

Diferencias cinemáticas del golpeo de fútbol entre futbolistas expertos y sujetos inexpertos

Soccer kick kinematic differences between experienced and non-experienced soccer players

Alejandro Muñoz López y José Antonio González Jurado

Universidad Pablo de Olavide de Sevilla

Resumen: Objetivo: Examinar las diferencias cinemáticas del golpeo con empeine entre futbolistas expertos y sujetos inexpertos. Sujetos: Se analizaron 17 hombres de 17 a 21 años. Metodología: Se utilizó un sistema de fotogrametría 3D con cuatro cámaras. Los sujetos ejecutaron golpeos con el empeine a máxima potencia. Se analizó la Velocidad del Pie en el Impacto, la Máxima Extensión de Cadera, la Máxima Flexión de Rodilla y la Duración de las Fases del gesto. Resultados: Se hallaron diferencias significativas en la Velocidad del Pie de la pierna no hábil en el momento del impacto (m/s) (Expertos: $14,5 \pm 5,2$, Inexpertos: $12,5 \pm 5$; $p < .001$) y Máxima Extensión de Cadera (grados) (Expertos: $39,2 \pm 1,3$, Inexpertos: $34,28 \pm 3,2$; $p < .001$). También hubo diferencias significativas en la Duración de la Fase 2 en ambas piernas ($p < .05$). Conclusiones: El golpeo con el empeine total en fútbol presenta diferencias significativas entre grupos de diferente nivel tan solo en la pierna no dominante.

Palabra clave: golpeo, fútbol, biomecánica, empeine.

Abstract: Purpose: to examine kinematic differences of instep soccer kick between experienced and non-experienced soccer players. Subjects: 17 men between 17 and 21 years old. Methodology: a 3D film system with 4 cameras was used. Maximum power instep kicks were executed. It was analyzed feet velocity in the impact, maximum hip extension, maximum knee flexion and kick phases duration. Results: were found significant differences in feet velocity with non-dominant leg in the impact moment (m/s) (Experienced: $14,5 \pm 5,2$, Non-experienced: $12,5 \pm 5$; $p < .001$) and maximum hip extension (degrees) (Experienced: $39,2 \pm 1,3$, Non-experienced: $34,28 \pm 3,2$; $p < .001$). Also were significant differences in the second phase duration in both legs ($p < .05$). Conclusions: Maximum instep soccer kick show significant differences between groups of different level only in non-dominant leg. **Key words:** kick, soccer, biomechanics, instep.

1. Introducción

Dentro de la clasificación que hacer Parlebas (1988), el fútbol es un deporte de cooperación y oposición, clasificado dentro de los deportes socio-motrices. Sin tener en cuenta la punta del pie, de todos los golpeos que se pueden realizar en el fútbol, el que se realiza con el empeine total es el que más velocidad puede aplicar al balón. El golpeo de fútbol es la habilidad más estudiada del fútbol; aunque hay muchos tipos de golpeo, la variante más estudiada que se recoge en la literatura es el golpeo con el empeine a máxima velocidad de balón parado. Se han investigado muchos temas al respecto: eficiencia energética del golpeo (Asami, Togari, Kikuchi, Adachi & Yamamoto, 1976), técnica del golpeo (Popov, 1980), diferencias entre jugadores expertos y no expertos (Phillips, 1985), actividad muscular del golpeo (Lees & Nolan, 1998) y velocidad del salida del balón (Luhtanen, 1988) entre muchos otros.

Podemos definir el golpeo, tanto de empeine como de interior, como el balanceo de la pierna ejecutora que comienza con una flexión plantar del pie ejecutor, con el ángulo de cadera alcanzando su máxima extensión mientras que ocurre seguidamente una flexión de rodilla. El ángulo de rodilla entonces alcanza su máximo ángulo de flexión y después se va extendiendo hasta el impacto con el balón (Nunome, Asai, Ikegami & Sakurai, 2002).

De todas las variables cinemáticas estudiadas que determinan la eficacia del golpeo (con el empeine total) de fútbol, es la velocidad máxima del pie en el instante del impacto la más importante. Una mayor velocidad del pie indica un mayor nivel de habilidad en el golpeo (Asami & Nolte, 1983).

En cuanto al ángulo de aproximación al balón con respecto al pie, tras los estudios de Isokawa & Lees (1988), se comprobó cómo los valores óptimos se encuentran en un rango entre 30° y 45° , obteniéndose la máxima velocidad de salida del balón con valores cercanos a 45° y la máxima velocidad de la pierna con valores próximos a 30° . Hablamos de este rango óptimo debido a que con estos valores la pierna puede inclinarse en el plano frontal, por lo que el pie puede situarse de una forma más óptima bajo el balón, produciéndose un mejor contacto con

el mismo (nos referimos en este caso siempre de un golpeo con el empeine total). De estos datos se puede decir que una carrera de aproximación en el mismo eje longitudinal del balón no sería tan efectiva como una aproximación fuera de este eje (Lees & Nolan, 1998).

Mc Lean y Tumilty, (1993) estudiaron la posición del pie de apoyo con respecto al balón, llegando a la conclusión de que éste debería estar a unos 38 cm tras el balón y 37 cm laterales. Otros estudios (Hay, 1985) aportaron que la posición antero-posterior debe estar en un rango de 5 a 28 cm, siendo de 5 a 10 cm laterales.

La forma de golpear el balón fue descrita por Wickstrom, (1975). Se caracteriza por una fase de aproximación al balón, seguida de un posicionamiento del cuerpo, sustentando el peso por un solo pie. La otra pierna realiza un movimiento hacia atrás y se produce una flexión de la pierna por la rodilla. El movimiento siguiente es iniciado por la rotación de la pelvis sobre la pierna de apoyo, seguido por el movimiento del muslo de la pierna que golpea mientras que la rodilla continúa flexionada. Por último, tras el golpeo al balón, se produce una desaceleración del miembro ejecutor.

Frecuentemente encontramos la división de la acción de golpeo en fases temporales con el objetivo de facilitar su estudio. Algunos autores, describen tres fases (Nunome et al., 2002) (Figura 1):

1. *Oscilación hacia atrás de la pierna:* fase que empieza desde que el pie despegas del suelo hasta la máxima extensión de cadera
2. *Elevación de la pierna:* desde la máxima extensión de cadera hasta la máxima flexión de rodilla
3. *Aceleración de la pierna:* desde la máxima flexión de rodilla hasta el impacto del balón.

Podemos encontrar otras investigaciones en las que diferencian cinco fases: primera en la que la pierna de apoyo avanza hacia el balón, segunda en la que se rota la pelvis hacia delante y se produce una flexión simultánea de cadera y rodilla, tercera en la que la cadera se extiende rápidamente, cuarta en la que se flexiona la rodilla y quinta donde se produce el movimiento de la pierna hasta el golpeo del balón (Levendusky, Armstrong, Eck, Jeziorowski & Kugler, 1988).

El objetivo de este estudio es realizar un análisis comparativo de variables cinemáticas del golpeo de fútbol con el empeine total, entre futbolistas expertos y sujetos sin experiencia previa en la práctica de fútbol a nivel competitivo. Se ejecutaron golpeos con la pierna hábil y no hábil.

2. Material y método

La muestra estuvo formada por 17 sujetos entre 17-21 años de edad. Dicha muestra estaba compuesta por dos grupos experimentales diferentes, uno formado por futbolistas de Categoría Juvenil de un club de fútbol de la Primera División Española (n=9) y otra de sujetos que nunca habían practicado fútbol en competiciones institucionalizadas (n=8). En el momento del estudio ninguno de los sujetos sufría ninguna lesión ni tampoco se encontraba en proceso de recuperación de patología alguna. Todos los sujetos fueron informados previamente sobre el objetivo del estudio, tipo de pruebas a las que se sometería, y nos proporcionaron su consentimiento informado firmado siguiendo las indicaciones de la Declaración de Helsinki.

Para el registro y análisis de los datos se utilizaron técnicas de fotogrametría tridimensional compuestas de los siguientes elementos:

- Un ordenador de control.
- Programa de captura de movimiento *CLIMA* y programa de análisis de *3d soccer analyser* comercializado por la empresa *STT*[®].
- Cuatro cámaras *JAI M501R* con resolución *PAL*. Frecuencia de filmación de 50 fotogramas por segundo.
- 21 marcadores reflectores.

Las variables analizadas fueron:

- Velocidad del pie en el momento de impacto
- Máxima extensión de cadera durante la cadena cinética
- Máxima flexión de rodilla durante la cadena cinética
- Duración de cada una de las fases que definen el golpeo
- Duración del tiempo total de golpeo

El sistema *CLIMA* es un sistema óptico de captura y análisis del movimiento automático, que proporciona de manera inmediata resultados en forma de curvas biomecánicas. Permite ver las capturas mediante una aplicación para vistas 3D, o imágenes reales de la acción realizada.

Previo a la captura de videos, el sistema requiere de un proceso de calibración mediante el cual se define un marco global de referencia para todas las cámaras usadas por el sistema de captura de movimiento. El objetivo principal del proceso de calibración es computar los parámetros extrínsecos e intrínsecos para cada cámara concreta. Los parámetros extrínsecos son los vectores y ángulos que definen la posición y orientación de cada cámara. Los parámetros intrínsecos son factores numéricos que definen las características particulares de la óptica usada por cada cámara particular.

El sistema usa un modelo matemático no lineal para lentes, el cual tiene en cuenta la distorsión geométrica generada por lentes de distancia focal corta.

Una vez calibrado el sistema de captura, se colocan al sujeto experimental 21 marcadores siguiendo las indicaciones descritas en el manual del sistema *CLIMA*, con el fin de obtener el modelo biomecánico correspondiente en función los movimientos del deportista a registrar.

El sistema incorpora un software que calcula y devuelve los valores de parámetros cinemáticos de forma automática. El sistema registra los datos de entrada a partir de los marcadores ubicados en el sujeto analizado.

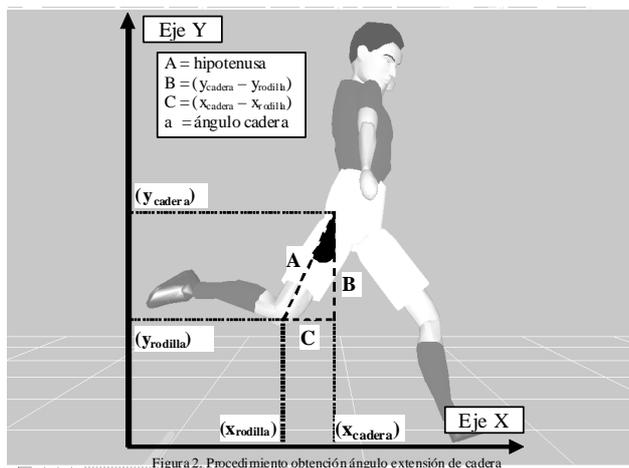


Figura 2. Procedimiento obtención ángulo extensión de cadera

La posición relativa entre los marcadores es perfectamente conocida y preestablecida. Las proyecciones de los marcadores en el sistema de calibración son calculadas en cada fotograma tomado a partir de proceso de calibración.

Todos los sujetos realizaron el mismo calentamiento antes del test y ninguno había realizado ningún tipo de actividad física 24 horas antes. Todos los registros se realizaron a la misma hora del día.

Una vez colocados los 21 marcadores reflectantes, los sujetos se ubican en la posición de inicial en la zona de captura del movimiento.

Desde la señal acústica de inicio emitida por el Sistema *CLIMA* los sujetos disponían de 4 segundos para realizar un golpeo. Se les pidió a los sujetos que golpearan el balón lo más fuerte posible. Cada sujeto realizó 1 golpeo con cada pierna, siempre y cuando el gesto fuera completamente grabado.

El sistema nos proporciona las coordenadas cartesianas de los vectores de posición de la rodilla y la cadera. Mediante trigonometría, se calculó el grado de extensión de la cadera respecto de la vertical, en cada fotograma. En la Figura 2 se representa gráficamente el procedimiento.

Los datos fueron tratados con el programa estadístico *SPSS* v. 18.0. Se aplicó el test de de Shapiro-Wilk, para establecer la normalidad de los grupos. Se realizó la prueba T-Student para muestras independientes. En el caso de no cumplir con los criterios de normalidad el test de contraste aplicado fue la Prueba U de Mann-Whitney. El criterio de significancia estadística seguido fue de $p < .05$.

En base a los datos proporcionados por las pruebas de normalidad, se aplicó definitivamente la prueba T-Student para la comparación tanto intragrupo como intergrupo de las variables cinemáticas de velocidad del pie, máxima extensión de cadera y máxima flexión de rodilla. Para las variables de tiempo de duración de las fases, al no seguir una distribución normal se aplicó la prueba U de Mann-Whitney.

Tabla 1. Resultado de las variables cinemáticas.

	PIERNA HÁBIL				PIERNA NO HÁBIL			
	Expertos X±SD	CV	Inexpertos X±SD	CV	Expertos X±SD	CV	Inexpertos X±SD	CV
Velocidad del pie (m/s)	13.7±.6	13.2	13.4±.6	13.8	14.5±.5*	10.7	12.5±.4*	10.3
Máxima extensión de cadera (grados)	35±2	16.5	34.3±3.2	26.5	39.2±1.3*	10.3	31.5±1.8*	16.4
Máxima flexión de rodilla (grados)	79.5±4.6	17.4	80.7±4	14.2	74.1±4.5	18.2	73.3±5.6	21.8

* $p < .001$, para comparaciones medias de expertos con inexpertos, t de Student. (X±SD: promedio±desviación típica; CV: Coeficiente de Variación)

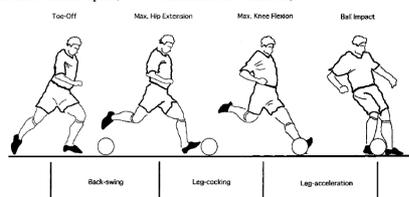


Figura 1. Fases del golpeo (Tomado de Nunone et al. 2002)

3. Resultados

En la Tabla 1 se pueden observar los valores medios de cada grupo tanto en el golpeo con la pierna hábil como con la no hábil. La medias de la velocidad del pie en el momento de impacto no presentaban diferencias significativas comparando ambos grupos en el golpeo con la pierna hábil (13.73±1.81 m/s sujetos con experiencia contra 13.37±1.81 m/s sujetos sin experiencia). Sin embargo, en el golpeo con la pierna no hábil si hay diferencias significativas a $p < .001$ (14.53±1.56 m/s sujetos con experiencia y 12.50±1.29 m/s). Respecto a los valores de extensión de cadera, ocurre lo mismo que en la velocidad; hay diferencias significativas solo en el golpeo con la pierna no hábil ($p < .001$). Para los valores de flexión de rodilla, no se presentan diferencias significativas.

En cuanto a la duración de cada fase del golpeo, se observa en las figuras 5 y 6, cómo existen diferencias significativas tanto en la comparación del golpeo con la pierna hábil como con la no hábil en la duración de la fase 2 ($p < .05$), siendo siempre menor la duración en el grupo sin experiencia, y no encontrando diferencias significativas en la duración del resto de fases o en la duración total del gesto. Además, se

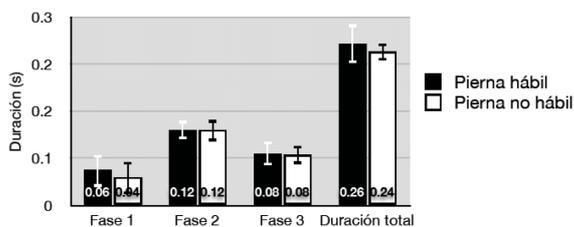


Figura 3. Comparación de la duración de las fases intragrupo. Grupo con experiencia.

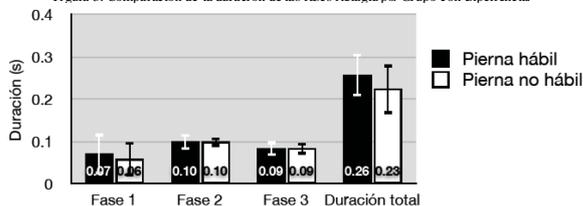


Figura 4. Comparación de la duración de las fases intragrupo. Grupo sin experiencia.

observa una menor duración para el resto de fases en los sujetos con experiencia en ambos golpes, aunque estas diferencias no son estadísticamente significativas. En cuanto a la duración total prácticamente idéntica en el golpeo con la pierna hábil y menor para el grupo sin experiencia en el golpeo con la pierna no hábil.

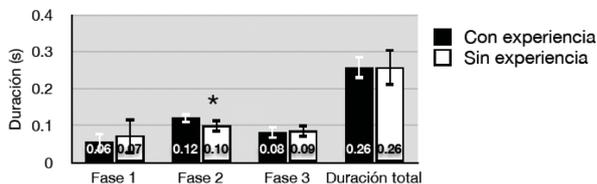


Figura 5. Comparación de la duración de las fases intergrupo. * $p < .05$ (Test U Mann Whitney)

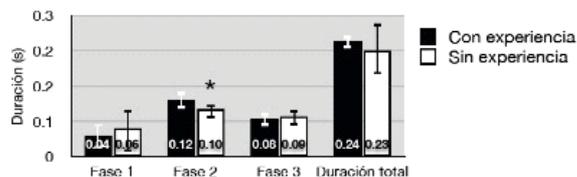


Figura 6. Comparación de la duración de las fases intergrupo. Pierna no hábil. *Diferencias significativas a $p < .05$ según contraste no paramétrico de Mann - Whitney para 2 muestras independientes

4. Discusión

Son varios los autores que defienden que los datos aportados por muchas investigaciones respecto de esta acción técnica en dos dimensiones carecen de relevancia debido a la poca fiabilidad de la toma de datos, ya que se pierde mucha información al tratarse de un movimiento completo y complejo del cuerpo (Shan & Westerhoff, 2005). Sin embargo, Rodano y Tavana (1993), encontraron buenas similitudes en la velocidad lineal de las articulaciones comparando análisis en dos dimensiones con tres dimensiones, aunque encontraron grandes discrepancias en variables angulares. Cuando se realiza un análisis en 2 dimensiones se dejan de lado factores importantes como la rotación pélvica, la cual es muy importante a la hora de generar golpes a gran velocidad (Browder, Tant, & Wilkerson, 1991).

La velocidad de salida del balón es un criterio de eficacia y éxito en esta habilidad. En la revisión de Lees & Nolan (1998) se comenta que los jugadores adultos de fútbol con experiencia obtienen velocidades de salida del balón de entre 20 y 30 $m \cdot s^{-1}$. Según Day (1987), los niños entre 8 y 14 años golpean a velocidades de 12 a 15,5 m/s , datos que están en consonancia con los estudios de Luhtanen (1988), quien aporta datos de 15 a 22 m/s para niños y jóvenes de 10 a 17 años. Parece en este sentido que la edad y el estado madurativo, así como la experiencia, influye en la velocidad de golpeo al balón. Los resultados obtenidos en esta investigación (Tabla 1), concuerdan con los dos estudios anteriores, teniendo en cuenta que los datos que se aportan se refieren a la velocidad del pie en el momento del impacto, mientras que los datos de las investigaciones anteriores se trata de velocidad de salida del balón tras el golpeo; Lees y Nolan (1998) informan de como las velocidades del pie

en el momento de impacto son algo menores que las del balón en su salida (coeficiente de correlación $r > .74$). Se ha informado que la velocidad del balón depende en gran medida de la del pie, velocidad objeto de nuestro estudio en cuanto a parámetros cinemáticos (Asami & Nolte, 1983).

Si los estudios demuestran que es criterio de efectividad la velocidad de salida del balón, es lógico pensar que los jugadores con experiencia debieran golpear el balón con una mayor velocidad (Kawamoto, Miyagi, Ohashi & Fukushima, 2007). Se observa cómo no hemos encontrado estos datos en nuestra investigación entre ambos grupos con el golpeo de la pierna hábil. Sin embargo, sí hay diferencias significativas ($p < .001$) en esta variable para el golpeo con la pierna no hábil (Tabla 1).

Las revisiones nos muestran mayores velocidades de salida del balón cuando se golpea con la pierna hábil. Esto se atribuye a un mayor momento de fuerza producido por el miembro dominante comparado con el miembro no dominante y una mejor transferencia de velocidad del pie al balón (Kellis & Katis, 2007). Sin embargo, en un estudio reciente se aclara que las diferencias en el golpeo de balón con una u otra pierna dependen del nivel de habilidad (experiencia en nuestro caso) de los jugadores (Nunome, Lake, Georgakis & Stergioulas, 2006). Esto claramente concuerda con los datos que hemos obtenido, donde no se encuentran diferencias entre la velocidad de salida del balón con la pierna hábil y la no hábil en los sujetos con experiencia, pero sí hay diferencias significativas ($p < .001$) entre la pierna no hábil de los sujetos experimentados y los no experimentados (Tabla 1).

Respecto a la máxima extensión de cadera, en el estudio de Nunome et al. (2002) se describen las diferentes fases del golpeo como resultado de 4 puntos clave. Uno de estos puntos, el segundo, es la máxima extensión de cadera, la cual determina el final de la fase de balanceo de la pierna (Figura 2). En su estudio se comenta que el golpeo con el interior del pie no presenta diferencias significativas con respecto al golpeo con el empeine total. En la revisión de Lees & Nolan, (1998) se argumenta cómo el rango de movimiento de la cadera y de la rodilla, así como la fuerza aplicada durante la fase dos del movimiento, determinan la velocidad del pie en el momento del impacto. Observamos en nuestro estudio que no hay diferencias significativas de nuevo entre el golpeo con la pierna hábil y la no hábil, en comparaciones intragrupo. Sin embargo, sí hay de nuevo diferencias significativas ($p < .001$) en la máxima extensión de cadera comparando el golpeo con la pierna no hábil entre ambos grupos. Esto apoya como se comentaba en el párrafo anterior que el gesto del golpeo depende del nivel de experiencia del sujeto, habiendo menos diferencias entre ambas piernas en un sujeto con mayor experiencia y, por tanto como se observa de nuevo, diferencias en el miembro no dominante ante sujetos de diferente nivel.

En cuanto a la flexión de rodilla, en la mayoría de los estudios se aportan datos sobre la velocidad angular de la extensión de rodilla en el golpeo. Nuestro estudio está limitado en este sentido ya que no aporta datos de velocidades angulares, pero sí valores angulares de la articulación de la rodilla de golpeo en concreto. Como comentaban Nunome et al., (2006), los jugadores con mayor experiencia alcanzaban mayores momentos de extensión de rodilla durante el golpeo, adquiriendo de esta forma mayores velocidades de golpeo. En los datos que nosotros aportamos podemos observar cómo no existe ningún tipo de diferencia en las comparaciones establecidas respecto a la máxima flexión de rodilla, la cual determina el inicio de la tercera fase, la aceleración de la pierna. Esto nos puede llevar a intentar esclarecer que no es tan importante la flexión de rodilla que realicemos en el golpeo como el propio tiempo que empleemos en extender completamente dicha articulación. Sin embargo, como se comenta en la revisión de Kellis y Katis, (2007), se necesitan nuevos estudios que examinen dichos ángulos y velocidades angulares entre ambas piernas.

Por último, referido a la duración de las fases, en la revisión que hemos realizado no hemos encontrado ningún artículo que comente algo de las fases que hemos utilizado para dividir y examinar el golpeo. Esto puede ser debido quizás a que no sea relevante o que existen otros modelos, como el de Wickstrom (1975), donde se utilizan fases diferentes, en número y características. En este sentido nuestro estudio

puede ser novedoso con respecto a los demás, sobre todo por los resultados obtenidos. Si observamos la duración del tiempo total del gesto no observamos ningún tipo de diferencia, ni intragrupo ni intergrupo (Figura 3 y 4). Sin embargo, al analizar fase por fase observamos cómo se presentan diferencias significativas ($p < .05$) en la fase 2 (Figuras 4 y 5); además, ahora no solo hay diferencias significativas cuando el golpeo es con la pierna no hábil, sino también con la pierna hábil. Los datos en este sentido parece que están relacionados con lo comentado en párrafos anteriores. Los sujetos experimentados presentaban mayores valores de extensión de cadera y los mismos valores de flexión de rodilla, por lo que necesariamente para conseguir esto debían invertir un mayor tiempo en la fase dos. Si invierten más tiempo en esta fase, ante una misma duración total del gesto debe haber una fase que hagan en menos tiempo, es decir, una fase en la que los sujetos con experiencia inviertan un mayor tiempo, y esta es, aunque sin diferencias significativas, la fase uno (Figuras 5 y 6).

Sin embargo, recordamos como no había diferencias significativas en los valores de extensión de cadera en la comparación intergrupo con la pierna hábil, por lo que la duración de las fases no cuadra: esto puede ser explicado por el elevado CV que presentan los datos de la fase 1.

5. Conclusiones

Los resultados muestran que el golpeo con el empeine total presenta diferencias significativas entre los dos grupos analizados tan solo en la pierna no dominante, hecho que puede entenderse debido a que la patada es una habilidad motriz básica, estando más afinado en aquel miembro dominante, y no en el no dominante si no se entrena dicho gesto.

Según los datos obtenidos los futbolistas expertos analizados presentan una mayor extensión de la cadera en la preparación del golpeo, en la fase del balance atrás de la pierna. Esta acción previa les permitirá la ejecución de una cadena cinética más eficaz y por tanto una mayor velocidad en el golpeo final.

En cuanto a los resultados obtenidos en la fase 2, se observa cómo los sujetos sin experiencia invierten menos tiempo en ella que los sujetos con experiencia, tanto con la pierna hábil como con la no hábil. Esto indica como se ve en los resultados que los sujetos con experiencia hacen una mayor extensión de cadera en la fase 2.

Como debilidades de este trabajo se pueden mencionar el hecho de que al ser un trabajo de laboratorio las condiciones de golpeo nunca podrán ser idénticas a las realizadas durante el entrenamiento o en la competición. Por otro lado la colocación de los marcadores, aunque no supongan un implemento especialmente pesado o molesto, no dejan de ser un elemento extraño para los sujetos experimentales.

Este trabajo pueden dar pie a futuras investigaciones, por ejemplo con muestras más numerosas, con las que obtener resultados más concluyentes, que permitan extraer criterios aplicables a la práctica real del entrenamiento y la competición, útiles para ayudar a los técnicos a mejorar la enseñanza y el rendimiento del golpeo en fútbol.

6. Referencias

- Asami, T., & Nolte, V. (1983). Analysis of powerful ball kicking. In Matsui, H., and Kobayashi, K. (eds.), *Biomechanics VIII-A & B: proceedings of the Eighth International Congress of Biomechanics, Nagoya, Japan, Champaign, Ill., Human Kinetics Publishers, c1983*, 695-700. United States.
- Asami, T., Togari, H., Kikuchi, T., Adachi, N., & Yamamoto, K. (1976). Energy efficiency of ball kicking. In Komi, P.V. (ed.), *Biomechanics V-B, Baltimore, Md., University Park Press, 1976*, 135-140.
- Browder, K. D., Tant, C. L., & Wilkerson, J. D. (1991). A three-dimensional kinematic analysis of three kicking techniques in female soccer players. In Tant, C.L. (ed.), *Proceedings of the Ninth International Symposium of the International Society of Biomechanics in Sports, held at Iowa State University, Ames, Iowa, June 1991, Ames, Iowa, Iowa State University, c1991*, 95-100. United States.
- Day, P. (1987). A biomechanical analysis of the development of the mature kicking pattern in soccer. *Unpublished BSc thesis, Liverpool Polytechnic*.
- Hay, J. G. (1985). *The Biomechanics of Sports Techniques. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall*.
- Isokawa, M., & Lees, A. (1988). A biomechanical analysis of the instep kick motion in soccer. In Reilly, T. (ed.), *Science and football: proceedings of the First World Congress of Science and Football, Liverpool, 12-17th April 1987, New York, E. & FN. Spon, c1988*, 449-455. United States.
- Kawamoto, R., Miyagi, O., Ohashi, J., & Fukushima, S. (2007). Kinetic comparison of a side-foot soccer kick between experienced and inexperienced players. *Sports Biomechanics*, 6(2), 187-198.
- Kellis, E., & Katis, A. (2007). Biomechanical characteristics and determinants of instep soccer kick. *Journal of Sports Science & Medicine*, 6(2), 154-165.
- Lees, A., & Nolan, L. (1998). The biomechanics of soccer: a review. / La biomecanique du football: revue. *Journal of Sports Sciences*, 16(3), 211-234.
- Levendusky, T. A., Armstrong, C. W., Eck, J. S., Jeziorowski, J., & Kugler, L. (1988). Impact characteristics of two types of soccer balls. In Reilly, et al. (eds.), *Science and football: proceedings of the First World Congress of Science and Football, Liverpool, 12-17th April 1987*, 385-393. United States.
- Luhtanen, P. (1988). Kinematics and kinetics of maximal instep kicking in junior soccer players. In Reilly, et al. (eds.), *Science and football: proceedings of the First World Congress of Science and Football, Liverpool, 12-17th April 1987*, 441-448. United States.
- McLean, B. D., & Tumilty, D. M. (1993). Left-right asymmetry in two types of soccer kick. / Asymetrie gauche-droite dans deux types de tirs au but en football. *British Journal of Sports Medicine*, 27(4), 260-262.
- Nunome, H., Asai, T., Ikegami, Y., & Sakurai, S. (2002). Three-dimensional kinetic analysis of side-foot and instep soccer kicks. / Analyse cinétique en trois dimensions des frappes de l'intérieur et de l'extérieur du pied et des frappes du cou-de-pied au football. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 34(12), 2028-2036.
- Nunome, H., Lake, M., Georgakis, A., & Stergioulas, L. K. (2006). Impact phase kinematics of instep kicking in soccer. *Journal of Sports Sciences*, 24(1), 11-22.
- Parlebas, P. (1988). *Elementos de sociología del deporte. / Elements of sport sociology*. Malaga; Spain: Unisport. Junta de Andalucía.
- Phillips, S. J. (1985). Invariance of elite kicking performance. In Winter, D. A. (ed.) et al., *Biomechanics IX-B, Champaign, Ill., Human Kinetics Publishers, c1985*, 539-542. United States.
- Popov, A. V. (1980). Tipos de golpes en fútbol y los criterios biomecánicos de su clasificación. *Teoria y practika fizicheskoy kultury* (4), 9-10.
- Rodano, R., & Tavana, R. (1993). Three-dimensional analysis of instep kick in professional soccer players. In *Science and Football II: proceedings of the 2nd World Congress of Science Football, Eindhoven, Netherlands 22-25 May 1991, London, E & FN Spon, 1993*, 357-361. United Kingdom.
- Shan, G., & Westerhoff, P. (2005). Full-body Kinematic Characteristics of the Maximal Instep Soccer Kick by Male Soccer Players and Parameters Related to Kick Quality. *Sports Biomechanics*, 4(1), 59-72.
- Wickstrom, R. L. (1975). Developmental kinesiology: maturation on basic motor patterns. *Exercise & Sport Sciences Reviews*, 3, 163-192.

