

ANÁLISIS DE LOS GOLPEOS DE EMPEINE Y PUNTERA EN JUGADORES DE ELITE DE FÚTBOL-SALA

ANALYSIS OF INSTEP AND TOE KICKS IN INDOOR SOCCER ELITE PLAYERS

Mikel Zabala¹

Enrique García Artero¹

Luis Lozano¹

Javier Lozano²

Víctor M. Soto¹

¹Facultad de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte Universidad de Granada
²Real Federación Española de Fútbol

RESUMEN

El lanzamiento de doble penalti es un elemento técnico determinante en Fútbol Sala que puede determinar el resultado final de un partido y que puede ser ejecutado con el empeine o con la puntera según la intencionalidad del jugador (buscando el predominio de la colocación o de la velocidad del balón, respectivamente). Un análisis tridimensional detallado del gesto, realizado en situación pre-competitiva del más alto nivel -lo cual asegura la excelencia en la realización de los gestos golpeos-, filmado mediante cámaras de alta velocidad y analizado con el software Cyborg 3.0, demuestra que el golpeo de empeine se caracteriza por un último paso más largo y una menor velocidad de salida del balón que el golpeo de puntera, aunque permite una mayor precisión en el golpeo. El lanzamiento de empeine, para obtener altas velocidades de lanzamiento, recurre a una mayor fase de armado (retroceso) de la pierna chutadora y el centro de gravedad se sitúa más elevado. El lanzamiento de puntera, por su parte, produce mayor velocidad de salida del balón, probablemente debido a una mejor transmisión de la fuerza desde el segmento más distal -pie- hacia el móvil (coeficiente de restitución o "rigidez"). Es sin duda el este segmento final de la cadena cinética, el pie, el que determina las características diferenciadoras entre uno y otro golpeo. Conocer en profundidad los elementos similares y diferentes de ambos estilos de lanzamiento nos permitirá ofrecer a nuestros deportistas una metodología de entrenamiento más eficaz en función del objetivo pretendido.

Palabras clave: Fútbol sala. Biomecánica. Doble penalti. Golpeo. Empeine. Puntera.

SUMMARY

Double penalty kick is a determinant skill in Indoor Soccer which can determine the final result of a match and that is usually may be performed with instep or punt toe according to the purpose of the player (looking for the predominance of accuracy or velocity of the ball, respectively). A three dimensional analysis of the movement, in pre-competitive elite situation -what secure the superior quality of the motions executions-, filmed through high velocity camera and analyzed with Cyborg 3.0 software, let us affirm that instep kick is characterized by a longer last step and slower ball start velocity of the ball than the toe kick, but provide a greater accuracy of the kick. To obtain high velocities of the ball in the instep kick, the backward movement of the kicking leg is greater, and the centre of gravity is located higher. In the other side, toe kick produces greater ball start velocity of the ball, probably due to a better transmission of force from the latest limb -foot- to the ball (coefficient of restitution or "stiffness"). Undoubtedly, the final limb of kinetic chain, the foot, determines the discriminatory characteristics between one and other kick. Knowing deeply similar and different elements of these two styles of kicking will let us design a more effective training methodology to our athletes according to the pretended objective.

Key words: Indoor soccer. Biomechanics. Double penalty. Kick. Instep. Toe.

CORRESPONDENCIA:

Mikel Zabala
Facultad de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte.
Universidad de Granada. Carretera de Alfacar, s/n 18011, Granada, España
E-mail: mikelz@ugr.es

Aceptado: 07-12-2005 / Original nº 514

INTRODUCCIÓN

Actualmente el lanzamiento de doble penalti en Fútbol-Sala se ha convertido en un elemento técnico de gran importancia, y prueba de ello es el alto número de partidos que se deciden por una adecuada o no ejecución del mismo¹. El lanzamiento de doble penalti puede influir directamente en los resultados y su materialización es vital de cara a marcar diferencias respecto al equipo adversario. Si bien no estamos hablando de Fútbol, donde un gol puede suponer una mayor diferencia, no hay que olvidar que la mayoría de los partidos de Fútbol-Sala se suelen dirimir por mínimas diferencias en el marcador.

Este gesto tan importante se suele ejecutar fundamentalmente, tal y como nos confirmaron los jugadores del Equipo Nacional Español especialistas en estas acciones, o bien priorizando una mayor velocidad del balón -golpeo de puntera-, o bien priorizando la colocación del esférico en una zona concreta de la meta contraria -golpeo de empeine-.

Aunque el rendimiento en la acción de golpeo esté altamente influido por variaciones mínimas en la coordinación motora, según las características motrices de cada jugador², el hecho de que el lanzamiento concreto de doble penalti sea un gesto cerrado nos permite afirmar que su análisis, trabajo y optimización desembocarán directamente en una mejor ejecución y rendimiento -en última instancia, el gol-. Por tanto, el objetivo debe ser que el gesto se realice de la manera más eficaz y automatizada posible, y que la no consecución del gol se deba más al acierto del portero contrario que a nuestro propio error al ejecutarlo.

Desde una perspectiva multidisciplinar, aunque fundamentalmente biomecánica, numerosos estudios científicos han tratado el golpeo de Fútbol en la historia reciente³, encontrando en la literatura sólo breves descripciones cualitativas del gesto de golpeo en Fútbol-Sala¹. Muchos de estos estudios del golpeo en Fútbol se han interesado por la carrera de aproximación que

efectúa el jugador hacia el balón: velocidad^{4,5}, angulación^{6,7}, distancia⁸, etc. Otras variables que han llamado la atención de los investigadores han sido: las fuerzas de reacción que ejerce el suelo⁹, el descenso de velocidad angular que experimenta el muslo en la parte final del movimiento^{10,11}, la rigidez o coeficiente de restitución del pie¹²⁻¹⁴, los rangos de movimiento (*range of motion*, ROM) de las articulaciones implicadas¹⁵⁻¹⁸, las superficies de contacto¹⁹, las interacciones entre los segmentos de la cadena cinética²⁰, etc.

Así, todos los trabajos consultados por nosotros tienen como objeto de estudio el golpeo en Fútbol, pudiendo afirmar que no hemos hallado en la literatura nada referido exclusivamente al Fútbol-Sala. Sin embargo, trataremos de comparar y discutir sus aportaciones con las del presente estudio, ya que el patrón de movimiento, aunque algo diferente, parece ser muy similar en las dos disciplinas futbolísticas. De hecho, se ha demostrado que, en sujetos con un alto nivel de destreza, el patrón de movimiento y el registro electromiográfico (EMG) no se ven afectados al utilizar distintos tipos de balón (de Fútbol, Fútbol-Sala y Voleibol)²¹. A pesar de ello, hemos de tener en cuenta que los sujetos de ese estudio eran jugadores de Fútbol, mientras que los sujetos analizados en este trabajo son jugadores de Fútbol-Sala del más alto nivel mundial, cuya técnica de golpeo puede ser sensiblemente diferente a la propia del Fútbol.

Importantes estudios^{23,23} han analizado las diferencias y similitudes entre los tipos de golpeo más utilizados en Fútbol: empeine e interior. El presente trabajo es una adaptación de estas investigaciones al Fútbol-Sala, sustituyendo el golpeo de interior por el de puntera, debido a la importancia de este tipo de golpeo en esta modalidad.

Llegados a este punto, se hace necesario destacar el doble objetivo pretendido en esta investigación: 1) describir las características cinemáticas del lanzamiento de Doble Penalti en Fútbol-Sala, ejecutado con las superficies de contacto de puntera y de empeine, y 2) contras-

tar las diferencias posibles entre ambos tipos de ejecuciones para establecer los aspectos clave que los diferencian y los definen en su naturaleza y objetivo diferente. Y es que son evidentes los claros beneficios que podemos obtener de la relación entre la biomecánica y el control motor en la comprensión de los procesos de coordinación y control de los movimientos con múltiples grados de libertad²⁴, como es el caso del golpeo en Fútbol.

MATERIAL Y MÉTODO

Los sujetos analizados fueron 3 lanzadores de categoría absoluta de la selección española de Fútbol-Sala, con una edad media de 25,7 años ($\pm 2,37$ años), un peso de 67 kg ($\pm 0,66$ kg) y una talla de 1,73 m ($\pm 0,027$ m). Para la filmación del gesto se utilizaron 2 cámaras de video de alta velocidad (100 Hz), un cubo de varillas de aluminio (4x2 m²) como sistema de referencia y un balón oficial con el peso (450 gr) y la presión (0,65 kg/cm² de aire) reglamentarios. Para el tratamiento y análisis de las imágenes se utilizó el software *Cyborg 3.0*[®]. Para el proceso de suavizado se utilizaron los algoritmos *quintic splines*, *B-splines* y filtros digitales, así como la reconstrucción 3D con algoritmo DLT y 2D con escalado.

Las dos cámaras se colocaron de forma lateral y diagonal al plano de ejecución, una de ellas en una diagonal izquierda por detrás y la otra en una diagonal desde la derecha por delante (formando una angulación de 90° entre ambas cámaras). El objetivo de esta disposición era obtener posteriormente una imagen tridimensional del gesto, para lo cual previamente se colocó el "objeto de referencia" en el lugar preciso donde se iba a efectuar el lanzamiento. Cuatro observadores, situados detrás, delante, a izquierda y a derecha, sirvieron de ayuda para tomar los informes precisos de cara a realizar un estudio técnico completo del lanzamiento. Mediante una planilla de observación propia anotaron quién era el ejecutante, superficie de contacto utilizada (empeine o puntera, ya conocido de antemano) y resultado del lanzamiento (grado

de éxito o fracaso del mismo -gol/no gol-), para posteriormente seleccionar las mejores ejecuciones de cada sujeto.

Los jugadores expresaban antes de cada lanzamiento el tipo de superficie de golpeo, así como la dirección que querían imprimir al mismo (caso del golpeo de empeine, pues aseguraron que al golpear de puntera lanzaban "a romper", sin poder prever con suficiente exactitud la dirección del balón). Hay que destacar que las ejecuciones se filmaron durante un entrenamiento específico del gesto antes de una final del Campeonato de Europa y con portero en actitud activa. De entre todas las ejecuciones filmadas sólo se digitalizaron las 5 mejores ejecuciones de cada jugador en cada uno de los dos gestos utilizados (n=15 y n=15 respectivamente), coincidentes con la intención del golpeo (gol para los golpes de puntera, y gol y zona para los de empeine).

El modelo biomecánico utilizado fue el rígido de 14 segmentos y 23 puntos: punta del pie, talón, tobillo (maleolo), rodilla, cadera (cabeza del fémur), hombro, codo, muñeca, mano (punto más alejado) -todos ellos en ambos lados del cuerpo-, supraexternal, maxilar, vértex, nariz y balón. En base a los resultados de un estudio anterior²², nuestra atención se centró principalmente en las articulaciones cadera, rodilla y tobillo. Es la rodilla la articulación que en mayor medida contribuye a la velocidad del pie en el momento del impacto, sobre todo mediante su movimiento de flexión-extensión²².

Para el posterior análisis de los resultados, se consideraron 3 eventos temporales diferentes, que dividen el gesto completo en 2 fases²²: Ev. 1) fin del penúltimo apoyo o pérdida de contacto del pie de la pierna de golpeo con el suelo; Ev. 2) inicio del último apoyo o contacto de la pierna de apoyo con el suelo; y Ev. 3) instante del golpeo (Figura 1).

Las variables analizadas en nuestro estudio se pueden distribuir en varios grupos. Como aspectos importantes previos al golpeo en sí, hemos destacado: la longitud (m) del último

paso, el tiempo (s) de cada fase (Ev. 1 a Ev. 2; Ev. 2 a Ev. 3) y tiempo total, el desplazamiento acumulado (m) del centro de gravedad (CDG) y la altura del mismo en los 3 eventos.

Del golpeo en sí hemos tomado: la velocidad lineal ($m \cdot s^{-1}$) máxima y en el evento 3 de cadera, rodilla y tobillo, y la velocidad angular ($rad \cdot s^{-1}$) y angulación ($^{\circ}$) de cadera, rodilla y tobillo en el evento 3. Todo ello referido a la pierna chutadora.

Y por último, como producto del lanzamiento, hemos destacado la velocidad del balón ($m \cdot s^{-1}$) y el ratio entre la velocidad del balón y la velocidad de la punta del pie en el momento del contacto, tal y como sugieren diferentes autores destacados^{12,15,16,23}. Este último parámetro, la velocidad del pie en el momento del golpeo, es el predictor más importante de la velocidad que alcanzará el balón tras el contacto ($r = 0.83$)²³.

Para el análisis de las variables se realizó una estadística descriptiva (promedio \pm desviación típica -DT-) y un análisis de la varianza -ANOVA- atendiendo a los factores sujeto y tipo de golpeo realizado (mediante el *software* estadístico *Statgraphics plus v.4*), con el fin de describir y establecer comparaciones (posibles diferencias estadísticamente significativas - $p \leq 0.05$ -) entre ambos tipos de golpeos.

RESULTADOS

Presentamos a continuación la estadística descriptiva (promedio \pm DT) y de contraste (nivel de significación -p-) entre las variables analizadas en ambos tipos de golpeo. En la Tabla 1 vemos cómo el último paso es mayor en el golpeo de empeine ($p=0.000$), por lo que el gesto ocupa más tiempo ($p=0.000$), aunque esa diferencia se aprecia sólo en la fase de armado de la pierna



FIGURA 1. Eventos temporales (Ev1 - 2 - 3) utilizados para dividir el gesto. Golpeo de empeine (visión desde la diagonal derecha)

Variable		Tipo de golpeo	
		Empeine	Puntera
Longitud último paso	(m)	2,1 \pm 0,063	1,88 \pm 0,071***
Tiempo total (Ev. 1 a Ev. 3)	(s)	0,2314 \pm 0,012	0,1993 \pm 0,009***
Tiempo Ev. 1 a Ev. 2	(s)	0,1543 \pm 0,009	0,1254 \pm 0,010***
Tiempo Ev. 2 a Ev. 3	(s)	0,0771 \pm 0,004	0,0729 \pm 0,009 ^{NS}
Desplazamiento CDG Ev.1 a Ev. 2	(m)	0,8467 \pm 0,062	0,7112 \pm 0,054***
Desplazamiento CDG Ev.1 a Ev. 3	(m)	1,228 \pm 0,087	1,086 \pm 0,058**
Altura CDG Ev. 1 en relación a altura sujeto	(%)	52,88 \pm 1,682	50,28 \pm 0,747***
Altura CDG Ev. 2 en relación a altura sujeto	(%)	47,51 \pm 1,898	45,85 \pm 1,051*
Altura CDG Ev. 3 en relación a altura sujeto	(%)	47,17 \pm 2,00	45,33 \pm 1,562 ^{NS}

*** $p < 0.001$; ** $p < 0.01$; * $p < 0.05$; NS: no significativo

TABLA 1. Características del golpeo previas al momento del contacto con el balón (promedio \pm DT)

(Ev. 1 a Ev. 2, $p=0.001$) y no así en la fase de golpeo propiamente dicha (Ev. 2 a Ev. 3, $p=0.242$). Como consecuencia de ello, el desplazamiento del centro de gravedad -CDG- es mayor en el golpeo de empeine ($p=0.002$), pero -confirmando lo anterior- la diferencia es más significativa en la primera fase del movimiento (Ev.1 a Ev.2, $p=0.001$). En ambos tipos de golpeo, la altura del CDG va disminuyendo conforme se produce el gesto, siendo dicha altura mayor en el golpeo de empeine: altamente significativo al principio - $p=0.001$ en Ev. 1 y $p=0.027$ en Ev. 2- y con indicios de significación al final - $p=0.057$ en Ev. 3-.

El análisis de la Tabla 2 nos muestra cómo la velocidad lineal ($m\cdot s^{-1}$) de los segmentos que actúan en el golpeo va aumentando desde el segmento proximal -muslo- hacia el distal -pie, de manera similar en ambos tipos de lanzamiento, existiendo diferencias significativas únicamente

en la velocidad máxima del extremo distal de la cadena -tobillo- ($p=0.011$), a favor del golpeo de puntera. La velocidad de salida del balón es significativamente mayor en el golpeo de puntera ($p=0.037$), lo que ocasiona a su vez que el ratio velocidad del balón / velocidad del pie sea aún más favorable al golpeo de puntera ($p=0.001$).

Las características angulares de los golpes son presentadas en la Tabla 3. Las angulaciones en ambos tipos de golpeo son muy similares, excepto en el tobillo, donde el golpeo de empeine presenta 20° más de flexión plantar con respecto al golpeo de puntera ($p=0.004$). La velocidad angular de las articulaciones implicadas no varía para los segmentos proximales -cadera y rodilla-, existiendo diferencia significativa sólo en el extremo distal -tobillo-. Y de nuevo, como ya ocurriera con la velocidad lineal, esa diferencia vuelve a ser favorable al golpeo de puntera ($p=0.006$).

TABLA 2.
Parámetros
cinemáticos lineales
($m\cdot s^{-1}$) de diferentes
descriptores ($\pm DT$)

Variable		Tipo de golpeo	
		Empeine	Puntera
Veloc. máx. cadera	($m\cdot s^{-1}$)	9,56 \pm 2,59	9,18 \pm 2,06 ^{NS}
Veloc. máx. rodilla	($m\cdot s^{-1}$)	14,56 \pm 3,21	13,83 \pm 2,45 ^{NS}
Veloc. máx. tobillo	($m\cdot s^{-1}$)	18,57 \pm 0,76	21,6 \pm 6,08*
Veloc. Ev. 3 cadera	($m\cdot s^{-1}$)	3,88 \pm 1,16	5,32 \pm 2,91 ^{NS}
Veloc. Ev. 3 rodilla	($m\cdot s^{-1}$)	4,95 \pm 1,14	6,99 \pm 3,46 ^{NS}
Veloc. Ev. 3 tobillo	($m\cdot s^{-1}$)	17,5 \pm 0,88	18,02 \pm 2,97 ^{NS}
Veloc. balón (salida)	($m\cdot s^{-1}$)	30,65 \pm 2,02	32,27 \pm 1,44*
Ratio V balón/V punta pie		1,26 \pm 0,06	1,51 \pm 0,12***

*** $p<0.001$; ** $p<0.01$; * $p<0.05$; NS: no significativo

TABLA 3.
Descriptores
cinemáticos
angulares ($\pm DT$)

Variable		Tipo de golpeo	
		Empeine	Puntera
Angulación Ev. 3 cadera	($^\circ$)	132,14 \pm 19,42	134,00 \pm 14,71 ^{NS}
Angulación Ev. 3 rodilla	($^\circ$)	135,71 \pm 8,53	136,36 \pm 10,18 ^{NS}
Angulación Ev. 3 tobillo	($^\circ$)	109,57 \pm 11,67	89,21 \pm 8,88**
Veloc. angular Ev. 3 cadera	($rad\cdot s^{-1}$)	4,73 \pm 11,3	-0,91 \pm 5,51 ^{NS}
Veloc. angular Ev. 3 rodilla	($rad\cdot s^{-1}$)	33,74 \pm 9,31	39,22 \pm 12,56 ^{NS}
Veloc. angular Ev. 3 tobillo	($rad\cdot s^{-1}$)	-6,40 \pm 10,07	8,54 \pm 11,68**

*** $p<0.001$; ** $p<0.01$; * $p<0.05$; NS: no significativo

DISCUSIÓN

Las características del golpeo de empeine previas al mismo -mayor longitud en el último paso, mayor tiempo total y entre fases y el mayor desplazamiento y altura del CDG- nos confirman algunas características del mismo que ya intuíamos: una última zancada muy amplia -obtenida gracias, en parte, a un mayor impulso en el penúltimo apoyo o Ev. 1-, un mayor retroceso o movimiento de armado de la pierna de golpeo, y una posición más alta del brazo contrario y del tronco en general¹⁹.

Investigadores japoneses²³ muestran unos resultados similares a los nuestros en lo relativo a las características temporales del gesto. Su comparación es entre el golpeo de empeine y el de interior, y aunque no existen diferencias significativas entre ambos, el de empeine dura 31 mili-segundos más y su fase de armado (*back swing*) es mayor en un 15%.

En cuanto al golpeo en sí, tanto de empeine como de puntera, podemos afirmar que la cadena cinética presenta una secuencia temporal muy clara, iniciándose con el desplazamiento angular del segmento proximal, más estable -muslo-, seguida de la rotación del segmento distal contiguo -pierna-, y así hasta el segmento más distal -pie-, que alcanza una gran velocidad gracias a la transferencia del momento angular. Esto se manifiesta en una velocidad lineal que aumenta conforme avanzamos desde el muslo hacia el pie, de igual forma en ambos golpes, diferenciándose únicamente en el extremo distal. Igualmente, la velocidad angular presenta diferencia significativa sólo en el tobillo. Ello da idea de la gran especificidad de la cadena de movimiento para uno y otro golpeo, así como del papel tan determinante que juega el segmento distal (pie) en el resultado final del lanzamiento.

La velocidad de salida del balón que hemos obtenido ($30,65 \pm 2,02$ m/s en el golpeo de empeine y $32,27 \pm 1,44$ m/s en el golpeo de puntera) se encuentra en unos valores similares a los de anteriores trabajos¹². Otros estudios presen-

tan valores algo menores^{15,16,23,23,25,26}. En cuanto a nuestros valores del ratio velocidad del balón / velocidad del pie ($1,26 \pm 0,06$ en empeine y $1,51 \pm 0,12$ en puntera), éstos son algo mayores que los presentados por la mayoría de trabajos^{12,15,16}. Tanto para una variable como para otra, hay que tener en cuenta que los sujetos de nuestro estudio son jugadores de muy alto nivel, que poseen unos grados de automatización, consistencia y rendimiento muy elevados.

El hecho de que la velocidad de salida del balón, así como el ratio velocidad del balón / velocidad del pie, sean mayores en el golpeo de puntera -a pesar de que las velocidades lineales de los segmentos en el momento del contacto sean similares en ambos golpes-, nos hace pensar que en el lanzamiento de puntera debe existir una mejor transmisión de fuerza desde el segmento pie hacia el balón. En otras palabras, en el golpeo de puntera el pie parece presentar una mayor rigidez o coeficiente de restitución que hace que, al transmitir la fuerza desde la palanca hacia el móvil, la inevitable pérdida que se produce sea menor. Hay que añadir, además, que es también posible que esta mejor transmisión de fuerzas en el golpeo de puntera se deba a que en este tipo de *chut* el segmento pie golpea al balón en su centro, mientras que en el golpeo de empeine ese contacto se realiza en un lateral del balón, para imprimirle rotación (*spin*). Sería interesante, en posteriores estudios, analizar estas variables, comparándolas entre ambos tipos de golpeo, para poder confirmar lo que aquí auguramos.

El modo en que evoluciona la velocidad angular, desde la cadera hacia el tobillo, en uno y otro golpeo, parece ser debido al modelo de cadena cinética que se manifiesta en cada tipo de lanzamiento. El golpeo de puntera presenta unas características más acordes con las cadenas cinéticas "secuenciales": cada segmento alcanza su momento angular pico y lo transmite después al siguiente segmento, progresivamente hasta el extremo distal, de manera que en el momento del golpeo -Ev. 3- el tobillo presenta una alta velocidad angular y la cadera casi no

se desplaza. El golpeo de empeine, por su parte, respondería más al modo de funcionamiento de las cadenas cinéticas denominadas "de empuje", en las que los diferentes segmentos aumentan su velocidad angular y alcanzan el pico de su momento angular casi al unísono. Como consecuencia de ello, y en comparación con el golpeo de puntera, el golpeo de empeine presenta en el momento del contacto -Ev. 3- una mayor velocidad angular en la cadera, pero la velocidad angular en el tobillo es bastante menor.

Esa menor velocidad angular del tobillo en el momento del golpeo, en el lanzamiento de empeine respecto al de puntera, puede también ser explicada por un claro mecanismo de control del movimiento llevado a cabo por el sujeto -básicamente una acción de frenado sobre el extremo distal de la cadena-, para obtener una mayor precisión. Ello no ocurre en el golpeo de puntera -recordemos que los jugadores nos indicaban que no eran capaces de predecir el destino del balón en los lanzamientos de este tipo-, por lo que la velocidad angular del tobillo resulta mayor.

Debido a la alta similitud entre nuestro estudio y el de Lees y Nolan¹⁵ -tipos de lanzamiento y

metodología-, hemos confeccionado una tabla comparativa entre los resultados obtenidos por ambos estudios de cara a poder discutirlos (Tabla 4). En términos generales, podemos afirmar que los resultados de ambos estudios son similares. En la mayoría de ellos, nuestros sujetos presentan unos valores más altos que los de Lees y Nolan¹⁵, debido principalmente a que se trata de lanzadores especialistas del más alto nivel mundial.

La angulación de cadera presentada en el momento del golpeo nos indica que nuestros sujetos -lanzadores especialistas- emplean una mayor flexión de esta articulación, quedando así el tronco situado encima del balón. En el trabajo de Lees y Nolan¹⁵ los sujetos presentan la cadera más extendida, colocando el tronco en una posición más vertical en el instante del golpeo. Este ha sido uno de los parámetros en los que más se ha incidido tradicionalmente a la hora de enseñar el golpeo a los practicantes que se inician en este deporte.

En resumen, podemos afirmar que:

- Tanto en el golpeo de empeine como en el de puntera, la velocidad de los segmentos

Descriptor	Nuestro estudio		Lees y Nolan (1999)	
	Empeine	Puntera	Precisión	Velocidad
Long. último paso (m)	2,10±0,06	1,88±0,07	0,54±0,045	0,765±0,065
Veloc. lineal (m·s⁻¹)	veloc. máx		veloc. máx.	
Cadera	9,56±2,59	9,18±2,06	2,22±0,245	2,88±0,11
Rodilla	14,56±3,21	13,83±2,45	4,48±0,235	5,6±0,22
Tobillo	18,57±0,76	21,6±6,08	12,55±0,495	14,91±0,175
Ratio V balón/V punta pie	1,26±0,06	1,51±0,12	1,31±0,085	25,45±1,62
Balón (salida)	30,65±2,02	32,27±1,44	19,25±1,62	1,31±0,05
Angulación (°)	en el instante del golpeo		en el instante del golpeo	
Tobillo	109,57±11,67	89,21±8,88	112,2±6,1	127,4±2,3
Rodilla	135,71±8,53	136,35±10,17	123,6±5,75	125,2±4,3
Cadera	132,0±19,42	134,0±14,71	160,6±1,3	153,6±2,6
Veloc. angular (rad·s⁻¹)	en el instante del golpeo		en el instante del golpeo	
Cadera	4,73±11,30	-0,91±5,51	-2,95±0,75	-5,55±0,04
Rodilla	33,74±9,31	39,22±12,56	17,8±2,3	21±1,3
Tobillo	-6,40±10,07	8,54±11,6	0,7±2,35	-1,55±1,05

TABLA 4.
Comparación de los resultados de nuestro estudio con los de Lees y Nolan¹⁵

va aumentando progresivamente desde el extremo proximal -muslo- hacia el distal -pie- de la cadena cinética.

- El elemento diferenciador fundamental se encuentra en el extremo distal -pie-, desplazado a mayor velocidad y con una menor flexión plantar en el golpeo de puntera.
- El golpeo de empeine, para obtener altas velocidades de lanzamiento, recurre a una mayor fase de armado (retroceso) de la pierna chutadora. Como consecuencia de ello, el CDG se sitúa más alto en este tipo de lanzamiento, posiblemente debido a un movimiento más exagerado de los brazos -para compensar el gran momento angular creado por la pierna-.
- El golpeo de puntera produce una mayor velocidad de salida del balón, debido a una mayor velocidad -sólo angular- del pie en el momento del golpeo, y posiblemente también -sin confirmar- a una mayor rigidez de este segmento en el momento del contacto con el balón, lo que hace que la fuerza se transmita más eficazmente. También es posible que la zona de golpeo del balón sea determinante: zona central para el golpeo

de puntera, y zona algo más lateral para el golpeo de empeine.

- Frente a esa mayor velocidad del balón que asegura el golpeo de puntera, el realizado con el empeine ofrece una mayor precisión, pudiendo así dirigir el balón hacia un sitio determinado de la portería.

Por tanto, será el jugador quien en última instancia decida qué tipo de golpeo realizar en función del objetivo deseado con los beneficios y limitaciones derivadas de cada gesto, priorizando la velocidad (puntera) o la precisión (empeine), y teniendo siempre presente que la portería en Fútbol-Sala tiene unas dimensiones muy reducidas en comparación con la de Fútbol. De ahí que el golpeo a portería de puntera sea un recurso mucho más utilizado en Fútbol-Sala que en Fútbol.

AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer la colaboración y fundamental ayuda prestada por el Seleccionador Nacional Español D. Javier Lozano, así como la predisposición y actitud mantenida por los jugadores que participaron en el estudio Joan, Cobeta y Vicentín.

B I B L I O G R A F Í A

1. **Zabala M, Lozano L.** Análisis del lanzamiento de Doble Penalty en Fútbol-Sala. Extrapolación al deporte base. En: Viciano J, Chiroso LJ. *Innovaciones y nuevas perspectivas en la didáctica-entrenamiento de los deportes colectivos y la formación del jugador base*. Granada: Reprografía Digital, 1999;189-205.
2. **Rodano R, Tavara R.** Three dimensional analysis of instep kick in professional soccer players. En: Reilly T, *et al* (Eds.). *Science and football II*. London: E&FN SPON, 1993; 357-61.
3. **Zabala M, Lozano L.** Perspectiva biomecánica del golpeo en fútbol: una revisión a modo de recorrido histórico. *Lecturas: Revista Digital efdeportes*. 2002, nº 45, Febrero (consultado 10/08/2004). Disponible en: <http://www.efdeportes.com/efd45/golpeo.htm>.
4. **Phillips SJ.** Invariance of elite kicking performance. En: Winter DA, *et al.* (Eds.) *Biomechanics IX-B, Human Kinetics, Champaign*. Illinois, 1985;539-42.
5. **Opavsky P.** An investigation of linear and angular kinematics of the leg during two types of soccer kick. En: Reilly T, *et al.* (Eds.) *Science and football*. London: E&FN SPON, 1988;456-9.
6. **Isokawa M, Lees A.** A biomechanical analysis of the instep kick motion in soccer. En: Reilly T, *et al.* (Eds.) *Science and football*. London: E&FN SPON, 1988;449-55.
7. **Basumatary S, Begg RK, Diamond NT.** Biomechanical analysis of the instep-kick in soccer. *Journal of Sports Sciences* 1999;17:833.

8. **Olson K R.** Leg length and distance of approach steps for the optimal soccer style placekick. Thesis, Microform Publications, College of Human Development and Performance, University of Oregon, Eugene, 2 microfiches. 1992.
9. **Roberts EM, Zernicke R F, Youm Y, Huang T C.** Kinetic parameters of kicking. En: Nelson RC, Morehouse CA. (Eds.) *Biomechanics IV*. Macmillan, U.S.A., 1974; 157-62.
10. **Putnam CA.** Interaction between segments during a kicking motion. En: Matsui H, Kobayashi K. (Eds.) *Biomechanics XIII-B, Human Kinetics, champaign*. Illinois, 1983; 688-94.
11. **Dorge HC, Andersen TB, Sorensen H, Simonsen EB, Aagaard H, Dyhre-Poulsen P, Klausen K.** EMG activity of the iliopsoas muscle and leg kinetics during the soccer place kick. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports* 1999;9(4):195-200.
12. **Asami T.** Analysis of powerful ball kicking. En: Matsui H, Kobayashi K. (Eds.) *Biomechanics XIII-B, Human Kinetics, champaign*. Illinois, 1983;695-700.
13. **Luhtanen P.** Kinematics and kinetics of maximal instep kicking in junior soccer players. En: Reilly T, et al. (Eds.) *Science and football*. London: E&FN SPON, 1988;441-8.
14. **Andersen TB, Dorge HC, Thomsen FI.** Collisions in soccer kicking. *Sports Engineering* 1999;2(2):121-5.
15. **Lees A, Nolan L.** Three-dimensional kinematic analysis of the instep kick under speed and accuracy conditions. *Journal of Sports Sciences* 1999;17:836.
16. **Patritti BL, Lees A, Nevill AM.** Kinematic model of kicking performance for the preferred and non-preferred leg in male soccer players. *Journal of Sports Sciences* 1999;17:838.
17. **Sato H, Asai T, Miyashita S, Mouri M, Oomori Y, Ooshima Y.** Comparison of curve kick with instep kick by 3-D motion analysis. *Journal of Sports Sciences* 1999;17:839.
18. **García-Artero E, Zabala M.** La importancia del rango de movimiento de cadera y rodilla en el golpeo de empeine total en fútbol. Aplicaciones para el alto rendimiento y para la enseñanza del gesto en fútbol base. Lecturas: Revista Digital efdeportes. 2004, nº 75, Agosto. (consultado 15/07/2004). Disponible en: <http://www.efdeportes.com/efd75/rom.htm>.
19. **Gutiérrez-Dávila M, Raya A.** Efecto de la superficie de contacto sobre los factores biomecánicos en el golpeo de fútbol. *Archivos de Medicina del Deporte* 2003; 20(95): 229-36.
20. **Gutiérrez M, Soto VM.** Análisis biomecánico de la cadena cinética implicada en el golpeo en el fútbol con el empeine del pie. *Archivos de medicina del deporte* 1992; 19(34):165-71.
21. **Hagiwara T, Amano K.** An electromyographic study on outside kicking. Bulletin of Institute of Health and Sport Sciences, *University of Tsukuba* 1993;16:51-61.
22. **Levanon J, Dapena J.** Comparison of the kinematics of the full-instep and pass kicks in soccer. *Med Sci Sport Exerc* 1998;30(6):917-27.
23. **Nunome H, Asai T, Ikegami Y, Sakurai S.** Three-dimensional kinetic analysis of side-foot and instep soccer kicks. *Med Sci Sport Exerc* 2002;34(12):2028-36.
24. **Dauids K, Lees A, Burwitz L.** Understanding and measuring coordination and control in kicking skills in soccer: implications for talent identification and skill acquisition. *Journal of Sport Sciences* 2000;18(9):703-14.
25. **Dos Anjos LA, Adrian MJ.** Forças de reacao do solo na perna de sustentacao de jogadores habilitados e nao habilitados durante chutes numa bola de futebol. *Revista Brasileira de Ciencias do Esporte (Sao Paulo)* 1986;8(1):129-33.
26. **Mognoni P, Narici MV, Sirtori MD, Lorenzelli F.** Isokinetic torques and kicking maximal ball velocity in young soccer players. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness* 1994;34:357-61.