

Validación de un protocolo para la medición de la velocidad de golpeo en fútbol

SILVIA SEDANO CAMPO

Licenciada en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte
Departamento de Educación Física y Deporte
Facultad de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte
Universidad de León

ANA M.^a DE BENITO TRIGUEROS

Licenciada en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte
Departamento de Educación Física y Deporte
Facultad de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte
Universidad de León

JOSÉ MARÍA IZQUIERDO VELASCO

Licenciado en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte
Colaborador del Laboratorio de Entrenamiento Deportivo
Universidad de León

JUAN CARLOS REDONDO CASTÁN

Profesor Titular de Universidad
Departamento de Educación Física y Deporte
Facultad de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte
Universidad de León

GONZALO CUADRADO SÁENZ

Profesor Titular de Universidad
Departamento de Educación Física y Deporte
Facultad de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte
Universidad de León

Correspondencia con autora

Silvia Sedano Campo
ssedc@unileon.es

Resumen

Se considera que el radar es un buen instrumento de medida, aunque sus aplicaciones en actividad física y deporte son escasas. El presente estudio trata de validar un protocolo de medición basado en el radar comparándolo con un criterio de referencia utilizado habitualmente (fotogrametría), en este caso aplicado a la velocidad en el golpeo en fútbol. Para ello, cuatro jugadores de fútbol experimentados participaron de forma voluntaria en el estudio, realizando un total de 100 golpes de balón. La velocidad de los mismos fue medida a través del radar Stalker PRO[®] y el protocolo de medición fue validado mediante un sistema de fotogrametría con el software Kinescan/IBV[®] 2001. Para cuantificar la relación entre los dos métodos de medición empleados se aplicó el coeficiente de correlación de Pearson ($R_{xy} = 0,998$; $p < 0,05$). En consecuencia, se observa una asociación significativa y directamente proporcional entre ambos métodos de medición.

Palabras clave

Validación; Radar; Velocidad; Protocolo; Fútbol.

Abstract

Validation of a measuring system for kicking speed in soccer

It is supposed that a radar gun is a good instrument for measurement but its applications in sports are scarce. The current study tries to validate a measuring system of kicking speed comparing the results offered by a radar gun with those registered with a video system. Four voluntary experimented soccer players took part in the study kicking the ball 100 times (25 attempts each player). Kicking speed was measured with the radar gun Stalker PRO[®] and the measuring protocol was validated using a video system with the software Kinescan/IBV[®] 2001. To know the reliability of the results offered by the radar gun in comparison with results registered in the software, the Pearson's correlation coefficient was calculated. A value of $R_{xy} = 0.998$ was obtained. Therefore, results registered by the radar gun, using this protocol, could be considered reliable.

Key words

Validation; Radar gun; Speed; Measure; Soccer.

Introducción

En las últimas décadas, son numerosos los estudios que intentan medir la velocidad de móviles, implementos, segmentos corporales y/o sujetos en diferentes modalidades en las que la velocidad alcanzada por dichos móviles o implementos constituye un factor de rendimiento (DeRenne y cols., 1990; Lachowetz y cols., 1998; McEvoy y Newton, 1998; Skoufas y cols., 2003; Fletcher y Hartwell, 2004). Dichas mediciones se efectúan con diferentes objetivos como cuantificar la carga de entrenamiento y/o competición, comparar la evolución de los sujetos a lo largo de una temporada o a lo largo de su vida deportiva o determinar los efectos de diferentes tipos de entrenamiento sobre esa velocidad.

El golpeo al balón en fútbol es considerado por muchos autores como una habilidad fundamental para el rendimiento del futbolista, por ser la más utilizada durante la competición (Opavsky, 1988; Rodano y Tavana, 1993; Jinshan y cols., 1993; Barfield y cols., 2002; Masuda y cols., 2005; Juárez y Navarro, 2006a). En ella el jugador trata de imprimir diferentes niveles de velocidad y trayectorias sobre el balón, todo con un alto nivel de precisión. Juárez y Navarro (2006b) destacan la importancia que cobra la velocidad del balón para conseguir golpes eficaces, de ahí que sea importante introducir pruebas que evalúen dicha velocidad para controlar el proceso de entrenamiento.

En este deporte son numerosos los trabajos que se han efectuado en los últimos años para controlar dicha variable, utilizando para ello instrumentos como las células fotoeléctricas (Kristensen y cols., 2005), el radar (Cometti y cols., 2001; Lees y cols., 2003; Masuda y cols., 2005; Markovic y cols., 2006) o las videocámaras (Jónsdottir y Finch, 1998; Lees y Nolan, 2002; Barfield y cols., 2002; Kellis y cols., 2006).

La utilización del radar para la valoración de la velocidad de un móvil deportivo cuenta con la ventaja de que los resultados ofrecidos son inmediatos y se pueden obtener incluso durante el juego real. Sin embargo, teniendo en cuenta que el radar calcula la velocidad de los objetos mediante la emisión y recepción de ondas electromagnéticas y su funcionamiento se basa en el principio Doppler, resulta necesario efectuar un proceso de validación y estandarización de los protocolos de medición para evitar, o, en la medida de lo posible, controlar el rango de error que comportan los datos ofrecidos por el aparato. Atendiendo a esto, los protocolos utilizados en los diferentes estudios, deberían ser en extremo rigurosos para evitar errores derivados de una inexacta colo-

cación del radar (obteniendo datos con un porcentaje de error debido al ángulo de medición con que se tomen las medidas) o de la existencia de obstáculos que se interpongan entre el objeto de estudio y la emisión del radar. Es necesario recordar que la calidad de los datos tiene su base en la realización de trayectorias rectilíneas por parte del móvil que, o bien se aproximen a la posición del radar, o bien se alejen de la misma.

Haciendo una revisión de los estudios que utilizan dicho instrumento en la medición, nos podemos percatar de que no sólo no existe una homogeneidad en cuanto a la utilización del radar en una misma disciplina deportiva, sino que además, no se realiza una validación de los protocolos utilizados para cerciorarse de que los datos obtenidos son correctos (Cauraugh, 1990; Ferris y cols., 1995; Kovaleski y cols., 2003).

Por ese motivo y en vista de que la mayoría de los estudios revisados no validan los protocolos, o por lo menos dicha validación no aparece mostrada en la explicación de los respectivos procedimientos, pudiendo haber caído en errores metodológicos en la utilización de este instrumento de medida, el presente estudio pretende:

- Validar un protocolo para la medición de la velocidad de golpeo en fútbol.
- Establecer así un método de obtención de datos válido que pueda utilizarse en futuros estudios.

Muestra

La muestra la componen cuatro hombres futbolistas experimentados (edad media $22,4 \pm 0,4$ años; peso $72 \pm 3,2$ kg; talla $178 \pm 4,2$ cm; experiencia en fútbol $7,2 \pm 0,9$ años). Estos futbolistas participaron de manera voluntaria en el estudio y fueron previamente informados de los objetivos y métodos del mismo, prestando su consentimiento por escrito antes de llevar a cabo la prueba. Cada jugador efectuó en total 25 disparos a portería, en un rango de velocidad de 20 a 110 km/h, siempre con la pierna dominante (todos ellos eran diestros) y de forma alterna, de manera que entre golpeo y golpeo se asegurase un descanso de 90 s.

Material

Dividimos el material utilizado en dos apartados, distinguiendo así el que pertenece al protocolo del estudio del golpeo de fútbol y por otro lado, el empleado en la validación del mismo.

Material empleado en el protocolo de medición

- Balón oficial de la Temporada 2005/2006 para Tercera División, con una presión de inflado de 0,8 atm.
- Trípode Velbon® DF 40 específicamente diseñado para la colocación del radar.
- Radar Stalker PRO®: Pistola radar que trabaja sobre el principio Doppler. Mide un rango de velocidad comprendidas entre 1 y 480 Km/h., trabajando a una frecuencia de 34,7 GHz (Banda Ka) y ofreciendo una precisión de $\pm 0,16$ Km/h (0,04 m/seg.) (Fig. 1)

Material empleado en la validación del Radar Stalker PRO®

- Videocámara digital JVC® GR-DVX 10.
- Trípode Velbon® DF 40 para la cámara de video.
- Sistema de referencia cúbico compuesto por 12 tubos de 1 m. de longitud. (Fig. 2)
- Sistema de análisis de movimientos Kinescan/IBV® 2001 basado en la tecnología de fotogrametría vídeo que realiza de manera automática la conversión de la señal analógica en digital y muestra 50 fotogramas/s. Para su correcto funcionamiento es necesario establecer los marcadores, también denominados puntos cinemáticos de referencia, que servirán de coordenadas para el análisis fotogramétrico. Dicho software precisa de un sistema de referencia 2D (cuatro nodos o puntos de control) o 3D, en función de si se va a analizar un movimiento en dos o tres dimensiones.



► **Figura 1**
Radar Stalker PRO®.

El software tiene un sistema de suavizado de coordenadas automático y puede trabajar a velocidades de obturación de 1/250 s, 1/500s o 1/1000s.

Procedimiento

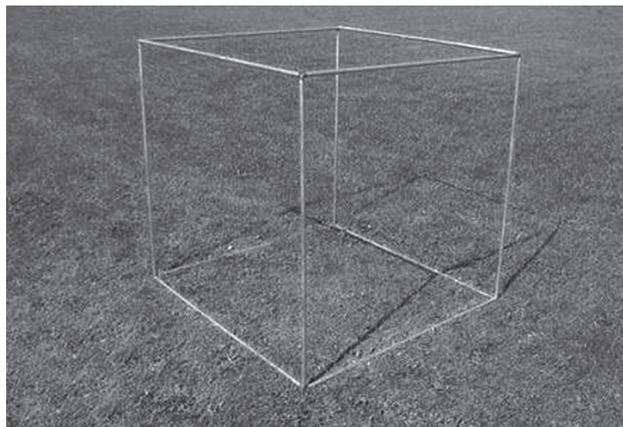
Respecto al procedimiento, de nuevo se hace una división en cuanto a lo que constituye la toma de datos y lo que supuso el proceso de validación de los datos obtenidos con el radar a través del sistema fotogramétrico.

Procedimiento de toma de datos (Protocolo de medición de los golpeos)

Los golpeos fueron realizados por los cuatro jugadores de fútbol tras dos sesiones de familiarización con el protocolo de medición y con los objetivos del estudio. Para la realización de la pruebas se exigió a los jugadores que vistiesen pantalón corto y camiseta, así como el calzado específico de fútbol.

Antes de iniciar las mediciones, los futbolistas llevaron a cabo un calentamiento estandarizado, dirigido por un Licenciado en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte que incluía: carrera continua, ejercicios de movilidad articular, estiramientos y golpeos al balón por parejas.

Al efectuar las mediciones se solicitó a los futbolistas que golpeasen a distintas velocidades, comenzando por disparos a baja velocidad y aumentando la intensidad del golpeo de manera progresiva hasta alcanzar el máximo individual. Todos los golpeos debían efectuarse con el empeine y dirigirse hacia el radar, que se encontraba dispuesto a una distancia de 5 m tras una red para evitar



▲ **Figura 2**
Sistema de referencia empleado en la validación del radar Stalker PRO®.

los posibles impactos y a una altura de 35 cm. (Fig. 3). La distancia de la carrera de aproximación era libre, con el objetivo de poder alcanzar altas velocidades de golpeo y se anulaban todos aquellos golpes que se desviaban de una referencia de 60×60 cm. marcada con cinta adhesiva en la red en cuyo centro se situaba el radar (Fig. 4). El futbolista contaba con la posibilidad de repetir todos aquellos disparos que se desviasen de dicho objetivo.

Un evaluador se encargaba de registrar los datos ofrecidos por el radar en una hoja de anotación, mientras que otro evaluador controlaba la cámara de video, situada fija sobre un trípode a 50 cm. de altura y perpendicular a la dirección del lanzamiento, a una distancia de 7 m a la derecha del lanzador. Previamente se había grabado el mismo plano-escena colocando el sistema de referencia tubular lo que permitió realizar posteriormente el estudio fotogramétrico.

Procedimiento de validación del protocolo

Grabados y codificados los golpes, se fueron uno a uno analizando a través del sistema de análisis de movimiento Kinescan/IBV® 2001. Cada lanzamiento fue digitalizado y transformado en una secuencia de fotogramas, gracias a la cual, y estableciendo en cada una de ellas como punto cinemático de referencia el centro del balón, se hallaba la velocidad pico alcanzada por éste en cada uno de los golpes.

Análisis estadístico

Una vez analizados los 100 lanzamientos, se compararon los resultados ofrecidos por el radar con los datos obtenidos a través del estudio fotogramétrico utilizando para ello el paquete estadístico SPSS 14.0 para Windows con el cual se calculó el coeficiente de correlación de Pearson.

Resultados

Se observa una asociación significativa y directamente proporcional entre ambos métodos de medición ($R_{xy} = 0,998$; $p < 0,05$).

Discusión y conclusiones

Como se puede observar en la figura 5, perteneciente al apartado anterior, el resultado extraído del análisis estadístico muestra un coeficiente de correlación muy elevado ($R_{xy} = 0,998$). Sin embargo comparar este coefi-

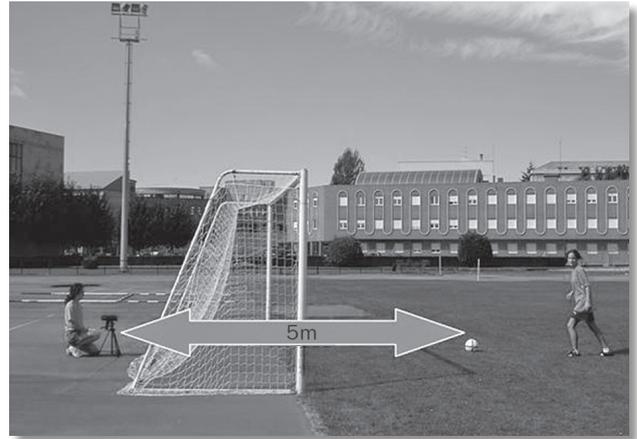


Figura 3

Protocolo: distancia entre el jugador y el radar.



Figura 4

Protocolo: Posición del jugador y del radar.

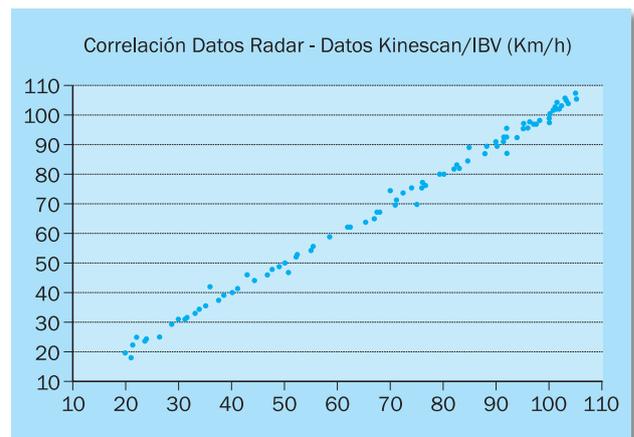


Figura 5

Gráfica de dispersión de los datos.

cienta de correlación con referencias existentes en la bibliografía resulta complicado porque, como ya se señaló con anterioridad, son pocos los autores que realizan un procedimiento de validación de los datos aportados por el radar antes de su utilización en estudios específicos aplicados a diferentes modalidades deportivas.

El resultado aquí obtenido es similar al conseguido por DeRenne y cols. (1990) en su estudio de béisbol, en el cual validaron los datos ofrecidos por el radar, obteniendo un coeficiente de correlación de 0,98.

Del mismo modo, nuestro resultado está en línea al obtenido por Kraemer y cols. (2000) cuando validaron su protocolo de medición para la disciplina deportiva del tenis y por Valadés (2006) en su estudio de voleibol, obteniendo, en ambos casos, un coeficiente de correlación de 0,98.

Por tanto, se puede concluir diciendo que el protocolo ha sido validado de forma satisfactoria, lo que implica que podrá ser utilizado en futuros estudios, con la seguridad de que el radar Stalker PRO®, aplicado de esta forma, reporte datos válidos.

Como futuras líneas de investigación, este estudio muestra la necesidad de homogeneizar y validar los protocolos utilizados en los diferentes estudios, no sólo para que resulte más sencillo contrastar los datos obtenidos en unos y otros, sino también para cerciorarnos de que las mediciones resultantes sean lo más exactas posible.

Además, las futuras validaciones se podrían enfocar hacia aquellos deportes en los que el móvil muestre rangos de velocidad superiores a los analizados en el presente estudio, como por ejemplo el golf.

Referencias bibliográficas

- Barfield, W. R.; Kirkendall, D. T. y Bing, Y. (2002). Kinematic instep kicking differences between elite female and male soccer players. *J. Sport Sci. Med.* (1), 72-79.
- Cauraugh, J. H. (1990). Tennis serving velocity and accuracy. *Perceptual and Motor Skills* (70), 719-722.
- Cometti, G.; Maffioletti, N. A.; Pousson, M.; Chatard, J. C. y Maffulli, N. (2001). Isokinetic strength and anaerobic power elite, sub-elite and amateur French soccer players. *Int. J. Sport Med.* 22(1), 45-51.
- DeRenne, C.; Ho, K. W. y Murphy, J. C. (1990). Effects of weighted implement training on throwing velocity. (NSCA). *J. Applied Sport Science Res* 4(1), 16-19.
- Ferris, D. P.; Signorile, J. F. y Caruso, J. F. (1995). The relationship between physical and physiological variables and volleyball spiking velocity. *J. Strength and Cond. Res.* 9(1), 32-36.
- Fletcher, I. M. y Hartwell, M. (2004). Effect of an 8-week combined weights and plyometrics training program on golf drive performance. (NSCA). *J. Strength and Cond. Res.* 18(1), 59-62.
- Jinshan, X.; Xiaoke, C.; Yamanaka, K. y Matsumoto, M. (1993). Analysis of the goals in the 14th World Cup. En *Science and Football II. Proceedings of the 2nd World Congress of Science and Football*. (Editado por T. Reilly, J. Clarys y A. Stibbe). 203-205. E & FN SPON: Londres.
- Jónsdóttir, M. K. y Finch, A. (1998). Ball velocity and kinetics of the supporting foot during two soccer kicks, performed by female soccer players. En *Proceedings I of the XVI ISBS Symposium* (Editado por H. J. Riehle y M. M. Vieten). Vol. I: 128-131. UVK – Universitätsverlag: Konstanz.
- Juárez, D. y Navarro, F. (2006a). Análisis de la velocidad del balón en el tiro en futbolistas en función de la intención de precisión. *Motricidad: Eur. J. of Hum. Mov.* (16), 39-49.
- (2006b). Análisis de la velocidad del balón en el golpeo en jugadores de fútbol sala en función del sistema de medición, la intención en la precisión del tiro y su relación con otras acciones explosivas. *Motricidad: Eur. J. of Hum. Mov.* (15), 149-157.
- Kellis, E.; Katis, A. y Varbas, I. S. (2006). Effects of an intermittent exercise fatigue protocol on biomechanics of soccer kick performance. *Scan. J. Med. Sci. Sport.* 16(5), 334-344.
- Kovaleski, J. E.; Pugh, S.; Heitman, R. J. y Gilley, W. (2003). Upper and lower body strength in relation to ball speed during a serve by male collegiate tennis players. *Perceptual and Motor Skills* (97), 867-872.
- Kraemer, W. J.; Piorkowski, P. A.; Bush, J. A.; Gómez, A. L.; Loebel, C. C.; Volek, J. S.; Newton, R. U.; Mazzetti, S. C.; Etzweiler, S. W.; Putukian, M. y Sebastianelli, W. J. (2000). The effects of NCAA Division 1 Intercollegiate Competitive Tennis Match Play on Recovery of Physical Performance in Women. (NSCA). *J. Strength and Cond. Res.* 14(3), 265-272.
- Kristensen, L. B.; Andersen, T. B. y Sorensen, H. (2005). Comparison of precision in the Toe and instep kick in soccer at high kicking velocities. En *Science and football V. Proceedings of the 5th World Congress on Science and Football*. (Editado por T. Reilly, J. Cabri y D. Araújo). 70-72. Routledge: Nueva York.
- Lachowetz, T.; Evon, J. y Pastiglione, J. (1998). The effect of an upper body strength program on intercollegiate baseball throwing velocity. (NSCA). *J. Strength and Cond. Res.* 12(2), 116-119.
- Lees, A. y Nolan, L. (2002). Three dimensional kinematic analysis of the instep kick under speed and accuracy conditions. En *Science and Football IV. Proceedings of the 4th World Congress of Science and Football*. (Editado por W. Spinks, T. Reilly y A. Murphy). 16-21. Routledge: Nueva York.
- Lees, A.; Kershaw, L. y Moura, F. (2003). The three dimensional nature of the maximal instep kick in soccer. Book of abstracts of World Congress on Science and Football-5, 126. Gymnos: Madrid.
- Markovic, G.; Dizdar, D. y Jaric, S. (2006). Evaluation of tests of maximum kicking performance. *J. Sports Med Phys Fitness* (46), 215-220.
- Masuda, K.; Kikuhara, N.; Demura, S.; Katsuta, S. y Yamanaka, K. (2005). Relationship between muscle strength in various isokinetic movements and kick performance among soccer players. *J. Sport Med. Phys. Fitness* (45), 44-52.
- McEvoy, K. P. y Newton, R. U. (1998). Baseball throwing speed and base running speed: the effects of ballistic resistance training. (NSCA) *J. Strength Cond. Res.* 12(4), 216-221.
- Opavsky, P. (1988). An investigation of linear and angular kinematics of the leg during two types of soccer kick. En: *Science and Football* (Editado por T. Reilly, A. Lees, K. Davids y W. Murphy), 456-459. E & FN SPON: Londres.
- Rodano, R. y Tavana, R. (1993). Three dimensional analysis of instep kick in professional soccer players. En *Science and Football II. Proceedings of the 2nd World Congress of Science and Football*. (Editado por T. Reilly, J. Clarys y A. Stibbe). 357-361. E & FN SPON: Londres.
- Skoufas, D.; Stefanidis, P.; Michailidis, C.; Hatzikotoulas, K.; Kotzamanidou, M. y Bassa, E. (2003). The effect of handball training with underweighted balls on the throwing velocity of novice handball players. *J. Human Movement Studies* (44), 157-171.
- Valadés, D. (2006). Efecto de un entrenamiento en el tren superior basado en el ciclo estiramiento-acortamiento sobre la velocidad del balón en el remate de voleibol. Tesis Doctoral. Granada: Universidad de Granada.