

Validació d'un protocol per al mesurament de la velocitat de colpejament en futbol

SILVIA SEDANO CAMPO

Llicenciada en Ciències de l'Activitat Física i de l'Esport
 Departament d'Educació Física i Esport
 Facultat de Ciències de l'Activitat Física i de l'Esport
 Universidad de León

ANA M.^a DE BENITO TRIGUEROS

Llicenciada en Ciències de l'Activitat Física i de l'Esport
 Departament d'Educació Física i Esport
 Facultat de Ciències de l'Activitat Física i de l'Esport
 Universidad de León

JOSÉ MARÍA IZQUIERDO VELASCO

Llicenciat en Ciències de l'Activitat Física i de l'Esport
 Col·laborador del Laboratori d'Entrenament Esportiu
 Universidad de León

JUAN CARLOS REDONDO CASTÁN

Professor Titular d'Universitat
 Departament d'Educació Física i Esport
 Facultat de Ciències de l'Activitat Física i de l'Esport
 Universidad de León

GONZALO CUADRADO SÁENZ

Professor Titular d'Universitat
 Departament d'Educació Física i Esport
 Facultat de Ciències de l'Activitat Física i de l'Esport
 Universidad de León

Autora per a la correspondència

Silvia Sedano Campo
 ssedc@unileon.es

Resum

Es considera que el radar és un bon instrument de mesura, encara que les seves aplicacions en activitat física i esport són escasses. El nostre estudi pretén de validar un protocol de mesurament basat en el radar, en comparació amb un criteri de referència utilitzat habitualment (fotogrametria), en aquest cas aplicat a la velocitat en el colpejament en futbol. Per fer-ho, quatre jugadors de futbol experimentats van participar de forma voluntària en l'estudi, i van realitzar un total de 100 colpejaments de pilota. La velocitat dels xuts va ser mesurada a través del radar Stalker PRO[®] i el protocol de mesurament va ser validat mitjançant un sistema de fotogrametria amb el programari Kinescan/IBV[®] 2001. Per quantificar la relació entre els dos mètodes de mesurament emprats es va aplicar el coeficient de correlació de Pearson ($R_{xy} = 0,998$; $p < 0,05$). En conseqüència, s'observa una associació significativa i directament proporcional entre tots dos mètodes de mesurament.

Paraules clau

Validació; Radar; Velocitat; Protocol; Futbol.

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.

Introducció

En les últimes dècades hi ha nombrosos estudis que intenten de mesurar la velocitat de mòbils, implements, segments corporals i/o subjectes en diferents modalitats en les quals la velocitat assolida pels mòbils o implements esmentats constitueix un factor de rendiment (DeRenne i cols., 1990; Lachowetz i cols., 1998; McEvoy i Newton, 1998; Skoufas i cols., 2003; Fletcher i Hartwell, 2004). Aquests mesuraments s'efectuen amb diferents objectius, com ara quantificar la càrrega d'entrenament i/o competició, comparar l'evolució dels subjectes tot al llarg d'una temporada o al llarg de la seva vida esportiva, o determinar els efectes de diferents tipus d'entrenament sobre aquesta velocitat.

El colpejament a la pilota en futbol és considerat per molts autors com una habilitat fonamental per al rendiment del futbolista, perquè és la més utilitzada durant la competició (Opavsky, 1988; Rodano i Tavana, 1993; Jinshan i cols., 1993; Barfield i cols., 2002; Masuda i cols., 2005; Juárez i Navarro, 2006a). Amb aquesta habilitat, el jugador intenta d'imprimir diferents nivells de velocitat i trajectòries a la pilota, sempre amb un alt nivell de precisió. Juárez i Navarro (2006b) destaquen la importància que pren la velocitat de la pilota per aconseguir xuts eficaços, i per això és important d'introduir proves que avaluin la velocitat, per tal de controlar el procés d'entrenament.

En aquest esport hi ha nombrosos treballs, efectuats en els últims anys, per controlar aquesta variable; per fer-ho s'han utilitzat instruments com les cèl·lules fotoelèctriques (Kristensen i cols., 2005), el radar (Cometti i cols., 2001; Lees i cols., 2003; Masuda i cols., 2005; Markovic i cols., 2006) o les càmeres de vídeo (Jónsdóttir i Finch, 1998; Lees i Nolan, 2002; Barfield i cols., 2002; Kellis i cols., 2006).

La utilització del radar per a la valoració de la velocitat d'un mòbil esportiu compta amb l'avantatge que els resultats oferts són immediats i es poden obtenir fins i tot durant el joc real. Tanmateix, tenint en compte que el radar calcula la velocitat dels objectes mitjançant l'emissió i la recepció d'ones electromagnètiques i el seu funcionament es basa en el principi Doppler, cal efectuar un procés de validació i estandarització dels protocols de mesurament per evitar, o, tant com sigui possible, controlar, el rang d'error que comporten les dades ofertes per l'aparell. Tenint en compte aquest aspecte, els protocols utilitzats en els diferents estudis haurien de ser extremadament ri-

gorosos per evitar errors derivats d'una col·locació inexacta del radar (que dugui a obtenir dades amb un percentatge d'error a causa de l'angle de mesurament amb què es prenguin les mesures) o de l'existència d'obstacles que s'interposin entre l'objecte d'estudi i l'emissió del radar. Cal recordar que la qualitat de les dades té la base en la realització de trajectòries rectilínies per part del mòbil que, o bé s'aproximin a la posició del radar, o bé se n'allunyin.

Si fem una revisió dels estudis que utilitzen aquest instrument en el mesurament, ens podem adonar que no solament no existeix una homogeneïtat pel que fa a la utilització del radar en una mateixa disciplina esportiva, sinó que, a més a més, no es realitza una validació dels protocols utilitzats per assegurar-se que les dades obtingudes són correctes (Cauraugh, 1990; Ferris i cols., 1995; Kovalski i cols., 2003).

Per aquest motiu i tenint en compte que la majoria dels estudis revisats no validen els protocols, o almenys la validació no apareix mostrada en l'explicació dels respectius procediments, cosa que pot haver induït a errors metodològics en la utilització d'aquest instrument de mesura, el nostre estudi pretén:

- Validar un protocol per al mesurament de la velocitat de colpejament en futbol.
- Establir un mètode d'obtenció de dades vàlid que pugui ésser utilitzat en futurs estudis.

Mostra

La mostra la componen quatre homes futbolistes experimentats (edat mitjana $22,4 \pm 0,4$ anys; pes $72 \pm 3,2$ kg; talla $178 \pm 4,2$ cm; experiència en futbol $7,2 \pm 0,9$ anys). Aquests futbolistes van participar de manera voluntària en l'estudi i van ser informats prèviament dels seus objectius i mètodes; van donar el consentiment per escrit abans de dur a terme la prova. Cada jugador va efectuar en total 25 xuts a porteria, en un rang de velocitat de 20 a 110 km/h, sempre amb la cama dominant (tots ells eren dretans) i de forma alterna, de manera que entre xut i xut s'assegurés un descans de 90 segons.

Material

Dividim el material emprat en dos apartats; d'aquesta forma distingim el que pertany al protocol de l'estudi del colpejament de futbol de l'utilitzat en la validació.

Material emprat en el protocol de mesurament

- Pilota oficial de la Temporada 2005/2006 per a Tercera Divisió, amb una pressió de 0,8 atm.
- Trípod de Velbon® DF 40 dissenyat específicament per a la col·locació del radar.
- Radar Stalker PRO®: Pistola radar que treballa sobre el principi Doppler. Mesura un rang de velocitat comprès entre 1 i 480 Km/h; treballa a una freqüència de 34,7 GHz (Banda Ka), amb una precisió de $\pm 0,16$ Km/h (0,04 m/segon) (*Figura 1*).

Material utilitzat en la validació del Radar Stalker PRO®

- Càmera de vídeo digital JVC® G-DVX 10.
- Trípod de Velbon® DF 40 per a la càmera de vídeo.
- Sistema de referència cúbic compost per 12 tubs d'1 m de longitud. (*Figura 2*)
- Sistema d'anàlisi de moviments Kinescan/IBV® 2001 basat en la tecnologia de fotogrametria vídeo que realitza de manera automàtica la conversió del senyal analògic en digital i mostra 50 fotogrames/segon. Perquè funcioni correctament cal establir els marcadors, també anomenats punts cinemàtics de referència, que serviran de coordenades per a l'anàlisi fotogramètrica. Aquest programari necessita un sistema de referència 2D (quatre nodes o punts de control) o 3D, en funció de si s'analitzarà un moviment en dues o en tres dimensions. El progra-

mari té un sistema de suavitzat de coordenades automàtic i pot treballar a velocitats d'obturació d'1/250 segon, 1/500 segon o 1/1000 segon.

Procediment

Pel que fa al procediment, es torna a fer una divisió entre la presa de dades i el procés de validació de les dades obtingudes amb el radar a través del sistema fotogramètric.

Procediment de presa de dades (Protocol de mesurament dels colpejaments)

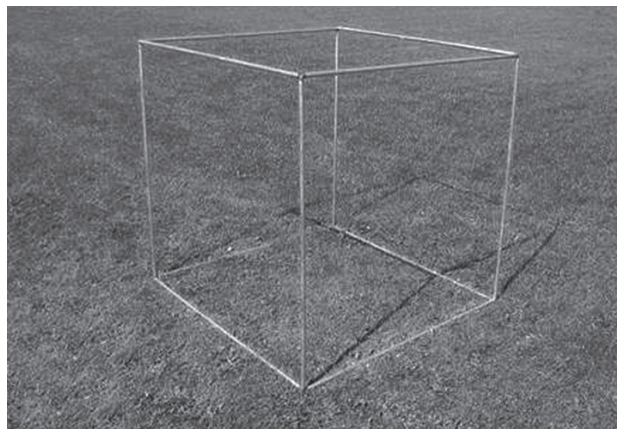
Els colpejaments van ser realitzats pels quatre jugadors de futbol després de dues sessions de familiarització amb el protocol de mesurament i amb els objectius de l'estudi. Per a la realització de la proves es va exigir als jugadors que vestissin pantalons curts i samarreta, i el calçat específic del futbol.

Abans d'iniciar els mesuraments, els futbolistes van dur a terme un escalfament estandarditzat, dirigit per un Llicenciat en Ciències de l'Activitat Física i de l'Esport que incloïa: carrera contínua, exercicis de mobilitat articular, estiraments i xuts a la pilota per parelles.

En fer els mesuraments es va demanar als futbolistes que colpeguessin a diferents velocitats, començant per xuts a velocitat baixa i augmentant la intensitat del colpejament de manera progressiva fins assolir el màxim individual. Tots els colpejaments s'havien de fer amb l'empenya i adreçar-se al radar, que es trobava situat a una distància de 5 m darrere una xarxa per evitar els



▶
Figura 1
Radar Stalker PRO®.



▲
Figura 2
Sistema de referència utilitzat en la validació del radar Stalker PRO®.

possibles impactes i a una altura de 35 cm (*Figura 3*). La distància de la carrera d'aproximació era lliure, amb l'objectiu de poder assolir altes velocitats de colpejament, i s'anul·laven tots els cops que es desviaven d'una referència de 60×60 cm marcada amb cinta adhesiva a la xarxa, en el centre de la qual se situava el radar (*Figura 4*). El futbolista tenia la possibilitat de repetir tots els xuts que es desviessin de l'objectiu.

Un avaluador s'encarregava de registrar les dades ofertes pel radar en un full d'anotació, mentre que un altre avaluador controlava la càmera de vídeo, situada fixa sobre un trípode a 50 cm d'altura i perpendicular a la direcció del llançament, a una distància de 7 m a la dreta del llançador. Prèviament, s'havia gravat el mateix pla-escena amb el sistema de referència tubular col·locat, cosa que va permetre realitzar posteriorment l'estudi fotogramètric.

Procediment de validació del protocol

Un cop gravats i codificats els colpejaments, es van anar analitzant un a un mitjançant el sistema d'anàlisi del moviment Kinescan/IBV® 2001. Cada llançament va ser digitalitzat i transformat en una seqüència de fotogrames; en cada seqüència es va establir com a punt cinemàtic de referència el centre de la pilota, de forma que es trobava la velocitat punta assolida per aquesta en cada un dels xuts.

Anàlisi estadística

Una vegada analitzats els 100 llançaments, es van comparar els resultats oferts pel radar amb les dades obtingudes a través de l'estudi fotogramètric; per fer-ho, es va utilitzar el paquet estadístic SPSS 14.0 per a Windows amb el qual es va calcular el coeficient de correlació de Pearson.

Resultats

S'observa una associació significativa i directament proporcional entre ambdós mètodes de mesurament ($R_{xy} = 0,998$; $p < 0,05$).

Discussió i conclusions

Com es pot observar a la *figura 5*, que pertany a l'apartat anterior, el resultat extret de l'anàlisi estadística mostra un coeficient de correlació molt elevat ($R_{xy} = 0,998$). Tanmateix, comparar aquest coeficient de



Figura 3

Protocol: distància entre el jugador i el radar.



Figura 4

Protocol: Posició del jugador i del radar.

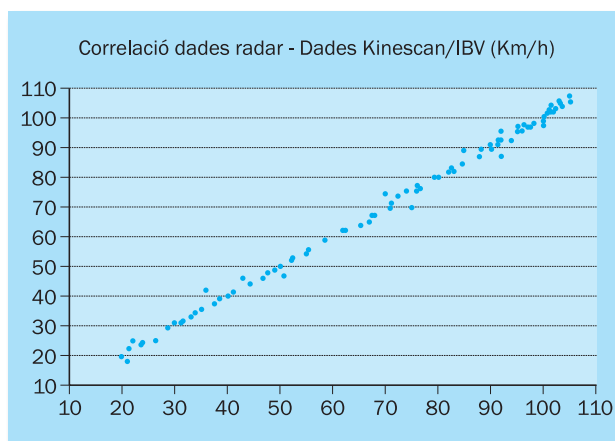


Figura 5

Gràfica de dispersió de les dades.

correlació amb referències existents en la bibliografia resulta complicat perquè, com ja es va assenyalar anteriorment, hi ha pocs autors que realitzin un procediment de validació de les dades aportades pel radar abans d'utilitzar-les en estudis específics aplicats a diferents modalitats esportives.

El resultat obtingut aquí és similar a l'aconseguit per DeRenne i cols. (1990) en el seu estudi sobre beisbol, en el qual van validar les dades ofertes pel radar, i van obtenir un coeficient de correlació de 0,98.

De la mateixa manera, el nostre resultat es troba en línia amb l'obtingut per Kraemer i cols. (2000) quan van validar el seu protocol de mesurament per a la disciplina esportiva del tennis, i per Valadés (2006) en el seu estudi sobre voleibol; en tots dos casos van obtenir un coeficient de correlació de 0,98.

Per tant, es pot concloure dient que el protocol ha estat validat de forma satisfactòria, la qual cosa implica que podrà ser utilitzat en futurs estudis, amb la seguretat que el radar Stalker PRO® aplicat d'aquesta manera, reportarà dades vàlides.

Com a futures línies d'investigació, aquest estudi mostra la necessitat d'homogeneïtzar i validar els protocols utilitzats en els diversos estudis, no solament perquè resultarà més senzill contrastar les dades obtingudes, sinó també per assegurar-nos que els mesuraments resultants seran tan exactes com sigui possible.

A més a més, les futures validacions es podrien enfocar cap als esports en els quals el mòbil mostri rangs de velocitat superiors als analitzats en el nostre estudi, com per exemple el golf.

Referències bibliogràfiques

- Barfield, W. R.; Kirkendall, D. T. i 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.; Maffiuletti, N. A.; Pousson, M.; Chatard, J. C. i Maffuli, 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. i 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. i 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. i 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. i 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*. (Editat per T. Reilly, J. Clarys i A. Stibbe). 203-205. E & FN SPON: Londres.
- Jónsdóttir, M. K. i 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* (Editat per H. J. Riehle i M. M. Vieten). Vol. I: 128-131. UVK – Universitätsverlag: Konstanz.
- Juárez, D. i 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. i 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. i 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. i 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. i 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*. (Editat per T. Reilly, J. Cabri i D. Araújo). 70-72. Routledge: Nueva York.
- Lachowetz, T.; Evon, J. i 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. i Nolan, L. (2002). Three dimensional kinematic analysis of the instep kick under speed and accuracy conditions. A *Science and Football IV. Proceedings of the 4th World Congress of Science and Football*. (Editat per W. Spinks, T. Reilly i A. Murphy). 16-21. Routledge: Nueva York.
- Lees, A.; Kershaw, L. i 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. i 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. i 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. i 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 i W. Murphy, 456-459. E & FN SPON: Londres.
- Rodano, R. i Tavana, R. (1993). Three dimensional analysis of instep kick in professional soccer players. A *Science and Football II. Proceedings of the 2nd World Congress of Science and Football*. (Editado por T. Reilly, J. Clarys i A. Stibbe). 357-361. E & FN SPON: Londres.
- Skoufas, D.; Stefanidis, P.; Michailidis, C.; Hatzikotoulas, K.; Kotzamanidou, M. i 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.