's field hockey bearing in mind the players' position, the quarters in the match and the number of minutes played in competition. The main findings of this study were that (a) differences between positions were found for all the variables analysed; (b) the distance run per minute in Q4 is higher than in the preceding quarters regardless of the player's position; and (c) the players in the group with the lowest

## Discusión

El principal objetivo del trabajo fue comparar las demandas cinemáticas de la competición en hockey sobre hierba femenino de nivel internacional, atendiendo a la demarcación de las jugadoras, a los cuartos del partido y a los minutos jugados en competición. Los principales hallazgos de este estudio han sido que (a) para todas las variables analizadas se observan diferencias entre demarcaciones; (b) la distancia recorrida por minuto en el C4, independientemente de la demarcación de juego, es mayor que en los cuartos precedentes y (c) las jugadoras

number of MP performed more kinematic activity per minute of play.

Despite the fact that comparing with other studies published in the literature is complicated due to different techniques used to analyse travel (Randers et al., 2010) or different GPS devices used (Buchheit et al., 2014), the values found in this study are higher than those reported in the literature to date. Thus, the distance run per minute of practise is 15-20% higher than was reported by McGuinness et al. (2017) and 35-50% higher than the figures found by Vescovi and Frayne (2015). In addition to the differences due to the different tools used, the match format (4 quarters vs. 2 halves) and the athletes' level could also explain these differences.

With regard to positional demands, it is worth highlighting that the kinematic demands of the defenders are significantly lower than the midfielders and forwards, which concurs with previous studies (McGuinness et al., 2017; Vescovi & Frayne, 2015). The relative distance run was around 20% higher in forwards than in defenders in the first, second and third quarters, and also around 13% higher in midfielders than in defenders in the second quarter. The most current studies also report that forwards and midfielders showed 13% more distance run per minute of play than defenders (McGuinness et al., 2018). In this study the differences between forwards and defenders are even more accentuated, up to 35% in relative distance run.

HID and sprint also seem to be position-dependent. In this study, defenders showed significantly lower values for the majority of variables studied compared to midfielders and especially forwards, the latter being the players with the highest values in these variables. These results seem to support previous findings, with a lower number of high-speed movements and sprints in defenders regardless of the athletes' gender (Vescovi & Frayne, 2015). However, these differences in high-speed travel and sprinting actions were not reported in all studies (McGuinness et al., 2017). Therefore, perhaps it is necessary to express the demands according to the amount of time on the field in order to study players' activity on the field; not doing so could explain the absence of differences between the demands on women players in different positions in previous studies (McGuinness et al., 2018). Furthermore, it is important to bear in mind that comparisons with other studies

agrupadas en menor número de MJ realizan mayor actividad cinemática relativa al minuto de juego.

A pesar de que la comparación con otros trabajos publicados en la literatura es complicada, debido a diferentes técnicas de análisis de los desplazamientos (Randers et al., 2010) o diferentes dispositivos GPS utilizados (Buchheit et al., 2014), los valores encontrados en este trabajo son más elevados que los reportados por la literatura hasta la fecha. Así, la distancia recorrida por minuto de práctica es un 15-20% superior respecto a la aportada por McGuinness et al. (2017) y un 35-50% superior respecto a los datos aportados por Vescovi y Frayne (2015). Además de las posibles diferencias existentes debidas a las diferentes herramientas utilizadas, el formato del partido (4 cuartos vs. 2 partes) o el nivel de las deportistas podrían justificar dichas diferencias.

Respecto a las demandas posicionales cabe destacar que las demandas cinemáticas mostradas por las defensas son significativamente inferiores respecto a las jugadoras medias y delanteras, lo que coincide con anteriores trabajos (McGuinness et al., 2017; Vescovi y Frayne, 2015). La distancia recorrida relativa fue alrededor de un 20% mayor en delanteras con respecto a defensas en el primer, segundo y tercer cuarto y también alrededor de un 13% mayor en medias en comparación a las defensas en el segundo cuarto. Los estudios más actuales reportaron también que las delanteras y medias mostraban un 13% más de distancia recorrida relativa al minuto de práctica respecto a las defensas (McGuinness et al., 2018). En el presente estudio las diferencias entre delanteras y defensas se acentúan más, hasta un 35% en la distancia recorrida relativa.

Las DAI y esprint también parecen ser demarcaciones dependientes. En este trabajo, las defensas presentan valores significativamente más bajos para la mayoría de las variables estudiadas respecto a las medias y especialmente respecto a las delanteras, siendo estas últimas las que presentan los valores más elevados en estas variables. Estos resultados parecen apoyar los hallazgos previos, con menor cantidad de desplazamientos a alta velocidad y esprint en defensas, independientemente del género de los deportistas (Vescovi y Frayne, 2015). Sin embargo, dichas diferencias en acciones realizadas a alta velocidad de desplazamiento y esprint no han sido reportadas en todos los trabajos (McGuinness et al., 2017). En este sentido, posiblemente para estudiar la actividad que las jugadoras realizan en el campo es necesario expresar las demandas en función del tiempo de juego en campo, y no hacerlo de esta manera puede justificar la ausencia de diferencias entre la exigencia a jugadoras

are difficult due to differences in the speed thresholds that categorise the movements (Cummins et al., 2013), the lack of individualisation of these ranges according to the participants' individual characteristics (Sweeting et al., 2017) and the different measuring devices and time criteria used to monitor the athletes' displacements (Malone, Solan, Hughes, & Collins, 2017).

The amount of time played may be a variable which influences the intensity of play (Carling, Espié, Le Gall, Bloomfield, & Jullien, 2010; Dellal, Lago-Penas, Wong, & Chamari, 2011; Malone et al., 2017; Russell, Sparkes, Northeast, & Kilduff, 2015). Similar to what was found in previous studies (McGuinness, et al., 2017; Vescovi & Frayne, 2015), the number of minutes that the players who occupy defensive positions played was significantly higher than midfielders and forwards, the latter being the ones who played the lowest number of minutes (Vescovi & Frayne, 2015). Studies in other sports like football show a lower intensity in the match when there is overtime (Russell et al., 2015) in addition to a decrease in intensity in small sided games situations when the duration of the repetition is lengthened (Carling et al., 2010). Recently it has also been reported that the intensity of the most demanding periods in competition drops as the length of the analysis time in different team sports increases (Delaney, Thornton, Burgess, Dascombe, & Duthie, 2017; Delaney, Thornton, Rowell et al., 2017). Therefore, it is held that this difference in the number of minutes according to the position occupied by the players in this study directly influences the intensity of the game, thus making it a key factor in preparing athletes for competition.

With regard to the comparison between the quarters, it is worth noting that no decrease in the activity of the players was noticed as the match wore on. In fact, for the majority of variables the tendency was the opposite, with higher values found in the last quarter compared to the previous ones. Specifically, in the last quarter the forwards played significantly longer than in the other periods, with the highest values of distance and HID per minute of play. However, previous studies found between a 4% (McGuinness, et al., 2017) and a 7-9% (Vescovi & Frayne, 2015) decrease in players' activity in the second half, or a decrease

de diferentes demarcaciones en trabajos anteriores (McGuinness et al., 2018). Además, es importante tener en cuenta que la comparación con otros trabajos es difícil debido a las diferencias existentes en los umbrales de velocidad que categorizan los desplazamientos (Cummins et al., 2013), la no individualización de estos rangos en función de las características individuales de las participantes (Sweeting et al., 2017) y los diversos dispositivos de medida y criterios temporales utilizados en la monitorización de los desplazamientos de las deportistas (Malone, Solan, Hughes y Collins, 2017).

El tiempo jugado puede ser una variable que influya en la intensidad del juego (Carling, Espié, Le Gall, Bloomfield y Jullien, 2010; Dellal, Lago-Penas, Wong y Chamari, 2011; Malone et al., 2017; Russell, Sparkes, Northeast y Kilduff, 2015). De forma similar a lo encontrado en trabajos previos (McGuinness, et al., 2017; Vescovi y Frayne, 2015) el número de minutos de juego para las jugadoras que ocupan la demarcación de defensa fue significativamente mayor respecto a las medias y delanteras, siendo estas últimas las que en menor cantidad de minutos participan (Vescovi y Frayne, 2015). Estudios en otros deportes como el fútbol muestran menor intensidad en partido cuando existen prórrogas (Russell et al., 2015), además del descenso de la intensidad en situaciones de juegos reducidos cuando se alarga la duración de la repetición (Carling et al., 2010). Recientemente también se ha reportado cómo la intensidad de los periodos más demandantes de la competición disminuye a medida que aumenta la duración temporal del análisis en diferentes deportes colectivos (Delaney, Thornton, Burgess, Dascombe y Duthie, 2017; Delaney, Thornton, Rowell et al., 2017). Se entiende, por tanto, que esta diferencia en el número de minutos encontrado en función de la posición ocupada por las jugadoras influye directamente en la intensidad de juego, resultando por tanto un aspecto clave en la preparación de las deportistas para la competición.

Respecto a la comparación entre diferentes cuartos cabe destacar que no se ha observado una disminución en la actividad de las jugadoras a medida que avanza el partido. De hecho, para la mayoría de las variables la tendencia es la contraria, con mayores valores encontrados en el último cuarto respecto a los anteriores. De forma concreta, las delanteras en el último cuarto juegan un periodo de tiempo significativamente mayor respecto al resto de periodos, obteniendo los valores de mayor distancia y DAI por minuto de juego. Sin embargo, otros trabajos encontraron una disminución en la actividad desarrollada por las jugadoras durante la segunda parte de entre el 4%



in HID as opposed to an increase in the distance run at a moderate intensity throughout the quarters (McGuinness, et al., 2018).

One explanation for these results could be the high performance level of the participants (international players). Perhaps better physical conditioning enables the players to meet the demands of the game without the activity causing unmanageable fatigue. Therefore, these results should be applied to other competitive contexts with caution, given that the time trend in kinematic activity may be different. The increase in activity found in Q4 may be affected by the score (Spencer et al., 2005). Perhaps due to the fact that the scores were close, kinematic activity increased towards the end of the match in an effort to win it. However, this hypothesis should be further explored in future studies.

When bearing in mind the number of minutes played via the cluster analysis, it was found that there were significant differences for the variables related to distance at a sprint, total distance and HID, with the highest intensity found in the group with the fewest minutes played. Furthermore, the highest intensity values (m/min) in the group with the minutes played showed significant differences. Conversely, in the load values the players with the most minutes played showed higher values, perhaps due to the higher volume. It is worth noting that there were no forwards who accumulated more than 45 min per match or defenders with less than 32 min. Therefore, it seems that defenders' longer length of play is not what explains the decrease in the intensity of play, with average participation of 15 minutes more than forwards.

Some of the main limitations of this study are related to the number of matches studied and the absence of information on the internal and technical-tactical load. Being aware of the repercussions of the players' activity on their bodies would make it possible to calculate cardiovascular efficiency rates, which would in turn enable study of their evolution throughout the match and make comparisons among positions. Furthermore, information on the number of times each player participates in the game, as well as the length of each participation and downtime between participations, could provide more information on the density of the efforts they make while playing international women's field hockey.

(McGuinness, et al., 2017) y el 7-9% (Vescovi y Frayne. 2015), o una disminución de la DAI frente a un aumento de la distancia recorrida a intensidad moderada a lo largo de los cuartos (McGuinness, et al., 2018).

Una explicación a estos resultados podría ser el alto nivel de rendimiento de las participantes (jugadoras internacionales). Quizás mayores niveles de condición física permitirían a las jugadoras satisfacer las demandas del juego sin que la actividad realizada suponga una fatiga que no sean capaces de gestionar. Por tanto, la aplicación de estos resultados a otros contextos competitivos debe ser cautelosa, puesto que la tendencia temporal en la actividad cinemática puede ser diferente. El aumento en la actividad encontrado en el C4 se puede ver afectado por el marcador (Spencer et al., 2005). Quizás debido a que los marcadores fueron cercanos, la actividad cinemática se aumentó hacia el final del partido de cara a conseguir la victoria. Sin embargo, esta hipótesis se debe desarrollar en futuros trabajos.

Cuando se tienen en cuenta los minutos jugados a través del análisis clúster se observa que existen diferencias significativas para las variables relativas de distancia a sprint, distancia total y DAI, mostrando mayor intensidad el grupo de menor número de minutos jugados. Además, los mayores valores de intensidad (m/min) en el grupo de menor cantidad de minutos jugados muestran diferencias significativas. Por el contrario, en los valores de carga las jugadoras que acumulan más minutos jugados presentan valores más elevados, debido posiblemente al mayor volumen. Cabe destacar que no existen delanteras que acumulen más de 45 min de partido, ni defensas con menos de 32 min. Parece, por tanto, que no es una mayor duración de juego por parte de las defensas la que explica los descensos en la intensidad de juego, con participaciones de media de 15 min más respecto a las delanteras.

Algunas de las principales limitaciones de este estudio se refieren al número de partidos estudiados y a la ausencia de información de carga interna y técnico/táctica. Conocer la repercusión en el organismo de la actividad desarrollada por las jugadoras permitiría el cálculo de índices de eficiencia cardiovascular, pudiendo estudiar su evolución a lo largo del partido y realizar comparaciones entre demarcaciones. Además, información sobre el número de ocasiones en las que cada jugadora participa en campo, así como de la duración de cada participación y entre-participaciones, podrían aportar más datos sobre la densidad de los esfuerzos que se llevan a cabo durante la práctica del hockey femenino internacional.

## Practical Applications

Coaches need to be aware that there are clear differences between positions which should be borne in mind when designing tasks, both technical-tactical and conditioning, in the training process. Furthermore, differences in the number of minutes and cumulative load during matches should guide the management of training loads. It is also important to consider that the strategies used in rotations may influence the external load, and in the case of an international tournament with consecutive matches this information should be taken into account when planning the system. A recent study seems to indicate that the higher the opponent's level, the greater the kinematic demands in the domestic league, so information on rotations could also be taken into account when applying it (Vinson, Gerrett, & James, 2018).

The quarter system recently implemented in field hockey also seems to have had an effect on the high intensity maintained until the end of the game (last quarter), which means that appropriate recovery strategies must be designed to help the athlete keep up their performance (hydration, supplements, etc.).

## Conclusions

The results of this study show that the physical demands on elite women field hockey players depend on their position on the pitch, and that there is more activity in the last quarter and less kinematic activity per minute of play among the players who played the most minutes during the match.

## Conflict of Interests

No conflict of interest was reported by the authors.

## References

- Akenhead, R., Harley J., & Tweddle, S. (2016). Examining the external training load of an English Premier League football team with special reference to acceleration. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 30(9), 2424-2432. doi:10.1519/JSC.0000000000001343
- Akenhead, R., Hayes, P. R., Thompson, K. G., & French, D. (2013). Diminutions of acceleration and deceleration output during professional football match play. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 16(6), 556-561. doi:10.1016/j.jsams.2012.12.005
- Blanch, P., & Gabbett, T. J. (2016). Has the athlete trained enough to return to play safely? The acute: Chronic workload ratio per-

## Aplicaciones prácticas

Los técnicos deben tener presente que existen claras diferencias entre demarcaciones que deben tenerse en cuenta a la hora de diseñar las tareas, tanto técnico-tácticas como de carácter condicional en el proceso de entrenamiento. Además, diferencias en el volumen de minutos y carga acumulada durante los partidos deberían orientar en la gestión de cargas de entrenamiento. Por otro lado, es importante considerar que las estrategias utilizadas en las rotaciones pueden influir en la carga externa, en caso de un torneo a nivel internacional con partidos consecutivos esta información puede ser tenida en cuenta para planificar el sistema. Un estudio reciente parece indicar que, a mayor nivel del rival, mayores son las demandas cinemáticas en liga doméstica, por lo que la información sobre las rotaciones podría valorarse también para su aplicación (Vinson, Gerrett y James, 2017).

El sistema de cuartos implantado recientemente en el hockey sobre hierba parece tener efecto también en la alta intensidad mantenida hasta el final (último cuarto), lo que obliga a diseñar estrategias de recuperación adecuadas para ayudar al deportista a mantener el rendimiento (hidratación, suplementación, etc.).

## Conclusiones

Los resultados de este estudio muestran que las demandas físicas en jugadoras de élite de hockey dependen de la demarcación en el campo, con mayor actividad en el último cuarto y con menor actividad cinemática por minuto de juego en las jugadoras que acumulan más minutos durante el partido.

## Conflicto de intereses

Las autorías no han comunicado ningún conflicto de intereses.

## Referencias

- mits clinicians to quantify a player's risk of subsequent injury. *British Journal of Sports Medicine*, 50(8), 471-475. doi:10.1136/bjsports-2015-095445
- Buchheit, M., Haddad, H., Simpson, B., Palazzi, D., Bourdon, P., Salvo, V., & Mendez-Villanueva, A. (2014). Monitoring accelerations with GPS in football: Time to slow down? *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 9(3), 442-445. doi:10.1123/ijsp.2013-0187
- Carling, C., Espié, V., Le Gall, F., Bloomfield, J., & Jullien, H. (2010). Work-rate of substitutes in elite soccer: A preliminary

- study. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 13(2). 253-255. doi:10.1016/j.jsams.2009.02.012
- Cummins, C., Orr, R., O'Connor, H., & West, C. (2013). Global positioning systems (GPS) and microtechnology sensors in team sports: A systematic review. *Sports Medicine*, 43(10), 1025-1042. doi:10.1007/s40279-013-0069-2
- Delaney, J., Thornton, H., Burgess, D., Dascombe, B., & Duthie, G. (2017). Duration-specific running intensities of Australian football match-play. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 20(7), 689-694. doi:10.1016/j.jsams.2016.11.009
- Delaney, J., Thornton, H., Rowell, A., Dascombe, B., Aughey, R., & Duthie, G. (2017). Modelling the decrement in running intensity within professional soccer players. *Science and Medicine in Football*, 2(2), 86-92. doi:10.1080/24733938.2017.1383623
- Dellal, A., Lago-Penas, C., Wong, D., & Chamari, K. (2011). Effect of the number of ball contacts within bouts of 4 vs. 4 small-sided soccer games. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 6(3), 322-333. doi:10.1123/ijsp.6.3.322
- Elferink-Gemser, M., Starks, J., Medic, N., Lemmink, K., & Visscher, C. (2011). What discriminates elite and sub-elite youth field hockey players? *Annals of Research in Sport and Physical Activity*, 49-68. doi:10.14195/2182-7087\_1\_3
- FIH. (2014). *Rules of hockey including explanations*. Lausanne, Switzerland.
- FIH. (2017). *Women's World Ranking*. Recuperado de <http://www.fih.ch/rankings/outdoor/>
- Gabbett, T. (2010). GPS analysis of elite women's field hockey training and competition. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(5), 1321-1325. doi:10.1519/JSC.0b013e3181ceebbb
- Holmes, L., Robinson, P., & Peters, D. (2006). How hard do they work? A work rate analysis of elite level women's hockey. En *World Congress of Performance Analysis of Sport VII*, 23rd -26th August 2006, Szombathely, Hungary.
- Hopkins, W. (2002). *A scale of magnitudes for effect statistics: A new view of statistics*. Recuperado de <http://www.sportsci.org/resource/stats/effectmag.html>
- Johnston, T., Sproule, J., McMorris, T., & Maile, A. (2004). Time-motion analysis and heart rate response during elite male field hockey competition versus training. *Journal of Human Movement Studies*, 46(3), 189-203.
- Macutkiewicz, D., & Sunderland, C. (2011). The use of GPS to evaluate activity profiles of elite women hockey players during match-play. *Journal of Sports Sciences*, 29(9), 967-973. doi:10.1080/02640414.2011.570774
- Malone, S., Solan, B., Hughes, B., & Collins, K. (2017). Duration specific running performance in elite Gaelic football. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. doi:10.1519/JSC.0000000000001972
- McGuinness, A., Malone, S., Hughes, B., & Collins, K. (2018). The physical activity and physiological profiles of elite international female field hockey players across the quarters of competitive match-play. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. Publicación anticipada en línea. doi:10.1519/JSC.0000000000002483
- McGuinness, A., Malone, S., Petrakos, G., & Collins, K. (2017). The physical and physiological demands of elite international female field hockey players during competitive match-play. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. Publicación anticipada en línea. doi:10.1519/JSC.0000000000002158
- Randers, M., Mujika, I., Hewitt, A., Santisteban, J., Bischoff, R., Solano, R., ... Mohr, M. (2010). Application of four different football match analysis systems: A comparative study. *Journal of Sports Sciences*, 28(2), 171-182. doi:10.1080/02640410903428525
- Russell, M., Sparkes, W., Northeast, J., & Kilduff, L. (2015). Responses to a 120 min reserve team soccer match: A case study focusing on the demands of extra time. *Journal of Sports Sciences*, 33(20), 2133-2139. doi:10.1080/02640414.2015.1064153
- Scott, M., Scott, T., & Kelly, V. (2016). The validity and reliability of global positioning systems in team sport: A brief review. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 30(5), 1470-1490. doi:10.1519/JSC.0000000000001221
- Spencer, M., Rechichi, C., Lawrence, S., Dawson, B., Bishop, D., & Goodman, C. (2005). Time-motion analysis of elite field hockey during several games in succession: A tournament scenario. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 8(4), 382-391. doi:10.1016/S1440-2440(05)80053-2
- Sweeting, A., Cormack, S., Morgan, S., & Aughey, R. (junio, 2017). When is a sprint a sprint? A review of the analysis of team-sport athlete activity profile. *Frontiers in Physiology*, 8(432). doi:10.3389/fphys.2017.00432
- Varley, I., Lewin, R., Needham, R., Thorpe, R., & Burbary, R. (2017). Association between match activity variables. Measures of fatigue and neuromuscular performance capacity following elite competitive soccer matches. *Journal of Human Kinetics*, 60(1), 93-99. doi:10.1515/hukin-2017-0093
- Vescovi, J., & Frayne, D. (2015). Motion characteristics of division I college field hockey: Female athletes in motion (FAiM) study. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 10(4), 476-481. doi:10.1123/ijsp.2014-0324
- Vinson, D., Gerrett, N., & James, D. (junio, 2017). Influences of playing position and quality of opposition on standardized relative distance covered in domestic women's field hockey: Implications for coaches. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 32(6). doi:10.1519/JSC.0000000000002049
- White, A., & MacFarlane, N. (2013). Time-on-pitch or full-game GPS analysis procedures for elite field hockey? *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 8(5), 549-555. doi:10.1123/ijsp.8.5.549
- Winter, E., & Maughan, R. (agosto, 2009). Requirements for ethics approvals. *Journal of Sports Sciences*, 10. doi:10.1080/02640410903178344

#### Article Citation | Citación del artículo

Morencos, E., Casamichana, D., Torres, L., Romero-Moraleda, B., Haro, X., & Rodas, G. (2019). Kinematic Demands of International Competition in Women's Field Hockey. *Apunts. Educación Física y Deportes*, 137, 56-70. doi:10.5672/apunts.2014-0983.es.(2019/3).137.05